

COMMITTENTE:



DIREZIONE LAVORI:



APPALTATORE:



PROGETTAZIONE:

MANDATARIA:

MANDANTI:



IL DIRETTORE DELLA PROGETTAZIONE:

ing. L. LACOCO

Responsabile integrazione fra le varie prestazioni specialistiche



PROGETTO ESECUTIVO

**ITINERARIO NAPOLI – BARI
RADDOPPIO TRATTA CANCELLO - BENEVENTO
II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO
3° SUBLOTTO SAN LORENZO – VITULANO**

RELAZIONE

FABBRICATI

FA13 - AREA DI SOCCORSO al km 43+050 circa (imbocco GALLERIA NATURALE ROVENTA lato Frasso)

Relazione idraulica sistemazioni idrauliche

| | | |
|--------------------------|--|--------|
| APPALTATORE | | SCALA: |
| IL DIRETTORE TECNICO | | - |

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

I F 2 R 3 2 E Z Z R I F A 1 3 0 0 0 0 1 A

| Rev. | Descrizione | Redatto | Data | Verificato | Data | Approvato | Data | Autorizzato Data |
|------|-------------|-----------|----------|------------|----------|-----------|----------|--|
| A | EMISSIONE | T.SALVAGO | 23/06/21 | L.MELICA | 24/06/21 | A.CUDEMO | 24/06/21 | IL PROGETTISTA ING. G. SALVATORI INGEGNERI ROMA n. A. 26129 settore a-b-c 25/06/21 |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |

| APPALTATORE: TELESE S.c.a r.l. Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata | ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO | | | | | | | | | | | | |
|---|--|----------|---------------|----------|-----------|------|--------|------|----------|----|---------------|---|---------|
| PROGETTAZIONE: Mandataria: Mandante: SYSTRA S.A. SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A. | PROGETTO ESECUTIVO | | | | | | | | | | | | |
| FA13 - AREA DI SOCCORSO al km 43+050 circa (imbocco GALLERIA NATURALE ROVENTA lato Frasso) - Relazione idraulica sistemazioni idrauliche | <table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IF2R</td> <td>3.2.E.ZZ</td> <td>RI</td> <td>FA.13.0.0.001</td> <td>A</td> <td>2 di 18</td> </tr> </tbody> </table> | COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO | IF2R | 3.2.E.ZZ | RI | FA.13.0.0.001 | A | 2 di 18 |
| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO | | | | | | | | |
| IF2R | 3.2.E.ZZ | RI | FA.13.0.0.001 | A | 2 di 18 | | | | | | | | |

| | | |
|----------|---|-----------|
| 1 | PREMESSA | 3 |
| 2 | SCOPO DEL DOCUMENTO | 4 |
| 3 | ANALISI IDROLOGICA | 5 |
| 4 | STIMA DELLE PORTATE DI PIENA | 9 |
| 4.1 | DIMENSIONAMENTO IDRAULICO | 12 |
| 5 | ACQUE METEORICHE RICADENTI SUL PIAZZALE..... | 13 |
| 5.1 | FOSSI DI GUARDIA | 13 |
| 6 | VERIFICA DEI COLLETTORI | 18 |

| APPALTATORE: TELESE S.c.a r.l. Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata | ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO | | | | | | | | | | | | |
|---|--|----------|---------------|----------|-----------|------|--------|------|----------|----|---------------|---|---------|
| PROGETTAZIONE: Mandatario: Mandante: SYSTRA S.A. SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A. | PROGETTO ESECUTIVO | | | | | | | | | | | | |
| FA13 - AREA DI SOCCORSO al km 43+050 circa (imbocco GALLERIA NATURALE ROVENTA lato Frasso) - Relazione idraulica sistemazioni idrauliche | <table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IF2R</td> <td>3.2.E.ZZ</td> <td>RI</td> <td>FA.13.0.0.001</td> <td>A</td> <td>3 di 18</td> </tr> </tbody> </table> | COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO | IF2R | 3.2.E.ZZ | RI | FA.13.0.0.001 | A | 3 di 18 |
| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO | | | | | | | | |
| IF2R | 3.2.E.ZZ | RI | FA.13.0.0.001 | A | 3 di 18 | | | | | | | | |

1 **PREMESSA**

Nell’ambito del Progetto Esecutivo del secondo lotto funzionale “Frasso Telesino-Vitulano” del raddoppio della tratta Canello-Benevento (facente parte dell’itinerario Napoli-Bari) è prevista la realizzazione di una serie di fabbricati a servizio dell’infrastruttura ferroviaria.

Tali fabbricati sono serviti da viabilità e antistanti piazzali per l’esercizio degli stessi.

