



# Anas Spa

Direzione Progettazione e Realizzazione Lavori

## S.S. 131 di "Carlo Felice"

Adeguamento e messa in sicurezza della S.S.131  
Risoluzione dei nodi critici – 1° stralcio  
dal km 158+000 al km 162+700

PROGETTO ESECUTIVO

CA283

PROGETTAZIONE: ANAS – Direzione Progettazione e Realizzazione Lavori

PROGETTISTI:

*Dott. Ing. Achille DEVOTFRANCESCHI*     *Dott. Ing. Alessandro MICHELI*  
*Ordine Ing. di Roma n. 19116*     *Ordine Ing. di Roma n. 19645*

IL GEOLOGO  
*Dott. Geol. Serena MAIETTA*  
*Ordine Geol. Lazio n. 928*

COORDINATORE PER LA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE  
*Geom. Fabio QUONDIAM*

VISTO: IL RESP. DEL PROCEDIMENTO

*Dott. Ing. Salvatore FRASCA*

|            |      |
|------------|------|
| PROTOCOLLO | DATA |
|------------|------|

## IDROLOGIA ED IDRAULICA

### Relazione idraulica

|                 |             |                      |         |                             |           |
|-----------------|-------------|----------------------|---------|-----------------------------|-----------|
| CODICE PROGETTO |             | NOME FILE            |         | REVISIONE                   | SCALA:    |
| PROGETTO        |             | V00ID001DRRE02_A.dwg |         |                             |           |
| LV. PROG.       | N. PROG.    | CODICE ELAB.         |         |                             |           |
| L O P L S P     | E           | 1                    | 7 0 1   | V 0 0 I D 0 0 I D R R E 0 2 | A         |
| D               |             |                      |         |                             |           |
| C               |             |                      |         |                             |           |
| B               |             |                      |         |                             |           |
| A               |             |                      |         |                             |           |
| EMMISSIONE      |             |                      |         |                             |           |
| REV.            | DESCRIZIONE | DATA                 | REDATTO | VERIFICATO                  | APPROVATO |

## INDICE

|  |   |    |
|--|---|----|
| 1.1  | Introduzione  | 1  |
| 1.2  | Prescrizioni normative vigenti                        | 3  |
| 1.3  | Modellazione idraulica delle opere minori             | 5  |
| 1.3.1  | Descrizione della metodologia utilizzata              | 7  |
| 1.3.2  | Risultati delle simulazioni in H-Y8                   | 13 |
| 1.4  | Idraulica di Piattaforma                              | 15 |
| 1.5  | Opere di drenaggio                                    | 17 |
| 1.5.1  | Calcolo dell'interasse delle caditoie in trincea      | 21 |
| 1.5.2  | Verifica capacità di intercettazione griglia caditoia | 22 |
| 1.5.3  | Verifica dei fossi di guardia                         | 22 |
| 1.5.4  | Vasche di prima pioggia                               | 24 |
| APPENDICE  |   | 30 |
| ALLEGATO A   |   | 31 |
| VERIFICHE OPERE DI ATTRAVERSAMENTO SUL RETICOLO PRINCIPALE |   | 31 |
| ALLEGATO B   |   | 80 |
| VERIFICHE OPERE DI RACCOLTA ACQUE DI PIATTAFORMA           |   | 80 |
| ED DI ATTRAVERSAMENTO MINORI                               |   | 80 |

### 1.1 Introduzione

La presente relazione riferisce dello studio idrologico eseguito nell'ambito del Progetto Definitivo "Adeguamento e messa in sicurezza della S.S. 131 dal km 108+300 al km 209+500 – risoluzione dei nodi critici - 1° stralcio" relativamente agli interventi di progetto previsti per:

- ✓ il nuovo svincolo di *Bonorva Nord*;
- ✓ il nuovo svincolo di *Bonorva Sud*;
- ✓ la *S.P. 125*

Nell'elaborato *V001D001DRCC001A – Corografia dei bacini idrografici*, redatto in scala 1:10.000

sono state individuate le interferenze dei tracciati stradali in progetto con il reticolo idrografico principale, ovvero il reticolo idrico rappresentato nell'ambito della Carta Tecnica della Regione Autonoma Sardegna.

In particolare nel presente stralcio realizzativo ricadono n.3 interferenze, ovvero quelle relative ai bacini n.5, n.15 e n.16 dello studio idrologico del Progetto Esecutivo “*Adeguamento e messa in sicurezza della S.S. 131 dal km 108+300 al km 209+500 – risoluzione dei nodi critici.*”

Le opere previste per la risoluzione delle interferenze dei tracciati stradali in progetto con il reticolo idrografico sono costituite da tombini scatolari.

Vengono pertanto di seguito esposte, partendo da un preliminare inquadramento del disposto normativo vigente, le modellazioni teoriche adottate per la schematizzazione dei fenomeni naturali, le ipotesi semplificative assunte e le metodologie di calcolo utilizzate rispettivamente per la simulazione delle opere di attraversamento (tombini scatolari).

Infine viene affrontato il tema dell'idraulica di piattaforma, definendo i criteri di progetto e le caratteristiche dimensionali e le tecniche degli elementi idraulici previsti per il drenaggio della superficie stradale e delle opere idrauliche necessarie al presidio idraulico dell'infrastruttura.

Per quanto riguarda la definizione delle portate di progetto, ovvero delle portate di riferimento nelle verifiche di compatibilità, si è fatto riferimento ai risultati dello studio idrologico (cfr. elab. V00ID00IDRRE02A), a cui si rimanda per ogni approfondimento del caso. Il dimensionamento delle opere di attraversamento è stato effettuato con riferimento ai i valori di portata duecentennali, ovvero caratterizzati da un tempo di ritorno di duecento anni.

## **1.2 Prescrizioni normative vigenti**

Si riportano integralmente, qui di seguito, gli indirizzi per la progettazione, la realizzazione e la manutenzione delle infrastrutture, tratte dall'art. 21 delle Norme del PAL, in base ai quali sono stati valutati i franchi idraulici per le opere di nuova costruzione previste, negli interventi in oggetto.

1. Entro due anni dall'approvazione del PAL la Regione Sardegna approva per l'intero bacino idrografico regionale disposizioni e norme tecniche per la progettazione, la realizzazione e la manutenzione delle infrastrutture a rete o puntuali a fini di prevenzione verso l'insorgere di pericoli idrogeologici e di nuove situazioni di rischio idrogeologico.
2. Le disposizioni e norme tecniche tendono a stabilire principi generali e prescrizioni affinché le attività di progettazione, realizzazione e manutenzione di cui al precedente comma:
  - a. conservino le funzioni e il livello naturale dei corsi d'acqua;
  - b. non creino in aree pianeggianti impedimenti al naturale deflusso delle acque;
  - c. prevedano l'attraversamento degli alvei naturali ed artificiali e delle aree di pertinenza da parte di condotte in sotterraneo a profondità compatibile con la dinamica fluviale;
  - d. garantiscano un franco sul livello della portata di progetto, per velocità medie della corrente inferiori a 8 m/s, pari a quanto indicato dall'analisi modellistica sul franco idraulico approvata dal Comitato istituzionale dell'Autorità di Bacino, corrispondente al massimo tra:
    - 1)  $0,7 \cdot v^2 / 2g$  , dove indica la velocità media della corrente;
    - 2) un metro;
    - 3)  $0,87 \cdot \sqrt{y} + \alpha y'$ , dove  $y$  è la profondità media della corrente,  $y'$  è l'altezza della corrente areata ed  $\alpha$  un coefficiente che varia

linearmente tra 0 e 1 quando la velocità varia tra 5 m/s e 15 m/s, con le limitazioni che il valore  $0,87 \cdot \sqrt{y'}$  sarà assunto al massimo pari a 1,5 ed  $y'$  viene assunto pari a 2 metri o alla profondità media, se questa risulta minore di 2.

Per velocità superiori a 8 m/s il franco sarà almeno pari all'intera altezza cinetica  $V^2/2g$ ;

*(lettera così modificata dal Decreto del Presidente della Regione Sardegna n° 148 del 26 ottobre 2012)*

- e. prevedano eventuali rampe di accesso alle infrastrutture di attraversamento in modo da non ostacolare il naturale deflusso delle acque;
- f. adottino per i nuovi attraversamenti criteri che possibilmente evitino o comunque limitino il numero di pile in alveo;
- g. configurino le spalle dei ponti in modo da non comportare restringimenti della sezione che pregiudichino la sicurezza del tronco d'alveo;
- h. prevedano le pile dei nuovi attraversamenti in modo da offrire la minore resistenza idrodinamica;
- i. garantiscano la protezione dall'erosione delle pile dei ponti preferibilmente evitando plateazioni della sezione di imposta;
- l. minimizzino il rischio di instabilità gravitativa e di alterazione del naturale reticolo drenante indotto dai tagli dei versanti lungo i tracciati;
- m. limitino le modificazioni della morfologia naturale dei pendii impegnati;
- n. prevedano appropriati sistemi di drenaggio, da sottoporre ad adeguata manutenzione;
- o. prevenngano l'apporto di suolo nei corsi d'acqua in conseguenza dell'esposizione agli agenti meteorici della superficie interessata dall'opera.

### 1.3 Modellazione idraulica delle opere minori

Le verifiche idrauliche relative agli attraversamenti principali (Opere T1, T2, T3 e T4) ovvero quelli relativi al reticolo idrografico cartografato nella CTR (Carta Tecnica Regionale) in scala 1: 10.000 ovvero nelle tavolette IGM (Istituto Geografico Militare) in scala 1:25.00, riassunti nel seguente prospetto, dove sono altresì riportate, assieme alla denominazione dei bacini idrografici, agli assi ed alle relative progressive stradali di attraversamento le tipologie e le dimensioni delle opere di attraversamento previste per la soluzione delle interferenze degli assi stradali con il reticolo interferito .

| BACINO<br>CODICE | OPERA<br>CODICE | ASSE STRADALE<br>CODICE | PROGRESSIVA<br>(km) | OPERA DI ATTRAVERSAMENTO<br>(tipologia) | b<br>m | h<br>m |
|------------------|-----------------|-------------------------|---------------------|---|--------|--------|
| 15               | T1              | Locale (B.S.)           | 0+136.77            | Tombino scatolare                       | 3.1    | 2.5    |
| 15               | T2              | SS 131                  | 0+881.00            | Tombino scatolare                       | 3.1    | 2.5    |
| 15               | T3              | SP 125 (B.S.)           | 0+692.43            | Tombino scatolare                       | 3.1    | 2.5    |
| 16               | T4              | SP 125 (B.S.)           | 1+887.51            | Tombino scatolare                       | 6      | 3      |
| 5                | T5              | SS 131                  | 0+636.51            | Tombino scatolare                       | 3      | 2      |

#### Tab. 1 – Caratteristiche opere di attraversamento principali

Il funzionamento idraulico dei manufatti di attraversamento a sezione chiusa dipende da numerosi fattori quali:

- ✓ la pendenza;
- ✓ la sezione;
- ✓ la forma;
- ✓ la scabrezza ;
- ✓ i livelli liquidi a monte e a valle del collettore.

Il comportamento idraulico dei tombini è piuttosto complesso perché può ricadere sia nel campo dell'idraulica a pelo libero che in quello delle condotte in pressione, in funzione della portata transitante.

Le verifiche idrauliche compiute sono finalizzate a determinare che il deflusso relativo agli eventi di piena di riferimento siano compatibili con il funzionamento delle opere di attraversamento senza interessare l'infrastruttura stradale.

La verifica proposta dalla FHWA (Federal Highway Administration) ossia l'Agenzia del Dipartimento dei Trasporti degli Stati Uniti che detta i criteri e gli standard di progettazione delle strade, intende stabilire il tipo di funzionamento del tombino, che può essere controllato da monte (inlet control) o da valle (outlet control) e ricavare in base ad esso il grado di riempimento della sezione.

Il “controllo da monte” si realizza quando il tombino può convogliare più portata di quanta transiti attraverso l'ingresso. La sezione di controllo si localizza appena oltre l'ingresso come sezione ad altezza critica e prosegue in regime supercritico.

Per ottenere un deflusso all'imbocco a superficie libera è necessario che nella verifica idraulica il carico a monte (indicato con Hw) sia al massimo pari a 1,2 D (dove D è l'altezza del tombino), essendo libero lo sbocco di valle.

Il programma HY-8 ha lo scopo di consentire un supporto alla progettazione ed alla verifica delle intersezioni dei corsi d'acqua minori con le infrastrutture varie come strade e ferrovie. Il software utilizza le routines, in accordo ai criteri della FHWA definiti nelle pubblicazioni seguenti: HDS-5, "Hydraulic Design of Highway Culverts," e HEC-14, "Hydraulic Design of Energy Dissipators for Culverts and Channels".

I principali risultati che si possono ottenere tramite questo programma sono:

- ✓ determinare la dimensione, la forma ed il numero di opere d'arte (tombini e scotolari)necessari a far defluire una portata di progetto;
- ✓ definire la capacità di deflusso di un manufatto esistente imponendo il livello idrico ammissibile di monte;
- ✓ calcolare il livello idrico raggiunto a monte del manufatto per far defluire una determinata portata, sia in condizioni di normale deflusso che in condizioni di acqua ferma all'imbocco.
- ✓ determinare la scala di portata o altre relazioni tra le principali variabili idrauliche per determinare il livello di rischio della struttura.
- ✓ determinare il profilo idrico della portata transitante nell'opera.

Il programma fornisce direttamente output sintetici con le variabili principali della simulazione ed alcuni grafici che mostrano il comportamento idraulico della struttura al variare della portata di progetto o del livello idrico di monte.

I dati di ingresso sono i seguenti:

Culvert Data

- ✓ · project name : nome del progetto
- ✓ · the station or location : progressiva
- ✓ · the date (automatically set) : data

I dati di portata sono :

- ✓ minimum discharge : portata minima di deflusso
- ✓ design discharge : portata di progetto

- ✓ maximum discharge : portata massima di deflusso
- ✓ number of barrels : numero di manufatti

La portata di progetto deve essere sempre maggiore della minima, mentre quella massima sarà di norma maggiore o pari a quelle di progetto. Tali dati sono utilizzati solo nel caso si vogliano determinare le scale di deflusso del manufatto ed eseguire analisi di sensitività.

Nel caso specifico è stata condotta solo l'analisi per la portata di progetto.

I dati del tombino prevedono:

- ✓ culvert shape : forma del tombino
- ✓ size : dimensioni
- ✓ inlet : tipo di imbocco
- ✓ material : materiale
- ✓ roughness coefficients : scabrezza di Manning.

I dati di output sono i seguenti:

- ✓ headwater depth : carico idraulico totale in coordinate relative, della corrente nel tombino. Tale valore è stato assunto come livello idrico all'imbocco nel caso in cui il tombino preveda acqua ferma ( es. un pozzo) all'ingresso.
- ✓ inlet control elevation : quota assoluta del carico all'imbocco
- ✓ inlet depth : altezza idrica all'imbocco nel caso di imbocco senza pozzo di ingresso, ovvero considerando il carico cinetico all'ingresso
- ✓ break control elevation : carico idraulico in termini di quote assolute
- ✓ critical depth : altezza critica
- ✓ tailwater depth : altezza idrica nel canale di valle
- ✓ occurrence of a hydraulic jump : presenza di risalto idraulico
- ✓ hydraulic jump location (if occurred) . posizione del risalto
- ✓ hydraulic jump length (if occurred) lunghezza del risalto
- ✓ outlet depth : altezza idrica nella sezione di sbocco
- ✓ outlet velocity : velocità nella sezione di sbocco
- ✓ outlet Froude number : numero di Froude nella sezione di sbocco.

### 1.3.1 Descrizione della metodologia utilizzata

Si illustra di seguito il modulo relativo alla verifica delle opere d'arte di attraversamento dei corsi d'acqua minori.

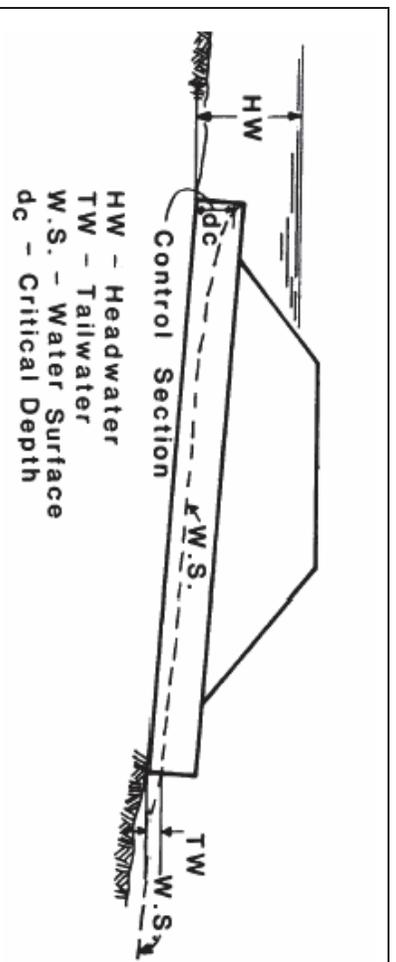


Figura 1 Esempio di moto controllato dalla sezione di ingresso

Il livello idrico a monte è stato valutato sulla base dei diagrammi sperimentali (Hydraulic Charts for the selection of highway culverts – Bureau of Public Roads – 1964, USA).

I diagrammi nelle figure delle pagine seguenti forniscono tale livello in condizioni di “controllo da monte” rispettivamente per tombini scatolari e circolari, prendendo in considerazione la portata di progetto e la geometria dell'ingresso (forma e area della sezione):

Il “controllo da valle” si verifica quando il tombino non è in grado di convogliare tanta portata quanta ne accetta l'ingresso. La sezione di controllo si localizza all'uscita del tombino o più a valle. In queste condizioni il moto può essere sia a pelo libero che in pressione.

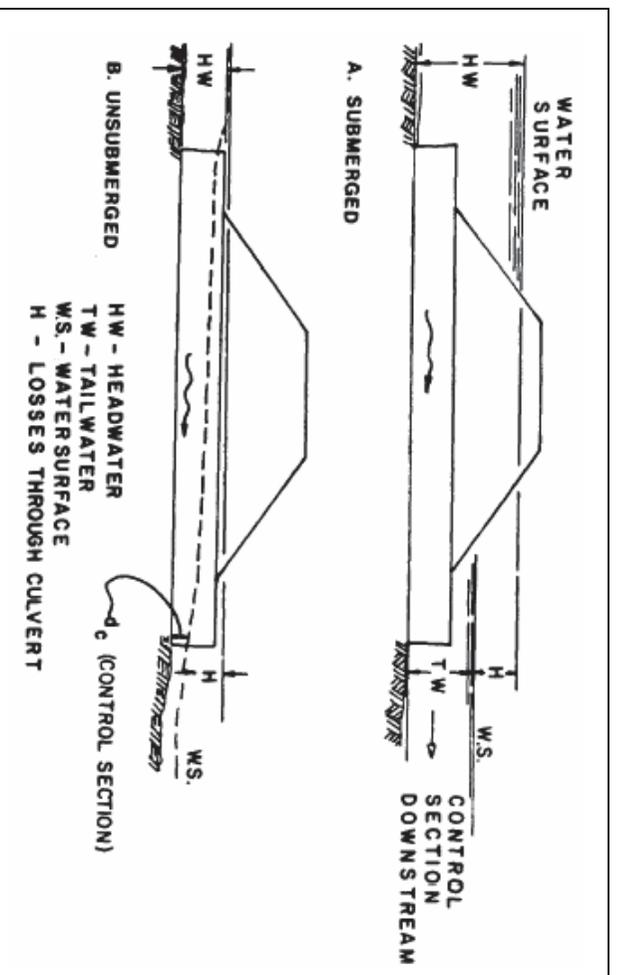


Figura 2 Esempi di moto controllato da sezioni a valle del tombino

I diagrammi nelle figure successive, nel caso di funzionamento per “controllo da valle”, consentono di valutare il livello idrico tenendo conto della scabrezza, della lunghezza della canna e di eventuali livelli idrici a valle.

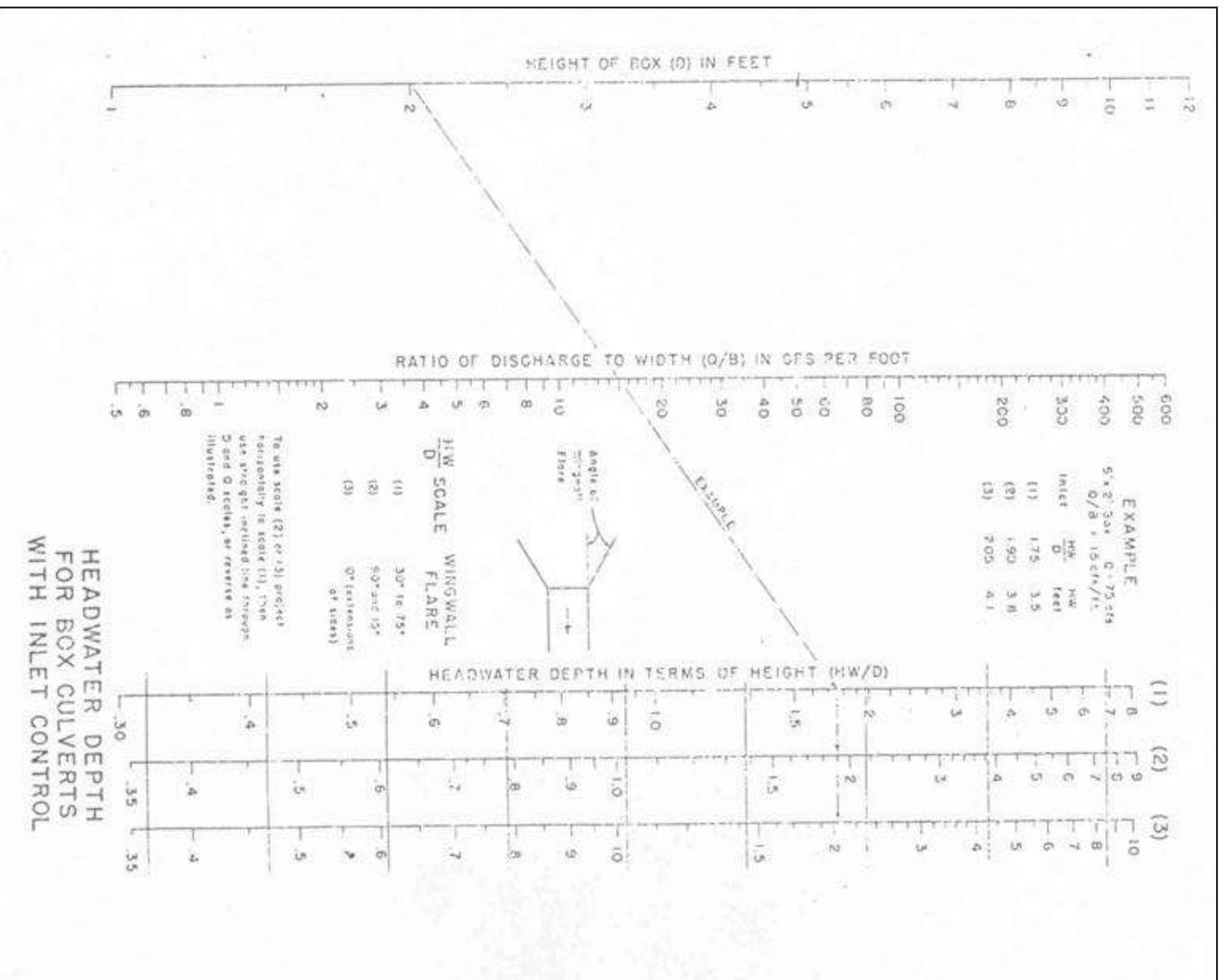


Figura 3 – Verifica del riempimento di tombini scatorari con controllo da monte (Hydraulic Charts for the selection of highway culverts – Bureau of Public Roads – 1964, USA)

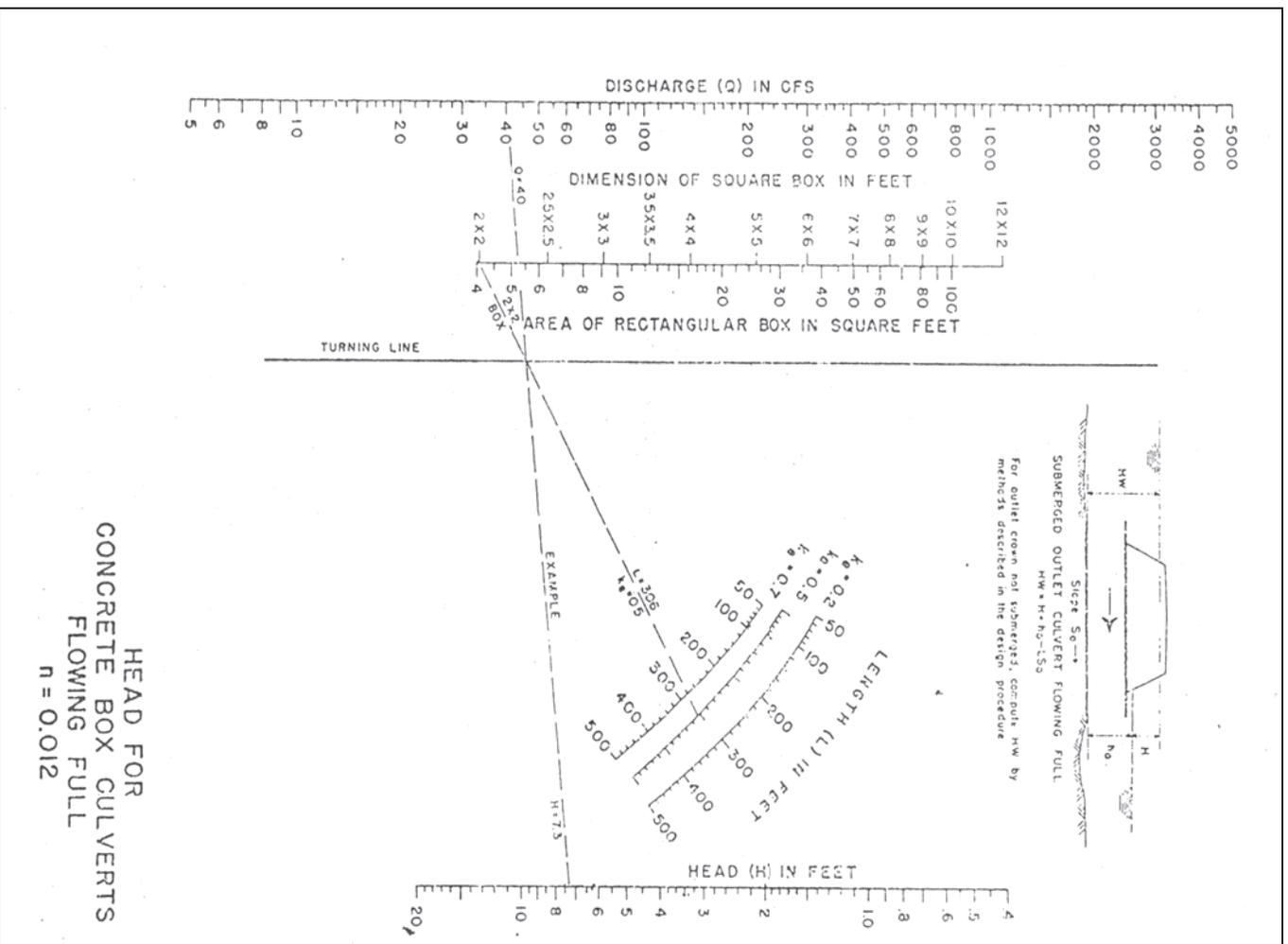


Figura 4 Verifica del riempimento di tombini scatolari con controllo da valle (Hydraulic Charts for the selection of highway culverts – Bureau of Public Roads – 1964, USA)

Il software HY-8 determina, per diversi valori della portata, il tipo di controllo (inlet/outlet) che si instaura nella canna e fornisce per esso il profilo della superficie idrica lungo la canna e il tirante all'imbocco e allo sbocco.

Nell'analisi delle strutture di progetto di nuovi tombini è fondamentale conoscere la condizione al contorno di valle. Il programma permette di assegnare al livello idrico di valle un valore costante (caso tipico dell'immissione in un lago o in un altro fiume, o in un manufatto di sbocco in cui per la sezione di partenza del canale di allontanamento si possono ipotizzare condizioni di acqua ferma e quindi componente cinetica iniziale nulla.) o l'altezza di moto uniforme che si sviluppa nel canale di valle.

A questo scopo è stata definita la sezione del canale con sezione geometrica trapezia avente base uguale alla larghezza del tombino e pendenza delle sponde pari a 1,5/1 (H/V) in alvei naturali, la pendenza pari al 2% e la scabrezza pari a  $n=0.03$ .

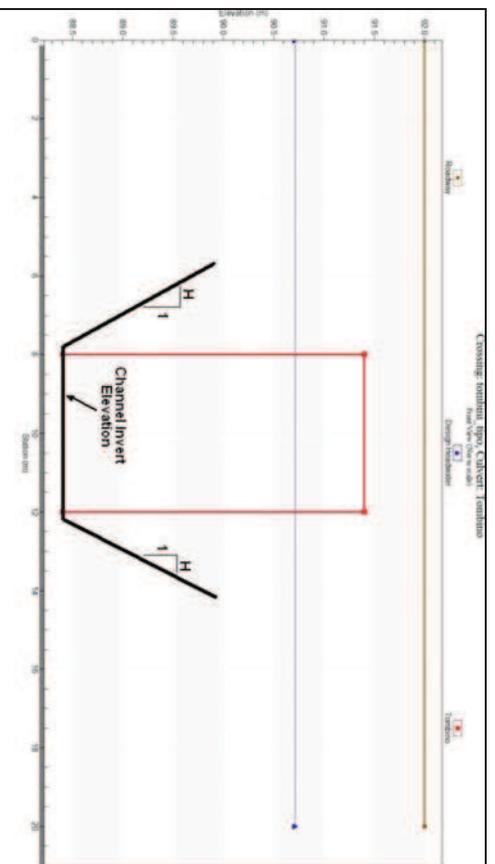


Figura 5 Sezione in prossimità dei tombini

Il calcolo del moto uniforme si basa sulla formula di Manning:

$$v = 1/n * R^{2/3} * S^{1/2}$$

dove

- ✓  $v$  (m/s) è la velocità media della corrente;
- ✓  $R$  (m) è il raggio idraulico;

- ✓ S è la pendenza della linea dell'energia ed
- ✓ n è il coefficiente di scabrezza dipendente dalle caratteristiche dell'alveo: nel caso di canali rivestiti in materassi pari a 0.03, nel caso di canali rivestiti in cls pari a 0.014

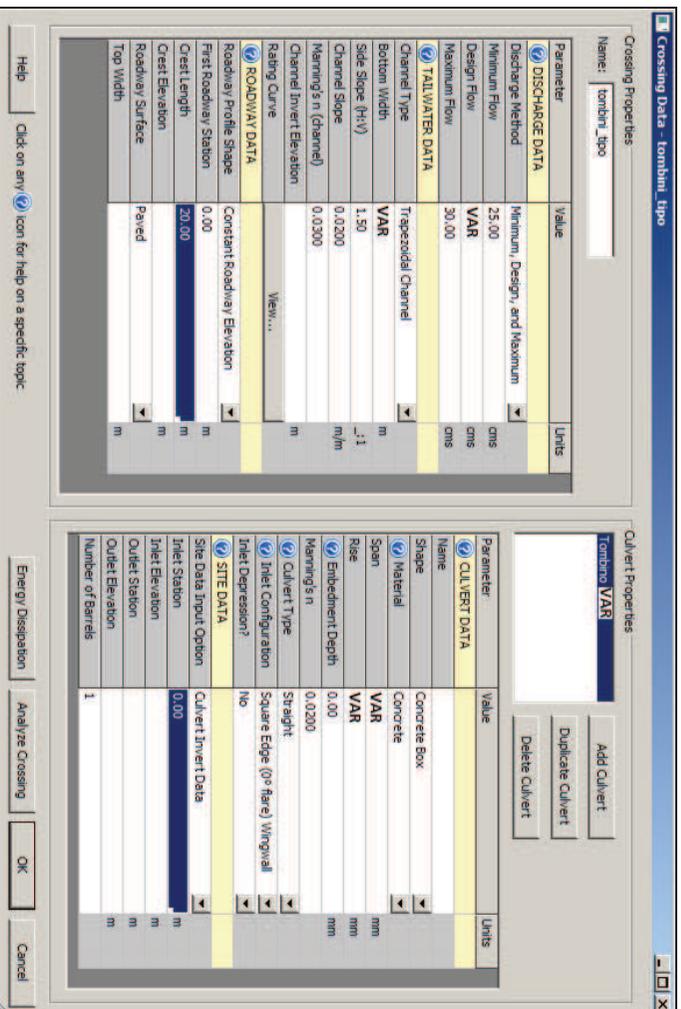


Figura 6 Dati sezione alveo e tombino

### 1.3.2 Risultati delle simulazioni in H-Y8

I risultati, in termini di altezze idriche e velocità di corrente, delle verifiche idrauliche effettuate sulle opere di attraversamento attraverso il software H-Y8 sono sintetizzati nella tabella 2 della pagina successiva; gli stessi risultati sono stati utilizzati, in termini di altezza idriche e velocità in corrispondenza dell'imbocco delle opere, per la verifica della sussistenza del franco idraulico minimo, così come richiesto dal disposto di cui all'art.21 comma d) del PAI della Regione Sardegna, riportati nel medesimo prospetto. Tale verifica del franco è riportata nella tabella 3 della pagina successiva.

I risultati delle verifiche di compatibilità idraulica delle opere di attraversamento sono riportate per esteso, sotto forma di tabelle e grafici, nell'allegato A in Appendice.

| OPERA  | ASSE STRADALE | PROGRESSIVA | b   | h   | Total Discharge | Culvert Discharge | Headwater Elevation | Inlet Control depth | Outlet Control Depth | Flow Type | Normal Depth | Critical Depth | Outlet Depth | Tailwater Depth | Outlet Velocity | Tailwater velocity | Depth at Distance from inlet=0 |
|--------|---------------|-------------|-----|-----|-----------------|-------------------|---------------------|---------------------|----------------------|-----------|--------------|----------------|--------------|-----------------|-----------------|--------------------|--------------------------------|
| CODICE | CODICE        | (km)        | m   | m   | (cms)           | (cms)             | (m)                 | (m)                 | (m)                  |           | (m)          | (m)            | (m)          | (m)             | (m/s)           | (m/s)              | (m)                            |
| T1     | Locale (B.S.) | 0+136.77    | 3.1 | 2.5 | 13.3            | 13.3              | 647.52              | 2.045               | 0.919                | 1-S2n     | 0.611        | 1.233          | 1.233        | 1.166           | 3.479           | 2.35               | 1.23                           |
| T2     | SS 131        | 0+881.00    | 3.1 | 2.5 | 13.3            | 13.3              | 648.96              | 2.087               | 2.416                | 7-H2t     | -0.305       | 1.233          | 1.752        | 1.752           | 2.448           | 2.45               | 1.23                           |
| T3     | SP 125 (B.S.) | 0+692.43    | 3.1 | 2.5 | 13.3            | 13.3              | 650.86              | 2.039               | 1.071                | 1-S2n     | 0.572        | 1.233          | 0.841        | 1.166           | 5.101           | 2.35               | 1.23                           |
| T4     | SP 125 (B.S.) | 1+887.51    | 6   | 3   | 25.6            | 25.6              | 643.17              | 2.028               | 0.96                 | 1-S2n     | 0.567        | 1.229          | 0.828        | 0.943           | 5.154           | 3.91               | 1.23                           |
| T5     | SS 131        | 0+636.51    | 3   | 2   | 6.4             | 6.4               | 529.17              | 1.295               | 0.329                | 1-S2n     | 0.373        | 0.77           | 0.475        | 0.394           | 4.489           | 5.42               | 0.77                           |

Tabella 2 – Sintesi dei risultati di verifica della compatibilità delle opere di attraversamento

| CARATTERISTICA OPERA |               |             |     |     | CARATTERISTICHE DI DEFLUSSO |            |             |       |              |              | PAI (1)      | PAI (2) | PAI (3)                         | COMPATIBILITA' |
|----------------------|---------------|-------------|-----|-----|-----------------------------|------------|-------------|-------|--------------|--------------|--------------|---------|---------------------------------|----------------|
| OPERA                | ASSE STRADALE | PROGRESSIVA | b   | h   | Q200                        | W.S. Elev. | Channel El. | v     | y= (tirante) | F (progetto) | $0.7 v^2/2g$ | 1       | $0.87\gamma^{0.5+\alpha\gamma}$ | PAI            |
| CODICE               | CODICE        | (km)        | m   | m   | (cms)                       | (m slm)    | (m slm)     | (m/s) | (m)          | (m)          | (m)          | (m)     | (m)                             |                |
| T1                   | Locale (B.S.) | 0+136.77    | 3.1 | 2.5 | 13.3                        | 646.71     | 645.48      | 3.48  | 1.23         | 1.27         | 0.43         | 1       | 0.96                            | OK             |
| T2                   | SS 131        | 0+881.00    | 3.1 | 2.5 | 13.3                        | 647.77     | 646.54      | 2.45  | 1.23         | 1.27         | 0.21         | 1       | 0.96                            | OK             |
| T3                   | SP 125 (B.S.) | 0+692.43    | 3.1 | 2.5 | 13.3                        | 650.05     | 648.82      | 5.10  | 1.23         | 1.27         | 0.93         | 1       | 0.96                            | OK             |
| T4                   | SP 125 (B.S.) | 1+887.51    | 6   | 3   | 25.6                        | 642.37     | 641.14      | 5.15  | 1.23         | 1.77         | 0.95         | 1       | 0.96                            | OK             |
| T5                   | SS 131        | 0+636.51    | 3   | 2   | 6.4                         | 528.64     | 527.87      | 4.49  | 0.77         | 1.23         | 0.72         | 1       | 0.76                            | OK             |

Tabella 3 – Verifica del franco di cui all'art. 21 comma d) del PAI della Regione Autonoma Sardegna

#### **1.4 Idraulica di Piattaforma**

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

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

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

Nel calcolo del drenaggio delle acque di piattaforma, la sollecitazione meteorica da assumere alla base del progetto è quella corrispondente ad un tempo di ritorno pari a 25 anni; per essa si dovrà verificare che tutti gli elementi idraulici di drenaggio raggiungano un grado di riempimento massimo compatibile con la funzione svolta; fanno eccezione i fossi di guardia dell'asse principale che sono verificati per un Tr pari a 50 anni.

I criteri progettuali da rispettare sono i seguenti:

- ✓ mantenimento della sicurezza sul piano viario anche in caso di apporti meteorici eccezionali;
- ✓ protezione dall'erosione di trincee, rilevati e opere d'arte che possono essere interessate dal deflusso di acque canalizzate;
- ✓ protezione dall'erosione e mantenimento della sicurezza a valle dei recapiti della rete di drenaggio.

#### **Stima delle piogge di progetto**

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

Come già illustrato in precedenza, le ipotesi alla base del progetto sono quelle di considerare un evento corrispondente ad un tempo di ritorno pari a 25 anni e proporzionare la rete di drenaggio in modo che tutti gli elementi della rete raggiungano un grado di riempimento accettabile.

