

COMMITTENTE:



ALTA SORVEGLIANZA:



GENERAL CONTRACTOR:



### INFRASTRUTTURE FERROVIARIE STRATEGICHE DEFINITE DALLA LEGGE OBIETTIVO N. 443/01

LINEA A.V. /A.C. TORINO – VENEZIA      Tratta MILANO – VERONA  
Lotto funzionale Brescia-Verona

### PROGETTO ESECUTIVO

IV28 – CAVALCAFERROVIA TANG. SUD BS – COLLEGAMENTO QBSE/AC - PK 107+055,597

Smaltimento acque meteoriche. Relazione idrologica e idraulica

GENERAL CONTRACTOR	DIRETTORE LAVORI
Consorzio <b>Cepav due</b> <i>Consorzio Cepav due          il Direttore del Consorzio          (Ing. T. Taranta)</i> Data: <b>29 MAG 2020</b>	   Data: _____

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA/DISCIPLINA	PROGR	REV
I N O R	1 2	E	E 2	R I	I V 2 8 0 8	0 0 1	A

PROGETTAZIONE						IL PROGETTISTA	
Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Progettista	Data
A	Emissione	Gozzi <i>JG</i>	08/05/20	Piacentini <i>[Signature]</i>	08/05/20	INGEGNERE ROBERTO LAMIA 23076	08/05/20
B							
C							

CIG. 751447334A      File: INOR12EE2RIIV2808001A\_10.docx



Progetto cofinanziato dalla Unione Europea

Stampato dal Servizio di plottaggio ITALFERR S.p.A. ALBA S.r.l.

CUP: F81H91000000008

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N.	Progetto INOR	Lotto 12	Codifica Documento E E2 RI IV 280 8 001	Rev. A	Foglio 2 di 20
---------	------------------	-------------	--	-----------	-------------------

## INDICE

1	PREMESSA.....	3
2	DOCUMENTI DI RIFERIMENTO.....	4
3	RIFERIMENTI NORMATIVI .....	5
3.1	ACQUE DI PRIMA PIOGGIA .....	5
4	DATI IDROLOGICI.....	7
5	CRITERI DI PROGETTAZIONE DELLA RETE DI DRENAGGIO .....	9
5.1	CALCOLO DEI COEFFICIENTI DI DEFLUSSO .....	9
5.2	TEMPO DI CORRIVAZIONE.....	9
5.3	CALCOLO DELLE PORTATE DI PROGETTO.....	10
5.4	DIMENSIONAMENTO DELLE SEZIONI IDRAULICHE .....	10
5.5	CADITOIE .....	11
6	IMPIANTI DI TRATTAMENTO.....	13
6.1	CAMPI DI APPLICAZIONE .....	13
6.2	PRINCIPI DI FUNZIONAMENTO: SEPARATORI DI IDROCARBURI.....	13
6.3	REQUISITI TECNICI.....	14
6.4	DIMENSIONAMENTO DEGLI IMPIANTI DI TRATTAMENTO.....	14
7	INVARIANZA IDRAULICA.....	16
7.1	DIMENSIONAMENTO BACINI E FOSSI DRENANTI .....	16
8	TABULATI DI CALCOLO .....	17
8.1	CADITOIE .....	17
8.2	COLLETTORI.....	18
8.3	TRATTAMENTO ACQUE DI PRIMA PIOGGIA .....	19
8.4	BACINI DRENANTI.....	20



## 1 PREMESSA

Il tracciato della nuova linea ferroviaria ad Alta Capacità Milano-Verona interferisce con varie viabilità presenti sul territorio.

Si pone pertanto la necessità di realizzare opere di attraversamento che comprendono un'opera d'arte, cioè un cavalcaferrovia o un sottovia, ed un nuovo tratto di strada, che raccorda sui due lati l'opera d'arte alla viabilità esistente.

Il presente elaborato tratta gli aspetti idraulici, connessi allo smaltimento delle acque di pioggia, relativo al cavalcaferrovia IV28.

In generale le acque di piattaforma vengono raccolte mediante caditoie e trasportate con collettori in PVC verso dei bacini drenanti che permettono lo smaltimento dei deflussi mediante infiltrazione nel terreno. Prima del recapito in bacino drenante è previsto il trattamento delle acque di prima pioggia.

La pioggia caduta sull'impalcato del cavalcaferrovia viene raccolta da un sistema di caditoie con boccaccio di dimensioni 30x50cm disposte su entrambi i cigli stradali della carreggiata. Delle tubazioni in PVC installate al di sotto dell'intradosso della soletta dell'opera trasportano i deflussi fin nei pressi della spalla A e proseguono lungo la rampa attraversando la spalla stessa.

Lungo la rampa sud le acque sono raccolte da caditoie 40x40cm; tali deflussi, assieme a quelli provenienti dall'impalcato verso il bacino drenante A collocato ai piedi del rilevato al termine della rampa stessa.

Analogamente, anche sulla rampa nord le acque piovane vengono captate mediante caditoie 40x40cm e trasportate con collettori in pvc fino al bacino drenante B collocato ai piedi del rilevato al termine della rampa nord.

Prima dello scarico dei deflussi nei bacini drenanti è previsto il trattamento delle acque di prima pioggia attraverso impianti di disoleazione e sedimentazione in continuo.

La nuova viabilità interferisce con alcune canalette per l'irrigazione delle quali si prevede la deviazione per poterne garantire la continuità.

