

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 DEFINITIVO**

**STRADE DI COLLEGAMENTO INTERPODERALE**

**RELAZIONE IDROLOGICA ED IDRAULICA GENERALE**

IL PROGETTISTA  
saipem spa  
Tommaso Taranta

IL COLLABORATORE  
saipem spa  
Tommaso Taranta

Dottore in Ingegneria Civile Iscritto all'albo degli Ingegneri della Provincia di Milano al n. A23763 - Sez. A Settori: a) civile e ambientale b) industriale c) dell'informatica

Tel. 02.52020571 Fax. 02.52020309 CF. e P.IVA n. 00875709137

Tel. 02.52020571 Fax. 02.52020309 CF. e P.IVA n. 00875709137

ALTA SORVEGLIANZA	Verificato	Data	Approvato	Data

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

I N 0 5    0 0    D    E 2    R I    S L 0 0 0 0    0 0 1    0

PROGETTAZIONE GENERAL CONTRACTOR									Autorizzato/Data
Rev.	Data	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Consorzio <b>Cepav due</b> Project Director (Ing. F. Lombardi) Data: _____
0	31.03.14	Emissione per CdS	M.T.	31.03.14	FRANCO	31.03.14	LAZZARI	31.03.14	

SAIPEM S.p.a. COMM. 032121	Data: 31.03.14	Doc. N.: 40002_07.doc
----------------------------	----------------	-----------------------



Progetto cofinanziato dalla Unione Europea

CUP.: F81H91000000008

GENERAL CONTRACTOR

**Cepav due**



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N. 40002-07

Progetto  
IN05

Lotto  
00

Codifica Documento  
DE2RISL0000-001

Rev.  
0

Foglio  
2 di 11

## INDICE

<b>1. PREMESSA.....</b>	<b>3</b>
<b>2. DETERMINAZIONE DELLA PORTATA DI PIATTAFORMA STRADALE.....</b>	<b>3</b>
<b>3. VERIFICA DEGLI ELEMENTI COSTITUENTI LA RETE DI DRENAGGIO.....</b>	<b>5</b>
3.1 TRATTE A RASO O IN LEGGERO RILEVATO .....	5
3.2 TRATTE IN TRINCEA / SCATOLARE.....	6
3.2.1 <i>Canali grigliati 0.40x0.40 trasversali allo scatolare .....</i>	<i>7</i>
3.2.2 <i>Canali grigliati 0.30x0.40 longitudinali allo scatolare.....</i>	<i>8</i>
3.2.3 <i>Tubazione DN400 di convogliamento alla vasca .....</i>	<i>8</i>
3.2.4 <i>Vasca di raccolta delle acque meteoriche .....</i>	<i>9</i>
3.2.5 <i>Impianto di sollevamento .....</i>	<i>10</i>



## 1. PREMESSA

Oggetto della presente relazione è il dimensionamento e la verifica del sistema di drenaggio delle acque meteoriche afferenti ai sottopassi poderali di nuova progettazione, che si rendono necessari per garantire l'interconnessione campestre tra le aree poste a nord e sud della nuova linea ferroviaria A.C. Milano – Verona.

La viabilità poderale viene ripristinata mediante sottopassaggio della linea ferroviaria in tombino scatolare di dimensioni 5.00m x 5.00m, al quale si accede tramite rampe connesse alla viabilità campestre esistente.

La piattaforma stradale ha una larghezza pavimentata di 5.00 m, si mantiene a raso nella tratta di interconnessione e passa in trincea in corrispondenza delle rampe di accesso al sottopasso. L'attraversamento ferroviario nella maggioranza dei casi avviene pressochè perpendicolarmente alla linea e le rampe si mantengono sostanzialmente rettilinee, con una pendenza massima longitudinale del 10%.

La livelletta stradale nella tratta di sottopasso si mantiene pressoché orizzontale.

Le acque di pioggia che cadono sulla piattaforma stradale vengono convogliate al di sopra del conglomerato bituminoso posato con pendenza trasversale minima del 2.5% fino al limite pavimentato lungo il quale l'acqua scorre seguendo la pendenza longitudinale della livelletta.

