



CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19

S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE"

AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001
Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19

PROGETTO DEFINITIVO

GRUPPO DI PROGETTAZIONE

ATI:
TECHNITAL s.p.a. (mandataria)
S.I.S. Studio di Ingegneria Stradale s.r.l.
DELTA Ingegneria s.r.l.
INFRATEC s.r.l Consulting Engineering
PROGIN s.p.a.

I RESPONSABILI DI PROGETTO

Dott. Ing. M. Raccosta
Ordine Ing. Verona n° A1665
Prof. Ing. A. Bevilacqua
Ordine Ing. Palermo n° 4058
Dott. Ing. M. Carlino
Ordine Ing. Agrigento n° A628
Dott. Ing. N. Troccoli
Ordine Ing. Potenza n° 836
Dott. Ing. S. Esposito
Ordine Ing. Roma n° 20837

IL GEOLOGO

INTEGRAZIONI PRESTAZIONI SPECIALISTICHE

Dott. Ing. M. Raccosta

VISTO:IL RESPONSABILE
DEL PROCEDIMENTO

Dott. Ing. Massimiliano Fidenzi

VISTO:IL RESPONSABILE DEL
SERVIZIO PROGETTAZIONE

Dott. Ing. Antonio Valente

DATA

PROTOCOLLO

IDRAULICA DI PIATTAFORMA

Relazione idraulica

CODICE PROGETTO		NOME FILE		REVISIONE	FOGLIO	SCALA:
LO407B D 0501		Relazione idraulica.doc		B	di	
CODICE ELAB.		T01 ID02 IDR RE01				
D						
C						
B	REVISIONE a seguito istruttoria ANAS 19/03/07	Aprile 2007	A. Mita	F. Arciuli	C. Marro	
A	EMISSIONE	Ottobre 2006	A. Mita	F. Arciuli	C. Marro	
REV.	DESCRIZIONE	DATA	VERIFICATO RESP. TECNICO	CONTROLLATO RESP. D'ITINERARIO	APPROVATO RESP. DI SETTORE	

Indice

Relazione Idraulica

1. PREMESSE.....	3
1.1 GENERALITÀ.....	3
1.2 DESCRIZIONE DEGLI INTERVENTI – RECAPITI FINALI.....	4
1.2.1 <i>Tratto n° 1 da inizio progett, progressiva 000, fino allo svincolo Delia-Sommatino progressiva 7.800</i>	4
1.2.2 <i>Tratto n° 2 dallo svincolo Delia-Sommatino (progressiva 7.800) allo svincolo Caltanissetta Sud (progressiva 12.600)</i>	6
1.2.3 <i>Tratto n° 3 Svincolo Caltanissetta Sud (progressiva 12.600) – Svincolo Caltanissetta Nord (progressiva 19.200)</i>	7
1.2.4 <i>Tratto n° 4 dallo Svincolo Caltanissetta Nord (progressiva 19.200) alla fine(progressiva 28.081).</i>	8
2. DRENAGGIO DEL CORPO STRADALE.....	9
2.1 GENERALITÀ.....	9
2.2 SCHEMA DI DRENAGGIO DELLA PIATTAFORMA STRADALE.....	9
2.3 PORTATE DI DRENAGGIO DELLE ACQUE METEORICHE E PRIMA PIOGGIA SULLA PIATTAFORMA STRADALE.....	11
2.4 DIMENSIONAMENTO INTERASSE DELLE CANALETTE A EMBRICI E DELLE CADITOIE IN CURVA.....	18
2.5 DIMENSIONAMENTO TUBAZIONI COLLETTAMENTO ACQUE METEORICHE.....	25
2.6 VERIFICA CUNETTE SULLA PIATTAFORMA STRADALE.....	29
2.7 VERIFICA CUNETTE AL PIEDE DEL RILEVATO E FOSSI DI GUARDIA.....	32
3. OPERE IDRAULICHE SULLA RETE DI DRENAGGIO NATURALE ESISTENTE.....	37
3.1 VERIFICA IDRAULICA PONTI E VIADOTTI.....	37
3.1.1 <i>Premesse</i>	37
3.1.2 <i>Riferimenti normativi</i>	37
3.1.3 <i>Assetto geometrico- morfologico e granulometrico dell'alveo</i>	39
3.1.4 <i>Metologia di calcolo e verifica</i>	42
3.1.5 <i>Risultati</i>	45
3.1.6 <i>Verifiche stato "Ante Operam- Post Operam"</i>	48
3.2 VERIFICHE IDRAULICHE TOMBINI.....	53
3.2.1 <i>Metodo di calcolo</i>	53
3.2.2 <i>Tabulati di verifica</i>	59

4. VALUTAZIONE DELLE INTERAZIONI CORRENTE IDRICA- OPERE IN ALVEO...	96
4.1 INTRODUZIONE	96
4.2 EROSIONE ALLA BASE DELLE PILE E DELLE SPALLE DEI PONTI	97
4.2.1 <i>Abbassamento d'alveo</i>	98
4.2.2 <i>Erosione generalizzata</i>	99
4.2.3 <i>Erosione localizzata in corrispondenza delle pile e delle spalle del ponte</i>	102
4.2.4 <i>Riepilogo dello scavo totale per effetto delle erosioni nelle pile e nelle spalle dei viadotti</i>	111
4.3 VERIFICHE DELLE TENSIONI DI TRASCINAMENTO	113
4.3.1 <i>Metodo delle tensioni di trascinamento</i>	115
4.3.2 <i>Resistenza Al Trascinamento</i>	119
4.3.3 <i>Verifica in termini di tensione di trascinamento dei rivestimenti in pietrame</i>	122
5. CRITERI DI COMPATIBILITA' IDRAULICA DELLE OPERE DI ATTRAVERSAMENTO E DIFESA IDRAULICA.....	125
5.1.1 <i>Modifiche indotte sul profilo inviluppo di piena</i>	126
5.1.2 <i>Riduzione della capacità di invaso dell'alveo</i>	127
5.1.3 <i>Modifiche indotte sull'assetto morfologico planimetrico e altimetrico dell'alveo di inciso e di piena</i>	128
5.1.4 <i>Condizioni di sicurezza dell'intervento rispetto alla piena</i>	129
6. TRATTAMENTO ACQUE DI PRIMA PIOGGIA.....	130
6.1 ASPETTI GENERALI	130
6.2 PROCEDURA ADOTTATA PER LA DEFINIZIONE DELLE ACQUE DI PIATTAFORMA DA SOTTOPORRRE A TRATTAMENTO.....	131
6.3 QUALITÀ DELLE ACQUE DEI RECAPITI FINALI	141
6.4 SCHEMA DI RIFERIMENTO	155
6.5 PRESIDI IDRAULICI TRATTAMENTO ACQUE PRIMA PIOGGIA.....	156
6.6 DIMENSIONAMENTO VASCA TRATTAMENTO ACQUE.....	158

1. PREMESSE

1.1 Generalità

Nella presente relazione vengono esposti i criteri di dimensionamento e di verifica delle opere idrauliche che bisogna prevedere per assicurare un corretto inserimento del tracciato stradale nel contesto del reticolo idrografico esistente e nelle interferenze, anche in relazione ai maggiori carichi idraulici generati dal nuovo nastro stradale e alla qualità delle acque da rilasciare .

In particolare le tipologie di opere si possono riassumere in tre grandi classi :

- *Opere idrauliche del corpo stradale :*
 - o Tutte le opere, lineari e puntuali, deputate alla raccolta, collettamento ed allontanamento delle acque meteoriche incidenti sulla piattaforma stradale quali cunette, fossi di guardia, tubazioni di adduzione acque da trattare;
- *Opere idrauliche sulla rete di drenaggio naturale esistente:*
 - o Le opere per il mantenimento del reticolo idrografico e la salvaguardia del corpo stradale , quale tombini, ponticelli, canali di scolo delle acque e sistemazioni idrauliche in prossimità dei viadotti.
- *Opere per il trattamento delle acque di prima pioggia:*
 - o Opere per il monitoraggio e controllo qualitativo delle acque di piattaforma, tramite trattamento in continuo delle acque di prima pioggia, con l'ausilio di manufatti di sedimentazione e flottazione oli e idrocarburi, e intercettazione delle "Onde Nere" generate da sversamenti accidentali.

1.2 *Descrizione degli interventi – Recapiti finali*

Si descrivono di seguito, le maggiori opere idrauliche che interferiscono con il territorio, con particolare attenzione allo scolo delle acque generate dalla nuova piattaforma stradale, là dove questa si allontana dal vecchio tracciato e al sistema di trattamento delle acque di prima pioggia. La raccolta ed il trattamento delle acque di prima pioggia, difatti, mentre apporta un significativo contributo al miglioramento della qualità dell'ambiente, determina una concentrazione dei punti di recapito finale delle portate sul territorio.

1.2.1 Tratto n° 1 da inizio progett, progressiva 000, fino allo svincolo Delia-Sommatino progressiva 7.800 .

In questo tratto il corridoio stradale appoggiandosi sul vecchio tracciato tranne che nel tratto in variante dalla prog. 2350 alla 4450, lambisce quasi la linea di displuvio del reticolo idrografico del Fiume Platani (a Nord) e del Fiume Salso o Imera Meridionale (a sud).

Il tracciato interseca le aste terziarie e successive del fiume Imera meridionale, denominate Vallone Anghillà, Vallone Ramilia, Vallone Giulfo, Vallone Bifara.

Tutti i deflussi generati nelle diverse sezioni della strada recapitano nel reticolo idrografico del Salso.

Come meglio specificato in seguito, subiranno adeguato trattamento le acque di piattaforma, nei tratti di strada con Traffico Medio Giornaliero maggiore di 10.000 veicoli/giorno e con lunghezza di drenaggio stradale maggiore di 500 m che recapitano in aree vulnerabili dal punto di vista idraulico-ambientale, caratterizzate da alta classe di permeabilità e dalla presenza di falda freatica e pozzi di emungimento.

In questo tratto sono localizzati n° 4 impianti di trattamento delle acque di prima pioggia; nella tabella seguente si riporta la progressiva di ubicazione dell'impianto con l'individuazione della tratta generante la portata da trattare.

Impianti di trattamento acque prima pioggia piattaforma.

Codice impianto	Progressiva impianto	Progressiva tratta	
	[m]	iniziale [m]	finale [m]
TR1	228,00	0,00	693,85
TR2	3.148,00	2.597,00	3.351,00
TR3	3.750,00	3.351,00	3.946,00
TR4	5.410,00	4.974,00	5.450,00

I recapiti delle acque trattate negli impianti, sono prossimi alle incisioni del reticolo idrografico e non necessitano di particolari opere per il loro rilascio.

In riferimento alle interferenze del reticolo idrografico principale con il corpo stradale, si è ritenuto necessario effettuare lo studio delle portate di massima piena, con tempo di ritorno 50, 100 e 200 anni, e determinare il profilo di rigurgito, in moto permanente, da valle verso monte per la situazione Ante Operam e Post Operam.

Tale studio ci consente di individuare planimetricamente le fasce golenali a rischio idraulico, probabilmente interessate dalle piene, e altimetricamente i livelli di massima piena per la verifica delle quote sottotrave dei ponti e dei viadotti in progetto, nonché il corretto dimensionamento delle sistemazioni idrauliche a protezione delle fondazioni delle pile e delle spalle dei viadotti.

In questo tratto ricade la sistemazione idraulica a protezione delle fondazioni del Viadotto Giulfo.

1.2.2 Tratto n° 2 dallo svincolo Delia-Sommatino (progressiva 7.800) allo svincolo Caltanissetta Sud (progressiva 12.600)

Come per il tratto precedente, l'infrastruttura stradale , ricade nel bacino idrografico del fiume Salso, e interessa le parti terminali del reticolo idrografico dei valloni Bifara e San Cataldo.

L'attraverso del vallone Bifara, avviene in due rami terziari e precisamente, il vallone Serra, con l'omonimo Ponte Serra ed il vallone Mumia con il viadotto Mumia; mentre il vallone San Cataldo viene superato con il viadotto Favarella.

Per questi attraversamenti si è effettuato lo studio delle portate di massima piena, con tempo di ritorno 50, 100 e 200 anni, per la situazione Ante Operam e Post Operam.

Per quanto riguarda le acque meteoriche incidenti la piattaforma stradale, in questo tratto sono localizzati n° 6 impianti di trattamento delle acque di prima pioggia.

Impianti di trattamento acque prima pioggia piattaforma.

Codice impianto	Progressiva	Progressiva tratta	
	impianto [m]	iniziale [m]	finale [m]
TR5	8.222,00	8.150,00	8.830,00
TR6	8.811,00	8.830,00	9.365,00
TR7	10.100,00	9.820,00	10.222,00
TR8	11.097,00	11.097,00	11.523,00
TR9	11.508,00	11.523,00	11.852,00
TR10	11.852,00	11.852,00	12.117,00

I recapiti delle acque trattate negli impianti sono prossimi al reticolo idrografico esistente e non necessitano di particolari opere per il loro rilascio.

1.2.3 Tratto n° 3 Svincolo Caltanissetta Sud (progressiva 12.600) – Svincolo Caltanissetta Nord (progressiva 19.200)

In questo tronco l'asse stradale è in variante rispetto al corridoio esistente. Per la quasi totalità del tracciato si sviluppa in galleria , mentre nel tratto terminale si alternano tratti in galleria con tratti in viadotto.

Come nel tratto precedente la nuova sede stradale, interessa quasi la linea spartiacque tra il bacino del Fiume Platani a Nord e del Fiume Salso a Sud, ricadendo però nel bacino del Fiume Salito, affluente in sinistra del Platani.

In questo tratto ricadono i valloni San Giuliano e San Filippo Neri e Busità il cui superamento è previsto con viadotti.

Per le acque di drenaggio della piattaforma stradale si prevede il controllo, degli sversamenti accidentali, con vasca di trattamento nella Galleria Caltanissetta. Nel tratto terminale del tronco, attesa la brevità delle tratte di drenaggio stradale scolanti, non si prevedono trattamenti prima del rilascio nel reticolo idrografico esistente

Impianti di trattamento acque prima pioggia piattaforma.

Codice impianto	Progressiva impianto	Progressiva tratta	
	[m]	iniziale [m]	finale [m]
TR11	12.869,00	12.751,00	14.196,00
TR12	16.965,00	14.196,00	16.965,00

1.2.4 Tratto n° 4 dallo Svincolo Caltanissetta Nord (progressiva 19.200) alla fine (progressiva 28.081).

In questo tratto l'infrastruttura stradale si appoggia al vecchio tracciato, interessando nella parte iniziale il vallone Anghillà, nella parte centrale il fondo valle del Vallone Arenella, mentre nel tratto dallo svincolo sulla Strada Statale 626 all'innesto con la A19 Palermo – Catania, tutta in viadotto, scorre quasi in parallela, lato sinistra idraulica, al fiume Salso.

Come per i tratti precedenti nelle interferenze del reticolo idrografico principale con il corpo stradale, si è ritenuto necessario effettuare lo studio delle portate di massima piena, con tempo di ritorno 50, 100 e 200 anni, e determinare il profilo di rigurgito, in moto permanente, da valle verso monte per la situazione Ante Operam e Post Operam sul fiume Salso e sull'affluente di sinistra Vallone Arenella.

Le acque meteoriche incidenti la piattaforma stradale, vengono riversate nel Vallone Anghillà (TR13), nel Vallone Arenella (TR14) e nel fiume Salso (TR15).

Impianti di trattamento acque prima pioggia piattaforma.

Codice impianto	Progressiva impianto [m]	Progressiva tratta	
		iniziale [m]	finale [m]
TR13	22.006,00	21.305,00	22.040,00
TR14	25.750,00	25.162,00	25.750,00
TR15	26.594,00	26.594,00	28.081,00

2. DRENAGGIO DEL CORPO STRADALE

2.1 Generalità

L'esigenza di tutela dell'ambiente e delle risorse impone un diverso approccio progettuale che oltre alla difesa idraulica dei manufatti e della piattaforma tenga anche conto dell'aspetto ambientale.

A tale scopo le scelte progettuali si sono orientate verso la realizzazione di una rete di captazione e allontanamento delle acque di versante separata da quella delle acque di piattaforma.

La rete delle acque di versante, definite acque "bianche", ha il compito di operare la difesa idraulica del corpo stradale dalle acque esterne al corpo stesso, ed è costituita dal sistema di fossi di guardia, canali, tombini etc. Le acque bianche non scorreranno mai sui manufatti della piattaforma stradale .

La rete delle acque di piattaforma, definite acque "nere", consente la raccolta di tutti i liquidi provenienti dalla sede stradale, siano acque meteoriche o provenienti da sversamenti accidentali, l'adduzione, il trattamento e/o la ritenzione in vasche di sicurezza, ed il rilascio nel corpo idrico ricettore finale.

2.2 Schema di drenaggio della piattaforma stradale

Lo schema elementare di drenaggio delle acque nere di una tratta stradale, prevede un sistema di raccolta e collettamento a gravità, delle acque meteoriche e dei liquidi accidentalmente sversati sulla sede stradale, verso un unico punto di raccolta, dove è ubicato un impianto di trattamento.

Nelle sezioni stradali in scavo le acque incidenti sulla piattaforma vengono raccolte sulle cunette laterali e da queste addotte, seguendo la pendenza longitudinale della strada, alla cunetta al piede del successivo rilevato. Quando la lunghezza dei tratti in trin-

cea determina un apporto meteorico maggiore della capacità di adduzione delle cunette laterali, si adotta uno schema che utilizza sulla piattaforma stradale, in asse alle cunette stesse, caditoie e tubazioni che intercettano e collemano le acque di piattaforma fino al piede del successivo rilevato o direttamente all'impianto di trattamento.

Nei tratti in rilevato, le acque e i liquidi defluenti sulla sede stradale vengono raccolte lateralmente sulle banchine, intercettate ad intervalli regolari e scaricate lungo scivoli, rivestiti con embrici, al piede del rilevato in apposite cunette.

Le cunette scorrendo parallelamente al rilevato stradale, raccolgono le acque scaricate dagli scivoli e seguendo la pendenza del terreno convogliano le acque verso gli impianti di trattamento, per essere rilasciate, dopo trattamento, nel recapito idraulico finale.

Nei casi in cui le pendenze delle canalette al piede del rilevato hanno pendenza opposta al sito dell'impianto di trattamento, si inserisce sulla piattaforma stradale una tubazione e un sistema di captazione delle acque da trattare, che seguendo la pendenza longitudinale della strada le adduce verso gli impianti di trattamento.

In questo schema di drenaggio particolare importanza assume l'ubicazione degli impianti di trattamento, giacché per ogni situazione plano-altimetrica –idrologico- ambientale si devono poter soddisfare le seguenti esigenze contrastanti tra loro:

- Avere il maggiore numero possibile di impianti sul territorio per consentire una semplice adduzione a gravità delle acque da trattare e non concentrare scarichi con portate elevate in nuovi punti di recapito, sovraccaricando le capacità di deflusso del reticolo idrografico preesistente;
- Effettuare una maggiore concentrazione possibile degli impianti, aumentando le portate da trattare, per migliorare l'efficacia di funzionamento dell'impianto, ridurre il numero di impianti, e quindi le opere di accesso e le perdite di suolo connessa con gli impianti stessi, semplificare le operazioni di manutenzione durante l'esercizio della strada;
- Collocarle in aree a scarso pregio ambientale o in aree già compromesse dall'infrastruttura stessa, come le aree sotto i viadotti, ma in zone di facile accesso.

2.3 Portate di drenaggio delle acque meteoriche e prima pioggia sulla piattaforma stradale

L'intero asse stradale è stato suddiviso in tratte elementari, con riferimento al modello di schema elementare di drenaggio di cui al paragrafo precedente.

La portata meteorica di ciascuna tratta elementare è stata calcolata applicando il metodo razionale secondo la seguente espressione :

$$x_Q = \frac{\phi \cdot h \cdot S}{60 \cdot t_c}$$

- Essendo : X_Q [l/s] = Portata al colmo di piena ;
 S [m²] = Superficie del bacino scolante;
 h [mm] = Altezza di pioggia per un tempo pari a quello di corrivazione;
 t_c [min] = Tempo di corrivazione del bacino
 ϕ = Coefficiente medio di deflusso.

Per il calcolo del tempo di corrivazione si è adottata la formula consigliata dal Civil Engineering Department dell'Università del Maryland ("Le Opere idrauliche nelle costruzioni stradali" L. Da Deppo e C. Datei) :

$$t_c = \frac{26,3 \cdot (L / K_s)^{0,6}}{j^{0,4} \cdot i^{0,3}}$$

Avendo posto :

- t_c [s] = Tempo di corrivazione del bacino
 L [m] = Lunghezza della cunetta o della superficie scolante ;
 K_s [m^{1/3}/s] = Coefficiente di scabrezza secondo Gauckler- Strickler;
 J [m/h] = Intensità di precipitazione;
 i [m/m] = Pendenza media della superficie scolante.

Per il calcolo dell'intensità di precipitazione si fa riferimento alle curve di possibilità pluviometrica delle piogge di breve durata, elaborate per un tempo di ritorno di 25 anni, riportate nello studio idrologico

$$h \text{ [mm]} = 6,66 t^{0,499} \text{ [t in minuti] .}$$

Per il calcolo del coefficiente di deflusso medio da assegnare ad una carreggiata, si sono considerati i singoli elementi componenti la piattaforma stradale, ciascuno con il proprio coefficiente, secondo la seguente tabella.

Elementi della piattaforma stradale	Lunghezza	Coefficiente Deflusso
1/2 Spartitraffico	1,25	0,50
Banchina Sinistra	1,00	0,95
corsia di marcia	3,75	0,95
corsia sorpasso	3,75	0,95
Banchina Destra	1,75	0,95
Ciglio in scavo		0,95
Cunetta	1,20	0,95
Sommano	12,95	0,91

Con riferimento alle medesime tratte stradali, si è calcolato anche la portata imputabile alle acque inquinanti generate dalla piattaforma stradale.

Seguendo i criteri di cui agli Atti del Workshop " Presidi idraulici e vasche di sicurezza in ambito stradale" organizzato dal Ministero dell'Ambiente e dall'ANAS. (Roma 13 giugno 2000) che riprende l'art. 20 della Legge della Regione Lombardia n° 62 del 27 " *Previa realizzazione di opere di convogliamento e smaltimento indipendenti ... le acque di prima pioggia, cortili, piazzali ... possono essere recapitate sul suolo o negli strati superficiali del sottosuolo, nel rispetto delle disposizioni di cui alla Legge del 10*

maggio 1976 n° 319 e successive modificazioni Sono considerate acque di prima pioggia quelle corrispondenti per ogni evento meteorico ad una precipitazione di 5 mm uniformemente distribuita sull'intera superficie scolante servita dalla rete di drenaggio. Ai fini del calcolo della portata, si stabilisce che tale valore si verifichi in 15 minuti .."

A favore della sicurezza, per tenere conto del fenomeno del *first flush* , cioè ch  la capacit  di strappo, lavaggio e trasporto degli inquinanti dalla piattaforma, si verifica per eventi pluviometrici di media – alta intensit , nei calcoli seguenti si   considerato un velo di 10 mm di pioggia anzich  5 mm.

La formula per il calcolo delle portate di prima pioggia risulta dunque :

$$Q_n = \frac{\phi \cdot h \cdot S}{60 \cdot t}$$

Essendo : Q_n [l/s] = Portata nera di prima pioggia ;
 S [m²] = Superficie del bacino scolante;
 h [mm] = 10 ;
 t [min] = 15 ;
 ϕ = Coefficiente medio di deflusso.

Nei tabulati seguenti, si riportano per ogni singola tratta elementare di calcolo , individuata da progressiva di inizio e fine, la sua larghezza, lunghezza, pendenza longitudinale media, coefficiente di scabrezza, tempo di corrivazione, altezza e intensit  di pioggia, area tributaria della sezione, coefficiente udometrico e portata meteorica al colmo di piena, per un tempo di ritorno di 25 anni, ed infine la portata nera di prima pioggia.

Nello stesso tabulato, per ogni tratta elementare , sotto la dizione "Sezione intermedia", si sono individuate le tratte idraulicamente pi  svantaggiate di cunette francesi, tubazioni e cunette al piede del rilevato. Nelle sezioni terminali di queste tratte, si sono determinate le portate competenti, come prodotto delle aree scolanti da monte per il coefficiente udometrico della tratta elementare stessa.