La presente relazione tratta lo studio del drenaggio delle acque meteoriche in corrispondenza del piazzale a servizio dell’area di soccorso al km 43+050 circa (imbocco GALLERIA NATURALE ROVENTA lato Frasso) (FA13).

| APPALTATORE:  Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata | ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO PROGETTO ESECUTIVO | | | | | | | | | | | | |
|--|--|----------|---------------|----------|-----------|------|--------|------|----------|----|---------------|---|---------|
| PROGETTAZIONE: Mandatario: Mandante: SYSTRA S.A. SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A. | | | | | | | | | | | | | |
| FA13 - AREA DI SOCCORSO al km 43+050 circa (imbocco GALLERIA NATURALE ROVENTA lato Frasso) - Relazione idraulica sistemazioni idrauliche | <table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IF2R</td> <td>3.2.E.ZZ</td> <td>RI</td> <td>FA.13.0.0.001</td> <td>A</td> <td>4 di 18</td> </tr> </tbody> </table> | COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO | IF2R | 3.2.E.ZZ | RI | FA.13.0.0.001 | A | 4 di 18 |
| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO | | | | | | | | |
| IF2R | 3.2.E.ZZ | RI | FA.13.0.0.001 | A | 4 di 18 | | | | | | | | |

2 SCOPO DEL DOCUMENTO

Scopo del presente documento è lo studio dell'idraulica di piattaforma, definendo i criteri di progetto e le caratteristiche dimensionali e tecniche degli elementi idraulici previsti per il drenaggio della superficie stradale e delle aree limitrofe afferenti ai canali di gronda e ai fossi di guardia.

Saranno esposte le impostazioni teoriche adottate per la schematizzazione dei fenomeni naturali, le ipotesi semplificative assunte e le metodologie di calcolo utilizzate. ad ogni modo si farà riferimento a quanto riportato nel manuale di progettazione RFI 2016.

| | | | | | | |
|--|---|-------------------|----------------|----------------------------|-----------|-------------------|
| APPALTATORE: TELESE S.c.a r.l. Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata | ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO | | | | | |
| PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A. | PROGETTO ESECUTIVO | | | | | |
| FA13 - AREA DI SOCCORSO al km 43+050 circa (imbocco GALLERIA NATURALE ROVENTA lato Frasso) - Relazione idraulica sistemazioni idrauliche | COMMESSA IF2R | LOTTO 3.2.E.ZZ | CODIFICA RI | DOCUMENTO FA.13.0.0.001 | REV. A | FOGLIO 5 di 18 |

3 ANALISI IDROLOGICA

Per la definizione delle portate transitanti nei sistemi di drenaggio si utilizza il metodo dell'invaso, a partire dalla curva di possibilità pluviometrica relativa ad un tempo di ritorno pari a 100 anni in quanto trattasi di piazzali utilizzati nell'ambito dell'esercizio dell'infrastruttura ferroviaria.

I parametri caratteristici di tale curva sono ottenuti partendo dall'analisi idrologica riportata nella relativa relazione idrologica, di seguito si riportano le conclusioni dello studio idrologico.

Lo studio delle piogge è stato affrontato applicando il metodo suggerito dal "Rapporto sulla Valutazione delle Piene in Campania".

Gli afflussi naturali sono stati determinati, per assegnati tempi di ritorno, tramite l'impiego di piogge estreme regionalizzate nell'ambito del progetto VAPI-CNR dello studio del GNDCI (Gruppo Nazionale per la Difesa dalle Catastrofi Idrogeologiche) con il modello probabilistico che adotta la distribuzione TCEV (Two-Component Extreme Value).

Si riportano di seguito i valori di K_T ottenuti numericamente per alcuni valori del periodo di ritorno.

| | | | | | | | | | | | |
|----------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| T (anni) | 2 | 5 | 10 | 20 | 25 | 40 | 50 | 100 | 200 | 500 | 1000 |
| K_T (piogge) | 0.93 | 1.22 | 1.43 | 1.65 | 1.73 | 1.90 | 1.98 | 2.26 | 2.55 | 2.95 | 3.26 |

Tabella 1: Valori del parametro K_T in funzione del tempo di ritorno

- PIOGGE PUNTUALI

Le leggi di probabilità pluviometrica definiscono come varia la media del massimo annuale dell'intensità di pioggia su una fissata durata d , $\mu(h(d))$, con la durata stessa.

Tali leggi devono essere strettamente monotone, in quanto mediamente l'intensità di pioggia media per una durata superiore deve essere necessariamente minore di quella per una durata inferiore. inoltre, per una durata molto piccola devono raggiungere un valore finito, rappresentante al limite per d che tende a zero, la media del massimo annuale dell'intensità di pioggia istantanea.

Per la Campania è stata adottata una espressione del tipo:

$$I_d(d, T, z) = \frac{I_c}{\left(1 + \frac{d}{d_c}\right)^{c-d-r}} \cdot K_T$$

in cui d e d_c vanno espressi in ore, I_0 e I_d in mm/ore.

| | | | | | | |
|--|---|-------------------|----------------|----------------------------|-----------|-------------------|
| APPALTATORE: TELESE S.c.a r.l. Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata | ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO | | | | | |
| PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A. | PROGETTO ESECUTIVO | | | | | |
| FA13 - AREA DI SOCCORSO al km 43+050 circa (imbocco GALLERIA NATURALE ROVENTA lato Frasso) - Relazione idraulica sistemazioni idrauliche | COMMESSA IF2R | LOTTO 3.2.E.ZZ | CODIFICA RI | DOCUMENTO FA.13.0.0.001 | REV. A | FOGLIO 6 di 18 |

I parametri sono costanti all'interno di singole aree pluviometriche omogenee, e per la zona in esame assumono i seguenti valori:

| Area omogenea | n. staz. | $\mu(h_0)$ [mm/h] | d_c [h] | C | D x10 ⁵ | ρ^2 |
|---------------|----------|----------------------|--------------|--------|--------------------|----------|
| 3 | 5 | 117.0 | 0.0976 | 0.7360 | 8.7300 | 0.9980 |