## 2 DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

Nella presente relazione di fa riferimento ai seguenti documenti

<i>DESCRIZIONE</i>	<i>CODICE</i>
<i>IF00 – ELABORATI DI TRACCIAMENTO LINEA AV/AC RELAZIONE TECNICA DEL TRACCIAMENTO</i>	<i>INOR10EE2P0IF0000001</i>
<i>IR88 – RILEVATO COLLEGAMENTO QBSE-AV/AC DA PK 106+304,000 A PK 107+684,000 – PLANIMETRIA DI SECONDO STADIO – TAVOLA 2/3</i>	<i>INOR12EE2P8RI8807002</i>
<i>IV00 – CAVALCAFERROVIA TIPOLOGICO PRESCRIZIONI MATERIALI E NOTE GENERALI STRADE CATEGORIA C2 – CARPENTERIA IMPALCATO – DETTAGLI SMALTIMENTO ACQUE METEORICHE – CADITOIA CON BOCCACCIO SMALTIMENTO ACQUE METEORICHE – ELEMENTO DI DISCONNESSIONE TIPO B</i>	<i>INOR11EE24TV0000001 INOR11EE2BZIV00A5002 INOR11EE2BYIV00A8001 INOR11EE2BZIV00A8002</i>
<i>IV28 – CAVALCAFERROVIA TANG. SUD BS – COLLEGAMENTO QBSE/AC km 107+055,597 PIANTA FONDAZIONI E PIANTE IMPALCATO SEZIONE LONGITUDINALE, PROSPETTO LONGITUDINALE E SEZIONE TRASVERSALE CARPENTERIA SPALLA A – TAVOLA 1/2 CARPENTERIA SPALLA A – TAVOLA 2/2</i>	<i>INOR12EE2P9IV28A0001 INOR12EE2P2IV28A0001 INOR12EE2BZIV28A6001 INOR12EE2BZIV28A6002</i>
<i>IV00 – RAMPE CAVALCAFERROVIA TIPOLOGICO SMALTIMENTO ACQUE METEORICHE. PARTICOLARI. TAVOLA 1/3 SMALTIMENTO ACQUE METEORICHE. PARTICOLARI. TAVOLA 2/3 SMALTIMENTO ACQUE METEORICHE. PARTICOLARI. TAVOLA 3/3 PARTICOLARI RISOLUZIONE INTERFERENZE CON CANALETTE IRRIGUE</i>	<i>INOR11EE2BZIV00C8001 INOR11EE2BZIV00C8002 INOR11EE2BZIV00C8003 INOR11EE2BZIV00C8004</i>
<i>IV28 – RAMPE CAVALCAFERROVIA TANG. SUD BS – COLLEGAMENTO QBSE/AC km 107+055,597 RELAZIONE TECNICA GENERALE RAMPE PLANIMETRIA STATO DI FATTO PLANIMETRIA DI PROGETTO PROFILO LONGITUDINALE SEZIONI TRASVERSALI. TAVOLA 1/4 SEZIONI TRASVERSALI. TAVOLA 2/4 SEZIONI TRASVERSALI. TAVOLA 3/4 SEZIONI TRASVERSALI. TAVOLA 4/4 SMALTIMENTO ACQUE METEORICHE. PLANIMETRIA E DETTAGLI</i>	<i>INOR12EE2P0IV28C0001 INOR12EE2P7IV28C0001 INOR12EE2P7IV28C0002 INOR12EE2F7IV28C0001 INOR12EE2W9IV28C0001 INOR12EE2W9IV28C0002 INOR12EE2W9IV28C0003 INOR12EE2W9IV28C0004 INOR12EE2P2IV28C8001</i>



### 3 RIFERIMENTI NORMATIVI

I principali riferimenti normativi utilizzati per la presente progettazione vengono riassunti di seguito:

- D. Lgs. 3 aprile 2006, n.152, “*Norme in materia ambientale*”
- D. Lgs. 16 gennaio 2008, n. 4, “*Ulteriori disposizioni correttive ed integrative del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152, recante norme in materia ambientale*”
- Regolamento Regionale 23 novembre 2017, n. 7, Regione Lombardia, “*Regolamento recante criteri e metodi per il rispetto del principio di invarianza idraulica ed idrologica ai sensi dell’articolo 58 bis della legge regionale 11 marzo 2005, n. 12 (Legge per il governo del territorio)*”
- Regolamento Regionale 24 marzo 2006, n. 4, Regione Lombardia, “*Disciplina dello smaltimento delle acque di prima pioggia e di lavaggio delle aree esterne, in attuazione dell’articolo 52, comma 1, lettera a) della legge regionale 12 dicembre 2003, n. 26*”
- UNI EN 858-1:2005, “*Impianti di separazione per liquidi leggeri (per esempio benzina e petrolio) - Parte 1: Principi di progettazione, prestazione e prove sul prodotto, marcatura e controllo qualità*”
- UNI EN 858-2:2004, “*Impianti di separazione per liquidi leggeri (ad esempio benzina e petrolio) - Scelta delle dimensioni nominali, installazione, esercizio e manutenzione*”

#### 3.1 Acque di prima pioggia

Con l’emanazione del D. Lgs. n. 152/99, successivamente modificato ed integrato dal D.Lgs. n. 258/00, che ha recepito la direttiva 91/271/CEE, si sono fornite le disposizioni in materia di tutela delle acque dall’inquinamento. In particolare, è stato introdotto per la prima volta il concetto di “acque di prima pioggia”.

La sopracitata normativa è stata abrogata dal Decreto Legislativo 3 aprile 2006, n. 152 “*Norme in materia ambientale*”, che riprende i principi del D. Lgs. n. 152/99 disciplinando le misure per tutela dei corpi idrici dall’inquinamento.

Il Decreto Legislativo 3 aprile 2006, n.152, anche considerate le integrazioni di cui al Decreto Legislativo 16 gennaio 2008, n. 4, così recita all’art. 113:

“1. Ai fini della prevenzione di rischi idraulici ed ambientali, le regioni, previo parere del Ministero dell’ambiente e della tutela del territorio, disciplinano e attuano:

- a) le forme di controllo degli scarichi di acque meteoriche di dilavamento provenienti da reti fognarie separate;
- b) i casi in cui può essere richiesto che le immissioni delle acque meteoriche di dilavamento, effettuate tramite altre condotte separate, siano sottoposte a particolari prescrizioni, ivi compresa l’eventuale autorizzazione.

2. Le acque meteoriche non disciplinate ai sensi del comma 1 non sono soggette a vincoli o prescrizioni derivanti dalla parte terza del presente decreto.