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

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

in cui:

- ✓  $Q_p$ = portata massima di pioggia (l/s)
- ✓  $\phi_c$  = 0.9 coefficiente di deflusso della piattaforma stradale (adim.);
- ✓  $\phi_s$  = 0.5 coefficiente di deflusso delle scarpate (adim.);
- ✓  $\phi_e$  = 0.4 coefficiente di deflusso delle aree esterne (adim.);
- ✓  $b_c$  = larghezza della piattaforma stradale (m);
- ✓  $b_s$  = larghezza della scarpata stradale (m);
- ✓  $b_e$  = larghezza della fascia esterna (m);
- ✓  $L$  = lunghezza tratto (m);
- ✓  $i_c$  = intensità della pioggia critica (mm/h) ( $T_r=25$  anni,  $T_c=5$  minuti e  $T_r=50$  anni,  $T_c=10$  minuti per i fossi di guardia dell'asse principale).

Per il calcolo dell'intensità di pioggia si fa riferimento alla metodologia regionalizzata indicata nelle Linee Guida del PAI , e già descritta nella Relazione Idrologica.

La forma della curva di possibilità pluviometrica è del tipo:

$$h(\text{mm}) = a t^n$$

e quindi

$$i(\text{mm/h}) = h/t = a t^{n-1}$$

dove:

- ✓  $t$  è la durata della pioggia critica;
- ✓  $a$  è coefficiente della curva di possibilità climatica
- ✓  $n$  è l'esponente della curva di possibilità climatica

Nel seguente prospetto sono riportati, con riferimento ai tempi di ritorno di progetto (25 e 50 anni), le stime delle intensità di pioggia riferite ai tempi critici stabiliti per la piattaforma in 5', mentre per i fossi di guardia in 10'.

**METODO REGIONALIZZATO PROPOSTO DA PAI SARDEGNA**

| Descrizione                             | Simbolo | Formula   |
|---|---------|---|
| h max anno normalizzato risp a h(medio) | h'      | $a * T^n$   |
|   | a       | $0.40926 + 1.1441 * \text{Log}(T)$  |
|   | n       | $-0.1906 + 0.264438 * \text{Log}(T) - 3.8969 * 10^{-2} * \text{Log}(T)^2$                   |
| $h(t) = h'(t) * hm(t)$                  | hm (t)  | $hg * T^{-0.493 + 0.476 * \text{Log}(hg)} / (0.886 * 24^{-0.493 + 0.476 * \text{log}(hg)})$ |
|   | hg      | 110   |

|           |           |           |
|-----------|-----------|-----------|
| <b>Tr</b> | <b>25</b> | <b>50</b> |
| <b>a</b>  | 2.01      | 2.35      |
| <b>n</b>  | 0.10      | 0.15      |

| Elemento                                | Tr   | Tc  | Tc    | h'   | hm (t) | h     | i      |
|---|------|-----|-------|------|--------|-------|--------|
|   | anni | min | h     | mm   | mm     | mm    | mm/h   |
| Piattaforma (cunette, collettori, ecc.) | 25   | 5   | 0.083 | 1.56 | 8.25   | 12.84 | 154.05 |
| Fossi di guardia                        | 50   | 10  | 0.167 | 1.81 | 11.50  | 20.83 | 124.96 |

### 1.5 Opere di drenaggio

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

#### Sezioni in rilevato

La soluzione adottata consiste nello scarico dei deflussi meteorici provenienti dalla piattaforma, attraverso gli embrici, in fossi di guardia rivestiti in cls collocati al piede dei rilevati. La geometria del fosso è di tipo trapezoidale, con larghezza di base ed altezza pari a 30 e 50 cm e sponde aventi pendenza pari a 1/1. Gli embrici vengono sistemati lungo le scarpate ad interasse di 15 metri.

La soluzione adottata, per i tratti dotati di un sistema di drenaggio di tipo chiuso, consiste nello scarico delle acque meteoriche provenienti dalla piattaforma, attraverso gli embrici, in delle canalette di dimensione 30 cm x 30 cm poste sull'arginello. Tale sistema di raccolta trova recapito, attraverso idonee caditoie, disposte ad interasse di 15 m, in un collettore in pead, posato al di sotto della canaletta stessa.

Nei tratti in curva con doppia carreggiata, per il drenaggio della carreggiata interna, è prevista l'adozione di una cunetta, caratterizzata da una larghezza di 0.70 m e da una altezza di 0.20 m, con sottostante collettore in c.a. Lo scarico della canaletta nel collettore avviene attraverso apposite caditoie, disposte ad interasse di 50 m, dotate di griglia in ghisa non carrabile.

La geometria del fosso di guardia al piede del rilevato stradale è di tipo trapezoidale, con larghezza di base ed altezza pari a 0,30 e 0,50 m e sponde aventi pendenza pari a 1/1.

Gli elementi da dimensionare e da verifica sono pertanto:

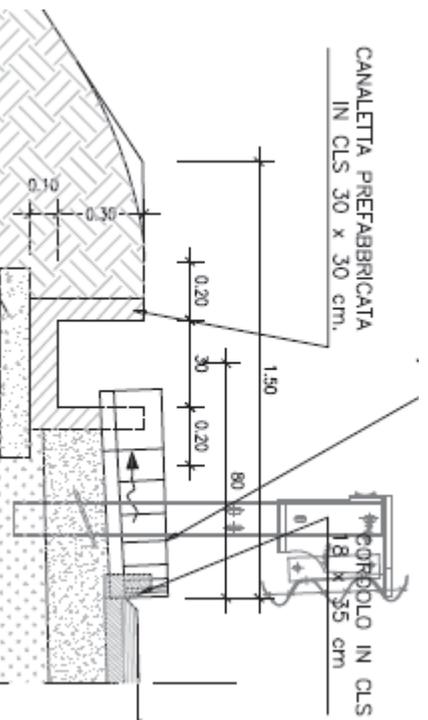
a) Canaletta 30x30 posta sull'arginello (sistema di tipo chiuso)

Per la verifica della cunetta si è applicata la nota formula di Chézy del moto uniforme, confrontando la portata affluente alla cunetta e quella che riesce a smaltire considerando la pendenza minima della strada.

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

dove:

- A = superficie;
- X = coefficiente di scabrezza secondo Strickler =  $K_s \cdot R^{1/6}$  con  $K_s$  = coefficiente di Strickler;
- R = raggio idraulico;
- i = pendenza della cunetta = 0.2% minima consentita.



La portata accumulata in 15 m di strada (passo massimo delle griglie di scarico della canaletta) è di 9.4 l/s (considerando una larghezza della strada principale di 14 m in

prossimità delle rampe) e la portata massima smaltibile dalla canaletta è di 60.7 l/s (> di 9.4 l/s). Si riporta la scala di deflusso della canaletta 30x30 in cls.

| H defl.<br>(m) | b<br>m | i   | Ks | Contorno<br>bagnato | Area deflusso<br>(mq) | Raggio idraulico<br>(m) | Portata<br>(l/sec) | Velocità<br>(m/sec) | H/hmax |
|----------------|--------|-----|----|---------------------|-----------------------|-------------------------|--------------------|---------------------|--------|
| 0.015          | 0.3    | 0.2 | 70 | 0.33                | 0.005                 | 0.01                    | 0.8                | 0.2                 | 5%     |
| 0.03           | 0.3    | 0.2 | 70 | 0.36                | 0.009                 | 0.03                    | 2.4                | 0.3                 | 10%    |
| 0.045          | 0.3    | 0.2 | 70 | 0.39                | 0.014                 | 0.03                    | 4.5                | 0.3                 | 15%    |
| 0.06           | 0.3    | 0.2 | 70 | 0.42                | 0.018                 | 0.04                    | 6.9                | 0.4                 | 20%    |
| 0.075          | 0.3    | 0.2 | 70 | 0.45                | 0.023                 | 0.05                    | 9.6                | 0.4                 | 25%    |
| 0.09           | 0.3    | 0.2 | 70 | 0.48                | 0.027                 | 0.06                    | 12.4               | 0.5                 | 30%    |
| 0.105          | 0.3    | 0.2 | 70 | 0.51                | 0.032                 | 0.06                    | 15.4               | 0.5                 | 35%    |
| 0.12           | 0.3    | 0.2 | 70 | 0.54                | 0.036                 | 0.07                    | 18.5               | 0.5                 | 40%    |
| 0.135          | 0.3    | 0.2 | 70 | 0.57                | 0.041                 | 0.07                    | 21.7               | 0.5                 | 45%    |
| 0.15           | 0.3    | 0.2 | 70 | 0.6                 | 0.045                 | 0.08                    | 25.1               | 0.6                 | 50%    |
| 0.165          | 0.3    | 0.2 | 70 | 0.63                | 0.050                 | 0.08                    | 28.4               | 0.6                 | 55%    |
| 0.18           | 0.3    | 0.2 | 70 | 0.66                | 0.054                 | 0.08                    | 31.9               | 0.6                 | 60%    |
| 0.195          | 0.3    | 0.2 | 70 | 0.69                | 0.059                 | 0.08                    | 35.3               | 0.6                 | 65%    |
| 0.21           | 0.3    | 0.2 | 70 | 0.72                | 0.063                 | 0.09                    | 38.9               | 0.6                 | 70%    |
| 0.225          | 0.3    | 0.2 | 70 | 0.75                | 0.068                 | 0.09                    | 42.4               | 0.6                 | 75%    |
| 0.24           | 0.3    | 0.2 | 70 | 0.78                | 0.072                 | 0.09                    | 46.0               | 0.6                 | 80%    |
| 0.255          | 0.3    | 0.2 | 70 | 0.81                | 0.077                 | 0.09                    | 49.7               | 0.6                 | 85%    |
| 0.27           | 0.3    | 0.2 | 70 | 0.84                | 0.081                 | 0.10                    | 53.3               | 0.7                 | 90%    |
| 0.285          | 0.3    | 0.2 | 70 | 0.87                | 0.086                 | 0.10                    | 57.0               | 0.7                 | 95%    |
| 0.3            | 0.3    | 0.2 | 70 | 0.9                 | 0.090                 | 0.10                    | 60.7               | 0.7                 | 100%   |

b) interasse Embrici

Per la verifica dell'interasse massimo tra gli embrici si è applicata la nota formula di Chézy del moto uniforme, considerando la cunetta che si viene a creare tra il cordolo e la banchina garantendo che il velo d'acqua non superi il margine della banchina stessa e non invada la careggiata stradale (larghezza banchina 1.75m per la strada principale ed 1.00m per le rampe ed S.P. 125).

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

dove:

- A = superficie;

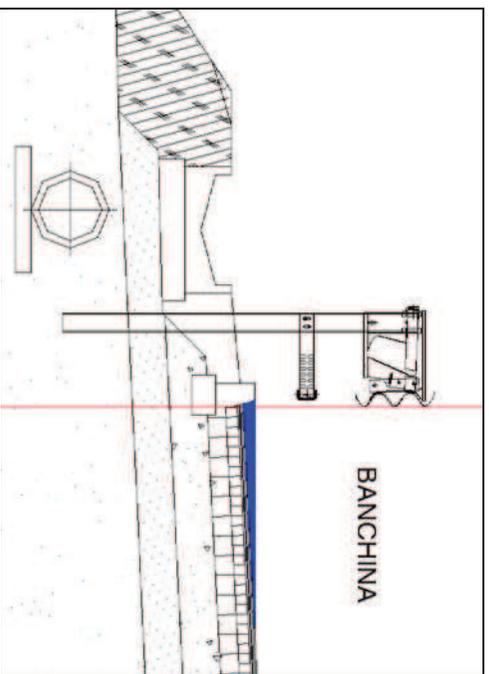
- X = coefficiente di scabrezza secondo Strickler =  $K_s \cdot R^{1/6}$

con  $K_s$  = coefficiente di Strickler;

- R = raggio idraulico;

-  $i_{trav.}$  = pendenza trasversale = 2.5% rettillo, 7% curva.

-  $i_{long.}$  = pendenza longitudinale = 0.2%.



Si riporta la verifica dell'interasse dell'embrice nell' Allegato B dell'appendice.

### Sezioni in trincea

Nei tratti al piede delle trincee è prevista l'esecuzione, in fregio alla pavimentazione stradale, di cunette alla francese in cls di larghezza 1 m, con eventuale sottostante tubazione di collettamento in PEAD corrugato.

Le acque raccolte dalla cunetta, saranno trasferite per mezzo di caditoie poste ad interasse variabile con interasse massimo di 25 m, protette da griglie carrabili in ghisa sagomate come la stessa cunetta, alla sottostante tubazione di allontanamento in PEAD. Per i particolari costruttivi dei pozzetti di raccolta si rimanda ai relativi elaborati grafici.

Lungo il ciglio delle scarpate artificiali, per il drenaggio delle acque provenienti dai versanti naturali ed afferenti al sistema di scarico delle acque "pulte", sono previsti fossi di guardia rivestiti in cls di tipo trapezoidale, con larghezza di base ed altezza pari a 30 e 50 cm e sponde aventi pendenza pari a 1/1.

Nel caso in cui sia previsto un muro di contropipa, oltre al fosso di guardia lungo il ciglio della scarpata verrà realizzata una canaletta in cls a tergo del muro per la raccolta delle acque scolanti lungo la scarpata stessa.

### Sezione in curva dell'asse principale (SS 131)

Nei tratti in curva dell'intervento di riposizionamento della SS 131, per il drenaggio della carreggiata interna, è prevista l'adozione di una canaletta a sezione triangolare, caratterizzata da una larghezza di 0.70 m e da una altezza di 0.20 m, con sottostante collettore in PEAD corrugato. Lo scarico della canaletta nel collettore avviene attraverso apposite caditoie, disposte ad interasse di 50 m, dotate di griglia in ghisa carrabile

### 1.5.1 Calcolo dell'interasse delle caditoie in trincea

Le canalette sono previste nella carreggiata esterna dei tratti in curva della strada ed hanno le caratteristiche geometriche indicate nelle sezioni tipo. La loro funzione è quella di raccogliere le sole acque provenienti dalla piattaforma stradale.

La portata massima smaltibile dalla cunetta in funzione della pendenza longitudinale della strada è stata calcolata con la legge di Gauckler-Strickler, avendo fissato il massimo riempimento  $y = 10$  cm.

La portata vale:

$$Q_c = K \cdot A_c \cdot R_c^{2/3} \cdot J_c$$

- ✓  $K = 70 \text{ m}^{1/3}/\text{sec}$  (Coefficiente di Gauckler - Strickler);
- ✓  $J_c = \text{pendenza longitudinale}$
- ✓  $A_c = \text{Area Bagnata}$  in mq con

$$A_c = \frac{b \cdot y}{2}$$

Dove:

- ✓  $b$  è la larghezza della cunetta
- ✓  $R$  = Raggio idraulico in m, con

$$R_c = \frac{A_c}{C}$$

$$C = y \cdot \left( 1 + \sqrt{1 + \frac{1}{f^2}} \right) = \text{Contorno bagnato}$$

La portata affluente è stata calcolata con la formula seguente:

$$Q = \frac{(\Phi_1 \cdot l - \Phi_2 \cdot S) \cdot L \cdot i(25, r)}{3600}$$

dove:

- ✓  $L$  = sviluppo massimo assegnabile alla cunetta in m;
- ✓  $Q$  = portata massima di smaltimento in l/s;
- ✓  $l$  = larghezza di piattaforma più cunetta in m;
- ✓  $S$  = larghezza media, in proiezione orizzontale, della scarpata verticale;
- ✓  $\Phi_1$  = coefficiente di deflusso della superficie pavimentata = 0.9;
- ✓  $\Phi_2$  = coefficiente di deflusso della scarpata = 0.5.

Quando l'apporto di acqua piovana di un determinato tratto di strada raggiunge la predetta portata massima, la canaletta non sarà più in grado di smaltire le portate affluenti, per cui si dovrà prevedere una caditoia, che consenta di deviare le acque defluenti nel tubo collettore posto al di sotto della cunetta.

Con questo procedimento si ricava l'interasse tra i pozzetti di raccolta; il calcolo dell'interasse massimo prima dello scarico è stato determinato tratta per tratta.

In ogni caso per provvedere alla pulizia e manutenzione della tubazione tra due pozzetti contigui, nel caso sotto la cunetta ci sia una tubazione corrente tale interasse viene limitato a 25 m.

#### 1.5.2 Verifica capacità di intercettazione griglia caditoia

Le caditoie indicate in progetto, con gli interassi prescelti, sono in grado di captare la massima portata in arrivo con Tr 25 anni.

I modi di defluire delle portate catturate da una caditoia sono due: a stramazzo o a sotto battente.

Le formule per il calcolo della portata Q della bocca sono rispettivamente:

$$Q = Clh\sqrt{2gh}$$

$$Q = CA\sqrt{2gh_0}$$

Dove

C è un appropriato coefficiente di portata (0.385 per funzionamento a stramazzo, 0.67 per funzionamento sotto battente);

h è il carico della luce a stramazzo;

$h_0$  è il carico nel caso di luce sotto battente;

l è lo sviluppo idraulicamente attivo del tratto sfiorante;

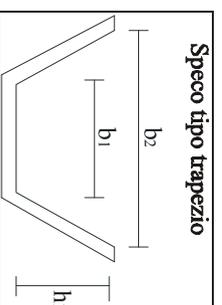
A è l'area netta della bocca

#### 1.5.3 Verifica dei fossi di guardia

Per la raccolta delle acque provenienti dalla sede stradale e da i versanti, che naturalmente sciolano verso la sede stradale, è stata prevista, al piede dei rilevati ed in testa alle trincee, la realizzazione di fossi di guardia.

I fossi di guardia rappresentano un'importante opera a difesa del corpo stradale; essi servono per convogliare negli impluvi naturali le acque superficiali che, per la naturale conformazione del terreno, verrebbero altrimenti a raccogliersi ai piedi del rilevato od a invadere le trincee provocando, così, cedimenti dei rilevati o delle scarpate delle trincee.

La tipologia di fosso di guardia adottata è di forma trapezia, rivestita in cls, caratterizzata da una larghezza alla base di 0.30-0.50 m, altezza 0.30-0.50 m e sponde inclinate 1/1, come da schema di seguito riportato.:



| Tipo     | b <sub>1</sub> (m) | b <sub>2</sub> (m) | h <sub>1</sub> (m) |
|----------|--------------------|--------------------|--------------------|
| Trapezia | 0.30               | 0.90               | 0.30               |
| Trapezia | 0.50               | 1.50               | 0.50               |

Per il calcolo della portata massima transitabile nello specchio è stata utilizzata la formula di Gauckler – Strickler

$$Q = K \cdot A \cdot R^{2/3} \cdot J^{1/2} \quad (2)$$

ipotizzando il moto della corrente uniforme e a superficie libera ed assumendo:

$K = 70 \text{ m}^{1/3}/\text{sec}$  ed la pendenza minima longitudinale  $J$  del fosso.

La verifica del fosso di guardia è stata condotta determinando dalla curva di probabilità pluviometrica riferita ad un tempo di ritorno di 50 anni, l'intensità di pioggia relativa ad una durata di 10 min).

Inoltre a vantaggio di sicurezza sono state considerate oltre alla larghezza variabile della carreggiata, l'estensione massima della scarpa del rilevato, ed ancora, per mettere in conto eventuali acque percolanti dal bacino viene considerata una fascia di competenza pari a circa 50 m.

Le verifiche idrauliche dei fossi di guardia sono state effettuate tratto per tratto ipotizzando le condizioni di minima pendenza longitudinale.

Utilizzando lo speco a sezione trapezia prima visto, la portata terminale del fosso di guardia potrà essere smaltita con un franco di sicurezza pari a 10 cm circa.

Le verifiche idrauliche delle opere di raccolta, di allontanamento delle acque di piattaforma, delle opere di presidio e di attraversamento, non ricadenti nell'ambito del reticolo principale, sono riportate nell'allegato B in appendice.

#### 1.5.4 Vasche di prima pioggia

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

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

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

Di fatto la vasca prevede un pozzetto in entrata tale da consentire l'entrata nella vasca vera e propria della portata di prima pioggia e il by-pass dell'acqua in supero con scarico dall'apposita tubazione di uscita.

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

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

È evidente che il volume compreso fra il bordo inferiore del setto e lo sfioratore in uscita è a disposizione degli oli di prima pioggia, che quindi, in assenza di sversamenti, possono essere allontanati con cadenza anche di qualche mese; gli sversamenti vanno invece

allontanati a breve scadenza in quanto saturano parzialmente la capacità disponibile. Il dimensionamento delle vasche tiene infatti conto del volume dello sversamento (40.000 litri).

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

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

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

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

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

Si è fissato inoltre che il volume di sversamento (40.000 litri) possa defluire nella vasca con una portata pari a quella massima consentibile da un collettore di una singola carreggiata, sezione piena con una pendenza pari a i=0.01. Sulla base della portata di prima pioggia si è quindi proceduto alla determinazione della lunghezza della vasca, ponendo tuttavia il limite minimo corrispondente al volume di sversamento 40.000 litri.

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

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

Ove

Vs = velocità di sedimentazione, in cm/s

g = accelerazione di gravità = 981 cm/s<sup>2</sup>

ys= peso specifico delle particelle

yw= peso specifico dell'acqua

D = diametro della particella, in mm

μ = viscosità cinematica dell'acqua, in centistokes (1 centistokes = 0.01 cm<sup>2</sup>/s)

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

$$t1 = L / V = L * h * b / Q$$

mentre il tempo di caduta verticale è  $t2 = h/Vs$

evidentemente  $t1=t2$ , per cui si ha che la lunghezza è pari a :

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

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

Per definire la quota dello stramazzo che serve da by-pass, si è imposto che il petto dello stramazzo rispetti le seguenti condizioni:

la soglia deve essere sufficientemente alta da consentire il deflusso della portata di prima pioggia;

la soglia deve consentire il deflusso dell'intera portata proveniente dai collettori in occasione dell'evento ventennale ( $T=25$ anni);  
la soglia deve consentire l'ingresso in vasca della portata derivante dallo sversamento.

Quando la portata complessiva ventennale che giunge al manufatto supera la portata di progetto di prima pioggia, ma è minore della portata di sversamento, detta portata continua a transitare entro la vasca che ovviamente si trova ad avere ancora funzionalità di sedimentazione anche se con minore efficienza.

Nel momento in cui la portata ventennale, supera la portata di progetto di prima pioggia, ma è anche superiore alla portata di sversamento, la portata in esubero sfiora dallo stramazzo bypass e giunge attraverso la condotta di uscita, direttamente alla rete idrografica.

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

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

In cui:

q rappresenta la portata

h rappresenta il carico dello stramazzo

L la lunghezza

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

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

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

In cui:

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

Riassumendo le verifiche da effettuare sono:

1. Lunghezza di sedimentazione per sversamento minore della lunghezza del sedimentatore
2. Lunghezza di sedimentazione prima pioggia minore della lunghezza del sedimentatore
3. Portata entrante nel sedimentatore maggiore della portata per sversamento
4. Tempo di residenza idraulica maggiore di 4 minuti
5. Velocità nel sedimentatore minore di 0.05 m/s

Per l'ubicazione delle vasche di prima pioggia si rimanda alle planimetrie di progetto, dove è rappresentata anche l'ubicazione dei tubi collettori di acque meteoriche sulla piattaforma.

Sul tracciato sono disposte un totale di 2 vasche di prima pioggia (n. 1 per lo svincolo di Bonorva Nord, ed n. 1 Vasca per lo svincolo di Bonorva Sud) .

Si riportano di seguito i tabulati di calcolo:

## DIMENSIONAMENTO VASCHE DI PRIMA PIOGGIA

### Vasca n. 1 Bonorva Nord

#### Dati

|   |                   |        |                                   |
|---|-------------------|--------|-----------------------------------|
| Lunghezza di sedimentazione             | m                 | 15.0   |                                   |
| Accelerazione di gravità                | cm/s <sup>2</sup> | 981    |                                   |
| Peso per unità di volume solido         | g/cm <sup>3</sup> | 2      |                                   |
| Peso per unità di volume liquido        | g/cm <sup>3</sup> | 1      |                                   |
| Dimensione particelle                   | mm                | 0.1    |                                   |
| Viscosità cinematica                    | centistokes       | 1      |                                   |
| Velocità di sedimentazione              | cm/s              | 0.55   | dalla legge di Stokes             |
| Altezza sfioro in ingresso              | m                 | 1.95   |                                   |
| Altezza sfioro in uscita                |                   | 1.75   |                                   |
| Volume minimo                           | l                 | 40,000 | volume massimo di uno sversamento |
| Tempo di sversamento                    | sec               | 120    |                                   |
| Portata sversamento                     | mc/s              | 0.33   |                                   |
| Larghezza sedimentatore                 | m                 | 2.0    |                                   |
| Lunghezza di sedimentazione sversamento | m                 | 11.43  | < 15.00                           |
| Larghezza stramazzo BY-PASS             | m                 | 2.0    |                                   |

#### Dimensionamento

|  |      |       |   |
|--|------|-------|---|
| Area contribuyente                           | mq   | 28500 |   |
| Coefficiente di afflusso                     |      | 1     |   |
| Altezza di precipitazione                    | mm   | 5     | } da legge regionale della Lombardia n° 62/85 |
| Durata evento                                | min  | 15    |   |
| Intensità di pioggia                         | mm/h | 20    |   |
| Portata affluente                            | l/s  | 158.3 |   |
| Lunghezza di sedimentazione prima pioggia    | m    | 14.5  | < 15.00                                       |
| Carico idraulico su sfioro by-pass           | m    | 0.25  |   |
| Altezza stramazzo BY-PASS                    | m    | 2.20  |   |
| Portata entrante nel sedimentatore (Rehbock) | mc/s | 0.45  | > 0.33  |
| Tempo di detenzione                          | min  | 6.2   | > 4   |
| Velocità nel sedimentatore                   | m/s  | 0.04  | < 0.05  |

seconda verifica

terza verifica

quarta verifica

quinta verifica

## DIMENSIONAMENTO VASCHE DI PRIMA PIOGGIA

### Vasca n. 2 Bonorva Sud

#### Dati

|   |                   |        |                                   |
|---|-------------------|--------|-----------------------------------|
| Lunghezza di sedimentazione             | m                 | 15.0   |                                   |
| Accelerazione di gravità                | cm/s <sup>2</sup> | 981    |                                   |
| Peso per unità di volume solido         | g/cm <sup>3</sup> | 2      |                                   |
| Peso per unità di volume liquido        | g/cm <sup>3</sup> | 1      |                                   |
| Dimensione particelle                   | mm                | 0.1    |                                   |
| Viscosità cinematica                    | centistokes       | 1      |                                   |
| Velocità di sedimentazione              | cm/s              | 0.55   | dalla legge di Stokes             |
| Altezza sfioro in ingresso              | m                 | 1.55   |                                   |
| Altezza sfioro in uscita                |                   | 1.35   |                                   |
| Volume minimo                           | l                 | 40,000 | volume massimo di uno sversamento |
| Tempo di sversamento                    | sec               | 120    |                                   |
| Portata sversamento                     | mc/s              | 0.33   |                                   |
| Larghezza sedimentatore                 | m                 | 2.0    |                                   |
| Lunghezza di sedimentazione sversamento | m                 | 14.81  | < 15.00 m prima verifica          |
| Larghezza stramazzo BY-PASS             | m                 | 1.0    |                                   |

#### Dimensionamento

|  |      |       |   |
|--|------|-------|---|
| Area contribuyente                           | mq   | 20881 |   |
| Coefficiente di afflusso                     |      | 1     | } da legge regionale della Lombardia n° 62/85 |
| Altezza di precipitazione                    | mm   | 5     |   |
| Durata evento                                | min  | 15    |   |
| Intensità di pioggia                         | mm/h | 20    |   |
| Portata affluente                            | l/s  | 116.0 |   |
| Lunghezza di sedimentazione prima pioggia    | m    | 10.6  | < 15.00 m seconda verifica                    |
| Carico idraulico su sfioro by-pass           | m    | 0.55  |   |
| Altezza stramazzo BY-PASS                    | m    | 2.10  |   |
| Portata entrante nel sedimentatore (Rehbock) | mc/s | 0.76  | > 0.33 mc/s terza verifica                    |
| Tempo di detenzione                          | min  | 6.7   | > 4 min quarta verifica                       |
| Velocità nel sedimentatore                   | m/s  | 0.04  | < 0.05 m/s quinta verifica                    |

## **APPENDICE**

**ALLEGATO A**

**VERIFICHE OPERE DI ATTRAVERSAMENTO SUL RETTICOLO**

**PRINCIPALE**

**Tombino scatolare T1 (3.10 m x 2.50 m) a progr. 0+136.77 Locale 1 (B.S.)**

### **Crossing Discharge Data**

Discharge Selection Method: Specify Minimum, Design, and Maximum Flow

Minimum Flow: 0 cms

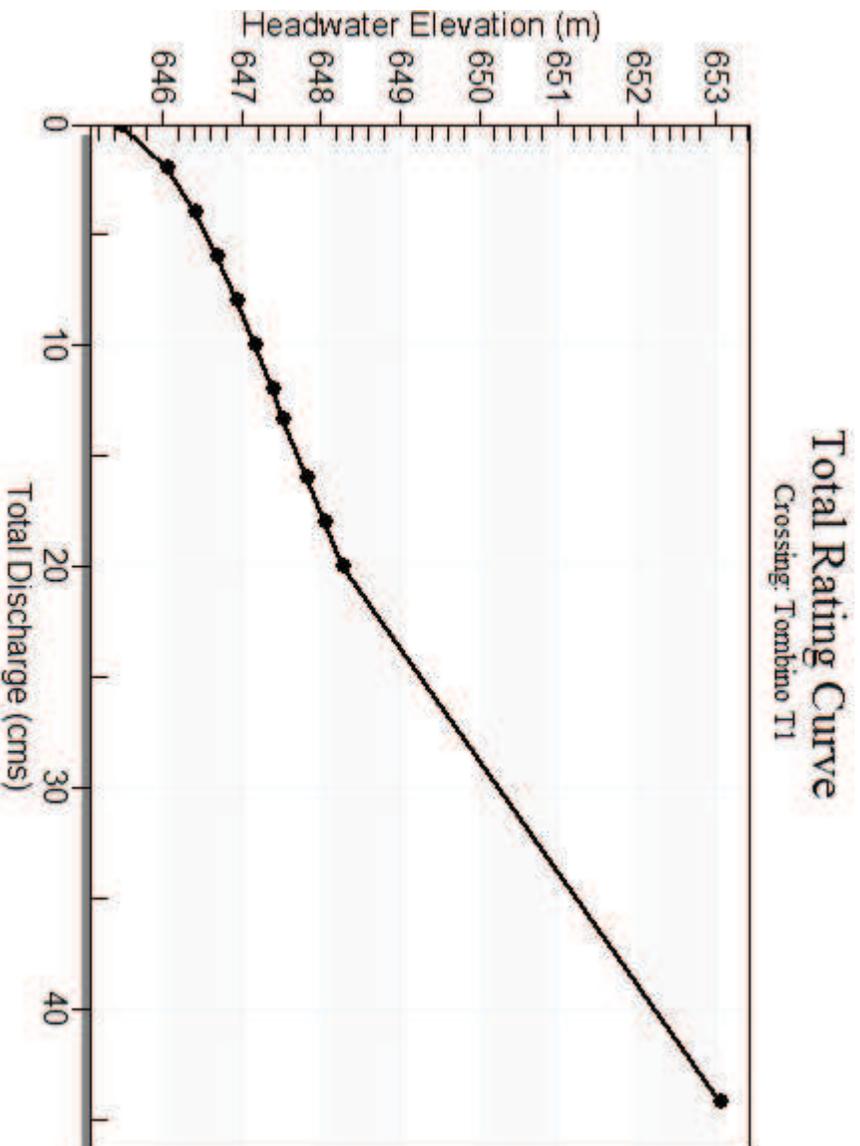
Design Flow: 13.3 cms

Maximum Flow: 20 cms

**Table 1 - Summary of Culvert Flows at Crossing: Tombino T1**

| Headwater Elevation (m) | Total Discharge (cms) | scatolare 3.10x2.5 Discharge (cms) | Roadway Discharge (cms) | Iterations  |
|-------------------------|-----------------------|------------------------------------|-------------------------|-------------|
| 645.48                  | 0.00                  | 0.00                               | 0.00                    | 1           |
| 646.06                  | 2.00                  | 2.00                               | 0.00                    | 1           |
| 646.40                  | 4.00                  | 4.00                               | 0.00                    | 1           |
| 646.69                  | 6.00                  | 6.00                               | 0.00                    | 1           |
| 646.93                  | 8.00                  | 8.00                               | 0.00                    | 1           |
| 647.16                  | 10.00                 | 10.00                              | 0.00                    | 1           |
| 647.38                  | 12.00                 | 12.00                              | 0.00                    | 1           |
| 647.52                  | 13.30                 | 13.30                              | 0.00                    | 1           |
| 647.82                  | 16.00                 | 16.00                              | 0.00                    | 1           |
| 648.04                  | 18.00                 | 18.00                              | 0.00                    | 1           |
| 648.26                  | 20.00                 | 20.00                              | 0.00                    | 1           |
| 652.32                  | 44.23                 | 44.23                              | 0.00                    | Overtopping |

## Rating Curve Plot for Crossing: Tombino T1



**Table 2 - Culvert Summary Table: scatolare 3.10x2.5**

| Total Discharge (cms) | Culvert Discharge (cms) | Headwater Elevation (m) | Inlet Control Depth (m) | Outlet Control Depth (m) | Flow Type | Normal Depth (m) | Critical Depth (m) | Outlet Depth (m) | Tailwater Depth (m) | Outlet Velocity (m/s) | Tailwater Velocity (m/s) |
|-----------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|--------------------------|-----------|------------------|--------------------|------------------|---------------------|-----------------------|--------------------------|
| 0.00                  | 0.00                    | 645.48                  | 0.000                   | 0.000                    | 0-NF      | 0.000            | 0.000              | 0.000            | 0.000               | 0.000                 | 0.000                    |
| 2.00                  | 2.00                    | 646.06                  | 0.581                   | 0.0*                     | 1-S2n     | 0.178            | 0.349              | 0.349            | 0.405               | 1.851                 | 1.331                    |
| 4.00                  | 4.00                    | 646.40                  | 0.922                   | 0.038                    | 1-S2n     | 0.277            | 0.554              | 0.553            | 0.603               | 2.332                 | 1.657                    |
| 6.00                  | 6.00                    | 646.69                  | 1.208                   | 0.223                    | 1-S2n     | 0.360            | 0.725              | 0.725            | 0.757               | 2.669                 | 1.872                    |
| 8.00                  | 8.00                    | 646.93                  | 1.454                   | 0.397                    | 1-S2n     | 0.435            | 0.879              | 0.879            | 0.887               | 2.937                 | 2.036                    |
| 10.00                 | 10.00                   | 647.16                  | 1.683                   | 0.586                    | 1-S2n     | 0.504            | 1.020              | 1.020            | 1.001               | 3.164                 | 2.171                    |
| 12.00                 | 12.00                   | 647.38                  | 1.904                   | 0.786                    | 1-S2n     | 0.570            | 1.151              | 1.151            | 1.104               | 3.362                 | 2.285                    |
| 13.30                 | 13.30                   | 647.52                  | 2.045                   | 0.919                    | 1-S2n     | 0.611            | 1.233              | 1.233            | 1.166               | 3.479                 | 2.352                    |
| 16.00                 | 16.00                   | 647.82                  | 2.336                   | 1.204                    | 1-S2n     | 0.693            | 1.395              | 1.395            | 1.286               | 3.700                 | 2.475                    |
| 18.00                 | 18.00                   | 648.04                  | 2.557                   | 1.424                    | 5-S2n     | 0.752            | 1.509              | 1.509            | 1.367               | 3.849                 | 2.556                    |
| 20.00                 | 20.00                   | 648.26                  | 2.784                   | 1.652                    | 5-S2n     | 0.809            | 1.619              | 1.619            | 1.444               | 3.986                 | 2.630                    |

**\* Full Flow Headwater elevation is below inlet invert.**

\*\*\*\*\*

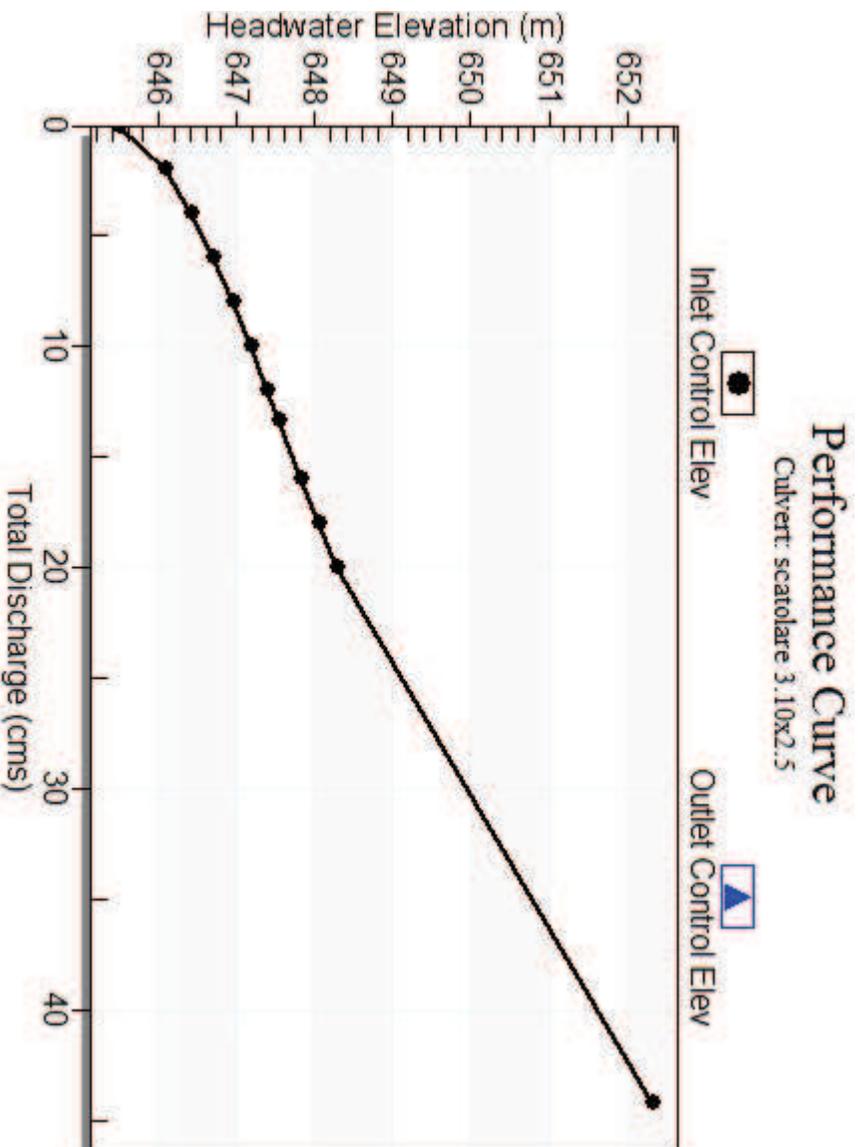
Straight Culvert

Inlet Elevation (invert): 645.48 m, Outlet Elevation (invert): 644.89 m

Culvert Length: 30.01 m, Culvert Slope: 0.0197

\*\*\*\*\*

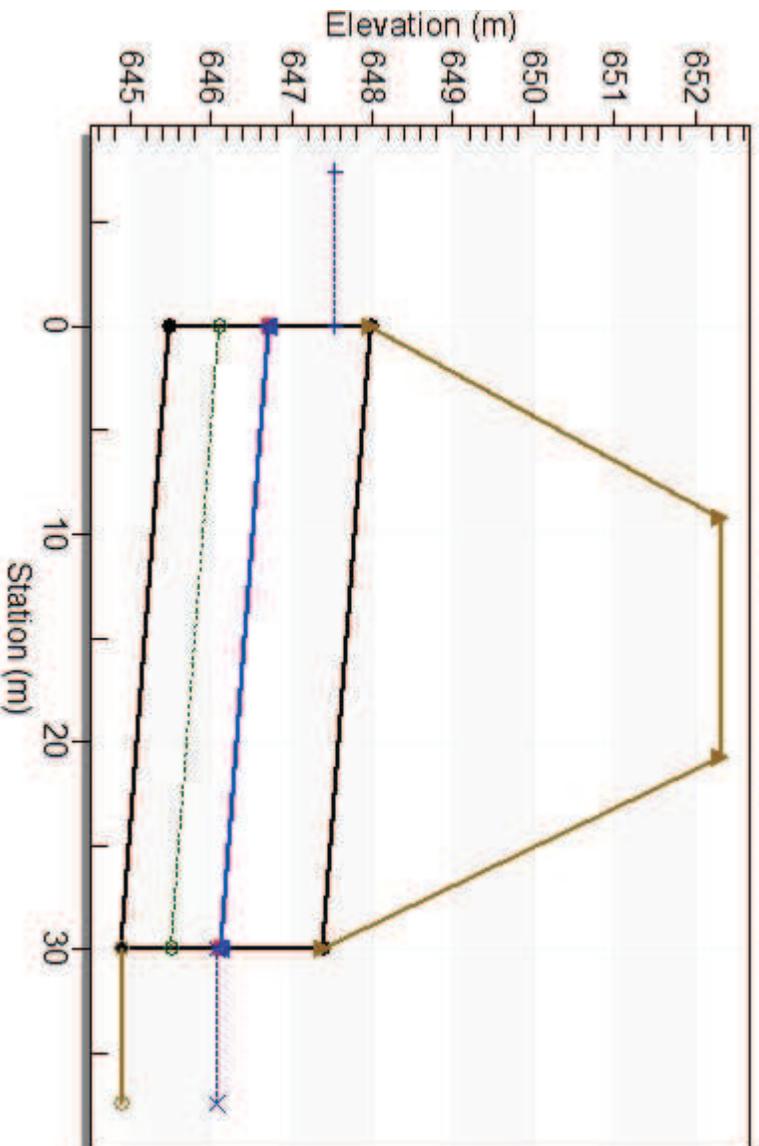
### Culvert Performance Curve Plot: scatolare 3.10x2.5



