

## SISTEMA TANGENZIALE DI LUCCA

Viabilità Est di Lucca comprendente i collegamenti  
tra Ponte a Moriano ed i caselli dell'autostrada A11  
del Frizzone e di Lucca Est - 1° Stralcio

### PROGETTO DEFINITIVO

**PROGETTAZIONE:** ANAS - DIREZIONE PROGETTAZIONE E REALIZZAZIONE LAVORI

**I PROGETTISTI:**

*Ing. Vincenzo Marzi*  
*Ordine Ing. di Bari n. 3594*

*Ing. Giuseppe Danilo Malgeri*  
*Ordine Ing. di Roma n. A34610*

*Geol. Serena Majetta*  
*Ordine Geologi del Lazio n. 928*

**IL COORDINATORE PER LA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE**

*Geom. Fabio Quondam*

**VISTO: IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO :**

*Ing. Achille Devitofranceschi*

PROTOCOLLO

DATA

## IDROLOGIA E IDRAULICA

Relazione Idraulica di drenaggio e presidio della piattaforma

CODICE PROGETTO		NOME FILE			REVISIONE	SCALA	
PROGETTO	LIV. PROG.	N. PROG.	T00ID00IDRRE03A.dwg				
LO601A	D	1601	CODICE ELAB.	T00ID00IDRRE03	A		
D							
C							
B							
A	EMISSIONE		SET 2018				
REV.	DESCRIZIONE		DATA	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO	

## SOMMARIO

<b>1. PREMESSA .....</b>	<b>2</b>
<b>2. STIMA DELLE PIOGGE DI PROGETTO.....</b>	<b>3</b>
<b>3. OPERE DI DRENAGGIO .....</b>	<b>5</b>
3.1 Sezioni in rilevato – sistema chiuso.....	6
3.2 Sezioni in rilevato – sistema aperto.....	7
3.3 Sezioni in viadotto e ponte.....	9
<b>4. PRESIDI IDRAULICI - TRATTAMENTO DELLE ACQUE DI PRIMA PIOGGIA .....</b>	<b>10</b>
4.1. Vasche di trattamento .....	10
4.2. Manufatti per il controllo qualitativo delle portate.....	17
<b>5. SISTEMA DI LAMINAZIONE .....</b>	<b>19</b>
<b>6. VERIFICHE IDRAULICHE DELLE OPERE DI DRENAGGIO .....</b>	<b>23</b>
<b>Appendice A: verifica interasse embrici di collegamento fra piattaforma e canalette prefabbricate nel sistema chiuso ed embrici nel sistema aperto .....</b>	<b>25</b>
<b>Appendice B: verifica interasse caditoie di scarico canalette nel sistema chiuso...</b>	<b>26</b>
<b>Appendice C: verifica collettori nel sistema chiuso .....</b>	<b>27</b>
<b>Appendice D: verifica dei fossi di guardia .....</b>	<b>28</b>
<b>Appendice E: dimensionamento vasche di sicurezza idraulica sistema chiuso .....</b>	<b>29</b>

## 1. PREMESSA

Nella presente relazione si fornisce una descrizione delle opere di drenaggio della piattaforma stradale, fornendo gli elementi e i criteri utilizzati per il corretto dimensionamento e verifica delle stesse.

Gli schemi della rete di smaltimento sono stati studiati per consentire lo scarico a gravità delle acque di drenaggio verso i recapiti finali, costituiti dai fossi scolanti e irrigui e i corsi d'acqua naturali limitrofi al tracciato.

In merito al dimensionamento, è opportuno, tenuto conto dell'importanza delle opere da realizzare e della necessità di garantire un facile allontanamento delle acque dalle pavimentazioni, assumere dati di progetto che assicurino le migliori condizioni di esercizio.

Nel calcolo del drenaggio delle acque di piattaforma, la sollecitazione meteorica da assumere alla base del progetto è quella imposta dai manuali di ANAS; in particolare la portata di progetto è quella che corrisponde ad un tempo di ritorno pari a 25 anni; per essa si dovrà verificare che tutti gli elementi idraulici di drenaggio raggiungano un grado di riempimento massimo compatibile con la funzione svolta, assunto pari al 70%.

Fanno eccezione i fossi di guardia dell'asse principale che sono verificati per un Tr pari a 50 anni.

I criteri progettuali da rispettare sono i seguenti:

- mantenimento della sicurezza sul piano viario anche in caso di apporti meteorici eccezionali;
- protezione dall'erosione di rilevati e opere d'arte che possono essere interessate dal deflusso di acque canalizzate;
- protezione dall'erosione e mantenimento della sicurezza a valle dei recapiti della rete di drenaggio;
- controllo qualitativo delle acque di drenaggio della piattaforma stradale, mediante realizzazione di impianti di trattamento delle acque di prima pioggia (sedimentazione e disoleazione in continuo, accumulo anche dei volumi dovuti a sversamenti accidentali) sulle nuove dorsali necessarie per la sicurezza ambientale; inserimento di manufatti di controllo lungo i fossi di guardia adibiti alla raccolta acque meteoriche dilavanti le superfici dei tratti in adeguamento;
- rispetto dell'invarianza idraulica in corrispondenza dei nuovi tratti impermeabilizzati, ottenuta attraverso l'inserimento dei volumi di laminazione delle portate commisurate allo scarico nei ricettori di  $50 \text{ l/s} \cdot \text{ha}_{\text{IMP}}$

## 2. STIMA DELLE PIOGGE DI PROGETTO

Per giungere al dimensionamento di tutti i rami della rete di drenaggio occorre preventivamente definire, sulla base degli elementi idrologici, idraulici e geometrici disponibili, le portate generate da un evento meteorico, di pre-assegnata frequenza probabile, assunte come sollecitazione di progetto.

Come già illustrato in precedenza, le ipotesi alla base del progetto sono quelle di considerare un evento corrispondente ad un tempo di ritorno pari a 25 anni e proporzionare la rete di drenaggio in modo che tutti gli elementi della rete raggiungano un grado di riempimento accettabile, pari al 70% per collettori di diametro superiore a 40 cm e del 50% per collettori di diametro inferiore, e dell'80% per i fossi di guardia.

Per la valutazione delle massime portate, affluenti nelle tubazioni e nelle canalizzazioni dei diversi tronchi del sistema di drenaggio, è stata utilizzata la formula, derivata dal metodo razionale:

$$Q_p = \frac{\phi_c \times b_c + \phi_s \times b_s + \phi_e \times b_e}{3600} \times L \times i_c \quad (l/s)$$

in cui:

- $Q_p$  = portata massima di pioggia (l/s)
- $\phi_c$  = 0.9 coefficiente di deflusso della piattaforma stradale (adim.);
- $\phi_s$  = 0.6 coefficiente di deflusso delle scarpate (adim.);
- $\phi_e$  = 0.4 coefficiente di deflusso delle aree esterne (adim.);
- $b_c$  = larghezza della piattaforma stradale (m<sup>2</sup>);
- $b_s$  = larghezza della scarpata stradale (m<sup>2</sup>);
- $b_e$  = larghezza della fascia esterna (m<sup>2</sup>);
- $L$  = lunghezza tratto (m);
- $i_c$  = intensità della pioggia critica (mm/h) ( $T_r=25$  anni)

Per il calcolo dell'intensità di pioggia si fa riferimento alla metodologia già descritta nella Relazione Idrologica: la forma della curva di possibilità pluviometrica per le precipitazioni intense di breve durata è del tipo:

$$i_t(T_r) = a(T_r)^*t^{n-1}$$

dove:

- $T_r$  è il tempo di ritorno, assunto pari a 25 anni per il dimensionamento della rete di piattaforma (collettori, canalette, embrici) e pari a 50 anni per i fossi di guardia esterni.

- $t$  è la durata della pioggia critica, pari al tempo di afflusso alla rete (5 minuti) sommato al valore del tempo di rete, dipendente dalla velocità della corrente e dalle dimensioni del collettore
- $n$  è un parametro adimensionale compreso tra 0 e 1, indipendente sia dalla durata, sia dal tempo di ritorno,
- $a(T_r)$  è un parametro dipendente dal tempo di ritorno, ma indipendente dalla durata.

Nella seguente tabella sono riportati, con riferimento ai tempi di ritorno di progetto ( $T_r=25$  anni), i valori dei parametri stimati nell'ambito dell'analisi idrologica delle precipitazioni di notevole intensità e durata inferiore all'ora (per maggiori dettagli si rimanda alla relazione idrologica).

Tabella 1 – Parametri utilizzati per la stima della portata da smaltire

Parametri	valori	u.d.m.
<b>Tr – Tempo di ritorno</b>	<b>25</b>	<b>anni</b>
a (coeff. curva possibilita' climatica)	63.61	mm/h
n (esponente curva possibilita' climatica)=	0.54	adim.
$\phi_c$ (coeff.deflusso carreggiata)=	0.90	adim.
$\phi_s$ (coeff.deflusso scarpate)=	0.60	adim.
<b>Tr – Tempo di ritorno</b>	<b>50</b>	<b>anni</b>
a (coeff. curva possibilita' climatica)	71.22	mm/h
n (esponente curva possibilita' climatica)=	0.54	adim.

### 3. OPERE DI DRENAGGIO

Nel seguito vengono delineate le principali tipologie di opere di drenaggio in relazione alle specifiche applicazioni.

Rispetto allo schema adottato nel progetto preliminare, nel presente studio sono stati approfonditi i seguenti aspetti:

- Tipologia di sistema di smaltimento in funzione della tipologia di intervento (strade di nuova realizzazione o adeguamento in sede)
- Tipologia di presidio idraulico (trattamento acque di prima pioggia) in funzione delle quote di recapito disponibili
- Vulnerabilità del territorio data la presenza di una fitta rete di canali irrigui e di pozzi ad uso idropotabile
- Interferenze con reticolo di scolo ed irriguo esistenti

Per il drenaggio della piattaforma degli assi Nord-Sud e Ovest-Est (tratti di nuova realizzazione) si è cercato di adottare in prevalenza un sistema di raccolta di tipo chiuso, in linea con le prescrizioni del CIPE. In particolare le portate di drenaggio della piattaforma vengono inviate al sistema di vasche di prima pioggia dotato di sedimentatore e disoleatore. Gli unici tratti nei quali è stato adottato un sistema di raccolta aperto sono quelli in corrispondenza della rotatoria Ospedale S. Luca, della rotatoria Madonnina - Via Madonnina, della rotatoria Ville (da pk 1+940 a pk 2+090), della rotatoria Pesciatina (da pk 3+950 a pk 4+230), dell'area di Antraccoli e di parte della rotatoria SS12, in cui i raccordi alla viabilità esistente non consentono la posa di collettori in grado di recapitare a gravità le acque alla vasca di prima pioggia più vicina.

Per quanto riguarda l'asse Est-Ovest, per il quale è previsto l'adeguamento in sede della S.P. Romana (da pr. 0+000 a 3+150) e via del Frizzone (da 3+197 a 3+740 circa) e parte in variante (da 3+740 circa a 4+622) in corrispondenza del nuovo cavalcavia sulla linea LU-PI, è stato adottato un sistema chiuso ma con drenaggio mediante embrici e convogliamento diretto delle acque di piattaforma in fossi di guardia rivestiti in cls, ubicati al piede del rilevato. Tali fossi, immediatamente a monte dello scarico in recapito superficiale, saranno dotati di un manufatto in c.a. con funzione di controllo qualitativo delle acque in quanto caratterizzati da un setto disoleatore (mentre la sedimentazione potrà avvenire direttamente nei fossi di guardia essendo dotati di minime pendenze longitudinali). Tale sistema è attuato data la difficoltà di intervenire lungo un sedime esistente le cui quote altimetriche sono vincolate dalla presenza di numerosi accessi a raso, e dalla presenza di sottoservizi (ad es. linee gas).

Per i tratti in adeguamento (S.P. Romana/EO, Via del Frizzone/EO, Via Madonnina/OE Tratto1), in sostanza sarà preservato l'attuale sistema di colatori e attraversamenti esistenti di pertinenza comunale, ripristinando ove possibile i fossi di guardia al piede del rilevato stesso, attuando le opportune modifiche dettate dalla nuova configurazione della sede

stradale. L'adeguamento della sede stradale infatti, rispetto all'attuale configurazione, prevede l'inserimento di cordoli di pulizia lungo i cigli che, conseguentemente, richiedono una interruzione puntuale (ad interasse minimo 10 m) per scarico delle acque di piattaforma nei fossi di guardia esterni mediante embrici. In altri casi saranno inserite caditoie di raccolta e collettori sottostanti in pead per allaccio a reti esistenti.

Di seguito si riporta una rapida descrizione dei tipologici adottati in progetto.