Tabella di calcolo portate - Acque di Piattaforma -

Individuazione	SEZIONE DI CALCOLO		Lunghezza tratta L [m]	Larghezza tratta B [m]	Coeff. Scabrezza K _s [m ^{1/3} /s]	Coef. medio deflusso φ	Pendenza media area scolante i [m/m]	Intensità pioggia J [mm/h]	Tempo di corivazione t _c [min]	Altezza Pioggia h (t _c) [mm]	Area tributaria [mq]	U = X _Q /S Coef. udometrico [l/s mq]	Portata X _Q [l/s]	Portata Q _e [l/s]
	Progressiva iniziale [m]	Progressiva finale [m]												
Corsia SX	0,00	278,58	278,58	12,95	70,00	0,91	0,007	124,0	10,34	21,37	3,608	0,031	113,0	36,5
Corsia DX	0,00	278,58	278,58	12,95	70,00	0,91	0,007	124,0	10,34	21,37	3,608	0,031	113,0	36,5
Corsia SX	278,58	693,85	415,27	12,95	70,00	0,91	0,011	116,6	11,69	22,72	5,378	0,029	158,5	54,4
Corsia DX	278,58	693,85	415,27	12,95	70,00	0,91	0,011	116,6	11,69	22,72	5,378	0,029	158,5	54,4
												TR1	543,0	181,8
Corsia SX	693,85	1.025,60	331,75	12,95	70,00	0,91	0,017	138,2	8,32	19,18	4,296	0,035	150,1	43,4
Corsia DX	693,85	1.025,60	331,75	12,95	70,00	0,91	0,017	138,2	8,32	19,18	4,296	0,035	150,1	43,4
Corsia SX	1.025,60	1.112,50	86,90	12,95	70,00	0,91	0,017	228,7	3,05	11,61	1,125	0,058	65,1	11,4
Corsia DX	1.025,60	1.112,50	86,90	12,95	70,00	0,91	0,017	228,7	3,05	11,61	1,125	0,058	65,1	11,4
Corsia SX	1.112,50	1.450,90	338,40	12,95	70,00	0,91	0,036	157,6	6,40	16,82	4,382	0,040	174,6	44,3
Corsia DX	1.112,50	1.450,90	338,40	12,95	70,00	0,91	0,036	157,6	6,40	16,82	4,382	0,040	174,6	44,3
Corsia SX	1.450,90	1.726,03	275,13	12,95	70,00	0,91	0,036	170,4	5,48	15,57	3,563	0,043	153,4	36,0
Corsia DX	1.450,90	1.726,03	275,13	12,95	70,00	0,91	0,036	170,4	5,48	15,57	3,563	0,043	153,4	36,0
Corsia SX	1.726,03	2.092,40	366,37	12,95	70,00	0,91	0,036	153,0	6,80	17,33	4,744	0,039	183,5	48,0
Corsia DX	1.726,03	2.092,40	366,37	12,95	70,00	0,91	0,036	153,0	6,80	17,33	4,744	0,039	183,5	48,0
Corsia SX	2.092,40	2.255,00	162,60	12,95	70,00	0,91	0,019	184,1	4,70	14,41	2,106	0,047	98,0	21,3
Corsia DX	2.092,40	2.255,00	162,60	12,95	70,00	0,91	0,019	184,1	4,70	14,41	2,106	0,047	98,0	21,3
Corsia SX	2.255,00	2.421,00	166,00	12,95	70,00	0,91	0,019	182,7	4,77	14,52	2,150	0,046	99,3	21,7
Corsia DX	2.255,00	2.421,00	166,00	12,95	70,00	0,91	0,019	182,7	4,77	14,52	2,150	0,046	99,3	21,7
Corsia SX	2.421,00	2.597,03	176,03	12,95	70,00	0,91	0,027	190,9	4,37	13,90	2,280	0,048	110,0	23,0
Corsia DX	2.421,00	2.597,03	176,03	12,95	70,00	0,91	0,027	190,9	4,37	13,90	2,280	0,048	110,0	23,0
Corsia SX	2.597,03	2.700,00	102,97	12,95	70,00	0,91	0,027	233,5	2,92	11,37	1,333	0,059	78,7	13,5
Corsia DX	2.597,03	2.700,00	102,97	12,95	70,00	0,91	0,027	233,5	2,92	11,37	1,333	0,059	78,7	13,5
Corsia SX	2.982,00	3.148,00	166,00	12,95	70,00	0,91	0,039	209,1	3,64	12,69	2,150	0,053	113,6	21,7
Corsia DX	2.982,00	3.148,00	166,00	12,95	70,00	0,91	0,039	209,1	3,64	12,69	2,150	0,053	113,6	21,7
												TR2	384,6	70,4
Corsia SX	3.148,00	3.946,00	798,00	12,95	70,00	0,91	0,012	92,9	18,41	28,49	10,334	0,023	242,6	104,5
Corsia DX	3.148,00	3.946,00	798,00	12,95	70,00	0,91	0,012	92,9	18,41	28,49	10,334	0,023	242,6	104,5
												TR3	485,2	209,0
Corsia SX	3.946,00	4.324,00	378,00	12,95	70,00	0,91	0,012	123,2	10,48	21,51	4,895	0,031	152,4	49,5
Corsia DX	3.946,00	4.324,00	378,00	12,95	70,00	0,91	0,012	123,0	10,51	21,54	4,895	0,031	152,2	49,5
Corsia SX	4.324,00	4.470,00	146,00	12,95	70,00	0,91	0,012	176,1	5,13	15,06	1,891	0,045	84,2	19,1
Corsia DX	4.324,00	4.470,00	146,00	12,95	70,00	0,91	0,012	175,8	5,15	15,08	1,891	0,044	84,0	19,1

Tabella di calcolo portate - Acque di Piattaforma -

Individuazione	Progressiva		Lunghezza tratta L [m]	Larghezza tratta B [m]	Coeff. Scabrezza K_s [m ^{1/3} / s]	Coef. medio deflusso ϕ	Pendenza media area scolante i [m/m]	Intensità pioggia J [mm/h]	Tempo di covivazione t_c [min]	Altezza Pioggia h (t _c) [mm]	Area tributaria [mq]	U = X _Q /S Coef. udometrico [l/s mq]	Portata X _Q [l/s]	Portata Q _a [l/s]	
	iniziale [m]	finale [m]													
Corsia SX	4.470,00	4.671,00	201,00	12,95	70,00	0,91	0,012	156,2	6,52	16,98	2.603	0,039	102,8	26,3	
Corsia DX	4.470,00	4.671,00	201,00	12,95	70,00	0,91	0,012	155,9	6,54	17,00	2.603	0,039	102,6	26,3	
Corsia SX	4.671,00	4.974,71	303,71	12,95	70,00	0,91	0,028	156,6	6,49	16,93	3.933	0,040	155,7	39,8	
Corsia DX	4.671,00	4.974,71	303,71	12,95	70,00	0,91	0,028	156,6	6,49	16,93	3.933	0,040	155,7	39,8	
Corsia SX	4.974,71	5.510,75	536,04	12,95	70,00	0,91	0,028	126,5	9,94	20,95	6.942	0,032	221,9	70,2	
Corsia DX	4.974,71	5.510,75	536,04	12,95	70,00	0,91	0,028	126,5	9,94	20,95	6.942	0,032	221,9	70,2	
													TR4	443,8	140,4
Corsia SX	5.510,75	5.794,00	283,25	12,95	70,00	0,91	0,019	149,4	7,12	17,74	3.668	0,038	138,6	37,1	
Corsia DX	5.510,75	5.794,00	283,25	12,95	70,00	0,91	0,019	149,4	7,12	17,74	3.668	0,038	138,6	37,1	
Corsia SX	5.794,00	6.092,00	298,00	12,95	70,00	0,91	0,023	152,0	6,89	17,44	3.859	0,038	148,2	39,0	
Corsia DX	5.794,00	6.092,00	298,00	12,95	70,00	0,91	0,023	152,0	6,89	17,44	3.859	0,038	148,2	39,0	
Corsia SX	6.092,00	6.430,00	338,00	12,95	70,00	0,91	0,023	144,9	7,57	18,29	4.377	0,037	160,4	44,3	
Corsia DX	6.092,00	6.430,00	338,00	12,95	70,00	0,91	0,023	144,9	7,57	18,29	4.377	0,037	160,4	44,3	
Corsia SX	6.430,00	6.609,00	179,00	12,95	70,00	0,91	0,037	201,3	3,93	13,19	2.318	0,051	117,9	23,4	
Corsia DX	6.430,00	6.609,00	179,00	12,95	70,00	0,91	0,037	201,3	3,93	13,19	2.318	0,051	117,9	23,4	
Corsia SX	6.609,00	7.014,00	405,00	12,95	70,00	0,91	0,037	148,1	7,25	17,90	5.245	0,037	196,3	53,0	
Corsia DX	6.609,00	7.014,00	405,00	12,95	70,00	0,91	0,037	148,1	7,25	17,90	5.245	0,037	196,3	53,0	
Corsia SX	7.014,00	7.151,00	137,00	12,95	70,00	0,91	0,037	222,6	3,22	11,93	1.774	0,056	99,8	17,9	
Corsia DX	7.014,00	7.151,00	137,00	12,95	70,00	0,91	0,037	222,6	3,22	11,93	1.774	0,056	99,8	17,9	
Corsia SX	7.151,00	7.231,00	80,00	12,95	70,00	0,91	0,019	240,4	2,76	11,05	1.036	0,061	62,9	10,5	
Corsia DX	7.151,00	7.231,00	80,00	12,95	70,00	0,91	0,019	240,4	2,76	11,05	1.036	0,061	62,9	10,5	
Corsia SX	7.231,00	7.594,00	363,00	12,95	70,00	0,91	0,019	136,1	8,58	19,47	4.701	0,034	161,8	47,5	
Corsia DX	7.231,00	7.594,00	363,00	12,95	70,00	0,91	0,019	136,1	8,58	19,47	4.701	0,034	161,8	47,5	
Corsia SX	7.594,00	7.759,00	165,00	12,95	70,00	0,91	0,019	183,1	4,75	14,49	2.137	0,046	98,9	21,6	
Corsia DX	7.594,00	7.759,00	165,00	12,95	70,00	0,91	0,019	183,1	4,75	14,49	2.137	0,046	98,9	21,6	
Corsia SX	7.802,00	8.047,00	245,00	12,95	70,00	0,91	0,019	157,8	6,39	16,80	3.173	0,040	126,6	32,1	
Corsia DX	7.802,00	8.047,00	245,00	12,95	70,00	0,91	0,019	157,8	6,39	16,80	3.173	0,040	126,6	32,1	
Corsia SX	8.047,00	8.150,00	103,00	12,95	70,00	0,91	0,028	235,1	2,88	11,30	1.334	0,059	79,3	13,5	
Corsia DX	8.047,00	8.150,00	103,00	12,95	70,00	0,91	0,028	235,1	2,88	11,30	1.334	0,059	79,3	13,5	
Corsia SX	8.150,00	8.830,00	680,00	12,95	70,00	0,91	0,032	118,6	11,30	22,33	8.806	0,030	264,0	89,0	
Corsia DX	8.150,00	8.830,00	680,00	12,95	70,00	0,91	0,032	118,6	11,30	22,33	8.806	0,030	264,0	89,0	
													TR5	686,6	205,0
Corsia SX	8.830,00	9.365,00	535,00	12,95	70,00	0,91	0,007	98,3	16,43	26,92	6.928	0,025	172,1	70,1	
Corsia DX	8.830,00	9.365,00	535,00	12,95	70,00	0,91	0,007	98,3	16,43	26,92	6.928	0,025	172,1	70,1	
													TR6	344,2	140,2
Corsia SX	9.365,00	9.753,00	388,00	12,95	70,00	0,91	0,038	151,2	6,95	17,53	5.025	0,038	192,1	50,8	
Corsia DX	9.365,00	9.753,00	388,00	12,95	70,00	0,91	0,038	151,2	6,95	17,53	5.025	0,038	192,1	50,8	
Corsia SX	9.991,00	10.222,00	231,00	12,95	70,00	0,91	0,015	154,3	6,68	17,18	2.991	0,039	116,7	30,2	
Corsia DX	9.991,00	10.222,00	231,00	12,95	70,00	0,91	0,015	154,3	6,68	17,18	2.991	0,039	116,7	30,2	
													TR7	233,4	60,4
Corsia SX	11.098,00	11.523,00	425,00	12,95	70,00	0,91	0,010	113,5	12,33	23,33	5.504	0,029	157,9	55,6	
Corsia DX	11.098,00	11.523,00	425,00	12,95	70,00	0,91	0,010	113,5	12,33	23,33	5.504	0,029	157,9	55,6	
													TR8	315,8	111,2
Corsia SX	11.759,00	11.936,00	177,00	12,95	70,00	0,91	0,039	204,1	3,82	13,00	2.292	0,052	118,3	23,2	
Corsia DX	11.759,00	11.936,00	177,00	12,95	70,00	0,91	0,039	204,1	3,82	13,00	2.292	0,052	118,3	23,2	
													TR9	236,6	46,4
Corsia SX	11.936,00	12.290,00	354,00	12,95	70,00	0,91	0,008	116,8	11,65	22,67	4.584	0,030	135,3	46,4	
Corsia DX	11.936,00	12.290,00	354,00	12,95	70,00	0,91	0,008	116,8	11,65	22,67	4.584	0,030	135,3	46,4	
													TR10	270,6	92,8
Corsia SX	12.290,00	12.568,38	278,38	12,95	70,00	0,91	0,008	127,8	9,73	20,72	3.605	0,032	116,5	36,5	
Corsia DX	12.290,00	12.568,38	278,38	12,95	70,00	0,91	0,008	127,8	9,73	20,72	3.605	0,032	116,5	36,5	
Corsia SX	12.568,38	12.611,00	42,62	12,95	70,00	0,91	0,008	258,9	2,38	10,26	552	0,065	36,1	5,6	
Corsia DX	12.568,38	12.611,00	42,62	12,95	70,00	0,91	0,008	258,9	2,38	10,26	552	0,065	36,1	5,6	

Tabella di calcolo portate - Acque di Piattaforma -

SEZIONE DI CALCOLO			Lunghezza tratta L [m]	Larghezza tratta B [m]	Coeff. Scabrezza K _s [m ^{1/3} /s]	Coef. medio deflusso φ	Pendenza media area scolante i [m/m]	Intensità pioggia J [mm/h]	Tempo di corrivazione t _c [min]	Altezza Pioggia h (t _c) [mm]	Area tributaria [mq]	U = X _Q /S Coef. idrometrico [l/s mq]	Portata X _Q [l/s]	Portata Q _n [l/s]
Individuazione	Progressiva iniziale [m] finale [m]													
Corsia SX	12.611.00	12.883.00	272.00	12.95	70.00	0.91	0.017	148.6	7.20	17.84	3.522	0.038	132.3	35.6
Corsia DX	12.611.00	12.883.00	272.00	12.95	70.00	0.91	0.017	148.6	7.20	17.84	3.522	0.038	132.3	35.6
Corsia SX	16.963.00	17.118.00	155.00	12.95	70.00	0.91	0.039	214.6	3.46	12.37	2.007	0.054	108.9	20.3
Corsia SX	17.118.00	17.204.00	86.00	12.95	70.00	0.91	0.039	267.8	2.22	9.92	1.114	0.068	75.4	11.3
Corsia SX	17.204.00	17.392.00	188.00	12.95	70.00	0.91	0.005	137.1	8.45	19.32	2.435	0.035	84.4	24.6
Corsia DX	16.963.00	17.088.00	125.00	12.95	70.00	0.91	0.039	232.7	2.94	11.41	1.619	0.059	95.2	16.4
Corsia DX	17.088.00	17.222.00	134.00	12.95	70.00	0.91	0.039	226.7	3.10	11.72	1.735	0.057	99.4	17.5
Corsia DX	17.222.00	17.392.00	170.00	12.95	70.00	0.91	0.005	142.4	7.84	18.61	2.202	0.036	79.3	22.3
Corsia SX	17.659.00	17.850.00	191.00	12.95	70.00	0.91	0.005	136.3	8.56	19.44	2.473	0.034	85.2	25.0
Corsia DX	17.659.00	17.850.00	191.00	12.95	70.00	0.91	0.005	136.3	8.56	19.44	2.473	0.034	85.2	25.0
Corsia SX	18.120.00	18.330.00	210.00	12.95	70.00	0.91	0.010	148.2	7.24	17.88	2.720	0.037	101.9	27.5
Corsia DX	18.120.00	18.330.00	210.00	12.95	70.00	0.91	0.010	148.2	7.24	17.88	2.720	0.037	101.9	27.5
Corsia SX	18.831.00	19.130.00	299.00	12.95	70.00	0.91	0.005	114.4	12.15	23.16	3.872	0.029	111.9	39.2
Corsia DX	18.831.00	19.130.00	299.00	12.95	70.00	0.91	0.005	114.4	12.15	23.16	3.872	0.029	111.9	39.2
Corsia SX	19.130.00	19.304.00	174.00	12.95	70.00	0.91	0.005	140.2	8.09	18.91	2.253	0.035	79.8	22.8
Corsia DX	19.130.00	19.304.00	174.00	12.95	70.00	0.91	0.005	140.2	8.09	18.91	2.253	0.035	79.8	22.8
Corsia SX	19.304.00	19.705.00	401.00	12.95	70.00	0.91	0.054	159.6	6.25	16.62	5.193	0.040	209.5	52.5
Corsia DX	19.304.00	19.705.00	401.00	12.95	70.00	0.91	0.054	159.6	6.25	16.62	5.193	0.040	209.5	52.5
Corsia SX	19.705.00	19.799.00	94.00	12.95	70.00	0.91	0.054	275.3	2.10	9.65	1.217	0.070	84.7	12.3
Corsia DX	19.705.00	19.799.00	94.00	12.95	70.00	0.91	0.054	275.3	2.10	9.65	1.217	0.070	84.7	12.3
Corsia SX	19.799.00	19.983.00	184.00	12.95	70.00	0.91	0.054	213.9	3.48	12.41	2.383	0.054	128.8	24.1
Corsia DX	19.799.00	19.983.00	184.00	12.95	70.00	0.91	0.054	213.9	3.48	12.41	2.383	0.054	128.8	24.1
Corsia SX	19.983.00	20.330.00	347.00	12.95	70.00	0.91	0.054	168.5	5.61	15.74	4.494	0.043	191.4	45.4
Corsia DX	19.983.00	20.330.00	347.00	12.95	70.00	0.91	0.054	168.5	5.61	15.74	4.494	0.043	191.4	45.4
Corsia SX	20.330.00	20.787.00	457.00	12.95	70.00	0.91	0.054	151.9	6.89	17.45	5.918	0.038	227.3	59.8
Corsia DX	20.330.00	20.787.00	457.00	12.95	70.00	0.91	0.054	151.9	6.89	17.45	5.918	0.038	227.3	59.8
Corsia SX	20.787.00	21.021.00	234.00	12.95	70.00	0.91	0.054	195.4	4.17	13.58	3.030	0.049	149.7	30.6
Corsia DX	20.787.00	21.021.00	234.00	12.95	70.00	0.91	0.054	195.4	4.17	13.58	3.030	0.049	149.7	30.6
Corsia SX	21.021.00	21.305.00	284.00	12.95	70.00	0.91	0.024	156.5	6.50	16.94	3.678	0.040	145.5	37.2
Corsia DX	21.021.00	21.305.00	284.00	12.95	70.00	0.91	0.024	156.5	6.50	16.94	3.678	0.040	145.5	37.2
Corsia SX	21.305.00	22.040.00	735.00	12.95	70.00	0.91	0.024	109.4	13.26	24.19	9.518	0.028	263.3	96.2
Corsia DX	21.305.00	22.040.00	735.00	12.95	70.00	0.91	0.024	109.4	13.26	24.19	9.518	0.028	263.3	96.2
Corsia SX	22.040.00	22.176.00	136.00	12.95	70.00	0.91	0.035	220.9	3.27	12.02	1.761	0.056	98.3	17.8
Corsia DX	22.040.00	22.176.00	136.00	12.95	70.00	0.91	0.035	220.9	3.27	12.02	1.761	0.056	98.3	17.8
Corsia SX	22.176.00	22.437.00	261.00	12.95	70.00	0.91	0.035	172.9	5.33	15.34	3.380	0.044	147.7	34.2
Corsia DX	22.176.00	22.437.00	261.00	12.95	70.00	0.91	0.035	172.9	5.33	15.34	3.380	0.044	147.7	34.2
Corsia SX	22.437.00	22.644.00	207.00	12.95	70.00	0.91	0.035	188.6	4.48	14.07	2.681	0.048	127.8	27.1
Corsia DX	22.437.00	22.644.00	207.00	12.95	70.00	0.91	0.035	188.6	4.48	14.07	2.681	0.048	127.8	27.1
Corsia SX	22.644.00	22.827.00	183.00	12.95	70.00	0.91	0.035	197.5	4.08	13.43	2.370	0.050	118.3	24.0
Corsia DX	22.644.00	22.827.00	183.00	12.95	70.00	0.91	0.035	197.5	4.08	13.43	2.370	0.050	118.3	24.0
Corsia SX	22.827.00	23.100.00	273.00	12.95	70.00	0.91	0.021	154.4	6.67	17.17	3.535	0.039	138.0	35.7
Corsia DX	22.827.00	23.100.00	273.00	12.95	70.00	0.91	0.021	154.4	6.67	17.17	3.535	0.039	138.0	35.7
Corsia SX	23.100.00	23.320.00	220.00	12.95	70.00	0.91	0.021	167.4	5.68	15.84	2.849	0.042	120.6	28.8
Corsia DX	23.100.00	23.320.00	220.00	12.95	70.00	0.91	0.021	167.4	5.68	15.84	2.849	0.042	120.6	28.8
Corsia SX	23.320.00	23.533.00	213.00	12.95	70.00	0.91	0.021	169.5	5.54	15.65	2.758	0.043	118.2	27.9
Corsia DX	23.320.00	23.533.00	213.00	12.95	70.00	0.91	0.021	169.5	5.54	15.65	2.758	0.043	118.2	27.9
Corsia SX	23.533.00	23.643.00	110.00	12.95	70.00	0.91	0.021	217.3	3.37	12.22	1.425	0.055	78.2	14.4
Corsia DX	23.533.00	23.643.00	110.00	12.95	70.00	0.91	0.021	217.3	3.37	12.22	1.425	0.055	78.2	14.4
Corsia SX	23.643.00	24.041.00	398.00	12.95	70.00	0.91	0.007	108.1	13.59	24.49	5.154	0.027	140.8	52.1
Corsia DX	23.643.00	24.041.00	398.00	12.95	70.00	0.91	0.007	108.1	13.59	24.49	5.154	0.027	140.8	52.1

Tabella di calcolo portate - Acque di Piattaforma -

SEZIONE DI CALCOLO			Lunghezza tratta	Larghezza tratta	Coeff. Scabrezza	Coef. medio deflusso ϕ	Pendenza media area scolante i	Intensità pioggia J	Tempo di conivazione t_c	Altezza Pioggia $h(t_c)$	Area tributaria [mq]	$U = X_Q/S$ Coef. udometrico	Portata X_Q	Portata Q_n	
Individuazione	Progressiva iniziale [m]	Progressiva finale [m]	L [m]	B [m]	K_s [$m^{1/3}/s$]		[m/m]	[mm/h]	[min]	[mm]		[l/s mq]	[l/s]	[l/s]	
Corsia SX	24.041,00	24.244,00	203,00	12,95	70,00	0,91	0,007	139,2	8,20	19,03	2.629	0,035	92,5	26,6	
Corsia DX	24.041,00	24.244,00	203,00	12,95	70,00	0,91	0,007	139,2	8,20	19,03	2.629	0,035	92,5	26,6	
Corsia SX	24.244,00	24.547,00	303,00	12,95	70,00	0,91	0,007	119,8	11,08	22,11	3.924	0,030	118,8	39,7	
Corsia DX	24.244,00	24.547,00	303,00	12,95	70,00	0,91	0,007	119,8	11,08	22,11	3.924	0,030	118,8	39,7	
Corsia SX	24.547,00	24.669,00	122,00	12,95	70,00	0,91	0,007	168,6	5,60	15,73	1.580	0,043	67,3	16,0	
Corsia DX	24.547,00	24.669,00	122,00	12,95	70,00	0,91	0,007	168,6	5,60	15,73	1.580	0,043	67,3	16,0	
Corsia SX	24.669,00	25.162,00	493,00	12,95	70,00	0,91	0,007	99,7	15,96	26,53	6.384	0,025	161,0	64,6	
Corsia DX	24.669,00	25.162,00	493,00	12,95	70,00	0,91	0,007	99,7	15,96	26,53	6.384	0,025	161,0	64,6	
Corsia SX	25.162,00	25.750,00	588,00	12,95	70,00	0,91	0,007	93,3	18,22	28,34	7.615	0,024	179,7	77,0	
Corsia DX	25.162,00	25.750,00	588,00	12,95	70,00	0,91	0,007	93,3	18,22	28,34	7.615	0,024	179,7	77,0	
													TR14	359,4	154,0
Corsia SX	25.750,00	26.100,00	350,00	12,95	70,00	0,91	0,025	145,3	7,53	18,24	4.533	0,037	166,5	45,8	
Corsia DX	25.750,00	26.100,00	350,00	12,95	70,00	0,91	0,025	145,3	7,53	18,24	4.533	0,037	166,5	45,8	
Corsia SX	26.100,00	26.400,00	300,00	12,95	70,00	0,91	0,005	113,8	12,27	23,27	3.885	0,029	111,7	39,3	
Corsia DX	26.100,00	26.400,00	300,00	12,95	70,00	0,91	0,005	113,8	12,27	23,27	3.885	0,029	111,7	39,3	
Corsia SX	26.400,00	26.594,00	194,00	12,95	70,00	0,91	0,005	134,0	8,85	19,77	2.512	0,034	85,1	25,4	
Corsia DX	26.400,00	26.594,00	194,00	12,95	70,00	0,91	0,005	134,0	8,85	19,77	2.512	0,034	85,1	25,4	
Corsia SX	26.594,00	28.081,00	1487,00	12,95	70,00	0,91	0,034	89,4	19,87	29,60	19.257	0,023	435,1	194,7	
Corsia DX	26.594,00	28.081,00	1487,00	12,95	70,00	0,91	0,034	89,4	19,87	29,60	19.257	0,023	435,1	194,7	
													TR15	870,2	389,4

2.4 Dimensionamento interasse delle canalette a embrici e delle caditoie in curva.

Il dimensionamento dell'interasse da assegnare alle canalette ad embrice, nel tratto in rilevato, viene determinata imponendo, che a fronte di uno scroscio di pioggia, con tempo di ritorno di 25 anni, non si abbia sul margine esterno della banchina un velo liquido superiore a qualche centimetro, contenendo in ogni caso la vena liquida entro la banchina.

