

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



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

DIREZIONE TECNICA – CENTRO DI PRODUZIONE MILANO  
PROGETTO DEFINITIVO PER APPALTO INTEGRATO

POTENZIAMENTO DELLA LINEA RHO – ARONA. TRATTA RHO-GALLARATE  
QUADRUPPLICAMENTO RHO-PARABIAGO E RACCORDO Y

OPERE PRINCIPALI – INTERFERENZE VIARIE

FVY2 – Fermata Parabiago – Piazzale di parcheggio sud

Relazione idraulica sistemazioni esterne

COMMESSA    LOTTO    FASE    ENTE    TIPO DOC.    OPERA/DISCIPLINA    PROGR.    REV.

MDL1    12    D    26    RI    FVY200    001    A

Revis	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato	Data
A	EMISSIONE ESECUTIVA	Ingletti	Gen.2011			S. Borelli			

File: MDL1\_12\_D\_26\_RI\_FVY200\_001\_A.doc

n. Elab. :

## INDICE

1	PREMESSA.....	3
2	SCOPO DEL DOCUMENTO .....	3
3	DOCUMENTI DI RIFERIMENTO .....	3
3.1	DOCUMENTI REFERENZIATI .....	3
3.2	DOCUMENTI CORRELATI.....	3
4	IDROLOGIA E GEOLOGIA .....	4
5	DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO .....	4
6	CRITERI DI VERIFICA IDRAULICA.....	5
6.1	METODO DELL'INVASO .....	5
6.2	LE FORMULE DI CHEZY.....	6
6.3	VERIFICA IDRAULICA DEI COLLETTORI .....	7
7	TRATTAMENTO DELLE ACQUE DI PRIMA PIOGGIA.....	9
8	DIMENSIONAMENTO DELLA TRINCEA DRENANTE .....	9

## 1 Premessa

Il Progetto Definitivo di Potenziamento della Linea Rho-Arona – tratta Gallarate-Rho, riguarda il quadruplicamento dell'attuale linea a tre binari attraverso l'ampliamento della sede ferroviaria attuale.

In tale ambito rientrano anche diversi interventi esterni alla linea ferroviaria, tra cui la realizzazione del parcheggio sud della fermata di Parabiago.

## 2 Scopo del documento

Scopo del presente documento è quello di calcolare il sistema di smaltimento acque meteoriche del parcheggio sud della fermata di Parabiago

## 3 Documenti di riferimento

### 3.1 Documenti referenziati

Nella presente relazione, si è fatto riferimento ai seguenti documenti:

Rif. [1] ITALFERR, documento n.° MDL100D11RGID0001001, intitolato “Relazione idrologica generale”;

### 3.2 Documenti correlati

I documenti correlati sono:

Rif. [1] ITALFERR, documento n.° MDL112D26P9FVY200001, intitolato “Planimetria di smaltimento acque”;

Rif. [2] ITALFERR, documento n.° MDL112D26BZFVY200001, intitolato “Particolari costruttivi sistemazioni esterne”

## 4 Idrologia e geologia

La relazione idrologica generale MDL100D11RGID0001001 relativa alla progettazione di tutta la linea riporta, a conclusione dell'analisi pluviometrica del territorio attraversato, la seguente tabella dei coefficienti  $a$  ed  $n$  della curva di possibilità pluviometrica per i vari tempi di ritorno.

$T$ (anni) =	5	10	20	25	50	100	200	500
$K_T =$	1.237	1.413	1.575	1.625	1.775	1.919	2.057	2.231
$a(T) =$	51.34	58.63	65.35	67.43	73.67	79.64	85.36	92.59
$n =$	0.22	0.22	0.22	0.22	0.22	0.22	0.22	0.22

*Parametri validi per la tratta ferroviaria Rho – Gallarate.*

Nel caso delle verifiche delle opere di smaltimento di piattaforma si prendono in considerazione i valori per tempo di ritorno di 25 anni.

## 5 Descrizione dell'intervento

Nel parcheggio sono presenti dei collettori PVC Ø600 in cui confluisce l'acqua di piattaforma, posizionati lungo le dorsali più depresse della superficie. Tali collettori confluiscono in un impianto prefabbricato per la sedimentazione e disoleazione della acque di prima pioggia, come da normativa vigente.