## Water Surface Profile Plot for Culvert: scatolare 3.10x2.5

### Crossing - Tombino T1, Design Discharge - 13.30 cms

Culvert - scatolare 3.10x2.5; Culvert Discharge - 13.30 cms



## Site Data - scatolare 3.10x2.5

Site Data Option: Culvert Invert Data

Inlet Station: 0.00 m

Inlet Elevation: 645.48 m

Outlet Station: 30.00 m

Outlet Elevation: 644.89 m

Number of Barrels: 1

## Culvert Data Summary - scatolare 3.10x2.5

Barrel Shape: Concrete Box

Barrel Span: 3100.00 mm

Barrel Rise: 2500.00 mm

Barrel Material: Concrete

Embedment: 0.00 mm

Barrel Manning's n: 0.0120

Culvert Type: Straight

Inlet Configuration: Square Edge (0° flare) Wingwall

Inlet Depression: None

**Table 3 - Downstream Channel Rating Curve (Crossing: Tombino T1)**

| Flow (cms) | Water Surface Elev (m) | Depth (m) | Velocity (m/s) | Shear (Pa) | Froude Number |
|------------|------------------------|-----------|----------------|------------|---------------|
| 0.00       | 644.89                 | 0.00      | 0.00           | 0.00       | 0.00          |
| 2.00       | 645.30                 | 0.41      | 1.33           | 27.81      | 0.72          |
| 4.00       | 645.49                 | 0.60      | 1.66           | 41.37      | 0.75          |
| 6.00       | 645.65                 | 0.76      | 1.87           | 51.93      | 0.77          |
| 8.00       | 645.78                 | 0.89      | 2.04           | 60.85      | 0.79          |
| 10.00      | 645.89                 | 1.00      | 2.17           | 68.69      | 0.80          |
| 12.00      | 645.99                 | 1.10      | 2.29           | 75.76      | 0.81          |
| 13.30      | 646.06                 | 1.17      | 2.35           | 80.02      | 0.81          |
| 16.00      | 646.18                 | 1.29      | 2.47           | 88.22      | 0.82          |
| 18.00      | 646.26                 | 1.37      | 2.56           | 93.82      | 0.82          |
| 20.00      | 646.33                 | 1.44      | 2.63           | 99.09      | 0.83          |

**Tailwater Channel Data - Tombino T1**

Tailwater Channel Option: Trapezoidal Channel

Bottom Width: 3.10 m

Side Slope (H:V): 1.50 ( \_:1)

Channel Slope: 0.0070

Channel Manning's n: 0.0300

Channel Invert Elevation: 644.89 m

**Roadway Data for Crossing: Tombino T1**

Roadway Profile Shape: Constant Roadway Elevation

Crest Length: 20.00 m

Crest Elevation: 652.32 m

Roadway Surface: Paved

Roadway Top Width: 11.50 m

**Tombino scatolare T2 (3.10 m x 2.50 m) a progr. Km 0+881.00 SS 131**

## **HY-8 Culvert Analysis Report**

### **Crossing Discharge Data**

Discharge Selection Method: Specify Minimum, Design, and Maximum Flow

Minimum Flow: 0 cms

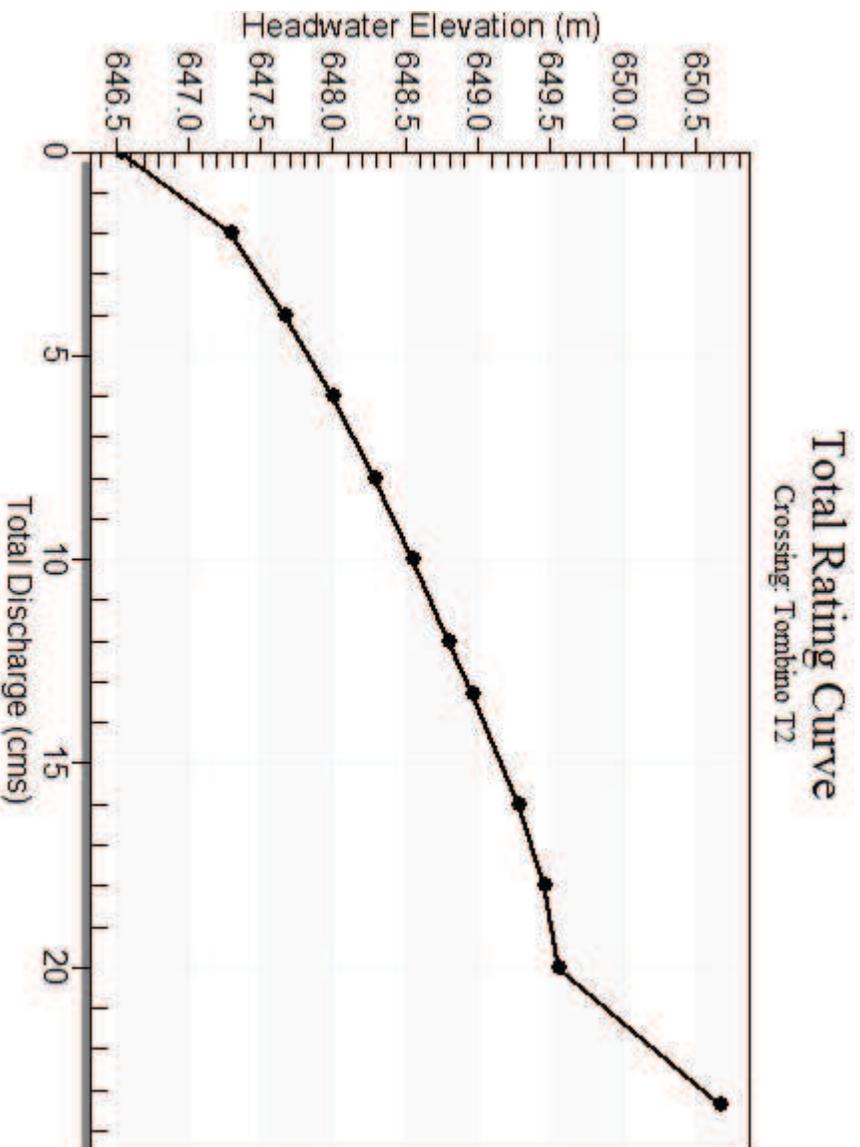
Design Flow: 13.30 cms

Maximum Flow: 20 cms

**Table 1 - Summary of Culvert Flows at Crossing: Tombino T2**

| Headwater Elevation (m) | Total Discharge (cms) | scatolare 3.1X2.5 Discharge (cms) | Roadway Discharge (cms) | Iterations  |
|-------------------------|-----------------------|-----------------------------------|-------------------------|-------------|
| 646.54                  | 0.00                  | 0.00                              | 0.00                    | 1           |
| 647.29                  | 2.00                  | 2.00                              | 0.00                    | 1           |
| 647.67                  | 4.00                  | 4.00                              | 0.00                    | 1           |
| 647.99                  | 6.00                  | 6.00                              | 0.00                    | 1           |
| 648.28                  | 8.00                  | 8.00                              | 0.00                    | 1           |
| 648.54                  | 10.00                 | 10.00                             | 0.00                    | 1           |
| 648.80                  | 12.00                 | 12.00                             | 0.00                    | 1           |
| 648.96                  | 13.30                 | 13.30                             | 0.00                    | 1           |
| 649.27                  | 16.00                 | 16.00                             | 0.00                    | 1           |
| 649.45                  | 18.00                 | 18.00                             | 0.00                    | 1           |
| 649.55                  | 20.00                 | 20.00                             | 0.00                    | 1           |
| 650.03                  | 23.36                 | 23.36                             | 0.00                    | Overtopping |

## Rating Curve Plot for Crossing: Tombino T2



**Table 2 - Culvert Summary Table: scatolare 3.1x2.5**

| Total Discharge (cms) | Culvert Discharge (cms) | Headwater Elevation (m) | Inlet Control Depth (m) | Outlet Control Depth (m) | Flow Type | Normal Depth (m) | Critical Depth (m) | Outlet Depth (m) | Tailwater Depth (m) | Outlet Velocity (m/s) | Tailwater Velocity (m/s) |
|-----------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|--------------------------|-----------|------------------|--------------------|------------------|---------------------|-----------------------|--------------------------|
| 0.00                  | 0.00                    | 646.54                  | 0.000                   | 0.000                    | 0-NF      | 0.000            | 0.000              | 0.000            | 0.000               | 0.000                 | 0.000                    |
| 2.00                  | 2.00                    | 647.29                  | 0.599                   | 0.746                    | 7-H2t     | -0.305           | 0.349              | 0.461            | 0.461               | 1.399                 | 1.399                    |
| 4.00                  | 4.00                    | 647.67                  | 0.951                   | 1.128                    | 7-H2t     | -0.305           | 0.554              | 0.736            | 0.736               | 1.754                 | 1.754                    |
| 6.00                  | 6.00                    | 647.99                  | 1.246                   | 1.448                    | 7-H2t     | -0.305           | 0.725              | 0.977            | 0.977               | 1.982                 | 1.982                    |
| 8.00                  | 8.00                    | 648.28                  | 1.499                   | 1.736                    | 7-H2t     | -0.305           | 0.879              | 1.201            | 1.201               | 2.149                 | 2.149                    |
| 10.00                 | 10.00                   | 648.54                  | 1.732                   | 2.004                    | 7-H2t     | -0.305           | 1.020              | 1.414            | 1.414               | 2.281                 | 2.281                    |
| 12.00                 | 12.00                   | 648.80                  | 1.950                   | 2.257                    | 7-H2t     | -0.305           | 1.151              | 1.621            | 1.621               | 2.388                 | 2.388                    |
| 13.30                 | 13.30                   | 648.96                  | 2.087                   | 2.416                    | 7-H2t     | -0.305           | 1.233              | 1.752            | 1.752               | 2.448                 | 2.448                    |
| 16.00                 | 16.00                   | 649.27                  | 2.362                   | 2.733                    | 7-H2t     | -0.305           | 1.395              | 2.020            | 2.020               | 2.555                 | 2.555                    |
| 18.00                 | 18.00                   | 649.45                  | 2.565                   | 2.913                    | 7-H2t     | -0.305           | 1.509              | 2.214            | 2.214               | 2.622                 | 2.622                    |
| 20.00                 | 20.00                   | 649.55                  | 2.770                   | 3.009                    | 7-H2t     | -0.305           | 1.619              | 2.406            | 2.406               | 2.681                 | 2.681                    |

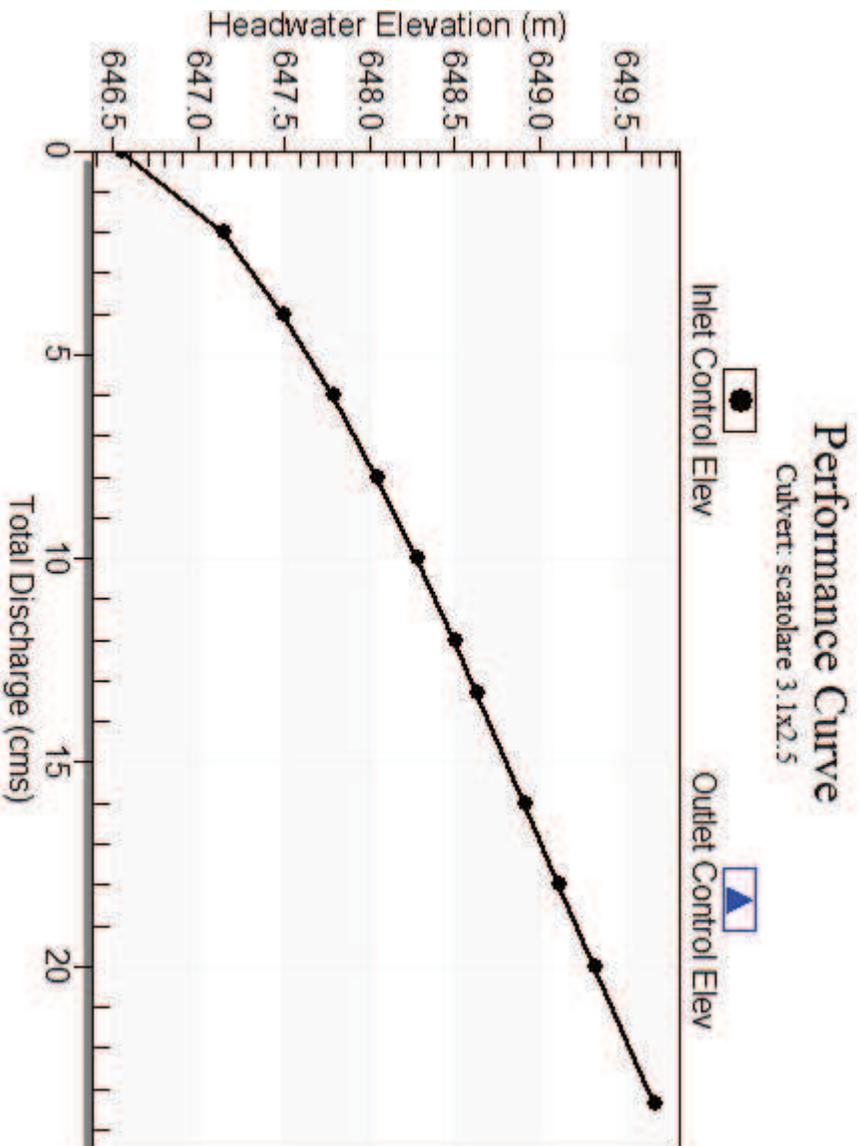
\*\*\*\*\*  
 Straight Culvert  
 \*\*\*\*\*

Inlet Elevation (invert): 646.54 m, Outlet Elevation (invert): 646.54 m

Culvert Length: 34.00 m, Culvert Slope: 0.0000

\*\*\*\*\*

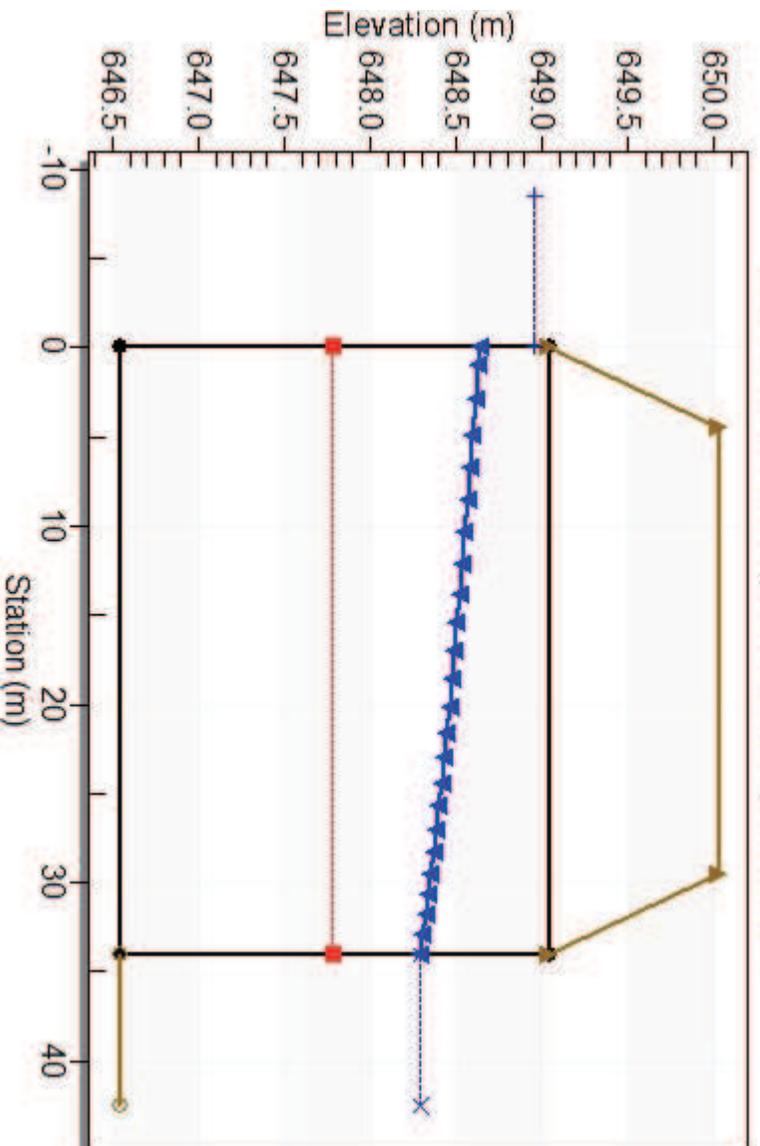
### Culvert Performance Curve Plot: scatolare 3.1x2.5



## Water Surface Profile Plot for Culvert: scatolare 3.1x2.5

### Crossing - Tombino T2, Design Discharge - 13.30 cms

Culvert - scatolare 3.1x2.5, Culvert Discharge - 13.30 cms



## Site Data - scatolare 3.1x2.5

Site Data Option: Culvert Invert Data

Inlet Station: 0.00 m

Inlet Elevation: 646.54 m

Outlet Station: 34.00 m

Outlet Elevation: 646.54 m

Number of Barrels: 1

## Culvert Data Summary - scatolare 3.1x2.5

Barrel Shape: Concrete Box

Barrel Span: 3100.00 mm

Barrel Rise: 2500.00 mm

Barrel Material: Concrete

Embedment: 0.00 mm

Barrel Manning's n: 0.0120

Culvert Type: Straight

Inlet Configuration: Square Edge (90°) Headwall

Inlet Depression: None

**Table 3 - Downstream Channel Rating Curve (Crossing: Tombino T2)**

| Flow (cms) | Water Surface Elev (m) | Depth (m) | Velocity (m/s) | Shear (Pa) | Froude Number |
|------------|------------------------|-----------|----------------|------------|---------------|
| 0.00       | 646.54                 | 0.00      | 0.00           | 0.00       | 0.00          |
| 2.00       | 647.00                 | 0.46      | 1.40           | 31.64      | 0.66          |
| 4.00       | 647.28                 | 0.74      | 1.75           | 50.47      | 0.65          |
| 6.00       | 647.52                 | 0.98      | 1.98           | 67.00      | 0.64          |
| 8.00       | 647.74                 | 1.20      | 2.15           | 82.38      | 0.63          |
| 10.00      | 647.95                 | 1.41      | 2.28           | 97.05      | 0.61          |
| 12.00      | 648.16                 | 1.62      | 2.39           | 111.22     | 0.60          |
| 13.30      | 648.29                 | 1.75      | 2.45           | 120.24     | 0.59          |
| 16.00      | 648.56                 | 2.02      | 2.56           | 138.59     | 0.57          |
| 18.00      | 648.75                 | 2.21      | 2.62           | 151.93     | 0.56          |
| 20.00      | 648.95                 | 2.41      | 2.68           | 165.09     | 0.55          |

**Tailwater Channel Data - Tombino T2**

Tailwater Channel Option: Rectangular Channel

Bottom Width: 3.10 m

Channel Slope: 0.0070

Channel Manning's n: 0.0300

Channel Invert Elevation: 646.54 m

**Roadway Data for Crossing: Tombino T2**

Roadway Profile Shape: Constant Roadway Elevation

Crest Length: 30.00 m

Crest Elevation: 650.03 m

Roadway Surface: Paved

Roadway Top Width: 25.00 m

**Tombino scatolare T3 (3.10 m x 2.50 m) a progr. 0+692.43 SP 125 (B.S)**

# **HY-8 Culvert Analysis Report**

### **Crossing Discharge Data**

Discharge Selection Method: Specify Minimum, Design, and Maximum Flow

Minimum Flow: 0 cms

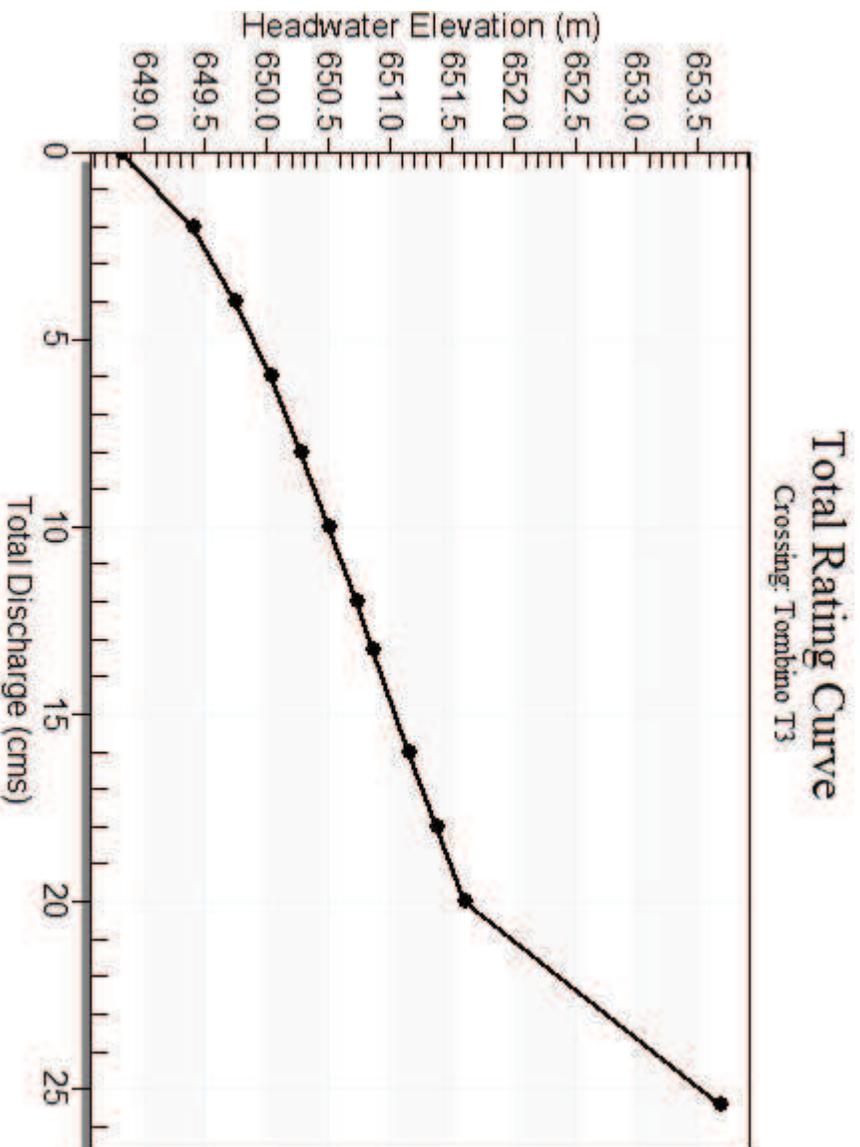
Design Flow: 13.3 cms

Maximum Flow: 20 cms

**Table 1 - Summary of Culvert Flows at Crossing: Tombino T3**

| Headwater Elevation (m) | Total Discharge (cms) | scatolare 3.1X2.5 Discharge (cms) | Roadway Discharge (cms) | Iterations  |
|-------------------------|-----------------------|-----------------------------------|-------------------------|-------------|
| 648.82                  | 0.00                  | 0.00                              | 0.00                    | 1           |
| 649.40                  | 2.00                  | 2.00                              | 0.00                    | 1           |
| 649.74                  | 4.00                  | 4.00                              | 0.00                    | 1           |
| 650.02                  | 6.00                  | 6.00                              | 0.00                    | 1           |
| 650.27                  | 8.00                  | 8.00                              | 0.00                    | 1           |
| 650.50                  | 10.00                 | 10.00                             | 0.00                    | 1           |
| 650.72                  | 12.00                 | 12.00                             | 0.00                    | 1           |
| 650.86                  | 13.30                 | 13.30                             | 0.00                    | 1           |
| 651.15                  | 16.00                 | 16.00                             | 0.00                    | 1           |
| 651.37                  | 18.00                 | 18.00                             | 0.00                    | 1           |
| 651.60                  | 20.00                 | 20.00                             | 0.00                    | 1           |
| 652.27                  | 25.41                 | 25.41                             | 0.00                    | Overtopping |

## Rating Curve Plot for Crossing: Tombino T3



**Table 2 - Culvert Summary Table: scatolare 3.1x2.5**

| Total Discharge (cms) | Culvert Discharge (cms) | Headwater Elevation (m) | Inlet Control Depth (m) | Outlet Control Depth (m) | Flow Type | Normal Depth (m) | Critical Depth (m) | Outlet Depth (m) | Tailwater Depth (m) | Outlet Velocity (m/s) | Tailwater Velocity (m/s) |
|-----------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|--------------------------|-----------|------------------|--------------------|------------------|---------------------|-----------------------|--------------------------|
| 0.00                  | 0.00                    | 648.82                  | 0.000                   | 0.000                    | 0-NF      | 0.000            | 0.000              | 0.000            | 0.000               | 0.000                 | 0.000                    |
| 2.00                  | 2.00                    | 649.40                  | 0.578                   | 0.0*                     | 1-S2n     | 0.167            | 0.349              | 0.195            | 0.405               | 3.304                 | 1.331                    |
| 4.00                  | 4.00                    | 649.74                  | 0.918                   | 0.197                    | 1-S2n     | 0.261            | 0.554              | 0.331            | 0.603               | 3.899                 | 1.657                    |
| 6.00                  | 6.00                    | 650.02                  | 1.202                   | 0.381                    | 1-S2n     | 0.338            | 0.725              | 0.453            | 0.757               | 4.274                 | 1.872                    |
| 8.00                  | 8.00                    | 650.27                  | 1.448                   | 0.554                    | 1-S2n     | 0.408            | 0.879              | 0.567            | 0.887               | 4.554                 | 2.036                    |
| 10.00                 | 10.00                   | 650.50                  | 1.678                   | 0.741                    | 1-S2n     | 0.472            | 1.020              | 0.674            | 1.001               | 4.785                 | 2.171                    |
| 12.00                 | 12.00                   | 650.72                  | 1.898                   | 0.939                    | 1-S2n     | 0.534            | 1.151              | 0.777            | 1.104               | 4.984                 | 2.285                    |
| 13.30                 | 13.30                   | 650.86                  | 2.039                   | 1.071                    | 1-S2n     | 0.572            | 1.233              | 0.841            | 1.166               | 5.101                 | 2.352                    |
| 16.00                 | 16.00                   | 651.15                  | 2.331                   | 1.352                    | 1-S2n     | 0.648            | 1.395              | 0.970            | 1.286               | 5.319                 | 2.475                    |
| 18.00                 | 18.00                   | 651.37                  | 2.551                   | 1.569                    | 5-S2n     | 0.703            | 1.509              | 1.063            | 1.367               | 5.464                 | 2.556                    |
| 20.00                 | 20.00                   | 651.60                  | 2.779                   | 1.793                    | 5-S2n     | 0.756            | 1.619              | 1.153            | 1.444               | 5.597                 | 2.630                    |

**\* Full Flow Headwater elevation is below inlet invert.**

\*\*\*\*\*

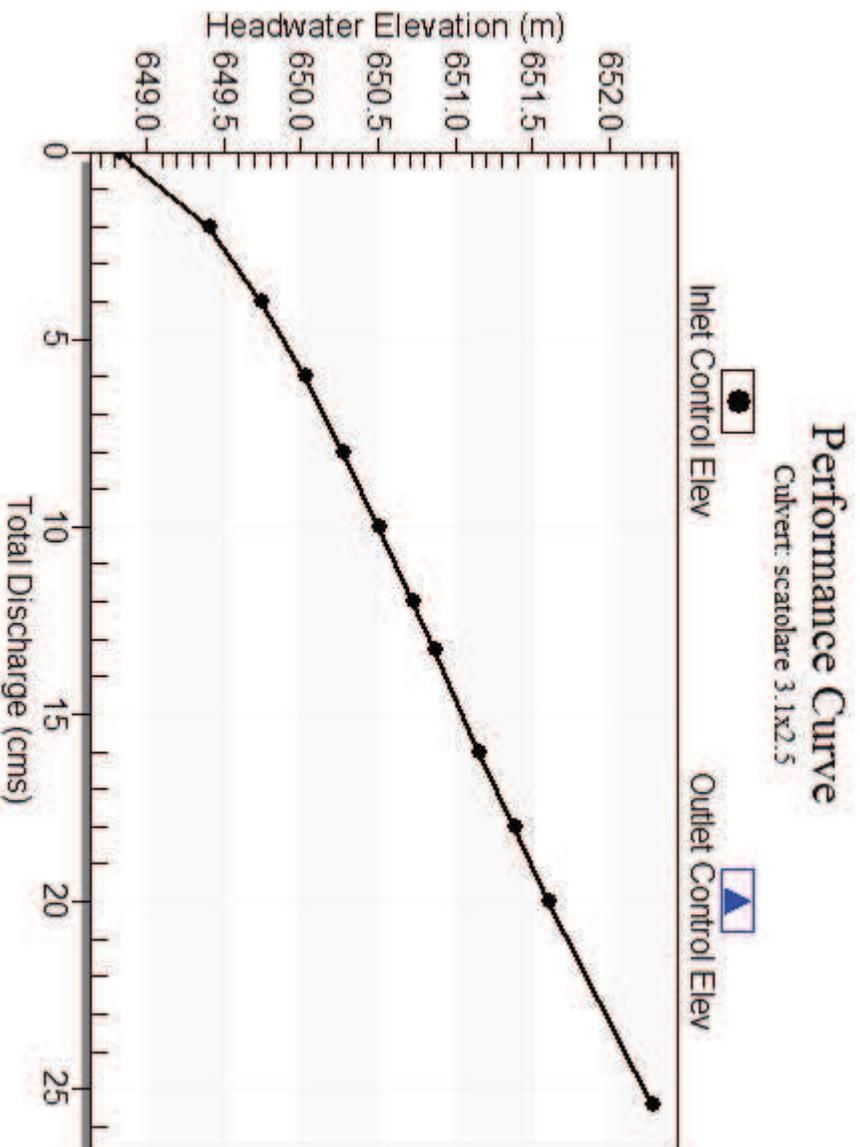
Straight Culvert

Inlet Elevation (invert): 648.82 m, Outlet Elevation (invert): 648.39 m

Culvert Length: 18.01 m, Culvert Slope: 0.0239

\*\*\*\*\*

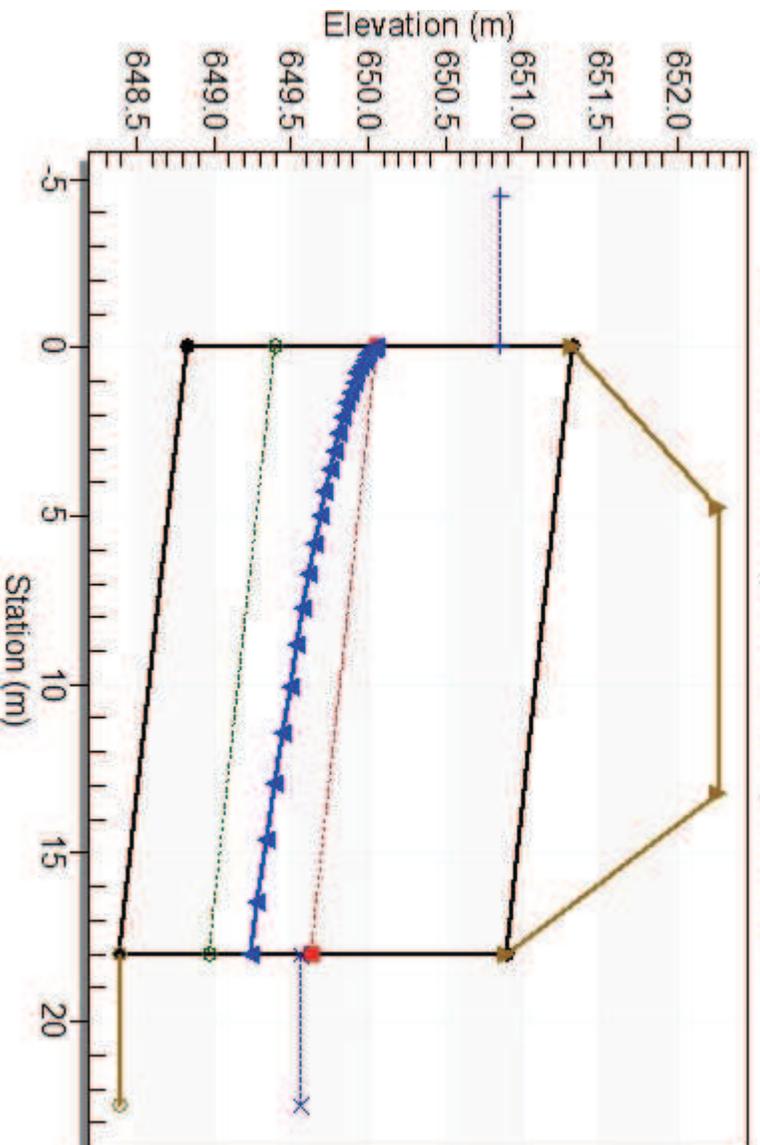
### Culvert Performance Curve Plot: scatolare 3.1x2.5



## Water Surface Profile Plot for Culvert: scatolare 3.1x2.5

### Crossing - Tombino T3, Design Discharge - 13.30 cms

Culvert - scatolare 3.1x2.5, Culvert Discharge - 13.30 cms



## Site Data - scatolare 3.1x2.5

Site Data Option: Culvert Invert Data

Inlet Station: 0.00 m

Inlet Elevation: 648.82 m

Outlet Station: 18.00 m

Outlet Elevation: 648.39 m

Number of Barrels: 1

## Culvert Data Summary - scatolare 3.1x2.5

Barrel Shape: Concrete Box

Barrel Span: 3100.00 mm

Barrel Rise: 2500.00 mm

Barrel Material: Concrete

Embedment: 0.00 mm

Barrel Manning's n: 0.0120

Culvert Type: Straight

Inlet Configuration: Square Edge (0° flare) Wingwall

Inlet Depression: None

**Table 3 - Downstream Channel Rating Curve (Crossing: Tombino T3)**

| Flow (cms) | Water Surface Elev (m) | Depth (m) | Velocity (m/s) | Shear (Pa) | Froude Number |
|------------|------------------------|-----------|----------------|------------|---------------|
| 0.00       | 648.39                 | 0.00      | 0.00           | 0.00       | 0.00          |
| 2.00       | 648.80                 | 0.41      | 1.33           | 27.81      | 0.72          |
| 4.00       | 648.99                 | 0.60      | 1.66           | 41.37      | 0.75          |
| 6.00       | 649.15                 | 0.76      | 1.87           | 51.93      | 0.77          |
| 8.00       | 649.28                 | 0.89      | 2.04           | 60.85      | 0.79          |
| 10.00      | 649.39                 | 1.00      | 2.17           | 68.69      | 0.80          |
| 12.00      | 649.49                 | 1.10      | 2.29           | 75.76      | 0.81          |
| 13.30      | 649.56                 | 1.17      | 2.35           | 80.02      | 0.81          |
| 16.00      | 649.68                 | 1.29      | 2.47           | 88.22      | 0.82          |
| 18.00      | 649.76                 | 1.37      | 2.56           | 93.82      | 0.82          |
| 20.00      | 649.83                 | 1.44      | 2.63           | 99.09      | 0.83          |

**Tailwater Channel Data - Tombino T3**

Tailwater Channel Option: Trapezoidal Channel

Bottom Width: 3.10 m

Side Slope (H:V): 1.50 ( \_:1)