### 3.1 Sezioni in rilevato – sistema chiuso

Per i tratti dotati di sistema di tipo chiuso la raccolta delle acque di piattaforma avviene attraverso una canaletta a sezione rettangolare in c.a., di dimensioni utili 0.30 m x 0.40 m, disposta sull'arginello, al di là del cordolo bituminoso, interrotto ogni 20 m (o a una distanza inferiore in tratti a minore pendenza) per consentire il drenaggio della piattaforma stradale. Tale sistema di raccolta trova recapito, attraverso idonee caditoie, disposte ad interasse variabile in funzione della pendenza della livelletta, in un collettore in pead, posato al di sotto della canaletta stessa (Figura 1 e Figura 2).

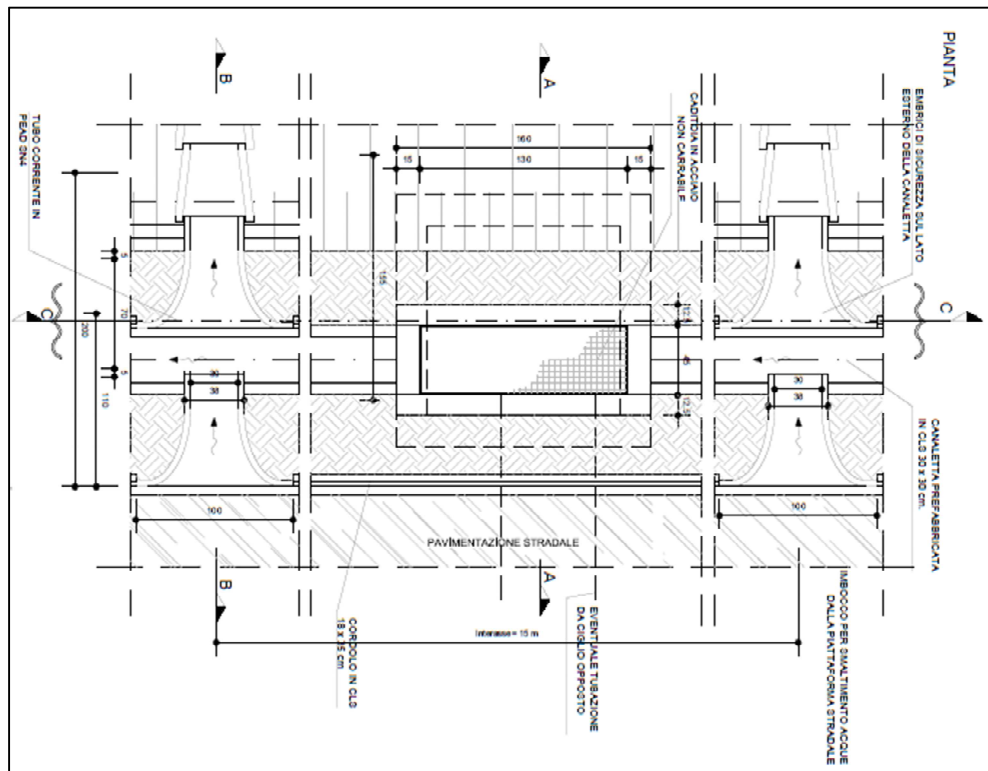


Figura 1: Particolare del sistema di raccolta di tipo chiuso – Vista in pianta

SEZIONE B - B

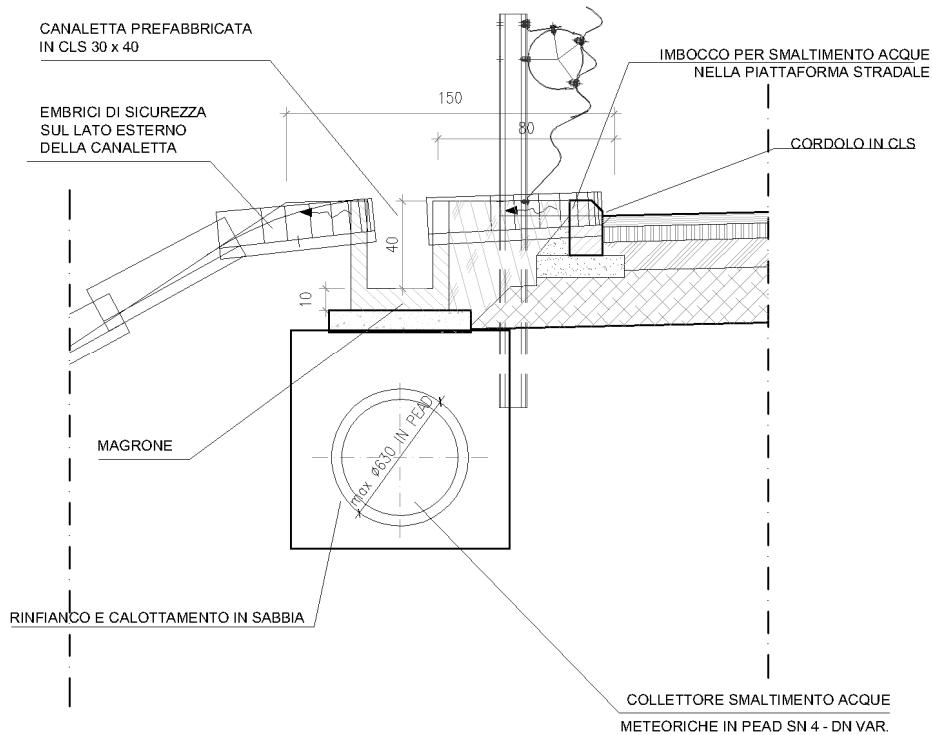


Figura 2: Particolare del sistema di raccolta di tipo chiuso – Vista in sezione

### 3.2 Sezioni in rilevato – sistema aperto

La soluzione adottata, per i tratti dotati di un sistema di drenaggio di tipo aperto, consiste nello scarico dei deflussi meteorici provenienti dalla piattaforma, attraverso gli embrici, in fossi di guardia rivestiti in cls collocati al piede dei rilevati. La geometria del fosso è di tipo trapezoidale, con larghezza di base, variabile in funzione della tipologia, ed altezza pari a 50 cm e sponde aventi pendenza pari a 1/1 (Figura 3). Gli embrici vengono sistemati lungo le scarpate ad interasse di 15 metri (Figura 4).



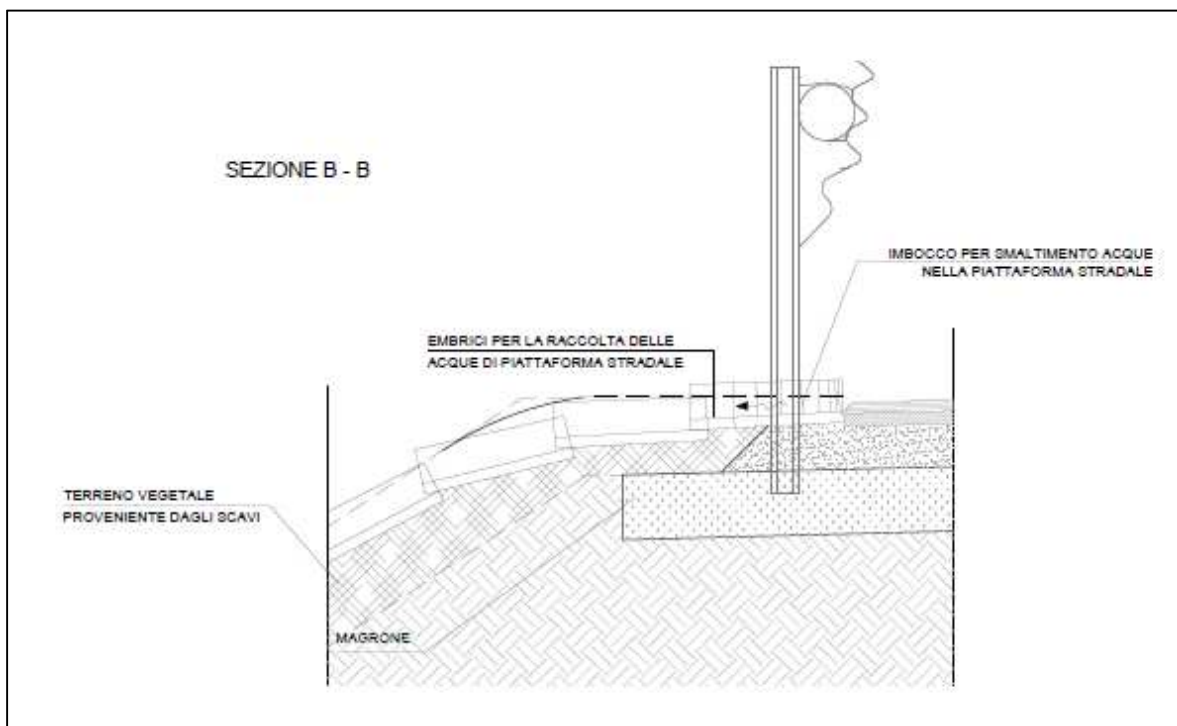


Figura 3: Schema del drenaggio per sezione in rilevato - Embrici

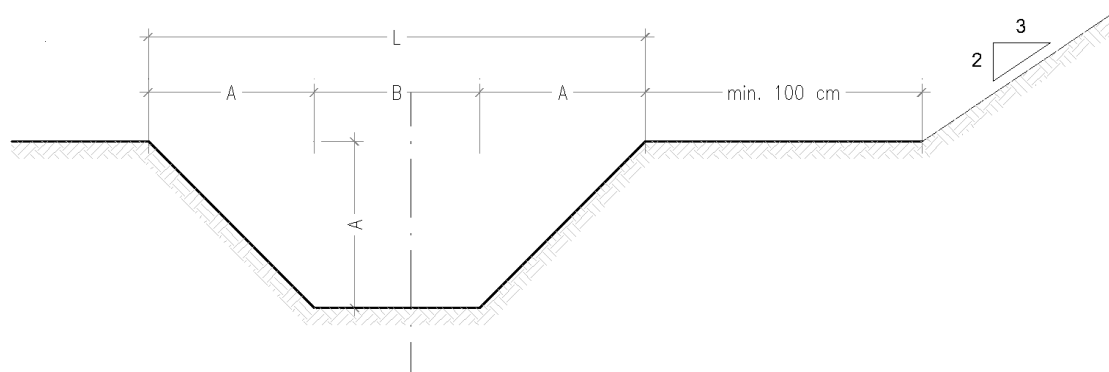


TABELLA DIMENSIONI (in cm)			
TIPO	A	B	L
T1	50	50	150
T2	50	100	200
T3	50	150	250
T4	50	200	300
T4	50	250	350

Figura 4: Schema del drenaggio per sezioni in rilevato - Fossi di guardia

### 3.3 Sezioni in viadotto e ponte

Nel caso dei viadotti e dei ponti sono previste lungo le banchine caditoie stradali, con interasse variabile in funzione della pendenza trasversale e della livelletta, munite di griglie carrabili in ghisa, collegate alla sottostante tubazione di raccolta, prevista in acciaio ed ancorata all'impalcato mediante staffaggi (Figura 5). Tale tubazione consentirà di addurre i drenaggi in corrispondenza delle spalle (tratti con sistema chiuso). (Figura 6).