In corrispondenza di entrambi gli ingressi del sottopasso e lungo i lati dello stesso sono disposti dei canali grigliati che intercettano completamente la portata meteorica presente sulla piattaforma stradale, e la convogliano mediante tubazione interrata in PVC di diametro  $\Phi 400$ , alla vasca di accumulo.

Tutti gli elaborati di riferimento citati all'interno del documento sono da intendersi con codice commessa "IN05" in luogo di "A202".

## 2. DETERMINAZIONE DELLA PORTATA DI PIATTAFORMA STRADALE

L'espressione generale della curva di possibilità pluviometrica (c.p.p.) utilizzata come base per i calcoli idraulici è la seguente:

$$h = a \cdot t^n$$

ovvero l'intensità media di precipitazione  $i$  al tempo  $t$  è:

$$i = a t^{n-1}$$

i cui parametri vengono dedotti dallo studio idrologico appositamente predisposto, in riferimento al tempo di ritorno di 25 anni.

I parametri che massimizzano e minimizzano l'intensità di pioggia nelle zone oggetto di intervento sono:

- coefficienti c.p.p. max:       $a = 58.75$        $n = 0.200$ ;
- coefficienti c.p.p. min:       $a = 43.66$        $n = 0.214$ .

La portata al colmo è calcolata tramite la formula razionale:

$$Q = u \cdot S \quad [m^3 / s]$$

dove:

- $u$  è il coefficiente udometrico [ $m^3/s \cdot ha$ ];
- $S$  è la superficie totale da drenare [ha].

La stima del coefficiente udometrico  $u$ , e quindi della portata al colmo, può essere eseguita mediante l'applicazione del metodo della corrivazione, che simula correttamente le effettive condizioni di deflusso delle acque meteoriche sulla piattaforma stradale, in cui i fenomeni di traslazione prevalgono su quello di invaso.

Il coefficiente udometrico assume quindi la seguente espressione:

$$u = 2.78 \cdot \phi \cdot \varepsilon \cdot i$$

dove:

- $\phi$  = coefficiente di afflusso, assunto pari a 1.0 per le aree pavimentate;
- $\varepsilon$  = coefficiente di laminazione assunto pari a 1.0;
- $i$  = intensità di pioggia relativa al tempo  $t$ .

Il tempo di corrivazione è stato così calcolato:

$$T_0 = t_e + \frac{t_r}{1.5}$$

dove:

- $T_0$  = tempo di corrivazione;
- $t_e$  = tempo di ingresso in rete, convenzionalmente pari a 5 minuti;
- $t_r$  = tempo di rete o di traslazione.

Il coefficiente di afflusso per il bacino afferente alla singola caditoia è pari ad 1.0, essendo l'area da drenare completamente pavimentata.

### 3. VERIFICA DEGLI ELEMENTI COSTITUENTI LA RETE DI DRENAGGIO

Per la verifica degli elementi drenanti si prende a riferimento alla condizione caratterizzata dalla massima intensità di pioggia ( $a=58.75$   $n=0.200$ ) e al contempo dal massimo valore di superficie drenata.

La lunghezza dell'intervento al netto della lunghezza coperta degli scotolari è pari a circa 248m, essendo la larghezza costante pari a 5 m, l'area afferente al sistema di drenaggio è pari a 0.124 ha.

Ipotizzando una velocità di traslazione pari a 2.0m/s che comporta un tempo di corrivazione pari a 6.3 min, la portata al colmo per eventi pluviometrici con tempo di ritorno di 25 anni, è pari a 121.5 l/s.

#### 3.1 Tratte a raso o in leggero rilevato

Le tratte a raso o in leggero rilevato scaricano le acque di piattaforma direttamente nei fossi drenanti a lato strada.

La portata di dimensionamento del fosso non rivestito è la portata al colmo dell'intera sede stradale drenata che si verifica in corrispondenza della durata di pioggia che massimizza il volume assegnato al fosso.