Con riferimento ad una carreggiata di larghezza L (m), fissato l'interasse p (m), la superficie scolante $\Omega = L p$ (mq), caratterizzata da un coefficiente di deflusso ϕ , in occasione di un evento meteorico di intensità J (mm/ora), genera una portata :

$$Q \text{ (l/s)} = \phi \Omega J / 3600.$$

Dobbiamo verificare che la lama liquida di tirante h e portata Q che scorre sulla banchina, entro una sezione triangolare di altezza totale h_{ac} , contro il cordolo, e lato inclinato della pendenza trasversale della banchina, con una pendenza motrice pari a quella longitudinale della strada, deve essere contenuta entro la banchina.

Il moto che si instaura nelle banchine e nelle cunette durante la pioggia è, a stretto rigore, un moto vario a superficie libera, con incremento di portata costante per unità di lunghezza.

Pur tuttavia, considerato che l'impegno di calcolo sarebbe eccessivo rispetto all'importanza del problema, si effettuano le verifiche nell'ipotesi di moto uniforme.

Sotto tale ipotesi la formula della portata, utilizzando l'equazione di continuità e l'espressione di Chezy per la velocità, si scrive:

$$Q = S \cdot \chi \cdot \sqrt{R \cdot i}$$

essendo :

$$Q \text{ [l/s]} = \text{Portata};$$

$$S \text{ [m}^2\text{]} = \text{Area della sezione idraulica};$$

$$\chi = c R^{(1/6)} \text{ [m}^{0.5}\text{/sec]} = \text{Coefficiente di resistenza secondo Gauckler- Strickler};$$

$$c \text{ [m}^{1/3}\text{/s]} = \text{Indice di scabrezza secondo Gauckler- Strickler};$$

$$R \text{ [m]} = \text{Raggio idraulico};$$

i [m/m] = Pendenza di fondo del canale.

Dall'analisi dei tabulati di calcolo, di seguito riportati risulta :

- Verifica interasse embrici in rilevato per la sezione corrente :
 - o Un tratto di carreggiata stradale di larghezza 11,75 m e lunghezza pari all'interasse di 10 m, caratterizzato da un coefficiente medio di deflusso $\phi = 0,90$, per effetto di uno scroscio con tempo di ritorno di 25 anni e curva di possibilità pluviometrica $h = 6,60 t^{0,499}$ genera, nel tratto terminale del tronco esaminato, per una durata di 5, 10 e 15 minuti una portata rispettivamente di 5,2 - 3,7 e 3,0 l/s. Questi valori di portata, determinano sulla banchina una altezza del tirante h_b (cm) sul cordolo stradale, e un'invasione della banchina L_b (m), sempre a partire dal cordolo, che risultano decrescenti al variare della pendenza longitudinale della strada da 0,5% al 6%, ma sempre inferiori a valori massimi.
 - o Aumentano l'interasse ad un valore massimo di 25 m, si ottengono le portate di 13,1 - 9,3 e 7,6 l/s, che determinano condizioni limite per le pendenze longitudinali più piccole, con valori accettabili all'aumentare delle pendenze.
In Progetto si adottano, a favore della sicurezza, interassi di 10 m.
- Verifica interasse massimo delle caditoie in curva :
 - o Un tratto in curva di larghezza 11,75 m, lunghezza pari all'interasse di 8 m, con pendenza trasversale minima del 2,5% , con una pioggia, con le caratteristiche di cui sopra, di durata di 5, 10 e 15 minuti, genera una portata rispettivamente di 4,2 - 3,0 e 2,4 l/s. Per effetto di questa portata si raggiungono sulla banchina tiranti h_b (cm) sul cordolo stradale e invasione della banchina L_b (m), sempre a partire dal cordolo, che risultano decrescenti al variare della pendenza longitudinale della strada da 0,5% al 6%, ma sempre inferiori a valori massimi.
 - o Aumentano l'interasse ad un valore massimo di 12 m, si ottengono le portate di 6,3 - 4,4 e 3,6 l/s, che determinano condizioni limite per le pen-

denze longitudinali più piccole , con valori accettabili all'aumentare delle pendenze.

In Progetto si adottano, a favore della sicurezza, interassi di 8 m.

La portata massima scaricabile dalla canaletta ad embrice, verso la cunetta al piede del rilevato, nella considerazione che lo schema idraulico di riferimento è quello di una corrente a pelo libero che deriva con un canale a pendenza maggiore di quella critica, per cui la corrente è governata da monte, nella sezione iniziale dove si forma lo stato critico e si determina la massima portata, viene calcolata imponendo che lo stato critico si formi nella sezione di embrice idraulicamente più sfavorita.

A tale scopo si è assunta la sezione ristretta dell'elemento della canalina le cui dimensioni risultano di 30 cm in larghezza e 10 cm in altezza.

L'espressione della portata massima nella sezione di stato critico $Q_k = b k (9,81 k)^{0,5}$, assumendo altezza critica $k = 0,10$ m, larghezza $b = 0,30$ m, restituisce un valore di 29,7 l/s, che risulta di gran lunga superiore dei valori sopra riportati.

VERIFICA INTERASSE EMBRICI IN RILEVATO

Tabulato di calcolo delle portate

interasse p (m) =	10	10	10
Larghezza nastro stradale L (m) =	11,75	11,75	11,75
Altezza pioggia (mm) h =	14,87	21,01	25,72
Durata (minuti) =	5	10	15
$h = 6,66 t^{0,499}$ (t minuti)			
Tr = 25 anni Intensità J (mm/ora) =	178,42	126,07	102,90
Coef. Deflusso ϕ =	0,9	0,9	0,9
Portata di calcolo			
$Q = p L J \phi / 3600$ (l/s) =	5,2	3,7	3,0

Sezione corrente in rilevato, tratto in rettilineo:

Sezione	Banchina			Arginello	Altezza totale hac [cm]	Pend. long. strada %	Portata		Veloc. Vmedia [m/sec]	Tirante h [cm]	Raggio idraulico R [m]	Grado Riem. h/hac %	Banchina interessata dallo scorrimento	
	Pendenza trasversale [%]	Larg. oriz. [m]	Scabr. c [m ^{1/3} /s]				Angolo sulla verticale [gradi]	Qmax [l/sec]					Q [l/sec]	h _b [cm]
	2,50	1,75	70	0	4,38	0,50	14,82	5,20	0,30	3,0	0,01	67,53	2,95	1,18
	2,50	1,75	70	0	4,38	1,00	20,96	5,20	0,39	2,6	0,01	59,30	2,59	1,04
	2,50	1,75	70	0	4,38	1,50	25,66	5,20	0,45	2,4	0,01	54,95	2,40	0,96
	2,50	1,75	70	0	4,38	2,00	29,64	5,20	0,50	2,3	0,01	52,07	2,28	0,91
	2,50	1,75	70	0	4,38	2,50	33,13	5,20	0,54	2,2	0,01	49,94	2,18	0,87
	2,50	1,75	70	0	4,38	3,00	36,30	5,20	0,58	2,1	0,01	48,26	2,11	0,84
	2,50	1,75	70	0	4,38	3,50	39,20	5,20	0,62	2,1	0,01	46,88	2,05	0,82
	2,50	1,75	70	0	4,38	4,00	41,91	5,20	0,65	2,0	0,01	45,72	2,00	0,80
	2,50	1,75	70	0	4,38	4,50	44,45	5,20	0,68	2,0	0,01	44,72	1,96	0,78
	2,50	1,75	70	0	4,38	5,00	46,86	5,20	0,71	1,9	0,01	43,85	1,92	0,77
	2,50	1,75	70	0	4,38	5,50	49,14	5,20	0,73	1,9	0,01	43,07	1,88	0,75
	2,50	1,75	70	0	4,38	6,00	51,33	5,20	0,76	1,9	0,01	42,38	1,85	0,74
	2,50	1,75	70	0	4,38	0,50	14,82	3,70	0,27	2,6	0,01	59,43	2,60	1,04
	2,50	1,75	70	0	4,38	1,00	20,96	3,70	0,35	2,3	0,01	52,19	2,28	0,91
	2,50	1,75	70	0	4,38	1,50	25,66	3,70	0,41	2,1	0,01	48,37	2,12	0,85
	2,50	1,75	70	0	4,38	2,00	29,64	3,70	0,46	2,0	0,01	45,83	2,01	0,80
	2,50	1,75	70	0	4,38	2,50	33,13	3,70	0,50	1,9	0,01	43,95	1,92	0,77
	2,50	1,75	70	0	4,38	3,00	36,30	3,70	0,54	1,9	0,01	42,48	1,86	0,74
	2,50	1,75	70	0	4,38	3,50	39,20	3,70	0,57	1,8	0,01	41,26	1,81	0,72
	2,50	1,75	70	0	4,38	4,00	41,91	3,70	0,60	1,8	0,01	40,24	1,76	0,70
	2,50	1,75	70	0	4,38	4,50	44,45	3,70	0,62	1,7	0,01	39,37	1,72	0,69
	2,50	1,75	70	0	4,38	5,00	46,86	3,70	0,65	1,7	0,01	38,60	1,69	0,68
	2,50	1,75	70	0	4,38	5,50	49,14	3,70	0,67	1,7	0,01	37,91	1,66	0,66
	2,50	1,75	70	0	4,38	6,00	51,33	3,70	0,69	1,6	0,01	37,30	1,63	0,65
	2,50	1,75	70	0	4,38	0,50	14,82	3,00	0,26	2,4	0,01	54,94	2,40	0,96
	2,50	1,75	70	0	4,38	1,00	20,96	3,00	0,34	2,1	0,01	48,24	2,11	0,84
	2,50	1,75	70	0	4,38	1,50	25,66	3,00	0,39	2,0	0,01	44,71	1,96	0,78
	2,50	1,75	70	0	4,38	2,00	29,64	3,00	0,44	1,9	0,01	42,36	1,85	0,74
	2,50	1,75	70	0	4,38	2,50	33,13	3,00	0,47	1,8	0,01	40,63	1,78	0,71
	2,50	1,75	70	0	4,38	3,00	36,30	3,00	0,51	1,7	0,01	39,26	1,72	0,69
	2,50	1,75	70	0	4,38	3,50	39,20	3,00	0,54	1,7	0,01	38,14	1,67	0,67
	2,50	1,75	70	0	4,38	4,00	41,91	3,00	0,57	1,6	0,01	37,20	1,63	0,65
	2,50	1,75	70	0	4,38	4,50	44,45	3,00	0,59	1,6	0,01	36,39	1,59	0,64
	2,50	1,75	70	0	4,38	5,00	46,86	3,00	0,62	1,6	0,01	35,68	1,56	0,62
	2,50	1,75	70	0	4,38	5,50	49,14	3,00	0,64	1,5	0,01	35,04	1,53	0,61
	2,50	1,75	70	0	4,38	6,00	51,33	3,00	0,66	1,5	0,01	34,48	1,51	0,60

VERIFICA INTERASSE EMBRICI IN RILEVATO

Tabulato di calcolo delle portate

interasse p (m) =	25	25	25
Larghezza nastro stradale L (m) =	11,75	11,75	11,75
Altezza pioggia (mm) h =	14,87	21,01	25,72
Durata (minuti) =	5	10	15
$h = 6,66 t^{0,499}$ (t minuti)			
Tr = 25 anni Intensità J (mm/ora) =	178,42	126,07	102,90
Coef. Deflusso ϕ =	0,9	0,9	0,9
Portata di calcolo			
$Q = p L J \phi / 3600$ (l/s) =	13,1	9,3	7,6

Sezione corrente in rilevato, tratto in rettilinee

Sezione	Banchina			Arginello	Altezza totale hac [cm]	Pend. long. strada %	Portata		Veloc. Vmedia [m/sec]	Tirante h [cm]	Raggio idraulico R [m]	Grado Riem. h/hac %	Banchina interessata dallo scorrimento	
	Pendenza trasversale [%]	Larg. oriz. [m]	Scabr. c [m ^{1/3} /s]				Angolo sulla verticale [gradi]	Qmax [l/sec]					Q [l/sec]	h _b [cm]
	2,50	1,75	70	0	4,38	0,50	14,82	13,10	0,38	4,2	0,02	95,49	4,18	1,67
	2,50	1,75	70	0	4,38	1,00	20,96	13,10	0,49	3,7	0,02	83,85	3,67	1,47
	2,50	1,75	70	0	4,38	1,50	25,66	13,10	0,57	3,4	0,02	77,71	3,40	1,36
	2,50	1,75	70	0	4,38	2,00	29,64	13,10	0,63	3,2	0,02	73,63	3,22	1,29
	2,50	1,75	70	0	4,38	2,50	33,13	13,10	0,69	3,1	0,02	70,61	3,09	1,24
	2,50	1,75	70	0	4,38	3,00	36,30	13,10	0,73	3,0	0,01	68,24	2,99	1,19
	2,50	1,75	70	0	4,38	3,50	39,20	13,10	0,78	2,9	0,01	66,30	2,90	1,16
	2,50	1,75	70	0	4,38	4,00	41,91	13,10	0,82	2,8	0,01	64,66	2,83	1,13
	2,50	1,75	70	0	4,38	4,50	44,45	13,10	0,86	2,8	0,01	63,24	2,77	1,11
	2,50	1,75	70	0	4,38	5,00	46,86	13,10	0,89	2,7	0,01	62,01	2,71	1,09
	2,50	1,75	70	0	4,38	5,50	49,14	13,10	0,92	2,7	0,01	60,91	2,66	1,07
	2,50	1,75	70	0	4,38	6,00	51,33	13,10	0,95	2,6	0,01	59,92	2,62	1,05
	2,50	1,75	70	0	4,38	0,50	14,82	9,30	0,34	3,7	0,02	83,97	3,67	1,47
	2,50	1,75	70	0	4,38	1,00	20,96	9,30	0,45	3,2	0,02	73,74	3,23	1,29
	2,50	1,75	70	0	4,38	1,50	25,66	9,30	0,52	3,0	0,01	68,34	2,99	1,20
	2,50	1,75	70	0	4,38	2,00	29,64	9,30	0,58	2,8	0,01	64,75	2,83	1,13
	2,50	1,75	70	0	4,38	2,50	33,13	9,30	0,63	2,7	0,01	62,10	2,72	1,09
	2,50	1,75	70	0	4,38	3,00	36,30	9,30	0,67	2,6	0,01	60,01	2,63	1,05
	2,50	1,75	70	0	4,38	3,50	39,20	9,30	0,71	2,6	0,01	58,30	2,55	1,02
	2,50	1,75	70	0	4,38	4,00	41,91	9,30	0,75	2,5	0,01	56,86	2,49	1,00
	2,50	1,75	70	0	4,38	4,50	44,45	9,30	0,79	2,4	0,01	55,62	2,43	0,97
	2,50	1,75	70	0	4,38	5,00	46,86	9,30	0,82	2,4	0,01	54,53	2,39	0,95
	2,50	1,75	70	0	4,38	5,50	49,14	9,30	0,85	2,3	0,01	53,57	2,34	0,94
	2,50	1,75	70	0	4,38	6,00	51,33	9,30	0,87	2,3	0,01	52,70	2,31	0,92
	2,50	1,75	70	0	4,38	0,50	14,82	7,60	0,33	3,4	0,02	77,85	3,41	1,36
	2,50	1,75	70	0	4,38	1,00	20,96	7,60	0,42	3,0	0,01	68,36	2,99	1,20
	2,50	1,75	70	0	4,38	1,50	25,66	7,60	0,49	2,8	0,01	63,36	2,77	1,11
	2,50	1,75	70	0	4,38	2,00	29,64	7,60	0,55	2,6	0,01	60,03	2,63	1,05
	2,50	1,75	70	0	4,38	2,50	33,13	7,60	0,60	2,5	0,01	57,57	2,52	1,01
	2,50	1,75	70	0	4,38	3,00	36,30	7,60	0,64	2,4	0,01	55,64	2,43	0,97
	2,50	1,75	70	0	4,38	3,50	39,20	7,60	0,68	2,4	0,01	54,05	2,36	0,95
	2,50	1,75	70	0	4,38	4,00	41,91	7,60	0,71	2,3	0,01	52,72	2,31	0,92
	2,50	1,75	70	0	4,38	4,50	44,45	7,60	0,75	2,3	0,01	51,56	2,26	0,90
	2,50	1,75	70	0	4,38	5,00	46,86	7,60	0,78	2,2	0,01	50,56	2,21	0,88
	2,50	1,75	70	0	4,38	5,50	49,14	7,60	0,81	2,2	0,01	49,66	2,17	0,87
	2,50	1,75	70	0	4,38	6,00	51,33	7,60	0,83	2,1	0,01	48,86	2,14	0,85

VERIFICA INTERASSE MASSIMO CADITOIE IN CURVA

Tabulato di calcolo delle portate

interasse p (m) =	8	8	8
Larghezza nastro stradale L (m) =	11,75	11,75	11,75
Altezza pioggia (mm) h =	14,87	21,01	25,72
Durata (minuti) =	5	10	15
h = 6,66 t ^ 0,499 (t minuti)			
Tr = 25 anni Intensità J (mm/ora) =	178,42	126,07	102,90
Coef. Deflusso φ =	0,9	0,9	0,9
Portata di calcolo			
Q = p L J φ / 3600 (l/s) =	4,2	3,0	2,4

Sezione in curva (banchina sinistra lato concavo variabile da 1,25 a 2,00 m)

Sezione	Banchina			Arginello Angolo sulla verticale [gradi]	Altezza totale hac [cm]	Pend. long. strada %	Portata		Veloc. Vmedia [m/sec]	Tirante h [cm]	Raggio idraulico R [m]	Grado Riem. h/hac %	Banchina interessata dallo scorrimento	
	Pendenza trasversale [%]	Larg. oriz. [m]	Scabr. c [m ^{1/3} /s]				Qmax [l/sec]	Q [l/sec]					h _b [cm]	L _b [m]
	2,50	1,25	70	0	3,13	0,50	6,04	4,20	0,28	2,7	0,01	87,26	2,73	1,09
	2,50	1,25	70	0	3,13	1,00	8,54	4,20	0,37	2,4	0,01	76,62	2,39	0,96
	2,50	1,25	70	0	3,13	1,50	10,46	4,20	0,43	2,2	0,01	71,02	2,22	0,89
	2,50	1,25	70	0	3,13	2,00	12,08	4,20	0,47	2,1	0,01	67,29	2,10	0,84
	2,50	1,25	70	0	3,13	2,50	13,51	4,20	0,52	2,0	0,01	64,53	2,02	0,81
	2,50	1,25	70	0	3,13	3,00	14,80	4,20	0,55	1,9	0,01	62,36	1,95	0,78
	2,50	1,25	70	0	3,13	3,50	15,98	4,20	0,59	1,9	0,01	60,58	1,89	0,76
	2,50	1,25	70	0	3,13	4,00	17,09	4,20	0,62	1,8	0,01	59,09	1,85	0,74
	2,50	1,25	70	0	3,13	4,50	18,12	4,20	0,64	1,8	0,01	57,80	1,81	0,72
	2,50	1,25	70	0	3,13	5,00	19,10	4,20	0,67	1,8	0,01	56,66	1,77	0,71
	2,50	1,25	70	0	3,13	5,50	20,04	4,20	0,69	1,7	0,01	55,66	1,74	0,70
	2,50	1,25	70	0	3,13	6,00	20,93	4,20	0,72	1,7	0,01	54,76	1,71	0,68
	2,50	1,25	70	0	3,13	0,50	6,04	3,00	0,26	2,4	0,01	76,91	2,40	0,96
	2,50	1,25	70	0	3,13	1,00	8,54	3,00	0,34	2,1	0,01	67,54	2,11	0,84
	2,50	1,25	70	0	3,13	1,50	10,46	3,00	0,39	2,0	0,01	62,60	1,96	0,78
	2,50	1,25	70	0	3,13	2,00	12,08	3,00	0,44	1,9	0,01	59,31	1,85	0,74
	2,50	1,25	70	0	3,13	2,50	13,51	3,00	0,47	1,8	0,01	56,88	1,78	0,71
	2,50	1,25	70	0	3,13	3,00	14,80	3,00	0,51	1,7	0,01	54,97	1,72	0,69
	2,50	1,25	70	0	3,13	3,50	15,98	3,00	0,54	1,7	0,01	53,40	1,67	0,67
	2,50	1,25	70	0	3,13	4,00	17,09	3,00	0,57	1,6	0,01	52,08	1,63	0,65
	2,50	1,25	70	0	3,13	4,50	18,12	3,00	0,59	1,6	0,01	50,94	1,59	0,64
	2,50	1,25	70	0	3,13	5,00	19,10	3,00	0,62	1,6	0,01	49,95	1,56	0,62
	2,50	1,25	70	0	3,13	5,50	20,04	3,00	0,64	1,5	0,01	49,06	1,53	0,61
	2,50	1,25	70	0	3,13	6,00	20,93	3,00	0,66	1,5	0,01	48,27	1,51	0,60
	2,50	1,25	70	0	3,13	0,50	6,04	2,40	0,25	2,2	0,01	70,74	2,21	0,88
	2,50	1,25	70	0	3,13	1,00	8,54	2,40	0,32	1,9	0,01	62,12	1,94	0,78
	2,50	1,25	70	0	3,13	1,50	10,46	2,40	0,37	1,8	0,01	57,57	1,80	0,72
	2,50	1,25	70	0	3,13	2,00	12,08	2,40	0,41	1,7	0,01	54,55	1,70	0,68
	2,50	1,25	70	0	3,13	2,50	13,51	2,40	0,45	1,6	0,01	52,31	1,63	0,65
	2,50	1,25	70	0	3,13	3,00	14,80	2,40	0,48	1,6	0,01	50,56	1,58	0,63
	2,50	1,25	70	0	3,13	3,50	15,98	2,40	0,51	1,5	0,01	49,11	1,53	0,61
	2,50	1,25	70	0	3,13	4,00	17,09	2,40	0,54	1,5	0,01	47,90	1,50	0,60
	2,50	1,25	70	0	3,13	4,50	18,12	2,40	0,56	1,5	0,01	46,85	1,46	0,59
	2,50	1,25	70	0	3,13	5,00	19,10	2,40	0,58	1,4	0,01	45,94	1,44	0,57
	2,50	1,25	70	0	3,13	5,50	20,04	2,40	0,60	1,4	0,01	45,12	1,41	0,56
	2,50	1,25	70	0	3,13	6,00	20,93	2,40	0,62	1,4	0,01	44,39	1,39	0,55

VERIFICA INTERASSE MASSIMO CADITOIE IN CURVA

Tabulato di calcolo delle portate

interasse p (m) =	12	12	12
Larghezza nastro stradale L (m) =	11,75	11,75	11,75
Altezza pioggia (mm) h =	14,87	21,01	25,72
Durata (minuti) =	5	10	15
h = 6,66 t ^ 0,499 (t minuti)			
Tr = 25 anni Intensità J (mm/ora) =	178,42	126,07	102,90
Coef. Deflusso φ =	0,9	0,9	0,9
Portata di calcolo			
Q = p L J φ / 3600 (l/s) =	6,3	4,4	3,6