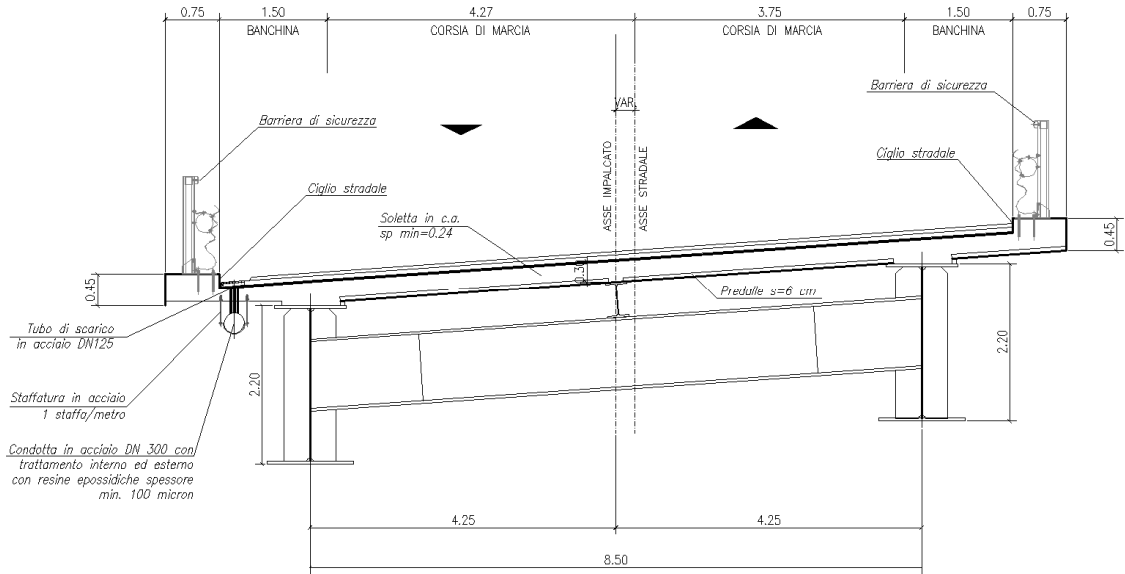


Figura 5: Schema del drenaggio per i tratti in viadotto

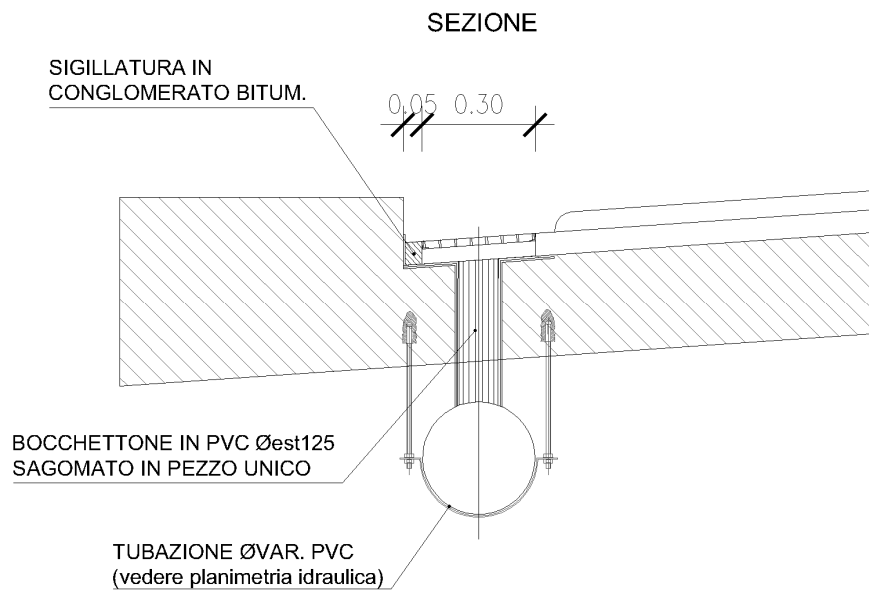


Figura 6: Schema del drenaggio per i tratti in viadotto

## 4. PRESIDI IDRAULICI - TRATTAMENTO DELLE ACQUE DI PRIMA PIOGGIA

### 4.1. Vasche di trattamento

Lungo i tratti stradali di nuova realizzazione (asse Nord-Sud e Ovest-Est Tratto 2) è stata prevista la realizzazione di n. 10 vasche per il trattenimento degli sversamenti accidentali (oli e/o carburanti) e di disoleazione e sedimentazione delle acque di prima pioggia.

Tali manufatti, per esigenze legate alla morfologia del terreno ove si sviluppa il tracciato stradale, sono ubicate in maniera tale da poter consentire sempre lo svuotamento e scarico delle acque a gravità, senza l'impiego di sistemi di pompaggio e di essere di facile accesso e, quindi, di agevole manutenzione.

L'adozione di vasche di prima pioggia è stata effettuata sulla base delle prescrizioni rilasciate in fase di approvazione del progetto preliminare; in particolare è stato richiesto di individuare l'ubicazione più idonea di vasche per l'intercettazione di eventuali sversamenti accidentali e per il trattamento delle acque di piattaforma nei casi in cui l'area sia di particolare pregio ambientale o soggetta a vulnerabilità idrogeologica elevata.

Le vasche che, di fatto sono finalizzate alla disoleazione e alla sedimentazione, sono state posizionate in luoghi accessibili dalla sede carrabile per permettere le usuali operazioni di manutenzione ordinaria e straordinaria (in caso di sversamenti accidentali di oli e/o carburanti).

I criteri a base della progettazione della vasca si possono riassumere in:

1. limitare al minimo la necessità di manutenzione, consentendo interventi molto diluiti nel tempo;
2. fare transitare nella vasca le acque di prima pioggia (con riferimento alla legislazione di riferimento della regione Lombardia);
3. "catturare" gli eventuali sversamenti;
4. far assumere al flusso in entrata una velocità tale da consentire la risalita in superficie degli oli e la sedimentazione dei solidi in sospensione;
5. mantenere all'interno della vasca gli oli in superficie.

Ogni vasca è dotata di un pozzetto in entrata, tale da consentire l'entrata nella vasca vera e propria della portata di prima pioggia e il by-pass della portata di supero con scarico nell'apposita tubazione di uscita.

L'acqua di piattaforma che entra nella vasca dissipa dapprima la sua energia, quindi entra attraverso i fori nella vasca vera e propria.

La quota che si stabilisce all'interno della vasca è quella dello sfioratore a valle (o di scarico); la portata in transito è data dal dislivello fra lo sfioro in entrata e quello in uscita, e la portata transitante defluisce al di sotto del setto alla fine della vasca.

È evidente che il volume compreso fra il bordo inferiore del setto e lo sfioratore in uscita è a disposizione degli oli di prima pioggia, che quindi, in assenza di sversamenti, possono essere allontanati con cadenza anche di qualche mese; gli sversamenti vanno invece allontanati a breve scadenza in quanto saturano parzialmente la capacità disponibile. Il dimensionamento delle vasche tiene infatti conto del volume dello sversamento (39.000 litri).

La quota della generatrice superiore della tubazione di scarico può essere al massimo pari alla quota dello sfioratore di scarico, in tal modo si riduce al minimo il dislivello fra entrata e uscita del flusso.

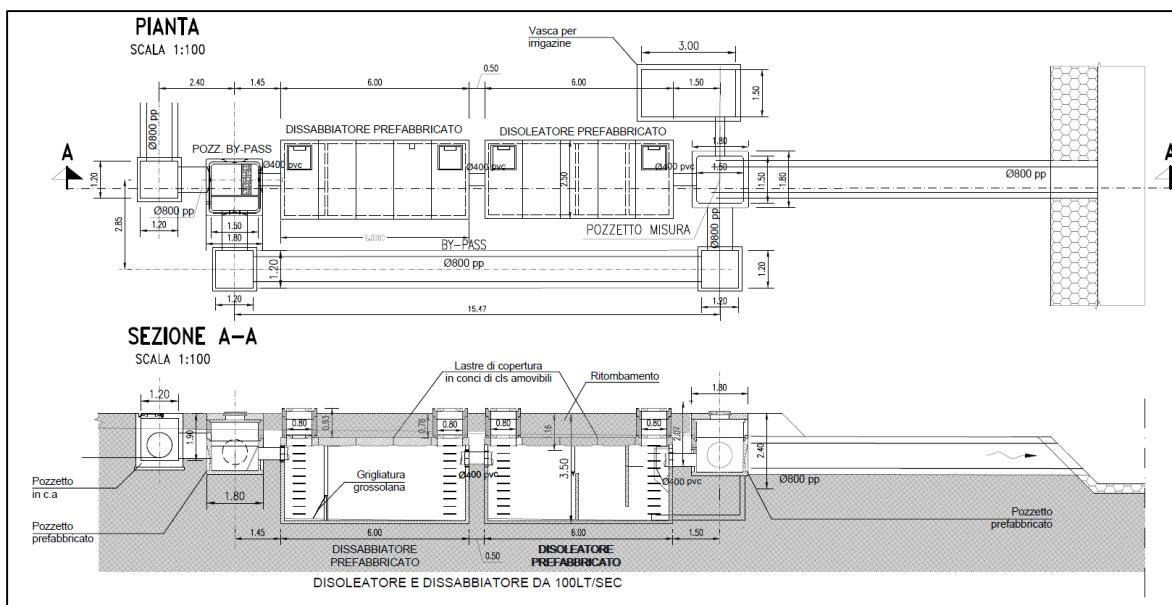


Figura 7: Vasca di prima pioggia

Come detto sopra, per quanto riguarda la portata di progetto per le acque di prima pioggia, si è preso come riferimento quanto previsto dalla legge regionale della Lombardia n° 62/85, che recita:

*"Sono considerate acque di prima pioggia quelle corrispondenti per ogni evento meteorico ad una precipitazione di 5 mm distribuita sull'intera superficie scolante servita dalla rete di drenaggio. Ai fini del calcolo delle portate, si stabilisce che tale valore si verifichi in quindici minuti; i coefficienti di afflusso alla rete si assumono pari ad 1 per le superfici coperte, lastricate od impermeabilizzate e a 0,3 per quelle permeabili di qualsiasi tipo, escludendo dal computo le superfici coltivate."*

Sulla base di tale criterio, si è calcolata la portata di prima pioggia per ciascuna vasca indicata con Q in l/s.

Si è quindi determinata la portata massima derivante dell'evento di pioggia relativo adottato per la verifica dei collettori (Tr=25 anni).

La portata di sversamento è stata invece determinata ipotizzando che lo sversamento della cisterna (volume massimo ipotizzato pari a 39000 litri) avvenga in tre minuti, da cui ne consegue una portata di sversamento pari a 217 l/s. Sulla base della portata di prima pioggia

si è quindi proceduto alla determinazione della lunghezza della vasca, ponendo tuttavia il limite minimo corrispondente al volume di sversamento 39.000 litri.

Facendo ricorso alla legge di Stokes, la velocità di sedimentazione è pari a:

$$V_s = \frac{g}{18} (\gamma_s - \gamma_w) * \frac{D^2}{\mu}$$

Ove

- $V_s$  = velocità di sedimentazione, in cm/s
- $g$  = accelerazione di gravità = 981 cm/s<sup>2</sup>
- $\gamma_s$  = peso specifico delle particelle
- $\gamma_w$  = peso specifico dell'acqua
- $D$  = diametro della particella, in mm
- $\mu$  = viscosità cinematica dell'acqua, in centistokes (1 centistokes = 0.01 cm<sup>2</sup>/s)

Con riferimento ad una vasca rettangolare, il tempo di percorrenza orizzontale vale:

$$t_1 = L / V = L * h * b / Q$$

mentre il tempo di caduta verticale è  $t_2 = h / V_s$

evidentemente  $t_1 = t_2$ , per cui si ha che la lunghezza è pari a :

$$L = h * Q / (V_s * b * h)$$

Per quanto riguarda le modalità di transito dell'acqua e/o del carburante da stoccare nelle vasche, si è imposto che il tempo di detenzione minimo sia pari a 4 minuti con una velocità massima dell'acqua, nel tratto ove avviene la separazione oli/acque, pari a 0,05 m/s. Tale limiti sono stati prefissati in maniera tale che la componente olio/carburante, più leggera, possa salire in superficie.

Per definire la quota dello stramazzo che serve da by-pass, si è imposto che la distanza soglia del bypass e quella della vasca (pari a 1.55m) rispetti le seguenti condizioni:

- la soglia deve essere sufficientemente alta da consentire il deflusso della portata di prima pioggia;
- la soglia deve consentire il deflusso dell'intera portata proveniente dai collettori in occasione dell'evento venticinquennale ( $T_r=25$  anni);
- la soglia deve consentire l'ingresso in vasca della portata derivante dallo sversamento.

Quando la portata complessiva con  $T_r$  25 anni che giunge all'impianto supera la portata di progetto di prima pioggia ma è minore della portata di sversamento, detta portata continua a transitare entro la vasca che, ovviamente, si trova ad avere ancora funzionalità di sedimentazione anche se con minore efficienza.

Nel momento in cui la portata in ingresso con  $T_r$  25 anni supera la portata di progetto di prima pioggia, ma è anche superiore alla portata di sversamento, la portata in esubero

sfiора dallo stramazzo di bypass e giunge, attraverso la condotta di uscita, direttamente alla rete idrografica (in questo caso nei fossi di guardia con funzione di laminazione).

Il calcolo dell'altezza dello stramazzo è stato condotto facendo ricorso alla formula dello stramazzo in soglia sottile con contrazione completa alla base e contrazione soppressa ai lati. La nota formula di Poleni:

$$Q = \mu L h (2 g h)^{0.5}$$

In cui:

- q rappresenta la portata
- h rappresenta il carico dello stramazzo
- L la lunghezza

Analizzando il processo di efflusso, con maggiore sottigliezza (Citrini), ci si è resi conto che il coefficiente d'efflusso non può essere ritenuto costante ed indipendente dal carico.

Si è quindi pervenuti ad una formulazione più moderna dovuta al tedesco Rehbock ormai riconosciuta pienamente soddisfacente.

$$Q = (0.402 + 0.054 * \frac{h_e}{t_p}) L * h_e \sqrt{2 g h_e}$$

In cui:

- $h_e = h + 0.0011$  (m)
- $t_p$  = petto dello stramazzo (altezza rispetto al fondo).

Nella tabella seguente (Tabella 2) è riportata l'ubicazione delle vasche di prima pioggia con riferimento alle sezioni stradali ed alle progressive. Per ulteriori dettagli sullo schema di funzionamento del sistema si rimanda alle planimetrie di progetto (elaborati T00ID00IDRPP01-07A), dove è rappresentata anche l'ubicazione dei tubi collettori di acque meteoriche sulla piattaforma.