Tabella 2: Valori dei parametri per l'area omogenea 3

La valutazione della intensità di pioggia media sull'intero bacino (pioggia media areale) viene effettuata moltiplicando la (5) per il fattore di riduzione areale KT :

$$K_T = 1 - (1 - e^{-c_1 A} e^{-c_2 t} e^{-c_3 t^n})$$

dove:

A = area del bacino [kmq]

c1 = 0.0021

c2 = 0.53

c3 = 0.25

Data l'esigua estensione delle aree drenate dagli elementi di linea il coefficiente areale sarà posto, a favore di sicurezza, pari ad 1.

Per l'applicazione della procedura di calcolo con il metodo dell'invaso si ha la necessità di avere una legge di pioggia nella sua espressione monomia del tipo e .

La trasformazione è stata fatta con una curva di regressione applicata ai vari tempi di ritorno di progetto e considerando la quota altimetrica z come la quota media del tracciato pari a 68 m s.l.m., la curava è stata estrapolata per piogge di breve durata ($t \leq 30$ min). Di seguito si riportano i risultati per le espressioni relative a Tr 100 e 25 anni.

| APPALTATORE: TELESE S.c.a r.l. Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata | ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO | | | | | | | | | | | | |
|--|--|----------|---------------|----------|-----------|------|--------|------|----------|----|---------------|---|---------|
| PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A. | PROGETTO ESECUTIVO | | | | | | | | | | | | |
| FA13 - AREA DI SOCCORSO al km 43+050 circa (imbocco GALLERIA NATURALE ROVENTA lato Frasso) - Relazione idraulica sistemazioni idrauliche | <table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IF2R</td> <td>3.2.E.ZZ</td> <td>RI</td> <td>FA.13.0.0.001</td> <td>A</td> <td>7 di 18</td> </tr> </tbody> </table> | COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO | IF2R | 3.2.E.ZZ | RI | FA.13.0.0.001 | A | 7 di 18 |
| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO | | | | | | | | |
| IF2R | 3.2.E.ZZ | RI | FA.13.0.0.001 | A | 7 di 18 | | | | | | | | |

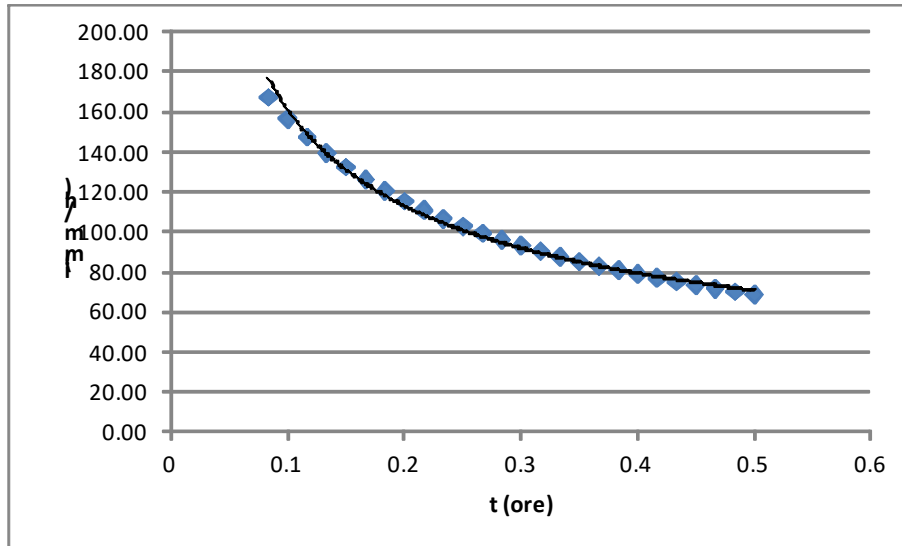


Figura 1: Interpolazione per Tr 100 anni

L'equazione della curva interpolante relativa alla legge di pioggia per Tr=100 anni è:

$$i = 49.79 \cdot t^{-0.49}$$

con

a=49.79 ed n=0.49

La curva sopra esposta ha un indice di determinazione R=0.994. Tale indice misura la bontà dell'interpolazione per valori di R prossimi ad 1 l'equazione interpola bene i valori di partenza.