Sezione in curva (banchina sinistra lato concavo variabile da 1,25 a 2,00 m)

Sezione	Banchina			Arginello	Altezza sulla verticale hac [cm]	Pend. long. strada %	Portata		Veloc. Vmedia [m/sec]	Tirante h [cm]	Raggio idraulico R [m]	Grado Riem. h/hac %	Banchina interessata dallo scormento		
	Pendenza trasversale [%]	Larg. oriz. [m]	Scabr. c [m^1/3 /s]				Angolo sulla verticale [gradi]	Qmax [l/sec]					Q [l/sec]	l _b [cm]	L _b [m]
	2,50	1,25	70	0	3,13	0,50	6,04	H>Hac	0,31	3,13	0,02	100,16	3,13	1,25	
	2,50	1,25	70	0	3,13	1,00	8,54	6,30	0,41	2,8	0,01	89,21	2,79	1,12	
	2,50	1,25	70	0	3,13	1,50	10,46	6,30	0,47	2,6	0,01	82,68	2,58	1,03	
	2,50	1,25	70	0	3,13	2,00	12,08	6,30	0,53	2,4	0,01	78,34	2,45	0,98	
	2,50	1,25	70	0	3,13	2,50	13,51	6,30	0,57	2,3	0,01	75,13	2,35	0,94	
	2,50	1,25	70	0	3,13	3,00	14,80	6,30	0,61	2,3	0,01	72,60	2,27	0,91	
	2,50	1,25	70	0	3,13	3,50	15,98	6,30	0,65	2,2	0,01	70,53	2,20	0,88	
	2,50	1,25	70	0	3,13	4,00	17,09	6,30	0,68	2,1	0,01	68,79	2,15	0,86	
	2,50	1,25	70	0	3,13	4,50	18,12	6,30	0,71	2,1	0,01	67,29	2,10	0,84	
	2,50	1,25	70	0	3,13	5,00	19,10	6,30	0,74	2,1	0,01	65,97	2,06	0,82	
	2,50	1,25	70	0	3,13	5,50	20,04	6,30	0,77	2,0	0,01	64,80	2,03	0,81	
	2,50	1,25	70	0	3,13	6,00	20,93	6,30	0,79	2,0	0,01	63,75	1,99	0,80	
	2,50	1,25	70	0	3,13	0,50	14,82	H>Hac	0,31	3,1	0,02	100,00	3,13	1,25	
	2,50	1,25	70	0	3,13	1,00	20,96	4,40	0,37	2,4	0,01	77,97	2,44	0,97	
	2,50	1,25	70	0	3,13	1,50	25,66	4,40	0,43	2,3	0,01	72,26	2,26	0,90	
	2,50	1,25	70	0	3,13	2,00	29,64	4,40	0,48	2,1	0,01	68,47	2,14	0,86	
	2,50	1,25	70	0	3,13	2,50	33,13	4,40	0,52	2,1	0,01	65,66	2,05	0,82	
	2,50	1,25	70	0	3,13	3,00	36,30	4,40	0,56	2,0	0,01	63,46	1,98	0,79	
	2,50	1,25	70	0	3,13	3,50	39,20	4,40	0,59	1,9	0,01	61,65	1,93	0,77	
	2,50	1,25	70	0	3,13	4,00	41,91	4,40	0,62	1,9	0,01	60,13	1,88	0,75	
	2,50	1,25	70	0	3,13	4,50	44,45	4,40	0,65	1,8	0,01	58,81	1,84	0,74	
	2,50	1,25	70	0	3,13	5,00	46,86	4,40	0,68	1,8	0,01	57,66	1,80	0,72	
	2,50	1,25	70	0	3,13	5,50	49,14	4,40	0,70	1,8	0,01	56,64	1,77	0,71	
	2,50	1,25	70	0	3,13	6,00	51,33	4,40	0,73	1,7	0,01	55,72	1,74	0,70	
	2,50	1,25	70	0	3,13	0,50	14,82	3,60	0,27	2,6	0,01	82,36	2,57	1,03	
	2,50	1,25	70	0	3,13	1,00	20,96	3,60	0,35	2,3	0,01	72,32	2,26	0,90	
	2,50	1,25	70	0	3,13	1,50	25,66	3,60	0,41	2,1	0,01	67,03	2,09	0,84	
	2,50	1,25	70	0	3,13	2,00	29,64	3,60	0,46	2,0	0,01	63,51	1,98	0,79	
	2,50	1,25	70	0	3,13	2,50	33,13	3,60	0,50	1,9	0,01	60,91	1,90	0,76	
	2,50	1,25	70	0	3,13	3,00	36,30	3,60	0,53	1,8	0,01	58,86	1,84	0,74	
	2,50	1,25	70	0	3,13	3,50	39,20	3,60	0,56	1,8	0,01	57,18	1,79	0,71	
	2,50	1,25	70	0	3,13	4,00	41,91	3,60	0,59	1,7	0,01	55,77	1,74	0,70	
	2,50	1,25	70	0	3,13	4,50	44,45	3,60	0,62	1,7	0,01	54,55	1,70	0,68	
	2,50	1,25	70	0	3,13	5,00	46,86	3,60	0,64	1,7	0,01	53,48	1,67	0,67	
	2,50	1,25	70	0	3,13	5,50	49,14	3,60	0,67	1,6	0,01	52,54	1,64	0,66	
	2,50	1,25	70	0	3,13	6,00	51,33	3,60	0,69	1,6	0,01	51,68	1,62	0,65	

2.5 Dimensionamento tubazioni collettamento acque meteoriche

Nei tratti in curva e nei tratti in trincea dove la capacità di adduzione della cunetta francese, è inferiore alla portata generata dall'area di piattaforma scolante da monte, si inseriscono in asse alla cunetta stessa, delle caditoie che intercettano le acque e tramite un sistema di tubazioni le collestano verso l'impianto di trattamento.

Per il dimensionamento del sistema di tubazioni, si sono individuate, all'interno di ogni tratta elementare, alcune sezioni significative per le quali precedentemente è stata determinata la portata (paragrafo 2.3 portate di drenaggio ...)

In queste sezioni, nota la portata, fissate le condizioni al contorno ed il diametro da utilizzare si effettua il calcolo di verifica, ipotizzando per il tratto a monte, un funzionamento della corrente in moto uniforme.

Nelle verifiche si è assunto per le tubazioni in polietilene corrugato un indice di scabrezza secondo Glauckler – Strickler $c = 90 \text{ m}^{1/3}/\text{sec}$ mentre per le pendenze si assunti i valori di pendenza longitudinale della strada.

Nei tabulati di verifica di seguito allegati sono riportate :

- le progressive iniziali e finali della tratta elementare (sistema di tubazioni e impianto di trattamento) in cui è inserita la tubazione;
- le progressive iniziali e finali della tubazione da verificare e la portata Q di calcolo da addurre in quel tratto;
- il diametro interno D e nominale DN della tubazione (assumendo $DN \geq 300$) e la sua scabrezza c ;
- la pendenza longitudinale del tratto i %;
- la portata massima Q_{\max} che la tubazione di diametro D e pendenza i % può convogliare;
- il tirante idrico h e la velocità V della corrente idrica in condotta di portata pari a quella di calcolo Q ;
- Il grado di riempimento della condotta espresso in percento di tirante sul totale.

Tabulato verifica tubazioni acque di piattaforma

Progressiva		Sezione			Scabr. c	Pend. i %	Portata		Veloc. V m/sec	Tirante h mm	Grado Riempim. h/D %	
iniziale	finale	Portata max da smaltire l/s	D mm	DN mm PEad spiro			Qmax l/sec	Q l/sec				
0	278,58	113,0	0,41									
0	278,58	113,0		351	DN 400	90	0,680	153	113,0	1,63	237	67,46
278,58	693,85	158,5	0,38									
228,58	473,5	93,5		351	DN 400	90	1,10	194	93,5	1,88	179	51,08
1112,5	1450,9	174,6	0,52									
1154,52	1450,9	152,9		351	DN 400	90	3,60	351	152,9	3,32	169	48,14
1450,9	1726,03	153,4	0,56									
1450,9	1650,9	111,5		250	DN 400	90	3,60	142	111,5	3,02	176	70,48
2982,0	3148,0	113,6	0,68									
2982,0	3100,5	81,1		351	DN 400	90	3,90	365	81,1	2,88	117	33,27
3148,0	3946,0	242,6	0,3									
3148,0	3750,1	183,0		351	DN 400	90	1,20	203	183,0	2,22	279	79,52
3946,0	4324,0	152,4	0,4									
3946,0	4324,0	152,4		351	DN 400	90	1,20	203	152,4	2,17	239	68,22
4324,0	4470,0	84,2	0,58									
4324,0	4470,0	84,2		351	DN 400	90	1,20	203	84,2	1,89	164	46,85
4470,0	4671,0	102,8	0,5									
4470,0	4671,0	102,8		350	DN 400	90	1,20	201	102,8	1,99	185	52,92
4671,0	4974,71	155,7	0,5									
4671,0	4974,7	155,7		351	DN 400	90	2,80	310	155,7	3,03	184	52,41
4974,71	5510,75	221,9	0,4									
4974,71	5416,29	182,8		351	DN 400	90	2,80	310	182,8	3,15	203	57,87
4974,71	5510,75	221,9	0,4									
5416,29	5510,75	39,1		351	DN 400	90	2,80	310	39,1	2,08	87	24,90
5510,75	5794,00	138,60	0,5									
5739,88	5794,00	26,5		351	DN 400	90	1,90	255	26,5	1,62	79	22,57
5794,00	6092,00	148,20	0,5									
5794,00	6092,00	148,2		351	DN 400	90	2,30	281	148,2	2,78	189	53,99
6092,00	6430,00	160,40	0,5									
6092,00	6430,00	160,4		351	DN 400	90	2,30	281	160,4	2,83	199	56,70
6430,00	6609,00	117,90	0,7									
6430,00	6609,00	117,9		351	DN 400	90	3,70	356	117,9	3,13	145	41,25
6609,00	7014,00	196,30	0,5									
6609,00	6741,10	64,0		351	DN 400	90	3,70	356	64,0	2,64	105	29,82
8830,00	9365,00	172,10	0,3									
8830,00	9071,99	77,8		351	DN 400	90	0,70	155	77,8	1,52	184	52,40
9365,00	9753,00	192,10	0,5									
9365,00	9753,00	192,1		351	DN 400	90	3,80	361	192,1	3,58	190	54,27
9991,00	10222,00	116,70	0,5									
9991,00	10090,00	50,0		351	DN 400	90	1,50	227	50,0	1,78	116	33,17
9991,00	10222,00	116,70	0,5									
10090,00	10200,00	55,6		351	DN 400	90	1,50	227	55,6	1,84	123	35,06

Tabulato verifica tubazioni acque di piattaforma

Progressiva iniziale	Progressiva finale	Sezione Portata max da smaltire l/s	D mm	DN mm PEad spiro	Scabr. c	Pend. i %	Portata		Veloc. V m/sec	Tirante h mm	Grado Riempim. h/D %
							Qmax l/sec	Q l/sec			
11098,00	11523,00	157,90 0,4									
11098,00	11523,00	157,9	209	DN 250	90	1,00	46	46,4	1,38	198	94,81
11759,00	11936,00	118,30 0,7									
11759,00	11936,00	118,3	351	DN 400	90	3,90	365	118,3	3,19	143	40,73
11936,00	12290,00	135,30 0,4									
11936,00	12117,47	69,4	351	DN 400	90	0,80	165	69,4	1,55	165	47,08
16963,00	17118,00	108,90 0,7									
16963,00	17118,00	108,9	271	DN 300	90	3,90	183	108,9	3,13	157	58,10
17204,00	17392,00	84,40 0,4									
17204,00	17392,00	84,4	351	DN 400	90	0,50	131	84,4	1,36	215	61,30
17659,00	17850,00	85,20 0,4									
17659,00	17850,00	85,2	351	DN 400	90	0,50	131	85,2	1,36	217	61,69
18120,00	18330,00	101,90 0,5									
18120,00	18330,00	101,9	351	DN 400	90	1,00	185	101,9	1,85	194	55,40
18831,00	19130,00	111,90 0,4									
18831,00	19130,00	111,9	351	DN 400	90	0,50	131	111,9	1,43	265	75,60
19130,00	19304,00	79,80 0,5									
19130,00	19184,71	25,1	271	DN 300	90	0,50	66	25,1	1,01	121	44,68
19304,00	19705,00	209,50 0,5									
19504,98	19705,00	104,5	351	DN 400	90	5,40	430	104,5	3,48	122	34,90
19705,00	19799,00	84,70 0,9									
19705,00	19799,00	84,7	351	DN 400	90	5,40	430	84,7	3,28	110	31,26
19799,00	19983,00	128,80 0,7									
19799,00	19983,00	128,8	351	DN 400	90	5,40	430	128,8	3,68	137	39,04
19983,00	20330,00	191,40 0,6									
19983,00	20330,00	191,4	351	DN 400	90	5,40	430	191,4	4,09	171	48,76
20330,00	20787,00	227,30 0,5									
20330,00	20787,00	227,3	351	DN 400	90	5,40	430	227,3	4,26	190	54,02
20787,00	21021,00	149,70 0,6									
20807,00	21021,00	136,9	351	DN 400	90	5,40	430	136,9	3,74	142	40,36
21021,00	21305,00	145,50 0,5									
21021,00	21305,00	145,5	351	DN 400	90	2,40	287	145,5	2,81	185	52,70
21305,00	22040,00	263,30 0,4									
21305,00	21806,75	179,7	351	DN 400	90	2,40	287	179,7	2,96	211	60,17
21305,00	22040,00	263,30 0,4									
21806,75	21995,00	67,4	431	DN 500	90	2,40	495	67,4	2,25	111	25,86
21305,00	22040,00	263,30 0,4									
21995,00	22040,00	16,1	351	DN 400	90	2,40	287	16,1	1,52	59	16,68
22040,00	22176,00	98,30 0,7									
22040,00	22176,00	98,3	351	DN 400	90	3,50	346	98,3	2,92	133	37,93
22176,00	22437,00	147,70 0,6									
22176,00	22437,00	147,7	351	DN 400	90	3,50	346	147,7	3,25	167	47,57

Tabulato verifica tubazioni acque di piattaforma

Progressiva		Sezione Portata max da smaltire l/s	D mm	DN mm PEad spiro	Scabr. c	Pend. i %	Portata		Veloc. V m/sec	Tirante h mm	Grado Riempim. h/D %
iniziale	finale						Qmax l/sec	Q l/sec			
22437,00	22644,00	127,80									
22437,00	22644,00	127,8	351	DN 400	90	3,50	346	127,8	3,13	154	43,81
22644,00	22827,00	118,30									
22644,00	22827,00	118,3	351	DN 400	90	3,50	346	118,3	3,07	147	41,97
22827,00	23100,00	138,00									
22827,00	23100,00	138,0	351	DN 400	90	2,10	268	138,0	2,64	187	53,15
23100,00	23320,00	120,60									
23100,00	23320,00	120,6	351	DN 400	90	2,10	268	120,6	2,55	172	49,05
24547,00	24669,00	67,30									
24547,00	24669,00	67,3	271	DN 300	90	0,70	78	67,3	1,42	207	76,48
25162,00	25750,00	179,70									
25162,00	25414,66	77,2	271	DN 300	90	1,00	93	77,2	1,69	200	73,82
25162,00	25750,00	179,7	351	DN 400	90	1,00	185	179,7	2,02	304	86,73
26594,00	28081,00	435,10									
26594,00	28081,00	435,1	400	DN 400	90	3,40	483	435,1	4,07	317	79,26

2.6 Verifica cunette sulla piattaforma stradale

Come riportato nel paragrafo precedente, nei tratti in trincea dove la capacità di adduzione della cunetta francese, è inferiore alla portata generata dall'area di piattaforma scolante da monte, si inserisce un sistema di pozzetti-caditoia e tubazioni per l'adduzione delle acque verso l'impianto di trattamento.

Con l'ausilio di tabulati di calcolo elaborati per una cunetta francese di parametro $p = 15$ cm, si sono determinate le portate massime adducibile dalla cunetta, al variare della pendenza longitudinale della strada. Utilizzando un valore medio del coefficiente udometrico, trovato precedentemente nel calcolo delle portate delle acque di drenaggio della piattaforma, si sono determinate, per fissata larghezza della carreggiata, le lunghezze massime di cunetta francese utilizzabile al variare della pendenza longitudinale della strada. Con l'ausilio di queste lunghezze massime, utilizzando valori inferiori, si sono fissate le sezioni terminali per l'adduzione in cunetta (tratto in cui iniziano le caditoie e le tubazioni). In queste sezioni, nel paragrafo dedicato al calcolo delle portate di drenaggio delle acque di piattaforma, sotto la voce "Sezioni intermedie", si sono determinate le portate di calcolo con tempo di ritorno 25 anni.

In queste sezioni, nota la portata, fissate le condizioni al contorno, la geometria della cunetta francese, si effettua il calcolo di verifica, ipotizzando per il tratto a monte, un funzionamento della corrente in moto uniforme.

Nelle verifiche si è assunto per le cunette un indice di scabrezza secondo Glauckler – Strickler $c = 70 \text{ m}^{1/3}/\text{sec}$ mentre per le pendenze si assunti i valori di pendenza longitudinale della strada.

Nei tabulati di verifica di seguito allegati sono riportate :

- le progressive iniziali e finali della tratta elementare (sistema di tubazioni e impianto di trattamento) in cui è inserita la cunetta;
- le progressive iniziali e finali della cunetta da verificare e la portata Q di calcolo da addurre in quel tratto;

- la larghezza in testa della cunetta $L = 8 p$ e la sua altezza p ($p = 15$ cm) e la sua scabrezza c ;
- la pendenza longitudinale del tratto i %;
- la portata massima Q_{\max} che la cunetta francese di parametro p e pendenza i % può convogliare;
- il tirante idrico h e la velocità V della corrente idrica di portata pari a quella di calcolo Q ;
- Il grado di riempimento della cunetta espresso in percento di tirante sul totale.

Tabulato di verifica acque di piattaforma - Cunetta Francese

Sezione	Progressiva iniziale	Progressiva finale	Portata massima da smaltire Q l/sec	Larghezza testata 8 P cm	Altezza P cm	Angolo sponda		Scabr. c m ^{1/3} /sec	Pend. i %	Portata		Veloc. V m/sec	Tirante h cm	Grado Riempim. h/A %
						Sx α gradi	Dx β gradi			Qmax l/sec	Q l/sec			
	0	278,58	113,0											
	0	100,6	40,8	120	15	45	81,87	80	0,70	103,01	46,64	0,94	11	74,29
	278,58	693,85	158,5											
	278,58	600,6	122,9	120	15	45	81,87	80	1,10	129,13	122,91	1,42	15	98,17
	1726,03	2092,4	183,5											
	1850	2092,4	121,4	120	15	45	81,87	80	3,60	233,60	121,41	2,20	12	78,24
	2092,4	2255	98,0	120	15	45	81,87	80	1,90	169,71	98,00	1,64	12	81,39
	2421	2597	110,0											
			110,0	120	15	45	81,87	80	2,70	202,31	110,00	1,93	12	79,57
	3946	4324	152,4											
	3946	4250	122,6	120	15	45	81,87	80	1,20	134,87	122,57	1,46	14	96,48
	4671	4974	155,7											
	4671	4850	92,0	120	15	45	81,87	80	2,80	206,02	91,98	1,87	11	73,90
	4974	5510	221,9											
			138,7	120	15	45	81,87	80	2,80	206,02	138,69	2,07	13	86,21
	5015	5350	160,4											
	6092	6430	118,6	120	15	45	81,87	80	2,30	186,72	118,64	1,85	13	84,36
	6180	6430	118,6	120	15	45	81,87	80	3,70	236,83	117,90	2,21	12	76,99
	6430	6609	117,9	120	15	45	81,87	80	1,90	365,49	113,22	1,70	13	64,44
	7231	7594	161,8											
	7340	7594	113,2	160	20	45	81,87	80	3,80	240,00	192,10	2,52	14	91,99
	9365	9753	192,1	120	15	45	81,87	80	2,40	190,74	105,68	1,83	12	80,14
			192,1	120	15	45	81,87	80	2,40	410,77	263,30	2,30	17	84,64
	21305	22040	263,3											
	21305	21600	105,7	120	15	45	81,87	80	3,50	230,34	147,70	2,29	13	84,65
	21305	22040	263,3	160	20	45	81,87	80						
	22176	23437	147,7	120	15	45	81,87	80						

2.7 Verifica cunette al piede del rilevato e fossi di guardia.

Nel presente paragrafo si procede alla verifica idraulica delle cunette al piede del rilevato e i fossi di guardia a coronamento dei tratti in trincea, nelle tratte idraulicamente più sfavorite, per bassa pendenza longitudinale o per portata elevata, già individuate e oggetto di calcolo di portata nel tabulato delle portate di drenaggio delle acque di piattaforma al paragrafo 2.3 e nei tabulati delle portate al colmo per i bacini minori.

Come per le verifiche degli altri elementi del corpo stradale, nelle tabelle seguenti vengono riportate:

- le progressive iniziali e finali della tratta elementare in cui è inserita la cunetta;
- le progressive iniziali e finali della cunetta da verificare e la portata Q di calcolo;
- il parametro p della cunetta trapezia isoscele e la sua scabrezza c ;
- la pendenza longitudinale del tratto i %;
- la portata massima Q_{max} che la cunetta di parametro p e pendenza i % può convogliare;
- il tirante idrico h e la velocità V della corrente idrica di portata pari a quella di calcolo Q ;
- Il grado di riempimento della cunetta espresso in percento di tirante sul totale.