Channel Slope: 0.0070

Channel Manning's n: 0.0300

Channel Invert Elevation: 648.39 m

**Roadway Data for Crossing: Tombino T3**

Roadway Profile Shape: Constant Roadway Elevation

Crest Length: 10.00 m

Crest Elevation: 652.27 m

Roadway Surface: Paved

Roadway Top Width: 8.50 m

**Tombino scatolare T4 (6.00 m x 3.00 m) a progr. Km 1+887.51 S.P. 125**

## **HY-8 Culvert Analysis Report**

### **Crossing Discharge Data**

Discharge Selection Method: Specify Minimum, Design, and Maximum Flow

Minimum Flow: 0 cms

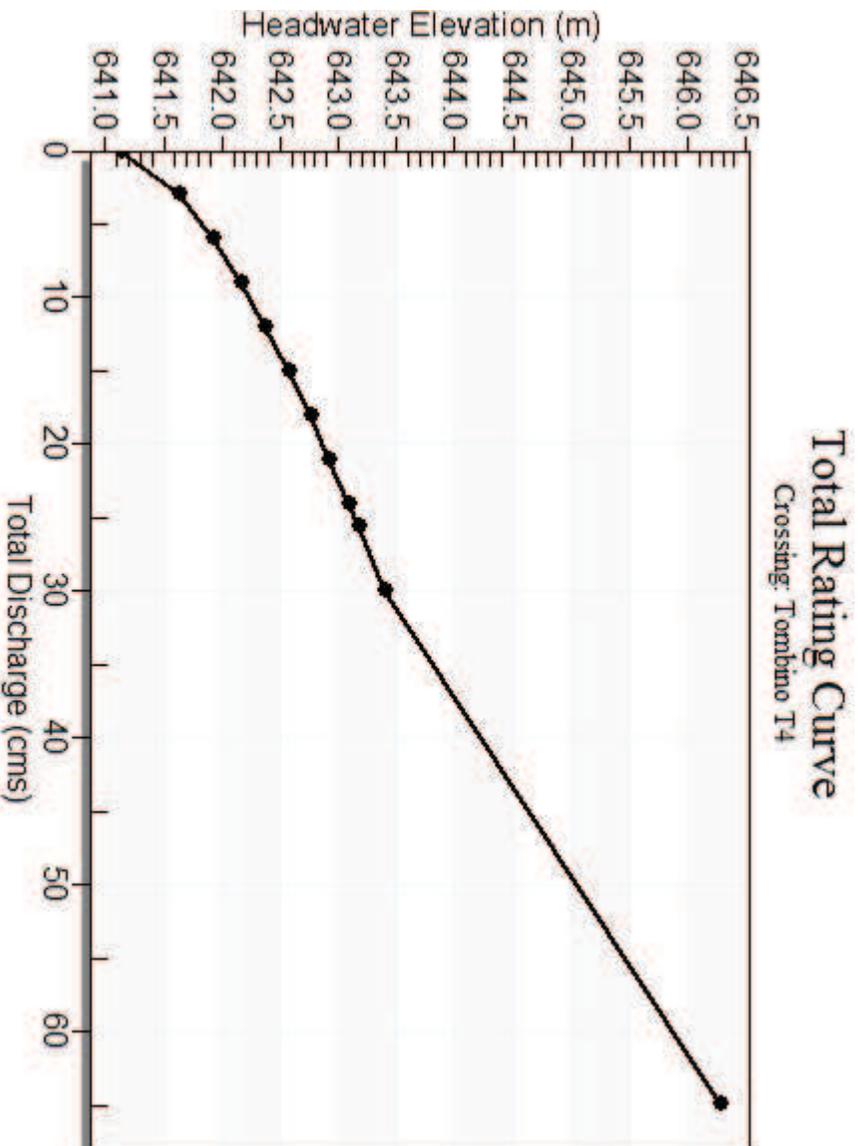
Design Flow: 25.6 cms

Maximum Flow: 30 cms

**Table 1 - Summary of Culvert Flows at Crossing: Tombino T4**

| Headwater Elevation (m) | Total Discharge (cms) | scatolare 6x3m Discharge (cms) | Roadway Discharge (cms) | Iterations  |
|-------------------------|-----------------------|--------------------------------|-------------------------|-------------|
| 641.14                  | 0.00                  | 0.00                           | 0.00                    | 1           |
| 641.63                  | 3.00                  | 3.00                           | 0.00                    | 1           |
| 641.92                  | 6.00                  | 6.00                           | 0.00                    | 1           |
| 642.16                  | 9.00                  | 9.00                           | 0.00                    | 1           |
| 642.37                  | 12.00                 | 12.00                          | 0.00                    | 1           |
| 642.57                  | 15.00                 | 15.00                          | 0.00                    | 1           |
| 642.75                  | 18.00                 | 18.00                          | 0.00                    | 1           |
| 642.92                  | 21.00                 | 21.00                          | 0.00                    | 1           |
| 643.08                  | 24.00                 | 24.00                          | 0.00                    | 1           |
| 643.17                  | 25.60                 | 25.60                          | 0.00                    | 1           |
| 643.40                  | 30.00                 | 30.00                          | 0.00                    | 1           |
| 645.30                  | 64.87                 | 64.87                          | 0.00                    | Overtopping |

## Rating Curve Plot for Crossing: Tombino T4



**Table 2 - Culvert Summary Table: scatolare 6x3m**

| Total Discharge (cms) | Culvert Discharge (cms) | Headwater Elevation (m) | Inlet Control Depth (m) | Outlet Control Depth (m) | Flow Type | Normal Depth (m) | Critical Depth (m) | Outlet Depth (m) | Tailwater Depth (m) | Outlet Velocity (m/s) | Tailwater Velocity (m/s) |
|-----------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|--------------------------|-----------|------------------|--------------------|------------------|---------------------|-----------------------|--------------------------|
| 0.00                  | 0.00                    | 641.14                  | 0.000                   | 0.000                    | 0-NF      | 0.000            | 0.000              | 0.000            | 0.000               | 0.000                 | 0.000                    |
| 3.00                  | 3.00                    | 641.63                  | 0.490                   | 0.0*                     | 1-S2n     | 0.148            | 0.294              | 0.166            | 0.261               | 3.014                 | 1.834                    |
| 6.00                  | 6.00                    | 641.92                  | 0.777                   | 0.027                    | 1-S2n     | 0.228            | 0.467              | 0.272            | 0.396               | 3.672                 | 2.368                    |
| 9.00                  | 9.00                    | 642.16                  | 1.019                   | 0.184                    | 1-S2n     | 0.293            | 0.612              | 0.370            | 0.505               | 4.055                 | 2.738                    |
| 12.00                 | 12.00                   | 642.37                  | 1.234                   | 0.331                    | 1-S2n     | 0.350            | 0.741              | 0.462            | 0.600               | 4.333                 | 3.028                    |
| 15.00                 | 15.00                   | 642.57                  | 1.432                   | 0.473                    | 1-S2n     | 0.404            | 0.860              | 0.548            | 0.686               | 4.561                 | 3.270                    |
| 18.00                 | 18.00                   | 642.75                  | 1.611                   | 0.611                    | 1-S2n     | 0.453            | 0.972              | 0.631            | 0.765               | 4.756                 | 3.479                    |
| 21.00                 | 21.00                   | 642.92                  | 1.780                   | 0.749                    | 1-S2n     | 0.500            | 1.077              | 0.710            | 0.838               | 4.927                 | 3.663                    |
| 24.00                 | 24.00                   | 643.08                  | 1.943                   | 0.887                    | 1-S2n     | 0.545            | 1.177              | 0.788            | 0.908               | 5.078                 | 3.828                    |
| 25.60                 | 25.60                   | 643.17                  | 2.028                   | 0.960                    | 1-S2n     | 0.567            | 1.229              | 0.828            | 0.943               | 5.154                 | 3.910                    |
| 30.00                 | 30.00                   | 643.40                  | 2.257                   | 1.165                    | 1-S2n     | 0.629            | 1.366              | 0.935            | 1.036               | 5.346                 | 4.117                    |

**\* Full Flow Headwater elevation is below inlet invert.**

\*\*\*\*\*

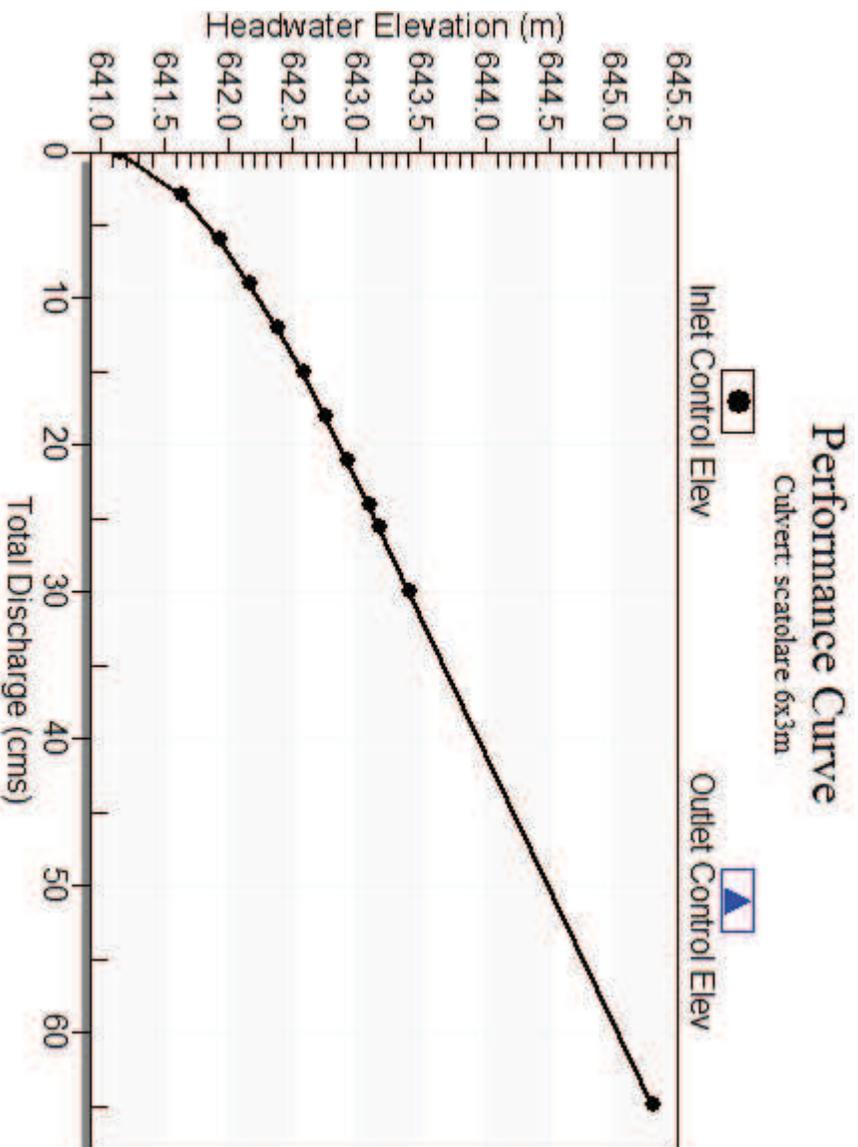
Straight Culvert

Inlet Elevation (invert): 641.14 m, Outlet Elevation (invert): 640.69 m

Culvert Length: 22.50 m, Culvert Slope: 0.0200

\*\*\*\*\*

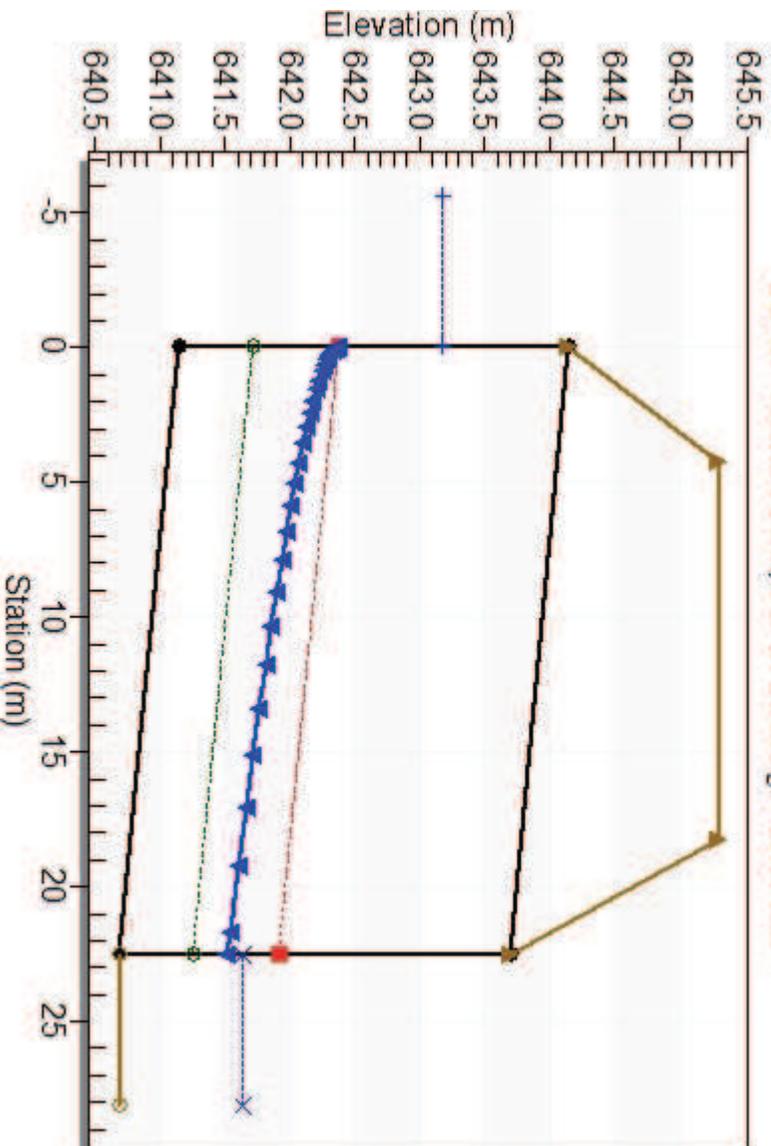
### Culvert Performance Curve Plot: scatolare 6x3m



## Water Surface Profile Plot for Culvert: scatolare 6x3m

### Crossing - Tombino T4, Design Discharge - 25.60 cms

Culvert - scatolare 6x3m, Culvert Discharge - 25.60 cms



## Site Data - scatolare 6x3m

Site Data Option: Culvert Invert Data

Inlet Station: 0.00 m

Inlet Elevation: 641.14 m

Outlet Station: 22.50 m

Outlet Elevation: 640.69 m

Number of Barrels: 1

## Culvert Data Summary - scatolare 6x3m

Barrel Shape: Concrete Box

Barrel Span: 6000.00 mm

Barrel Rise: 3000.00 mm

Barrel Material: Concrete

Embedment: 0.00 mm

Barrel Manning's n: 0.0120

Culvert Type: Straight

Inlet Configuration: Square Edge (0° flare) Wingwall

Inlet Depression: None

**Table 3 - Downstream Channel Rating Curve (Crossing: Tombino T4)**

| Flow (cms) | Water Surface Elev (m) | Depth (m) | Velocity (m/s) | Shear (Pa) | Froude Number |
|------------|------------------------|-----------|----------------|------------|---------------|
| 0.00       | 640.69                 | 0.00      | 0.00           | 0.00       | 0.00          |
| 3.00       | 640.95                 | 0.26      | 1.83           | 51.21      | 1.17          |
| 6.00       | 641.09                 | 0.40      | 2.37           | 77.67      | 1.24          |
| 9.00       | 641.20                 | 0.51      | 2.74           | 99.07      | 1.28          |
| 12.00      | 641.29                 | 0.60      | 3.03           | 117.71     | 1.30          |
| 15.00      | 641.38                 | 0.69      | 3.27           | 134.50     | 1.32          |
| 18.00      | 641.45                 | 0.76      | 3.48           | 149.95     | 1.34          |
| 21.00      | 641.53                 | 0.84      | 3.66           | 164.36     | 1.35          |
| 24.00      | 641.60                 | 0.91      | 3.83           | 177.93     | 1.36          |
| 25.60      | 641.63                 | 0.94      | 3.91           | 184.86     | 1.37          |
| 30.00      | 641.73                 | 1.04      | 4.12           | 203.05     | 1.38          |

**Tailwater Channel Data - Tombino T4**

Tailwater Channel Option: Trapezoidal Channel

Bottom Width: 6.00 m

Side Slope (H:V): 1.00 ( \_:1)

Channel Slope: 0.0200

Channel Manning's n: 0.0300

Channel Invert Elevation: 640.69 m

**Roadway Data for Crossing: Tombino T4**

Roadway Profile Shape: Constant Roadway Elevation

Crest Length: 22.50 m

Crest Elevation: 645.30 m

Roadway Surface: Paved

Roadway Top Width: 14.00 m

**Tombino scatolare T5 (3.00 m x 2.00 m) a progr. Km 0+636.51 S.S.131**

*N.B. Per il tombino T5 si riporta la verifica solo del primo tratto*

# **HY-8 Culvert Analysis Report**

### **Crossing Discharge Data**

Discharge Selection Method: Specify Minimum, Design, and Maximum Flow

Minimum Flow: 0 cms

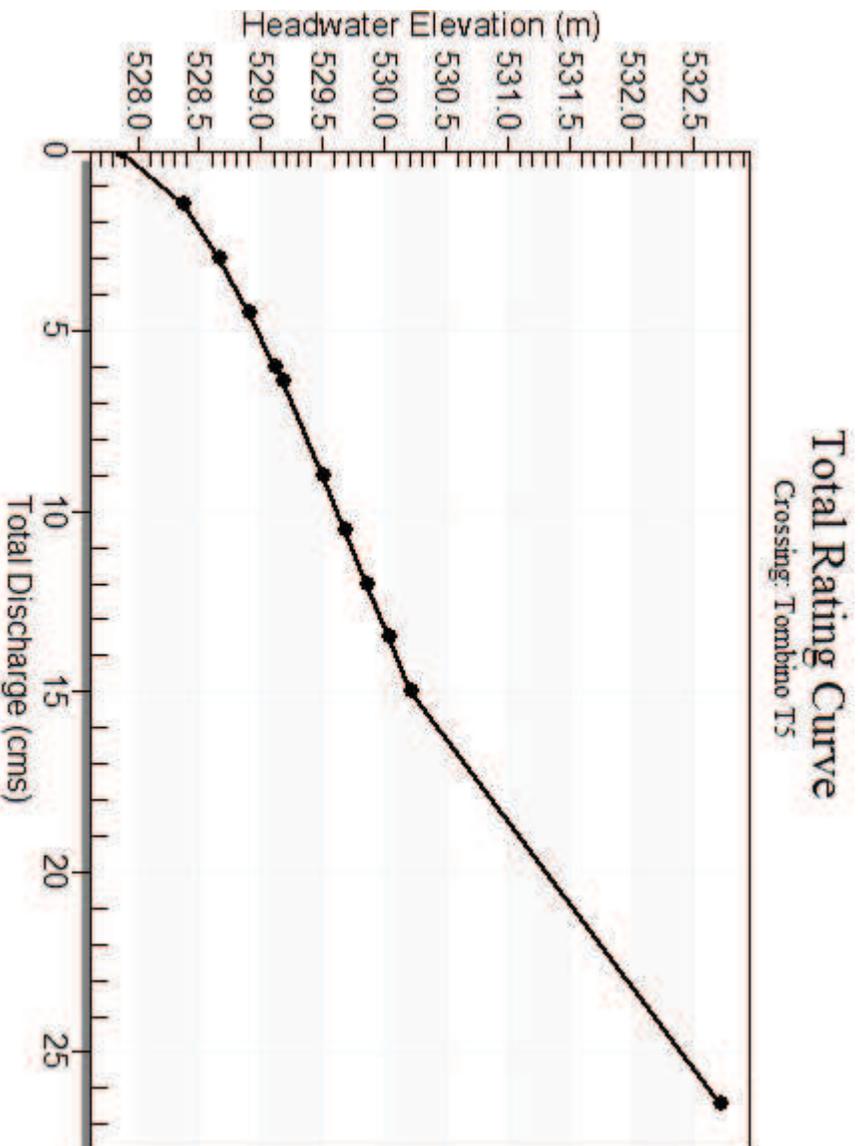
Design Flow: 6.4 cms

Maximum Flow: 15 cms

**Table 1 - Summary of Culvert Flows at Crossing: Tombino T5**

| Headwater Elevation (m) | Total Discharge (cms) | scatolare 3x2m Discharge (cms) | Roadway Discharge (cms) | Iterations  |
|-------------------------|-----------------------|--------------------------------|-------------------------|-------------|
| 527.87                  | 0.00                  | 0.00                           | 0.00                    | 1           |
| 528.36                  | 1.50                  | 1.50                           | 0.00                    | 1           |
| 528.65                  | 3.00                  | 3.00                           | 0.00                    | 1           |
| 528.90                  | 4.50                  | 4.50                           | 0.00                    | 1           |
| 529.11                  | 6.00                  | 6.00                           | 0.00                    | 1           |
| 529.17                  | 6.40                  | 6.40                           | 0.00                    | 1           |
| 529.49                  | 9.00                  | 9.00                           | 0.00                    | 1           |
| 529.67                  | 10.50                 | 10.50                          | 0.00                    | 1           |
| 529.85                  | 12.00                 | 12.00                          | 0.00                    | 1           |
| 530.02                  | 13.50                 | 13.50                          | 0.00                    | 1           |
| 530.20                  | 15.00                 | 15.00                          | 0.00                    | 1           |
| 531.97                  | 26.42                 | 26.42                          | 0.00                    | Overtopping |

## Rating Curve Plot for Crossing: Tombino T5



**Table 2 - Culvert Summary Table: scatolare 3x2m**

| Total Discharge (cms) | Culvert Discharge (cms) | Headwater Elevation (m) | Inlet Control Depth (m) | Outlet Control Depth (m) | Flow Type | Normal Depth (m) | Critical Depth (m) | Outlet Depth (m) | Tailwater Depth (m) | Outlet Velocity (m/s) | Tailwater Velocity (m/s) |
|-----------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|--------------------------|-----------|------------------|--------------------|------------------|---------------------|-----------------------|--------------------------|
| 0.00                  | 0.00                    | 527.87                  | 0.000                   | 0.000                    | 0-NF      | 0.000            | 0.000              | 0.000            | 0.000               | 0.000                 | 0.000                    |
| 1.50                  | 1.50                    | 528.36                  | 0.494                   | 0.0*                     | 1-S2n     | 0.148            | 0.294              | 0.162            | 0.156               | 3.092                 | 3.200                    |
| 3.00                  | 3.00                    | 528.65                  | 0.785                   | 0.0*                     | 1-S2n     | 0.229            | 0.467              | 0.267            | 0.242               | 3.752                 | 4.139                    |
| 4.50                  | 4.50                    | 528.90                  | 1.028                   | 0.119                    | 1-S2n     | 0.297            | 0.612              | 0.362            | 0.313               | 4.139                 | 4.790                    |
| 6.00                  | 6.00                    | 529.11                  | 1.241                   | 0.285                    | 1-S2n     | 0.358            | 0.741              | 0.452            | 0.377               | 4.428                 | 5.299                    |
| 6.40                  | 6.40                    | 529.17                  | 1.295                   | 0.329                    | 1-S2n     | 0.373            | 0.774              | 0.475            | 0.394               | 4.489                 | 5.420                    |
| 9.00                  | 9.00                    | 529.49                  | 1.623                   | 0.619                    | 1-S2n     | 0.467            | 0.972              | 0.619            | 0.493               | 4.845                 | 6.085                    |
| 10.50                 | 10.50                   | 529.67                  | 1.800                   | 0.792                    | 1-S2n     | 0.518            | 1.077              | 0.698            | 0.547               | 5.013                 | 6.404                    |
| 12.00                 | 12.00                   | 529.85                  | 1.976                   | 0.971                    | 1-S2n     | 0.567            | 1.177              | 0.775            | 0.598               | 5.163                 | 6.689                    |
| 13.50                 | 13.50                   | 530.02                  | 2.152                   | 1.156                    | 5-S2n     | 0.614            | 1.273              | 0.849            | 0.648               | 5.300                 | 6.946                    |
| 15.00                 | 15.00                   | 530.20                  | 2.334                   | 1.348                    | 5-S2n     | 0.660            | 1.366              | 0.921            | 0.696               | 5.426                 | 7.181                    |

**\* Full Flow Headwater elevation is below inlet invert.**

\*\*\*\*\*

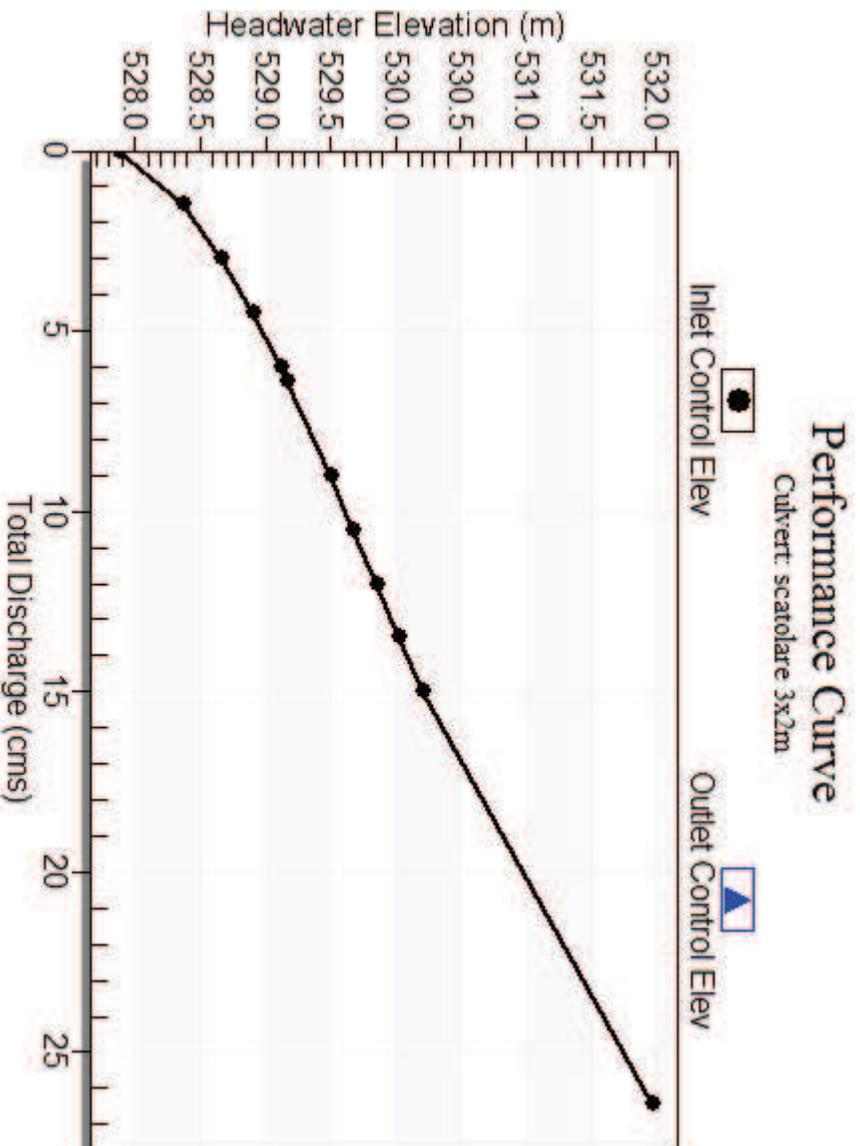
Straight Culvert

Inlet Elevation (invert): 527.87 m, Outlet Elevation (invert): 527.33 m

Culvert Length: 25.01 m, Culvert Slope: 0.0216

\*\*\*\*\*

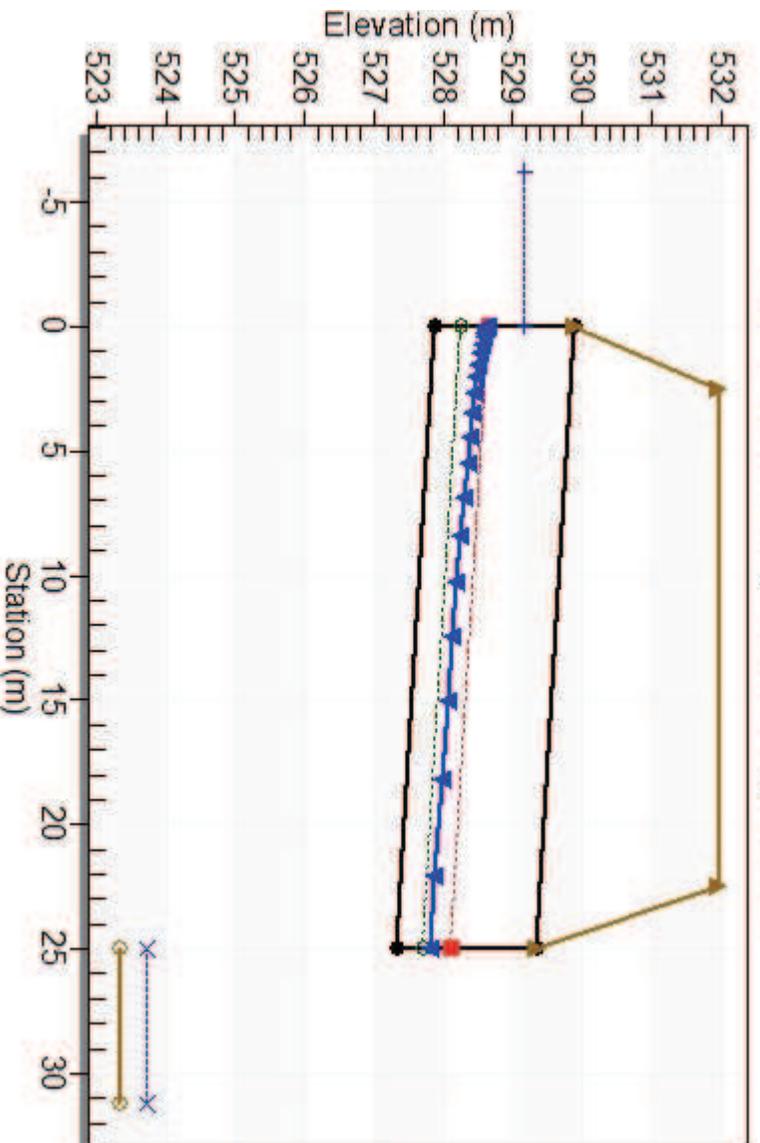
### Culvert Performance Curve Plot: scatolare 3x2m



## Water Surface Profile Plot for Culvert: scatolare 3x2m

### Crossing - Tombino T5, Design Discharge - 6.40 cms

Culvert - scatolare 3x2m, Culvert Discharge - 6.40 cms



## Site Data - scatolare 3x2m

Site Data Option: Culvert Invert Data

Inlet Station: 0.00 m

Inlet Elevation: 527.87 m

Outlet Station: 25.00 m

Outlet Elevation: 527.33 m

Number of Barrels: 1

## Culvert Data Summary - scatolare 3x2m

Barrel Shape: Concrete Box

Barrel Span: 3000.00 mm

Barrel Rise: 2000.00 mm

Barrel Material: Concrete

Embedment: 0.00 mm

Barrel Manning's n: 0.0120

Culvert Type: Straight

Inlet Configuration: Square Edge (90°) Headwall

Inlet Depression: None

| Flow (cms) | Water Surface Elev (m) | Depth (m) | Velocity (m/s) | Shear (Pa) | Froude Number |
|------------|------------------------|-----------|----------------|------------|---------------|
| 0.00       | 523.33                 | 0.00      | 0.00           | 0.00       | 0.00          |
| 1.50       | 523.49                 | 0.16      | 3.20           | 30.63      | 2.58          |
| 3.00       | 523.57                 | 0.24      | 4.14           | 47.36      | 2.69          |
| 4.50       | 523.64                 | 0.31      | 4.79           | 61.39      | 2.73          |
| 6.00       | 523.71                 | 0.38      | 5.30           | 73.99      | 2.75          |
| 6.40       | 523.72                 | 0.39      | 5.42           | 77.17      | 2.76          |
| 9.00       | 523.82                 | 0.49      | 6.09           | 96.65      | 2.77          |
| 10.50      | 523.88                 | 0.55      | 6.40           | 107.14     | 2.77          |
| 12.00      | 523.93                 | 0.60      | 6.69           | 117.23     | 2.76          |
| 13.50      | 523.98                 | 0.65      | 6.95           | 127.01     | 2.75          |
| 15.00      | 524.03                 | 0.70      | 7.18           | 136.51     | 2.75          |

**Table 3 - Downstream Channel Rating Curve (Crossing: Tombino T5 )**

**Tailwater Channel Data - Tombino T5**

Tailwater Channel Option: Rectangular Channel  
Bottom Width: 3.00 m  
Channel Slope: 0.0200  
Channel Manning's n: 0.0120  
Channel Invert Elevation: 523.33 m

**Roadway Data for Crossing: Tombino T5**

Roadway Profile Shape: Constant Roadway Elevation  
Crest Length: 25.00 m  
Crest Elevation: 531.97 m  
Roadway Surface: Paved  
Roadway Top Width: 20.00 m

## **ALLEGATO B**

# **VERIFICHE OPERE DI RACCOLTA ACQUE DI PIATTAFORMA ED DI ATTRVERSAMENTO MINORI**

## **Svincolo di Bonorva Nord**

**Tombino scatolare T6 (3.00 m x 2.00 m) a progr. Km 1+156.70 SS 131**

*N.B. Il tombino T6 essendo un tombino di raccordo dei fossi di guardia è stato verificato per una portata Q con TR=50 anni*

|                  | i           | Dim.interne | tc        | L carr. | S.carr. | S.scarpata | A. esterne verdi | Q.totale | TR (anni) |
|------------------|-------------|-------------|-----------|---------|---------|------------|------------------|----------|-----------|
|                  | %           | mm          | min.      | m       | m2      | m2         | m2               | l/s      |           |
| <b>TOMBINO 6</b> | Bonova Nord | 0.50        | 3000x2000 | 10.00   | 79\14   | 8476.00    | 12176            | 585      | 50        |

## HY-8 Culvert Analysis Report

### **Crossing Discharge Data**

Discharge Selection Method: Specify Minimum, Design, and Maximum Flow

Minimum Flow: 0 cms

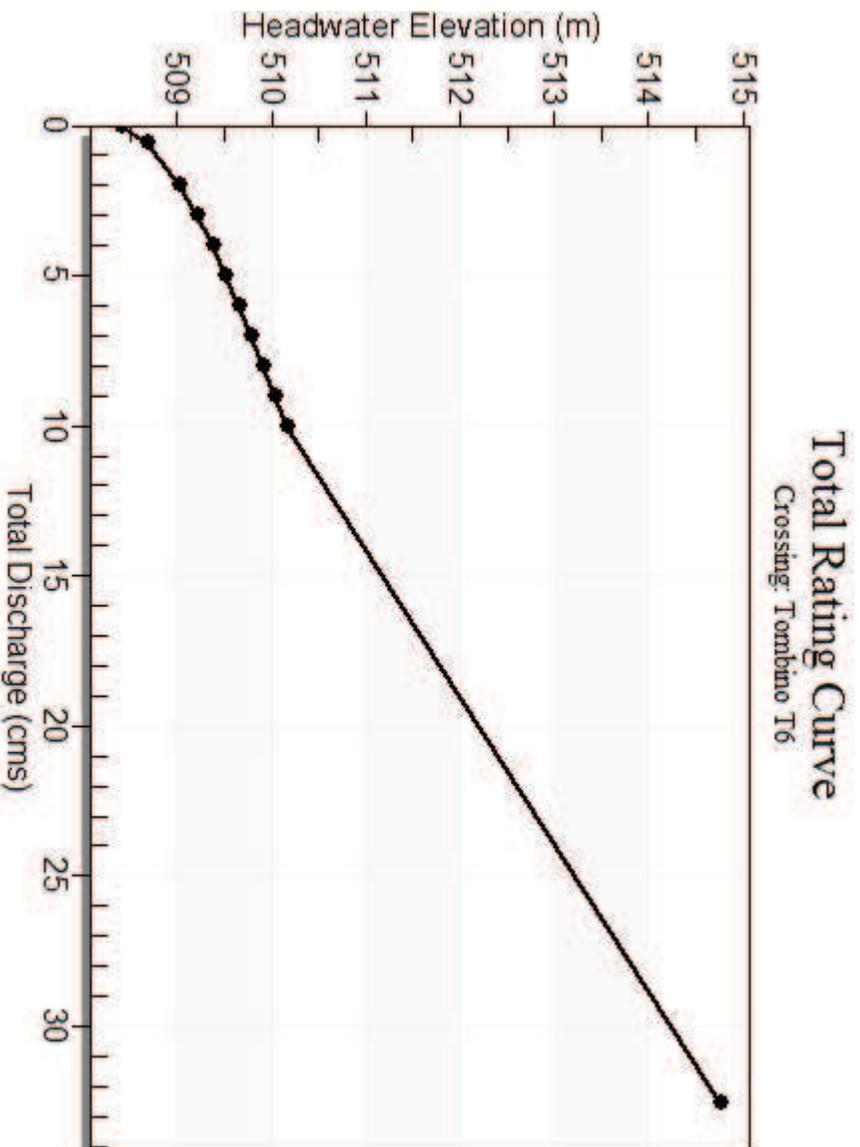
Design Flow: 0.6 cms

Maximum Flow: 10 cms

**Table 1 - Summary of Culvert Flows at Crossing: Tombino T6**

| Headwater Elevation (m) | Total Discharge (cms) | scatolare 3x2m Discharge (cms) | Roadway Discharge (cms) | Iterations  |
|-------------------------|-----------------------|--------------------------------|-------------------------|-------------|
| 508.41                  | 0.00                  | 0.00                           | 0.00                    | 1           |
| 508.68                  | 0.60                  | 0.60                           | 0.00                    | 1           |
| 509.01                  | 2.00                  | 2.00                           | 0.00                    | 1           |
| 509.20                  | 3.00                  | 3.00                           | 0.00                    | 1           |
| 509.36                  | 4.00                  | 4.00                           | 0.00                    | 1           |
| 509.51                  | 5.00                  | 5.00                           | 0.00                    | 1           |
| 509.65                  | 6.00                  | 6.00                           | 0.00                    | 1           |
| 509.78                  | 7.00                  | 7.00                           | 0.00                    | 1           |
| 509.91                  | 8.00                  | 8.00                           | 0.00                    | 1           |
| 510.03                  | 9.00                  | 9.00                           | 0.00                    | 1           |
| 510.16                  | 10.00                 | 10.00                          | 0.00                    | 1           |
| 514.43                  | 32.57                 | 32.57                          | 0.00                    | Overtopping |