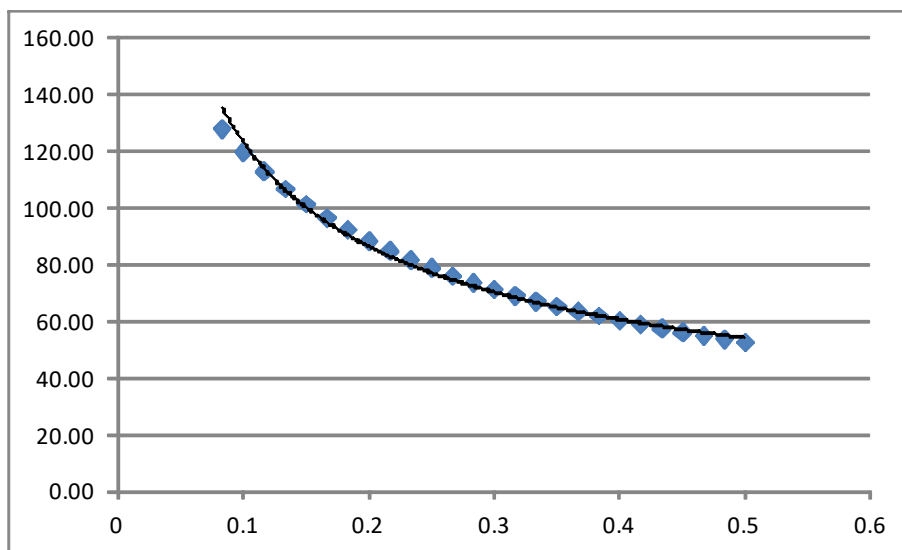


Figura 2: Interpolazione per Tr 25 anni

L'equazione della curva interpolante relativa alla legge di pioggia per Tr=25 anni è:

| APPALTATORE: TELESE S.c.a r.l. Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata | ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO | | | | | | | | | | | | |
|---|--|----------|---------------|----------|-----------|------|--------|------|----------|----|---------------|---|---------|
| PROGETTAZIONE: Mandataria: Mandante: SYSTRA S.A. SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A. | PROGETTO ESECUTIVO | | | | | | | | | | | | |
| FA13 - AREA DI SOCCORSO al km 43+050 circa (imbocco GALLERIA NATURALE ROVENTA lato Frasso) - Relazione idraulica sistemazioni idrauliche | <table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IF2R</td> <td>3.2.E.ZZ</td> <td>RI</td> <td>FA.13.0.0.001</td> <td>A</td> <td>8 di 18</td> </tr> </tbody> </table> | COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO | IF2R | 3.2.E.ZZ | RI | FA.13.0.0.001 | A | 8 di 18 |
| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO | | | | | | | | |
| IF2R | 3.2.E.ZZ | RI | FA.13.0.0.001 | A | 8 di 18 | | | | | | | | |

$$i = 38.11 \cdot t^{-0.49} \text{ con}$$

$$a=38.11 \text{ ed } n=0.49$$

La curva sopra esposta ha un indice di determinazione R=0.994.

Nelle verifiche sono state utilizzate piogge con durate pari o inferiori ai 30 minuti, in quanto le aree afferenti della piattaforma stradale sono caratterizzate da tempi di risposta dell'ordine di pochi minuti.

| | | | | | | |
|--|---|-------------------|----------------|----------------------------|-----------|-------------------|
| APPALTATORE: TELESE S.c.a r.l. Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata | ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO | | | | | |
| PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A. | PROGETTO ESECUTIVO | | | | | |
| FA13 - AREA DI SOCCORSO al km 43+050 circa (imbocco GALLERIA NATURALE ROVENTA lato Frasso) - Relazione idraulica sistemazioni idrauliche | COMMESSA IF2R | LOTTO 3.2.E.ZZ | CODIFICA RI | DOCUMENTO FA.13.0.0.001 | REV. A | FOGLIO 9 di 18 |

4 STIMA DELLE PORTATE DI PIENA

La verifica idraulica delle canalette e delle condotte per lo smaltimento delle acque di piazzale è stata condotta mediante il metodo dell'invaso a fronte dell'elevata affidabilità e della vasta diffusione di tale approccio.

La portata pluviale della rete è calcolata con un metodo empirico dell'invaso che tiene conto della diminuzione di portata per il velo (sottilissimo) che rimane sul terreno e per il volume immagazzinato in rete. Tale metodo è conforme alle indicazioni riportate sul manuale di Progettazione Ferroviario.

L'acqua di pioggia proveniente dall'atmosfera avrà una portata che indicheremo con "p", mentre con "I" indicheremo l'intensità di pioggia, cioè l'altezza d'acqua che cade nell'unità di tempo.

Dell'acqua piovana una parte viene assorbita dal terreno, una porzione evapora ed il resto defluisce; la porzione che evapora è molto piccola e quindi trascurabile.

Indicando con "φ" l'aliquota che defluisce sul terreno, bisogna tenere conto che tale valore dipenderà dalla natura del terreno, dalla durata dell'evento di pioggia, dal grado di umidità dell'atmosfera e dalla stagione; φ prende il nome di coefficiente di afflusso e moltiplicato per l'area del bacino (A) e per l'intensità di pioggia (I) ci fornirà una stima della portata che affluisce nel bacino nell'unità di tempo.

$$p = \varphi * I * A \quad [1]$$

Nel tempo dt il volume d'acqua affluito sarà p*dt, mentre nell'istante t nella rete di drenaggio defluirà una portata q, inizialmente nulla e man mano crescente.

Se il volume che affluisce nel tempo dt è pari a p*dt e quello che defluisce è q*dt, la differenza, che indicheremo con dw, rappresenterà il volume d'acqua che si invasa nel tempo.

Pertanto l'equazione di continuità in forma differenziale sarà:

$$p * dt = q * dt + dw \quad [2]$$

Il metodo dell'invaso utilizzato per lo studio idraulico e la verifica dei collettori di smaltimento delle acque delle aree esterne si basa proprio sull'equazione di continuità.