Verifica canaletta al piede del rilevato

Sezione		Portata massima da smaltire Q l/sec	Larghez. Base B cm	Altezza P cm	Angolo sponda		Scabr. c m ^{1/3} /sec	Pend. i %	Portata		Veloc. V m/sec	Tensione nascita. fondo τ o Kg/mq	Tirante h cm	Grado Riempim. h/A %	
Progressiva iniziale	Progressiva finale				Sx α gradi	Dx β gradi			Qmax l/sec	Q l/sec					
0	278,58	113,0	0,41												
0	278,58	113,0		30	30	45	45	70	2,70	601,83	113,00	2,15	2,18	12	41,33
278,58	693,85	158,5	0,38												
278,58	580,50	115,24		30	30	45	45	70	1,80	491,39	115,24	1,87	1,60	14	46,74
580,50	693,85	43,26		30	30	45	45	70	3,64	698,43	43,26	1,80	1,80	7	21,92
693,85	1025,60	150,1	0,45												
693,85	1025,60	150,10		30	30	45	45	70	2,32	557,87	150,10	2,20	2,18	15	50,40
1025,60	1112,50	65,1	0,75												
1025,60	1112,50	65,10		30	30	45	45	70	4,00	732,52	65,10	2,11	2,34	8	27,03
1112,50	1450,90	174,6	0,52												
1112,50	1320,70	107,42		30	30	45	45	70	0,75	317,19	107,42	1,33	0,77	17	57,08
1450,90	1726,03	153,4	0,56												
1510,00	1600,00	50,18		30	30	45	45	70	2,94	628,01	50,18	1,75	1,64	8	25,42
1726,03	2092,40	183,5	0,5												
1726,03	1931,03	102,68		30	30	45	45	70	3,00	634,38	102,68	2,17	2,28	11	38,03
1931,03	2092,40	80,82		30	30	45	45	70	7,45	999,70	80,82	2,79	4,17	8	25,59
2092,40	2255,00	98,0	0,6												
2092,40	2200,00	64,85		30	30	45	45	70	3,29	664,34	64,85	1,96	2,00	9	28,53
2200,00	2255,00	33,15		30	30	45	45	70	10,60	1.192,46	33,15	2,37	3,56	4	13,66
2255,00	2421,00	99,3	0,6												
2255,00	2328,03	43,69		30	30	45	45	70	2,89	622,64	43,69	1,67	1,51	7	23,57
2328,03	2421,00	55,61		30	30	45	45	70	5,88	888,14	55,61	2,30	2,92	7	22,05
2421,00	2597,03	110,0	0,62												
2421,00	2455,00	21,25		30	30	45	45	70	6,67	945,92	21,25	1,75	2,01	4	12,03
2982,00	3148,00	113,6	0,68												
3100,53	3148,00	32,49		30	30	45	45	70	8,95	1.095,73	32,49	2,23	3,10	4	14,19
3946,00	4324,00	152,4	0,4												
3946,00	3999,56	21,59		30	30	45	45	70	6,67	945,92	21,60	1,76	2,03	4	12,15
4324,00	4470,00	84,2	0,58												
4324,00	4440,00	66,90		30	30	45	45	70	4,41	769,15	66,90	2,20	2,55	8	26,69
4440,00	4470,00	17,30		30	30	45	45	70	4,40	768,28	17,30	1,42	1,33	4	12,05
4470,00	4671,00	102,8	0,51												
4470,00	4550,00	40,92		30	30	45	45	70	1,35	425,56	40,92	1,25	0,82	8	28,28
4550,00	4671,00	61,88		30	30	45	45	70	2,60	590,58	61,88	1,78	1,63	9	29,72
4671,00	4974,71	155,7	0,51												
4875,00	4974,71	51,12		30	30	45	45	70	5,98	895,66	51,12	2,25	2,85	6	20,89
4974,71	5510,75	221,9	0,41												
4974,71	5416,29	182,80		30	30	45	45	70	1,76	485,90	182,80	2,10	1,89	18	60,39
5416,29	5510,75	39,10		30	30	45	45	70	2,20	543,25	39,10	1,47	1,17	7	23,92
5510,75	5794,00	138,6	0,49												
5510,75	5794,00	138,60		30	30	45	45	70	0,55	271,63	138,60	1,27	0,67	21	70,94
5794,00	6092,00	148,2	0,5												
5794,00	6092,00	148,20		30	30	45	45	70	1,61	464,73	148,20	1,92	1,62	17	55,26
6092,00	6430,00	160,4	0,47												
6092,00	6430,00	160,40		30	30	45	45	70	1,16	394,48	160,40	1,74	1,28	19	62,94
6609,00	7014,00	196,3	0,48												
6750,00	7014,00	127,96		30	30	45	45	70	7,58	1.008,38	127,96	3,22	5,18	10	33,15
7014,00	7151,00	99,8	0,73												
7014,00	7151,00	99,80		30	30	45	45	70	1,15	392,77	99,80	1,53	1,05	15	48,85
7151,00	7231,00	62,9	0,79												
7151,00	7231,00	62,90		30	30	45	45	70	0,65	295,29	62,90	1,09	0,55	13	44,33
7231,00	7594,00	161,8	0,45												
7231,00	7380,00	66,41		30	30	45	45	70	6,50	933,79	66,41	2,51	3,43	7	23,75
7594,00	7759,00	98,9	0,6												
7650,00	7730,00	47,95		30	30	45	45	70	3,50	685,21	47,95	1,83	1,83	7	23,53
7802,00	8047,00	126,6	0,52												
7915,00	8047,00	68,21		30	30	45	45	70	1,90	504,86	68,21	1,64	1,33	10	34,35
8047,00	8150,00	79,3	0,77												
8047,00	8120,00	56,20		30	30	45	45	70	1,50	448,58	56,20	1,43	1,02	10	32,91
8150,00	8830,00	264,0	0,39												
8223,00	8830,00	235,66		30	30	45	45	70	3,75	709,26	235,66	2,96	3,83	17	56,50
8830,00	9365,00	172,1	0,32												
8830,00	9280,00	144,76		30	30	45	45	70	1,91	506,18	144,76	2,03	1,84	16	52,10

Sezione		Portata massima da smaltire Q	Larghez. Base B cm	Altezza P cm	Angolo sponda		Scabr. c m ^{1/2} /sec	Pend. i %	Portata		Veloc. V m/sec	Tensione naschina. fondo τ o Kg/mq	Tirante h cm	Grado Riempim. h/A %
Progressiva iniziale	Progressiva finale				Qmax l/sec	Q l/sec								
9365,00	9753,00	192,1 0,5												
9365,00	9600,00	116,35	30	30	45	45	70	5,45	855,05	116,35	2,79	3,84	10	34,49
11098,00	11523,00	157,9 0,37												
11098,00	11299,00	74,68	30	30	45	45	70	6,25	915,65	74,68	2,57	3,51	8	25,72
11759,00	11936,00	118,3 0,67												
11827,00	11936,00	72,85	30	30	45	45	70	3,70	704,52	72,85	2,12	2,31	9	29,49
11936,00	12290,00	135,3 0,38												
11936,00	12020,00	32,11	30	30	45	45	70	11,00	1.214,75	32,11	2,38	3,60	4	13,25
12290,00	12568,38	116,5 0,42												
12350,00	12480,00	54,40	30	30	45	45	70	0,80	327,59	54,40	1,13	0,61	12	38,59
19130,00	19304,00	79,8 0,46												
19130,00	19280,00	68,79	30	30	45	45	70	11,30	1.231,20	68,79	3,07	5,33	6	20,63
19304,00	19705,00	209,5 0,52												
19500,00	19705,00	107,10	30	30	45	45	70	5,50	858,96	107,10	2,73	3,73	10	32,82
19705,00	19799,00	84,7 0,9												
19705,00	19799,00	84,70	30	30	45	45	70	6,00	897,15	84,70	2,63	3,60	8	27,99
19799,00	19983,00	128,8 0,7												
19799,00	19983,00	128,80	30	30	45	45	70	8,00	1.035,94	128,80	3,29	5,42	10	32,77
19983,00	20330,00	191,4 0,55												
19983,00	20206,00	123,00	30	30	45	45	70	1,44	439,51	123,00	1,75	1,37	15	51,49
20006,00	20210,00	112,52	30	30	45	45	70	1,02	369,91	112,52	1,51	1,01	16	53,87
21021,00	21305,00	145,5 0,51												
21021,00	21105,00	43,04	30	30	45	45	70	2,10	530,76	43,04	1,48	1,18	8	25,63
21120,00	21305,00	94,78	30	30	45	45	70	2,05	524,41	94,78	1,85	1,63	12	40,46
21305,00	22040,00	263,3 0,36												
21806,00	22040,00	83,83	30	30	45	45	70	6,60	940,94	83,83	2,71	3,86	8	27,07
22040,00	22176,00	98,3 0,72												
22040,00	22106,00	47,70	30	30	45	45	70	8,90	1.092,66	47,70	2,52	3,73	5	17,85
22176,00	22437,00	147,7 0,57												
22240,00	22305,00	36,78	30	30	45	45	70	3,51	686,19	36,78	1,69	1,62	6	20,14
22437,00	22644,00	127,8 0,62												
22437,00	22644,00	127,80	30	30	45	45	70	4,92	812,41	127,80	2,76	3,69	11	37,43
22827,00	23100,00	138,0 0,51												
22902,00	23100,00	100,09	30	30	45	45	70	1,46	442,56	100,09	1,66	1,27	14	45,82
23100,00	23320,00	120,6 0,55												
23170,00	23320,00	82,23	30	30	45	45	70	2,05	524,41	82,23	1,78	1,53	11	37,36
23320,00	23533,00	118,2 0,55												
23320,00	23482,00	89,90	30	30	45	45	70	4,95	814,88	89,90	2,50	3,18	9	30,60
23533,00	23643,00	78,2 0,71												
23533,00	23643,00	78,20	30	30	45	45	70	3,20	655,19	78,20	2,06	2,13	10	32,01
23643,00	24041,00	140,8 0,35												
23643,00	24041,00	140,80	30	30	45	45	70	2,25	549,39	140,80	2,14	2,07	15	49,08
24041,00	24244,00	92,5 0,46												
24107,00	24244,00	62,43	30	30	45	45	70	2,38	565,04	62,43	1,73	1,53	9	30,63
24244,00	24547,00	118,8 0,39												
24310,00	24547,00	92,92	30	30	45	45	70	2,28	553,04	92,92	1,91	1,76	12	38,84
24669,00	25162,00	161,0 0,33												
24669,00	25162,00	161,00	30	30	45	45	70	0,93	353,21	161,00	1,60	1,08	20	66,86
26100,00	26400,00	111,7 0,37												
26100,00	26290,00	70,74	30	30	45	45	70	8,80	1.086,51	70,74	2,84	4,46	7	22,56
26400,00	26594,00	85,1 0,44												
26400,00	26594,00	85,10	30	30	45	45	70	0,50	258,99	85,10	1,08	0,51	17	56,16

CANALETTA PIEDE RILEVATO

Sezione tratto	Portata massima			Larghezza Base B cm	Altezza P cm	Angolo sponda Sx α gradi	Angolo sponda Dx β gradi	Scabr. c	Pend. i %	Portata		Velocità V m/sec	Tensione trascin. fondo τ o Kg/mq	Tirante h cm	Grado Riempim. h/P %
	da versante Q' l/sec	piattaforma Q" l/sec	totale Q = Q' + Q" l/sec							Qmax l/sec	Q l/sec				
Sez.10 - sez.15 (S0a)	47	0	47	30	30	45,00	45,00	70	3,33	668,70	47,00	1,79	1,75	7	23,59
Sez.29 - sez. 33 (S1b)	171	150,1	321,1	30	30	45,00	45,00	70	2,80	612,87	321,10	2,89	3,42	22	71,92
Sez.41-sez.46 (S2a)	119	65,1	184,1	30	30	45,00	45,00	70	2,86	619,09	184,10	2,51	2,79	16	53,21
Sez.66-69 (S3a)	284	153,4	437,4	30	30	45,00	45,00	70	10,00	1.158,22	437,40	5,00	10,75	18	60,51
Sez.75/70 (S3b)	152	183,5	335,5	30	30	45,00	45,00	70	1,82	493,87	335,50	2,49	2,46	25	82,26
Sez.179-182 (S10b)	65	0	65	30	30	45,00	45,00	70	5,00	818,99	65,00	2,28	2,77	8	25,32
Sez. 182-187a (S11a)	98	0	98	30	30	45,00	45,00	70	4,17	747,63	98,00	2,41	2,89	10	33,76
Sez.197a-200 (S12a)	100	155,7	255,7	30	30	45,00	45,00	70	10,00	1.158,22	255,70	4,33	8,64	14	45,21
Sez.202-200 (S12b)	172	221,9	393,9	30	30	45,00	45,00	70	3,75	709,26	393,90	3,39	4,69	22	74,14
Sez.215-217 (S13b)	14	221,9	235,9	30	30	45,00	45,00	70	3,60	694,93	235,90	2,92	3,71	17	57,16
Sez.220-217 (S14a)	19	221,9	240,9	30	30	45,00	45,00	70	3,33	668,70	240,90	2,85	3,52	18	59,01
Sez.228-221 (S14b)	214	69,3	283,3	30	30	45,00	45,00	70	1,19	399,12	283,30	2,03	1,63	25	84,13
Sez.228-233a (S15a)	251	69,3	320,3	30	30	45,00	45,00	70	1,18	398,17	320,30	2,09	1,70	27	89,65
Sez.241-233a (S15b)	123	0	123	30	30	45,00	45,00	70	1,82	493,87	123,00	1,91	1,65	14	48,31
Sez.241-245 (S16a)	101	0	101	30	30	45,00	45,00	70	1,25	409,49	101,00	1,58	1,13	14	48,06
Sez.248-245 (S16b)	471	0	471	40	40	45,00	45,00	70	3,33	1.440,13	471,00	3,37	4,51	22	56,02
Sez.271-280 (S17a c)	473	196	669	40	40	45,00	45,00	70	2,86	1.333,30	669,00	3,49	4,58	28	70,32
Sez.286a-280 (S17b)	46	99,8	145,8	30	30	45,00	45,00	70	0,77	321,23	145,80	1,46	0,89	20	66,71
Sez.287a-291 (S18a)	51	62,9	113,9	30	30	45,00	45,00	70	3,00	634,38	113,90	2,24	2,38	12	40,31
Sez.294-290 (S18b)	334	161,8	495,8	40	40	45,00	45,00	70	6,67	2.036,65	495,80	4,40	8,00	19	47,71
Sez.338-330 (S21b)	712	264	976	40	40	45,00	45,00	70	7,69	2.187,71	976,00	5,56	11,77	26	66,11
Sez.355-344 (S22a)	312	264	576	40	40	45,00	45,00	70	2,50	1.247,19	576,00	3,20	3,88	27	67,32
sez.370-362 (S22b)	281	0	281	30	30	45,00	45,00	70	1,54	454,29	281,00	2,23	2,01	24	78,39
Sez.946a-942a (S34a)	247	0	247	30	30	45,00	45,00	70	1,43	437,77	247,00	2,10	1,80	22	74,75
Sez.947-953 (S35a)	689	0	689	40	40	45,00	45,00	70	2,50	1.247,19	689,00	3,35	4,16	30	73,94
Sez.972-970 (s36b)	136	0	136	30	30	45,00	45,00	70	2,50	579,11	136,00	2,20	2,22	14	46,78
Sez.978-982 (37a)	140	0	140	30	30	45,00	45,00	70	2,00	517,97	140,00	2,05	1,88	15	50,52

FOSSI DI GUARDIA

Sezione tratto	Portata massima da smaltire Q l/sec	Larghezza Base B cm	Altezza P cm	Angolo sponda		Scabr. c	Pend. i %	Portata		Velocità V m/sec	Tensione trascin. fondo τ o Kg/mq	Tirante h cm	Grado Riempim. h/P %
				Sx α gradi	Dx β gradi			Qmax l/sec	Q l/sec				
Sez.24 - sez. 15 (Soa)	47	30	30	45,00	45,00	55	3,33	525,41	47,00	1,51	1,95	8	27,13
Sez.24-sez.28 (S1a)	47	30	30	45,00	45,00	55	2,50	455,02	47,00	1,37	1,56	9	29,47
Sez.37-33 (S1b)	171	30	30	45,00	45,00	55	4,00	575,55	171,00	2,33	3,90	16	53,19
Sez.57-46 (S2b)	191	30	30	45,00	45,00	55	2,50	455,02	191,00	2,02	2,80	19	64,01
Sez.80a-75 (S4a)	237	30	30	45,00	45,00	55	1,67	371,52	237,00	1,84	2,20	24	79,65
Sez.84-88 (S4b)	31	30	30	45,00	45,00	55	3,00	498,44	31,00	1,29	1,49	7	21,97
Sez.89-91 (S5a)	54	30	30	45,00	45,00	55	6,00	704,91	54,00	1,94	3,27	7	24,80
Sez.91-93 (S5b)	38	30	30	45,00	45,00	55	12,50	1.017,44	38,00	2,23	4,86	5	16,27
Sez.94-97 (S6a)	54	30	30	45,00	45,00	55	9,09	867,68	54,00	2,24	4,51	7	21,98
Sez.97-101 (S6b)	98	30	30	45,00	45,00	55	2,00	406,98	98,00	1,56	1,79	14	47,43
Sez.102-105 (S7a)	87	30	30	45,00	45,00	55	2,14	421,26	87,00	1,55	1,80	13	43,58
Sez.105-110 (S7b)	121	30	30	45,00	45,00	55	2,14	421,26	121,00	1,69	2,06	16	52,22
Sez.177-179 (S10a)	22	30	30	45,00	45,00	55	3,00	498,44	22,00	1,15	1,26	5	17,96
Sez.189-192 (S11b)	98	30	30	45,00	45,00	55	3,33	525,41	98,00	1,87	2,69	12	41,18
Sez.193-197a (S12a)	100	30	30	45,00	45,00	55	4,00	575,55	100,00	2,01	3,13	12	39,58
Sez.202-209 (S12b)	172	30	30	45,00	45,00	55	1,97	404,29	172,00	1,80	2,22	19	64,47
Sez.248-259 (S16b)	471	40	40	45,00	45,00	55	1,13	657,36	471,00	1,89	2,07	34	84,53
Sez.266-271 (S17a/S17c)	473	40	40	45,00	45,00	55	2,14	907,24	473,00	2,40	3,49	29	71,74
Sez.304a-294 (S18b)	334	40	40	45,00	45,00	55	1,25	692,92	334,00	1,80	1,97	28	68,85
Sez.304a-309a (S19a)	279	30	30	45,00	45,00	55	3,00	498,44	279,00	2,39	3,76	22	74,44
Sez.321 - 324 (S20a)	32	30	30	45,00	45,00	55	2,08	415,37	32,00	1,14	1,14	7	24,88
Sez.323 - 326 (S20b)	27	30	30	45,00	45,00	55	4,29	595,75	27,00	1,39	1,83	5	18,24
Sez.335 - 361 (S22a)	312	40	40	45,00	45,00	55	1,50	759,05	312,00	1,89	2,22	25	63,30
Sez.372 - 375 (S23a)	23	30	30	45,00	45,00	55	1,56	359,72	23,00	0,94	0,78	7	22,33
Sez.385 - 390 (S23b)	255	30	30	45,00	45,00	55	5,71	687,92	255,00	2,96	6,10	18	59,92
Sez.972 - 974 (S36b)	136	30	30	45,00	45,00	55	14,29	1.087,69	136,00	3,46	9,70	10	32,87
Sez.975 - 978 (S37a)	140	30	30	45,00	45,00	55	8,33	830,74	140,00	2,88	6,43	12	38,91

3. OPERE IDRAULICHE SULLA RETE DI DRENAGGIO NATURALE ESISTENTE

3.1 Verifica idraulica Ponti e Viadotti

3.1.1 Premesse

Le verifiche idrauliche degli attraversamenti del reticolo idrografico esistente e del Fiume Salso con i ponti e viadotti in progetto, valutano il rispetto di un adeguato franco tra la quota del pelo libero dell'acqua e la quota sottotrave dei manufatti. Tali verifiche sono state eseguite effettuando delle simulazioni in moto permanente, di un tratto significativo di asta, mentre per il fiume Salso e il Vallone Arenella si è preso in considerazione l'asta nel suo insieme. Le verifiche contemplano lo stato ante e post operam, per portate valutate con tempo di ritorno 50, 100 e 200 anni.

3.1.2 Riferimenti normativi

Prescrizioni normative del Ministero dei Lavori Pubblici

I riferimenti normativi degli attraversamenti fluviali sono contenuti nel Decreto Ministeriale del 2 agosto 1980 e in quello del 4 maggio 1990, ai quali ha fatto seguito la Circolare n. 34233 emanata in data 25 febbraio 1991 dal Ministero dei Lavori Pubblici, recante "Istruzioni relative alla normativa tecnica dei ponti stradali". Tali normative impongono innanzitutto che, quando il ponte interessi un corso d'acqua naturale e artificiale, il progetto debba essere corredato da una specifica relazione riguardante i problemi idrologici, idrografici ed idraulici relativi alle scelte progettuali, alla costruzione ed all'esercizio del ponte. L'ampiezza e l'approfondimento di detta relazione sarà commisurato all'importanza del problema ed al grado di elaborazione del progetto. Nello studio sono da approfondire particolarmente i seguenti aspetti:

- ricerca e raccolta presso gli uffici ed enti competenti delle notizie e dei rilievi esistenti;

- giustificazione delle soluzioni proposte per l'ubicazione del ponte, le sue dimensioni e le sue strutture in pianta, in elevazione e di fondazione;
- studio idrologico degli eventi di massima piena; definizione della scala delle portate nella sezione interessata, per le condizioni attuali e per quelle conseguenti alla costruzione del manufatto, anche per le diverse fasi costruttive previste.

Le norme prescrivono inoltre di assumere normalmente quale portata di progetto quella corrispondente a tempo di ritorno centennale per la quale i calcoli idraulici dovranno verificare la sussistenza di un franco minimo tra il livello di massima piena e l'impalcato del ponte. Viene poi suggerito di stimare la frequenza probabile dell'evento di piena che da luogo all'annullamento del franco ed in ogni caso si stabilisce che, per i corsi d'acqua arginati, la quota di sottotrave del ponte deve essere non inferiore a quella della sommità arginale.

Nello studio idraulico dell'opera, devono inoltre essere oggetto d'indagine i seguenti problemi:

- classificazione del corso d'acqua ai fini dell'esercizio della navigazione interna;
- valutazione dello scavo localizzato con riferimento alle forme ed alle dimensioni delle pile, delle spalle, delle fondazioni nonché dei rilevati;
- valutazione degli effetti dovuti all'eventuale presenza di correnti veloci;
- esame delle conseguenze della presenza di eventuali corpi natanti, flottanti e trasportati dalle acque, ove ricorra detta possibilità, nonché delle conseguenze di eventuali ostruzioni delle luci, specie se queste possono creare invasi anche temporanei a monte, sia in fase costruttiva, sia durante l'esercizio delle opere.

In situazioni particolarmente complesse si suggerisce di sviluppare le indagini anche con l'ausilio di modelli fisici in scala ridotta.

Nel complesso, le norme emanate dal Ministero dei Lavori Pubblici fissano il quadro di riferimento per lo sviluppo della relazione sugli aspetti idrologici, idrografici ed idraulici prescritta a corredo della progettazione dell'attraversamento fluviale, delineando anche i criteri generali che devono guidare l'articolazione di tale relazione. Non vengono fornite invece specifiche indicazioni circa le procedure di calcolo che devono essere eseguite per redigere la relazione idraulica ne prescrizioni vincolanti sulle caratteristiche

costruttive del manufatto di attraversamento in relazione alle sue interferenze con l'alveo fluviale in cui viene a collocarsi ed in particolare sui limiti ammissibili per il franco idraulico, lasciando in tal modo ampi margini all'estensore della relazione medesima.

Il capitolato d'oneri per la redazione del progetto esecutivo dell'ANAS prescrive un franco minimo tra l'intradosso dell'opera e la quota del carico idraulico totale corrispondente al livello idraulico di massima piena pari ad un metro.

Utili riferimenti in tal senso possono essere desunti dalle *indicazioni* date dal Magistrato per il Po per i ponti sul Fiume Po, che di seguito si riassumono in breve sintesi:

- (a) la luce netta fra le pile deve risultare non inferiore a 40 m;
- (b) il franco minimo per la portata di massima piena deve risultare non inferiore a 1 m, valori che devono essere assicurati per 2/3 della luce fra le pile, e comunque per un tratto non inferiore a 40 m qualora l'intradosso del ponte non sia rettilineo;
- (c) l'argine deve essere innalzato e ringrossato in corrispondenza dell'attraversamento e la scarpata lato fiume deve essere rivestita in pietrame al di sotto della quota di massima piena;
- (d) le pile in alveo devono essere poste a distanza non minore di 25 m dal bordo lato fiume della sommità arginale mentre la spalla lato campagna deve distare non meno di 35 m dallo stesso punto.

3.1.3 Assetto geometrico- morfologico e granulometrico dell'alveo

3.1.3.1 Assetto geometrico dell'alveo

La descrizione geometrica dell'alveo, funzionale alle valutazioni idrauliche, è stata effettuata integrando alle informazioni assunte da un supporto planimetrico a scala 1: 2.000 un rilievo di dettaglio delle sezioni trasversali.

Tutte le sezioni in alveo vengono segnate in pianta nella planimetria idraulica e riportate in dettaglio nel quaderno delle sezioni idrauliche ante e post operam.

Le sezioni topografiche, comprensive della parte batimetrica, rappresentano la geometria attuale del corso d'acqua e permettono una descrizione dettagliata del tratto d'alveo nell'intorno dell'opera.

Nella definizione delle sezioni si è cercato rispettare le seguenti linee guida:

- giacitura planimetrica ubicata in modo tale da rappresentare le singolarità dell'alveo e le variazioni delle dimensioni dello stesso lungo il tratto di indagine;
- devono essere estese per l'intero alveo di piena, sino al limite della fascia interessata dalle piene con tempo di ritorno > 200 anni;
- devono essere utilizzate e, se necessario, aggiornate, le sezioni di rilievo costituenti punti di calcolo per la delimitazione delle fasce fluviali; gli infittimenti eventuali devono essere collegati agli stessi capisaldi;
- numero e interasse delle sezioni necessarie per la rappresentazione della geometria dell'alveo vanno commisurati alle esigenze di dettaglio delle analisi idrauliche.

3.1.3.2 *Caratteristiche morfologiche dell'alveo*

L'analisi morfologica del tratto di corso d'acqua interessato dall'intervento, tende a caratterizzare l'alveo attivo e le forme fluviali, abbandonate e/o riattivabili, in fase di piena.

Il Fiume Salso, nel tratto in oggetto, scorre nel fondo valle di una formazione di natura argillosa adattandosi, nel corso degli anni, all'andamento plano-altimetrico e dando vita ad un andamento meandriforme ad ampio raggio di curvatura.

L'alveo di piena risulta ampio, tra i due versanti argillosi, con aree golenali allagabili di grandi dimensioni atte a svolgere funzioni di invaso e laminazione delle piene.

Nei tratti convessi delle curve i versanti appaiono in arretramento per effetto di successive erosioni al piede.

In riferimento all'alveo di magra, non si denotano depositi fluviali di significativo spessore, anzi la presenza di un alveo inciso denota una elevata capacità erosiva della

corrente, in alcuni casi si rileva una tendenza alla modificazioni del tracciato del thalweg, specie nei tratti in curva (parte convessa); in riferimento ad alcune opere realizzate nel tratto a valle si rileva una tendenza all'abbassamento del fondo alveo.