3. Le regioni disciplinano altresì i casi in cui può essere richiesto che le acque di prima pioggia e di lavaggio delle aree esterne siano convogliate e opportunamente trattate in impianti di depurazione per particolari condizioni nelle quali, in relazione alle attività svolte, vi sia il rischio di dilavamento da superfici impermeabili

*scoperte di sostanze pericolose o di sostanze che creano pregiudizio per il raggiungimento degli obiettivi di qualità dei corpi idrici.*

*4. È comunque vietato lo scarico o l'immissione diretta di acque meteoriche nelle acque sotterranee”.*

Il D.Lgs. 152/2006 non definisce le “acque di prima pioggia” e non fornisce per esse alcuna indicazione quantitativa (altezza di precipitazione in mm) demandando alle Regioni la loro disciplina. Per contro, nel prevedere la necessità di convogliamento e trattamento in impianti di depurazione, parla esclusivamente di acque di dilavamento di superfici impermeabili scoperte.

La vigente normativa demanda alle Regioni, allo scopo di prevenire i rischi idraulici ed ambientali, la disciplina e l'attuazione delle forme di controllo degli scarichi di acque meteoriche di dilavamento. Alle Regioni spetta, quindi, il compito di prescrivere i casi in cui può essere richiesto che le acque di prima pioggia e di lavaggio di aree esterne siano canalizzate ed opportunamente trattate.

La predisposizione dei sistemi di raccolta delle acque di prima pioggia assolve al duplice intento di intercettare gli eventuali sversamenti di sostanze non compatibili con la rete idrografica naturale in occasione di imprevisti inconvenienti di esercizio (ribaltamento mezzi, ecc.) e di raccogliere le inevitabili scorie prodotte da un intenso flusso veicolare.

È evidente che l'accumulo di inquinanti in tempo secco ed il loro lavaggio operato dalla pioggia può raggiungere livelli non trascurabili su superfici interessate da intenso traffico veicolare. In questo caso il trasporto degli inquinanti nei collettori fognari e la loro immissione diretta nei corpi idrici ricettori può essere causa di notevoli danni all'ambiente, soprattutto se posta in relazione agli obiettivi di qualità dei corpi idrici stabiliti dal citato D. Lgs. n. 152/06.

Nell'ambito del presente progetto si darà pertanto grande rilevanza alla necessità di controllare e trattare il carico inquinante legato al dilavamento delle deposizioni secche, prima della restituzione delle acque di pioggia all'ambiente naturale. La stessa progettazione delle “infrastrutture stradali” è stata quindi condizionata dai vincoli imposti dai sistemi di raccolta e trattamento delle acque di prima pioggia, in particolare per quanto riguarda l'estensione delle aree imposte e l'altimetria delle opere interferenti (attraversamenti stradali ed idraulici).

Entrando nel merito specifico del presente progetto, il primo problema che si pone è quello legato all'individuazione delle soglie di intervento del sistema, in altre parole la quantificazione delle acque di prima pioggia. La legislazione vigente in materia è estremamente vaga ed incompleta. L'unico riferimento normativo esistente, che offre un approccio sistematico e razionale al problema legato alla definizione di “acque di prima pioggia”, è rappresentato dal Regolamento Regionale del 24/03/2006 – n.4.

Viene pertanto adottata la definizione:

*“Sono considerate acque di prima pioggia quelle corrispondenti, per ogni evento meteorico, ad una precipitazione di 5 mm uniformemente 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”.*

Il deflusso originato da un evento di precipitazione di queste caratteristiche verrà, nell'ambito della presente progettazione esecutiva, opportunamente separato dalla portata eccedente e destinato ad un trattamento di disoleatura e dissabbatura, che permetta di ridurre il carico di inquinanti ai valori imposti dalla normativa vigente ai limiti allo scarico in corpi idrici superficiali.

#### 4 DATI IDROLOGICI

Le condizioni più critiche, che il sistema idraulico oggetto di studio deve essere in grado di affrontare, sono relative a:

- massima portata che la rete di drenaggio deve essere in grado di smaltire;
- massimo volume che i dispositivi di accumulo e laminazione devono essere in grado di immagazzinare.

Tali condizioni critiche si verificano rispettivamente quando:

- la durata dell'evento meteorico è dell'ordine dei minuti (pari al tempo di corrivazione del sottosistema idraulico in esame);
- la durata dell'evento meteorico è dell'ordine delle ore.

L'analisi pluviometrica viene quindi svolta sia per precipitazioni di durata inferiore all'ora (scrosci), sia per precipitazioni di durata oraria.

Nello studio idrologico relativo al tracciato della linea A.V./A.C., mediante elaborazione statistico-probabilistica delle serie storiche dei dati delle piogge intense, sono stati calcolati, per diversi valori del tempo di ritorno e per le diverse aree lungo il tracciato della linea, i parametri che definiscono le caratteristiche statistiche degli eventi di pioggia estremi.

Tali parametri sono i coefficienti "a" e "n" delle curve di possibilità pluviometrica, espresse mediante la relazione

$$h = at^n$$

con

- h (mm): altezza di precipitazione;
- t (ore): durata di pioggia;
- a (mm/h<sup>n</sup>), n (o n<sub>1</sub> per piogge di durate inferiori all'ora): parametri caratteristici della curva, per tempo di ritorno assegnato.

I valori dei parametri della curva di possibilità pluviometrica tra le chilometriche della linea A.V. all'interno delle quali ricadono le opere oggetto del presente elaborato, derivano dalla Relazione Idrologica ed Idraulica generale. Per quanto riguarda l'opera in oggetto, si riassumono in tabella sottostante i valori dei parametri a e n desunti da tale elaborato.

CAVALCAFERROVIA	T <sub>R</sub> = 25 anni			T <sub>R</sub> = 50 anni		
	a (mm/h <sup>n</sup> )	n (>1h)	n <sub>1</sub> (<1h)	a (mm/h <sup>n</sup> )	n (>1h)	n <sub>1</sub> (<1h)
IV28	46.19	0.258	0.403	51.25	0.256	0.403

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N.

Progetto  
INOR

Lotto  
12

Codifica Documento  
E E2 RI IV 280 8 001

Rev.  
A

Foglio  
8 di 20

I dati di pioggia per tempo di ritorno pari a 25 anni sono stati utilizzati per la progettazione degli elementi di drenaggio in piattaforma (caditoie, collettori), mentre i dati di pioggia corrispondenti ad un tempo di ritorno pari a 50 anni sono stati utilizzati nella progettazione dei bacini drenanti.