Le acque provenienti dal parcheggio e passate attraverso l'impianto di sedimentazione – disoleazione vengono poi disperse in una trincea drenante.

## 6 Criteri di verifica idraulica

Relativamente alle verifiche idrauliche si ricorre ai seguenti metodi

### 6.1 Metodo dell'invaso

Per la determinazione delle portate si adotta il metodo del volume d'invaso, in base al quale, dati i parametri  $a$  e  $n$  della curva di probabilità pluviometrica, in funzione del grado di riempimento e dei volumi idrici invasati, si determina il coefficiente udometrico e di conseguenza il valore della portata affluente.

In base al metodo dell'invaso si stima il valore del coefficiente udometrico  $u$ , che rappresenta il rapporto tra la portata defluente alla sezione di chiusura del tratto e la superficie del bacino sotteso dalla sezione stessa; il coefficiente  $u$  ha la seguente espressione:

$$u = 2520 \frac{n(Ka)^{1/n}}{w^{\left(\frac{1}{n}-1\right)}} \quad [l/s/ha]$$

con:

$K$	coefficiente di deflusso
$a$	(m/h) parametro della curva p.p.
$n$	parametro adimensionale della curva p.p.
$w$	(m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> ) volume d'invaso specifico

Il volume d'invaso specifico è dato dal rapporto tra il volume d'invaso  $V_{tot}$  e la superficie del bacino  $S$ , dove  $S$  è dato dal prodotto della larghezza delle rampe per il loro sviluppo (si assume  $t = 1,0m$ ), mentre il volume  $V_{tot}$  è dato dalla somma dei singoli volumi di invaso accumulati nei singoli tratti omogenei del bacino.

Il valore del coefficiente di deflusso, essendo un'opera impermeabile, viene assunto pari ad 1.

In funzione di un valore di primo tentativo della sezione bagnata della cunetta si calcolano il volume specifico e il coefficiente udometrico; dato tale valore di primo tentativo si stima il valore di primo tentativo della portata affluente  $Q$  per un intero tratto:

$$Q = u \times L_{tot} / 1000 \quad [l/s/m]$$

Sulla base di tale valore di portata si determina il corrispondente valore della sezione bagnata utilizzando la formula di Chezy-Bazin in condizioni di moto uniforme, in funzione della pendenza longitudinale del tronco  $i$ , e della forma della sezione idrica  $A$ ; l'espressione è la seguente:

$$Q = A * V = A * K \sqrt{R * i}$$

esprimendo il coefficiente di scabrezza  $K$  secondo la formula di Gauckler-Strickler:

$$K = cR^{1/6} \quad \text{coefficiente di scabrezza}$$

si ha:

$$Q = cAR^{2/3}i^{1/2}$$

Attraverso successive iterazioni si perviene al valore finale della portata, del tirante e del grado di riempimento per i vari tratti di fosso esaminati.

Il volume d'invaso specifico è dato dal rapporto tra il volume d'invaso  $V_{tot}$  e la superficie del bacino  $S$ , dove il volume  $V_{tot}$  è dato dalla somma dei volumi dei collettori nella tratta fino alla sezione di chiusura considerata

Poiché il metodo dell'invaso è un metodo globale la portata di un collettore si determina, procedendo dall'alto verso il basso, in funzione dell'area complessiva sottesa che è data dalla somma delle superfici dei sottobacini sottesi dalla sezione di chiusura.

Il volume specifico  $w$  si esprime come la sommatoria dei volumi di invaso delle singole porzioni di bacino divisi per la larghezza totale del bacino drenato:

$$w = V_{tot} / L \quad (\text{m}^2)$$

Si calcolano quindi il volume specifico e il coefficiente udometrico per un valore di riempimento del collettore.