Considerando che la portata q può essere considerata costante, le variabili da determinare sono q(t), w(t), e t, per cui l'equazione [2] non sarebbe integrabile se non fissando q o w.

| | | | | | | |
|--|---|-------------------|----------------|----------------------------|-----------|--------------------|
| APPALTATORE: TELESE S.c.a r.l. Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata | ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO | | | | | |
| PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A. | PROGETTO ESECUTIVO | | | | | |
| FA13 - AREA DI SOCCORSO al km 43+050 circa (imbocco GALLERIA NATURALE ROVENTA lato Frasso) - Relazione idraulica sistemazioni idrauliche | COMMESSA IF2R | LOTTO 3.2.E.ZZ | CODIFICA RI | DOCUMENTO FA.13.0.0.001 | REV. A | FOGLIO 10 di 18 |

Tuttavia valutando che il valore massimo di portata verrà raggiunto alla fine dell'evento di pioggia di durata t , il problema di progetto si riduce ad individuare la durata di pioggia che massimizzi la portata, tenuto conto che al diminuire di questa aumenta l'intensità di pioggia I .

Tale problema è stato risolto, nell'ipotesi di intensità di pioggia (I) costante e di rete di drenaggio inizialmente vuota ($q = 0$ per $t = 0$), considerando:

- una relazione lineare tra il volume w immagazzinato nella rete a monte e l'area della sezione idrica ω :

$$w/\omega = W/\omega = \text{cost} \quad [3]$$

Questa condizione, nel caso di un singolo tratto, corrisponde all'ipotesi di moto uniforme, mentre nel caso di reti, si basa su due ulteriori ipotesi: che i vari elementi si riempiano contemporaneamente senza che mai il deflusso affluente sia ostacolato (funzionamento autonomo) e che il grado di riempimento di ogni elemento sia coincidente con quello degli altri (funzionamento sincrono);

- una relazione lineare tra la portata defluente e l'area della sezione a monte:

$$q/\omega = Q/\Omega = \text{cost} \quad [4]$$

Tale relazione corrisponde all'ipotesi di velocità costante in condotta, ipotesi abbastanza prossima alla realtà nella fascia dei tiranti idrici che in genere si considerano.

Con queste ipotesi semplificative si ottiene:

$$\frac{dw}{W} = \frac{dq}{Q} \quad [5]$$

$$dw = \frac{dq}{Q} * W \quad [6]$$

L'equazione di continuità diviene quindi:

$$(p - q)dt = \frac{W}{Q} * dq \quad [7]$$

Ovvero:

| | | | | | | |
|--|---|-------------------|----------------|----------------------------|-----------|--------------------|
| APPALTATORE: TELESE S.c.a r.l. Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata | ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO | | | | | |
| PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A. | PROGETTO ESECUTIVO | | | | | |
| FA13 - AREA DI SOCCORSO al km 43+050 circa (imbocco GALLERIA NATURALE ROVENTA lato Frasso) - Relazione idraulica sistemazioni idrauliche | COMMESSA IF2R | LOTTO 3.2.E.ZZ | CODIFICA RI | DOCUMENTO FA.13.0.0.001 | REV. A | FOGLIO 11 di 18 |

$$p - q = \frac{dW}{dt} \quad [8]$$

L'integrazione dell'equazione di continuità consente di ottenere una relazione tra la portata e il tempo di riempimento di un canale, ovvero consente la stima dell'intervallo temporale tra un valore nullo di portata ed un valore massimo. Definendo τ il tempo necessario per passare da $q=0$ a $q=q_{max}$, e t_r il tempo di riempimento, un canale risulterà adeguato se $\tau \leq t_r$, viceversa se $\tau > t_r$ il canale sarà insufficiente.

Il corretto dimensionamento del canale di drenaggio delle acque piovane si ottiene ponendo $\tau = t_r$, ovvero nel caso in cui la durata dell'evento piovoso eguagli il tempo di riempimento del canale. In quest'ottica nasce il metodo dell'invaso non come metodo di verifica, ma come strumento progettazione, imponendo la relazione $\tau = t_r$ si ottiene l'espressione analitica del coefficiente udometrico:

$$u = k * \frac{(\varphi * a)^{1/n}}{w^{\frac{1}{n}-1}} \quad [9]$$

Il coefficiente udometrico rappresenta la portata per unità di superficie del bacino, ed è espresso in l/s*ha, φ è il coefficiente di afflusso, w è il volume di acqua invasata riferito all'area del bacino in m³/m², a ed n sono i coefficienti della curva di possibilità climatica, k un coefficiente che assume il valore di [Sistemi di Fognatura, Manuale di Progettazione, CSU Editore, Hoepli; Appunti di Costruzioni idrauliche, Girolamo Ippolito, Liguori Editore]

L'espressione del coefficiente udometrico utilizzata nel nostro studio è:

$$u = 2168 * n * \frac{(\psi * a)^{1/n}}{w^{\frac{1}{n}-1}} \quad [10]$$

I coefficienti di afflusso adottati sono:

- $\varphi=0.70$ per la piattaforma ferroviaria in assenza del sub-ballast bituminoso e per le aree esterne (scarpate naturali ed artificiali) [Manuale di Progettazione Italferr];
- $\varphi=0.90$ per la piattaforma ferroviaria in presenza del sub-ballast bituminoso e per le piattaforme stradali pavimentate [Manuale di Progettazione Italferr];