## 5 CRITERI DI PROGETTAZIONE DELLA RETE DI DRENAGGIO

### 5.1 Calcolo dei coefficienti di deflusso

La precipitazione va depurata della componente destinata ad infiltrarsi nel terreno. Il coefficiente di deflusso esprime dunque la percentuale della pioggia caduta, che contribuisce alla formazione delle portate. I tipi di superficie presi in considerazione ed i relativi coefficienti di deflusso sono riportati nella seguente tabella:

Tipo di pavimentazione	Coefficiente di deflusso
Pavimentazione stradale	1.00
Scarpate erbose	0.60
Fosso di guardia	1.00

I valori assunti sono cautelativamente quelli relativi alle superfici già imbibite, e considerati costanti durante tutto l'evento meteorologico.

Detto  $\varphi_i$  il coefficiente di deflusso relativo alla superficie  $S_i$ , il valore medio del coefficiente relativo ad aree caratterizzate da differenti valori  $\varphi$  si ottiene con una media ponderata:

$$\varphi = \frac{\sum_i \varphi_i S_i}{\sum_i S_i}$$

### 5.2 Tempo di corrivazione

Il tempo di corrivazione relativo ad una determinata sezione della rete idraulica è l'intervallo di tempo necessario affinché nella sezione considerata giungano insieme i contributi di tutte le parti che formano il bacino.

Come noto in letteratura, il tempo di corrivazione è dato da:

$$t_c = t_a + t_r$$

dove:

- $t_a$  è il tempo di accesso in rete, in secondi, assunto pari a 300 s per la verifica dei fossi scolanti e 120 s per la verifica dei collettori disposti lungo le opere di attraversamento;
- $t_r$  è il tempo di rete, stimabile con la seguente relazione:

$$t_r = \sum_i \frac{L_i}{v_{ri}}$$

dove  $L_i$  (m) è la lunghezza dell' $i$ -esima tubazione della rete di drenaggio a monte della sezione in esame e  $v_{ri}$  (m/s) è la velocità di moto uniforme della corrente transitante nella  $i$ -esima tubazione.

### 5.3 Calcolo delle portate di progetto

Il calcolo della portata da allontanare dalla piattaforma stradale, e quindi della portata che la rete deve essere in grado di recepire, viene effettuato utilizzando il metodo cinematico. Secondo tale metodo, la portata di colmo prodotta da un'intensità di pioggia  $i$  in un bacino di superficie  $S$  è data da:

$$Q = \varphi Si = \varphi Sat_c^{n-1}$$

dove:

- $\varphi$ : coefficiente di deflusso del bacino;
- $S$  (m<sup>2</sup>): superficie del bacino;
- $t_c$  (ore): tempo di corrivazione;
- $i = at_c^{n-1}$  (mm/h): intensità di pioggia per assegnato tempo di ritorno.

### 5.4 Dimensionamento delle sezioni idrauliche

La verifica delle sezioni idrauliche viene effettuata ipotizzando che ciascun tratto di ramo sia percorso tutto dalla stessa portata e in condizioni di moto uniforme, utilizzando nella determinazione della portata la formula di Gauckler-Strickler:

$$Q = k_s AR^{\frac{2}{3}} i_l^{\frac{1}{2}}$$

dove:

- $Q$  (m<sup>3</sup>/s): portata di moto uniforme;
- $A$  (m<sup>2</sup>): area bagnata;
- $k_s$  (m<sup>1/3</sup>/s): coefficiente di scabrezza di Gauckler-Strickler;
- $R$  (m): raggio idraulico;
- $i_l$  (m/m): pendenza longitudinale.

Nel caso di un fosso, fissati un coefficiente di scabrezza  $k_s$  ed una pendenza longitudinale  $i_l$ , e note le caratteristiche geometriche della sezione, si è in grado di stimare, mediante la relazione precedente, la portata  $Q$  pari a quella massima di progetto calcolata con il metodo cinematico, definendo quindi il tirante nella sezione idraulica di verifica.

Allo stesso modo, nel caso di una tubazione, fissati un coefficiente di scabrezza  $k_s$  ed una pendenza longitudinale  $i_l$ , si è in grado di stimare, mediante la relazione precedente, di determinare la combinazione di diametro e grado di riempimento che danno luogo ad una portata  $Q$  pari a quella massima di progetto, calcolata con il metodo cinematico.

In tabella sottostante vengono riportati i coefficienti di scabrezza utilizzati:

Materiale	ks (m1/3/s)
Tubazioni in PVC	80
Tubazioni in CAV	70
Fossi in terra	40

Per la determinazione del diametro ottimale si è cercato di mantenere un grado di riempimento della condotta mai superiore all'80%.

I collettori utilizzati saranno in PVC, di classe SN4 quelli che corrono lungo il ciglio stradale e di classe SN8 per gli attraversamenti. Si riportano di seguito i diametri esterni e interni per le due classi.

Tubi PVC – classe SN8			Tubi PVC – classe SN4		
DN (mm)	sp (mm)	Dint (mm)	DN (mm)	sp (mm)	Dint (mm)
160	4.7	150.6	160	4	152
200	5.9	188.2	200	4.9	190.2
250	7.3	235.4	250	6.2	237.6
315	9.2	296.6	315	7.7	299.6
400	11.7	376.6	400	9.8	380.4
500	14.6	470.8	500	12.3	475.4
630	18.4	593.2	630	15.4	599.2

## 5.5 Caditoie

Sono state scelte caditoie a griglia 40x40 cm con pozzetto non sifonato sulle rampe e caditoie a griglia 30x50cm sull'opera. Al fine di calcolare l'interasse a cui porle, è stata calcolata la portata defluente dalla carreggiata e valutata, in base alla geometria della banchina, la portata residua non captata dalla caditoia.

L'efficienza frontale della caditoia è data dal rapporto tra la portata intercettata frontalmente  $Q_1$  e quella totale  $Q$  proveniente da monte, mediante la relazione:

$$E_0 = \frac{Q_1}{Q} = 1 - \left(1 - \frac{l}{b}\right)^{8/3}$$

con  $b$  larghezza della banchina e  $l$  larghezza della caditoia.