## 6.2 Le formule di Chezy

Per le sezioni defluenti è stata calcolata la scala di deflusso con l'espressione di Chezy:

$$V = K\sqrt{Ri}$$

e l'equazione di continuità

$$Q = S \cdot V$$

dove  $K$ , il coefficiente di scabrezza, è stato valutato secondo la formula di Strickler:

$$K = k_s R^{1/6}$$

Si è ottenuto:

$$Q = k_s S \cdot R^{2/3} \sqrt{i}$$

dove:

Q, portata [ $\text{m}^3/\text{s}$ ];

R, raggio idraulico [ $\text{m}^2$ ];

S, sezione idraulica [ $\text{m}^2$ ];

i, pendenza [m/m];

ks, coefficiente di scabrezza in [ $\text{m}^{1/3}\text{s}^{-1}$ ], pari a 67 per le sezioni in conglomerato cementizio e 85 per le tubazioni in PVC

### **6.3 Verifica idraulica dei collettori**

Di seguito si esegue la verifica idraulica di ciascun collettore secondo le modalità viste nel paragrafo precedente.

Per la numerazione dei collettori del parcheggio si faccia riferimento alla planimetria di progetto.

Verifica della rete di collettori di drenaggio del parcheggio

tratto	# tratti confluenti	Volume invasato a monte s	Area m2	Area x fi m2	Lunghezza tratto m	Volume piccoli invasi m3	Volume proprio invasato m3	Volume totale invasato m3	Invaso specifico w m	coeff.udometrico	Q m3/s
1	0	0	1433	1433	88	4.299	19.8	24.099	0.017	4295.078	0.62
2	0	0.000	1747	1747	102	5.241	24.48	29.721	0.017	4122.694	0.72
INLET	1-2	53.820	3180	3180	25	9.540	6.75	70.110	0.022	1644.468	0.52

Tratto	diam. (m)	h (m)	A (m <sup>2</sup> )	Perimetro (m)	teta	s	c	R. Idr. (m)	i m/m	n	V m/s	Q m3/s
1	0.60	0.45	0.23	1.78	2.09	0.63	0.52	0.13	0.01	0.009	2.821	0.64
2	0.60	0.49	0.25	1.82	1.77	0.53	0.46	0.14	0.01	0.009	2.936	0.73
INLET	0.80	0.42	0.27	2.10	3.04	1.22	0.80	0.13	0.005	0.009	1.990	0.53

## 7 Trattamento delle acque di prima pioggia

La norma della Regione Lombardia n°62 del 27 maggio 1985 definisce il trattamento delle acque di prima pioggia provenienti dal dilavamento di superfici impermeabili scoperte su cui potrebbero insistere sostanze pericolose o comunque pregiudizievoli per il raggiungimento degli obiettivi di qualità per il corpo idrico ricettore finale.

La stessa direttiva quantifica il volume di acque di prima pioggia da avviare a trattamento prima del rilascio nel ricettore finale pari ad un'altezza di 5 mm per la superficie dell'insediamento.

Nel caso del parcheggio di Parabiago, la superficie drenata del parcheggio è di 4416 m<sup>2</sup>, per cui il volume totale delle acque di prima pioggia è di 4416 x 0.005 = **22.08 m<sup>3</sup>**

L'impianto di trattamento previsto è in continuo e presenta un dissabbiatore/sedimentatore della frazione solida e del materiale flottante e un disoleatore a coalescenza per la separazione degli oli.

Il collettore in ingresso è in CLS Ø800. Le acque trattate vengono poi disperse in una trincea drenante.

## 8 DIMENSIONAMENTO DELLA TRINCEA DRENANTE

Per lo smaltimento delle acque meteoriche provenienti dal piazzale di parcheggio e dalla viabilità di accesso si è prevista l'adozione di un fosso disperdente.

Il dimensionamento del fosso disperdente è stato condotto risolvendo, per incrementi finiti di tempo, l'equazione differenziale di continuità di un serbatoio, applicata alla situazione in esame.

La procedura prevede, per diverse durate dell'evento piovoso, la scrittura dell'**equazione di continuità** con riferimento al volume di controllo costituito dal fosso:

$$\frac{dW(t)}{dt} = Q_e(t) - Q_u(t)$$

In tale equazione con W(t) si è indicato il volume invasato nel fosso al tempo t, e con Q<sub>e</sub>(t) e Q<sub>u</sub>(t) le portate, in ingresso ed in uscita al tempo t, dal fosso medesimo.