Tabella 2: Ubicazione delle vasche di prima pioggia

Asse	Vasca	Progressiva	Progressiva	Ricettore	codice reticolo LR79/2012
		iniziale	finale		
NS	V1	0		canale irriguo (Canale Pontecanale)	TN35926
	V2	0+440	0+460	canale irriguo (Canale Molina)	TN36859
	V3	1+210	1+230	canale irriguo (Canale Fanuccio)	TN36589
	V4	1+850	1+870	canale di scolo/irriguo (via delle Ville)	-
	V5	2+770	2+790	canale irriguo	TN37224
	V6	3+930	3+945	canale irriguo (via Tanaro)	TN37767
	V7	4+245	4+260	canale di scolo (via di Pulecino)	-
	V8	5+525	5+540	canale idrografico (canale Ozzoretto)	TN38483
OE	V9	0+70	0+85	canale idrografico (canale Ozzoretto)	TN38653
	V10	1+225	1+240	canale irriguo	TN38679

Nella tabella seguente (Tabella 3) sono altresì riportati i valori calcolati per ciascuna vasca: l'area di piattaforma contribuente ( $A_{eq}$ ), la portata di prima pioggia ( $Q_{pp}$ ) e la portata massima affluente al corpo idrico ricettore ( $Q_{scol}$ ), la lunghezza teorica necessaria per la sedimentazione e la lunghezza di progetto della vasca ( $L_p$ ). Sono inoltre riportate le altezze ( $T_p$ ) e le lunghezze ( $L_{sf}$ ) del manufatto di sfioro in testa alla vasca:

Tabella 3: Portata afferente e capacità delle vasche di prima pioggia

VASCA	$A_{eq}$	$Q_{pp}$	$Q_{scol}$	$L_{sedPP\ teor}$	$L_p$	V	$T_p$	$L_{sf}$
	( $m^2$ )	[ $m^3/s$ ]	[ $m^3/s$ ]	m	m	$m^3$	m	m
VP01	1806.00	0.010	0.068	0.92	12	43.2	1.8	1.0
VP02	7644.00	0.043	0.235	3.89	12	43.2	1.8	1.0
VP03	6562.50	0.036	0.216	3.34	12	43.2	1.8	1.0
VP04	4021.50	0.022	0.138	2.05	12	43.2	1.8	1.0
VP05	11046.00	0.061	0.265	5.62	12	43.2	1.8	1.0
VP06	8368.50	0.047	0.226	4.26	12	43.2	1.8	1.0
VP07	4693.50	0.026	0.127	2.39	12	43.2	1.8	1.0
VP08	8620.50	0.048	0.222	4.39	12	43.2	1.8	1.0
VP09	4200.00	0.023	0.139	2.14	12	43.2	1.8	1.0
VP10	9366.00	0.052	0.200	4.77	12	43.2	1.8	1.0

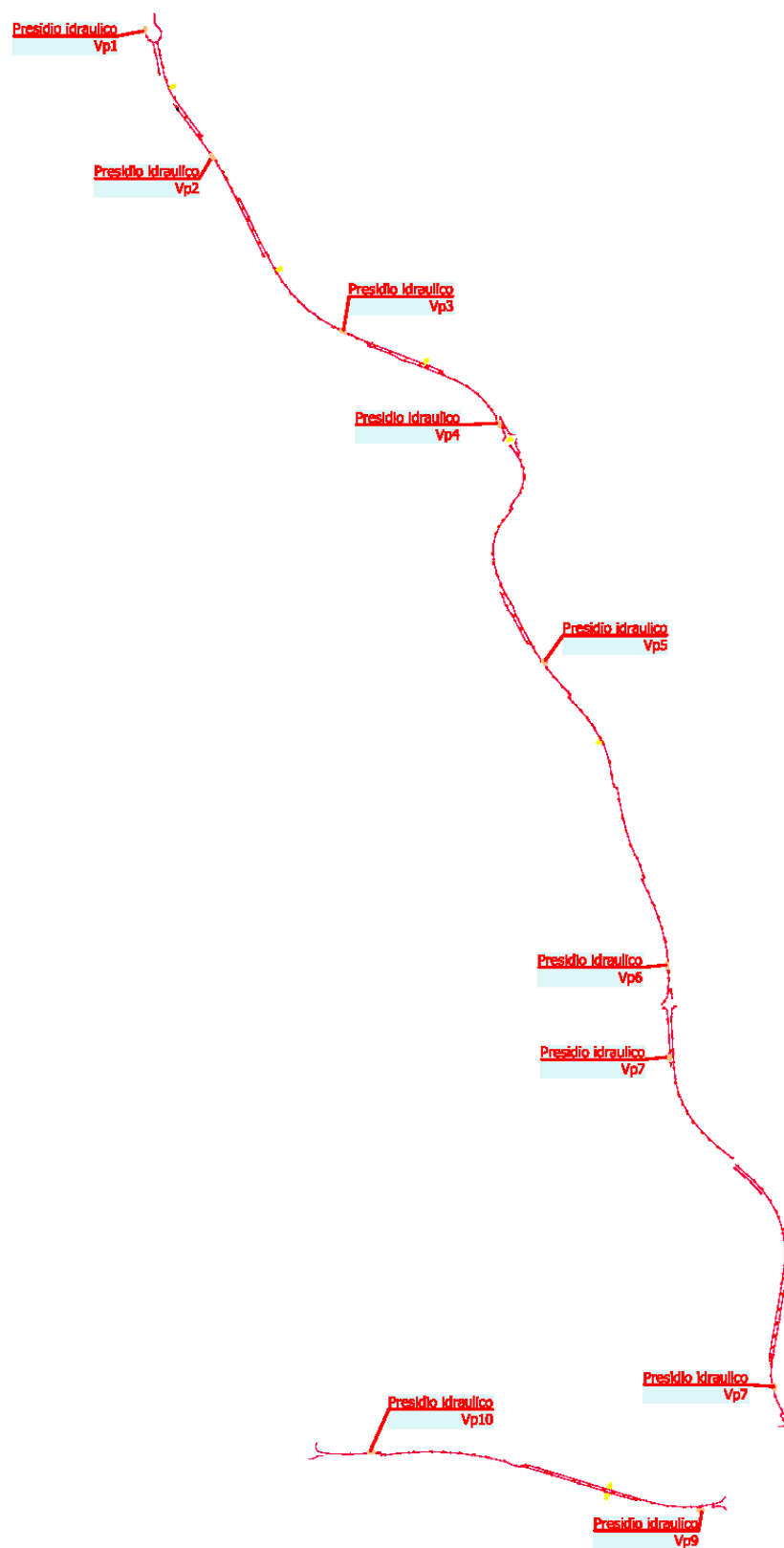


Figura 8: Ubicazione delle vasche per la raccolta e la sedimentazione delle acque da piattaforma



Ogni impianto è caratterizzato da un funzionamento in continuo e consente di separare sabbie e fanghi dalle acque di pioggia, sfruttando l'azione gravitativa governata dalla Legge di Stokes.

Al fine di smaltire secondo le norme vigenti le acque di prima pioggia provenienti dalle precipitazioni affluenti alla strada si è scelto di utilizzare delle vasche di prima pioggia prefabbricate, realizzate in certificati stabilimenti di prefabbricazione, opportunamente calcolate ed armate secondo il rispetto delle normative NTC2018.

Il dimensionamento idraulico è stato verificato sulla base delle portate in ingresso derivanti dalle tabelle fornite, ed hanno le seguenti dimensioni che consentono un'agevole trasporto senza dover ricorrere all'utilizzo di trasporti eccezionali:

- altezza  $H= 2.74$  m
- larghezza  $l=2.50$  m
- lunghezza  $L=6.00$  m

Per ottenere le lunghezze necessarie per la sedimentazione dei solidi presenti, nonché per garantire il volume minimo di 40'000 litri per eventuali sversamenti accidentali, sono state disposte in successione una serie di elementi riconducibili sostanzialmente a tre tipologie, come di seguito descritto.

Le tre tipologie si differenziano sostanzialmente per diversa disposizione dei setti e della strumentazione di controllo.

Ciascun manufatto presenta una soletta di copertura carrabile, costituita da conci rimovibili, in maniera tale da consentire l'agevole manutenzione delle vasche stesse.

L'**elemento tipo 1** è quello che viene posto subito a valle dello scolmatore e che raccoglie per primo le acque di prima pioggia. In tale manufatto è presente un setto realizzato in c.a. che ha la funzione principale di diminuire drasticamente le velocità del flusso di acqua in ingresso. Alla base di questo setto è presente un'apertura dove è posizionata, inclinata di circa 30°, una griglia grossolana per materiali di diametro superiore ai 30 mm, su tutta la larghezza della vasca. L'inclinazione della griglia è stata imposta per permettere una più agevole opera di pulizia per mezzo di idonei pettini metallici. La vasca presenta una pendenza di fondo lungo l'asse longitudinale pari a circa l'1 – 2% ed una pendenza trasversale pari a circa il 3–5 %. Tali pendenze di fondo vengono realizzate per convogliare i materiali da depositare, principalmente nella striscia centrale del manufatto.

L'**elemento di tipo 2** è posizionato nella sezione terminale dell'impianto di trattamento ed deputato allo smaltimento verso il recapito finale delle portate di prima pioggia depurate. In questo manufatto, sono presenti due setti, posti a distanza di circa 1.5 metri l'uno dall'altro e che svolgono due funzioni diverse. Il primo setto presenta uno stramazzo in parete sottile che consente di captare gli ultimi solidi sospesi che si depositeranno nella vasca. Detti solidi, di norma molto fini e con elevati contenuti d'acqua, potranno essere rimossi con apposito impianto di sollevamento o con prelievo periodico tramite auto spurgo. Il secondo setto, presenta un'apertura alla base, di larghezza pari a quella del manufatto e di altezza di 50 cm, tale da far defluire verso l'uscita l'acqua separata dall'eventuale frazione oleosa. Per maggiore sicurezza, è stato predisposto nella sezione di uscita, un otturatore

basculante che entra in funzione in caso di presenza di oli. In questo caso, un allarme viene immediatamente lanciato per permettere un tempestivo intervento e la rimozione degli oli presenti. Inoltre, a monte dell'ultimo setto viene posto un altro rilevatore che segnali la presenza di oli e ne consenta la rimozione.

L'**elemento di tipo 3** ha l'unica funzione di adeguare la lunghezza del percorso delle acque a quella di progetto, necessaria per garantire una sedimentazione ottimale e migliorare la separazione dei solidi sospesi e di garantire il volume di accumulo di almeno 40'000 litri per sversamenti accidentali.

Per permettere un ottimale funzionamento delle vasche e garantire la massima efficienza nel tempo di vita utile delle stesse, risulta indispensabile che i manufatti vengano svuotati dalle acque dopo un significativo evento di pioggia o dopo un serie consecutiva di eventi piovosi di minore entità.

Le vasche progettate in questo intervento sono prive di pacchi lamellari, prive di filtri a coalescenza e di qualsivoglia sistema meccanico di filtrazione ma sono dotate esclusivamente di deflettori per il trattamento a gravità ed in continuo della portata di prima pioggia affluente.

Si evidenzia, altresì, che le vasche progettate sono tutte accessibili per la manutenzione sia ordinaria (espurgo a mezzo autocisterna) che straordinaria (eventuale sostituzione), o direttamente dalla strada principale (ubicazione in aree di servizio) o da viabilità esterne realizzate appositamente per accedere alle vasche (ubicazione in piazzole separate dalla viabilità principale e recintate).

## **4.2. Manufatti per il controllo qualitativo delle portate**

Come già specificato in premessa al capitolo 3, lungo l'asse Est-Ovest sono stati inseriti dei manufatti di controllo qualitativo delle portate, in corrispondenza del tratto terminale del fosso di guardia prima dello scarico nel corpo ricettore.