L'efficienza frontale misura la capacità della caditoia di captare il deflusso frontalmente, nel caso in cui la portata  $Q_1$  venga captata integralmente. Perché questo avvenga è però necessario che sia soddisfatta la condizione

$$v_0 = 2.54L^{0.51} > v$$

dove  $v$  è la velocità di deflusso in banchina, calcolata come precedentemente con la formula di Gauckler-Strickler e  $L$  lunghezza della caditoia.

All'efficienza frontale, va sommata l'efficienza laterale, che rappresenta la capacità della caditoia di captare il deflusso lateralmente, la quale si può calcolare come

$$E_1 = \frac{Q_2}{Q} = 1 - E_0$$

Essendo  $Q_2$  la portata che "passa" lateralmente, pari a  $Q - Q_1$ .

Anche in questo caso è possibile calcolare il "rendimento laterale" della caditoia, con la seguente relazione empirica:

$$R_2 = 1 + \frac{0.083v^{1.8}}{jL^{2.3}}$$

È possibile quindi valutare la portata residua, mediante la relazione:

$$Q_{res} = Q - Q_1 - Q_{lat} = Q - Q_1 - Q_2 R_2$$

In generale, nella scelta dell'interasse, si è cercato di garantire una portata residua non superiore al 25%

## 6 IMPIANTI DI TRATTAMENTO

### 6.1 Campi di applicazione

Le acque di prima pioggia raccolte in piattaforma verranno convogliate verso appositi impianti di trattamento delle acque di prima pioggia. La normativa vigente (UNI EN 858) regola in modo specifico le caratteristiche costruttive, il dimensionamento e le modalità di certificazione degli impianti di trattamento.

Tale norma divide i separatori di oli minerali in due classi:

- Classe I – separatori che garantiscono un tenore di idrocarburi all'uscita <5 mg/l (a questa categoria appartengono i separatori con elemento a coalescenza o filtro lamellare);
- Classe II – separatori che garantiscono un tenore di idrocarburi all'uscita <100 mg/l (a questa categoria appartengono i separatori senza elemento a coalescenza).

La normativa nazionale (D. Lgs. 152/06) precisa che la concentrazione di oli minerali nelle acque di scarico deve essere inferiore a 10 mg/l per lo scarico in fognatura, 5 mg/l per lo scarico in acque superficiali e 0.01 mg/l per lo scarico su suolo.

### 6.2 Principi di funzionamento: separatori di idrocarburi

Le acque di prima pioggia provenienti dalle aree pavimentate, confluiranno nella vasca di sedimentazione, integrata nel separatore. Nel sedimentatore avviene la separazione dei solidi e, in generale, del materiale inerte avente densità maggiore dell'acqua.

Per il principio di gravità, nel comparto di disoleazione gli oli si separano dall'acqua: l'olio, più leggero dell'acqua, galleggia in superficie. Questo processo è potenziato dall'effetto dell'inserito a coalescenza che permette la separazione delle microparticelle oleose. Le gocce di dimensioni maggiori, spinte dall'acqua, risalgono in superficie e creano uno strato di spessore crescente; le particelle più piccole, invece, sono assorbite dall'inserito a coalescenza, si ingrossano aggregandosi e, al raggiungimento di una determinata dimensione, si staccano dal filtro e risalgono in superficie.

L'impianto è dotato di un galleggiante di sicurezza che si abbassa man mano che la quantità di olio separata in superficie aumenta e, raggiunto il volume massimo ammissibile, chiude lo scarico del separatore impedendo la fuoriuscita di olio, attraverso un otturatore dotato di guarnizione ermetica. La necessità di svuotamento delle vasche può essere segnalata automaticamente dall'apposito dispositivo di allarme.

In base alla potenzialità richiesta, gli impianti possono essere realizzati in vasche monolitiche, oppure separatori con sedimentatore a monte, o serie di separatori e sedimentatori posti in parallelo. Nel caso di portate elevate o nelle zone soggette a piogge eccezionali, l'impianto può essere dotato di un by-pass per le acque in esubero. Il by-pass può essere integrato nel separatore oppure collocato nel sedimentatore a monte del separatore stesso.

Nel caso in cui il recapito del trattamento sia su suolo, il sistema dovrà essere dotato di un ulteriore filtro a composizione variabile, in grado di affinare il processo di trattamento e portare entro i limiti di legge il valore della concentrazione di idrocarburi totali.

### 6.3 Requisiti tecnici

Gli impianti di separazione per liquidi leggeri e i rispettivi componenti devono essere conformi ai requisiti relativi al materiale specificato.

Gli impianti di separazione possono essere realizzati con:

- calcestruzzo non armato, fibrocemento, calcestruzzo armato;
- materiali metallici: ghisa, acciaio inossidabile, acciaio;
- materie plastiche: materie plastiche rinforzate con fibre di vetro, polietilene.

#### Calcestruzzo

Il calcestruzzo deve soddisfare la classe di resistenza alla compressione minima C 35/45 in conformità al punto 4.3.1 della EN 206-1:2001.

#### Materiali di tenuta

Per gli impianti di separazione devono essere utilizzati esclusivamente elastomeri (gomma) o materiali di tenuta elastici permanenti. Non devono essere utilizzati malta di cemento e cementi sigillanti o composti simili.

Le guarnizioni di gomma devono soddisfare i requisiti della EN 681-1, tipo WC, e la loro durezza per i giunti non deve essere minore di 40 IRHD, conformemente alla ISO 48.

Le guarnizioni di elastomeri continuamente a contatto con acque reflue e/o liquidi leggeri devono soddisfare i requisiti della EN 682, Tipo GB.

#### Classi di separatori

Esistono due classi di separatori, definita sulla base del contenuto massimo ammissibile di olio residuo. Questo parametro viene garantito in funzione della tecnica di separazione che può essere:

- Classe I: contenuto massimo ammissibile = 5,0 mg/l (Separatori coalescenti);
- Classe II: contenuto massimo ammissibile = 100 mg/l (Separatori a gravità).

Negli impianti in progetto saranno utilizzati separatori di CLASSE I.

#### Dimensioni nominali (NS)

Le dimensioni nominali preferenziali per impianti di separazione per liquidi leggeri sono: 1, 5, 3, 6, 10, 15, 20, 30, 40, 50, 65, 80, 100, 125, 150, 200, 300, 400 e 500, dove il numero indica la portata espressa in l/s.