## Rating Curve Plot for Crossing: Tombino T6



**Table 2 - Culvert Summary Table: scatolare 3x2m**

| Total Discharge (cms) | Culvert Discharge (cms) | Headwater Elevation (m) | Inlet Control Depth (m) | Outlet Control Depth (m) | Flow Type | Normal Depth (m) | Critical Depth (m) | Outlet Depth (m) | Tailwater Depth (m) | Outlet Velocity (m/s) | Tailwater Velocity (m/s) |
|-----------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|--------------------------|-----------|------------------|--------------------|------------------|---------------------|-----------------------|--------------------------|
| 0.00                  | 0.00                    | 508.41                  | 0.000                   | 0.000                    | 0-NF      | 0.000            | 0.000              | 0.180            | 0.180               | 0.000                 | 0.000                    |
| 0.60                  | 0.60                    | 508.68                  | 0.269                   | 0.0*                     | 1-S2n     | 0.117            | 0.160              | 0.117            | 0.180               | 1.714                 | 0.000                    |
| 2.00                  | 2.00                    | 509.01                  | 0.601                   | 0.077                    | 1-S2n     | 0.251            | 0.356              | 0.263            | 0.180               | 2.539                 | 0.000                    |
| 3.00                  | 3.00                    | 509.20                  | 0.788                   | 0.202                    | 1-S2n     | 0.325            | 0.467              | 0.345            | 0.180               | 2.898                 | 0.000                    |
| 4.00                  | 4.00                    | 509.36                  | 0.955                   | 0.319                    | 1-S2n     | 0.392            | 0.566              | 0.424            | 0.180               | 3.148                 | 0.000                    |
| 5.00                  | 5.00                    | 509.51                  | 1.101                   | 0.435                    | 1-S2n     | 0.455            | 0.657              | 0.496            | 0.180               | 3.363                 | 0.000                    |
| 6.00                  | 6.00                    | 509.65                  | 1.237                   | 0.549                    | 1-S2n     | 0.513            | 0.741              | 0.564            | 0.180               | 3.544                 | 0.000                    |
| 7.00                  | 7.00                    | 509.78                  | 1.369                   | 0.665                    | 1-S2n     | 0.569            | 0.822              | 0.631            | 0.180               | 3.699                 | 0.000                    |
| 8.00                  | 8.00                    | 509.91                  | 1.496                   | 0.782                    | 1-S2n     | 0.623            | 0.898              | 0.695            | 0.180               | 3.838                 | 0.000                    |
| 9.00                  | 9.00                    | 510.03                  | 1.622                   | 0.902                    | 1-S2n     | 0.676            | 0.972              | 0.757            | 0.180               | 3.965                 | 0.000                    |
| 10.00                 | 10.00                   | 510.16                  | 1.747                   | 1.024                    | 1-S2n     | 0.727            | 1.042              | 0.817            | 0.180               | 4.078                 | 0.000                    |

**\* Full Flow Headwater elevation is below inlet invert.**

\*\*\*\*\*

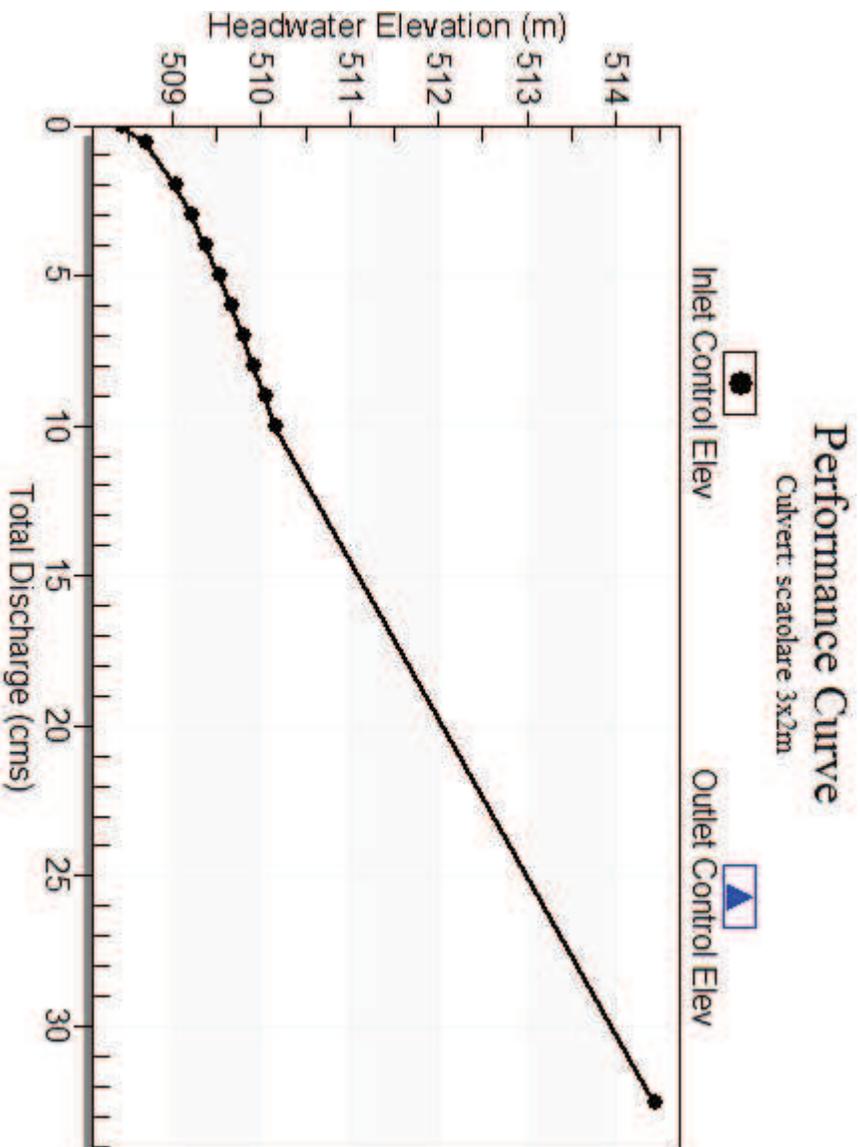
Straight Culvert

Inlet Elevation (invert): 508.41 m, Outlet Elevation (invert): 508.12 m

Culvert Length: 40.00 m, Culvert Slope: 0.0073

\*\*\*\*\*

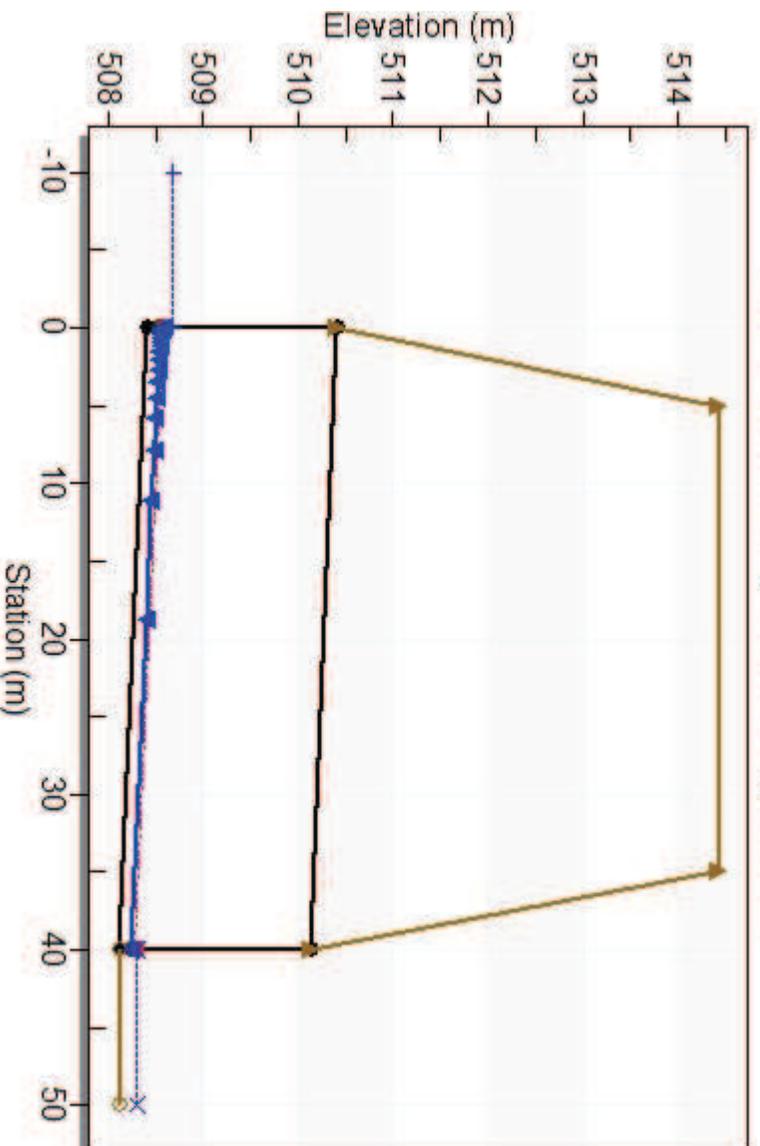
### Culvert Performance Curve Plot: scatolare 3x2m



## Water Surface Profile Plot for Culvert: scatolare 3x2m

### Crossing - Tombino T6, Design Discharge - 0.60 cms

Culvert - scatolare 3x2m, Culvert Discharge - 0.60 cms



## Site Data - scatolare 3x2m

Site Data Option: Culvert Invert Data

Inlet Station: 0.00 m

Inlet Elevation: 508.41 m

Outlet Station: 40.00 m

Outlet Elevation: 508.12 m

Number of Barrels: 1

## Culvert Data Summary - scatolare 3x2m

Barrel Shape: Concrete Box

Barrel Span: 3000.00 mm

Barrel Rise: 2000.00 mm

Barrel Material: Concrete

Embedment: 0.00 mm

Barrel Manning's n: 0.0120

Culvert Type: Straight

Inlet Configuration: Square Edge (0° flare) Wingwall

Inlet Depression: None

**Table 3 - Downstream Channel Rating Curve (Crossing: Tombino T6)**

| Flow (cms) | Water Surface Elev (m) | Depth (m) |
|------------|------------------------|-----------|
| 0.00       | 508.30                 | 0.18      |
| 21.19      | 508.30                 | 0.18      |
| 70.63      | 508.30                 | 0.18      |
| 105.94     | 508.30                 | 0.18      |
| 141.26     | 508.30                 | 0.18      |
| 176.57     | 508.30                 | 0.18      |
| 211.89     | 508.30                 | 0.18      |
| 247.20     | 508.30                 | 0.18      |
| 282.52     | 508.30                 | 0.18      |
| 317.83     | 508.30                 | 0.18      |
| 353.15     | 508.30                 | 0.18      |

**Tailwater Channel Data - Tombino T6**

Tailwater Channel Option: Enter Constant Tailwater Elevation

Constant Tailwater Elevation: 508.30 m

**Roadway Data for Crossing: Tombino T6**

Roadway Profile Shape: Constant Roadway Elevation

Crest Length: 62.00 m

Crest Elevation: 514.43 m

Roadway Surface: Paved

Roadway Top Width: 30.00 m

*Tombino circolare C5 – D1200 mm (interpoderale 1)*

*N.B. Tombino che intercetta la portata in uscita dalla vasca di trattamento delle acque meteoriche di Bononva Nord*

## **HY-8 Culvert Analysis Report**

### **Crossing Discharge Data**

Discharge Selection Method: Specify Minimum, Design, and Maximum Flow

Minimum Flow: 0 cms

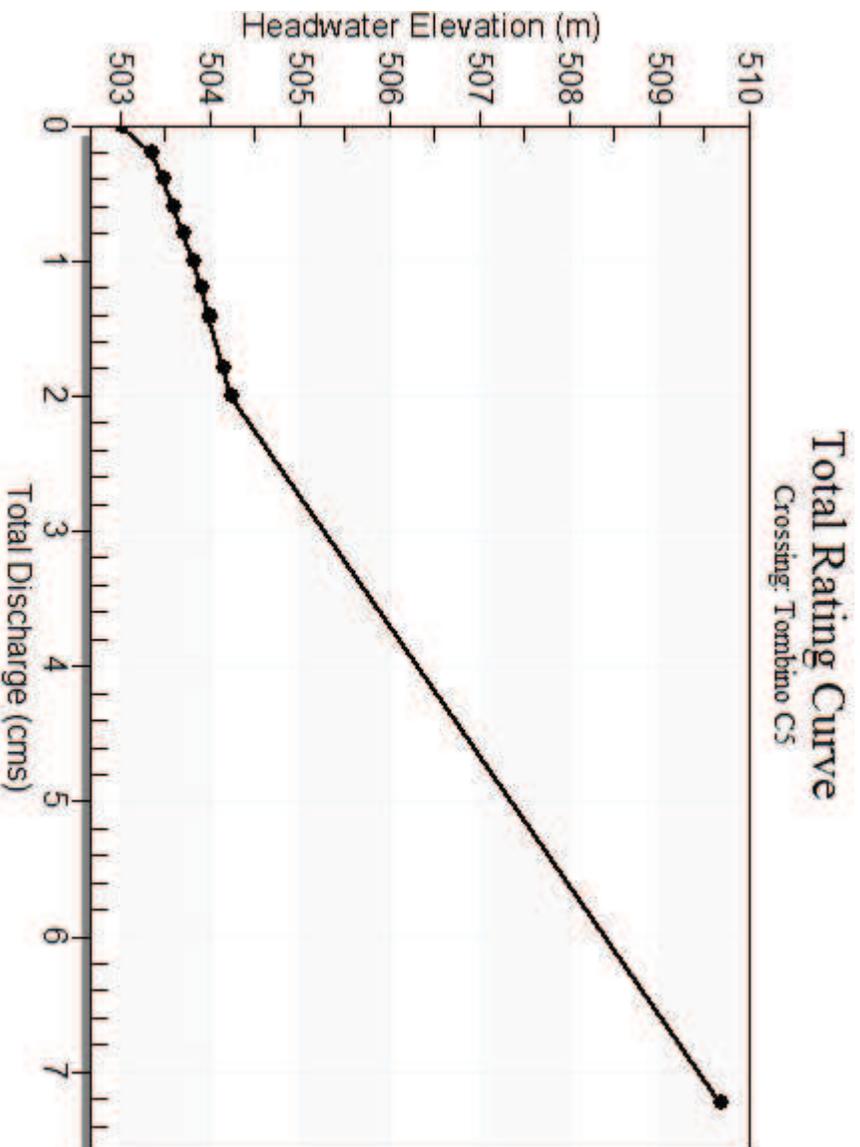
Design Flow: 1.42 cms

Maximum Flow: 2 cms

**Table 1 - Summary of Culvert Flows at Crossing: Tombino C5**

| Headwater Elevation (m) | Total Discharge (cms) | circolare DN 1200 Discharge (cms) | Roadway Discharge (cms) | Iterations  |
|-------------------------|-----------------------|-----------------------------------|-------------------------|-------------|
| 503.02                  | 0.00                  | 0.00                              | 0.00                    | 1           |
| 503.34                  | 0.20                  | 0.20                              | 0.00                    | 1           |
| 503.48                  | 0.40                  | 0.40                              | 0.00                    | 1           |
| 503.59                  | 0.60                  | 0.60                              | 0.00                    | 1           |
| 503.70                  | 0.80                  | 0.80                              | 0.00                    | 1           |
| 503.80                  | 1.00                  | 1.00                              | 0.00                    | 1           |
| 503.89                  | 1.20                  | 1.20                              | 0.00                    | 1           |
| 503.98                  | 1.40                  | 1.40                              | 0.00                    | 1           |
| 503.99                  | 1.42                  | 1.42                              | 0.00                    | 1           |
| 504.14                  | 1.80                  | 1.80                              | 0.00                    | 1           |
| 504.23                  | 2.00                  | 2.00                              | 0.00                    | 1           |
| 509.32                  | 7.23                  | 7.23                              | 0.00                    | Overtopping |

## Rating Curve Plot for Crossing: Tombino C5



**Table 2 - Culvert Summary Table: circolare DN 1200**

| Total Discharge (cms) | Culvert Discharge (cms) | Headwater Elevation (m) | Inlet Control Depth (m) | Outlet Control Depth (m) | Flow Type | Normal Depth (m) | Critical Depth (m) | Outlet Depth (m) | Tailwater Depth (m) | Outlet Velocity (m/s) | Tailwater Velocity (m/s) |
|-----------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|--------------------------|-----------|------------------|--------------------|------------------|---------------------|-----------------------|--------------------------|
| 0.00                  | 0.00                    | 503.02                  | 0.000                   | 0.000                    | 0-NF      | 0.000            | 0.000              | 0.000            | 0.000               | 0.000                 | 0.000                    |
| 0.20                  | 0.20                    | 503.34                  | 0.319                   | 0.0*                     | 1-S2n     | 0.165            | 0.235              | 0.172            | 0.088               | 1.930                 | 1.709                    |
| 0.40                  | 0.40                    | 503.48                  | 0.458                   | 0.058                    | 1-S2n     | 0.231            | 0.336              | 0.245            | 0.132               | 2.327                 | 2.166                    |
| 0.60                  | 0.60                    | 503.59                  | 0.569                   | 0.151                    | 1-S2n     | 0.283            | 0.414              | 0.304            | 0.167               | 2.567                 | 2.475                    |
| 0.80                  | 0.80                    | 503.70                  | 0.677                   | 0.238                    | 1-S2n     | 0.328            | 0.481              | 0.357            | 0.197               | 2.736                 | 2.712                    |
| 1.00                  | 1.00                    | 503.80                  | 0.779                   | 0.325                    | 1-S2n     | 0.368            | 0.542              | 0.403            | 0.224               | 2.892                 | 2.908                    |
| 1.20                  | 1.20                    | 503.89                  | 0.871                   | 0.411                    | 1-S2n     | 0.405            | 0.596              | 0.448            | 0.248               | 3.013                 | 3.075                    |
| 1.40                  | 1.40                    | 503.98                  | 0.958                   | 0.498                    | 1-S2n     | 0.440            | 0.645              | 0.489            | 0.271               | 3.123                 | 3.222                    |
| 1.42                  | 1.42                    | 503.99                  | 0.966                   | 0.507                    | 1-S2n     | 0.443            | 0.649              | 0.493            | 0.273               | 3.133                 | 3.236                    |
| 1.80                  | 1.80                    | 504.14                  | 1.125                   | 0.682                    | 1-S2n     | 0.505            | 0.736              | 0.566            | 0.311               | 3.318                 | 3.471                    |
| 2.00                  | 2.00                    | 504.23                  | 1.210                   | 0.779                    | 5-S2n     | 0.536            | 0.776              | 0.603            | 0.330               | 3.402                 | 3.579                    |

**\* Full Flow Headwater elevation is below inlet invert.**

\*\*\*\*\*

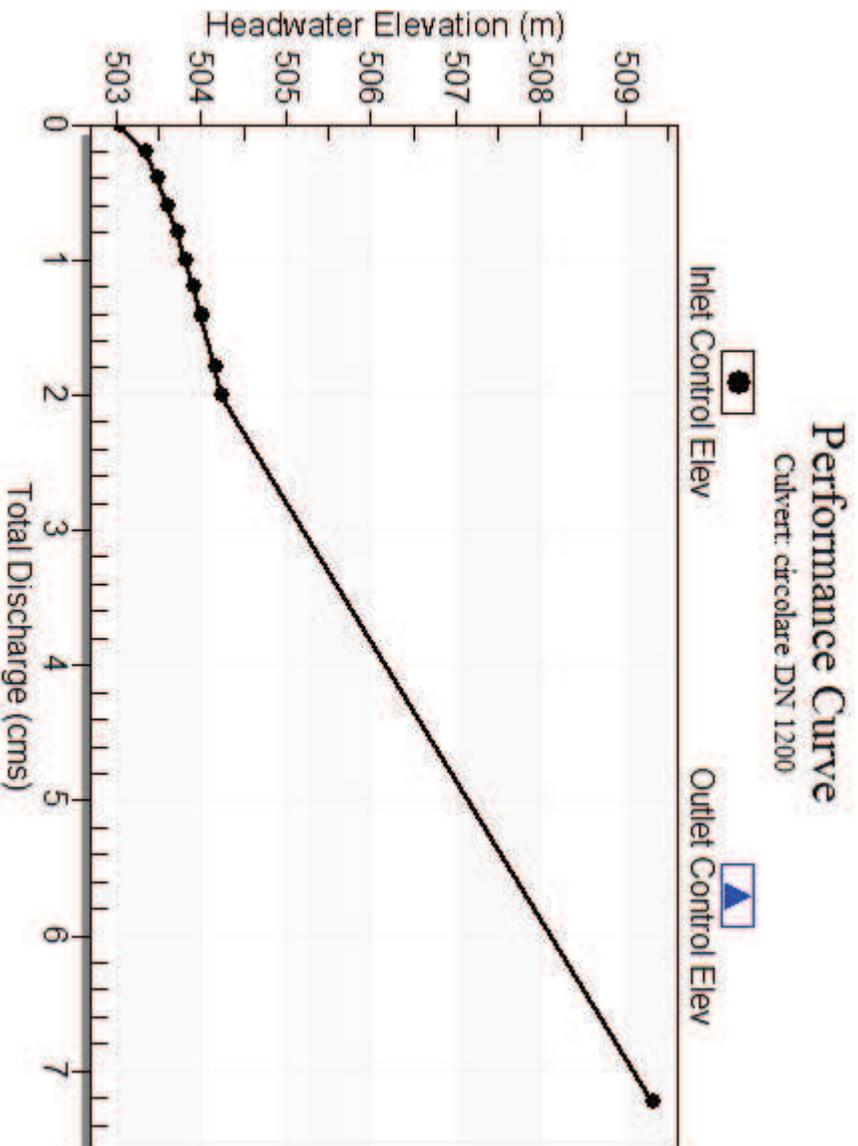
Straight Culvert

Inlet Elevation (invert): 503.02 m, Outlet Elevation (invert): 502.73 m

Culvert Length: 24.00 m, Culvert Slope: 0.0121

\*\*\*\*\*

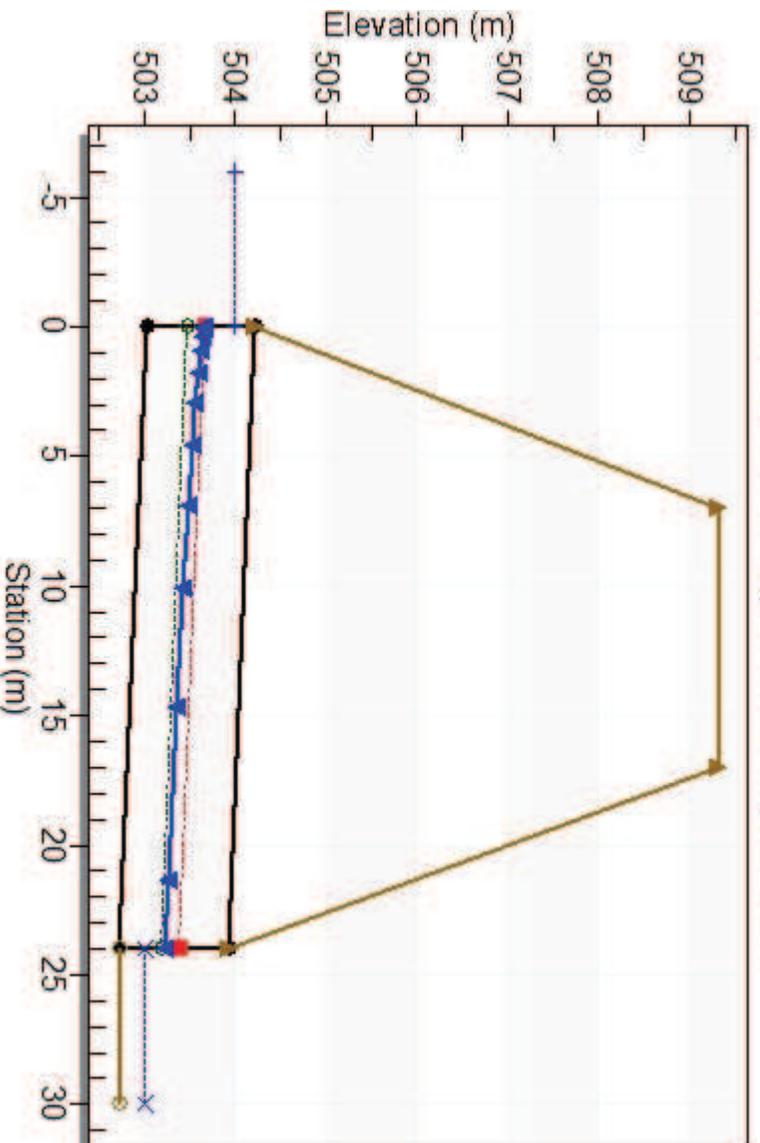
### Culvert Performance Curve Plot: circolare DN 1200



## Water Surface Profile Plot for Culvert: circolare DN 1200

### Crossing - Tombino C5, Design Discharge - 1.42 cms

Culvert - circolare DN 1200, Culvert Discharge - 1.42 cms



## Site Data - circolare DN 1200

Site Data Option: Culvert Invert Data

Inlet Station: 0.00 m

Inlet Elevation: 503.02 m

Outlet Station: 24.00 m

Outlet Elevation: 502.73 m

Number of Barrels: 1

## Culvert Data Summary - circolare DN 1200

Barrel Shape: Circular

Barrel Diameter: 1200.00 mm

Barrel Material:

Embedment: 0.00 mm

Barrel Manning's n: 0.0120

Culvert Type: Straight

Inlet Configuration: Square Edge with Headwall

Inlet Depression: None

**Table 3 - Downstream Channel Rating Curve (Crossing: Tombino C5)**

| Flow (cms) | Water Surface Elev (m) | Depth (m) | Velocity (m/s) | Shear (Pa) | Froude Number |
|------------|------------------------|-----------|----------------|------------|---------------|
| 0.00       | 502.73                 | 0.00      | 0.00           | 0.00       | 0.00          |
| 0.20       | 502.82                 | 0.09      | 1.71           | 68.90      | 1.93          |
| 0.40       | 502.86                 | 0.13      | 2.17           | 103.56     | 2.03          |
| 0.60       | 502.90                 | 0.17      | 2.47           | 131.05     | 2.09          |
| 0.80       | 502.93                 | 0.20      | 2.71           | 154.63     | 2.13          |
| 1.00       | 502.95                 | 0.22      | 2.91           | 175.57     | 2.17          |
| 1.20       | 502.98                 | 0.25      | 3.08           | 194.61     | 2.19          |
| 1.40       | 503.00                 | 0.27      | 3.22           | 212.19     | 2.21          |
| 1.42       | 503.00                 | 0.27      | 3.24           | 213.88     | 2.21          |
| 1.80       | 503.04                 | 0.31      | 3.47           | 243.98     | 2.25          |
| 2.00       | 503.06                 | 0.33      | 3.58           | 258.56     | 2.26          |

**Tailwater Channel Data - Tombino C5**

Tailwater Channel Option: Trapezoidal Channel

Bottom Width: 1.20 m

Side Slope (H:V): 1.50 ( \_:1)

Channel Slope: 0.0800

Channel Manning's n: 0.0300

Channel Invert Elevation: 502.73 m

**Roadway Data for Crossing: Tombino C5**

Roadway Profile Shape: Constant Roadway Elevation

Crest Length: 15.00 m

Crest Elevation: 509.32 m

Roadway Surface: Paved

Roadway Top Width: 10.00 m

### *Tombino circolare C3 – D800mm (Attraversamento-Rampa B)*

*N.B. Si riporta solo la verifica del tombino circolare C3 D800mm, in quanto ha un bacino maggiore (piattaforma stradale+aree esterne) rispetto a tutti gli altri tombini circolari presenti in Bonorva Nord, ed essendo un tombino di raccordo dei fossi di guardia la verifica viene effettuata per una portata Q con Tr=50 anni.*

|            | i<br>%      | Dirr.interne<br>mm | tc<br>min. | L carr.<br>m | S.carr.<br>m2 | S.scarpata<br>m2 | A. esterne verdi<br>m2 | Q.totale<br>l/s | TR (anni) |
|------------|-------------|--------------------|------------|--------------|---------------|------------------|------------------------|-----------------|-----------|
| TOMBINO C3 | Bonova Nord | 3.70               | 800        | 10.0         | 0\4.5         | 225.00           | 2108.7                 | 228             | 50        |

## HY-8 Culvert Analysis Report

### **Crossing Discharge Data**

Discharge Selection Method: Specify Minimum, Design, and Maximum Flow

Minimum Flow: 0 cms

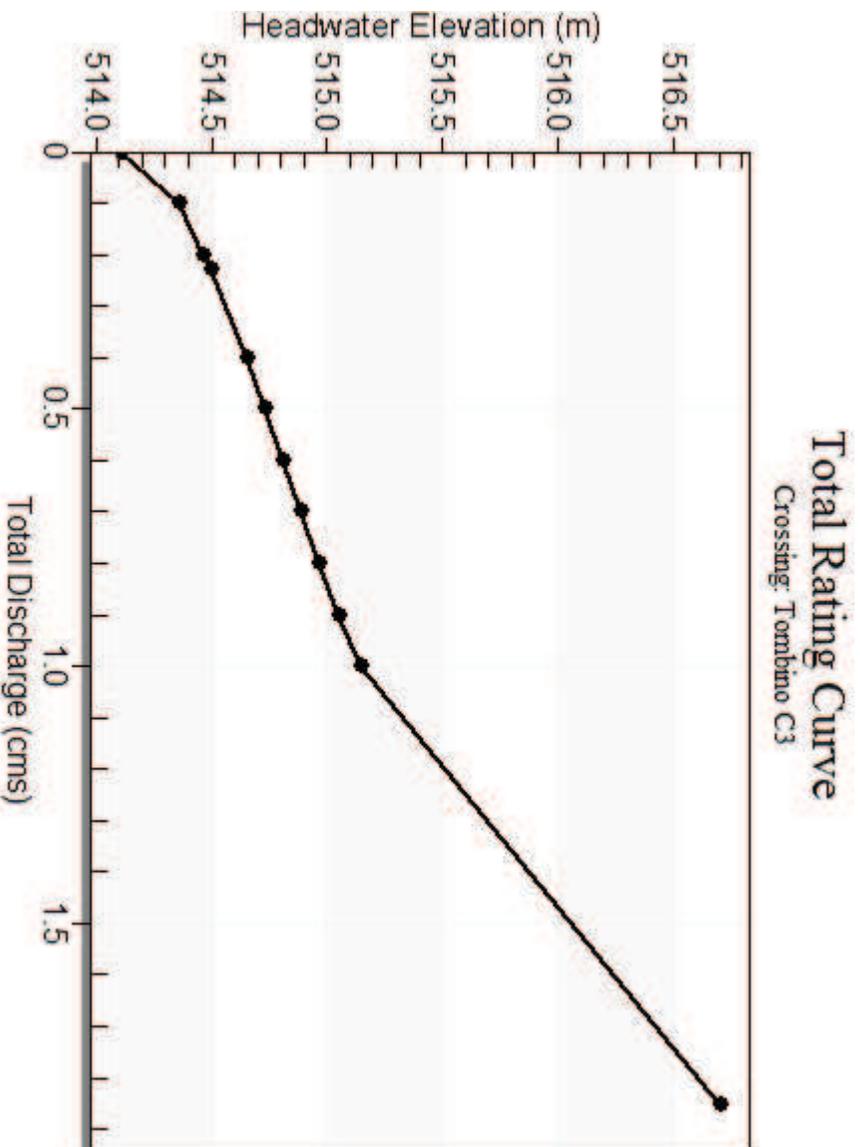
Design Flow: 0.23 cms

Maximum Flow: 1 cms

**Table 1 - Summary of Culvert Flows at Crossing: Tombino C3**

| Headwater Elevation (m) | Total Discharge (cms) | Circolare 800 Discharge (cms) | Roadway Discharge (cms) | Iterations  |
|-------------------------|-----------------------|-------------------------------|-------------------------|-------------|
| 514.11                  | 0.00                  | 0.00                          | 0.00                    | 1           |
| 514.36                  | 0.10                  | 0.10                          | 0.00                    | 1           |
| 514.46                  | 0.20                  | 0.20                          | 0.00                    | 1           |
| 514.49                  | 0.23                  | 0.23                          | 0.00                    | 1           |
| 514.65                  | 0.40                  | 0.40                          | 0.00                    | 1           |
| 514.73                  | 0.50                  | 0.50                          | 0.00                    | 1           |
| 514.81                  | 0.60                  | 0.60                          | 0.00                    | 1           |
| 514.89                  | 0.70                  | 0.70                          | 0.00                    | 1           |
| 514.97                  | 0.80                  | 0.80                          | 0.00                    | 1           |
| 515.05                  | 0.90                  | 0.90                          | 0.00                    | 1           |
| 515.15                  | 1.00                  | 1.00                          | 0.00                    | 1           |
| 516.40                  | 1.85                  | 1.85                          | 0.00                    | Overtopping |

## Rating Curve Plot for Crossing: Tombino C3



**Table 2 - Culvert Summary Table: Circolare 800**

| Total Discharge (cms) | Culvert Discharge (cms) | Headwater Elevation (m) | Inlet Control Depth (m) | Outlet Control Depth (m) | Flow Type | Normal Depth (m) | Critical Depth (m) | Outlet Depth (m) | Tailwater Depth (m) | Outlet Velocity (m/s) | Tailwater Velocity (m/s) |
|-----------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|--------------------------|-----------|------------------|--------------------|------------------|---------------------|-----------------------|--------------------------|
| 0.00                  | 0.00                    | 514.11                  | 0.000                   | 0.000                    | 0-NF      | 0.000            | 0.000              | 0.000            | 0.000               | 0.000                 | 0.000                    |
| 0.10                  | 0.10                    | 514.36                  | 0.246                   | 0.0*                     | 1-S2n     | 0.101            | 0.184              | 0.106            | 0.116               | 2.434                 | 1.396                    |
| 0.20                  | 0.20                    | 514.46                  | 0.354                   | 0.0*                     | 1-S2n     | 0.141            | 0.264              | 0.152            | 0.173               | 2.902                 | 1.716                    |
| 0.23                  | 0.23                    | 514.49                  | 0.382                   | 0.0*                     | 1-S2n     | 0.151            | 0.283              | 0.164            | 0.187               | 2.979                 | 1.786                    |
| 0.40                  | 0.40                    | 514.65                  | 0.541                   | 0.0*                     | 1-S2n     | 0.199            | 0.380              | 0.225            | 0.255               | 3.322                 | 2.083                    |
| 0.50                  | 0.50                    | 514.73                  | 0.622                   | 0.0*                     | 1-S2n     | 0.224            | 0.426              | 0.256            | 0.287               | 3.481                 | 2.211                    |
| 0.60                  | 0.60                    | 514.81                  | 0.699                   | 0.015                    | 1-S2n     | 0.246            | 0.469              | 0.285            | 0.317               | 3.613                 | 2.321                    |
| 0.70                  | 0.70                    | 514.89                  | 0.776                   | 0.104                    | 1-S2n     | 0.266            | 0.508              | 0.312            | 0.343               | 3.722                 | 2.417                    |
| 0.80                  | 0.80                    | 514.97                  | 0.856                   | 0.196                    | 5-S2n     | 0.286            | 0.544              | 0.339            | 0.368               | 3.815                 | 2.503                    |
| 0.90                  | 0.90                    | 515.05                  | 0.943                   | 0.295                    | 5-S2n     | 0.305            | 0.578              | 0.364            | 0.391               | 3.915                 | 2.580                    |
| 1.00                  | 1.00                    | 515.15                  | 1.038                   | 0.493                    | 5-S2n     | 0.323            | 0.609              | 0.388            | 0.413               | 3.995                 | 2.651                    |

**\* Full Flow Headwater elevation is below inlet invert.**

\*\*\*\*\*

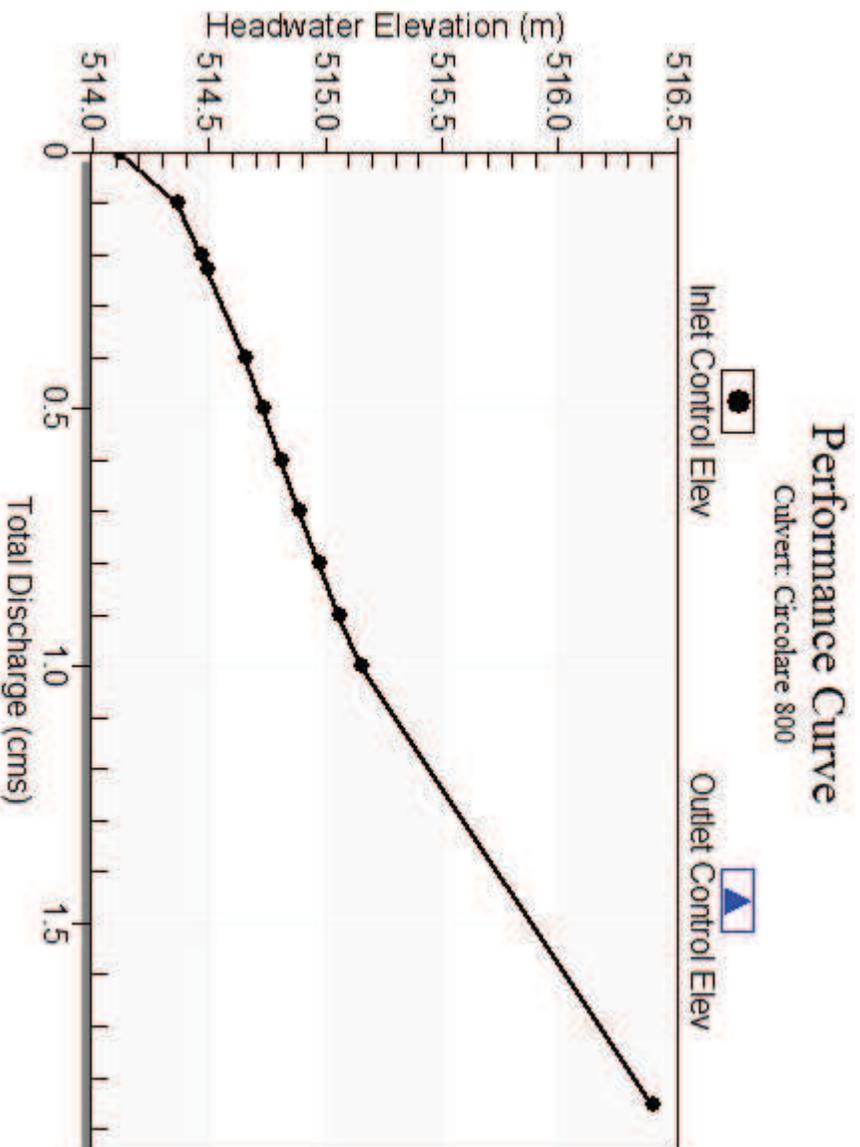
Straight Culvert

Inlet Elevation (invert): 514.11 m, Outlet Elevation (invert): 513.52 m

Culvert Length: 15.71 m, Culvert Slope: 0.0376

\*\*\*\*\*

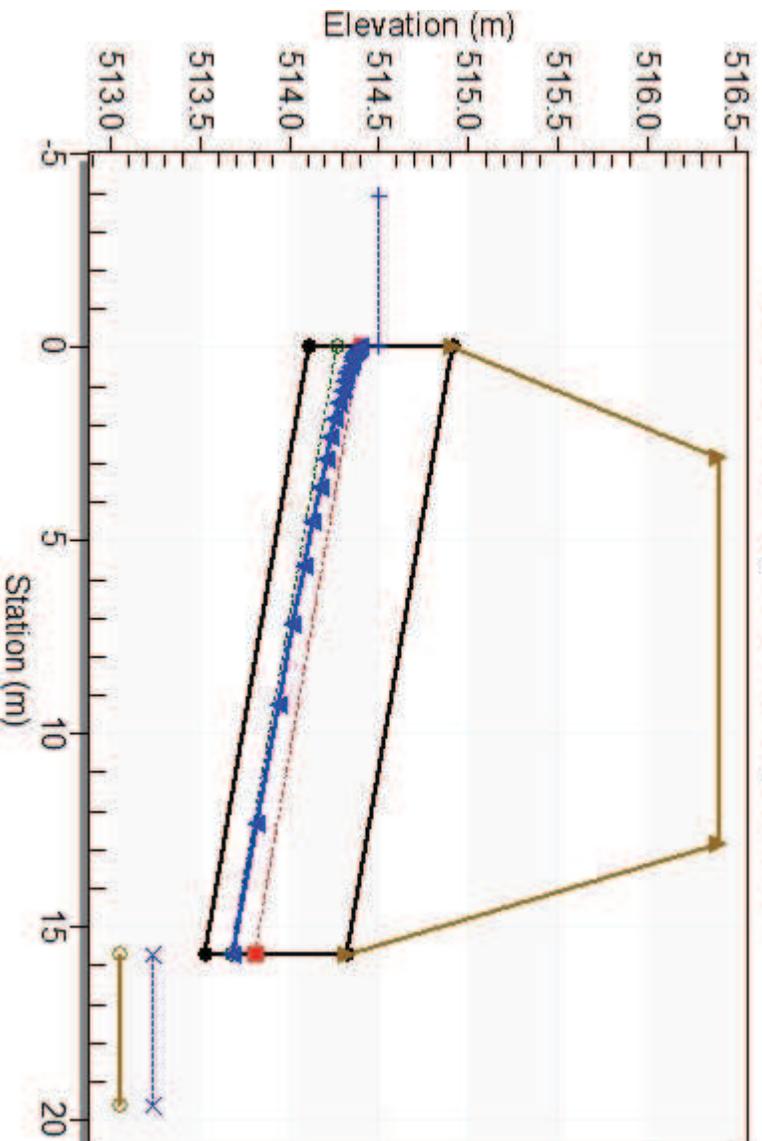
### Culvert Performance Curve Plot: Circolare 800