Trattasi di opere in c.a. di dimensioni contenute, che presentano un setto disoleatore con la funzione di trattenimento oli mentre la sedimentazione è affidata allo stesso fosso di guardia essendo esso caratterizzato da limitate pendenze longitudinali. Di seguito il manufatto tipo:

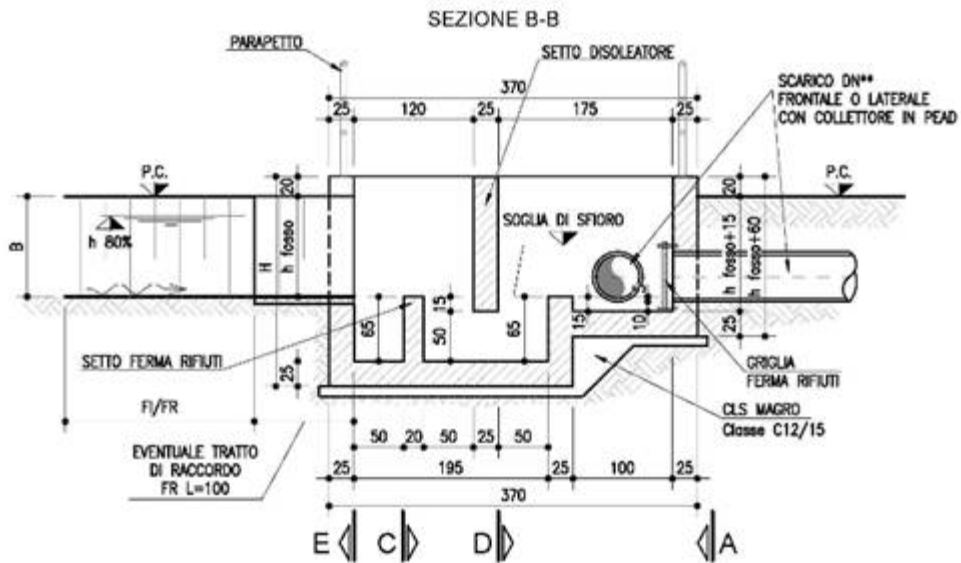


Figura 9: Particolare del manufatto tipo di regolazione qualitativa della portata in uscita dal sistema di drenaggio delle acque di piattaforma

In corrispondenza della SP Romana (da Antraccoli alla Rotatoria Romana) il manufatto, laddove inserito, assolve solo la funzione di disoleazione per la presenza del setto disoleatore, mentre per il tratto di via del Frizzone (dalla Rotatoria Romana alla rotatoria del Frizzone) il manufatto è costituito anche da una bocca tarata che ha lo scopo di laminare le portate ed invasarle nel bacino di monte costituito dal fosso di guardia (vedere anche il successivo capitolo relativo al "Sistema di laminazione").

## 5. SISTEMA DI LAMINAZIONE

Lo scarico nel reticolo esistente delle acque di piattaforma drenate dai sistemi chiusi e aperti è regolato mediante l'inserimento di opportuni manufatti che limitano la portata scaricata nei ricettori finali al valore di 50 l/s\*ha. Tale valore è stato scelto in base a quanto indicato nei Regolamenti Urbanistici comunali locali (*art.51 comma 4 R.U. Capannori e art. 15 comma 15.3 R.U. Lucca*).

Tali manufatti (figura 9) sono costituiti da una soglia di sfioro e da una luce tarata posta al di sotto della prima. La soglia di sfioro funge da scarico di troppo pieno del canale, mentre la luce tarata consente di limitare al valore di progetto la portata scaricata nel recapito finale.

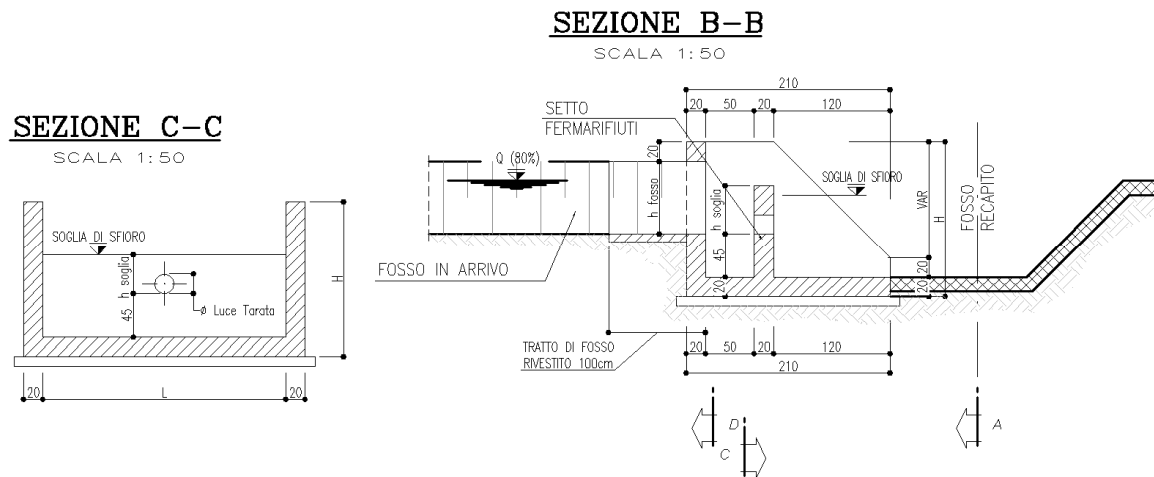


Figura 10: Particolare del manufatto tipo di regolazione quantitativa della portata in uscita dal sistema di drenaggio delle acque di piattaforma

La limitazione al valore di 50 l/s\*ha della portata scaricata nei ricettori finali determina la necessità di dotare il sistema di raccolta delle acque di piattaforma di volumi volano, per consentire la laminazione degli idrogrammi di piena.

In questo progetto la funzione di vasche volano è stata assegnata ai fossi di guardia stessi, che sono stati opportunamente dimensionati per contenere i volumi necessari.

I volumi necessari per la laminazione delle portate sono stati calcolati ricostruendo gli idrogrammi di piena dei bacini afferenti a ciascun punto di scarico, ovvero sommando i contributi derivanti dai vari collettori e/o fossi che costituiscono la rete di drenaggio di ogni bacino. Nel calcolo è stato considerato un tempo di ritorno per gli eventi  $Tr=25$  anni.

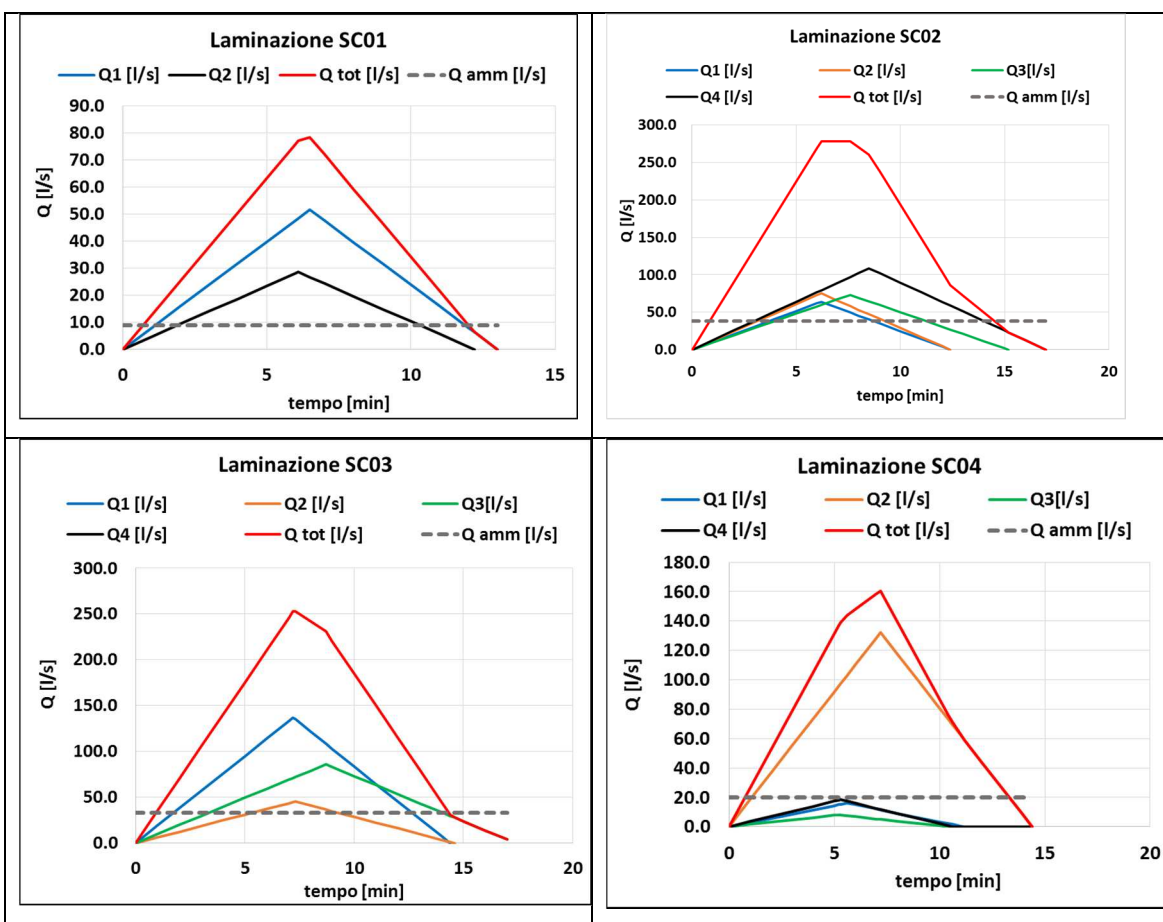
Nel presente calcolo sono stati considerati i soli bacini interessati dal drenaggio delle acque di piattaforma, tralasciando i bacini interessati dal solo drenaggio delle scarpate dei rilevati, poiché questi sono caratterizzati da valori di portata e di volume sicuramente contenibili all'interno dei fossi di dimensioni più piccole.

Nella tabella seguente sono riportati i valori delle grandezze caratteristiche di ogni bacino oggetto di verifica: superficie di estensione, portata ammissibile allo scarico, volume di laminazione.

Tabella 4: grandezze caratteristiche bacino drenato

Id scarico	Area bacino [mq]	Q amm [l/s]	Vol laminaz [mc]	L min richiesta [m]
SC01	1806	9	24.7	120
SC02	7644	38.2	108.4	120
SC03	6562	32.8	96.9	145
SC04	4021	20.1	55.3	85
SC05	11046	55.2	167.2	170
SC06	8368	41.8	149.6	260
SC07	4725	23.6	80.8	170
SC08	8589	42.9	145	165
SC09	4200	21	61.6	100
SC10	9366	46.8	169.1	310

Nelle figure seguenti sono rappresentati gli idrogrammi di piena calcolati per stimare i valori del volume di laminazione da assegnare ad ogni comparto in progetto.



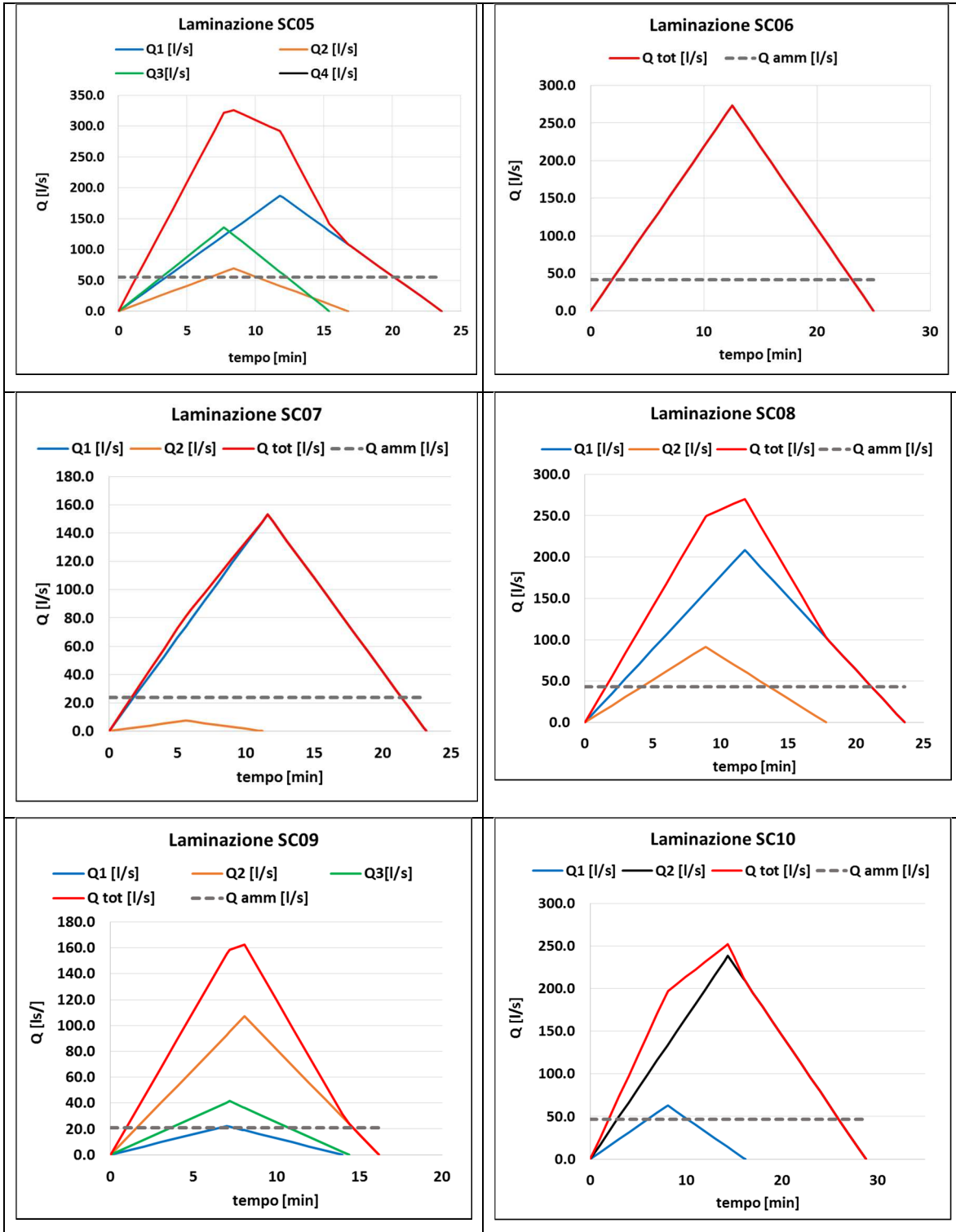


Figura 11: Idrogrammi di piena per la stima dei volumi di laminazione da assegnare ai fossi di guardia

Il dimensionamento dei fossi di guardia aventi funzione di laminazione è stato effettuato calcolando il volume di laminazione disponibile in funzione della pendenza dei fossi e della quota della soglia di controllo posta nel manufatto di regolazione nella sezione di scarico.