La portata in ingresso, variabile temporalmente, è costituita dall'idrogramma generato dalle acque meteoriche cadute sulle superficie da drenare. L'**idrogramma di afflusso** adottato presenta una forma trapezoidale, ovvero la portata cresce dal valore zero al valore massimo nei primi 5 minuti di pioggia, si mantiene al valore massimo per tutta la durata dell'evento, e torna al valore zero nei 5 minuti successivi alla fine dell'evento meteorico. Il valore di picco dell'idrogramma è stato ottenuto, per ciascuna durata di pioggia considerata, con la seguente espressione:

$$Q_{e\_max} = \varphi \cdot A \cdot a \cdot d^{n-1} \quad [m^3/s]$$

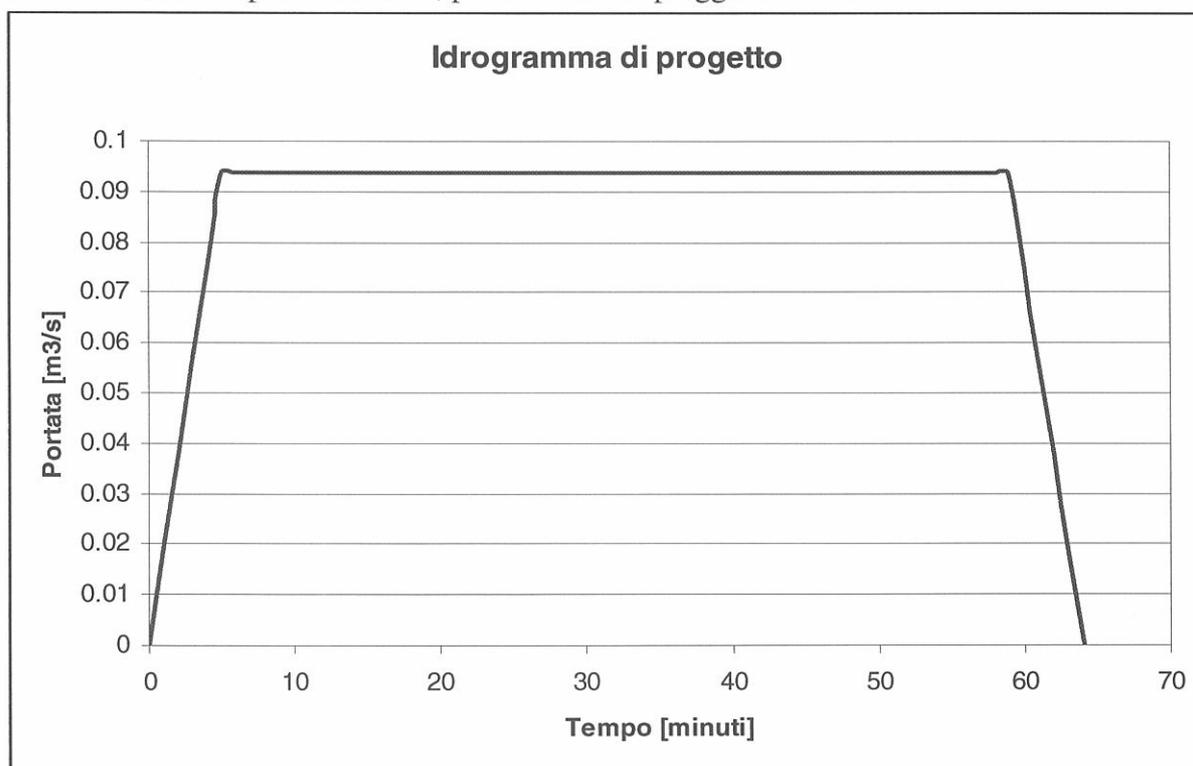
nella quale:

$\varphi$

coefficiente di deflusso, assunto pari a 1.0 per le superfici impermeabili

A superficie drenata [m<sup>2</sup>];  
d [h] durata dell'evento piovoso;  
a [mm/h<sup>n</sup>], n [-] parametri della curva di possibilità pluviometrica per Tr = 25 anni;

Nella figura seguente si riporta a titolo esemplificativo un possibile idrogramma di progetto costruito secondo le ipotesi adottate, per la durata di pioggia di 60 minuti.