Il volume w rappresenta il volume specifico di invaso totale pari al rapporto tra il volume di invaso totale W_{tot} e la superficie drenata.

| | | | | | | |
|--|---|-------------------|----------------|----------------------------|-----------|--------------------|
| APPALTATORE: TELESE S.c.a r.l. Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata | ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO | | | | | |
| PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A. | PROGETTO ESECUTIVO | | | | | |
| FA13 - AREA DI SOCCORSO al km 43+050 circa (imbocco GALLERIA NATURALE ROVENTA lato Frasso) - Relazione idraulica sistemazioni idrauliche | COMMESSA IF2R | LOTTO 3.2.E.ZZ | CODIFICA RI | DOCUMENTO FA.13.0.0.001 | REV. A | FOGLIO 12 di 18 |

W_{tot} è dato dalla somma del volume proprio di invaso, W₁; del volume di invaso dei tratti confluenti depurato del termine dei piccoli invasi, W₂; del volume dei piccoli invasi considerando l'intera superficie del bacino drenata, W₃.

In particolare il volume dei piccoli invasi è stato calcolato considerando un apporto unitario di 30 m³/ha per le superfici stradali [Manuale di Progettazione Italferr].

4.1 DIMENSIONAMENTO IDRAULICO

La verifica idraulica degli spechi in progetto, è stata effettuata valutando le altezze idriche e le velocità relative alle portate di progetto tramite l'espressione di Chezy:

$$V = K \sqrt{Ri} \quad [11]$$

e l'equazione di continuità

$$Q = \sigma V \quad [12]$$

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

$$K = C R^{1/6} \quad [13]$$

ottenendo:

$$Q = K \times A^{2/3} \times i^{1/2} \times \sigma \quad [14]$$

dove:

Q, la portata in m³/s

R, il raggio idraulico in metri;

σ, la sezione idraulica [m²];

i, la pendenza [m/m];

C, il coefficiente di scabrezza in m^{1/3}s⁻¹, pari a 75 per le tubazioni in PVC

C, il coefficiente di scabrezza in m^{1/3}s⁻¹, pari a 67 per le canalette e le condotte in cls.

Nella tabella seguente si riportano i risultati delle verifiche del sistema di drenaggio in progetto.

I collettori circolari e i fossi di guardia si ritengono verificati se la portata transita con un riempimento massimo pari al 70% dell'altezza utile e una velocità inferiore a 4.0 m/sec.

| | | | | | | |
|--|---|-------------------|----------------|----------------------------|-----------|--------------------|
| APPALTATORE: TELESE S.c.a r.l. Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata | ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO | | | | | |
| PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A. | PROGETTO ESECUTIVO | | | | | |
| FA13 - AREA DI SOCCORSO al km 43+050 circa (imbocco GALLERIA NATURALE ROVENTA lato Frasso) - Relazione idraulica sistemazioni idrauliche | COMMESSA IF2R | LOTTO 3.2.E.ZZ | CODIFICA RI | DOCUMENTO FA.13.0.0.001 | REV. A | FOGLIO 13 di 18 |

5 ACQUE METEORICHE RICADENTI SUL PIAZZALE

Per l'intercettazione dei flussi d'acqua ricadenti sul piazzale, si sono adottate generalmente le seguenti soluzioni ed opere idrauliche:

Sezioni in rilevato:

La soluzione adottata consiste nello scarico dei deflussi meteorici provenienti dalla piattaforma, attraverso gli embrici, in fossi di guardia collocati al piede dei rilevati. La geometria del fosso è di tipo trapezoidale, con larghezza di base ed altezza variabili a seconda delle necessità e sponde aventi pendenza pari a 1/1. Gli embrici vengono sistemati lungo le scarpate.

Sezioni in trincea ed in corrispondenza di opere

In tali configurazione verrà realizzata una rete di drenaggio costituita da caditoie poste ad interasse pari a 10 m, protette da griglie carrabili in ghisa, alla sottostante tubazione di allontanamento in PVC. Per i particolari costruttivi dei pozzetti di raccolta e dei collettori si rimanda ai relativi allegati grafici.

5.1 FOSSI DI GUARDIA

I fossi di guardia, posti ai piedi del rilevato o a monte dello scavo, hanno funzione di intercettare le acque meteoriche provenienti dalla piattaforma pavimentata, dal rilevato e eventualmente le aree esterne naturalmente scolanti verso la nuova opera, impedendo che queste raggiungano il corpo stradale.