### 6.4 Dimensionamento degli impianti di trattamento

Per il dimensionamento dei vari impianti di trattamento presenti, si è tenuto conto di una portata corrispondente ad una intensità di precipitazione pari a 20 mm/h e dell'area afferente all'impianto.

Considerando quindi un valore di coefficiente udometrico pari a 20 mm/(h m<sup>2</sup>) risulta immediato il calcolo delle portate in arrivo agli impianti di trattamento di prima pioggia, conoscendo le aree afferenti.



Definita  $A \text{ (m}^2\text{)}$  = area afferente all'impianto, la portata di prima pioggia  $Q_{PP}$  in arrivo agli impianti di trattamento è data da

$$Q_{PP} = u A \text{ (l/s)}$$

La portata nominale dell'impianto  $Q_i$  deve essere tale per cui  $Q_i > Q_{PP}$ .

Per evitare che portate eccessive entrino nell'impianto di trattamento, causando un malfunzionamento idraulico, risulta necessario prevedere l'utilizzo di sistemi in grado di regolare le portate separando quelle di prima pioggia (da inviare a trattamento) da quelle eccedenti. A tale scopo, il pozzetto di arrivo delle acque dalla rampa sarà dotato di due uscite: il primo collettore, dimensionato sulla portata nominale dell'impianto  $Q_i$ , porterà le acque direttamente al trattamento, mentre un secondo collettore, posto a quota più alta e dimensionato con la portata eccedente quella di prima pioggia, funzionerà da bypass e convoglierà le acque direttamente al recapito finale. La differenza di quota di scorrimento del collettore di bypass, rispetto a quella del collettore che porta le acque al trattamento, sarà pari all'altezza di moto uniforme della portata di prima pioggia, ricavabile mediante la relazione di Chezy

$$Q = k_s A R^{\frac{2}{3}} i_l^{\frac{1}{2}}$$

## 7 INVARIANZA IDRAULICA

Al fine di non appesantire la rete idrografica esistente a causa della maggiore portata, rispetto alla condizione originale, derivante dall'aumento di superficie pavimentata, occorre prevedere accorgimenti specifici al fine di garantire l'invarianza idraulica del sistema.

L'opera in oggetto poggia su un terreno composto da sabbie e ghiaie, quindi dotato di un valore alto di permeabilità. Lo smaltimento delle acque di piattaforma avverrà mediante infiltrazione nel suolo, mediante l'utilizzo di bacini drenanti opportunamente dimensionati.

### 7.1 Dimensionamento bacini e fossi drenanti

Per la determinazione del volume minimo da invasare si è fatto riferimento al metodo delle sole piogge.

Il volume da invasare  $V_i$ , ad un certo tempo  $\theta$ , è dato quindi dalla differenza tra volume entrante  $V_e$  e volume uscente  $V_u$ :

$$V_i = V_e - V_u$$

Il volume entrante  $V_e$  è determinato dall'afflusso meteorico  $h$  (altezza di precipitazione) su di una superficie  $S$ , caratterizzata da un coefficiente di deflusso  $\varphi$ , in un certo tempo di pioggia  $\theta$ :

$$V_e = \varphi \cdot S \cdot h(\theta) = \varphi \cdot S \cdot a \cdot \theta^n$$

mentre il volume uscente  $V_u$  al tempo  $\theta$  viene calcolato come:

$$V_u = Q_u \cdot \theta = K \cdot A \cdot \theta$$

dove  $K$  [m/s] è il coefficiente di dispersione,  $A$  l'area della vasca.

Il volume da invasare  $V_i$  nel caso di un evento meteorico di durata  $\theta$  sarà pertanto pari a:

$$V_i = \varphi \cdot S \cdot a \cdot \theta^n - Q_u \cdot \theta$$

$V_i$  assumerà, quindi, il suo valore massimo per un evento di precipitazione di durata  $\theta_p$  pari a:

$$\theta_p = \left( \frac{Q_u}{\varphi \cdot S \cdot a \cdot n} \right)^{\frac{1}{n-1}}$$

da cui:

$$V_i = \varphi \cdot S \cdot a \cdot \left( \frac{Q_u}{\varphi \cdot S \cdot a \cdot n} \right)^{\frac{n}{n-1}} - Q_u \cdot \left( \frac{Q_u}{\varphi \cdot S \cdot a \cdot n} \right)^{\frac{1}{n-1}}$$



## 8 TABULATI DI CALCOLO

Si riportano di seguito i tabulati relativi al dimensionamento e alla verifica di tutti gli elementi del IV30.

### 8.1 Caditoie

In generale è stato utilizzato un interasse di 20 metri nei tratti a schiena d'asino e di 15 m nei tratti in curva. Sull'impalcato, per esigenze costruttive, l'interasse massimo risulta essere pari a 16 m.

RETTIFILO				CURVA			
Interasse caditoie	d	20.00	m	Interasse caditoie	d	15.00	m
Sezione stradale	B	4.75	m	Sezione stradale	B	9.50	m
Larghezza banchina	b	1.00	m	Larghezza banchina	b	1.00	m
Pendenza longitudinale	$i_l$	0.014	m/m	Pendenza longitudinale	$i_l$	0.018	m/m
Pendenza trasversale	$i_t$	0.025	m/m	Pendenza trasversale	$i_t$	0.042	m/m
<b>Verifica interasse</b>				<b>Verifica interasse</b>			
Area pavimentata	$A_{imp}$	95.00	mq	Area pavimentata	$A_{imp}$	142.50	mq
Coeff. di deflusso	$\varphi_{medio}$	1.0	-	Coeff. di deflusso	$\varphi_{medio}$	1.0	-
Parametri curva LSPP	a	46.190	mm/h <sup>n</sup>	Parametri curva LSPP	a	46.190	mm/h <sup>n</sup>
	n	0.403	-		n	0.403	-
T Accesso = T corrvazione	$t_a = t_c$	160	s	T Accesso = T corrvazione	$t_a = t_c$	176	s
Intensità di pioggia	i	296.35	mm/h	Intensità di pioggia	i	280.39	mm/h
Q deflusso	$Q_d$	7.82	l/s	Q deflusso	$Q_d$	11.10	l/s
Larghezza trasversale accumulo	$L_{acc}$	1.00	m	Larghezza trasversale accumulo	$L_{acc}$	0.89	m
<b>Efficienza Caditoia</b>				<b>Efficienza Caditoia</b>			
Larghezza caditoia	L	0.50	m	Larghezza caditoia	L	0.50	m
Lunghezza Caditoia	W	0.50	m	Lunghezza Caditoia	W	0.50	m
Efficienza frontale	$E_0$	78%	-	Efficienza frontale	$E_0$	89%	-
Q Captata Frontalmente	$Q_1$	6.12	l/s	Q Captata Frontalmente	$Q_1$	9.77	l/s
Rendimento frontale	$R_0$	100%	-	Rendimento frontale	$R_0$	100%	-
Efficienza laterale	$E_1$	22%	-	Efficienza laterale	$E_1$	11%	-
Q che passa lateralmente	$Q_2$	1.68	l/s	Q che passa lateralmente	$Q_2$	1.23	l/s
Rendimento laterale	$R_2$	19%	-	Rendimento laterale	$R_2$	18%	-
Q captata lateralmente	$Q_{lat}$	0.32	l/s	Q captata lateralmente	$Q_{lat}$	0.22	l/s
Efficienza totale	E	82%	-	Efficienza totale	E	91%	-
Portata residua	$Q_{res}$	1.37	l/s	Portata residua	$Q_{res}$	1.00	l/s
		18%	-			9%	-