## Water Surface Profile Plot for Culvert: Circolare 800

### Crossing - Tombino C3, Design Discharge - 0.23 cms

Culvert - Circolare 800, Culvert Discharge - 0.23 cms



## Site Data - Circolare 800

Site Data Option: Culvert Invert Data

Inlet Station: 0.00 m

Inlet Elevation: 514.11 m

Outlet Station: 15.70 m

Outlet Elevation: 513.52 m

Number of Barrels: 1

## Culvert Data Summary - Circolare 800

Barrel Shape: Circular

Barrel Diameter: 800.00 mm

Barrel Material: Concrete

Embedment: 0.00 mm

Barrel Manning's n: 0.0120

Culvert Type: Straight

Inlet Configuration: Square Edge with Headwall

Inlet Depression: None

| Flow (cms) | Water Surface Elev (m) | Depth (m) | Velocity (m/s) | Shear (Pa) | Froude Number |
|------------|------------------------|-----------|----------------|------------|---------------|
| 0.00       | 513.05                 | 0.00      | 0.00           | 0.00       | 0.00          |
| 0.10       | 513.17                 | 0.12      | 1.40           | 11.39      | 1.43          |
| 0.20       | 513.22                 | 0.17      | 1.72           | 16.97      | 1.48          |
| 0.23       | 513.24                 | 0.19      | 1.79           | 18.36      | 1.49          |
| 0.40       | 513.30                 | 0.25      | 2.08           | 24.95      | 1.52          |
| 0.50       | 513.34                 | 0.29      | 2.21           | 28.15      | 1.54          |
| 0.60       | 513.37                 | 0.32      | 2.32           | 31.03      | 1.55          |
| 0.70       | 513.39                 | 0.34      | 2.42           | 33.66      | 1.56          |
| 0.80       | 513.42                 | 0.37      | 2.50           | 36.09      | 1.57          |
| 0.90       | 513.44                 | 0.39      | 2.58           | 38.36      | 1.58          |
| 1.00       | 513.46                 | 0.41      | 2.65           | 40.49      | 1.59          |

**Table 3 - Downstream Channel Rating Curve (Crossing: Tombino C3)**

**Tailwater Channel Data - Tombino C3**

Tailwater Channel Option: Trapezoidal Channel

Bottom Width: 0.50 m

Side Slope (H:V): 1.00 ( \_:1)

Channel Slope: 0.0100

Channel Manning's n: 0.0140

Channel Invert Elevation: 513.05 m

**Roadway Data for Crossing: Tombino C3**

Roadway Profile Shape: Constant Roadway Elevation

Crest Length: 15.00 m

Crest Elevation: 516.40 m

Roadway Surface: Paved

Roadway Top Width: 10.00 m

## **COLLETTORI**

|   |                          |       |
|---|--------------------------|-------|
| Dati di Input Tr=25 anni                          |                          |       |
| a (coeff. Curva possibilità climatica Tr=25 anni) |                          | 40.43 |
| n (esponente curva possibilità climatica)         |                          | 0.4   |
| $\Psi_{carr}$                                     | c. deflusso carreggiata  | 0.9   |
| $\Psi_{scarpate}$                                 | c. deflusso scarpate     | 0.5   |
| ta (min)  | tempo di affusso in rete | 5     |

(-) somma delle portate

| Tubazione                 | Q.iniziale | Q.finale | L     | i   | D.interno | tr   | tc    | TC   | h     | l      | L.carr.  | S.carr.        | S.scarpata     | Q      | Qprec   | Qtotale | K  | %   | Q      | V   | h (riempimento) | Q <sub>80</sub> | Q/Q <sub>80</sub> | Verifica   | Verifica   |
|---------------------------|------------|----------|-------|-----|-----------|------|-------|------|-------|--------|----------|----------------|----------------|--------|---------|---------|----|-----|--------|-----|-----------------|-----------------|-------------------|------------|------------|
|                           | m          | m        | m     | %   | mm        | min  | min   | ore  | mm    | mm/h   | m        | m <sup>2</sup> | m <sup>2</sup> | l/s    | l/s     | l/s     |    |     | l/s    | m/s | m               | l/s             | %                 | Q          | V (m/s)    |
| TI1_9-TI1_10              | 507.18     | 507.1    | 7.0   | 1.1 | 400       | 0.07 | 5.07  | 0.08 | 15.04 | 178.16 | 0.00     | 0.0            | 0.0            | 0.00   | 72.44   | 72.44   | 90 | 80% | 72.4   | 1.8 | 0.14            | 254.61          | 28.4%             | VERIFICATO | VERIFICATO |
| TI1_10-TI1_11             | 507.1      | 506      | 17.0  | 6.5 | 400       | 0.09 | 5.09  | 0.08 | 15.07 | 177.74 | 0.00     | 0.0            | 0.0            | 0.00   | 72.44   | 72.44   | 90 | 80% | 72.4   | 3.3 | 0.09            | 605.84          | 12.0%             | VERIFICATO | VERIFICATO |
| TI1_11-TI1_12 (1)         | 506        | 505.82   | 46.0  | 0.4 | 400       | 0.64 | 5.64  | 0.09 | 15.70 | 167.04 | 0.00     | 0.0            | 0.0            | 0.00   | 72.44   | 72.44   | 90 | 80% | 72.4   | 1.2 | 0.19            | 148.99          | 48.6%             | VERIFICATO | VERIFICATO |
| TV3_TV4 (1) (7)           | 505.82     | 505.72   | 11.0  | 0.9 | 400       | 0.11 | 5.11  | 0.09 | 15.10 | 177.18 | 0.00     | 0.0            | 0.0            | 0.00   | 72.44   | 72.44   | 90 | 80% | 72.4   | 1.6 | 0.15            | 227.09          | 31.9%             | VERIFICATO | VERIFICATO |
| TA1_1-TA1_2               | 510.80     | 509.31   | 77.0  | 1.9 | 600       | 0.54 | 5.54  | 0.09 | 15.59 | 168.85 | 6.5/9/11 | 1662.8         | 2085.4         | 119.10 | 0.00    | 119.10  | 90 | 80% | 119.1  | 2.4 | 0.14            | 976.81          | 12.2%             | VERIFICATO | VERIFICATO |
| TA1_2-TA1_7 Attr. (2)     | 509.31     | 509.25   | 10.0  | 0.6 | 600       | 0.11 | 5.11  | 0.09 | 15.09 | 177.31 | 0.00     | 0.0            | 0.0            | 0.00   | 119.10  | 119.10  | 90 | 80% | 119.1  | 1.6 | 0.19            | 543.93          | 21.9%             | VERIFICATO | VERIFICATO |
| TA1_3-TA1_4               | 515.10     | 513.50   | 24.0  | 6.7 | 600       | 0.23 | 5.23  | 0.09 | 15.24 | 174.72 | 9.00     | 216.0          | 0.0            | 9.43   | 0.00    | 9.43    | 90 | 80% | 9.4    | 1.7 | 0.03            | 1813.09         | 0.5%              | VERIFICATO | VERIFICATO |
| TA1_4-TA1_5               | 513.50     | 511.80   | 30.0  | 5.7 | 600       | 0.24 | 5.24  | 0.09 | 15.25 | 174.56 | 9.00     | 270.0          | 0.0            | 11.78  | 9.43    | 21.22   | 90 | 80% | 21.2   | 2.1 | 0.05            | 1671.58         | 1.3%              | VERIFICATO | VERIFICATO |
| TA1_5-TA1_6               | 511.80     | 510.80   | 23.0  | 4.3 | 600       | 0.18 | 5.18  | 0.09 | 15.18 | 175.75 | 9.00     | 207.0          | 0.0            | 9.10   | 21.22   | 30.31   | 90 | 80% | 30.3   | 2.1 | 0.06            | 1464.20         | 2.1%              | VERIFICATO | VERIFICATO |
| TA1_6-TA1_7 (2)           | 510.80     | 509.25   | 77.0  | 2.0 | 600       | 0.65 | 5.65  | 0.09 | 15.72 | 166.81 | 9.00     | 693.0          | 0.0            | 28.90  | 30.31   | 59.21   | 90 | 80% | 59.2   | 2.0 | 0.10            | 996.29          | 5.9%              | VERIFICATO | VERIFICATO |
| TA1_7-TRD_1 Attr. (2) (3) | 509.25     | 509.20   | 10.0  | 0.5 | 800       | 0.10 | 5.10  | 0.09 | 15.09 | 177.36 | 0.00     | 0.0            | 0.0            | 0.00   | 178.31  | 178.31  | 90 | 80% | 178.3  | 1.6 | 0.22            | 1069.35         | 16.7%             | VERIFICATO | VERIFICATO |
| TRD_1-TRD_2 (3) (5)       | 509.20     | 509.00   | 7.2   | 2.8 | 800       | 0.04 | 5.04  | 0.08 | 15.01 | 178.69 | 6.00     | 43.2           | 0.0            | 1.93   | 178.31  | 180.24  | 90 | 80% | 180.2  | 3.0 | 0.14            | 2520.48         | 7.2%              | VERIFICATO | VERIFICATO |
| TC1-TC2                   | 558.81     | 555.71   | 75.0  | 4.1 | 600       | 0.58 | 5.58  | 0.09 | 15.64 | 168.11 | 11.00    | 825.0          | 0.0            | 34.67  | 0       | 34.67   | 90 | 80% | 34.7   | 2.2 | 0.06            | 1427.63         | 2.4%              | VERIFICATO | VERIFICATO |
| TC2-TC3                   | 555.71     | 539.51   | 362.4 | 4.5 | 600       | 1.66 | 6.66  | 0.11 | 16.78 | 151.20 | 11.00    | 3986.4         | 0.0            | 150.68 | 34.67   | 185.35  | 90 | 80% | 185.4  | 3.6 | 0.14            | 1484.66         | 12.5%             | VERIFICATO | VERIFICATO |
| TC3-TC4                   | 539.51     | 522.86   | 342.3 | 4.9 | 600       | 1.29 | 6.29  | 0.10 | 16.40 | 156.52 | 11.00    | 3765.3         | 0.0            | 147.33 | 185.35  | 332.69  | 90 | 80% | 332.7  | 4.4 | 0.19            | 1548.70         | 21.5%             | VERIFICATO | VERIFICATO |
| TC4-TC5 (2) (5)           | 522.86     | 518.23   | 227.8 | 2.0 | 600       | 1.09 | 6.09  | 0.10 | 16.20 | 159.46 | 11.00    | 2505.8         | 0.0            | 99.89  | 332.69  | 432.58  | 90 | 80% | 432.6  | 3.5 | 0.27            | 1001.10         | 43.2%             | VERIFICATO | VERIFICATO |
| TC6-TC7 (4)               | 517.77     | 510.23   | 293.0 | 2.6 | 600       | 1.85 | 6.85  | 0.11 | 16.97 | 148.62 | 11.00    | 3223.0         | 0.0            | 119.75 | 0.00    | 119.75  | 90 | 80% | 119.7  | 2.6 | 0.13            | 1126.46         | 10.6%             | VERIFICATO | VERIFICATO |
| TF1-TF2 (4)               | 508.12     | 507.86   | 49.5  | 0.5 | 1200      | 0.00 | 10.00 | 0.17 | 19.74 | 118.47 | 7/9/14   | 5085.6         | 12176.3        | 350.96 | 119.75  | 470.71  | 90 | 80% | 470.7  | 2.1 | 0.31            | 3231.43         | 14.6%             | VERIFICATO | VERIFICATO |
| TI2_9-TI2_10              | 510.34     | 510.11   | 50.0  | 0.5 | 400       | 0.90 | 5.90  | 0.10 | 15.99 | 162.58 | 7.00     | 350.0          | 388.9          | 23.01  | 0.00    | 23.01   | 90 | 80% | 23.0   | 0.9 | 0.10            | 161.54          | 14.2%             | VERIFICATO | VERIFICATO |
| TI2_10-TI2_10* (4)        | 510.11     | 510.00   | 9.0   | 1.2 | 400       | 0.09 | 5.09  | 0.08 | 15.07 | 177.63 | 0.00     | 0.0            | 0.0            | 0.00   | 51.64   | 51.64   | 90 | 80% | 51.6   | 1.7 | 0.12            | 263.31          | 19.6%             | VERIFICATO | VERIFICATO |
| Attr. tombino C4 (5) (4)  | 507.86     | 507.71   | 30.0  | 0.5 | 1200      | 0.00 | 10.00 | 0.17 | 19.74 | 118.47 | 7/9/14   | 5085.6         | 13971.2        | 380.50 | 171.39  | 551.89  |    |     |        |     |                 |                 |                   |            |            |
| TRS2-TRS1 (5) (6)         | 507.70     | 507.40   | 57.0  | 0.5 | 1200      | 0.35 | 5.35  | 0.09 | 15.38 | 172.34 | 7.00     | 399.0          | 0.0            | 17.19  | 1164.71 | 1181.90 | 90 | 80% | 1182.8 | 2.7 | 0.50            | 3234.70         | 36.6%             | VERIFICATO | VERIFICATO |
| TI2_3-TI2_7*              | 510.57     | 510.34   | 9.0   | 2.6 | 400       | 0.05 | 5.05  | 0.08 | 15.03 | 178.40 | 0.00     | 0.0            | 0.0            | 0.00   | 125.51  | 125.51  | 90 | 80% | 125.5  | 2.8 | 0.16            | 380.74          | 33.0%             | VERIFICATO | VERIFICATO |
| TI2_7*-TI2_8              | 510.34     | 510.26   | 14.0  | 0.6 | 400       | 0.14 | 5.14  | 0.09 | 15.13 | 176.60 | 8.50     | 119.0          | 0.0            | 5.25   | 160.46  | 165.72  | 90 | 80% | 165.7  | 1.7 | 0.30            | 180.04          | 92.0%             | VERIFICATO | VERIFICATO |
| TI2_9-TI2_8               | 510.34     | 510.26   | 19.0  | 0.4 | 400       | 0.62 | 5.62  | 0.09 | 15.68 | 167.42 | 3.25     | 61.8           | 37.6           | 3.46   | 0.00    | 3.46    | 90 | 80% | 3.5    | 0.5 | 0.04            | 154.55          | 2.2%              | VERIFICATO | VERIFICATO |
| TOMBINO C8 (6)            | 508.31     | 508.20   | 10.0  | 1.1 | 800       | 0.00 | 10.00 | 0.17 | 19.74 | 118.47 | 0.00     | 0.0            | 0.0            | 0.00   | 169.18  | 169.18  | 90 | 80% | 169.2  | 2.1 | 0.17            | 1605.14         | 10.5%             | VERIFICATO | VERIFICATO |
| TV1-TV2 (6) (7)           | 507.70     | 507.40   | 23.0  | 1.3 | 1200      | 0.10 | 5.10  | 0.08 | 15.08 | 177.46 | 0.00     | 0.0            | 0.0            | 0.00   | 1351.08 | 1351.08 | 90 | 80% | 1352.0 | 3.9 | 0.42            | 5092.23         | 26.5%             | VERIFICATO | VERIFICATO |
| Vasca Bonova Nord (7)     |            |          |       |     |           |      |       |      |       |        |          | 28498.40       |                |        |         | 1423.51 |    |     |        |     |                 |                 |                   |            |            |

## *FOSSI DI GUARDIA*

|   |                         |        |
|---|-------------------------|--------|
| Dati di Input Tr=50 anni                          |                         |        |
| a (coeff. Curva possibilità climatica Tr=50 anni) |                         | 47.038 |
| n (esponente curva possibilità climatica)         |                         | 0.438  |
| Ψ <sub>carr</sub>                                 | c. deflusso carreggiata | 0.9    |
| Ψ <sub>scarbate</sub>                             | c. deflusso scarbate    | 0.5    |
| Ψ <sub>aree verdi</sub>                           | c. deflusso aree verdi  | 0.3    |

|     |     |   |
|-----|-----|---|
| B = | 0.5 | m |
| H = | 0.5 | m |
| z = | 1   |   |

| sez. di riferimento |              | L      | lato | i min. | B    | K    | tc    | TC   | h     | l      | L. carr. | S.carr. | L. scarpatata | S.scarpatata | L. Area verde | S. a.esterne | Q      | Qprec  | Qtotale | h (riempimento) | Area bagnata | Perimetro bagnato | Raggio idraulico | v    |
|---------------------|--------------|--------|------|--------|------|------|-------|------|-------|--------|----------|---------|---------------|--------------|---------------|--------------|--------|--------|---------|-----------------|--------------|-------------------|------------------|------|
|                     |              | m      |      | %      | (m)  |      | min   | ore  | mm    | mm/h   | m        | m2      | m             | m2           |               | m2           | l/s    | l/s    | l/s     | m               | m2           | m                 | m                |      |
| SS131_8-SS131_22    | BONORVA NORD | 223.00 | SX   | 1.50   | 0.50 | 70.0 | 10.00 | 0.17 | 21.46 | 128.76 | 11.00    | 2453.00 | 6.6           | 1469.5       |               | 0.0          | 105.24 | 0      | 105.24  | 0.11            | 0.07         | 0.80              | 0.08             | 1.61 |
| IN2_19-IN2_30       |              | 331.00 | DX   | 0.50   | 0.50 | 70.0 | 10.00 | 0.17 | 21.46 | 128.76 | 0.00     | 0.00    | 0.0           | 0.0          | 50.0          | 16550.0      | 177.58 | 0.00   | 177.58  | 0.20            | 0.14         | 1.06              | 0.13             | 1.28 |
| IN3_4-IN1_16        |              | 151.00 | DX   | 1.90   | 0.50 | 70.0 | 10.00 | 0.17 | 21.46 | 128.76 | 0.00     | 0.00    | 0.0           | 0.0          | 50.0          | 7550.0       | 81.01  | 0.00   | 81.01   | 0.09            | 0.05         | 0.74              | 0.07             | 1.61 |
| SS131_45-SS131_52   |              | 102.50 | DX   | 0.50   | 0.50 | 70.0 | 10.00 | 0.17 | 21.46 | 128.76 | 6.50     | 666.25  | 2.0           | 202.6        |               | 0.0          | 25.07  | 0.00   | 25.07   | 0.06            | 0.04         | 0.68              | 0.05             | 0.70 |
| RA_10-RTN_13        |              | 172.00 | DX   | 0.20   | 0.50 | 70.0 | 10.00 | 0.17 | 21.46 | 128.76 | 0\4.25   | 518.50  | 4.0           | 680.0        | 50.0          | 8600.0       | 121.13 | 25.07  | 146.20  | 0.23            | 0.17         | 1.15              | 0.15             | 0.87 |
| SS131_57-SS131_59   |              | 50.00  | DX   | 0.50   | 0.50 | 70.0 | 10.00 | 0.17 | 21.46 | 128.76 | 0\8      | 976.00  | 6.0           | 299.52       |               | 0.0          | 36.77  | 146.20 | 182.97  | 0.20            | 0.14         | 1.07              | 0.13             | 1.29 |
| SS131_52-RB_3       |              | 176.00 | DX   | 1.40   | 0.50 | 70.0 | 10.00 | 0.17 | 21.46 | 128.76 | 0\4.5    | 225.00  | 12.0          | 2108.65      |               | 0.0          | 44.95  | 182.97 | 227.92  | 0.17            | 0.12         | 0.98              | 0.12             | 1.98 |
| RTN_5-RB_4          |              | 150.00 | DX   | 0.50   | 0.50 | 70.0 | 10.00 | 0.17 | 21.46 | 128.76 | 9.00     | 1350.00 | 9.0           | 1347.86      |               | 0.0          | 67.56  | 227.92 | 295.48  | 0.26            | 0.20         | 1.25              | 0.16             | 1.47 |
| RB_5-RB_6           |              | 185.00 | DX   | 0.50   | 0.50 | 70.0 | 10.00 | 0.17 | 21.46 | 128.76 | 3.25     | 601.25  | 6.0           | 1108.24      |               | 0.0          | 39.17  | 295.48 | 334.65  | 0.28            | 0.22         | 1.30              | 0.17             | 1.52 |
| RC_16-SS131_110     |              | 419.50 | SX   | 0.20   | 0.50 | 70.0 | 10.00 | 0.17 | 21.46 | 128.76 | 0.00     | 0.00    | 0.0           | 0.00         | 25.00         | 10487.5      | 112.53 | 0.00   | 112.53  | 0.20            | 0.14         | 1.06              | 0.13             | 0.81 |
| RC_16-SP08_6        |              | 158.00 | SX   | 2.00   | 0.50 | 70.0 | 10.00 | 0.17 | 21.46 | 128.76 | 6.00     | 948.00  | 5.5           | 870.78       |               | 0.0          | 46.09  | 112.53 | 158.62  | 0.13            | 0.08         | 0.86              | 0.09             | 2.02 |
| RB_31-RB_17         |              | 205.20 | DX   | 0.50   | 0.50 | 70.0 | 10.00 | 0.17 | 21.46 | 128.76 | 15.00    | 3078.00 | 8.6           | 1770.12      |               | 0.0          | 130.73 | 119.75 | 250.48  | 0.24            | 0.18         | 1.18              | 0.15             | 1.40 |

CUNETTA

Dati di Input Tr=25 anni

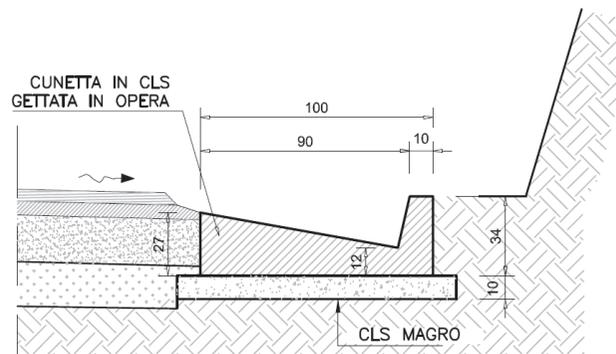
|   |                          |     |
|---|--------------------------|-----|
| a (coeff. Curva possibilità climatica Tr=25 anni) | 40.43                    |     |
| n (esponente curva possibilità climatica)         | 0.4                      |     |
| $\Psi_{carr}$                                     | c. deflusso carreggiata  | 0.9 |
| $\Psi_{scarpate}$                                 | c. deflusso scarpate     | 0.5 |
| ta (min)  | tempo di affusso in rete | 5   |

Dati cunetta:

|   |       |                |
|---|-------|----------------|
| A | 0.1   | m <sup>2</sup> |
| P | 2.14  | m              |
| R | 0.047 | m              |

| sez. di riferimento     |              | L      | i    | K    | tc   | TC   | h     | l      | L carr. | Scarr.         | L scarpata | S.scarpata     | Q      | Qprec | Qtotale | Q max         |
|-------------------------|--------------|--------|------|------|------|------|-------|--------|---------|----------------|------------|----------------|--------|-------|---------|---------------|
|                         |              | m      | %    |      | min  | ore  | mm    | mm/h   | m       | m <sup>2</sup> | m          | m <sup>2</sup> | l/s    | l/s   | l/s     | cunetta (l/s) |
| RC16-RC7                | BONORVA NORD | 157.00 | 3.91 | 70.0 | 5.00 | 0.08 | 14.96 | 179.56 | 6.50    | 1020.50        | 2.1        | 333.0          | 54.12  | 0     | 54.12   | 179.57        |
| ss131_94-SS131_111 (sx) |              | 276.00 | 2.16 | 70.0 | 5.00 | 0.08 | 14.96 | 179.56 | 9.75    | 2691.00        | 4.9        | 1346.6         | 154.38 | 54.12 | 208.50  | 208.65        |
| ss131_94-SS131_111 (dx) |              | 276.00 | 2.16 | 70.0 | 5.00 | 0.08 | 14.96 | 179.56 | 8.50    | 2346.00        | 0.0        | 0.0            | 105.31 | 0.00  | 105.31  | 133.47        |
| RC16-RC23               |              | 102.30 | 3.00 | 70.0 | 5.00 | 0.08 | 14.96 | 179.56 | 3.25    | 332.48         | 5.4        | 549.8          | 28.64  | 0.00  | 28.64   | 157.30        |
| IN2_9-IN2_15 (DX)       |              | 97.20  | 4.50 | 70.0 | 5.00 | 0.08 | 14.96 | 179.56 | 3.25    | 315.90         | 2.3        | 219.9          | 19.67  | 28.64 | 48.30   | 192.65        |
| IN2_15-IN2_20 (DX)      |              | 80.00  | 0.80 | 70.0 | 5.00 | 0.08 | 14.96 | 179.56 | 3.25    | 260.00         | 2.3        | 181.02         | 16.19  | 48.30 | 64.49   | 81.23         |
| IN2_20-IN2_30 (DX)      |              | 130.35 | 7.00 | 70.0 | 5.00 | 0.08 | 14.96 | 179.56 | 6.50    | 847.28         | 7.1        | 921.71         | 61.02  | 64.49 | 125.51  | 240.27        |
| IN2_23-IN2_30           |              | 92.00  | 7.00 | 70.0 | 5.00 | 0.08 | 14.96 | 179.56 | 6.50    | 598.00         | 3.5        | 325.27         | 34.96  | 0.00  | 34.96   | 240.27        |
| IN1_16-IN1_9 (SX)       |              | 105.50 | 0.80 | 70.0 | 5.00 | 0.08 | 14.96 | 179.56 | 6.50    | 685.75         | 2.5        | 268.56         | 37.48  | 34.96 | 72.44   | 81.23         |

VERIFICATO  
 VERIFICATO  
 VERIFICATO  
 VERIFICATO  
 VERIFICATO  
 VERIFICATO  
 VERIFICATO  
 VERIFICATO



**CUNETTA ESISTENTE – CADITOIA A GRIGLIA**

Dati di Input Tr=25 anni

|   |                          |     |
|---|--------------------------|-----|
| a (coeff. Curva possibilità climatica Tr=25 anni) | 40.43                    |     |
| n (esponente curva possibilità climatica)         | 0.4                      |     |
| $\Psi_{carr}$                                     | c. deflusso carreggiata  | 0.9 |
| $\Psi_{scarpate}$                                 | c. deflusso scarpate     | 0.5 |
| ta (min)  | tempo di affusso in rete | 5   |

Dati cunetta:

|   |          |    |
|---|----------|----|
| A | 0.15     | m2 |
| P | 3.3      | m  |
| R | 0.045455 | m  |

Cunetta su fondazione muro esistente hp:

Cunetta B = 1.5m  
h calcolo =0.1 m

| sez. di riferimento | Qiniziale    | Qfinale | L      | i    | K    | tc   | TC       | h        | I      | L carr. | Scarr.  | Q      | Qprec | Qtotale | Q max         |
|---------------------|--------------|---------|--------|------|------|------|----------|----------|--------|---------|---------|--------|-------|---------|---------------|
|                     | m            | m       | m      | %    |      | min  | ore      | mm       | mm/h   | m       | m2      | l/s    | l/s   | l/s     | cunetta (l/s) |
| SS131_1-RA_6        | BONORVA NORD |         | 620.00 | 4.40 | 70.0 | 5.00 | 0.083333 | 14.96343 | 179.56 | 9.75    | 6045.00 | 271.36 | 0     | 271.36  | 280.52        |

VERIFICATO

Si riporta la verifica della caditoia a griglia con recapito nel tombino scatolare T5 che intercetterà le acque meteoriche della cunetta esistente:

## PORTATA CAPTATA DALLA CADITOIA A GRIGLIA (250cmX80cm)

### SOTTO BATTENTE

|                              |      |       |
|------------------------------|------|-------|
| ho (m) carico sulla caditoia |      | 0.1   |
| A caditoia                   | cmq  | 10000 |
| g                            | m/sq | 9.81  |
| C                            |      | 0.67  |
| Q caditoia sotto battente    | l/s  | 938.5 |

### STRAMAZZO

|                                      |     |       |
|--------------------------------------|-----|-------|
| l caditoia                           | m   | 0.8   |
| C                                    |     | 0.385 |
| h (m): carico della luce a stramazzo |     | 0.1   |
| Q caditoia a stramazzo               | l/s | 43.1  |

**CUNETTA DI RACCOLTA CENTRALE S.S. 131**

Dati di Input Tr=25 anni

|   |                         |
|---|-------------------------|
| a (coeff. Curva possibilità climatica Tr=25 anni) | 40.43                   |
| n (esponente curva possibilità climatica)         | 0.4                     |
| $\Psi_{carr}$                                     | c. deflusso carreggiata |
|   | 0.9                     |

Dati cunetta:

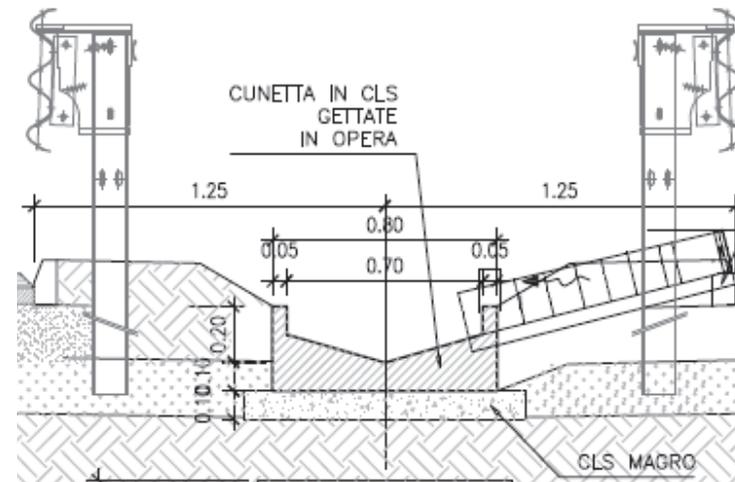
|   |          |    |
|---|----------|----|
| A | 0.105    | m2 |
| P | 0.93     | m  |
| R | 0.112903 | m  |

Cunetta centrale:

Cunetta B = 0.7m  
h = 0.2 m

| tratto di riferimento | Qiniziale | Qfinale | L    | i long. min. | K    | tc   | TC   | h     | I      | L carr. | Scarr. | Q     | Qprec | Qtotale | Q max         |
|-----------------------|-----------|---------|------|--------------|------|------|------|-------|--------|---------|--------|-------|-------|---------|---------------|
|                       | m         | m       | m    | %            |      | min  | ore  | mm    | mm/h   | m       | m2     | l/s   | l/s   | l/s     | cunetta (l/s) |
| TC4-TC5               |           |         | 50.0 | 2.0          | 70.0 | 5.00 | 0.08 | 14.96 | 179.56 | 11.00   | 550.00 | 29.98 | 0     | 30.0    | 242.81        |

VERIFICATO



**CADITOIA A GRIGLIA 80 cm x 80 cm - SPARTITRAFFICO**

## PORTATA CAPTATA DALLA CADITOIA A GRIGLIA NELLO SPARTITRAFFICO (80cmx80cm)

### STRAMAZZO

|                                      |     |       |
|--------------------------------------|-----|-------|
| l caditoia                           | m   | 0.8   |
| C                                    |     | 0.385 |
| h (m): carico della luce a stramazzo |     | 0.1   |
| Q caditoia a stramazzo               | l/s | 43.1  |

$$Q = Clh(2gh)^{0.5}$$

Pertanto la caditoia può smaltire una portata massima in arrivo pari a 43.1 l/s maggiore rispetto alla portata in arrivo da una superficie di 50x11 m=550 m<sup>2</sup> pari a 30 l/s.

## *INTERASSE EMBRICI*

Dati di Input T=25 anni

|  |                          |     |
|--|--------------------------|-----|
| a (coeff. Curva possibilità climatica T=25 anni) | 40.43                    |     |
| n (esponente curva possibilità climatica)        | 0.4                      |     |
| $\Psi_{carr}$                                    | c. deflusso carreggiata  | 0.9 |
| $\Psi_{scarpate}$                                | c. deflusso scarpate     | 0.5 |
| ta (min)   | tempo di affusso in rete | 5   |

## CALCOLO INTERASSE EMBRICE

|                  | Strada        | interasse embr.        | i        | K        | tc        | L. banchina        | i trasv        | h        | A        | P        | R        | TC        | h        | i        | L carr.        | S.carr.        | Q        | Qtotale        | Q max         |
|------------------|---------------|------------------------|----------|----------|-----------|--------------------|----------------|----------|----------|----------|----------|-----------|----------|----------|----------------|----------------|----------|----------------|---------------|
|                  |               | m                      | %        |          | min       | m                  | %              | m        | m2       | m        | m        | m         | ore      | mm       | mm/h           | m              | m2       | l/s            | l/s           |
| <b>Rettifilo</b> | ss131         | 15.00                  | 0.20     | 70.0     | 5.00      | 1.75               | 2.5            | 0.044    | 0.04     | 1.79     | 0.02     | 0.083333  | 14.96343 | 179.56   | 5.50           | 82.50          | 3.70     | 3.70           | 9.22          |
| <b>Rettifilo</b> | Rampe         | 15.00                  | 0.20     | 70.0     | 5.00      | 1.00               | 2.5            | 0.03     | 0.01     | 1.03     | 0.01     | 0.083333  | 14.96343 | 179.56   | 3.00           | 45.00          | 2.02     | 2.02           | 2.07          |
|                  | <b>Strada</b> | <b>interasse embr.</b> | <b>i</b> | <b>K</b> | <b>tc</b> | <b>L. banchina</b> | <b>i trasv</b> | <b>h</b> | <b>A</b> | <b>P</b> | <b>R</b> | <b>TC</b> | <b>h</b> | <b>i</b> | <b>L carr.</b> | <b>S.carr.</b> | <b>Q</b> | <b>Qtotale</b> | <b>Q max</b>  |
|                  |               | m                      | %        |          | min       | m                  | %              | m        | m2       | m        | m        | ore       | mm       | mm/h     | m              | m2             | l/s      | l/s            | cunetta (l/s) |
| <b>curva</b>     | ss131         | 15.00                  | 0.20     | 70.0     | 5.00      | 1.75               | 7.0            | 0.123    | 0.11     | 1.87     | 0.06     | 0.083333  | 14.96343 | 179.56   | 11.00          | 165.00         | 7.41     | 7.41           | 49.84         |
| <b>curva</b>     | Rampe         | 15.00                  | 0.20     | 70.0     | 5.00      | 1.00               | 7.0            | 0.07     | 0.04     | 1.07     | 0.03     | 0.083333  | 14.96343 | 179.56   | 6.00           | 90.00          | 4.04     | 4.04           | 11.21         |

VERIFICATO

VERIFICATO

VERIFICATO

VERIFICATO

**CANALETTA IN CLS A TERGO MURI**

Dati di Input Tr=25 anni

|   |                         |       |
|---|-------------------------|-------|
| a (coeff. Curva possibilità climatica Tr=25 anni) |                         | 40.43 |
| n (esponente curva possibilità climatica)         |                         | 0.4   |
| $\Psi_{carr}$                                     | c. deflusso carreggiata | 0.9   |
| $\Psi_{scarpate}$                                 | c. deflusso scarpate    | 0.5   |

Dati canaletta a tergo muri:

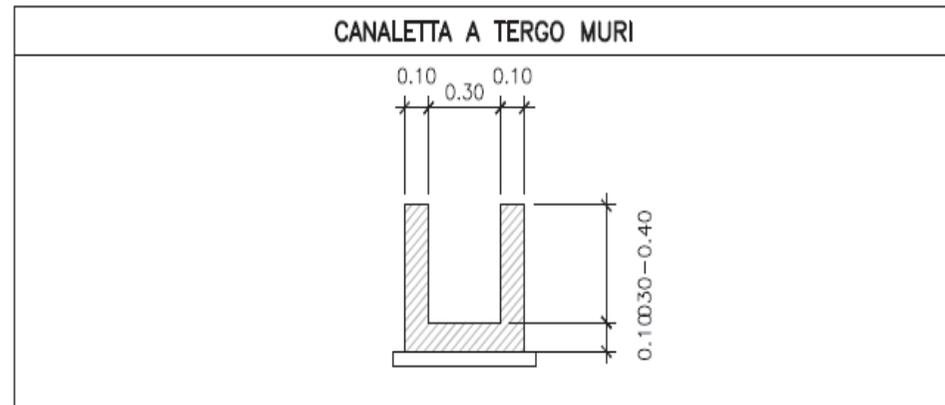
|   |      |                |
|---|------|----------------|
| A | 0.09 | m <sup>2</sup> |
| P | 0.9  | m              |
| R | 0.1  | m              |

Canaletta in cls a tergo muri:

|     |   |
|-----|---|
| 0.3 | m |
| 0.3 | m |

| OPERA       |              | L      | i long. min. | K    | tc   | TC   | h     | l      | L.carr. | S.carr.        | L. scarpata | S.scarpata     | Q     | Qtotale | Q max           |
|-------------|--------------|--------|--------------|------|------|------|-------|--------|---------|----------------|-------------|----------------|-------|---------|-----------------|
|             |              | m      | %            |      | min  | ore  | mm    | mm/h   | m       | m <sup>2</sup> | m           | m <sup>2</sup> | l/s   | l/s     | canaletta (l/s) |
| OS03        | BONORVA NORD | 102.5  | 3.1          | 70.0 | 5.00 | 0.08 | 14.96 | 179.56 | 0.00    | 0.00           | 3.0         | 308.7          | 7.70  | 7.70    | 238.98          |
| TC6-TC7 (4) |              | 50.0   | 2.6          | 70.0 | 5.00 | 0.08 | 14.96 | 179.56 | 11.00   | 550.00         | 4.8         | 241.0          | 30.70 | 30.70   | 218.86          |
| OS05-1      |              | 110.00 | 1.90         | 70.0 | 5.00 | 0.08 | 14.96 | 179.56 | 11.00   | 1210.00        | 6.4         | 702.4          | 71.83 | 71.83   | 187.09          |
| OS05-2      |              | 112    | 0.20         | 70.0 | 5.00 | 0.08 | 14.96 | 179.56 | 6.00    | 672.00         | 6.4         | 715.2          | 48.00 | 48.00   | 60.70           |
| OS08        |              | 208.6  | 0.30         | 70.0 | 5.00 | 0.08 | 14.96 | 179.56 | 6.00    | 1251.60        | 3.3         | 678.6          | 73.11 | 73.11   | 74.34           |
| OS10        |              | 49.5   | 3.20         | 70.0 | 5.00 | 0.08 | 14.96 | 179.56 | 11.00   | 544.50         | 4.0         | 196.8          | 29.35 | 30.35   | 242.80          |