Le tipologie previste per i fossi di guardia a sezione trapezoidale rivestiti in cls e pendenza sponda 1/1 sono riassunti nella tabella seguente:

| Tipo | Base minore (m) | Altezza (m) | Sponde |
|------|--------------------|----------------|--------|
| | | | |

| | | | | | | | | |
|--|---|---|-------|----------|-----------|---------------|--------|----------|
| APPALTATORE: | TELESE S.c.a r.l. Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata | ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO | | | | | | |
| PROGETTAZIONE: | | PROGETTO ESECUTIVO | | | | | | |
| Mandatario: | Mandante: | COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO | |
| SYSTRA S.A. | SWS Engineering S.p.A. | SYSTRA-SOTECNI S.p.A. | IF2R | 3.2.E.ZZ | RI | FA.13.0.0.001 | A | 14 di 18 |
| FA13 - AREA DI SOCCORSO al km 43+050 circa (imbocco GALLERIA NATURALE ROVENTA lato Frasso) - Relazione idraulica sistemazioni idrauliche | | | | | | | | |

| | | | |
|----|-----|-----|-----|
| T0 | 0.3 | 0.3 | 1/1 |
| T1 | 0.5 | 0.5 | 1/1 |
| T2 | 0.6 | 0.6 | 1/1 |
| T3 | 0.8 | 0.8 | 1/1 |
| T4 | 1.0 | 1.0 | 1/1 |

Tabella 3: Tipologie fossi di guardia rivestiti

Le acque intercettate dai fossi di guardia scaricano nelle incisioni della rete idrografica naturale, nelle opere idrauliche di attraversamento in progetto. Qualora il territorio sia privo di recapiti naturali per le acque intercettate saranno previsti dei fossi disperdenti realizzati con materiale inerte drenante a diversa granulometria che consentono la dispersione delle portate meteoriche nel sottosuolo.

Nei tratti privi di recapiti naturali i fossi di guardia saranno in terra a sezione trapezoidale con pendenza sponda 1/1, le dimensioni sono riassunte nella tabella seguente:

| Tipo | Base minore (m) | Altezza (m) | Sponde |
|------|--------------------|----------------|--------|
| TD0 | 0.3 | 0.3 | 1/1 |
| TD1 | 0.5 | 0.5 | 1/1 |
| TD2 | 1.0 | 0.5 | 1/1 |
| TD3 | 1.0 | 1.0 | 1/1 |
| TD4 | 2.0 | 1.0 | 1/1 |

| | | | | | | |
|--|---|-------------------|----------------|----------------------------|-----------|--------------------|
| APPALTATORE: TELESE s.c.a r.l. Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata | ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO | | | | | |
| PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A. | PROGETTO ESECUTIVO | | | | | |
| FA13 - AREA DI SOCCORSO al km 43+050 circa (imbocco GALLERIA NATURALE ROVENTA lato Frasso) - Relazione idraulica sistemazioni idrauliche | COMMESSA IF2R | LOTTO 3.2.E.ZZ | CODIFICA RI | DOCUMENTO FA.13.0.0.001 | REV. A | FOGLIO 15 di 18 |

Tabella 4: Tipologie fossi di guardia disperdenti

La portata dispersa dai fossi per infiltrazione è stata stimata con riferimento allo schema di moto filtrante riportato in Figura. Dalla relazione geologica emerge come il coefficiente di permeabilità degli strati di suolo più superficiali può essere assunta pari a circa 1×10^{-4} m/s.

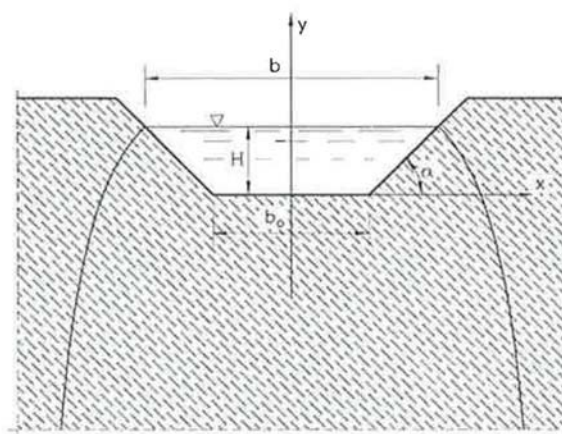


Figura 3: Schema funzionamento fosso disperdente

Tutti i fossi disperdenti hanno al disotto un cassonetto drenante rettangolare di altezza variabile pari a 1.0 o 2.0 m a seconda delle necessità e riempito di ghiaia. Il perimetro di filtrazione nel terreno sarà quindi quello appartenente al cassonetto di ghiaia di larghezza b_0 e altezza h , mentre, a favore di sicurezza si considera nullo il contributo disperdente delle sponde oblique del fosso, per cui la portata infiltrata per metro lineare sarà: $q = K(b_0 + 2h)$

Il calcolo del volume di invaso ha seguito l'ipotesi di valutare il volume di pioggia per un tempo di ritorno di 25 anni. Il volume che affluisce nei fossi in funzione del tempo è dato da

$$V_{affl} = h A$$

con h altezza di pioggia ed A area ridotta drenata.

L'altezza di pioggia [m/h], è data da:

$$h = \frac{a}{1000} t^n$$

Considerando costante la portata infiltrata q , si ha che il volume defluito risulta essere:

$$V_{defl} = q t$$

| | | | | | | |
|--|---|-------------------|----------------|----------------------------|-----------|--------------------|
| APPALTATORE: TELESE s.c.a r.l. Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata | ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO | | | | | |
| PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A. | PROGETTO ESECUTIVO | | | | | |
| FA13 - AREA DI SOCCORSO al km 43+050 circa (imbocco GALLERIA NATURALE ROVENTA lato Frasso) - Relazione idraulica sistemazioni idrauliche | COMMESSA IF2R | LOTTO 3.2.E.ZZ | CODIFICA RI | DOCUMENTO FA.13.0.0.001 | REV. A | FOGLIO 16 di 18 |