La durata di pioggia che risulta essere critica per il fosso non rivestito viene calcolata risolvendo la seguente equazione:

$$n \cdot \varphi \cdot A \cdot a \cdot \theta_w^{n-1} + (1-n) \cdot T_c \cdot Q_u^2 \cdot \frac{\theta_w^{-n}}{\varphi \cdot A \cdot a} - Q_u = 0$$

dove i simboli assumono il seguente significato:

- n = parametro della curva di possibilità pluviometrica;
- $\varphi$  = coefficiente di deflusso;
- A = superficie drenante ( $m^2$ );
- a = parametro della curva di possibilità pluviometrica (mm/hn);
- $T_c$  = tempo di corrivazione del bacino (h);
- $\theta_w$  = durata critica che massimizza il volume di pioggia (h);
- $Q_u$  = portata infiltrata ( $m^3/s$ ).

La dimensione trasversale del fosso viene determinata in base all'equazione di continuità dei serbatoi funzione della portata entrante (portata al colmo) e della portata uscente (portata infiltrata) dal fosso non rivestito.

In particolare la portata infiltrata viene calcolata secondo l'espressione di Vedernikov:

$$Q_u(t) = K \cdot [B + 3 \cdot h(t)] \cdot L$$

dove i simboli assumono il seguente significato:

- K = permeabilità del terreno (m/s);
- B = base superiore del fosso drenante (m);
- L = lunghezza del fosso drenante (m);
- h(t) = altezza di riempimento del fosso drenante (m).

Nel caso di parametri pluviometrici che generano la massima intensità di pioggia ( $a=58.75$   $n=0.200$ ), si esegue la verifica di un generico tratto di fosso di dimensioni: larghezza di base 0.50m e profondità 0.50 m con scarpe 1/1, avente lunghezza pari a 10m, che drena le seguenti superfici:

- 50 m<sup>2</sup> di piattaforma stradale  $\phi=1$
- 25m<sup>2</sup> di scarpata inerbita  $\phi=0.7$

Non avendo a disposizione indicazioni precise inerenti la permeabilità del terreno, si è adottato un valore di permeabilità cautelativo pari a  $1.0 \times 10^{-5}$  m/s, si ricava che la durata critica di pioggia che massimizza i volumi entranti nel fosso è pari a circa 140 minuti, il massimo volume di acqua invasato durante la precipitazione critica risulta essere pari a circa 4.0 m<sup>3</sup> mentre il volume disponibile per l'accumulo nel fosso è pari 5.0 m<sup>3</sup>

Si conclude che la geometria del fosso è in tutti i casi sufficiente a garantire il corretto smaltimento delle acque di piattaforma.

### **3.2 Tratte in trincea / scatolare**

Il sistema di smaltimento delle acque meteoriche nelle tratte in trincea è costituito da:

- canali grigliati di captazione superficiale;
- tubazione di convogliamento alla vasca;

- vasca di accumulo;
- impianto di sollevamento.

### 3.2.1 Canali grigliati 0.40x0.40 trasversali allo scatolare

I due canali grigliati disposti trasversalmente alla strada in ingresso al sottopasso devono essere in grado di captare tutta la portata meteorica proveniente dalla superficie pavimentata.

La massima capacità di captazione dei canali può essere calcolata utilizzando la “teoria dei getti liberi” secondo cui, assegnata alla grata una lunghezza  $L_G$ , la velocità della portata in arrivo alla grata sia tale da non riuscire a scavalcare la grata stessa.

Per grate a barre parallele alla direzione della corrente si può scrivere la seguente relazione sperimentale tra  $L_G$  e la velocità limite  $v_G$  al di sopra della quale la corrente scavalca la grata:

$$v_G = 2.54 \cdot L^{0.51}$$

Adottando una grata con larghezza  $L_G = 0.40$  m si ottiene  $v_G = 1.59$  m/s.

Ipotizzando che:

- la portata meteorica associata all'evento venticinquennale sia uniformemente distribuita su tutta la larghezza della strada ( $b = 5.0$  m), e quindi pari per la singola griglia a 24.3 l/s/m;
- la pendenza media dell'ultimo tratto di strada pari al 10%;
- il coefficiente di scabrezza della pavimentazione stradale pari a  $40 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$ ;

è possibile calcolare la velocità di transito delle acque provenienti dalle rampe applicando la formula di Chézy del moto uniforme:

$$Q = A \cdot \chi \cdot (R \cdot i)^{0.5}$$

essendo  $v = Q/A$

dove:

A = superficie;

$\chi$  coefficiente di scabrezza secondo Strickler  $\chi = K_s \cdot R^{1/6}$ , con  $K_s$  coefficiente di Strickler;

R raggio idraulico;

i pendenza del collettore.