3.1.3.3 *Caratteristiche granulometriche del materiale d'alveo*

Per le successive valutazioni sulla capacità di erosione e trasporto solido nel tratto interessato (Fiume Salso) si è effettuata una caratterizzazione del materiale in alveo mediante analisi granulometrica.

Il miscuglio esaminato è costituito da ciotoli medi per il 7,21% ghiaia per lo 12,42%, sabbia per 19,28%, limo per il 26,12 % e argilla per il 34,97 %.

Si riscontra inoltre la presenza di blocchi lapidei superficiali isolati, non attribuibili alla struttura del fondo alveo e pertanto non classificabili nell'analisi granulometrica, ciò anche in relazione all'instaurarsi di un eventuale effetto corazzamento. Tale fenomeno è, come noto, dovuto alla differente mobilità dei sedimenti di diverso diametro; al prolungarsi nel tempo dell'azione erosiva esercitata dalla corrente, si verifica un progressivo impoverimento del contenuto di materiale fine nello strato più superficiale dell'alveo, che dopo un certo tempo viene così ad essere costituito dal solo materiale più grosso in grado di fronteggiare l'azione di trascinarsi esercitata dalla corrente. Lo strato superficiale viene così a costituire una sorta di corazza protettiva per gli strati di sedimenti sottostanti. Ne discende che, nella scelta di indicatori della granulometria dei sedimenti d'alveo, il riferirsi allo strato superficiale potrebbe portare a sottostimare il livello di vulnerabilità all'escavazione della struttura. Infatti, l'asportazione dello strato superficiale corazzato, a seguito del verificarsi di portate liquide che determinino il superamento della soglia di mobilità del materiale che lo costituisce, determina la messa a nudo di uno strato sottostante maggiormente dilavabile. Di conseguenza, in una tale eventualità, sono da attendersi effetti erosivi anche molto pronunciati.

3.1.4 Metodologia di calcolo e verifica

Il codice di calcolo utilizzato per il profilo idrico in piena della corrente nel tratto di corso d'acqua fa riferimento alle condizioni di moto stazionario monodimensionale (portata costante e geometria dell'alveo variabile).

Tale schema che tiene conto della variazione delle dimensioni dell'alveo e delle singularità localizzate (rappresentate da manufatti, bruschi restringimenti o allargamenti, variazioni di scabrezza, salti di fondo), ed è generalmente adatto ad affrontare tutte le situazioni in cui la valutazione degli effetti degli interventi in progetto sulle condizioni di deflusso è rappresentabile in termini di modificazione del profilo idrico. A tal proposito ci si è avvalsi del programma di calcolo Hec-Ras (messo a punto dal Hec-Usace), nel quale è implementata una procedura di calcolo nota in letteratura con il nome di Standard Step Method.

La Procedura consiste nel calcolo, della quota del pelo libero in una sezione a partire da quella nota in una sezione adiacente, per mezzo di un procedimento iterativo che si avvale delle seguenti due equazioni:

$$WS_2 + \frac{\alpha_2 V_2^2}{2g} = WS_1 + \frac{\alpha_1 V_1^2}{2g} + h_e \quad (1)$$

$$h_e = L \overline{S_f} + C \left| \frac{\alpha_2 V_2^2}{2g} - \frac{\alpha_1 V_1^2}{2g} \right| \quad (2)$$

dove:

WS_1, WS_2 = quote del pelo libero nelle sezioni alle estremità della tratta considerata;

V_1, V_2 = velocità media (portata/area liquida) nelle citate sezioni;

α_1, α_2 = coefficiente di Coriolis;

g = accelerazione di gravità (= 9,81 m/s²);

h_e = perdita di energia tra le 2 sezioni;

L = lunghezza della tratta (media pesata);

S_f = cadente piezometrica della tratta;

C = coefficiente di espansione o contrazione.

La lunghezza media della tratta viene definita come:

$$L = \frac{L_{lob} \bar{Q}_{lob} + L_{ch} \bar{Q}_{ch} + L_{rob} \bar{Q}_{rob}}{\bar{Q}_{lob} + \bar{Q}_{ch} + \bar{Q}_{rob}} \quad (3)$$

dove:

L_{lob} , L_{ch} , L_{rob} = lunghezze per il moto in golena sinistra, nell'alveo di magra e in golena destra;

\bar{Q}_{lob} , \bar{Q}_{ch} , \bar{Q}_{rob} = media aritmetica delle portate nelle due sezioni con riferimento a golena sinistra, alveo di magra e golena destra.

La determinazione della capacità di portata totale e del coefficiente di Coriolis per una data sezione richiede che il flusso sia suddiviso in parti con velocità uniformemente distribuita. In pratica il flusso nelle golene viene suddiviso in base ai punti utilizzati per descrivere la geometria della sezione, e la capacità di portata in ogni posizione dell'area liquida è calcolata con la seguente espressione:

$$k = \frac{1}{n} ar^{2/3} \quad (4)$$

dove:

k = capacità di portata della porzione considerata;

n = coefficiente di Manning della porzione;

a = area della porzione;

r = raggio idraulico della porzione.

La capacità di portata totale dell'intera sezione è ottenuta come somma delle capacità delle singole porzioni nelle quali la stessa è stata suddivisa.

Le perdite di carico vengono calcolate come prodotto della lunghezza media pesata della tratta L , determinata con l'espressione (3), per la cadente piezometrica media.

Nelle espressioni analitiche utilizzate per il calcolo dei profili di moto sono implicite le seguenti osservazioni, che pertanto devono essere verificate nell'effettivo fenomeno fisico soggetto ad indagine:

- (a) il moto è stazionario
- (b) il moto è gradualmente vario
- (c) il moto è unidimensionale (componenti della velocità in direzioni diverse da quella del moto non sono considerate)

(d) la pendenza del corso d'acqua è "piccola" (<10%).

Si assume il moto stazionario in quanto nelle equazioni utilizzate non compaiono i termini dipendenti dal tempo. Il moto deve essere di tipo gradualmente vario perché l'equazione (1) è basata sull'ipotesi che in tutte le sezioni vige una distribuzione idrostatica delle pressioni.

Il moto deve essere unidimensionale perché l'equazione (4) è basata sull'ipotesi che la quota energetica sia la stessa in tutti i punti di una sezione.

Si assumono poi pendenze "piccole" perché si assume di avere distribuzione idrostatica delle pressioni lungo le verticali, che per valori piccoli della pendenza possono essere identificate con le normali al moto.

3.1.4.1 *Condizioni al contorno*

In funzione dello schema di calcolo utilizzato, le condizioni al contorno da assegnare sono:

- il valore della portata al colmo di piena di cui ai paragrafi precedenti, che costituisce la condizione di monte,
- la quota idrometrica nella sezione più a valle nel caso di calcolo di un profilo di corrente lenta ed in quella di monte per corrente rapida.

Nel caso in esame, non avendo altri dati a disposizione, le condizioni imposte sono state il moto uniforme sia nella sezione di valle che in quella di monte.

Oltre che per la portata di riferimento con tempo di ritorno di 200 anni, le simulazioni idrauliche sono condotte anche per portate con tempi di ritorno di 50, 500 anni per una completa valutazione dei fenomeni idraulici di interesse.

Per quanto riguarda i parametri idraulici di calcolo ed in particolare il coefficiente di Manning, si sono utilizzati valori stimati sulla base della regolarità o tortuosità dell'alveo e dell'esame visivo delle caratteristiche del fondo e delle sponde. Essi variano significativamente in dipendenza della presenza o meno e del tipo di vegetazione spondale. Per i tratti in esame è stato assunto un coefficiente di Manning variabile tra 0.025 e 0.030 $m^{-1/3}s$, corrispondente a coefficienti di Strickler compresi tra 40 e 35

$m^{1/3}/s^{-1}$, in funzione dello sviluppo più o meno rigoglioso della vegetazione e della tortuosità dell'alveo.

3.1.4.2 *Condizioni fisiche di riferimento*

I calcoli idraulici per la definizione delle condizioni di deflusso sono stati effettuati con riferimento alle seguenti condizioni fisiche del corso d'acqua:

- assenza dell'opera (condizioni ante operam);
- presenza dell'opera nella configurazione definitiva (condizione post Operam).

Non si considerano elaborazioni per le fasi significative di costruzione dell'opera, tenendo conto delle opere provvisoriale, giacché queste ipotesi comportino interazioni meno severe con le condizioni di deflusso in piena rispetto alla condizione di opera realizzata. Per quanto riguarda l'imposizione delle condizioni al contorno, costituite dalla quota idrometrica nella sezione più a valle nel caso di calcolo di un profilo di corrente lenta ed in quella di monte per corrente rapida. Nel caso in esame, non avendo altri dati a disposizione, le condizioni imposte sono state il moto uniforme sia nella sezione di valle che in quella di monte.

3.1.5 *Risultati*

Definite le condizioni al contorno e gli interventi strutturali per il tratto di fiume individuato nelle planimetrie di vulnerabilità idraulica, si sono effettuate le verifiche idrauliche per i diversi regimi idraulici ipotizzati.

Negli allegati "profili idraulici sintetici per diversi TR", "quaderno delle sezioni ante e post operam" e nei "tabulati ante e post operam", si riportano le sezioni trasversali, i profili longitudinali lungo il talweg e tutti i parametri idraulici nelle condizioni ante e post opera per tempi di ritorno 50, 100 e 200 anni. Per il viadotto Arenella III, che interessa, in parte, un'area soggetta a rischio idraulico elevato, si sono effettuate tutte le elaborazioni idrauliche anche con tempo di ritorno di 300 anni.

Nel quaderno delle sezioni si riporta l'andamento trasversale dell'alveo con il livello del pelo libero riferito alla portata con Tempo di ritorno x (Sezioni $Tr = x$ anni) e la linea dell'altezza critica, valori riportati anche nei profili sotto forma di linea continua.

Nei profili vengono riportati anche tutti gli elementi geometrici delle interferenze trasversali (Ponti, tombini etc.) .

Nelle tabelle riepilogative, di seguito allegate, per ogni regime idraulico contraddistinto da una portata massima, per assegnato tempo di ritorno, si riportano per ogni sezione :

- Quota Fondo [m.s.m.]
- Quota Pelo libero [m.s.m.]
- Scabrezza [$m^{1/3}/s$]
- Portata [m^3/s]
- Area della sezione liquida [m^2]
- Larghezza corrente in superficie [m]
- Tirante idrico [m]
- Franco dalla quota minima manufatto se presente [m]
- Velocità media della corrente [m/s]
- Tensione di trascinamento fondo alveo [N/m^2]
- Numero di Froude.

Si riportano, per ogni viadotto interferente con il reticolo idrografico i dati geometrici e idraulici principali con il relativo franco (riferito in valore assoluto al pelo libero del profilo di corrente, comprensivo di eventuale sovrizzo da restringimento della sezione libera di passaggio).

Viadotto	Portata (m ³ /s)	Tr (anni)	Quota fondo (m s.l.m.)	Quota sotto trave (m s.l.m.)	Quota pelo libero (m s.l.m.)	Velocità (m/s)	Franco (m)
Giulfo	61,84	50	411,47	440,35	412,68	1,31	27,67
	72,07	100			412,75	1,39	27,60
	82,30	200			412,82	1,46	27,53
Favarella	18,54	50	471,96	481,19	472,77	6,99	8,42
	21,61	100			472,82	7,32	8,37
	24,67	200			472,86	7,62	8,33
Fosso Mumia	75,63	50	463,25	493,65	465,44	4,97	28,21
	88,15	100			465,53	5,09	28,12
	100,66	200			465,62	5,15	28,03
San Giuliano	4,02	50	495,16	504,35	496,10	3,46	8,25
	4,56	100			496,13	3,65	8,22
	5,06	200			496,16	3,83	8,19
San Filippo Neri	6,15	50	469,87	493,16	470,63	4,18	22,53
	6,98	100			470,66	4,35	22,50
	7,75	200			470,69	4,49	22,47
Arenella I	79,51	50	337,94	351,95	341,23	1,13	10,72
	92,67	100			341,39	1,19	10,56
	105,83	200			341,58	1,22	10,37
Arenella II	1,16	50	315,33	321,31	317,63	0,01	3,68
	1,32	100			317,84	0,01	3,47
	1,47	200			318,04	0,01	3,27
Arenella III (Pila sez. 74)	174,13	100	304,46	317,80	310,56	0,82	7,24
	202,97	200			310,66	0,91	7,14
	365,33	300			311,11	1,36	6,69
Salso (Pila sez. 24)	1271,30	50	296,33	304,79	301,60	5,73	3,19
	1480,89	100			301,91	5,91	2,88
	1690,24	200			302,19	6,11	2,60
Serra	5,43	50	437,04	441,99	437,81	4,88	4,18
	6,16	100			437,81	5,50	4,18
	6,86	200			437,83	5,89	4,16

Come chiaramente esposto il valore minimo del franco, tra l'intradosso sottotrave dell'opera e la quota del livello di massima piena, valutata con un tempo di ritorno di 200 anni, risulta sempre ampiamente maggiore del valore minimo richiesto di un metro .

3.1.6 Verifiche stato "Ante Operam- Post Operam"

Si riporta di seguito una sintesi dei risultati idraulici delle simulazioni ante e post operam, riferite ad un tempo di ritorno di 200 anni.

Viadotto Giulfo .

Per tutti i regimi idrici esaminati, la corrente che attraversa il viadotto è del tipo lenta e rimane lenta nel suo attraversamento. Il tratto di corrente lenta permane a monte fino alla sezione 15.

La presenza delle pile del Viadotto, non determinano eccessivo restringimento della sezione libera al deflusso delle acque, il regime idrico non subisce variazioni permanendo nello stato precedente all'inserimento delle opere in alveo, mentre si registra un innalzamento del livello di piena di 18 cm ed una diminuzione della velocità da 2,60 a 1,88 m/s, pari al -27% circa di quello dello stato ante operam.

Nell'attraversamento del Viadotto il livello del pelo libero si mantiene al di sotto della quota sottotrave con un franco sempre superiore ad un metro.

Nella planimetria di vulnerabilità idraulica, si riporta la fascia golenale interessata dalla piena duecentennale nelle condizioni ante e post operam. Dalla analisi degli scostamenti del pelo libero, si evidenzia un impercettibile aumento nelle zone subito a monte del viadotto, che tende ad annullarsi subito a monte.

Viadotto Favarella

Per tutti i regimi idrici analizzati la corrente è del tipo veloce e continua a permanere tale anche nello stato post operam. .

La corrente idrica lambisce appena una pila della corsia di destra ed una pila della corsia di sinistra. Il disturbo arrecato alla corrente determina un leggero innalzamento

della corrente da 1,09 m a 1,11 m con una riduzione della velocità da 7,21 m/s a 6,97 m/s.

Dalla analisi critica delle fasce golenali, ante – post operam, non si apprezzano significativi aumenti o diminuzioni.

Nel tratto subito a monte della sezione 19, in cui il reticolo idraulico interferisce con la strada complanare, al posto del tombino armco a sesto ribassato $l=200$ cm $H = 140$ cm esistente, che nella situazione ante operam viene totalmente sommerso dalla lama fluente, viene inserito uno scatolare in c.a. di dimensioni nette 300x300 cm. Per effetto del tombino si verifica a monte un rigurgito della corrente idrica, che non sommerge il tombino, e si esaurisce nel tratto subito a monte fino alla sez.20.

Viadotto Fosso Mumia

Per tutti i regimi idrici analizzati la corrente è del tipo veloce e continua a permanere tale anche nello stato post operam. .

La corrente è appena interessata in sx idraulica dall'inserimento della pila e della sua sistemazione; per effetto delle opere in alveo si determina un leggero innalzamento della corrente (sez. 4/7) da 1,44 m a 1,61 m con una riduzione della velocità da 5,89 m/s a 5,67 m/s.

L'effetto di disturbo innescato dalle opere in alveo resta localizzata tra la sez. 4 e la sez. 7.

Dallo studio idraulico si evidenzia, già nello stato ante operam, la criticità idraulica di due tombini esistenti, molto a monte della sezione di fondazione dei viadotti Anas, uno su stradella privata sez. 9/10, l'altro su strada comunale sez.17/18, che vengono sormontati in occasione di eventi di piena.

Viadotto San Giuliano

Per tutti i regimi idrici analizzati la corrente è del tipo veloce nello stato ante e post operam. Per effetto delle opere in alveo la corrente veloce subisce un'ulteriore depressione passando da un tirante di 1,25 m a 1,18 m, con un incremento di velocità da 5,38 a

6,06 m/s. Il fenomeno è ristretto alla sola area interferente con le opere e non si propaga verso valle.

Viadotto San Filippo Neri

Per tutti i regimi idrici analizzati la corrente è del tipo veloce nello stato ante e post operam. Per effetto delle opere in alveo la corrente veloce subisce un rallentamento, pur restando veloce, passando da un tirante di 0,95 m a 0,99 m nella sezione 13. Il disturbo alla corrente viene localizzato nella sola area interferente con le opere e non si propaga verso valle.

Viadotto Arenella I .

I viadotti delle due corsie poggiano due piloni nella fascia golenale duecentennale. Per tutti i regimi idrici esaminati la corrente è del tipo lenta, e per effetto delle pile si determina un innalzamento del tirante idrico della corrente che nella sezione massima (n°11) raggiunge un incremento di 24 cm, pari al 12,73% passando da 2,67 m a 3,01 m. L'effetto del rigurgito si propaga a monte ed alla distanza di circa 150 m si annulla.

Nell'attraversamento del Viadotto il livello del pelo libero si mantiene al di sotto della quota sottotrave con un franco sempre superiore ad un metro.

Nella planimetria di vulnerabilità idraulica, si riporta la fascia golenale interessata dalla piena duecentennale nelle condizioni ante e post operam. Dalla analisi degli scostamenti del pelo libero, si evidenzia un impercettibile aumento nelle zone a monte del viadotto, che tende ad annullarsi subito a monte.

Viadotto Arenella II .

Per tutti i regimi idrici esaminati la corrente principale del vallone Arenella è veloce, e non subisce a valle propagazioni. La corrente proveniente dalla immissione di monte, è del tipo lenta ed è governata dalla corrente principale sull'Arenella. Per effetto delle pile in alveo si verifica un innalzamento della corrente secondaria che a circa 50 m a monte determina un innalzamento massimo del tirante da 0,24m a 1,18 m, con una riduzione della velocità da 2,61 m/s a 0,20 m/s. L'effetto del rigurgito si propaga a monte ed alla distanza di circa 150 m, nella sezione 13, si annulla.

Viadotto Arenella III .

Per il viadotto Arenella III, che interessa, in parte, un'area soggetta a rischio idraulico elevato, si sono effettuate tutte le elaborazioni idrauliche anche con tempo di ritorno di 300 anni. Nella peggiore delle situazioni, il franco minimo tra l'intradosso delle travi e il livello di massima piena, si mantiene sempre superiore a 6,69 m.

Le pile dei viadotti Arenella III interferiscono con la fascia golenale del vallone per assicurare il superamento del rilevato ferroviario esistente. In questa zona particolare importanza assume, nei rapporti con il vallone, il rilevato ed il ponticello ferroviario (sez.72-73). La corrente veloce nella zona subito a valle del rilevato ferroviario, per effetto della strozzatura generata dal ponticello delle FF.SS., diventa lenta creando un rigurgito a monte. L'effetto del rigurgito si propaga per diverse centinaia di metri a monte, fino ad oltre il tratto interessato dalle nuove pile dei viadotti. L'inserimento di tali pile non determina a monte del rilevato ferroviario significative variazioni, infatti dal quadro di confronto tra l'ante ed il post operam si registrano variazioni dei tiranti di qualche centimetro, come anche per gli altri parametri idraulici.

Nella zona a valle del rilevato ferroviario, la corrente veloce per effetto dell'ostacolo offerto dalle subisce un innalzamento dal valore di 3,42m a 3,56 m (sez. 68) ed una riduzione della velocità da 4,07 m/s a 3,98 m/s.

Viadotto Salso .

Il viadotto Salso attraversa l'omonimo Fiume sul tracciato dell'esistente viadotto, in un area subito a monte di un rilevato ferroviario.

Il fiume per effetto della strozzatura generata dal rilevato ferroviario rigurgita nella zona a monte arrivando fin nella zona del viadotto Salso. La corrente che interessa le pile del viadotto è generalmente del tipo lenta mentre nelle sezioni 20-21 diventa veloce per poi ridiventare lenta. I regimi idraulici non subiscono variazioni ante – post operam per effetto delle nuove opere. Il livello idrico della corrente subisce il massimo innalzamento nella sez.27 (Pile n° 6) passando da 5,96 m a 6,56 m con una riduzione della velocità da 6,36 m/s a 3,89 m/s; la massima riduzione del tirante nella sez. 22 (tra le pile

n°3 e n°4) con valori scesi da 5,76 m a 5,33 m, con incremento della velocità da 5,46 m/s a 6,38 m/s .

Le interferenze della corrente idrica con le pile si esaurisce già nel tratto a monte tra le sezz. 37-38.

3.2 Verifiche Idrauliche Tombini

Nella "Corografia dei Bacini imbriferi" *ID01 IDR CB01-2* è riportato l'inquadramento del reticolo idrografico e le sue interferenze con l'asse del tracciato stradale in progetto.

Nelle sezioni interessate da tombini, scotolari e cunettoni si sono tracciati i limiti dei bacini imbriferi tributari e riportato le superfici scolanti in ettari, mentre nella "Relazione Idrologia" *ID01 IDR RE01*, allegata in progetto, vengono riportate le metodologie di calcolo e i valori delle portate desunte per vari tempi di ritorno .

In queste sezioni, nota la portata, fissate le condizioni al contorno , la geometria del tombino, si effettua il calcolo di verifica, del tombino nel suo insieme.

La verifica idraulica dei tombini, rettangolari o circolari, è svolta secondo il metodo adottato dalla Federal Highway Administration - U.S. Department of Transportation.

(U.S. Department of Transportation - Federal Highway Administration - *Hydraulic Design of Highway Culverts (Hydraulic Design Series No.5)* - Report No. FHWA-IP-85-15 - September 1985)

Detto metodo, che costituisce uno standard ormai consolidato in questo tipo di progettazione, è fondato, da un lato, su un rigoroso approccio teorico e, dall'altro, su una ricca casistica sperimentale.

Esso consente pertanto di trattare in modo semplice ma aderente al fenomeno fisico la relativa complessità del sistema costituito da canali di monte e di valle, imbocchi e canna del tombino.

La procedura di calcolo, tradizionalmente basata sull'impiego di abachi e nomogrammi, è implementata nel software Fha utilizzato nei successivi calcoli .

3.2.1 Metodo di calcolo

In linea generale le condizioni idrauliche del deflusso attraverso il tombino possono essere governate sia dalla sezione d'imbocco (inlet control), sia dalle condizioni allo sbocco (outlet control).

La procedura si svolge secondo i passi di seguito schematicamente indicati, in cui l'obiettivo è la determinazione della quota di carico idraulico totale (o della quota di pelo libero) necessaria a far defluire la portata di progetto attraverso il tombino:

- viene eseguito il calcolo relativo alla condizione di inlet control, in cui i dati sono costituiti (oltre che dalla portata) dalla forma e dalle dimensioni dell'imbocco;
- viene eseguito il calcolo relativo alla condizione di outlet control in cui i dati sono costituiti dalla forma, dalle dimensioni e dal materiale (scabrezza) della canna e dall'altezza d'acqua a valle dello sbocco;
- il maggiore dei due valori calcolati per le due condizioni viene assunto come quota che governa il deflusso.

La condizione al contorno rappresentata dal tailwater viene anch'essa determinata dal programma, a partire dai dati geometrici relativi al canale di valle e dal valore della portata di progetto, attraverso la condizione di moto uniforme.

Qualora la condizione di moto uniforme non venga considerata significativa (ad esempio, in presenza di una sezione di controllo a valle, o di un alveo irregolare), in alternativa è possibile imporre il tailwater come dato indipendente.

Determinazione del tailwater

L'equazione utilizzata per la determinazione del *tailwater* per la portata di progetto Q in condizioni di moto uniforme nel canale di valle (di pendenza di fondo i e scabrezza espressa mediante il coefficiente di Manning n), è:

$$Q = A_c R^{2/3} i^{1/2} / n$$

che, esprimendo l'area liquida A_c ed il raggio idraulico R in funzione dell'altezza d'acqua, per la sezione trapezia del canale (scarpa delle sponde s , larghezza del fondo b) diventa:

$$nQ/i^{1/2} = \{ [h(b+sh)]^5 / [b+2h\sqrt{1+s^2}]^2 \}^{1/3}$$

Il programma provvede alla risoluzione di tale equazione implicita mediante una routine di calcolo iterativa.