#### IMPALCATO

Interasse caditoie	d	16.00	m
Sezione stradale	B	4.75	m
Larghezza banchina	b	1.00	m
Pendenza longitudinale	$i_l$	0.018	m/m
Pendenza trasversale	$i_t$	0.025	m/m
<b>Verifica interasse</b>			
Area pavimentata	$A_{imp}$	76.00	mq

Coeff. di deflusso	$\varphi_{\text{medio}}$	1.0	-
Parametri curva LSPP	a	46.190	mm/h <sup>n</sup>
	n	0.403	-
T Accesso = T corrivazione	$t_a = t_c$	151	s
Intensità di pioggia	i	306.59	mm/h
Q deflusso	$Q_d$	6.47	l/s
Larghezza trasversale accumulo	$L_{\text{acc}}$	1.00	m
<b>Efficienza Caditoia</b>			
Larghezza caditoia	L	0.30	m
Lunghezza Caditoia	W	0.50	m
Efficienza frontale	$E_0$	61%	-
Q Captata Frontalmente	$Q_1$	3.94	l/s
Rendimento frontale	$R_0$	100%	-
Efficienza laterale	$E_1$	39%	-
Q che passa lateralmente	$Q_2$	2.53	l/s
Rendimento laterale	$R_2$	17%	-
Q captata lateralmente	$Q_{\text{lat}}$	0.44	l/s
Efficienza totale	E	70%	-
Portata residua	$Q_{\text{res}}$	2.09	l/s
		30%	-

## 8.2 Collettori

### Impalcato - Rampa Sud

Elemento	Classe	Nodo Iniziale	Nodo Finale	L (m)	$i_l$ (%)	$A_{\text{imp}}$ (m <sup>2</sup> )	$\varphi_{\text{imp}}$	$k_s$ (m <sup>1/3</sup> /s)	DN	$t_c$ (min)	$Q_{\text{cin}}$ (m <sup>3</sup> /s)	Rimpimento (%)	v (m/s)
Collettore PVC*	SN4	V1	V3-DS1	33.00	0.20	220	1.0	80	250	2.92	0.0171	62.0	0.6
Collettore PVC	SN4	DS1	R1	17.30	0.57	326	1.0	80	315	3.22	0.0240	38.5	0.9
Collettore PVC	SN4	R1	R2	20.00	0.91	402	1.0	80	315	3.50	0.0281	37.0	1.2
Collettore PVC	SN4	R2	R3	20.00	1.29	497	1.0	80	315	3.74	0.0334	37.0	1.4
Collettore PVC	SN4	R3	R4	17.90	1.29	592	1.0	80	315	3.95	0.0386	40.0	1.5
Collettore PVC	SN8	R4	R8	8.90	0.20	678	1.0	80	315	4.16	0.0428	79.5	0.7
Collettore PVC	SN4	DS2	R5	11.50	0.85	326	1.0	80	315	3.09	0.0246	34.5	1.1
Collettore PVC	SN4	R5	R6	20.00	0.91	387	1.0	80	315	3.37	0.0277	37.0	1.2
Collettore PVC	SN4	R6	R7	20.00	1.29	482	1.0	80	315	3.61	0.0331	36.5	1.4
Collettore PVC	SN4	R7	R8	17.93	1.29	577	1.0	80	315	3.82	0.0384	39.5	1.4
Collettore PVC	SN4	R8	R9	15.00	1.70	1340	1.0	80	315	4.28	0.0831	57.5	2.0
Collettore PVC	SN4	R9	R10	15.00	1.70	1483	1.0	80	315	4.41	0.0904	61.0	2.0
Collettore PVC	SN4	R10	R11	15.00	1.95	1626	1.0	80	315	4.53	0.0976	61.0	2.1
Collettore PVC	SN4	R11	R12	15.00	1.95	1769	1.0	80	315	4.64	0.1046	64.0	2.2
Collettore PVC	SN4	R12	R13	15.00	1.95	1909	1.0	80	315	4.76	0.1112	67.0	2.2
Collettore PVC	SN4	R13	R14	10.00	1.95	2038	1.0	80	315	4.83	0.1177	70.0	2.2
Collettore PVC	SN4	R14	R15	10.00	1.95	2120	1.0	80	315	4.91	0.1213	71.5	2.2
Collettore PVC	SN8	R15	P1	7.50	0.50	2201	1.0	80	400	5.00	0.1245	78.0	1.3
Collettore PVC	SN4	P1	P2	14.80	46.10	2201	1.0	80	400	5.03	0.1240	21.0	7.1
Collettore PVC	SN4	P2	Impianto	2.90	0.50	2201	1.0	80	400	5.07	0.1235	77.5	1.3