Nella tabella seguente si riportano le caratteristiche dei canali costituenti gli invasi di laminazione: volume minimo necessario, larghezza B alla base del canale e il volume disponibile.

*Tabella 5: Volumi di laminazione*

ID SCARICO	Vol laminazione	B canale	Tipologia Canale	Volume
	[mc]	[m]		[mc]
SC01	24.70	0.50	T1	29.67
SC02	108.40	2.50	T5	122.00
SC03	96.90	1.50	T3	102.50
SC04	55.30	1.50	T3	57.50
SC05	167.20	2.50	T5	170.83
SC06	149.60	1.50	T3	157.50
SC07	80.80	1.50	T3	103.00
SC08	145.00	2.50	T5	166.67
SC09	61.60	1.00	T2	66.67
SC10	169.10	1.50	T3	195.00

## 6. VERIFICHE IDRAULICHE DELLE OPERE DI DRENAGGIO

La verifica di un idoneo dimensionamento delle canalizzazioni di drenaggio è stato effettuato, facendo riferimento alle condizioni di moto uniforme, attraverso la relazione di Chezy:

$$V = K \times R_i^{2/3} \times J^{1/2}$$

in cui:

- V= velocità media del flusso (m/s)
- K= coefficiente di scabrezza di Gaucker - Strickler ( $m^{1/3}/s$ )
- $R_i$  = raggio idraulico (m), rapporto tra sezione idraulica  $A(m^2)$  e contorno bagnato  $C(m)$ ;
- J = pendenza longitudinale (m/m)

associata all'equazione di continuità:

$$Q_p = V \times A$$

ove:

- $Q_p$  = portata ( $m^3/s$ )
- A = area bagnata ( $m^2$ ).

Per quanto riguarda i valori dei coefficienti di scabrezza è stato assunto:

- $K=60 m^{1/3}/s$  per le canalizzazioni aperte in C.A.
- $K = 35 m^{1/3}/s$  per le canalizzazioni non rivestite
- $K=90 m^{1/3}/s$  per le per le tubazioni in pead.

Sulla base della stima delle piogge e delle portate di progetto prima evidenziate, e della geometria prevista per canalette, fossi di guardia e collettori, sono stati verificati gli elementi di drenaggio secondo i criteri illustrati.

Nelle Tabelle allegate in Appendice A, B, C, D, E, F e G sono riportate le verifiche dei principali elementi di piattaforma:

- Appendice A: verifica interasse embrici di collegamento fra piattaforma e canalette prefabbricate nel sistema chiuso ed embrici nel sistema aperto;
- Appendice B: verifica interasse caditoie di scarico canalette nel sistema chiuso;
- Appendice C: verifica collettori nel sistema chiuso;
- Appendice D: verifica dei fossi di guardia;
- Appendice E: dimensionamento vasche di sicurezza idraulica sistema chiuso.



## Indice delle figure

Figura 1: Particolare del sistema di raccolta di tipo chiuso – Vista in pianta .....	6
Figura 2: Particolare del sistema di raccolta di tipo chiuso – Vista in sezione.....	7
Figura 3: Schema del drenaggio per sezione in rilevato - Embrici.....	8
Figura 4: Schema del drenaggio per sezioni in rilevato – Fossi di guardia .....	8
Figura 5: Schema del drenaggio per i tratti in viadotto .....	9
Figura 6: Schema del drenaggio per i tratti in viadotto .....	9
Figura 7: Vasca di prima pioggia.....	11
Figura 8: Ubicazione delle vasche per la raccolta e la sedimentazione delle acque da piattaforma.....	15
Figura 9: Particolare del manufatto tipo di regolazione qualitativa della portata in uscita dal sistema di drenaggio delle acque di piattaforma.....	18
Figura 10: Particolare del manufatto tipo di regolazione quantitativa della portata in uscita dal sistema di drenaggio delle acque di piattaforma .....	19
Figura 11: Idrogrammi di piena per la stima dei volumi di laminazione da assegnare ai fossi di guardia.....	21

## Indice delle tabelle

Tabella 1 – Parametri utilizzati per la stima della portata da smaltire .....	4
Tabella 2: Ubicazione delle vasche di prima pioggia .....	14
Tabella 3: Portata afferente e capacità delle vasche di prima pioggia.....	14
Tabella 4: grandezze caratteristiche bacino drenato .....	20
Tabella 5: Volumi di laminazione .....	22

**Appendice A: verifica interasse embrici di collegamento fra piattaforma e canalette prefabbricate nel sistema chiuso ed embrici nel sistema aperto**



2500.0	2700.0	sx/dx	rilevato	200.0	5.3	0.0	1.2	0.4	2.5	4.2	0.23	0.01	0.03	0.03	0.92	0.43	<b>15.9</b>													<b>15.00</b>
2700.0	2840.0	sx	rilevato	140.0	10.5	0.0	1.2	0.7	2.5	5.5	0.31	0.01	0.03	0.03	0.86	0.56	<b>10.5</b>													<b>10.00</b>
2840.0	3060.0	sx	rilevato	220.0	10.5	0.0	1.2	1.4	2.5	7.8	0.43	0.01	0.03	0.04	0.76	0.80	<b>14.9</b>													<b>15.00</b>
3060.0	3100.0	dx	rilevato	40.0	10.5	0.0	1.2	0.7	2.5	5.5	0.31	0.01	0.03	0.03	0.86	0.56	<b>10.5</b>													<b>10.00</b>
3100.0	3145.0	dx	muro	45.0	10.5	0.0	1.1	0.1	7.0	9.2	0.22	0.02	0.08	0.08	0.97	0.25	<b>17.5</b>	0.3	0.8	1.56	0.03	0.25	0.28	9.16	0.00	100.0			<b>15.00</b>	
3145.0	3200.0	dx	muro	55.0	10.5	0.0	1.1	0.5	5.0	11.7	0.39	0.02	0.06	0.06	0.88	0.53	<b>22.4</b>	0.3	0.8	1.56	0.04	0.23	0.59	11.69	0.00	100.0			<b>15.00</b>	
3200.0	3325.0	dx	muro	125.0	10.5	0.0	1.1	1.6	3.0	8.9	0.49	0.02	0.03	0.05	0.73	0.86	<b>17.1</b>	0.3	0.8	1.56	0.04	0.18	0.97	8.33	0.60	93.3			<b>15.00</b>	
3325.0	3400.0	sx	rilevato	75.0	10.5	0.0	1.2	2.0	2.5	9.3	0.52	0.02	0.03	0.04	0.69	0.95	<b>17.8</b>												<b>15.00</b>	
3400.0	3920.0	dx	rilevato	520.0	10.5	0.0	1.2	0.7	2.5	5.5	0.31	0.01	0.03	0.03	0.86	0.56	<b>10.5</b>												<b>10.00</b>	
3920.0	4015.0	dx	rilevato	95.0	10.5	0.0	1.2	1.7	2.5	8.6	0.48	0.01	0.03	0.04	0.72	0.88	<b>16.4</b>												<b>15.00</b>	
4015.0	4030.0	sx/dx	rilevato	15.0	5.3	0.0	1.2	0.7	2.5	5.3	0.29	0.01	0.03	0.03	0.87	0.54	<b>20.3</b>												<b>15.00</b>	
4030.0	4060.0	sx/dx	rilevato	30.0	5.3	0.0	1.2	1.5	2.5	8.0	0.45	0.01	0.03	0.04	0.75	0.82	<b>30.8</b>												<b>15.00</b>	
4060.0	4070.0	sx/dx	rilevato	10.0	5.3	0.0	1.2	1.5	2.5	8.0	0.45	0.01	0.03	0.04	0.75	0.82	<b>30.8</b>												<b>15.00</b>	
4070.0	4100.0	sx/dx	rilevato	30.0	5.3	0.0	1.2	1.5	2.5	8.2	0.45	0.01	0.03	0.04	0.74	0.83	<b>31.2</b>												<b>25.00</b>	
4100.0	4230.0	sx/dx	rilevato	130.0	5.3	0.0	1.2	1.5	2.5	8.0	0.45	0.01	0.03	0.04	0.75	0.82	<b>30.8</b>												<b>25.00</b>	
4230.0	4285.0	sx/dx	rilevato	55.0	5.3	0.0	1.2	0.5	2.5	4.6	0.26	0.01	0.03	0.03	0.90	0.48	<b>17.8</b>												<b>17.00</b>	
4285.0	4690.0	sx	rilevato	405.0	10.5	0.0	1.2	0.6	2.5	5.1	0.28	0.01	0.03	0.03	0.88	0.52	<b>9.7</b>												<b>10.00</b>	
4690.0	5130.0	dx	muro	440.0	10.5	0.0	1.0	0.6	7.0	16.7	0.48	0.03	0.07	0.08	0.86	0.57	<b>31.9</b>	0.3	0.8	1.56	0.06	0.30	0.58	16.67	0.00	100.0			<b>25.00</b>	
5130.0	5430.0	sx/dx	rilevato	300.0	5.3	0.0	1.2	0.7	2.5	5.3	0.29	0.01	0.03	0.03	0.87	0.54	<b>20.3</b>												<b>20.00</b>	
5430.0	5655.0	sx	rilevato	225.0	10.5	0.0	1.2	0.7	2.5	5.5	0.31	0.01	0.03	0.03	0.86	0.56	<b>10.5</b>												<b>10.00</b>	

#### ASSE OVEST-EST

DA PROGR.	A. PROGR.	lato	tipo	L tratto	Lc	ls	b	i	J	Qc	V	q	yo	Ho	yo/Ho	F	imax	bc	lcad	Vo	lo	lo1	l1	Q1	Q2	E	id	
(m)	(m)		sezione	(m)	(m)	(m)	(m)	(%)	(%)	(l/s)	(m/s)	(l/sm)	(m)	(m)	(adim)	(adim)	(m)	(m)	(m)	(m/s)	(m)	(m)	(m)	(l/s)	(l/s)	(%)	(m)	
0.0	20.0	sx/dx	rilevato	20.0	5.3	0.0	1.2	2.0	2.5	9.3	0.52	0.02	0.03	0.04	0.69	0.95	<b>35.6</b>											<b>20.00</b>
20.0	43.0	sx/dx	rilevato	23.0	5.3	0.0	1.2	0.7	2.5	5.5	0.31	0.01	0.03	0.03	0.86	0.56	<b>21.0</b>											<b>20.00</b>
43.0	138.0	dx	rilevato	95.0	10.5	0.0	1.2	3.0	7.0	63.3	1.26	0.11	0.08	0.16	0.51	1.38	<b>121.1</b>											<b>25.00</b>
138.0	254.0	dx	viadotto	116.0	10.5	0.0	1.2	2.0	7.0	51.7	1.03	0.09	0.08	0.14	0.61	1.13	<b>98.9</b>	0.3	0.3	0.72	0.13	0.54	1.41	35.37	16.31	68.4		<b>10.00</b>



## **Appendice B: verifica interasse caditoie di scarico canalette nel sistema chiuso**

## VERIFICHE IDRAULICHE CANALETTA IN RILEVATO

### DATI DI INPUT

a(coeff. curva possibilita' climatica Tr=25 anni)	<b>63.61</b>	mm/h
n(esponente curva possibilita' climatica)	<b>0.54</b>	adim.
fc(c.deflusso carreggiata)=	<b>0.90</b>	adim.
fs(c.deflusso scarpate)=	<b>0.60</b>	adim.
ta(tempo di afflusso)=	<b>5.00</b>	min
ic(intensità di pioggia)	<b>199.02</b>	min
k(parametro scabrezza)	<b>60.00</b>	m <sup>1/3</sup> /s

### PARAMETRI GEOMETRICI

b (base cunetta)	<b>0.30</b>	m
h (altezza interna canaletta)	<b>0.40</b>	m
A (area bagnata a massimo riempimento)	<b>0.12</b>	m <sup>2</sup>
C (perimetro bagnato a massimo riempimento)	<b>1.10</b>	m
R (raggio idraulico a massimo riempimento)	<b>0.11</b>	m