Determinazione dello stato critico

In caso di sezione diversa dalla rettangolare (circolare e circolare ribassata) le grandezze relative alla condizione di stato critico (altezza d'acqua e velocità) vengono determinate attraverso la condizione:

$$Q^2/g = A^3/L$$

che, essendo implicita, richiede una soluzione di carattere iterativo.

In caso di sezione rettangolare la condizione di stato critico dà luogo alle espressioni particolari:

$$h_c = (Q^2/gL^2)^{1/3}$$

$$v_c = \sqrt{gh_c}$$

che vengono calcolate direttamente.

Inlet control

Il comportamento idraulico del tombino in caso di *inlet control* si differenzia secondo che l'imbocco sia non sommerso ovvero sommerso.

Nel primo caso (*unsubmerged inlet control*) esso si comporta come uno stramazzo, nel secondo caso (*submerged inlet control*) come una luce sotto battente.

Per ciascuna delle due condizioni le ricerche condotte dall'FHWA hanno definito la forma ed i parametri delle equazioni che governano il comportamento del tombino:

$$h_{wi}/D = H_c/D + K [Q/(A \sqrt{D})]^M - s/2 \quad \text{per la condizione di } \textit{inlet unsubmerged} \quad (1)$$

$$h_{wi}/D = Y + c [Q/(A \sqrt{D})]^2 - s/2 \quad \text{per la condizione di } \textit{inlet submerged} \quad (2)$$

dove i valori dei parametri (sistema di misura ft, s) sono quelli riportati nel seguente prospetto.

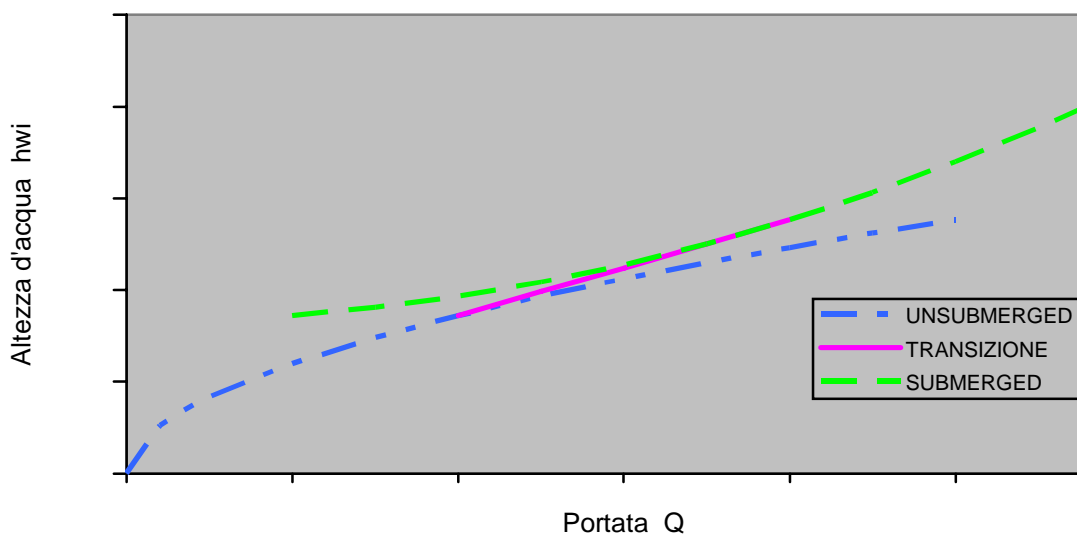
La conversione delle grandezze nel sistema MKS avviene internamente al programma.

Sezione	Tipo imbocco	K	M	Y	c
Rettangolare	Spigoli vivi, muro frontale	0.061	0.75	0.80	0.0400
Circolare	Spigoli vivi, muro frontale	0.0098	2,00	0.67	0.0398

Tra le due condizioni si determina un regime di transizione, riguardo al quale la bibliografia non fornisce precise formulazioni.

Secondo il criterio stabilito dall'FHWA, la zona di transizione viene definita empiricamente raccordando le due curve (1) e (2) con una retta tangente ad entrambe.

La curva di deflusso complessiva dell'imbocco risulta pertanto composta da tre rami, secondo quanto illustrato nella seguente figura.



In base al valore dell'altezza d'acqua all'imbocco h_{wi} così calcolata si ricava la quota di pelo libero z_{wi} che, a meno del carico cinetico corrispondente alla velocità d'approccio, si assume pari alla quota di carico totale z_{Hi} .

Outlet control

La procedura si differenzia secondo che il valore dell'altezza d'acqua allo sbocco h_o sia maggiore o minore di una determinata aliquota di D , aliquota che nella pubblicazione FHA viene indicata in 0.75. Nel programma questo valore può essere introdotto a piacere dall'utente. Per approfondimenti in merito si rimanda, comunque, alla pubblicazione originaria.

Nel caso che h_o/D sia maggiore di tale aliquota, la condizione di outlet control viene calcolata sulla base di un'equazione di bilancio energetico, assumendo come altezza

d'acqua allo sbocco h_o il maggiore tra i valori h_{wo} (altezza di tailwater) e $(D+h_c)/2$ (media tra l'altezza netta del tombino e l'altezza critica).

Si tratta di determinare l'energia totale necessaria per far transitare la portata di progetto attraverso il tombino, tenendo conto delle perdite di carico concentrate (all'imbocco ed allo sbocco) e di quelle distribuite (lungo la canna del tombino).

La quota di carico totale a monte del tombino z_{Ho} viene ricavata in base alle seguenti espressioni.

$$z_{Ho} = z_{wo} + v_o^2/2g + \Delta H$$

Poiché:

$$\Delta H = \Delta H_i + \Delta H_c + \Delta H_o$$

$$\Delta H_i = k_e (v^2/2g) \text{ (Perdita all'ingresso)}$$

$$\Delta H_o = (v^2 - v_o^2)/2g \text{ (Perdita allo sbocco)}$$

$$\Delta H_c = v^2 n^2 L/R^{4/3} \text{ (Perdita all'interno della canna)}$$

$$z_{Ho} = z_{wo} + v_o^2/2g + k_e (v^2/2g) + \Delta H_c + (v^2 - v_o^2)/2g = z_{wo} + (v^2/2g) [k_e + 2gn^2 L/R^{4/3} + 1]$$

Nel caso che h_o/D sia minore dell'aliquota indicata, la quota di carico totale z_{Ho} viene determinata attraverso il calcolo del profilo di moto permanente, assumendo come altezza d'acqua allo sbocco h_o l'altezza di tailwater h_{wo} ovvero l'altezza critica h_c .

Nel programma, il calcolo del profilo di moto permanente avviene attraverso procedimento passo-passo con risoluzione iterativa.

Per la determinazione del riempimento della sezione del tombino viene assunto il maggiore tra i due valori di altezza d'acqua che si verificano all'uscita ed all'entrata della canna, il valore all'uscita essendo h_o , quello all'entrata determinato a partire dal valore di carico totale z_{Ho} , tenuto conto del carico cinetico nel canale di monte e delle perdite di carico all'entrata ($z_{Ho} - v_m^2/2g - k_i v^2/2g$).

Tabella coefficienti di perdita all'imbocco K_e

Tipologia di condotta	Descrizione manufatto di protezione all'ingresso	Coefficiente di perdita all'imbocco K_e
Tubazione in cemento	tubo sporgente	0,5
	muro di testata e/o muro di testata e muri d'ala con testa finale del tubo squadrata / arrotondata con raggio pari a 1/12 del diametro	0,5 / 0,2
	muro di testa conformato alla pendenza del rilevato a fischietto	0,7
	sezione finale conformata alla pendenza del rilevato	0,5
	sezione finale con smussatura a 33,7° o 45°	0,2
Tubazione tipo armco sia cilindrica che ad arco	sporgente dal rilevato senza muri d'ala	0,9
	muro di testata o muro di testata con muri d'ala	0,7
	tubo conformato alla pendenza del rilevato a fischietto	0,5
	sezione finale con smussatura a 33,7° o 45°	0,2
Scatolare in c.a.	muro di testata parallelo al rilevato senza muri d'ala o con muri d'ala inclinati (a) sull'asse scorrimento acqua da 10° a 25° con testata a spigolo vivo	0,5
	muro di testata parallelo al rilevato senza muri d'ala o con muri d'ala inclinati (a) da 30° a 75°, con testate arrotondate con raggio pari a 1/12 dell'altezza	0,2
	muri d'ala inclinati (a) da 30° a 75°, aventi testate a spigolo vivo	0,4
	muri d'ala paralleli in avanti al muro di testata	0,7

Velocità allo sbocco

Per la determinazione della velocità allo sbocco, pari a:

$$v_o = Q/A_o$$

si tratta di definire l'area liquida allo sbocco A_o .

In caso di sbocco sommerso l'area liquida è pari all'area del tombino.

In caso di sbocco non sommerso si fa riferimento al criterio adottato dall'FHWA, assumendo come area liquida quella corrispondente al valore maggiore tra altezza critica ed altezza di tailwater.

3.2.2 Tabulati di verifica

Si riportano di seguito i tabulati di verifica, riportanti il tipo di regime che si instaura nel sistema, il grado di riempimento r della canna del tombino e tutti gli elementi idraulici al contorno.

Progetto <input type="text" value="ANAS - SS640 CL"/>	Intervento <input type="text" value="TOMBINO T1"/>	Compilato <input type="text"/>
Metodo <input type="text" value="FHWA inlet+outlet control"/>		Controllato <input type="text"/>
Bacino <input type="text" value="(km²)"/>		
Caratteristiche canale monte		
Sezione	<input type="text" value="rett. b=2.00 m"/>	
Pendenza	<input type="text" value="6.00 (‰)"/>	
n Manning	<input type="text" value="0.0180 (s/m<sup>1/3</sup>)"/>	
Caratteristiche canale valle		
Sezione	<input type="text"/>	
Pendenza	<input type="text" value="(‰)"/>	
n Manning	<input type="text" value="(s/m<sup>1/3</sup>)"/>	
Caratteristiche tombino		
Sezione	<input type="text" value="circ. diam. 1.50 m"/>	
Affondamento	<input type="text" value="0.00 (m)"/>	
Lunghezza	<input type="text" value="58.15 (m)"/>	
n Manning	<input type="text" value="0.0140 (s/m<sup>1/3</sup>)"/>	
Coef.imbocco	<input type="text" value="0.70 (-)"/>	

Q (m ³ /s)	Calcolo carico totale								Condizioni idrauliche risultanti				Tipo regime
	Inlet control		Outlet control						hwm (m)	vo (m/s)	r (-)		
	hwi (m)	zHi=zwi (m)	hwo (m)	dc (m)	(dc+D)/2	ho (m)	ΔH (m)	zHo (m)					
2.740	1.27	512.72	0.55	0.86	1.18	0.55	0.310	513.11	0.61	4.67	37 %	outlet control	

Legenda

Q : portata di progetto

hwi : altezza d'acqua in condizioni di inlet control

zHi = zwi : quota di carico totale in condizioni di inlet control (trascurata velocità d'approccio)

hwo : altezza d'acqua nel canale di valle

dc : altezza critica

D : altezza tombino (al netto dell'affondamento)

ho = max[hwo, (dc+D)/2] per hwo > 0.70 D
= hwo per hwo < 0.70 D

ΔH : perdita di carico globale (imbocco+canna+sbocco) + altezza cinetica allo sbocco

zHo : quota di carico totale in condizioni di outlet control

zH = max(zHi, zHo) : quota di carico totale di progetto

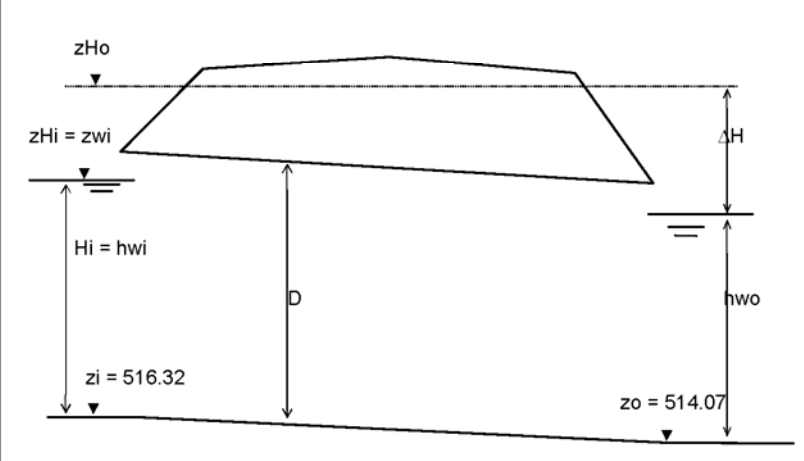
vo : velocità allo sbocco

hwm : altezza di moto uniforme nel canale di monte

r = h(zH)/D : riempimento della canna

Annotazioni

Tinycomp

Progetto ANAS - SS640 CL Metodo FHWA inlet+outlet control Bacino (km ²) Caratteristiche canale monte Sezione rett. b=2.00 m Pendenza 40.00 (‰) n Manning 0.0180 (s/m ^{1/3}) Caratteristiche canale valle Sezione rett. b=10.00 m Pendenza 5.20 (‰) n Manning 0.0180 (s/m ^{1/3}) Caratteristiche tombino Sezione rett. 3.00x1.50 m Affondamento 0.00 (m) Lunghezza 60.52 (m) n Manning 0.0140 (s/m ^{1/3}) Coef.imbocco 0.50 (-)	Intervento TOMBINO T2 	Compilato Controllato																																																																								
<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th rowspan="3">Q (m³/s)</th> <th colspan="8">Calcolo carico totale</th> <th colspan="4">Condizioni idrauliche risultanti</th> </tr> <tr> <th colspan="4">Inlet control</th> <th colspan="4">Outlet control</th> <th rowspan="2">hwm (m)</th> <th rowspan="2">vo (m/s)</th> <th rowspan="2">r (-)</th> <th rowspan="2">Tipo regime</th> </tr> <tr> <th>hwi (m)</th> <th>zHi=zwi (m)</th> <th>hwo (m)</th> <th>dc (m)</th> <th>$\frac{(dc+D)}{2}$</th> <th>ho (m)</th> <th>ΔH (m)</th> <th>zHo (m)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>4.590</td> <td>1.03</td> <td>517.35</td> <td>0.28</td> <td>0.62</td> <td>1.06</td> <td>0.62</td> <td>0.111</td> <td>517.25</td> <td>0.45</td> <td>2.47</td> <td>68 %</td> <td>inlet unsubmerged control</td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> </tbody> </table>			Q (m ³ /s)	Calcolo carico totale								Condizioni idrauliche risultanti				Inlet control				Outlet control				hwm (m)	vo (m/s)	r (-)	Tipo regime	hwi (m)	zHi=zwi (m)	hwo (m)	dc (m)	$\frac{(dc+D)}{2}$	ho (m)	ΔH (m)	zHo (m)	4.590	1.03	517.35	0.28	0.62	1.06	0.62	0.111	517.25	0.45	2.47	68 %	inlet unsubmerged control																										
Q (m ³ /s)	Calcolo carico totale								Condizioni idrauliche risultanti																																																																	
	Inlet control				Outlet control				hwm (m)	vo (m/s)	r (-)	Tipo regime																																																														
	hwi (m)	zHi=zwi (m)	hwo (m)	dc (m)	$\frac{(dc+D)}{2}$	ho (m)	ΔH (m)	zHo (m)																																																																		
4.590	1.03	517.35	0.28	0.62	1.06	0.62	0.111	517.25	0.45	2.47	68 %	inlet unsubmerged control																																																														
<p>Legenda</p> <p>Q : portata di progetto hwi : altezza d'acqua in condizioni di <i>inlet control</i> zHi = zwi : quota di carico totale in condizioni di <i>inlet control</i> (trascurata velocità d'approccio) hwo : altezza d'acqua nel canale di valle dc : altezza critica D : altezza tombino (al netto dell'affondamento)</p> <p>ho = max[hwo, (dc+D)/2] per hwo>0.70 D = hwo per hwo<0.70 D ΔH : perdita di carico globale (imbocco+canna+sbocco) + altezza cinetica allo sbocco zHo : quota di carico totale in condizioni di <i>outlet control</i> zH = max(zHi, zHo): quota di carico totale di progetto vo : velocità allo sbocco hwm : altezza di moto uniforme nel canale di monte r = h(zH)/D: riempimento della canna</p>																																																																										
<p>Annotazioni</p>																																																																										

Tinycomp

Progetto ANAS - SS640 CL	Intervento TOMBINO T3	Compilato <input type="text"/> Controllato <input type="text"/>
Metodo FHWA inlet+outlet control		
Bacino <input type="text"/> (km ²)		
Caratteristiche canale monte		
Sezione rett. b=2.00 m		
Pendenza 137.50 (‰)		
n Manning 0.0180 (s/m ^{1/3})		
Caratteristiche canale valle		
Sezione rett. b=10.00 m		
Pendenza 153.00 (‰)		
n Manning 0.0180 (s/m ^{1/3})		
Caratteristiche tombino		
Sezione rett. 1.50x1.50 m		
Affondamento 0.00 (m)		
Lunghezza 49.72 (m)		
n Manning 0.0140 (s/m ^{1/3})		
Coef.imbocco 0.50 (-)		

Q (m ³ /s)	Calcolo carico totale								Condizioni idrauliche risultanti			
	Inlet control				Outlet control				hwm (m)	vo (m/s)	r (-)	Tipo regime
	hwi (m)	zHi=zwi (m)	hwo (m)	dc (m)	(dc+D) 2	ho (m)	ΔH (m)	zHo (m)				
2.040	0.95	521.21	0.06	0.57	1.04	0.57	0.092	521.12	0.18	2.37	63 %	inlet unsubmerged control

Legenda	
Q : portata di progetto hwi : altezza d'acqua in condizioni di <i>inlet control</i> zHi = zwi : quota di carico totale in condizioni di <i>inlet control</i> (trascurata velocità d'approccio) hwo : altezza d'acqua nel canale di valle dc : altezza critica D : altezza tombino (al netto dell'affondamento)	$ho = \max[hwo, (dc+D)/2]$ per $hwo > 0.70 D$ $= hwo$ per $hwo < 0.70 D$ ΔH : perdita di carico globale (imbocco+canna+sbocco) + altezza cinetica allo sbocco zHo : quota di carico totale in condizioni di <i>outlet control</i> zH = max(zHi, zHo): quota di carico totale di progetto vo : velocità allo sbocco hwm : altezza di moto uniforme nel canale di monte $r = h(zH)/D$: riempimento della canna

Annotazioni

Tinycomp

Progetto <input type="text" value="ANAS - SS640 CL"/>	Intervento <input type="text" value="TOMBINO T4"/>	Compilato <input type="text"/>
		Controllato <input type="text"/>
Metodo <input type="text" value="FHWA inlet+outlet control"/>		
Bacino <input type="text" value="(km²)"/>		
Caratteristiche canale monte		
Sezione <input type="text" value="rett. b=2.00 m"/>		
Pendenza <input type="text" value="5.70 (‰)"/>		
n Manning <input type="text" value="0.0180 (s/m¹/³)"/>		
Caratteristiche canale valle		
Sezione <input type="text"/>		
Pendenza <input type="text" value="(‰)"/>		
n Manning <input type="text" value="(s/m¹/³)"/>		
Caratteristiche tombino		
Sezione <input type="text" value="circ. diam. 1.50 m"/>		
Affondamento <input type="text" value="0.00 (m)"/>		
Lunghezza <input type="text" value="31.53 (m)"/>		
n Manning <input type="text" value="0.0140 (s/m¹/³)"/>		
Coef.imbocco <input type="text" value="0.70 (-)"/>		

Q (m³/s)	Calcolo carico totale								Condizioni idrauliche risultanti			
	Inlet control				Outlet control				hwm (m)	vo (m/s)	r (-)	Tipo regime
	hwi (m)	zHi=zwi (m)	hwo (m)	dc (m)	(dc+D) 2	ho (m)	ΔH (m)	zHo (m)				
0.180	0.25	513.27	0.13	0.21	0.86	0.13	0.001	513.48	0.10	2.56	8 %	outlet control

Legenda

Q : portata di progetto
 hwi : altezza d'acqua in condizioni di inlet control
 zHi = zwi : quota di carico totale in condizioni di inlet control (trascurata velocità d'approccio)
 hwo : altezza d'acqua nel canale di valle
 dc : altezza critica
 D : altezza tombino (al netto dell'affondamento)

ho = max[hwo, (dc+D)/2] per hwo > 0.70 D
 = hwo per hwo < 0.70 D
 ΔH : perdita di carico globale (imbocco+canna+sbocco) + altezza cinetica allo sbocco
 zHo : quota di carico totale in condizioni di outlet control
 zH = max(zHi, zHo) : quota di carico totale di progetto
 vo : velocità allo sbocco
 hwm : altezza di moto uniforme nel canale di monte
 r = h(zH)/D : riempimento della canna

Annotazioni

Tinycomp

Progetto ANAS - SS640 CL	Intervento TOMBINO T5	Compilato <input type="text"/> Controllato <input type="text"/>
Metodo FHWA inlet+outlet control		
Bacino <input type="text"/> (km ²)		
Caratteristiche canale monte		
Sezione rett. b=10.00 m		
Pendenza 45.70 (°/∞)		
n Manning 0.0180 (s/m^{1/3})		
Caratteristiche canale valle		
Sezione rett. b=10.00 m		
Pendenza 45.70 (°/∞)		
n Manning 0.0180 (s/m^{1/3})		
Caratteristiche tombino		
Sezione rett. 2.00x2.00 m		
Affondamento 0.00 (m)		
Lunghezza 50.40 (m)		
n Manning 0.0140 (s/m^{1/3})		
Coef.imbocco 0.50 (-)		

Q (m ³ /s)	Calcolo carico totale								Condizioni idrauliche risultanti			
	Inlet control				Outlet control				hwm (m)	vo (m/s)	r (-)	Tipo regime
	hwi (m)	zHi=zwi (m)	hwo (m)	dc (m)	(dc+D) 2	ho (m)	ΔH (m)	zHo (m)				
4.550	1.33	498.32	0.14	0.81	1.40	0.81	0.131	498.20	0.14	2.82	66 %	<i>inlet unsubmerged control</i>

Legenda

Q : portata di progetto hwi : altezza d'acqua in condizioni di <i>inlet control</i> zHi = zwi : quota di carico totale in condizioni di <i>inlet control</i> (trascurata velocità d'approccio) hwo : altezza d'acqua nel canale di valle dc : altezza critica D : altezza tombino (al netto dell'affondamento)	$ho = \max[hwo, (dc+D)/2]$ per $hwo > 0.70 D$ $= hwo$ per $hwo < 0.70 D$ ΔH : perdita di carico globale (imbocco+canna+sbocco) + altezza cinetica allo sbocco zHo : quota di carico totale in condizioni di <i>outlet control</i> zH = max(zHi, zHo): quota di carico totale di progetto vo : velocità allo sbocco hwm : altezza di moto uniforme nel canale di monte r = h(zH)/D: riempimento della canna
---	---

Annotazioni

Progetto ANAS - SS640 CL	Intervento TOMBINO T6	Compilato <input type="text"/> Controllato <input type="text"/>
Metodo FHWA inlet+outlet control		
Bacino <input type="text"/> (km ²)		
Caratteristiche canale monte		
Sezione rett. b=2.00 m		
Pendenza 4.00 (‰)		
n Manning 0.0180 (s/m^{1/3})		
Caratteristiche canale valle		
Sezione <input type="text"/>		
Pendenza <input type="text"/> (‰)		
n Manning <input type="text"/> (s/m ^{1/3})		
Caratteristiche tombino		
Sezione circ. diam. 1.50 m		
Affondamento 0.00 (m)		
Lunghezza 59.15 (m)		
n Manning 0.0140 (s/m^{1/3})		
Coef.imbocco 0.70 (-)		

Q (m ³ /s)	Calcolo carico totale								Condizioni idrauliche risultanti			
	Inlet control				Outlet control				hwm (m)	vo (m/s)	r (-)	Tipo regime
	hwi (m)	zHi=zwi (m)	hwo (m)	dc (m)	(dc+D) 2	ho (m)	ΔH (m)	zHo (m)				
1.230	0.72	489.40	0.11	0.56	1.03	0.11	0.063	512.31	0.40	21.40	7 %	outlet control

Legenda

Q : portata di progetto
 hwi : altezza d'acqua in condizioni di *inlet control*
 zHi = zwi : quota di carico totale in condizioni di *inlet control* (trascurata velocità d'approccio)
 hwo : altezza d'acqua nel canale di valle
 dc : altezza critica
 D : altezza tombino (al netto dell'affondamento)

ho = max[hwo, (dc+D)/2] per hwo>0.70 D
 = hwo per hwo<0.70 D
 ΔH : perdita di carico globale (imbocco+canna+sbocco) + altezza cinetica allo sbocco
 zHo : quota di carico totale in condizioni di *outlet control*
 zH = max(zHi, zHo) : quota di carico totale di progetto
 vo : velocità allo sbocco
 hwm : altezza di moto uniforme nel canale di monte
 r = h(zH)/D : riempimento della canna