La portata in uscita, che si infila nel terreno attraverso il fondo e le superfici laterali del fosso, è stata valutata moltiplicando la velocità di filtrazione per la superficie (fondo + laterale) bagnata dal liquido. La velocità di filtrazione K a sua volta è stata valutata assumendo un valore unitario della cadente piezometrica ed un coefficiente di filtrazione pari a  $1 \cdot 10^{-3}$  m/s.

Per fossi di sezione trasversale trapezia con inclinazione delle sponde a 45 gradi, indicando con:

b [m] base minore  
L [m] lunghezza del fosso  
h [m] tirante d'acqua nel fosso  
(b+h)\*h\*L [m<sup>3</sup>] volume invasato  
(b+2h√2)\*L [m<sup>2</sup>] superficie filtrante  
K [m/s] coefficiente di permeabilità del terreno

la legge dei deflussi risulta:

$$Q_u(t) = K \cdot (b + 2h\sqrt{2}) \cdot L$$

Pertanto, per ogni durata considerata dell'evento piovoso, è stato costruito l'idrogramma di afflusso al fosso  $Q_e(t)$ , discretizzando il tempo in intervalli di 1 minuto, e dalla soluzione dell'equazione di continuità alle differenze finite sono stati valutati, istante per istante, il valore del tirante all'interno del fosso e il volume in esso invasato.

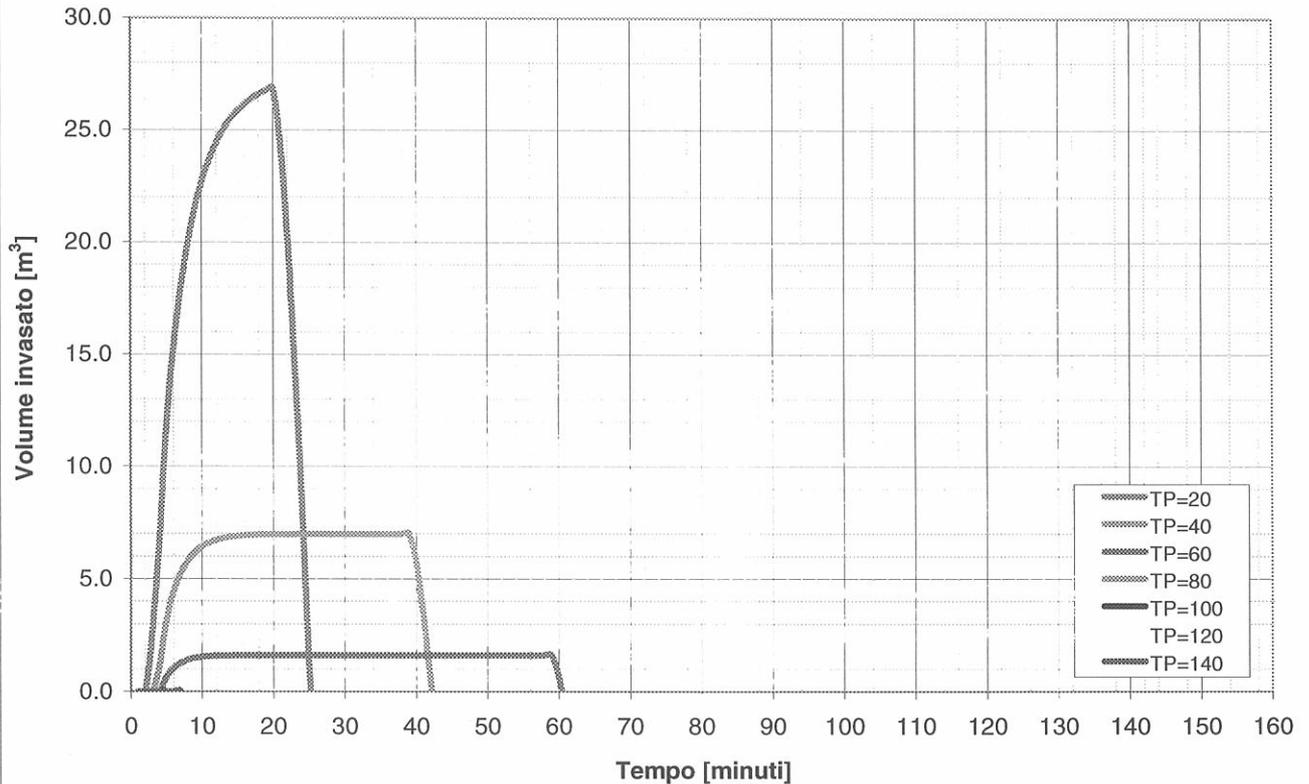
Data la piccola pendenza delle superfici considerate, si è ritenuto opportuno considerare anche la capacità di invaso del bacino drenato (platee e pensiline); a tale scopo si è dunque assunta la presenza di un velo d'acqua uniforme pari a 3 mm distribuito sulle superfici considerate. In tal modo, nei calcoli si è considerato nullo il volume in ingresso nel fosso fintanto che il volume cumulato ottenuto dall'idrogramma non fosse superiore alla capacità di invaso del bacino drenato. Variando quindi la durata dell'evento piovoso (si sono considerati eventi con durate di 20, 40, 60, 80, 100, 120 e 140 minuti) è stato possibile determinare la durata critica alla quale corrisponde il massimo valore del tirante idrico e quindi il massimo volume di invaso necessario per il fosso in esame.