### ASSE NORD - SUD

prog.inz iniziale	prog.fin. finale	LATO	lung. (m)	i (m/m)	Qmax (l/s)	Qp (l/s)	id (m)
172.00	149.80	DX	22.2	0.005	115.71	11.26	25
149.80	120.00	DX	29.8	0.019	226.15	25.89	25
120.00	103.40	DX	16.6	0.019	226.44	29.71	25
103.40	64.50	DX	38.9	0.040	329.93	38.67	25
64.50	0.00	DX	64.5	0.006	124.33	51.74	25
120.00	103.40	SX	16.6	0.019	226.44	4.29	25
103.40	64.50	SX	38.9	0.040	329.93	14.08	25
64.50	57.00	SX	7.5	0.049	364.62	15.94	25
57.00	0.00	SX	57.0	0.006	132.26	28.61	25
172.00	241.00	SX	69.0	0.021	239.03	34.52	25
241.00	340.00	SX	99.0	0.047	355.11	57.06	25
340.00	372.00	SX	32.0	0.033	297.06	63.87	25
241.00	340.00	DX	99.0	0.047	355.11	24.80	25
340.00	372.00	DX	32.0	0.033	297.06	32.32	25
372.00	400.00	DX	28.0	0.033	297.00	111.44	25
400.00	465.00	DX	65.0	0.015	203.18	138.84	25
900.00	865.00	DX	35.0	0.004	109.39	17.43	25
865.00	840.00	DX	25.0	0.008	146.29	29.19	25
840.00	803.00	DX	37.0	0.008	145.53	36.95	25
803.00	720.00	DX	83.0	0.017	216.14	53.96	25
720.00	620.00	DX	100.0	0.024	255.51	73.27	25
840.00	803.00	SX	37.0	0.008	145.53	9.30	25
803.00	720.00	SX	83.0	0.017	216.14	28.63	25
720.00	620.00	SX	100.0	0.024	255.51	50.03	25
620.00	600.00	SX	20.0	0.024	255.46	135.54	25
600.00	540.00	SX	60.0	0.012	178.06	158.22	25
540.00	465.00	SX	75.0	0.001	60.02	178.23	25
900.00	940.00	SX	40.0	0.005	114.48	19.84	25
940.00	1052.00	SX	112.0	0.012	179.74	70.98	25
1052.00	1210.00	SX	158.0	0.022	241.18	136.90	25

1525.00	1500.00	SX	25.0	0.005	114.83	6.32	25
1500.00	1413.00	SX	87.0	0.008	144.58	26.12	25
1413.00	1319.00	SX	94.0	0.013	186.12	45.32	25
1525.00	1500.00	DX	25.0	0.005	114.83	6.32	25
1500.00	1413.00	DX	87.0	0.008	144.58	26.12	25
1413.00	1319.00	DX	94.0	0.013	186.12	45.32	25
1319.00	1210.00	DX	109.0	0.003	83.76	127.74	25
1525.00	1549.00	SX	24.0	0.013	187.13	6.15	25
1549.00	1590.00	SX	41.0	0.011	171.64	16.08	25
1525.00	1549.00	DX	24.0	0.013	187.13	6.15	25
1549.00	1590.00	DX	41.0	0.011	171.64	16.08	25
1590.00	1660.00	DX	70.0	0.011	170.83	64.16	25
1660.00	1750.50	DX	90.5	0.024	252.19	103.72	25
1750.50	1840.00	DX	89.5	0.030	283.76	141.05	25
1840.00	1872.00	DX	32.0	0.022	243.13	146.63	25
1840.00	1872.00	SX	32.0	0.022	243.13	8.19	25
1908.50	1872.00	DX	36.5	0.012	178.84	9.24	25
1908.50	1872.00	SX	36.5	0.012	178.84	9.24	25
2068.00	2185.00	DX	117.0	0.004	103.63	54.48	25
2185.00	2500.00	SX	315.0	0.004	104.01	166.35	25
2500.00	2700.00	SX	200.0	0.004	103.97	187.33	25
2500.00	2700.00	DX	200.0	0.004	103.97	43.57	25
2700.00	2803.00	SX	103.0	0.004	104.09	249.75	25
3120.00	3062.00	SX	58.0	0.005	115.84	28.18	25
3062.00	3009.00	SX	53.0	0.006	129.12	51.87	25
3009.00	2960.00	SX	49.0	0.013	189.62	73.09	25
2960.00	2930.00	SX	30.0	0.016	208.36	85.76	25
2930.00	2907.50	DX	22.5	0.016	208.51	95.09	25
2907.50	2803.00	DX	104.5	0.013	183.91	135.89	25
3120.00	3200.00	DX	80.0	0.006	127.60	38.23	25
3200.00	3290.00	DX	90.0	0.013	188.31	77.78	25
3290.00	3400.00	SX	110.0	0.016	210.98	122.75	25
3400.00	3620.00	SX	220.0	0.004	98.26	192.62	25
3620.00	3917.00	DX	297.0	0.004	98.20	273.14	25
4697.00	4280.00	DX	417.0	0.002	72.54	150.14	25
4280.00	4260.00	DX	20.0	0.002	71.65	151.87	9
4260.00	4250.00	DX	10.0	0.008	146.11	153.20	10
4280.00	4260.00	SX	20.0	0.002	71.65	5.01	25
4260.00	4250.00	SX	10.0	0.008	146.11	7.44	25
4070.00	4250.00	DX	180.0	0.012	181.73	84.88	25
4070.00	4250.00	SX	180.0	0.012	181.73	127.33	25
4697.00	4889.00	DX	192.0	0.007	139.56	87.48	25
4889.00	4929.00	DX	40.0	0.007	139.97	103.21	25
4929.00	5140.00	DX	211.0	0.005	116.35	176.29	25
5140.00	5440.00	DX	300.0	0.005	116.43	208.49	25
5140.00	5440.00	SX	300.0	0.005	116.43	62.27	25
5440.00	5518.50	SX	78.5	0.005	116.46	281.84	25



5670.00	5518.50	DX	151.5	0.002	73.51	65.31	25
---------	---------	----	-------	-------	-------	-------	----

**ASSE OVEST - EST**

prog.inz iniziale	prog.fin. finale	LATO	lung. (m)	i (m/m)	Qmax (l/s)	Qp (l/s)	id (m)
0.00	94.00	SX	94.0	0.002	73.51	20.79	25
0.00	94.00	DX	94.0	0.002	73.51	20.79	25
400.00	350.00	DX	50.0	0.002	64.93	11.73	25
350.00	309.00	DX	41.0	0.006	124.19	20.53	25
309.00	300.00	DX	9.0	0.012	179.24	22.43	25
400.00	350.00	SX	50.0	0.002	64.93	11.73	25
350.00	309.00	SX	41.0	0.006	124.19	20.53	25
309.00	300.00	SX	9.0	0.012	179.24	22.43	25
300.00	250.00	SX	50.0	0.012	177.96	65.77	25
250.00	192.00	SX	58.0	0.019	224.83	89.40	25
192.00	130.00	SX	62.0	0.026	266.05	114.06	25
130.00	94.00	SX	36.0	0.033	299.12	128.14	25
400.00	425.00	DX	25.0	0.010	168.28	6.38	25
425.00	500.00	DX	75.0	0.011	168.82	24.00	25
500.00	625.00	DX	125.0	0.016	210.21	50.26	25
625.00	700.00	DX	75.0	0.003	90.04	62.86	25
400.00	425.00	SX	25.0	0.010	168.28	6.38	25
425.00	500.00	SX	75.0	0.011	168.82	24.00	25
500.00	625.00	SX	125.0	0.016	210.21	50.26	25
625.00	700.00	SX	75.0	0.003	90.04	62.86	25
700.00	1200.50	SX	500.5	0.003	90.02	265.65	25
1200.50	1292.00	DX	91.5	0.003	89.95	286.61	25

**ASSE EST - OVEST**

prog.inz iniziale	prog.fin. finale	LATO	lung. (m)	i (m/m)	Qmax (l/s)	Qp (l/s)	id (m)
4100.00	4050.00	SX	50.0	0.005	120.80	24.58	25
4050.00	4000.00	SX	50.0	0.011	173.97	47.33	25
4000.00	3950.00	SX	50.0	0.017	213.07	68.98	25
3950.00	3900.00	SX	50.0	0.022	246.03	90.38	25
3900.00	3850.00	SX	50.0	0.029	278.00	111.29	25
3850.00	3750.00	SX	100.0	0.035	308.41	151.85	25
3750.00	3714.00	SX	36.0	0.028	276.54	158.08	25
3714.00	3650.00	SX	64.0	0.019	228.96	168.31	25
3650.00	3600.00	SX	50.0	0.008	147.03	174.59	25
3750.00	3714.00	DX	36.0	0.028	276.54	9.22	25
3714.00	3650.00	DX	64.0	0.019	228.96	24.59	25
3650.00	3600.00	DX	50.0	0.008	147.03	35.28	25
4100.00	4165.00	DX	65.0	0.002	63.67	30.57	25
4165.00	4225.00	DX	60.0	0.008	149.76	42.60	25
4225.00	4295.00	DX	70.0	0.015	203.99	56.17	25
4295.00	4375.00	DX	80.0	0.024	253.60	71.17	25
4375.00	4450.00	DX	75.0	0.033	298.16	84.82	25
4450.00	4475.00	DX	25.0	0.041	333.66	89.32	25
4165.00	4225.00	SX	60.0	0.008	149.76	14.78	25
4225.00	4295.00	SX	70.0	0.015	203.99	30.60	25

4295.00	4375.00	SX	80.0	0.024	<b>253.60</b>	<b>47.59</b>	25
4375.00	4450.00	SX	75.0	0.033	<b>298.16</b>	<b>62.80</b>	25
4450.00	4475.00	SX	25.0	0.041	<b>333.66</b>	<b>67.76</b>	25
4475.00	4560.00	SX	85.0	0.043	<b>339.68</b>	<b>197.26</b>	25
4560.00	4585.00	SX	25.0	0.021	<b>239.35</b>	<b>206.36</b>	25
4585.00	4645.00	SX	60.0	0.003	<b>82.19</b>	<b>222.91</b>	25

--

## **Appendice C: verifica collettori nel sistema chiuso**





## **Appendice D: verifica dei fossi di guardia**



ASSE	Pr.iniz. (m)	Pr.fin. (m)	Lato	L (m)	bs. (m)	A s. (m <sup>2</sup> )	be (m)	Ae (m <sup>2</sup> )	Qpr (l/s)	Q tot. (l/s)	i min (%)	K (m1/3/s)	bf. (m)	p.spo. gradi	p.spo. rad	c m	h (m)	A b. (m <sup>2</sup> )	Cb. (m)	Rt (m)	Q cal. (l/s)	V (m/s)
OE	0	45	dx	45.0	2.0	90.0	25.0	1125.0	0.0	<b>22.7</b>	0.30	35	0.500	45.0	0.79	0.40	0.40	0.36	1.63	0.22	<b>252.0</b>	0.70
	82	140	dx	58.0	5.0	290.0	25.0	1450.0	0.0	<b>34.0</b>	0.30	35	0.500	45.0	0.79	0.40	0.40	0.36	1.63	0.22	<b>252.0</b>	0.70
	510	715	dx	205.0	7.0	1435.0	25.0	5125.0	0.0	<b>131.1</b>	0.16	35	0.500	45.0	0.79	0.40	0.40	0.36	1.63	0.22	<b>184.0</b>	0.51
	715	750	dx	35.0	5.0	175.0	25.0	875.0	0.0	<b>20.5</b>	0.16	35	0.500	45.0	0.79	0.40	0.40	0.36	1.63	0.22	<b>184.0</b>	0.51
	750	900	dx	150.0	4.0	600.0	25.0	3750.0	0.0	<b>83.8</b>	0.16	35	0.500	45.0	0.79	0.40	0.40	0.36	1.63	0.22	<b>184.0</b>	0.51
	900	945	dx	45.0	4.0	180.0	25.0	1125.0	0.0	<b>25.1</b>	0.16	35	0.500	45.0	0.79	0.40	0.40	0.36	1.63	0.22	<b>184.0</b>	0.51
	945	1030	dx	85.0	4.0	340.0	25.0	2125.0	0.0	<b>47.5</b>	0.16	35	0.500	45.0	0.79	0.40	0.40	0.36	1.63	0.22	<b>184.0</b>	0.51
	1030	1240	dx	210.0	4.0	840.0	25.0	5250.0	0.0	<b>117.3</b>	0.30	35	0.500	45.0	0.79	0.40	0.40	0.36	1.63	0.22	<b>252.0</b>	0.70
	1300	1350	dx	50.0	3.0	150.0	25.0	1250.0	0.0	<b>26.6</b>	0.30	35	0.500	45.0	0.79	0.40	0.40	0.36	1.63	0.22	<b>252.0</b>	0.70
	1350	1365	dx	15.0	2.0	30.0	25.0	375.0	0.0	<b>7.6</b>	0.30	35	0.500	45.0	0.79	0.40	0.40	0.36	1.63	0.22	<b>252.0</b>	0.70
	1450	1365	dx	85.0	4.0	340.0	25.0	2125.0	0.0	<b>47.5</b>	0.30	35	0.500	45.0	0.79	0.40	0.40	0.36	1.63	0.22	<b>252.0</b>	0.70
	519	710	sx	191.0	6.0	1146.0	25.0	4775.0	0.0	<b>117.0</b>	0.13	35	0.500	45.0	0.79	0.40	0.40	0.36	1.63	0.22	<b>165.9</b>	0.46
	710	900	sx	190.0	5.0	950.0	25.0	4750.0	0.0	<b>111.2</b>	0.13	35	0.500	45.0	0.79	0.40	0.40	0.36	1.63	0.22	<b>165.9</b>	0.46
	900	945	sx	45.0	3.0	135.0	25.0	1125.0	0.0	<b>23.9</b>	0.13	35	0.500	45.0	0.79	0.40	0.40	0.36	1.63	0.22	<b>165.9</b>	0.46
	945	1030	sx	85.0	3.0	255.0	25.0	2125.0	0.0	<b>45.2</b>	0.13	35	0.500	45.0	0.79	0.40	0.40	0.36	1.63	0.22	<b>165.9</b>	0.46
1030	1250	sx	220.0	4.0	880.0	25.0	5500.0	0.0	<b>122.8</b>	0.13	35	0.500	45.0	0.79	0.40	0.40	0.36	1.63	0.22	<b>165.9</b>	0.46	
1250	via del marginone	sx	300.0	2.0	600.0	0.0	0.0	204.9	<b>221.1</b>	0.13	35	1.000	45.0	0.79	0.40	0.40	0.56	2.13	0.26	<b>289.9</b>	0.52	