La velocità di deflusso sulla singola griglia è pari a 1.02 m/s.

La grata è pertanto in grado di captare la portata in arrivo con un sufficiente margine di sicurezza, avendo verificato che:

$$v \ll v_G$$

### 3.2.2 Canali grigliati 0.30x0.40 longitudinali allo scatolare

I canali grigliati longitudinali allo scatolare devono essere in grado di convogliare la portata captata dalla griglia trasversale ubicata sul lato opposto della vasca verso la stessa.

Occorre verificare quindi che la sezione rettangolare del canale grigliato, con larghezza utile pari a 0.30 m, altezza pari a 0.40 m e pendenza longitudinale pari allo 0.50%, sia tale da garantire il corretto smaltimento di metà della portata captata.

La portata di progetto di tali elementi è quindi pari a 60.8 l/s.

La capacità di smaltimento viene calcolata secondo la legge di Chézy del moto uniforme vista sopra, i cui parametri nel caso specifico sono:

- coefficiente di scabrezza di Strickler :  $70 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$ ;
- area sezione bagnata a massimo riempimento:  $0.105 \text{ m}^2$ ;
- raggio idraulico a massimo riempimento:  $0.110 \text{ m}$ ;
- pendenza motrice minima:  $0.50\%$ .

La capacità di smaltimento è pari a 111.7 l/s, decisamente superiore alla portata di progetto.

### 3.2.3 Tubazione DN400 di convogliamento alla vasca

La portata meteorica raccolta dalle griglie trasversali viene incanalata nella tubazione in PVC di diametro DN400, disposte al di sotto del piano stradale.

La capacità di smaltimento delle tubazioni viene calcolata secondo la legge di Chézy del moto uniforme assumendo i seguenti parametri:

- coefficiente di scabrezza di Strickler (tubazione in PVC):  $90 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$ ;
- area sezione bagnata a massimo riempimento ( $h/D = 0.70$ ):  $0.093 \text{ m}^2$ ;
- raggio idraulico a massimo riempimento:  $0.118 \text{ m}$ ;
- pendenza motrice minima (ingresso vasca di prima pioggia):  $0.50\%$ .

La capacità di smaltimento è pari a 142 l/s, poiché tale valore è superiore alla portata in transito la sezione assegnata è sufficiente a garantire il deflusso delle acque meteoriche.



### 3.2.4 Vasca di raccolta delle acque meteoriche

Ai sensi della d.g.r. 1 agosto 2003 n°7/13950 dell'art. 6 allegato B in merito agli scarichi nei corsi d'acqua, si prevede di realizzare un volume di accumulo tale da garantire che lo scarico massimo nel corpo idrico ricettore sia inferiore a 20 l/s per ettaro impermeabile nelle zone prive di pubbliche fognature e inferiore a 40 l/s/ha in caso contrario.

La portata proveniente dalla sede stradale entra nel sistema di accumulo attraverso la tubazione in PVC DN400.

La volumetria della vasca deve essere tale da consentire l'accumulo della portata in ingresso eccedente il massimo scaricabile consentito da normativa

La capacità delle vasche volano è stata calcolata secondo la metodologia della "laminazione ottimale" che conduce all'individuazione del volume minimo da assegnare alla vasca nell'ipotesi di portata uscente costante.

In particolare si è stimata l'onda di piena entrante secondo il modello cinematico e si è fissato il valore della portata uscente costante, pari a quello concesso dalla sopra menzionata normativa (20 l/s per ettaro di superficie scolante).

Il volume da assegnare alla vasca volano è quindi calcolato con la seguente espressione:

$$W = \varphi A a \vartheta^n + T_c Q_u^2 \frac{\vartheta^{1-n}}{\varphi A a} - Q_u \vartheta - Q_u T_c$$

dove le variabili in gioco sono:

- A area scolante, data dalla lunghezza del sottopasso per la tratta al di sotto del piano campagna per la larghezza dello stesso;
- a,n parametri della curva di possibilità pluviometrica della zona di intervento per tempo di ritorno di 25 anni;
- Tc tempo di corrivazione, stimato in 5 minuti;
- Qu portata uscente fissata da normativa e funzione dell'area scolante;
- $\theta$  durata critica che massimizza il volume della vasca ottenuta derivando l'equazione sopra rispetto al tempo.