\*Valido per entrambi i lati della carreggiata

**Rampa Nord**

Elemento	Classe	Nodo Iniziale	Nodo Finale	L (m)	$i_l$ (%)	$A_{imp}$ (m <sup>2</sup> )	$\varphi_{imp}$	$k_s$ (m <sup>1/3</sup> /s)	DN	$t_c$ (min)	$Q_{cin}$ (m <sup>3</sup> /s)	Rimpimento (%)	v (m/s)
Collettore PVC	SN4	R16	R17	20.00	0.65	105	1.0	80	250	2.43	0.0091	31.0	0.8
Collettore PVC	SN4	R17	R18	20.00	0.65	200	1.0	80	250	2.80	0.0160	41.5	0.9
Collettore PVC	SN4	R18	R19	20.00	1.20	295	1.0	80	250	3.07	0.0223	42.5	1.2
Collettore PVC	SN4	R19	R20	20.00	1.20	390	1.0	80	250	3.32	0.0282	48.5	1.3
Collettore PVC	SN4	R20	R21	20.00	1.10	485	1.0	80	250	3.57	0.0335	55.0	1.3
Collettore PVC	SN4	R21	R22	20.00	0.60	580	1.0	80	250	3.89	0.0381	74.5	1.1
Collettore PVC	SN4	R22	R23	20.00	0.60	675	1.0	80	315	4.18	0.0425	52.5	1.1
Collettore PVC	SN4	R24	R23	20.00	0.20	79	1.0	80	200	2.70	0.0065	49.5	0.5
Collettore PVC	SN4	R25	R26	20.00	0.65	105	1.0	80	250	2.43	0.0091	31.0	0.8
Collettore PVC	SN4	R26	R27	20.00	0.65	200	1.0	80	250	2.80	0.0160	41.5	0.9
Collettore PVC	SN4	R27	R28	20.00	1.20	295	1.0	80	250	3.07	0.0223	42.5	1.2
Collettore PVC	SN4	R28	R29	20.00	1.20	390	1.0	80	250	3.32	0.0282	48.5	1.3
Collettore PVC	SN4	R29	R30	20.00	1.10	485	1.0	80	250	3.57	0.0335	55.0	1.3
Collettore PVC	SN4	R30	R31	20.00	0.60	580	1.0	80	250	3.89	0.0381	74.5	1.1
Collettore PVC	SN4	R31	R32	20.00	0.60	675	1.0	80	315	4.18	0.0425	52.5	1.1
Collettore PVC	SN4	R33	R32	20.00	0.20	79	1.0	80	200	2.70	0.0065	49.5	0.5
Collettore PVC	SN8	R32	R23	7.70	0.40	843	1.0	80	315	4.31	0.0521	70.0	1.0
Collettore PVC	SN4	R23	P3	10.90	66.28	1686	1.0	80	400	4.33	0.1039	17.5	7.7
Collettore PVC	SN4	P3	P4	4.30	31.95	1686	1.0	80	400	4.35	0.1037	21.0	5.9
Collettore PVC	SN4	P4	Impianto	4.30	0.50	1686	1.0	80	400	4.40	0.1029	66.5	1.3

**8.3 Trattamento acque di prima pioggia****IMPIANTO DI TRATTAMENTO - Rampa Sud - A****Portata di prima pioggia**

Area impermeabile	$A_{imp}$	2201	mq
Coeff. di deflusso	$\varphi_{imp}$	1.0	-
Altezza prima pioggia	$h_{pp}$	5.0	mm
Tempo prima pioggia	$t_{pp}$	15	min
Portata prima pioggia	$Q_{pp}$	12.23	l/s

**Portata impianto**

Portata nominale dell'impianto	$Q_i$	15.00	l/s
Portata tot ingresso	$Q_{tot}$	123.29	l/s
Portata da bypassare	$Q_{bp}$	108.29	l/s

**IMPIANTO DI TRATTAMENTO - Rampa Nord - B****Portata di prima pioggia**

Area impermeabile	$A_{imp}$	1686	mq
Coeff. di deflusso	$\varphi_{imp}$	1.0	-
Altezza prima pioggia	$h_{pp}$	5.0	mm
Tempo prima pioggia	$t_{pp}$	15	min
Portata prima pioggia	$Q_{pp}$	9.37	l/s

**Portata impianto**

Portata nominale dell'impianto	$Q_i$	10.00	l/s
Portata tot ingresso	$Q_{tot}$	102.69	l/s
Portata da bypassare	$Q_{bp}$	92.69	l/s

**8.4 Bacini drenanti****BACINO DRENANTE "A" - Rampa Sud**

Superficie disperdente	$S_{bacino}$	340	mq
Area impermeabile	$A_{imp}$	2201	mq
Coeff. di deflusso	$\varphi_{imp}$	1.00	-
Area permeabile	$A_{perm}$	1061	mq
Coeff. di deflusso	$\varphi_{perm}$	0.60	-
Area totale	$A_{tot}$	3602	mq
Coeff. di deflusso medio	$\varphi_{medio}$	0.88	-
Parametri curva LSPP	a	51.250	mm/h <sup>n</sup>
	n	0.256	-
Permeabilità	k	1.00E-05	m/s
Portata uscente	$Q_u$	12.24	mc/h
Tempo di pioggia	$\theta_p$	5.19	h
Portata entrante	$Q_e$	47.81	mc/h
Volume da invasare	$V_i$	185	mc
Tirante	$h_b$	0.50	m

**BACINO DRENANTE "B" - Rampa Nord**

Superficie disperdente	$S_{bacino}$	302	mq
Area impermeabile	$A_{imp}$	1686	mq
Coeff. di deflusso	$\varphi_{imp}$	1.00	-
Area permeabile	$A_{perm}$	1378	mq
Coeff. di deflusso	$\varphi_{perm}$	0.60	-
Area totale	$A_{tot}$	3366	mq
Coeff. di deflusso medio	$\varphi_{medio}$	0.84	-
Parametri curva LSPP	a	51.250	mm/h <sup>n</sup>
	n	0.256	-
Permeabilità	k	1.00E-05	m/s
Portata uscente	$Q_u$	10.872	mc/h
Tempo di pioggia	$\theta_p$	5.17	h
Portata entrante	$Q_e$	42.47	mc/h
Volume da invasare	$V_i$	164	mc
Tirante	$h_b$	0.46	m