Nel caso in esame, si adotta un fosso disperdente riempito con materiale di grossa pezzatura; in tal caso le formulazioni esposte si mantengono valide considerando utile per l'invaso solo il volume dei vuoti tra gli elementi del materiale ( $n=0.30$ ).

Di seguito si riportano le verifiche del fosso disperdente considerato, indicando i valori massimi del tirante idrico e del volume invasato, nonché i grafici di tali grandezze al variare della durata di pioggia.

<b>Dimensionamento trincea drenante</b>			
Lunghezza del tratto	m		4416
Larghezza del tratto	m		1.00
Coeff. Afflusso bitumato (piattaforma ferroviaria)	-		1
Coeff. Afflusso scarpate	-		0.7
Superficie contribuente impermeabile	m <sup>2</sup>		4416
Superficie contribuente permeabile	m <sup>2</sup>		0
Lunghezza fosso drenante	m		<b>55</b>
Base minore fosso drenante	m		<b>1.30</b>
Profondità fosso drenante	m		<b>1.15</b>
Percentuale dei vuoti materiale riempimento	-		0.30
Diametro tubo interno	m		0.60
Tirante di massimo riempimento fosso drenante	m		<b>0.78</b>
Inclinazione sponde sull'orizzontale	°		<b>45.00</b>
Base maggiore fosso al pelo libero	m		2.86
Base maggiore fosso in sommità	m		<b>3.60</b>
<b>Parametri idrologici e permeabilità</b>			
Coefficiente di permeabilità	m/s		0.0010
Parametro a(Tr)	mm/h <sup>n</sup>		67.43
Parametro n(Tr)	-		0.22
Parametro n'(Tr)	-		0.22
<b>Volume di invaso sulla superficie drenata e sulla rete di drenaggio</b>			
<i>Si trascura la precipitazione che cade sulla rete di drenaggio, in quanto trascurabile. Si considera un velo d'acqua uniformemente ripartito di 3 mm sull'area da drenare.</i>			
Velo d'acqua uniformemente ripartito sulla superficie	mm		3
Volume invasato sulla superficie impermeabile	m <sup>3</sup>		13.2
Volume invasato sulla superficie permeabile	m <sup>3</sup>		0.0
Altezza d'acqua media nella rete di drenaggio	m		0.15
Lunghezza della rete di drenaggio	m		0
Volume invasato nella rete di drenaggio	m <sup>3</sup>		0.0
Volume totale di invaso (superficie + rete)	m <sup>3</sup>		<b>13.2</b>
<b>Verifica volume di invaso necessario nel fosso</b>			
Volume di invaso massimo necessario nel fosso	m <sup>3</sup>		<b>26.9</b>
Volume di massima capacità del fosso	m <sup>3</sup>		<b>57.4</b>
Percentuale massima di riempimento del fosso (area idrica)	-		<b>47%</b>

**Volume invasato nel fosso al variare della durata di pioggia**



**Tirante nel fosso al variare della durata di pioggia**