A titolo di esempio vengono calcolate le volumetrie delle vasche nel caso di un intervento avente lunghezza di intervento pari a 150 m nel caso di pluviometria massima e minima:

Si ottengono dei volumi da assegnare alle vasche variabili tra 27 e 41 m<sup>3</sup> circa.

Tale volumetria è raggiungibile realizzando una vasca con dimensioni in pianta di 6.00 m x 2.10 m e profondità variabile.

L'esatta geometria delle vasche verrà calcolata di caso in caso.

### 3.2.5 Impianto di sollevamento

Lo svuotamento delle vasche avverrà mediante un sistema di 2 pompe (1 attiva e 1 di riserva) ad installazione semifissa in immersione, ciascuna dimensionata per la portata massima da sollevare coincidente con il massimo scaricabile nel ricettore consentito da normativa.

La curva caratteristica dell'impianto su cui tarare la pompa ha la seguente espressione:

$$\Delta H_{TOT} = \Delta H_G + \Delta H_C + \Delta H_D$$

dove

$\Delta H_G$  dislivello geodetico tra aspirazione e restituzione

$\Delta H_C$  perdite di carico concentrate

$\Delta H_D$  perdite di carico distribuite

Le perdite di carico localizzate sono determinate con la formula:

$$\Delta H_C = \alpha \frac{v^2}{2g}$$

dove  $\alpha$  è un parametro che dipende dal tipo di perdita; nel caso in esame:

1 valvola di intercettazione ( $\alpha = 0.15$ );

1 valvola di ritegno a clapet ( $\alpha = 0.30$ );

3 curve a 90° ( $\alpha = 0.25$ );

1 sbocco ( $\alpha = 0.60$ )

Le perdite di carico distribuite sono valutate con la formula di Chézy:

$$\Delta H_D = J \cdot L$$

$$J = \frac{V^2}{k_s^2 \cdot R^{\frac{4}{3}}}$$

nelle quali i simboli hanno il seguente significato:

J cadente piezometrica ( $\text{mm}^{-1}$ );

L lunghezza della tubazione (m);

V velocità della corrente corrispondente alla portata di progetto massima;

R raggio idraulico della tubazione (m);

ks coefficiente di Strickler, assunto pari a  $90 \text{ m}^{1/3} \text{ s}^{-1}$  per le superfici in PEAD in opera.

La potenza richiesta dall'impianto è pari a:

$$P = \gamma Q H / (102 \cdot \eta)$$

Essendo la portata mediamente pari a 2 l/s, per un rendimento del 70% e una prevalenza totale dell'ordine dei 6 m, la potenza richiesta dalla singola pompa è inferiore a 1kW.

Il diametro della condotta di mandata dovrà essere tale da mantenere la velocità di transito della portata compresa tra 1 e 2 m/s e quindi, per il caso medio, sarà DN50.

Nel caso in cui la condotta di mandata abbia una lunghezza non trascurabile andrà verificato che, le variazioni di velocità all'interno della condotta di mandata in pressione dovute agli arresti/avvii delle pompe inducano variazioni di carico  $\Delta H_i$  all'interno della tubazione dalla stessa sopportabili.

Il valore massimo della sovrappressione può essere calcolato con la formula di Michaud:

$$\Delta H_i = \frac{2 \cdot v \cdot L}{g \cdot T_c}$$

essendo:

- v la velocità massima della corrente nella tubazione
- L la lunghezza della tubazione in pressione
- T<sub>c</sub> la durata della manovra (sec)

Il carico totale massimo H<sub>max</sub> che si ottiene nella tubazione è quindi pari alla somma del carico statico più il sovraccarico  $\square \Delta H_i$ .

La pressione nominale di 2.5 risulta adeguata per i casi in studio.

I valori medi di cui sopra verranno verificati di caso in caso, le informazioni inerenti gli impianti di sollevamento sono riportate per tutti gli interventi in una tabella all'interno dell'elaborato "smaltimento delle acque di piattaforma".