ASSE	Pr.iniz. (m)	Pr.fin. (m)	Lato	L (m)	bs. (m)	A s. (m <sup>2</sup> )	be (m)	Ae (m <sup>2</sup> )	Qpr (l/s)	Q tot. (l/s)	i min (%)	K (m1/3/s)	bf. (m)	p.spo. gradi	p.spo. rad	c m	h (m)	A b. (m <sup>2</sup> )	Cb. (m)	Rt (m)	Q cal. (l/s)	V (m/s)
EO	3960	3820	dx	140.0	17.0	2380.0	5.0	700.0	103.0	<b>179.9</b>	0.28	35	0.500	45.0	0.79	0.40	0.40	0.36	1.63	0.22	<b>243.5</b>	0.68
	3680	3820	dx	140.0	8.0	1120.0	5.0	700.0	103.0	<b>145.9</b>	0.48	35	0.500	45.0	0.79	0.40	0.40	0.36	1.63	0.22	<b>318.8</b>	0.89
	3680	3820	sx	140.0	8.0	1120.0	5.0	700.0	103.0	<b>145.9</b>	0.48	35	0.500	45.0	0.79	0.40	0.40	0.36	1.63	0.22	<b>318.8</b>	0.89
	3960	3820	sx	140.0	13.0	1820.0	5.0	700.0	103.0	<b>164.8</b>	0.30	35	0.500	45.0	0.79	0.40	0.40	0.36	1.63	0.22	<b>252.0</b>	0.70
	4420	4540	dx	120.0	10.0	1200.0	5.0	600.0	97.5	<b>140.8</b>	0.30	35	0.500	45.0	0.79	0.40	0.40	0.36	1.63	0.22	<b>252.0</b>	0.70
	4420	4540	sx	120.0	8.0	960.0	5.0	600.0	97.5	<b>134.3</b>	0.30	35	0.500	45.0	0.79	0.40	0.40	0.36	1.63	0.22	<b>252.0</b>	0.70
	4640	4540	sx	100.0	3.0	300.0	5.0	500.0	92.1	<b>109.2</b>	0.30	35	0.500	45.0	0.79	0.40	0.40	0.36	1.63	0.22	<b>252.0</b>	0.70
4640	4540	dx	100.0	3.0	300.0	5.0	500.0	92.1	<b>109.2</b>	0.30	35	0.500	45.0	0.79	0.40	0.40	0.36	1.63	0.22	<b>252.0</b>	0.70	



## **Appendice E: dimensionamento vasche di sicurezza idraulica sistema chiuso**

## DIMENSIONAMENTO DELLE VASCHE DI TRATTAMENTO

g	981.00	cm/s <sup>2</sup>	accelerazione di gravità
g <sub>s</sub>	2.00	g/cm <sup>3</sup>	peso specifico particelle
g <sub>a</sub>	1.00	g/cm <sup>3</sup>	peso specifico acqua
D	0.10	mm	diametro particella da far sedimentare
m <sub>u</sub>	1.00	centistokes	viscosità cinematica acqua
v <sub>s</sub>	0.55	cm/s	velocità di sedimentazione secondo la legge di Stokes
	0.0055	m/s	

### Caratteristiche vasca

B	2.00	m	larghezza della vasca
H <sub>soglia</sub>	1.80	m	altezza della soglia della vasca (Q<Q <sub>sv</sub> )
H <sub>sfioro laterale</sub>	2.04	m	altezza della soglia di sfioro per Q>Q <sub>sv</sub>
H <sub>pelo libero</sub>	2.00	m	altezza pelo libero per portata di prima pioggia
H <sub>soglia uscita</sub>	1.70	m	altezza soglia di sfioro in uscita
L1	1.00	m	lunghezza soglia sfioro ingresso vasca
L2	1.00	m	lunghezza soglia uscita vasca

Lp: lunghezza tratto piattaforma da drenare  
 Ap: superficie pavimentata da drenare  
 As: superficie scarpate da drenare  
 Aeq: superficie equivalente da drenare

i<sub>25</sub>: intensità di pioggia per Tr= 25 anni  
 Q<sub>25</sub>: portata di pioggia per TR= 25 anni

i<sub>pp</sub>: intensità di prima pioggia  
 Q<sub>pp</sub>: portata di prima pioggia  
 W<sub>pp</sub>: volume di prima pioggia

Q<sub>scor</sub>: portata massima da scolmare  
 Q<sub>sv</sub>: portata dovuta a sversamento accidentale

L<sub>sedpp</sub>: lunghezza minima vasca per la sedimentazione delle particelle  
 U<sub>pp</sub>: velocità portata di prima pioggia  
 t<sub>orizz</sub>: tempo di traslazione orizzontale per Qpp  
 t<sub>vert</sub>: tempo di traslazione verticale per Qpp

L<sub>min olio</sub>: lunghezza minima per la ritenzione degli oli

Y1: tirante idrico sopra la soglia di ingresso nella vasca per Q=Q<sub>sv</sub>  
 Y2: tirante idrico sulla soglia di uscita della vasca

L<sub>min sver</sub>: lunghezza minima vasca per la detenzione del volume di 39000 l

V<sub>vert sv</sub>: velocità di sedimentazione in caso di sversamento accidentale  
 D<sub>sed sv</sub>: diametro particella sedimentabile in caso di sversamento accidentale

Asse	VASCA	da	a	Lp	Ap	As	Aeq	i25	Q <sub>25</sub>	i <sub>pp</sub>	W <sub>pp</sub>	Q <sub>pp</sub>	Q <sub>scor</sub>	Q <sub>sv</sub>	L <sub>sedpp</sub>	U <sub>pp</sub>	t <sub>orizz</sub>	t <sub>sed</sub>	Lmin olio	U <sub>sver</sub>	Y1	L soglia	Y2	Lmin sver	Lmin pp	Vorizz pp	Vvert pp	Dsed pp	Vvert sv	Dsed sv
		km	km	m	(m <sup>2</sup> )	(m <sup>2</sup> )	(m <sup>2</sup> )	[mm/h]	[m <sup>3</sup> /s]	[mm/h]	(m <sup>3</sup> )	[m <sup>3</sup> /s]	[m <sup>3</sup> /s]	[m <sup>3</sup> /s]	m	[m/s]	[s]	[s]	[m]	[m/s]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m/s]	[m/s]	[mm]	[m/s]	[mm]
NS	Vp1	0.00	172.00	172.00	1806.00	0.00	1806.00	182	<b>0.078</b>	20.00	9.03	<b>0.010</b>	<b>0.068</b>	<b>0.217</b>	<b>0.92</b>	0.003	366.24	366.24	<b>12.000</b>	0.053	0.242	1.00	0.030	<b>11.5</b>	1.328	0.003	0.000	0.028	0.009	0.129
NS	Vp2	172.00	900.00	728.00	7644.00	0.00	7644.00	181	<b>0.278</b>	20.00	38.22	<b>0.043</b>	<b>0.235</b>	<b>0.217</b>	<b>3.89</b>	0.011	366.24	366.24	<b>12.000</b>	0.053	0.242	1.00	0.081	<b>11.5</b>	5.621	0.012	0.002	0.057	0.009	0.129
NS	Vp3	900.00	1525.00	625.00	6562.50	0.00	6562.50	169	<b>0.253</b>	20.00	32.81	<b>0.036</b>	<b>0.216</b>	<b>0.217</b>	<b>3.34</b>	0.009	366.24	366.24	<b>12.000</b>	0.053	0.242	1.00	0.072	<b>11.5</b>	4.825	0.010	0.002	0.053	0.009	0.129
NS	Vp4	1525.00	1908.00	383.00	4021.50	0.00	4021.50	196	<b>0.161</b>	20.00	20.11	<b>0.022</b>	<b>0.138</b>	<b>0.217</b>	<b>2.05</b>	0.006	366.24	366.24	<b>12.000</b>	0.053	0.242	1.00	0.053	<b>11.5</b>	2.957	0.006	0.001	0.041	0.009	0.129
NS	Vp5	2068.00	3120.00	1052.00	11046.00	0.00	11046.00	164	<b>0.326</b>	20.00	55.23	<b>0.061</b>	<b>0.265</b>	<b>0.217</b>	<b>5.62</b>	0.015	366.24	366.24	<b>12.000</b>	0.053	0.242	1.00	0.104	<b>11.5</b>	8.122	0.017	0.003	0.068	0.009	0.129
NS	Vp6	3120.00	3917.00	797.00	8368.50	0.00	8368.50	131	<b>0.273</b>	20.00	41.84	<b>0.047</b>	<b>0.226</b>	<b>0.217</b>	<b>4.26</b>	0.012	366.24	366.24	<b>12.000</b>	0.053	0.242	1.00	0.086	<b>11.5</b>	6.153	0.013	0.002	0.060	0.009	0.129
NS	Vp7	4250.00	4697.00	447.00	4693.50	0.00	4693.50	190	<b>0.153</b>	20.00	23.47	<b>0.026</b>	<b>0.127</b>	<b>0.217</b>	<b>2.39</b>	0.007	366.24	366.24	<b>12.000</b>	0.053	0.242	1.00	0.059	<b>11.5</b>	3.451	0.007	0.001	0.045	0.009	0.129
NS	Vp8	4697.00	5518.00	821.00	8620.50	0.00	8620.50	153	<b>0.270</b>	20.00	43.10	<b>0.048</b>	<b>0.222</b>	<b>0.217</b>	<b>4.39</b>	0.012	366.24	366.24	<b>12.000</b>	0.053	0.242	1.00	0.088	<b>11.5</b>	6.339	0.013	0.002	0.060	0.009	0.129
OE	Vp9	0.00	400.00	400.00	4200.00	0.00	4200.00	171	<b>0.162</b>	20.00	21.00	<b>0.023</b>	<b>0.139</b>	<b>0.217</b>	<b>2.14</b>	0.006	366.24	366.24	<b>12.000</b>	0.053	0.242	1.00	0.054	<b>11.5</b>	3.088	0.006	0.001	0.042	0.009	0.129
OE	Vp10	400.00	1292.00	892.00	9366.00	0.00	9366.00	160	<b>0.252</b>	20.00	46.83	<b>0.052</b>	<b>0.200</b>	<b>0.217</b>	<b>4.77</b>	0.013	366.24	366.24	<b>12.000</b>	0.053	0.242	1.00	0.093	<b>11.5</b>	6.887	0.014	0.002	0.063	0.009	0.129

VASCA	Wpp	LsedPP	Lmin olio	Lmin sver	Vol
(m3)	m	[m]	[m]	[m]	[mc]
Vp1	9.03	0.92	12.00	11.47	43.20
Vp2	38.22	3.89	12.00	11.47	43.20
Vp3	32.81	3.34	12.00	11.47	43.20
Vp4	20.11	2.05	15.00	11.47	54.00
Vp5	55.23	5.62	12.00	11.47	43.20
Vp6	41.84	4.26	12.00	11.47	43.20
Vp7	23.47	2.39	12.00	11.47	43.20
Vp8	43.10	4.39	12.00	11.47	43.20
Vp9	21.00	2.14	15.00	11.47	54.00
Vp10	46.83	4.77	12.00	11.47	43.20