VERIFICATO  
 VERIFICATO  
 VERIFICATO  
 VERIFICATO  
 VERIFICATO  
 VERIFICATO



## **Svincolo di Bonorva Sud**

### *Tombino circolare 1 - D800mm*

*N.B. Si riporta solo la verifica del tombino circolare 1, in quanto ha un bacino maggiore (piattaforma stradale+aree esterne) rispetto a tutti gli altri tombini circolari presenti in Bonorva Sud, ed essendo un tombino di raccordo dei fossi di guardia la verifica viene effettuata per una portata Q con  $Tr=50$  anni.*

|           | i<br>%      | Dim.interne | tc   | L.carr. | S.carr.    | S.scarpata | A.esterne verdi | Q.totale | TR (anni) |    |
|-----------|-------------|-------------|------|---------|------------|------------|-----------------|----------|-----------|----|
|           |             | mm          | min. | m       | m2         | m2         | m2              | l/s      |           |    |
| TOMBINO 1 | Bonorra sud | 2.00        | 800  | 10.00   | 0\8.5\9.75 | 6416.25    | 2086.49         | 37500    | 646       | 50 |

## HY-8 Culvert Analysis Report

### **Crossing Discharge Data**

Discharge Selection Method: Specify Minimum, Design, and Maximum Flow

Minimum Flow: 0 cms

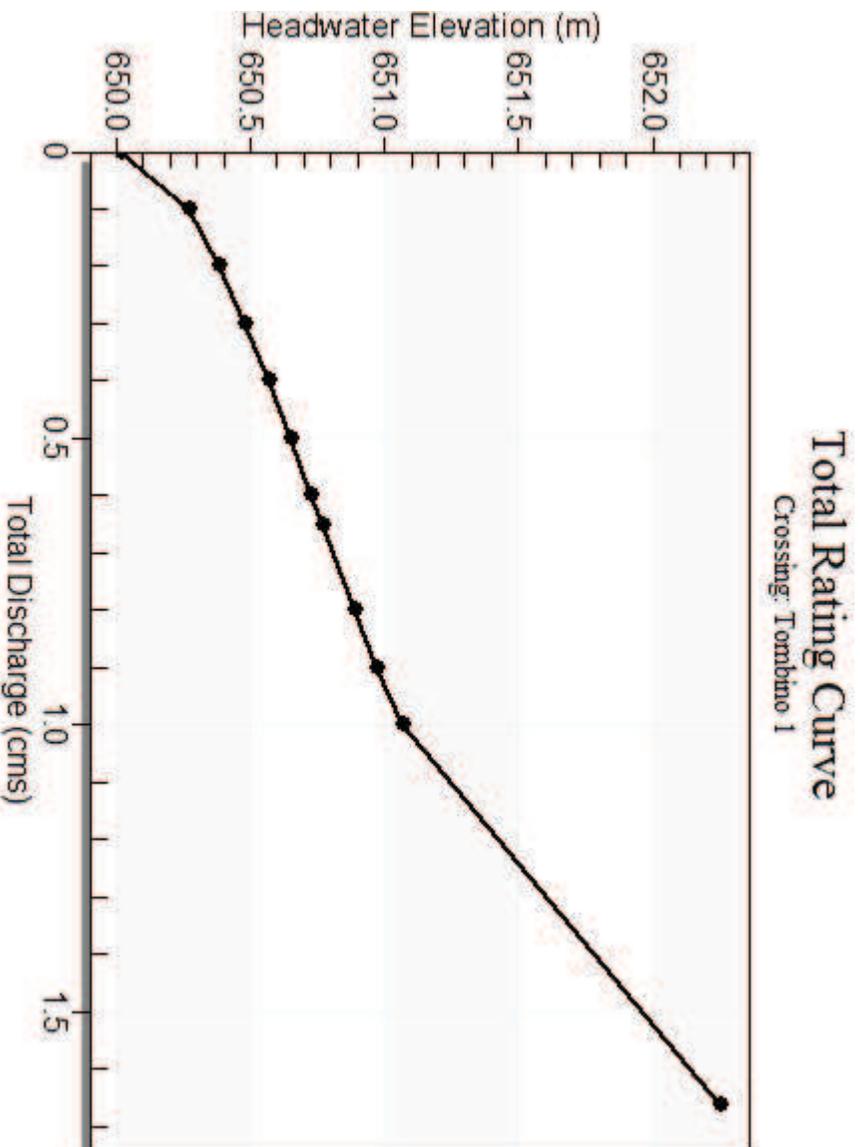
Design Flow: 0.65 cms

Maximum Flow: 1 cms

**Table 1 - Summary of Culvert Flows at Crossing: Tombino 1**

| Headwater Elevation (m) | Total Discharge (cms) | circolare 800 Discharge (cms) | Roadway Discharge (cms) | Iterations  |
|-------------------------|-----------------------|-------------------------------|-------------------------|-------------|
| 650.02                  | 0.00                  | 0.00                          | 0.00                    | 1           |
| 650.27                  | 0.10                  | 0.10                          | 0.00                    | 1           |
| 650.38                  | 0.20                  | 0.20                          | 0.00                    | 1           |
| 650.48                  | 0.30                  | 0.30                          | 0.00                    | 1           |
| 650.57                  | 0.40                  | 0.40                          | 0.00                    | 1           |
| 650.65                  | 0.50                  | 0.50                          | 0.00                    | 1           |
| 650.73                  | 0.60                  | 0.60                          | 0.00                    | 1           |
| 650.76                  | 0.65                  | 0.65                          | 0.00                    | 1           |
| 650.88                  | 0.80                  | 0.80                          | 0.00                    | 1           |
| 650.97                  | 0.90                  | 0.90                          | 0.00                    | 1           |
| 651.07                  | 1.00                  | 1.00                          | 0.00                    | 1           |
| 651.97                  | 1.66                  | 1.66                          | 0.00                    | Overtopping |

## Rating Curve Plot for Crossing: Tombino 1



**Table 2 - Culvert Summary Table: circolare 800**

| Total Discharge (cms) | Culvert Discharge (cms) | Headwater Elevation (m) | Inlet Control Depth (m) | Outlet Control Depth (m) | Flow Type | Normal Depth (m) | Critical Depth (m) | Outlet Depth (m) | Tailwater Depth (m) | Outlet Velocity (m/s) | Tailwater Velocity (m/s) |
|-----------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|--------------------------|-----------|------------------|--------------------|------------------|---------------------|-----------------------|--------------------------|
| 0.00                  | 0.00                    | 650.02                  | 0.000                   | 0.000                    | 0-NF      | 0.000            | 0.000              | 0.000            | 0.000               | 0.000                 | 0.000                    |
| 0.10                  | 0.10                    | 650.27                  | 0.249                   | 0.0*                     | 1-S2n     | 0.118            | 0.184              | 0.123            | 0.116               | 1.959                 | 1.396                    |
| 0.20                  | 0.20                    | 650.38                  | 0.360                   | 0.0*                     | 1-S2n     | 0.166            | 0.264              | 0.177            | 0.173               | 2.337                 | 1.716                    |
| 0.30                  | 0.30                    | 650.48                  | 0.458                   | 0.050                    | 1-S2n     | 0.203            | 0.326              | 0.222            | 0.217               | 2.549                 | 1.925                    |
| 0.40                  | 0.40                    | 650.57                  | 0.548                   | 0.131                    | 1-S2n     | 0.235            | 0.380              | 0.261            | 0.255               | 2.720                 | 2.083                    |
| 0.50                  | 0.50                    | 650.65                  | 0.629                   | 0.211                    | 1-S2n     | 0.264            | 0.426              | 0.297            | 0.287               | 2.840                 | 2.211                    |
| 0.60                  | 0.60                    | 650.73                  | 0.706                   | 0.295                    | 1-S2n     | 0.291            | 0.469              | 0.330            | 0.317               | 2.965                 | 2.321                    |
| 0.65                  | 0.65                    | 650.76                  | 0.744                   | 0.339                    | 1-S2n     | 0.304            | 0.489              | 0.346            | 0.330               | 3.012                 | 2.371                    |
| 0.80                  | 0.80                    | 650.88                  | 0.864                   | 0.476                    | 5-S2n     | 0.341            | 0.544              | 0.391            | 0.368               | 3.168                 | 2.503                    |
| 0.90                  | 0.90                    | 650.97                  | 0.950                   | 0.575                    | 5-S2n     | 0.365            | 0.578              | 0.421            | 0.391               | 3.251                 | 2.580                    |
| 1.00                  | 1.00                    | 651.07                  | 1.045                   | 0.773                    | 5-S2n     | 0.388            | 0.609              | 0.449            | 0.413               | 3.337                 | 2.651                    |

**\* Full Flow Headwater elevation is below inlet invert.**

\*\*\*\*\*

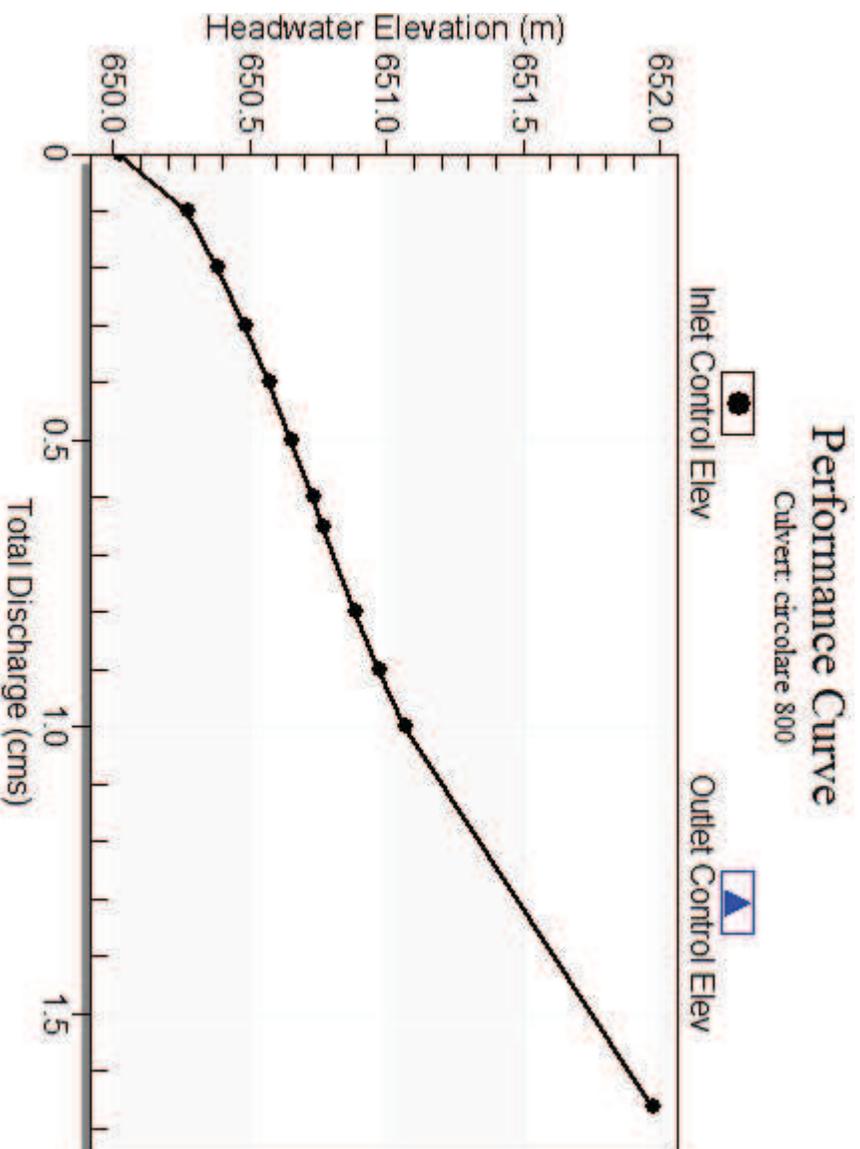
Straight Culvert

Inlet Elevation (invert): 650.02 m, Outlet Elevation (invert): 649.71 m

Culvert Length: 15.70 m, Culvert Slope: 0.0197

\*\*\*\*\*

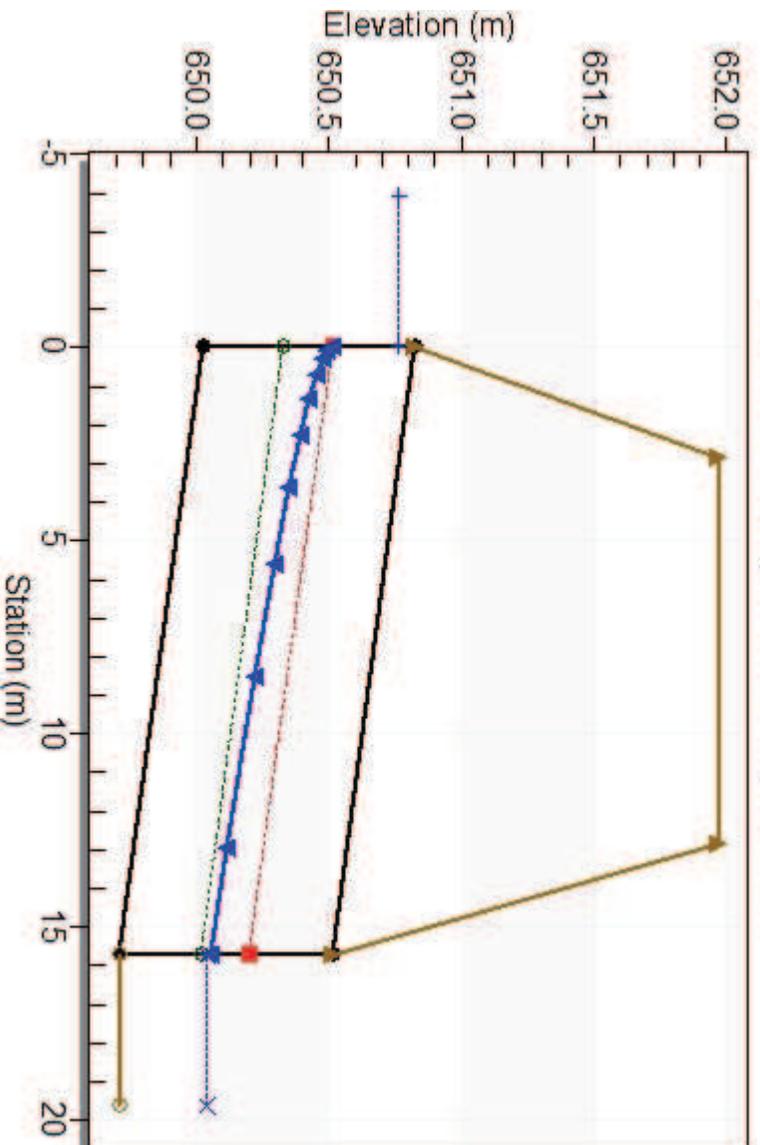
### Culvert Performance Curve Plot: circolare 800



## Water Surface Profile Plot for Culvert: circolare 800

### Crossing - Tombino 1, Design Discharge - 0.65 cms

Culvert - circolare 800, Culvert Discharge - 0.65 cms



## Site Data - circolare 800

Site Data Option: Culvert Invert Data

Inlet Station: 0.00 m

Inlet Elevation: 650.02 m

Outlet Station: 15.70 m

Outlet Elevation: 649.71 m

Number of Barrels: 1

## Culvert Data Summary - circolare 800

Barrel Shape: Circular

Barrel Diameter: 800.00 mm

Barrel Material: Concrete

Embedment: 0.00 mm

Barrel Manning's n: 0.0120

Culvert Type: Straight

Inlet Configuration: Square Edge with Headwall

Inlet Depression: None

| Flow (cms) | Water Surface Elev (m) | Depth (m) | Velocity (m/s) | Shear (Pa) | Froude Number |
|------------|------------------------|-----------|----------------|------------|---------------|
| 0.00       | 649.71                 | 0.00      | 0.00           | 0.00       | 0.00          |
| 0.10       | 649.83                 | 0.12      | 1.40           | 11.39      | 1.43          |
| 0.20       | 649.88                 | 0.17      | 1.72           | 16.97      | 1.48          |
| 0.30       | 649.93                 | 0.22      | 1.92           | 21.30      | 1.50          |
| 0.40       | 649.96                 | 0.25      | 2.08           | 24.95      | 1.52          |
| 0.50       | 650.00                 | 0.29      | 2.21           | 28.15      | 1.54          |
| 0.60       | 650.03                 | 0.32      | 2.32           | 31.03      | 1.55          |
| 0.65       | 650.04                 | 0.33      | 2.37           | 32.37      | 1.56          |
| 0.80       | 650.08                 | 0.37      | 2.50           | 36.09      | 1.57          |
| 0.90       | 650.10                 | 0.39      | 2.58           | 38.36      | 1.58          |
| 1.00       | 650.12                 | 0.41      | 2.65           | 40.49      | 1.59          |

**Table 3 - Downstream Channel Rating Curve (Crossing: Tombino 1)**

**Tailwater Channel Data - Tombino 1**

Tailwater Channel Option: Trapezoidal Channel

Bottom Width: 0.50 m

Side Slope (H:V): 1.00 ( \_:1)

Channel Slope: 0.0100

Channel Manning's n: 0.0140

Channel Invert Elevation: 649.71 m

**Roadway Data for Crossing: Tombino 1**

Roadway Profile Shape: Constant Roadway Elevation

Crest Length: 15.00 m

Crest Elevation: 651.97 m

Roadway Surface: Paved

Roadway Top Width: 10.00 m

## **COLLETTORI**

|   |                          |       |
|---|--------------------------|-------|
| Dati di Input Tr=25 anni                          |                          |       |
| a (coeff. Curva possibilità climatica Tr=25 anni) |                          | 40.43 |
| n (esponente curva possibilità climatica)         |                          | 0.4   |
| $\Psi_{carr}$                                     | c. deflusso carreggiata  | 0.9   |
| $\Psi_{scarpate}$                                 | c. deflusso scarpate     | 0.5   |
| ta (min)  | tempo di affusso in rete | 5     |

(-) somma delle portate

| Tubazione                   | Qiniziale | Qfinale | L     | i   | D.interno | tr   | tc   | tc   | h     | I      | Lcarr. | Scarr.         | Lscarpata | Scarpata       | Q      | Qprec  | Qtotale | K  | %   | Q     | V   | Hriemp | Q <sub>80</sub> | Hriemp MAX. | Q/Q <sub>80</sub> | Verifica   | Verifica   |  |
|-----------------------------|-----------|---------|-------|-----|-----------|------|------|------|-------|--------|--------|----------------|-----------|----------------|--------|--------|---------|----|-----|-------|-----|--------|-----------------|-------------|-------------------|------------|------------|--|
|                             | m         | m       | m     | %   | mm        | min  | min  | ore  | mm    | mm/h   | m      | m <sup>2</sup> | m         | m <sup>2</sup> | l/s    | l/s    | l/s     |    | %   | l/s   | m/s | m      | l/s             | m           | %                 | Q          | v (m/s)    |  |
| ST2*-ST3 (1)                | 650.25    | 648.91  | 224.9 | 0.6 | 600       | 2.63 | 7.63 | 0.13 | 17.72 | 139.34 | 11.00  | 2473.35        | 0.00      | 0.00           | 86.16  | 0.00   | 86.16   | 90 | 80% | 86.2  | 1.4 | 0.16   | 542.09          | 0.48        | 15.9%             | VERIFICATO | VERIFICATO |  |
| ST3-ST4 (1)                 | 650.31    | 648.91  | 57.1  | 2.5 | 600       | 0.61 | 5.61 | 0.09 | 15.67 | 167.54 | 9.00   | 513.90         | 0.00      | 0.00           | 21.52  | 0.00   | 21.52   | 90 | 80% | 21.5  | 1.6 | 0.06   | 1099.54         | 0.48        | 2.0%              | VERIFICATO | VERIFICATO |  |
| STRD_1-STRD_2 (2)           | 650.31    | 648.85  | 55.0  | 2.7 | 600       | 0.58 | 5.58 | 0.09 | 15.63 | 168.13 | 9.00   | 495.00         | 0.00      | 0.00           | 20.81  | 0.00   | 20.81   | 90 | 80% | 20.8  | 1.6 | 0.06   | 1144.09         | 0.48        | 1.8%              | VERIFICATO | VERIFICATO |  |
| ST3_STRD2 (Attrav.) (1) (2) | 648.91    | 648.85  | 12.0  | 0.5 | 600       | 0.14 | 5.14 | 0.09 | 15.13 | 176.61 | 0.00   | 0.00           | 0.00      | 0.00           | 107.69 | 107.69 | 107.69  | 90 | 80% | 107.7 | 1.4 | 0.19   | 496.53          | 0.48        | 21.7%             | VERIFICATO | VERIFICATO |  |
| STC1_1-STC1_2               | 651.12    | 649.57  | 123.3 | 1.3 | 600       | 1.21 | 6.21 | 0.10 | 16.32 | 157.71 | 12.35  | 1522.14        | 1.41      | 174.30         | 63.83  | 0.00   | 63.83   | 90 | 80% | 63.8  | 1.7 | 0.11   | 787.48          | 0.48        | 8.1%              | VERIFICATO | VERIFICATO |  |
| STC1_2-Attrav. (2)          | 649.57    | 649.46  | 11.0  | 1.0 | 600       | 0.12 | 5.12 | 0.09 | 15.10 | 177.09 | 0.00   | 0.00           | 0.00      | 0.00           | 63.83  | 63.83  | 63.83   | 90 | 80% | 63.8  | 1.6 | 0.12   | 702.21          | 0.48        | 9.1%              | VERIFICATO | VERIFICATO |  |
| STRD_2-STRD_3 (2) (4)       | 648.85    | 647.85  | 139.0 | 0.7 | 600       | 1.15 | 6.15 | 0.10 | 16.26 | 158.57 | 7.50   | 1042.50        | 0.00      | 0.00           | 41.33  | 192.32 | 233.65  | 90 | 80% | 233.7 | 2.0 | 0.26   | 595.60          | 0.48        | 39.2%             | VERIFICATO | VERIFICATO |  |
| STRD_4-STRD_3 (4)           | 648.21    | 647.85  | 77.0  | 0.5 | 600       | 1.25 | 6.25 | 0.10 | 16.36 | 157.03 | 12.35  | 950.95         | 0.00      | 0.00           | 37.33  | 0.00   | 37.33   | 90 | 80% | 37.3  | 1.0 | 0.11   | 480.14          | 0.48        | 7.8%              | VERIFICATO | VERIFICATO |  |
| STRD_3-Attrav (4) (5)       | 647.85    | 647.59  | 26.0  | 1.0 | 600       | 0.18 | 5.18 | 0.09 | 15.18 | 175.72 | 0.00   | 0.00           | 0.00      | 0.00           | 270.98 | 270.98 | 270.98  | 90 | 80% | 271.0 | 2.4 | 0.26   | 702.21          | 0.48        | 38.6%             | VERIFICATO | VERIFICATO |  |
| STRB_1-STRB_2               | 652.69    | 650.83  | 136.0 | 1.4 | 600       | 1.28 | 6.28 | 0.10 | 16.39 | 156.58 | 12.35  | 1679.60        | 0.00      | 0.00           | 65.75  | 0.00   | 65.75   | 90 | 80% | 65.7  | 1.8 | 0.11   | 821.20          | 0.48        | 8.0%              | VERIFICATO | VERIFICATO |  |
| STRB_2-STC2_1               | 650.83    | 650.73  | 08.0  | 1.3 | 600       | 0.08 | 5.08 | 0.08 | 15.06 | 177.90 | 0.00   | 0.00           | 0.00      | 0.00           | 65.75  | 65.75  | 65.75   | 90 | 80% | 65.7  | 1.7 | 0.12   | 785.09          | 0.48        | 8.4%              | VERIFICATO | VERIFICATO |  |
| STC2_1-STC2_2               | 650.73    | 649.50  | 97.5  | 1.3 | 600       | 0.85 | 5.85 | 0.10 | 15.93 | 163.46 | 7.50   | 731.25         | 0.00      | 0.00           | 29.88  | 65.75  | 95.63   | 90 | 80% | 95.6  | 1.9 | 0.14   | 788.71          | 0.48        | 12.1%             | VERIFICATO | VERIFICATO |  |
| STC2_2-STC2_3 (Attrav.)     | 649.50    | 649.27  | 09.0  | 2.6 | 600       | 0.06 | 5.06 | 0.08 | 15.04 | 178.26 | 0.00   | 0.00           | 0.00      | 0.00           | 95.63  | 95.63  | 95.63   | 90 | 80% | 95.6  | 2.5 | 0.12   | 1122.55         | 0.48        | 8.5%              | VERIFICATO | VERIFICATO |  |
| STC2_3-STC2_4 (5)           | 649.27    | 649.00  | 41.5  | 0.7 | 600       | 0.43 | 5.43 | 0.09 | 15.47 | 170.88 | 12.35  | 512.53         | 0.00      | 0.00           | 21.89  | 95.63  | 117.53  | 90 | 80% | 117.5 | 1.6 | 0.18   | 566.40          | 0.48        | 20.7%             | VERIFICATO | VERIFICATO |  |
| STC2_5-STC2_4* (5)          | 648.21    | 647.86  | 71.9  | 0.5 | 600       | 1.17 | 6.17 | 0.10 | 16.28 | 158.22 | 12.35  | 887.97         | 0.00      | 0.00           | 35.12  | 0.00   | 35.12   | 90 | 80% | 35.1  | 1.0 | 0.11   | 489.93          | 0.48        | 7.2%              | VERIFICATO | VERIFICATO |  |
| SV1-SV2 (5) (7)             | 646.60    | 646.50  | 10.0  | 1.0 | 600       | 0.06 | 5.06 | 0.08 | 15.04 | 178.22 | 0.00   | 0.00           | 0.00      | 0.00           | 423.63 | 423.63 | 423.63  | 90 | 80% | 423.6 | 2.6 | 0.33   | 702.21          | 0.48        | 60.3%             | VERIFICATO | VERIFICATO |  |
| Ingresso Vasca B.Sud (7)    | 645.58    | 645.50  | 08.0  | 1.0 | 600       | 0.05 | 5.05 | 0.08 | 15.02 | 178.48 | 0.00   | 0.00           | 0.00      | 0.00           | 423.63 | 423.63 | 423.63  | 90 | 80% | 423.6 | 2.6 | 0.33   | 702.21          | 0.48        | 60.3%             | VERIFICATO | VERIFICATO |  |
| Vasca Bonorva Sud           |           |         |       |     |           |      |      |      |       |        |        | 20880.93       |           |                |        |        | 423.63  |    |     |       |     |        |                 |             |                   |            |            |  |
| Slf_6'-Slf_7 (Attrav.)      | 638.13    | 638.07  | 07.0  | 0.9 | 400       | 0.08 | 5.08 | 0.08 | 15.06 | 177.81 | 0.00   | 0.00           | 0.00      | 0.00           | 46.69  | 46.69  | 46.69   | 90 | 80% | 46.7  | 1.4 | 0.12   | 220.50          | 0.32        | 21.2%             | VERIFICATO | VERIFICATO |  |

*Adeguamento e messa in sicurezza della S. S. 131 dal km 108+300 al km 209+500 – risoluzione dei nodi critici  
1° stralcio dal km 158+00 al km 162+700 - Progetto Esecutivo*

---

## **FOSSI DI GUARDIA**

Adeguamento e messa in sicurezza della S.S. 131 dal km 108+300 al km 209+500 – risoluzione dei nodi critici

1° stralcio dal km 158+00 al km 162+700 - Progetto Esecutivo

Dati di Input Tr=50 anni

|   |                         |        |
|---|-------------------------|--------|
| a (coeff. Curva possibilità climatica Tr=50 anni) |                         | 47.038 |
| n (esponente curva possibilità climatica)         |                         | 0.438  |
| $\Psi_{carr}$                                     | c. deflusso carreggiata | 0.9    |
| $\Psi_{scarpate}$                                 | c. deflusso scarpate    | 0.5    |
| $\Psi_{aree verdi}$                               | c. deflusso aree verdi  | 0.3    |

|     |     |   |
|-----|-----|---|
| B = | 0.5 | m |
| H = | 0.5 | m |
| z = | 1   |   |

| sez. di riferimento | L      | lato | i min. | B    | K    | tc    | TC   | h     | l      | L.carr.    | S.carr. | L.scarpata | S.scarpata | L.Aree Verdi | S.a.esterne | Q      | Qprec  | Qtotale | h (riempimento) | Area bagnata | Perimetro bagnato | Raggio idraulico | v    |
|---------------------|--------|------|--------|------|------|-------|------|-------|--------|------------|---------|------------|------------|--------------|-------------|--------|--------|---------|-----------------|--------------|-------------------|------------------|------|
|                     | m      |      | %      | (m)  |      | min   | ore  | mm    | mm/h   | m          | m2      | m          | m2         | m2           | m2          | l/s    | l/s    | l/s     | m               | m2           | m                 | m                |      |
| SS131_4-RB_1        | 750.00 | SX   | 0.50   | 0.50 | 70.0 | 10.00 | 0.17 | 21.46 | 128.76 | 11.6.5     | 6225.00 | 4.6        | 3414.6     |              | 0.0         | 261.44 | 0      | 261.44  | 0.25            | 0.18         | 1.20              | 0.15             | 1.42 |
| L1_18-L1_31         | 165.65 | DX   | 0.50   | 0.50 | 70.0 | 10.00 | 0.17 | 21.46 | 128.76 | 8.50       | 1408.03 | 15.6       | 2580.0     |              | 0.0         | 91.46  | 0.00   | 91.46   | 0.14            | 0.09         | 0.89              | 0.10             | 1.05 |
| SS131_59-SS131_67   | 130.00 | SX   | 1.90   | 0.50 | 70.0 | 10.00 | 0.17 | 21.46 | 128.76 | 12.35\4.25 | 2158.00 | 15.0       | 1946.9     |              | 0.0         | 104.28 | 91.46  | 195.74  | 0.14            | 0.09         | 0.91              | 0.10             | 2.11 |
| L1_21-L1_39         | 314.00 | SX   | 0.50   | 0.50 | 70.0 | 10.00 | 0.17 | 21.46 | 128.76 | 0.8.5      | 1564.00 | 3.9        | 1722.0     |              | 0.0         | 81.14  | 0.00   | 81.14   | 0.13            | 0.08         | 0.86              | 0.09             | 1.02 |
| L1_11-L1_21         | 142.00 | SX   | 0.80   | 0.50 | 70.0 | 10.00 | 0.17 | 21.46 | 128.76 | 4.25       | 603.50  | 16.8       | 2381.8     |              | 0.0         | 62.02  | 0.00   | 62.02   | 0.09            | 0.06         | 0.77              | 0.07             | 1.10 |
| SS131_4-RDB_2       | 755.00 | DX   | 0.40   | 0.50 | 70.0 | 10.00 | 0.17 | 21.46 | 128.76 | 0.9.75     | 4631.25 | 1.9        | 1447.30    |              | 37500.0     | 577.32 | 0.00   | 577.32  | 0.40            | 0.36         | 1.63              | 0.22             | 1.61 |
| SP125_1-SP125_18    | 260.00 | DX   | 0.50   | 0.50 | 70.0 | 10.00 | 0.17 | 21.46 | 128.76 | 8.50       | 2210.00 | 1.2        | 311.51     | 50.00        | 13000.0     | 216.20 | 0.00   | 216.20  | 0.22            | 0.16         | 1.13              | 0.14             | 1.35 |
| SP125_18-SP125_31   | 180.00 | DX   | 0.60   | 0.50 | 70.0 | 10.00 | 0.17 | 21.46 | 128.76 | 8.50       | 1530.00 | 1.2        | 215.66     | 50.00        | 9000.0      | 149.67 | 0.00   | 149.67  | 0.17            | 0.12         | 0.99              | 0.12             | 1.30 |
| SP125_32-SP125_47   | 240.00 | DX   | 0.35   | 0.50 | 70.0 | 10.00 | 0.17 | 21.46 | 128.76 | 0.00       | 0.00    | 1.2        | 287.54     | 50.00        | 12000.0     | 133.90 | 149.67 | 283.57  | 0.28            | 0.22         | 1.30              | 0.17             | 1.27 |
| SS131_14-RDB_2      | 533.50 | DX   | 0.50   | 0.50 | 70.0 | 10.00 | 0.17 | 21.46 | 128.76 | 0.8.5      | 1785.00 | 1.2        | 639.19     |              | 0.0         | 68.89  | 0.00   | 68.89   | 0.12            | 0.07         | 0.83              | 0.09             | 0.97 |
| SP125_53-SP125_48   | 91.30  | DX   | 0.50   | 0.50 | 70.0 | 10.00 | 0.17 | 21.46 | 128.76 | 0.00       | 0.00    | 5.0        | 459.42     | 50.00        | 4565.0      | 57.20  | 0.00   | 57.20   | 0.10            | 0.06         | 0.79              | 0.08             | 0.91 |
| SP125_53-SP125_64   | 156.60 | DX   | 0.50   | 0.50 | 70.0 | 10.00 | 0.17 | 21.46 | 128.76 | 8.50       | 1331.10 | 9.0        | 1407.17    | 50.00        | 7830.0      | 152.02 | 0.00   | 152.02  | 0.18            | 0.12         | 1.02              | 0.12             | 1.22 |
| SP125_64-SP125_70   | 84.00  | DX   | 1.00   | 0.50 | 70.0 | 10.00 | 0.17 | 21.46 | 128.76 | 11.50      | 966.00  | 16.0       | 1343.55    | 50.00        | 4200.0      | 100.19 | 0.00   | 100.19  | 0.12            | 0.07         | 0.83              | 0.09             | 1.38 |
| SP125_47-SP125_55   | 108.50 | SX   | 0.50   | 0.50 | 70.0 | 10.00 | 0.17 | 21.46 | 128.76 | 8.50       | 922.25  | 4.0        | 428.98     |              | 0.0         | 37.36  | 0.00   | 37.36   | 0.08            | 0.05         | 0.73              | 0.06             | 0.80 |
| SP125_55-SP125_64   | 138.00 | SX   | 0.50   | 0.50 | 70.0 | 10.00 | 0.17 | 21.46 | 128.76 | 8.50       | 1173.00 | 17.3       | 2380.86    |              | 0.0         | 80.33  | 0.00   | 80.33   | 0.13            | 0.08         | 0.86              | 0.09             | 1.01 |
| SP125_68-SP125_78   | 135.60 | SX   | 0.50   | 0.50 | 70.0 | 10.00 | 0.17 | 21.46 | 128.76 | 8.50       | 1152.60 | 12.6       | 1705.85    |              | 0.0         | 67.61  | 0.00   | 67.61   | 0.11            | 0.07         | 0.82              | 0.09             | 0.96 |
| SP125_78-SP125_89   | 178.00 | SX   | 0.50   | 0.50 | 30.0 | 10.00 | 0.17 | 21.46 | 128.76 | 4.25       | 756.50  | 3.0        | 533.15     |              | 0.0         | 33.89  | 0.00   | 33.89   | 0.13            | 0.08         | 0.85              | 0.09             | 0.43 |
| SP125_79-SP125_89   | 170.00 | DX   | 0.50   | 0.50 | 30.0 | 10.00 | 0.17 | 21.46 | 128.76 | 4.25       | 722.50  | 2.2        | 366.62     | 50.00        | 8500.0      | 121.02 | 0.00   | 121.02  | 0.26            | 0.19         | 1.23              | 0.16             | 0.62 |

N.B. Si riporta anche la verifica dei fossi della SP 125 ricadenti nell'inquadramento Bonorva Sud

*Adeguamento e messa in sicurezza della S.S. 131 dal km 108+300 al km 209+500 – risoluzione dei nodi critici  
1° stralcio dal km 158+00 al km 162+700 - Progetto Esecutivo*

---

CUNETTA

Dati di Input Tr=25 anni

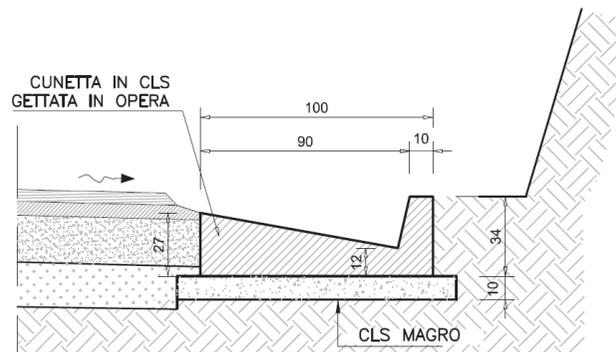
|   |                          |     |
|---|--------------------------|-----|
| a (coeff. Curva possibilità climatica Tr=25 anni) | 40.43                    |     |
| n (esponente curva possibilità climatica)         | 0.4                      |     |
| $\Psi_{carr}$                                     | c. deflusso carreggiata  | 0.9 |
| $\Psi_{scarpate}$                                 | c. deflusso scarpate     | 0.5 |
| ta (min)  | tempo di affusso in rete | 5   |

Dati cunetta:

|   |       |    |
|---|-------|----|
| A | 0.1   | m2 |
| P | 2.14  | m  |
| R | 0.047 | m  |

| sez. di riferimento    |             | L      | i     | K    | tc   | TC   | h     | l      | L carr. | Scarr.  | L scarpata | S.scarpata | Q     | Qprec | Qtotale | Q max         |
|------------------------|-------------|--------|-------|------|------|------|-------|--------|---------|---------|------------|------------|-------|-------|---------|---------------|
|                        |             | m      | %     |      | min  | ore  | mm    | mm/h   | m       | m2      | m          | m2         | l/s   | l/s   | l/s     | cunetta (l/s) |
| IN1_23-IN1_30 (DX)     | BONORVA SUD | 120.60 | 1.30  | 70.0 | 5.00 | 0.08 | 14.96 | 179.56 | 0.00    | 0.00    | 3.0        | 366.69     | 9.14  | 0.00  | 9.14    | 103.54        |
| IN1_30-IN1_36 (DX)     |             | 87.00  | 10.00 | 70.0 | 5.00 | 0.08 | 14.96 | 179.56 | 6.00    | 522.00  | 6.5        | 565.97     | 37.55 | 9.14  | 46.69   | 287.18        |
| IN1_23-IN1_30 (SX)     |             | 90.00  | 1.30  | 70.0 | 5.00 | 0.08 | 14.96 | 179.56 | 6.00    | 540.00  | 3.0        | 273.65     | 31.07 | 0.00  | 31.07   | 103.54        |
| IN1_30-IN1_36 (SX)     |             | 93.00  | 2.30  | 70.0 | 5.00 | 0.08 | 14.96 | 179.56 | 0.00    | 0.00    | 6.5        | 605.00     | 15.09 | 31.07 | 46.15   | 137.73        |
| ss131_61-ss131_73 (DX) |             | 102.50 | 1.21  | 70.0 | 5.00 | 0.08 | 14.96 | 179.56 | 12.35   | 1265.88 | 4.5        | 463.86     | 68.39 | 0.00  | 68.39   | 99.90         |