Il volume all'interno dei fossi in funzione del tempo è quindi dato dalla differenza tra il volume affluito e quello defluito:

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

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

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

Esplicitando la precedente in funzione del tempo si ha:

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

Il massimo volume da invasare è dato quindi da:

$$V_{\max} = A \frac{a}{1000} (t^*)^n - q t^* \quad [\text{m}^3]$$

Il volume immagazzinato nel fosso di guardia è dato dal volume utile della sezione trapezia più il volume del cassonetto considerando un indice dei vuoti pari a 0.4:

$$V_{inv} = L \cdot H_u \cdot (2 \cdot B + 2 \cdot H_u \cot g \alpha) + B \cdot H_{cass} \cdot n$$

dove L, lunghezza fosso;

B, larghezza di base;

H_u, tirante utile idraulico;

α, inclinazione sponda;

n, indice dei vuoti

| APPALTATORE:  Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata | ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO PROGETTO ESECUTIVO | | | | | | | | | | | | |
|--|---|----------|---------------|----------|-----------|------|--------|------|----------|----|---------------|---|----------|
| PROGETTAZIONE: Mandatario: Mandante: SYSTRA S.A. SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A. | | | | | | | | | | | | | |
| FA13 - AREA DI SOCCORSO al km 43+050 circa (imbocco GALLERIA NATURALE ROVENTA lato Frasso) - Relazione idraulica sistemazioni idrauliche | <table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IF2R</td> <td>3.2.E.ZZ</td> <td>RI</td> <td>FA.13.0.0.001</td> <td>A</td> <td>17 di 18</td> </tr> </tbody> </table> | COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO | IF2R | 3.2.E.ZZ | RI | FA.13.0.0.001 | A | 17 di 18 |
| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO | | | | | | | | |
| IF2R | 3.2.E.ZZ | RI | FA.13.0.0.001 | A | 17 di 18 | | | | | | | | |

Il fosso si ritiene verificato quando il volume immagazzinato è maggiore o uguale al massimo volume da invasare.

Come ulteriore elemento di guardia al piede del rilevato, oltre alle tipologie di fossi trapezoidali esposte in precedenza, è previsto inoltre l'utilizzo di canalette rettangolari prefabbricate in cls con dimensioni pari a 30x30 cm per la raccolta delle acque provenienti dalle piattaforma stradale mediante gli embrici.

| | |
|--|---|
| APPALTATORE: TELESE S.c.a r.l. Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata | ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO |
| PROGETTAZIONE: Mandataria: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A. | PROGETTO ESECUTIVO |
| FA13 - AREA DI SOCCORSO al km 43+050 circa (imbocco GALLERIA NATURALE ROVENTA lato Frasso) - Relazione idraulica sistemazioni idrauliche | COMMESSA LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO IF2R 3.2.E.ZZ RI FA.13.0.0.001 A 18 di 18 |

6 VERIFICA DEI COLLETTORI

| RAMO | Superfici confluenti | | | | Superfici tratto | | | | | | Volumi piccoli invasi specifici | | |
|------|--------------------------------|--------------|------------|--------------------|------------------|-------------------|--------------------|-----------------------|----------------------------|-----------------------------|--|--------------------------------------|---------------------------------------|
| | Vol. INVASO PROPRIO CONFLUENTE | Sup FERROVIA | Sup STRADA | Superficie ESTERNA | Sup FERROVIA | Superficie STRADA | Superficie ESTERNA | Sup FERROVIA - TOTALE | Superficie STRADA - TOTALE | Superficie ESTERNA - TOTALE | Vol. specifico piccoli invasi FERROVIA | Vol. specifico piccoli invasi STRADA | Vol. specifico piccoli invasi ESTERNO |
| | m ³ | ha | ha | ha | ha | ha | ha | ha | ha | ha | m ³ /ha | m ³ /ha | m ³ /ha |
| A | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.21 | 0.05 | 0 | 0.21 | 0.05 | 50 | 30 | 50 |

| RAMO | Elementi del tratto | | | | | | | Calcolo della portata | | | | |
|------|---------------------|------------------------------|-----------|----------|-------------------------|------------------------|--------------------------------|---------------------------------|------------------|------|---------|-------------------|
| | Superficie TOTALE | Volumi piccoli invasi TOTALE | Lunghezza | Pendenza | Volume proprio d'invaso | Volume totale d'invaso | Invaso specifico w | coefficiente di deflusso ϕ | a | n | U | Portata Pluviale |
| | ha | m ³ | m | m/m | m ³ | m ³ | m ³ /m ² | | m/h ⁿ | | lt/s/ha | m ³ /s |
| A | 0.26 | 8.71 | 50 | 0.01 | 3.47 | 12.18 | 0.00 | 0.86 | 0.0498 | 0.49 | 450.96 | 0.12 |

| RAMO | Caratteristiche idriche | | | | | |
|------|-------------------------|----------------------|-------------|----------|----------------|----------------------------|
| | DIAMETRO | DIMENSIONE FOSSO (m) | SCABREZZA K | Velocità | Tirante idrico | Percentuale di riempimento |
| | | | m 1/3s-1 | m/s | m | % |
| A | DN400 PVC | 0.384 | 75 | 1.66 | 0.22 | 58% |