VERIFICATO  
VERIFICATO  
VERIFICATO  
VERIFICATO  
VERIFICATO



## *INTERASSE EMBRICI*

Dati di Input T=25 anni

|  |                          |       |
|--|--------------------------|-------|
| a (coeff. Curva possibilità climatica T=25 anni) |                          | 40.43 |
| n (esponente curva possibilità climatica)        |                          | 0.4   |
| $\Psi_{carr}$                                    | c. deflusso carreggiata  | 0.9   |
| $\Psi_{scarpate}$                                | c. deflusso scarpate     | 0.5   |
| ta (min)   | tempo di affusso in rete | 5     |

**CALCOLO INTERASSE EMBRICE**

|                  | Strada        | interasse embr.        | i        | K        | tc        | L. banchina        | i trasv        | h        | A        | P        | R        | TC        | h        | I        | L.carr.        | S.carr.        | Q        | Qtotale        | Q max         |               |
|------------------|---------------|------------------------|----------|----------|-----------|--------------------|----------------|----------|----------|----------|----------|-----------|----------|----------|----------------|----------------|----------|----------------|---------------|---------------|
|                  |               | m                      | %        |          | min       | m                  | %              | m        | m2       | m        | m        | m         | ore      | mm       | mm/h           | m              | m2       | l/s            | l/s           | cunetta (l/s) |
| <b>Rettifilo</b> | ss131         | 15.00                  | 0.20     | 70.0     | 5.00      | 1.75               | 2.5            | 0.044    | 0.04     | 1.79     | 0.02     | 0.083333  | 14.96343 | 179.56   | 5.50           | 82.50          | 3.70     | 3.70           | 9.22          | VERIFICATO    |
| <b>Rettifilo</b> | Rampe         | 15.00                  | 0.20     | 70.0     | 5.00      | 1.00               | 2.5            | 0.03     | 0.01     | 1.03     | 0.01     | 0.083333  | 14.96343 | 179.56   | 3.00           | 45.00          | 2.02     | 2.02           | 2.07          | VERIFICATO    |
|                  | <b>Strada</b> | <b>interasse embr.</b> | <b>i</b> | <b>K</b> | <b>tc</b> | <b>L. banchina</b> | <b>i trasv</b> | <b>h</b> | <b>A</b> | <b>P</b> | <b>R</b> | <b>TC</b> | <b>h</b> | <b>I</b> | <b>L.carr.</b> | <b>S.carr.</b> | <b>Q</b> | <b>Qtotale</b> | <b>Q max</b>  |               |
|                  |               | m                      | %        |          | min       | m                  | %              | m        | m2       | m        | m        | ore       | mm       | mm/h     | m              | m2             | l/s      | l/s            | cunetta (l/s) |               |
| <b>curva</b>     | ss131         | 15.00                  | 0.20     | 70.0     | 5.00      | 1.75               | 7.0            | 0.123    | 0.11     | 1.87     | 0.06     | 0.083333  | 14.96343 | 179.56   | 11.00          | 165.00         | 7.41     | 7.41           | 49.84         | VERIFICATO    |
| <b>curva</b>     | Rampe         | 15.00                  | 0.20     | 70.0     | 5.00      | 1.00               | 7.0            | 0.07     | 0.04     | 1.07     | 0.03     | 0.083333  | 14.96343 | 179.56   | 6.00           | 90.00          | 4.04     | 4.04           | 11.21         | VERIFICATO    |

**Strada Provinciale S.P. 125**

*VERIFICA TOMBINO SCATOLARE T4b - 1,5 m x 1,5 m*

*Progr. Km 3+881.08*

|            | i<br>% | Dim.interne | tc   | L.carr.   | S.carr. | S. scarpaia | A. esterne verdi | Q.totale | TR (anni) |      |     |
|------------|--------|-------------|------|-----------|---------|-------------|------------------|----------|-----------|------|-----|
|            |        | mm          | min. | m         | m2      | m2          | m2               | l/s      |           |      |     |
| TOMBINO 4b |        | SP 125      | 2    | 1500x1500 | 30      | -           | -                | -        | 330000    | 3850 | 200 |

## HY-8 Culvert Analysis Report

### **Crossing Discharge Data**

Discharge Selection Method: Specify Minimum, Design, and Maximum Flow

Minimum Flow: 0 cms

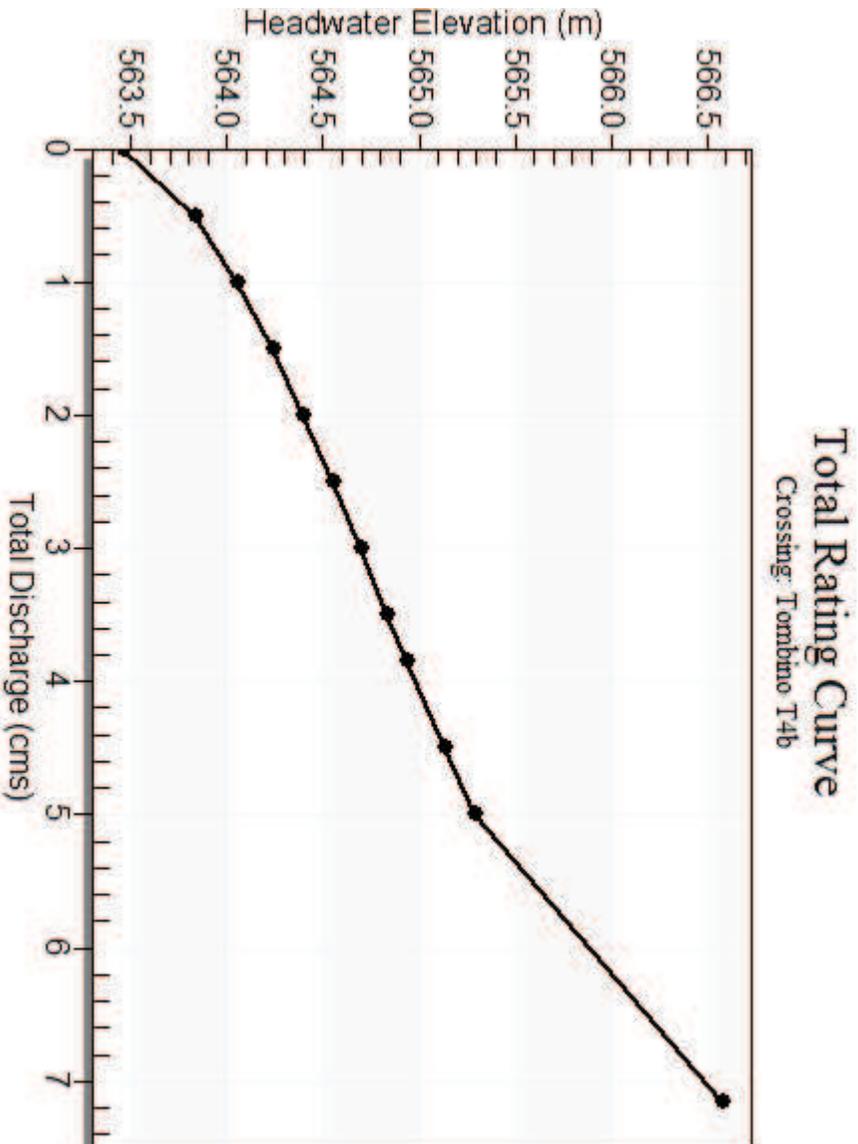
Design Flow: 3.85 cms

Maximum Flow: 5 cms

**Table 1 - Summary of Culvert Flows at Crossing: Tombino T4b**

| Headwater Elevation (m) | Total Discharge (cms) | scatolare 1.5x1.5 Discharge (cms) | Roadway Discharge (cms) | Iterations  |
|-------------------------|-----------------------|-----------------------------------|-------------------------|-------------|
| 563.46                  | 0.00                  | 0.00                              | 0.00                    | 1           |
| 563.83                  | 0.50                  | 0.50                              | 0.00                    | 1           |
| 564.05                  | 1.00                  | 1.00                              | 0.00                    | 1           |
| 564.24                  | 1.50                  | 1.50                              | 0.00                    | 1           |
| 564.39                  | 2.00                  | 2.00                              | 0.00                    | 1           |
| 564.54                  | 2.50                  | 2.50                              | 0.00                    | 1           |
| 564.69                  | 3.00                  | 3.00                              | 0.00                    | 1           |
| 564.83                  | 3.50                  | 3.50                              | 0.00                    | 1           |
| 564.93                  | 3.85                  | 3.85                              | 0.00                    | 1           |
| 565.13                  | 4.50                  | 4.50                              | 0.00                    | 1           |
| 565.29                  | 5.00                  | 5.00                              | 0.00                    | 1           |
| 566.10                  | 7.15                  | 7.15                              | 0.00                    | Overtopping |

## Rating Curve Plot for Crossing: Tombino T4b



**Table 2 - Culvert Summary Table: scatolare 1.5x1.5**

| Total Discharge (cms) | Culvert Discharge (cms) | Headwater Elevation (m) | Inlet Control Depth (m) | Outlet Control Depth (m) | Flow Type | Normal Depth (m) | Critical Depth (m) | Outlet Depth (m) | Tailwater Depth (m) | Outlet Velocity (m/s) | Tailwater Velocity (m/s) |
|-----------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|--------------------------|-----------|------------------|--------------------|------------------|---------------------|-----------------------|--------------------------|
| 0.00                  | 0.00                    | 563.46                  | 0.000                   | 0.000                    | 0-NF      | 0.000            | 0.000              | 0.000            | 0.000               | 0.000                 | 0.000                    |
| 0.50                  | 0.50                    | 563.83                  | 0.374                   | 0.0*                     | 1-S2n     | 0.121            | 0.225              | 0.131            | 0.136               | 2.536                 | 1.182                    |
| 1.00                  | 1.00                    | 564.05                  | 0.593                   | 0.055                    | 1-S2n     | 0.189            | 0.356              | 0.219            | 0.211               | 3.049                 | 1.532                    |
| 1.50                  | 1.50                    | 564.24                  | 0.776                   | 0.189                    | 1-S2n     | 0.247            | 0.467              | 0.298            | 0.272               | 3.360                 | 1.778                    |
| 2.00                  | 2.00                    | 564.39                  | 0.934                   | 0.321                    | 1-S2n     | 0.300            | 0.566              | 0.371            | 0.327               | 3.594                 | 1.971                    |
| 2.50                  | 2.50                    | 564.54                  | 1.084                   | 0.454                    | 1-S2n     | 0.350            | 0.657              | 0.441            | 0.378               | 3.783                 | 2.132                    |
| 3.00                  | 3.00                    | 564.69                  | 1.229                   | 0.590                    | 1-S2n     | 0.397            | 0.741              | 0.507            | 0.426               | 3.943                 | 2.271                    |
| 3.50                  | 3.50                    | 564.83                  | 1.373                   | 0.731                    | 1-S2n     | 0.442            | 0.822              | 0.571            | 0.472               | 4.085                 | 2.393                    |
| 3.85                  | 3.85                    | 564.93                  | 1.475                   | 0.833                    | 1-S2n     | 0.473            | 0.876              | 0.615            | 0.503               | 4.176                 | 2.471                    |
| 4.50                  | 4.50                    | 565.13                  | 1.670                   | 1.031                    | 5-S2n     | 0.529            | 0.972              | 0.693            | 0.558               | 4.327                 | 2.602                    |
| 5.00                  | 5.00                    | 565.29                  | 1.829                   | 1.191                    | 5-S2n     | 0.571            | 1.042              | 0.752            | 0.599               | 4.434                 | 2.694                    |

**\* Full Flow Headwater elevation is below inlet invert.**

\*\*\*\*\*

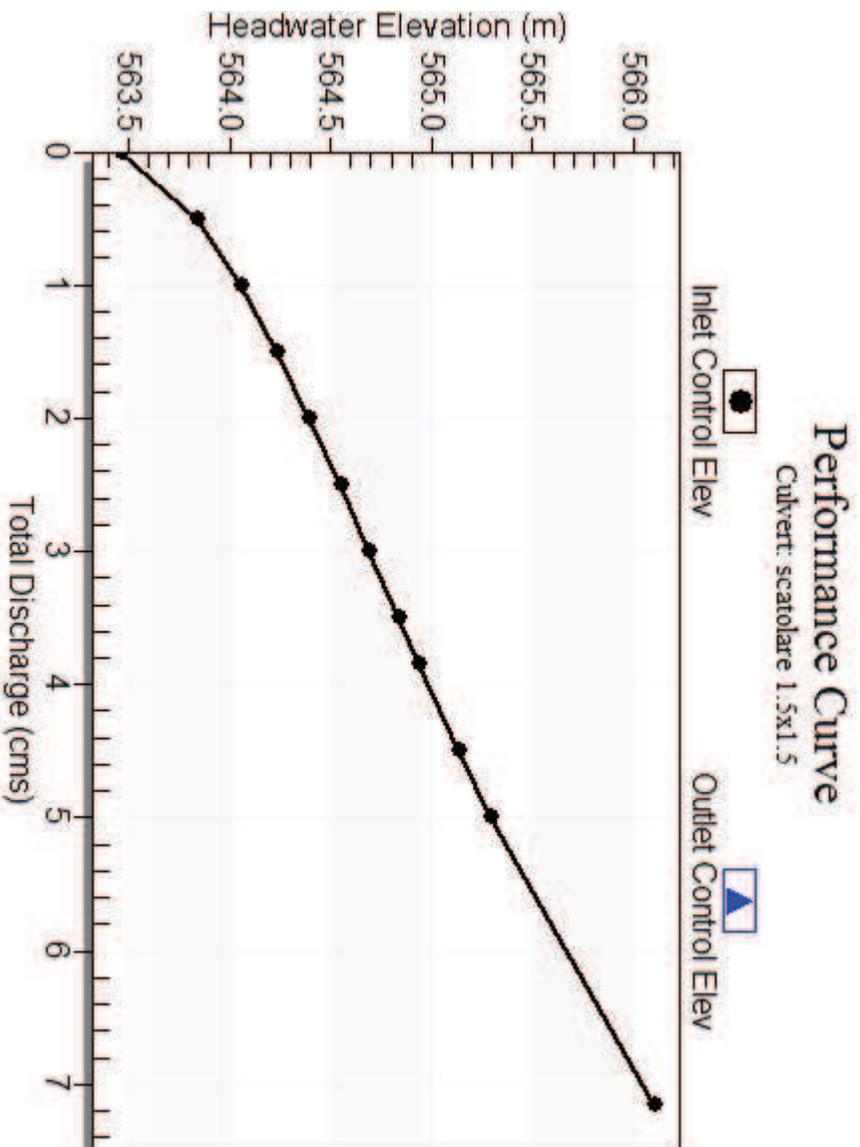
Straight Culvert

Inlet Elevation (invert): 563.46 m, Outlet Elevation (invert): 563.14 m

Culvert Length: 15.70 m, Culvert Slope: 0.0204

\*\*\*\*\*

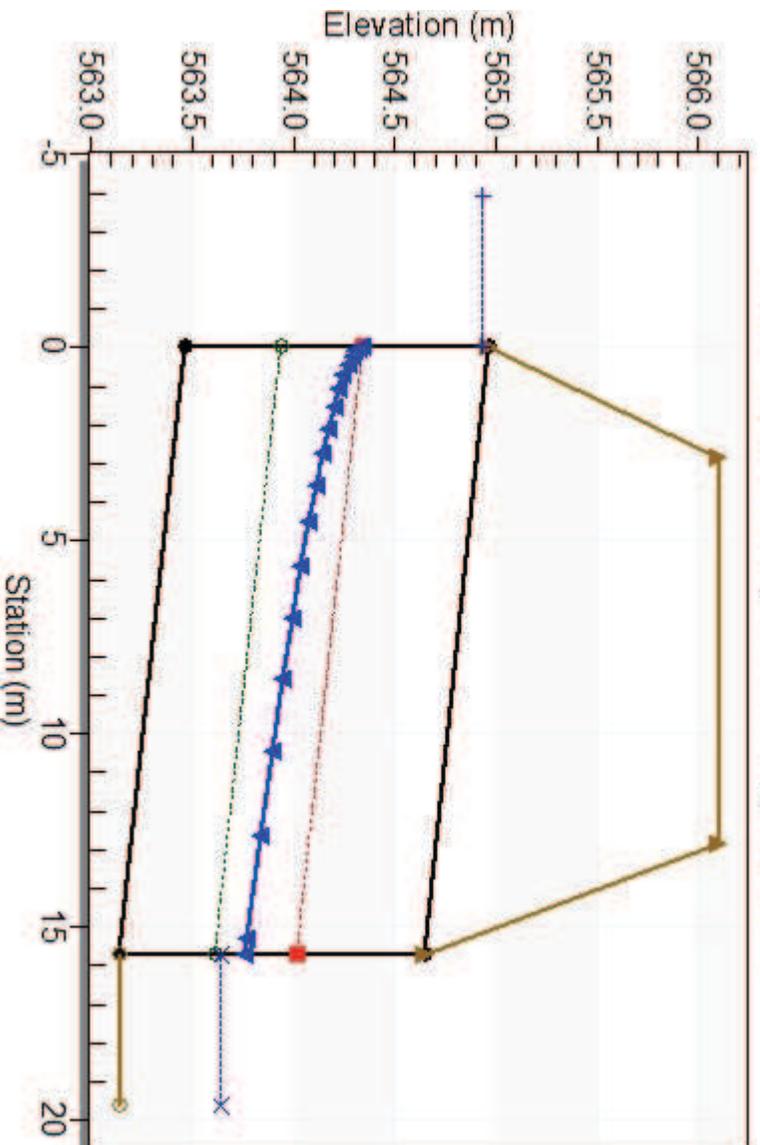
### Culvert Performance Curve Plot: scatolare 1.5x1.5



## Water Surface Profile Plot for Culvert: scatolare 1.5x1.5

### Crossing - Tombino T4b, Design Discharge - 3.85 cms

Culvert - scatolare 1.5x1.5; Culvert Discharge - 3.85 cms



## Site Data - scatolare 1.5x1.5

Site Data Option: Culvert Invert Data

Inlet Station: 0.00 m

Inlet Elevation: 563.46 m

Outlet Station: 15.70 m

Outlet Elevation: 563.14 m

Number of Barrels: 1

## Culvert Data Summary - scatolare 1.5x1.5

Barrel Shape: Concrete Box

Barrel Span: 1500.00 mm

Barrel Rise: 1500.00 mm

Barrel Material: Concrete

Embedment: 0.00 mm

Barrel Manning's n: 0.0120

Culvert Type: Straight

Inlet Configuration: Square Edge (0° flare) Wingwall

Inlet Depression: None

| Flow (cms) | Water Surface Elev (m) | Depth (m) | Velocity (m/s) | Shear (Pa) | Froude Number |
|------------|------------------------|-----------|----------------|------------|---------------|
| 0.00       | 563.14                 | 0.00      | 0.00           | 0.00       | 0.00          |
| 0.50       | 563.28                 | 0.14      | 1.18           | 26.76      | 1.02          |
| 1.00       | 563.35                 | 0.21      | 1.53           | 41.27      | 1.07          |
| 1.50       | 563.41                 | 0.27      | 1.78           | 53.36      | 1.09          |
| 2.00       | 563.47                 | 0.33      | 1.97           | 64.18      | 1.10          |
| 2.50       | 563.52                 | 0.38      | 2.13           | 74.16      | 1.11          |
| 3.00       | 563.57                 | 0.43      | 2.27           | 83.56      | 1.11          |
| 3.50       | 563.61                 | 0.47      | 2.39           | 92.48      | 1.11          |
| 3.85       | 563.64                 | 0.50      | 2.47           | 98.52      | 1.11          |
| 4.50       | 563.70                 | 0.56      | 2.60           | 109.35     | 1.11          |
| 5.00       | 563.74                 | 0.60      | 2.69           | 117.39     | 1.11          |

**Table 3 - Downstream Channel Rating Curve (Crossing: Tombino T4b)**

**Tailwater Channel Data - Tombino T4b**

Tailwater Channel Option: Rectangular Channel  
Bottom Width: 3.10 m  
Channel Slope: 0.0200  
Channel Manning's n: 0.0300  
Channel Invert Elevation: 563.14 m

**Roadway Data for Crossing: Tombino T4b**

Roadway Profile Shape: Constant Roadway Elevation  
Crest Length: 15.70 m  
Crest Elevation: 566.10 m  
Roadway Surface: Paved  
Roadway Top Width: 10.00 m

*Adeguamento e messa in sicurezza della S.S. 131 dal km 108+300 al km 209+500 – risoluzione dei nodi critici  
1° stralcio dal km 158+00 al km 162+700 - Progetto Esecutivo*

---

## **COLLETTORI**

| Dati di Input Tr=25 anni                          |                          |       |
|---|--------------------------|-------|
| a (coeff. Curva possibilità climatica Tr=25 anni) |                          | 40.43 |
| n (esponente curva possibilità climatica)         |                          | 0.4   |
| $\Psi_{carr}$                                     | c. deflusso carreggiata  | 0.9   |
| $\Psi_{scarpate}$                                 | c. deflusso scarpate     | 0.5   |
| ta (min)  | tempo di affusso in rete | 5     |

(-) somma delle portate

| Tubazione       | Qiniziale | Qfinale | L    | i   | D.interno | tr   | tc   | TC   | h     | I      | L.carr. | S.carr.        | L.scarpate | S.scarpate     | Q    | Qprec | Qtotale | K  | %   | Q    | V   | H riemp | Q <sub>80</sub> | H riemp MAX. | V <sub>80</sub> | Q/Q <sub>80</sub> | Verifica   | Verifica   |
|-----------------|-----------|---------|------|-----|-----------|------|------|------|-------|--------|---------|----------------|------------|----------------|------|-------|---------|----|-----|------|-----|---------|-----------------|--------------|-----------------|-------------------|------------|------------|
|                 | m         | m       | m    | %   | mm        | min  | min  | ore  | mm    | mm/h   | m       | m <sup>2</sup> | m          | m <sup>2</sup> | l/s  | l/s   | l/s     |    |     | l/s  | m/s | m       | l/s             | m            | m/s             | %                 | Q          | V (m/s)    |
| SP2_10s-SP2_11s | 521.78    | 520.70  | 13.2 | 8.2 | 600       | 0.07 | 5.07 | 0.08 | 15.04 | 178.16 | 8.50    | 112.37         | 0.00       | 0.0            | 5.00 | 63.61 | 68.62   | 90 | 80% | 68.6 | 3.4 | 0.08    | 2007.06         | 0.48         | 8.3             | 3.4%              | VERIFICATO | VERIFICATO |
| SP2_11s-SP2_12s | 520.70    | 520.00  | 23.7 | 3.0 | 600       | 0.16 | 5.16 | 0.09 | 15.16 | 176.16 | 8.50    | 201.03         | 0.00       | 0.0            | 8.85 | 68.62 | 77.47   | 90 | 80% | 77.5 | 2.4 | 0.10    | 1208.09         | 0.48         | 5.0             | 6.4%              | VERIFICATO | VERIFICATO |
| SP2_12s-SP2_13s | 520.00    | 519.81  | 26.0 | 0.7 | 600       | 0.28 | 5.28 | 0.09 | 15.30 | 173.75 | 8.50    | 221.00         | 0.00       | 0.0            | 9.60 | 77.47 | 87.07   | 90 | 80% | 87.1 | 1.5 | 0.15    | 600.28          | 0.48         | 2.5             | 14.5%             | VERIFICATO | VERIFICATO |

*Adeguamento e messa in sicurezza della S. S. 131 dal km 108+300 al km 209+500 – risoluzione dei nodi critici  
1° stralcio dal km 158+00 al km 162+700 - Progetto Esecutivo*

---

## **FOSSI DI GUARDIA**

Adeguamento e messa in sicurezza della S.S. 131 dal km 108+300 al km 209+500 – risoluzione dei nodi critici

1° stralcio dal km 158+00 al km 162+700 - Progetto Esecutivo

Dati di Input Tr=50 anni

|   |                         |     |
|---|-------------------------|-----|
| a (coeff. Curva possibilità climatica Tr=50 anni) | 47.038                  |     |
| n (esponente curva possibilità climatica)         | 0.438                   |     |
| $\Psi_{carr}$                                     | c. deflusso carreggiata | 0.9 |
| $\Psi_{scarpate}$                                 | c. deflusso scarpate    | 0.5 |
| $\Psi_{aree\ verdi}$                              | c. deflusso aree verdi  | 0.3 |

|     |         |   |
|-----|---------|---|
| B = | 0.3-0.5 | m |
| H = | 0.3-0.5 | m |
| z = | 1       |   |

| sez. di riferimento | L       | lato | i min. | B    | K    | tc    | TC       | h        | l      | L carr.  | S.carr. | L scarpata | S.scarpata | Area verd | S. a.esterne | Q      | Qprec  | Qtotale | h (riempimento) |      | Area bagnata | Perimetro bagnato | Raggio idraulico | v |
|---------------------|---------|------|--------|------|------|-------|----------|----------|--------|----------|---------|------------|------------|-----------|--------------|--------|--------|---------|-----------------|------|--------------|-------------------|------------------|---|
|                     |         |      |        |      |      |       |          |          |        |          |         |            |            |           |              |        |        |         | m               | %    |              |                   |                  |   |
| SP125_92-SP125_102  | 156.60  | DX   | 0.50   | 0.50 | 30.0 | 10.00 | 0.166667 | 21.45945 | 128.76 | 4.25     | 665.55  | 0.0        | 0.0        | 50.0      | 7830.0       | 105.44 | 0      | 105.44  | 0.24            | 0.18 | 1.17         | 0.15              | 0.60             |   |
| SP125_102-SP125_126 | 373.50  | DX   | 0.50   | 0.50 | 70.0 | 10.00 | 0.166667 | 21.45945 | 128.76 | 0\4.25   | 892.50  | 1.1        | 411.7      | 50.0      | 18675.0      | 236.47 | 0.00   | 236.47  | 0.23            | 0.17 | 1.16         | 0.15              | 1.38             |   |
| SP125_127-SP125_142 | 228.00  | DX   | 0.50   | 0.50 | 70.0 | 10.00 | 0.166667 | 21.45945 | 128.76 | 0\4.25   | 255.00  | 0.8        | 177.6      | 50.0      | 11400.0      | 133.70 | 0.00   | 133.70  | 0.17            | 0.11 | 0.98         | 0.12              | 1.18             |   |
| SP125_143-SP125_193 | 760.00  | DX   | 0.50   | 0.50 | 70.0 | 10.00 | 0.166667 | 21.45945 | 128.76 | 0\4.25   | 1275.00 | 0.0        | 0.0        | 50.0      | 38000.0      | 448.77 | 0.00   | 448.77  | 0.33            | 0.27 | 1.43         | 0.19              | 1.64             |   |
| SP125_193-SP125_204 | 150.00  | DX   | 0.50   | 0.50 | 70.0 | 15.00 | 0.25     | 25.62988 | 102.52 | 4.25     | 637.50  | 0.0        | 0.0        | 50.0      | 7500.0       | 80.41  | 448.77 | 529.18  | 0.36            | 0.31 | 1.52         | 0.20              | 1.71             |   |
| SP125_204-SP125_209 | 88.00   | DX   | 0.50   | 0.50 | 70.0 | 15.00 | 0.25     | 25.62988 | 102.52 | 0.00     | 0.00    | 0.0        | 0.00       | 50.0      | 4400.0       | 37.59  | 529.18 | 566.78  | 0.37            | 0.32 | 1.55         | 0.21              | 1.74             |   |
| SP125_209-SP125_260 | 750.00  | DX   | 0.80   | 0.50 | 70.0 | 35.00 | 0.583333 | 37.14671 | 63.68  | 0\8.5    | 4250.00 | 0.0        | 0.00       | 50.00     | 37500.0      | 266.66 | 566.78 | 833.44  | 0.40            | 0.36 | 1.64         | 0.22              | 2.29             |   |
| SP125_291-SP125_329 | 294.00  | DX   | 0.50   | 0.50 | 70.0 | 10.00 | 0.166667 | 21.45945 | 128.76 | 8.50     | 2499.00 | 6.8        | 2007.77    |           | 0.0          | 116.35 | 0.00   | 116.35  | 0.16            | 0.10 | 0.94         | 0.11              | 1.13             |   |
| SP125_92-SP125_102  | 159.00  | SX   | 0.50   | 0.30 | 30.0 | 10.00 | 0.166667 | 21.45945 | 128.76 | 4.25     | 675.75  | 0.0        | 0.00       |           | 0.0          | 21.75  | 0.00   | 21.75   | 0.13            | 0.05 | 0.66         | 0.08              | 0.40             |   |
| SP125_102-SP125_127 | 365.00  | SX   | 0.50   | 0.30 | 70.0 | 10.00 | 0.166667 | 21.45945 | 128.76 | 4.25\8.5 | 2210.00 | 0.0        | 0.00       |           | 0.0          | 71.14  | 0.00   | 71.14   | 0.15            | 0.07 | 0.73         | 0.09              | 1.03             |   |
| SP125_127-SP125_143 | 233.00  | SX   | 0.50   | 0.30 | 70.0 | 10.00 | 0.166667 | 21.45945 | 128.76 | 8.50     | 1980.50 | 1.9        | 446.65     |           | 0.0          | 71.74  | 0.00   | 71.74   | 0.15            | 0.07 | 0.73         | 0.09              | 1.03             |   |
| SP125_144-SP125_149 | 84.50   | SX   | 0.50   | 0.30 | 70.0 | 10.00 | 0.166667 | 21.45945 | 128.76 | 4.25     | 359.13  | 0.0        | 0.00       |           | 0.0          | 11.56  | 0.00   | 11.56   | 0.05            | 0.02 | 0.45         | 0.04              | 0.60             |   |
| SP125_149-SP125_245 | 1432.00 | SX   | 1.20   | 0.30 | 70.0 | 25.00 | 0.416667 | 32.05652 | 76.94  | 4.25\8.5 | 7539.50 | 0.8        | 1200.97    |           | 0.0          | 157.85 | 11.56  | 169.41  | 0.19            | 0.09 | 0.84         | 0.11              | 1.79             |   |
| SP125_245-SP125_260 | 230.60  | SX   | 4.20   | 0.30 | 70.0 | 10.00 | 0.166667 | 21.45945 | 128.76 | 0.00     | 0.00    | 1.8        | 414.42     |           | 0.0          | 7.41   | 169.41 | 176.82  | 0.14            | 0.06 | 0.70         | 0.09              | 2.85             |   |

*Adeguamento e messa in sicurezza della S.S. 131 dal km 108+300 al km 209+500 – risoluzione dei nodi critici  
1° stralcio dal km 158+00 al km 162+700 - Progetto Esecutivo*

---

CUNETTA

Dati di Input Tr=25 anni

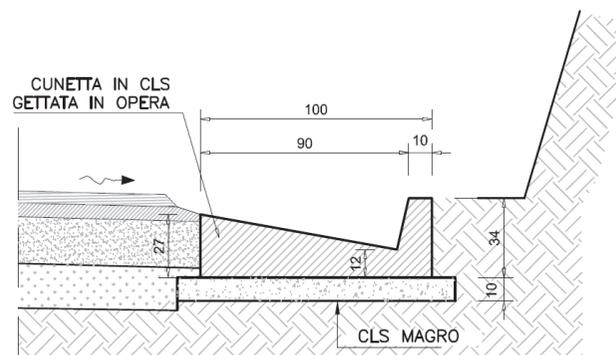
|   |                          |       |
|---|--------------------------|-------|
| a (coeff. Curva possibilità climatica Tr=25 anni) |                          | 40.43 |
| n (esponente curva possibilità climatica)         |                          | 0.4   |
| $\Psi_{carr}$                                     | c. deflusso carreggiata  | 0.9   |
| $\Psi_{scarpate}$                                 | c. deflusso scarpate     | 0.5   |
| ta (min)  | tempo di affusso in rete | 5     |

Dati cunetta:

|   |       |                |
|---|-------|----------------|
| A | 0.1   | m <sup>2</sup> |
| P | 2.14  | m              |
| R | 0.047 | m              |

| sez. di riferimento |       | L      | i    | K    | tc   | TC   | h     | l      | L carr. | Scarr.         | L scarpata | S.scarpata     | Q      | Qprec  | Qtotale | Q max         |
|---------------------|-------|--------|------|------|------|------|-------|--------|---------|----------------|------------|----------------|--------|--------|---------|---------------|
|                     |       | m      | %    |      | min  | ore  | mm    | mm/h   | m       | m <sup>2</sup> | m          | m <sup>2</sup> | l/s    | l/s    | l/s     | cunetta (l/s) |
| SP125_188-SP125_200 | SP125 | 176.50 | 6.15 | 70.0 | 5.00 | 0.08 | 14.96 | 179.56 | 8.50    | 1500.25        | 4.0        | 698.90         | 84.78  | 0.00   | 84.78   | 225.21        |
| SP125_200-SP125_215 |       | 235.00 | 7.00 | 70.0 | 5.00 | 0.08 | 14.96 | 179.56 | 0.00    | 0.00           | 7.1        | 1661.70        | 41.44  | 84.78  | 126.22  | 240.27        |
| SP125_188-SP125_200 |       | 209.00 | 6.40 | 70.0 | 5.00 | 0.08 | 14.96 | 179.56 | 8.50    | 1776.50        | 4.2        | 886.71         | 101.86 | 126.22 | 228.08  | 229.74        |
| SP125_289-SP125_293 |       | 61.75  | 6.15 | 70.0 | 5.00 | 0.08 | 14.96 | 179.56 | 0.00    | 0.00           | 3.5        | 218.32         | 5.44   | 0.00   | 5.44    | 225.21        |
| SP125_293-SP125_301 |       | 120.00 | 6.15 | 70.0 | 5.00 | 0.08 | 14.96 | 179.56 | 8.50    | 1020.00        | 2.5        | 305.47         | 53.41  | 5.44   | 58.85   | 225.21        |
| SP125_301-SP125_309 |       | 90.00  | 6.15 | 70.0 | 5.00 | 0.08 | 14.96 | 179.56 | 0.00    | 0.00           | 2.1        | 190.92         | 4.76   | 58.85  | 63.61   | 225.21        |

VERIFICATO  
 VERIFICATO  
 VERIFICATO  
 VERIFICATO  
 VERIFICATO  
 VERIFICATO



## *INTERASSE EMBRICI*

Dati di Input T=25 anni

|  |                          |     |
|--|--------------------------|-----|
| a (coeff. Curva possibilità climatica T=25 anni) | 40.43                    |     |
| n (esponente curva possibilità climatica)        | 0.4                      |     |
| $\Psi_{carr}$                                    | c. deflusso carreggiata  | 0.9 |
| $\Psi_{scarpate}$                                | c. deflusso scarpate     | 0.5 |
| ta (min)   | tempo di affusso in rete | 5   |

**CALCOLO INTERASSE EMBRICE**

|                  | Strada        | interasse embr.        | i        | K        | tc        | L. banchina        | i trasv        | h        | A        | P        | R        | TC        | h        | I        | L.carr.        | S.carr.        | Q        | Qtotale        | Q max         |
|------------------|---------------|------------------------|----------|----------|-----------|--------------------|----------------|----------|----------|----------|----------|-----------|----------|----------|----------------|----------------|----------|----------------|---------------|
|                  |               | m                      | %        |          | min       | m                  | %              | m        | m2       | m        | m        | m         | ore      | mm       | mm/h           | m              | m2       | l/s            | l/s           |
| <b>Rettifilo</b> | SP125         | 10.00                  | 0.20     | 70.0     | 5.00      | 1.00               | 2.5            | 0.03     | 0.01     | 1.03     | 0.01     | 0.083333  | 14.96343 | 179.56   | 4.00           | 40.00          | 1.80     | 1.80           | 2.07          |
|                  | <b>Strada</b> | <b>interasse embr.</b> | <b>i</b> | <b>K</b> | <b>tc</b> | <b>L. banchina</b> | <b>i trasv</b> | <b>h</b> | <b>A</b> | <b>P</b> | <b>R</b> | <b>TC</b> | <b>h</b> | <b>I</b> | <b>L.carr.</b> | <b>S.carr.</b> | <b>Q</b> | <b>Qtotale</b> | <b>Q max</b>  |
|                  |               | m                      | %        |          | min       | m                  | %              | m        | m2       | m        | m        | ore       | mm       | mm/h     | m              | m2             | l/s      | l/s            | cunetta (l/s) |
| <b>curva</b>     | SP125         | 10.00                  | 0.20     | 70.0     | 5.00      | 1.00               | 7.0            | 0.07     | 0.04     | 1.07     | 0.03     | 0.083333  | 14.96343 | 179.56   | 8.00           | 80.00          | 3.59     | 3.59           | 11.21         |

VERIFICATO

VERIFICATO

*Adeguamento e messa in sicurezza della S. S. 131 dal km 108+300 al km 209+500 – risoluzione dei nodi critici  
1° stralcio dal km 158+00 al km 162+700 - Progetto Esecutivo*

---

**CANALETTA IN CLS A TERGO MURI**

Adeguamento e messa in sicurezza della S.S. 131 dal km 108+300 al km 209+500 – risoluzione dei nodi critici

1° stralcio dal km 158+00 al km 162+700 - Progetto Esecutivo

|   |                         |     |                              |      |                |                                |   |
|---|-------------------------|-----|------------------------------|------|----------------|--------------------------------|---|
| Dati di Input Tr=25 anni                          |                         |     | Dati canaletta a tergo muri: |      |                | Canaletta in cls a tergo muri: |   |
| a (coeff. Curva possibilità climatica Tr=25 anni) | 40.43                   |     | A                            | 0.09 | m <sup>2</sup> | 0.3                            | m |
| n (esponente curva possibilità climatica)         | 0.4                     |     | P                            | 0.9  | m              | 0.3                            | m |
| $\Psi_{carr}$                                     | c. deflusso carreggiata | 0.9 | R                            | 0.1  | m              |                                |   |
| $\Psi_{scarpate}$                                 | c. deflusso scarpate    | 0.5 |                              |      |                |                                |   |

| OPERA | SP 125 | L    | i long. min. | K    | tc   | TC   | h     | I      | L.carr. | S.carr.        | L. scarpata | S.scarpata     | Q     | Qtotale | Q max           |
|-------|--------|------|--------------|------|------|------|-------|--------|---------|----------------|-------------|----------------|-------|---------|-----------------|
|       |        | m    | %            |      | min  | ore  | mm    | mm/h   | m       | m <sup>2</sup> | m           | m <sup>2</sup> | l/s   | l/s     | canaletta (l/s) |
| OS02  |        | 143  | 2.70         | 70.0 | 5.00 | 0.08 | 14.96 | 179.56 | 0.00    | 0.00           | 5.2         | 749.5          | 18.69 | 18.69   | 223.03          |
| OS11  |        | 39.6 | 6.50         | 70.0 | 5.00 | 0.08 | 14.96 | 179.56 | 8.50    | 336.60         | 1.6         | 64.4           | 16.72 | 16.72   | 346.04          |

VERIFICATO  
VERIFICATO