Annotazioni

Tinycomp

Progetto ANAS - SS640 CL	Intervento TOMBINO T7	Compilato <input type="text"/> Controllato <input type="text"/>
Metodo FHWA inlet+outlet control		
Bacino <input type="text"/> (km ²)		
Caratteristiche canale monte		
Sezione rett. b=2.00 m		
Pendenza 13.70 (‰)		
n Manning 0.0180 (s/m^{1/3})		
Caratteristiche canale valle		
Sezione rett. b=2.00 m		
Pendenza 13.70 (‰)		
n Manning 0.0180 (s/m^{1/3})		
Caratteristiche tombino		
Sezione circ. diam. 1.50 m		
Affondamento 0.00 (m)		
Lunghezza 47.53 (m)		
n Manning 0.0140 (s/m^{1/3})		
Coef.imbocco 0.70 (-)		

Q (m ³ /s)	Calcolo carico totale								Condizioni idrauliche risultanti			
	Inlet control				Outlet control				hwm (m)	vo (m/s)	r (-)	Tipo regime
	hwi (m)	zHi=zwi (m)	hwo (m)	dc (m)	(dc+D) 2	ho (m)	ΔH (m)	zHo (m)				
0.860	0.63	484.45	0.21	0.47	0.98	0.21	0.029	485.67	0.21	5.65	14 %	outlet control

Legenda

Q : portata di progetto
 hwi : altezza d'acqua in condizioni di *inlet control*
 zHi = zwi : quota di carico totale in condizioni di *inlet control* (trascurata velocità d'approccio)
 hwo : altezza d'acqua nel canale di valle
 dc : altezza critica
 D : altezza tombino (al netto dell'affondamento)

ho = max[hwo, (dc+D)/2] per hwo > 0.70 D
 = hwo per hwo < 0.70 D
 ΔH : perdita di carico globale (imbocco+canna+sbocco) + altezza cinetica allo sbocco
 zHo : quota di carico totale in condizioni di *outlet control*
 zH = max(zHi, zHo) : quota di carico totale di progetto
 vo : velocità allo sbocco
 hwm : altezza di moto uniforme nel canale di monte
 r = h(zH)/D : riempimento della canna

Annotazioni

Progetto ANAS - SS640 CL	Intervento TOMBINO T8	Compilato <input type="text"/>
Metodo FHWA inlet+outlet control		Controllato <input type="text"/>
Bacino <input type="text"/> (km ²)		
Caratteristiche canale monte		
Sezione	rett. b=2.00 m	
Pendenza	1.00 (‰)	
n Manning	0.0180 (s/m ^{1/3})	
Caratteristiche canale valle		
Sezione	rett. b=2.00 m	
Pendenza	117.60 (‰)	
n Manning	0.0180 (s/m ^{1/3})	
Caratteristiche tombino		
Sezione	rett. 1.50x1.50 m	
Affondamento	0.00 (m)	
Lunghezza	44.29 (m)	
n Manning	0.0140 (s/m ^{1/3})	
Coef.imbocco	0.70 (-)	

Q (m ³ /s)	Calcolo carico totale								Condizioni idrauliche risultanti				Tipo regime
	Inlet control				Outlet control				hwm (m)	vo (m/s)	r (-)		
	hwi (m)	zHi=zwi (m)	hwo (m)	dc (m)	(dc+D)/2	ho (m)	ΔH (m)	zHo (m)					
1.020	0.59	480.80	0.12	0.36	0.93	0.36	0.024	480.75	0.57	1.88	39 %	inlet unsubmerged control	

Legenda

Q : portata di progetto

hwi : altezza d'acqua in condizioni di inlet control

zHi = zwi : quota di carico totale in condizioni di inlet control (trascurata velocità d'approccio)

hwo : altezza d'acqua nel canale di valle

dc : altezza critica

D : altezza tombino (al netto dell'affondamento)

ho = max[hwo, (dc+D)/2] per hwo > 0.70 D
= hwo per hwo < 0.70 D

ΔH : perdita di carico globale (imbocco+canna+sbocco) + altezza cinetica allo sbocco

zHo : quota di carico totale in condizioni di outlet control

zH = max(zHi, zHo): quota di carico totale di progetto

vo : velocità allo sbocco

hwm : altezza di moto uniforme nel canale di monte

r = h(zH)/D: riempimento della canna

Annotazioni

Tinycomp

Progetto ANAS - SS640 CL	Intervento TOMBINO T9	Compilato <input type="text"/> Controllato <input type="text"/>
Metodo FHWA inlet+outlet control		
Bacino <input type="text"/> (km ²)		
Caratteristiche canale monte		
Sezione rett. b=2.00 m		
Pendenza 1.00 (‰)		
n Manning 0.0180 (s/m^{1/3})		
Caratteristiche canale valle		
Sezione rett. b=2.00 m		
Pendenza 115.00 (‰)		
n Manning 0.0180 (s/m^{1/3})		
Caratteristiche tombino		
Sezione rett. 1.50x1.50 m		
Affondamento 0.00 (m)		
Lunghezza 95.20 (m)		
n Manning 0.0140 (s/m^{1/3})		
Coef.imbocco 0.50 (-)		

Q (m ³ /s)	Calcolo carico totale								Condizioni idrauliche risultanti				Tipo regime
	Inlet control				Outlet control				hwm (m)	vo (m/s)	r (-)		
	hwi (m)	zHi=zwi (m)	hwo (m)	dc (m)	(dc+D) 2	ho (m)	ΔH (m)	zHo (m)					
1.150	0.66	475.87	0.13	0.39	0.95	0.39	0.038	475.80	0.62	1.96	44 %	<i>inlet unsubmerged control</i>	

Legenda

Q : portata di progetto
 hwi : altezza d'acqua in condizioni di *inlet control*
 zHi = zwi : quota di carico totale in condizioni di *inlet control* (trascurata velocità d'approccio)
 hwo : altezza d'acqua nel canale di valle
 dc : altezza critica
 D : altezza tombino (al netto dell'affondamento)

ho = max[hwo, (dc+D)/2] per hwo > 0.70 D
 = hwo per hwo < 0.70 D
 ΔH : perdita di carico globale (imbocco+canna+sbocco) + altezza cinetica allo sbocco
 zHo : quota di carico totale in condizioni di *outlet control*
 zH = max(zHi, zHo) : quota di carico totale di progetto
 vo : velocità allo sbocco
 hwm : altezza di moto uniforme nel canale di monte
 r = h(zH)/D : riempimento della canna

Annotazioni

Progetto ANAS - SS640 CL	Intervento TOMBINO T10	Compilato <input type="text"/> Controllato <input type="text"/>
Metodo FHWA inlet+outlet control		
Bacino <input type="text"/> (km ²)		
Caratteristiche canale monte		
Sezione rett. b=2.00 m		
Pendenza 1.00 (‰)		
n Manning 0.0180 (s/m^{1/3})		
Caratteristiche canale valle		
Sezione rett. b=2.00 m		
Pendenza 97.00 (‰)		
n Manning 0.0180 (s/m^{1/3})		
Caratteristiche tombino		
Sezione circ. diam. 1.50 m		
Affondamento 0.00 (m)		
Lunghezza 31.21 (m)		
n Manning 0.0140 (s/m^{1/3})		
Coef.imbocco 0.70 (-)		

Q (m ³ /s)	Calcolo carico totale								Condizioni idrauliche risultanti			
	Inlet control		Outlet control						hwm (m)	vo (m/s)	r (-)	Tipo regime
	hwi (m)	zHi=zwi (m)	hwo (m)	dc (m)	(dc+D) 2	ho (m)	ΔH (m)	zHo (m)				
0.840	0.61	447.09	0.11	0.46	0.98	0.11	0.025	456.69	0.50	14.03	7 %	outlet control

Legenda

Q : portata di progetto
 hwi : altezza d'acqua in condizioni di *inlet control*
 zHi = zwi : quota di carico totale in condizioni di *inlet control* (trascurata velocità d'approccio)
 hwo : altezza d'acqua nel canale di valle
 dc : altezza critica
 D : altezza tombino (al netto dell'affondamento)

ho = max[hwo, (dc+D)/2] per hwo > 0.70 D
 = hwo per hwo < 0.70 D
 ΔH : perdita di carico globale (imbocco+canna+sbocco) + altezza cinetica allo sbocco
 zHo : quota di carico totale in condizioni di *outlet control*
 zH = max(zHi, zHo) : quota di carico totale di progetto
 vo : velocità allo sbocco
 hwm : altezza di moto uniforme nel canale di monte
 r = h(zH)/D : riempimento della canna

Annotazioni

Progetto ANAS - SS640 CL	Intervento TOMBINO T11	Compilato <input type="text"/> Controllato <input type="text"/>
Metodo FHWA inlet+outlet control		
Bacino <input type="text"/> (km ²)		
Caratteristiche canale monte		
Sezione rett. b=2.00 m		
Pendenza 1.00 (‰)		
n Manning 0.0180 (s/m^{1/3})		
Caratteristiche canale valle		
Sezione rett. b=2.00 m		
Pendenza 182.00 (‰)		
n Manning 0.0180 (s/m^{1/3})		
Caratteristiche tombino		
Sezione circ. diam. 1.50 m		
Affondamento 0.00 (m)		
Lunghezza 51.47 (m)		
n Manning 0.0140 (s/m^{1/3})		
Coef.imbocco 0.70 (-)		

Q (m ³ /s)	Calcolo carico totale								Condizioni idrauliche risultanti				Tipo regime
	Inlet control				Outlet control				hwm (m)	vo (m/s)	r (-)		
	hwi (m)	zHi=zwi (m)	hwo (m)	dc (m)	(dc+D) 2	ho (m)	ΔH (m)	zHo (m)					
0.610	0.50	447.81	0.08	0.39	0.95	0.08	0.015	464.62	0.40	18.26	5 %	outlet control	

Legenda

Q : portata di progetto
 hwi : altezza d'acqua in condizioni di *inlet control*
 zHi = zwi : quota di carico totale in condizioni di *inlet control* (trascurata velocità d'approccio)
 hwo : altezza d'acqua nel canale di valle
 dc : altezza critica
 D : altezza tombino (al netto dell'affondamento)

ho = max[hwo, (dc+D)/2] per hwo > 0.70 D
 = hwo per hwo < 0.70 D
 ΔH : perdita di carico globale (imbocco+canna+sbocco) + altezza cinetica allo sbocco
 zHo : quota di carico totale in condizioni di *outlet control*
 zH = max(zHi, zHo) : quota di carico totale di progetto
 vo : velocità allo sbocco
 hwm : altezza di moto uniforme nel canale di monte
 r = h(zH)/D : riempimento della canna

Annotazioni

Progetto ANAS - SS640 CL	Intervento TOMBINO T12	Compilato <input type="text"/> Controllato <input type="text"/>
Metodo FHWA inlet+outlet control		
Bacino <input type="text"/> (km ²)		
Caratteristiche canale monte		
Sezione rett. b=2.00 m		
Pendenza 1.00 (‰)		
n Manning 0.0180 (s/m^{1/3})		
Caratteristiche canale valle		
Sezione rett. b=2.00 m		
Pendenza 15.70 (‰)		
n Manning 0.0157 (s/m^{1/3})		
Caratteristiche tombino		
Sezione circ. diam. 1.50 m		
Affondamento 0.00 (m)		
Lunghezza 44.64 (m)		
n Manning 0.0140 (s/m^{1/3})		
Coef.imbocco 0.70 (-)		

Q (m ³ /s)	Calcolo carico totale								Condizioni idrauliche risultanti			
	Inlet control				Outlet control				hwm (m)	vo (m/s)	r (-)	Tipo regime
	hwi (m)	zHi=zwi (m)	hwo (m)	dc (m)	(dc+D) 2	ho (m)	ΔH (m)	zHo (m)				
0.240	0.32	446.61	0.08	0.24	0.87	0.08	0.002	448.38	0.22	6.23	6 %	outlet control

Legenda

Q : portata di progetto
 hwi : altezza d'acqua in condizioni di *inlet control*
 zHi = zwi : quota di carico totale in condizioni di *inlet control* (trascurata velocità d'approccio)
 hwo : altezza d'acqua nel canale di valle
 dc : altezza critica
 D : altezza tombino (al netto dell'affondamento)

ho = max[hwo, (dc+D)/2] per hwo > 0.70 D
 = hwo per hwo < 0.70 D
 ΔH : perdita di carico globale (imbocco+canna+sbocco) + altezza cinetica allo sbocco
 zHo : quota di carico totale in condizioni di *outlet control*
 zH = max(zHi, zHo) : quota di carico totale di progetto
 vo : velocità allo sbocco
 hwm : altezza di moto uniforme nel canale di monte
 r = h(zH)/D : riempimento della canna

Annotazioni

Tinycomp

Progetto ANAS - SS640 CL	Intervento TOMBINO T13	Compilato <input type="text"/> Controllato <input type="text"/>
Metodo FHWA inlet+outlet control		
Bacino <input type="text"/> (km ²)		
Caratteristiche canale monte		
Sezione rett. b=2.00 m		
Pendenza 9.50 (‰)		
n Manning 0.0150 (s/m^{1/3})		
Caratteristiche canale valle		
Sezione rett. b=2.00 m		
Pendenza 9.50 (‰)		
n Manning 0.0150 (s/m^{1/3})		
Caratteristiche tombino		
Sezione rett. 1.50x1.50 m		
Affondamento 0.00 (m)		
Lunghezza 46.92 (m)		
n Manning 0.0140 (s/m^{1/3})		
Coef.imbocco 0.40 (-)		

Q (m ³ /s)	Calcolo carico totale								Condizioni idrauliche risultanti			
	Inlet control				Outlet control				hwm (m)	vo (m/s)	r (-)	Tipo regime
	hwi (m)	zHi=zwi (m)	hwo (m)	dc (m)	(dc+D) 2	ho (m)	ΔH (m)	zHo (m)				
1.940	0.93	437.66	0.36	0.55	1.03	0.55	0.078	437.56	0.36	2.33	62 %	<i>inlet unsubmerged control</i>

Legenda

Q : portata di progetto hwi : altezza d'acqua in condizioni di <i>inlet control</i> zHi = zwi : quota di carico totale in condizioni di <i>inlet control</i> (trascurata velocità d'approccio) hwo : altezza d'acqua nel canale di valle dc : altezza critica D : altezza tombino (al netto dell'affondamento)	$ho = \max[hwo, (dc+D)/2]$ per $hwo > 0.70 D$ $= hwo$ per $hwo < 0.70 D$ ΔH : perdita di carico globale (imbocco+canna+sbocco) + altezza cinetica allo sbocco zHo : quota di carico totale in condizioni di <i>outlet control</i> zH = max(zHi, zHo): quota di carico totale di progetto vo : velocità allo sbocco hwm : altezza di moto uniforme nel canale di monte r = h(zH)/D: riempimento della canna
---	---

Annotazioni

Progetto ANAS - SS640 CL	Intervento TOMBINO T14	Compilato <input type="text"/> Controllato <input type="text"/>
Metodo FHWA inlet+outlet control		
Bacino <input type="text"/> (km ²)		
Caratteristiche canale monte		
Sezione rett. b=6.00 m		
Pendenza 122.00 (°/∞)		
n Manning 0.0150 (s/m^{1/3})		
Caratteristiche canale valle		
Sezione rett. b=6.00 m		
Pendenza 11.00 (°/∞)		
n Manning 0.0150 (s/m^{1/3})		
Caratteristiche tombino		
Sezione rett. 4.00x2.00 m		
Affondamento 0.00 (m)		
Lunghezza 52.39 (m)		
n Manning 0.0140 (s/m^{1/3})		
Coef.imbocco 0.40 (-)		

Q (m ³ /s)	Calcolo carico totale								Condizioni idrauliche risultanti			
	Inlet control				Outlet control				hwm (m)	vo (m/s)	r (-)	Tipo regime
	hwi (m)	zHi=zwi (m)	hwo (m)	dc (m)	(dc+D) 2	ho (m)	ΔH (m)	zHo (m)				
23.150	2.67	429.05	0.77	1.51	1.75	0.77	0.745	430.05	0.36	7.55	38 %	outlet control

Legenda

Q : portata di progetto
 hwi : altezza d'acqua in condizioni di *inlet control*
 zHi = zwi : quota di carico totale in condizioni di *inlet control* (trascurata velocità d'approccio)
 hwo : altezza d'acqua nel canale di valle
 dc : altezza critica
 D : altezza tombino (al netto dell'affondamento)

ho = max[hwo, (dc+D)/2] per hwo>0.70 D
 = hwo per hwo<0.70 D
 ΔH : perdita di carico globale (imbocco+canna+sbocco) + altezza cinetica allo sbocco
 zHo : quota di carico totale in condizioni di *outlet control*
 zH = max(zHi, zHo): quota di carico totale di progetto
 vo : velocità allo sbocco
 hwm : altezza di moto uniforme nel canale di monte
 r = h(zH)/D: riempimento della canna

Annotazioni

Tinycomp

Progetto ANAS - SS640 CL	Intervento TOMBINO T15	Compilato <input type="text"/> Controllato <input type="text"/>																																																																																										
Metodo FHWA inlet+outlet control																																																																																												
Bacino <input type="text"/> (km ²)																																																																																												
Caratteristiche canale monte Sezione rett. b=12.00 m Pendenza 167.00 (‰) n Manning 0.0150 (s/m ^{1/3})																																																																																												
Caratteristiche canale valle Sezione rett. b=12.00 m Pendenza 81.70 (‰) n Manning 0.0150 (s/m ^{1/3})																																																																																												
Caratteristiche tombino Sezione rett. 1.50x1.50 m Affondamento 0.00 (m) Lunghezza 43.61 (m) n Manning 0.0140 (s/m ^{1/5}) Coef.imbocco 0.40 (-)																																																																																												
<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Q (m³/s)</th> <th colspan="8">Calcolo carico totale</th> <th colspan="4">Condizioni idrauliche risultanti</th> </tr> <tr> <th colspan="2">Inlet control</th> <th colspan="6">Outlet control</th> <th colspan="4"></th> </tr> <tr> <th></th> <th>hwi (m)</th> <th>zHi=zwi (m)</th> <th>hwo (m)</th> <th>dc (m)</th> <th>(dc+D) 2</th> <th>ho (m)</th> <th>ΔH (m)</th> <th>zHo (m)</th> <th>hwm (m)</th> <th>vo (m/s)</th> <th>r (-)</th> <th>Tipo regime</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>2.340</td> <td>1.05</td> <td>426.16</td> <td>0.06</td> <td>0.63</td> <td>1.06</td> <td>0.63</td> <td>0.111</td> <td>426.05</td> <td>0.05</td> <td>2.48</td> <td>70 %</td> <td>inlet unsubmerged control</td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> </tbody> </table>			Q (m ³ /s)	Calcolo carico totale								Condizioni idrauliche risultanti				Inlet control		Outlet control											hwi (m)	zHi=zwi (m)	hwo (m)	dc (m)	(dc+D) 2	ho (m)	ΔH (m)	zHo (m)	hwm (m)	vo (m/s)	r (-)	Tipo regime	2.340	1.05	426.16	0.06	0.63	1.06	0.63	0.111	426.05	0.05	2.48	70 %	inlet unsubmerged control																																							
Q (m ³ /s)	Calcolo carico totale								Condizioni idrauliche risultanti																																																																																			
	Inlet control		Outlet control																																																																																									
	hwi (m)	zHi=zwi (m)	hwo (m)	dc (m)	(dc+D) 2	ho (m)	ΔH (m)	zHo (m)	hwm (m)	vo (m/s)	r (-)	Tipo regime																																																																																
2.340	1.05	426.16	0.06	0.63	1.06	0.63	0.111	426.05	0.05	2.48	70 %	inlet unsubmerged control																																																																																
Legenda Q : portata di progetto hwi : altezza d'acqua in condizioni di inlet control zHi = zwi : quota di carico totale in condizioni di inlet control (trascurata velocità d'approccio) hwo : altezza d'acqua nel canale di valle dc : altezza critica D : altezza tombino (al netto dell'affondamento) ho = max[hwo, (dc+D)/2] per hwo>0.70 D = hwo per hwo<0.70 D ΔH : perdita di carico globale (imbocco+canna+sbocco) + altezza cinetica allo sbocco zHo : quota di carico totale in condizioni di outlet control zH = max(zHi, zHo): quota di carico totale di progetto vo : velocità allo sbocco hwm : altezza di moto uniforme nel canale di monte r = h(zH)/D: riempimento della canna																																																																																												
Annotazioni <input style="width:100%;" type="text"/>																																																																																												

Tinycomp

Progetto ANAS - SS640 CL	Intervento TOMBINO T16	Compilato <input type="text"/> Controllato <input type="text"/>
Metodo FHWA inlet+outlet control		
Bacino <input type="text"/> (km ²)		
Caratteristiche canale monte		
Sezione rett. b=6.00 m		
Pendenza 1.00 (‰)		
n Manning 0.0150 (s/m ^{1/3})		
Caratteristiche canale valle		
Sezione rett. b=12.00 m		
Pendenza 60.00 (‰)		
n Manning 0.0150 (s/m ^{1/3})		
Caratteristiche tombino		
Sezione rett. 4.00x2.00 m		
Affondamento 0.00 (m)		
Lunghezza 43.12 (m)		
n Manning 0.0140 (s/m ^{1/5})		
Coef.imbocco 0.35 (-)		

Q (m ³ /s)	Calcolo carico totale								Condizioni idrauliche risultanti			
	Inlet control				Outlet control				hwm (m)	vo (m/s)	r (-)	Tipo regime
	hwi (m)	zHi=zwi (m)	hwo (m)	dc (m)	(dc+D) 2	ho (m)	ΔH (m)	zHo (m)				
9.670	1.41	425.24	0.17	0.84	1.42	0.84	0.122	425.09	0.95	2.87	71 %	inlet unsubmerged control

Legenda

Q : portata di progetto hwi : altezza d'acqua in condizioni di inlet control zHi = zwi : quota di carico totale in condizioni di inlet control (trascurata velocità d'approccio) hwo : altezza d'acqua nel canale di valle dc : altezza critica D : altezza tombino (al netto dell'affondamento)	$ho = \max[hwo, (dc+D)/2]$ per $hwo > 0.70 D$ $= hwo$ per $hwo < 0.70 D$ ΔH : perdita di carico globale (imbocco+canna+sbocco) + altezza cinetica allo sbocco zHo : quota di carico totale in condizioni di outlet control $zH = \max(zHi, zHo)$: quota di carico totale di progetto vo : velocità allo sbocco hwm : altezza di moto uniforme nel canale di monte $r = h(zH)/D$: riempimento della canna
---	---

Annotazioni

Progetto ANAS - SS640 CL	Intervento TOMBINO T17	Compilato <input type="text"/> Controllato <input type="text"/>																																																																																																													
Metodo FHWA inlet+outlet control																																																																																																															
Bacino (km ²) <input type="text"/>																																																																																																															
Caratteristiche canale monte Sezione rett. b=6.00 m Pendenza 33.00 (‰) n Manning 0.0150 (s/m ^{1/3})																																																																																																															
Caratteristiche canale valle Sezione rett. b=10.00 m Pendenza 5.90 (‰) n Manning 0.0150 (s/m ^{1/3})																																																																																																															
Caratteristiche tombino Sezione rett. 4.00x2.00 m Affondamento 0.00 (m) Lunghezza 56.76 (m) n Manning 0.0140 (s/m ^{1/5}) Coef.imbocco 0.35 (-)																																																																																																															
<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Q (m³/s)</th> <th colspan="8">Calcolo carico totale</th> <th colspan="4">Condizioni idrauliche risultanti</th> </tr> <tr> <th colspan="3">Inlet control</th> <th colspan="5">Outlet control</th> <th colspan="4"></th> </tr> <tr> <th></th> <th>hwi (m)</th> <th>zHi=zwi (m)</th> <th>hwo (m)</th> <th>dc (m)</th> <th>(dc+D) 2</th> <th>ho (m)</th> <th>ΔH (m)</th> <th>zHo (m)</th> <th>hwm (m)</th> <th>vo (m/s)</th> <th>r (-)</th> <th colspan="2">Tipo regime</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>9.910</td> <td>1.43</td> <td>431.37</td> <td>0.38</td> <td>0.86</td> <td>1.43</td> <td>0.86</td> <td>0.135</td> <td>431.22</td> <td>0.31</td> <td>2.90</td> <td>71 %</td> <td colspan="2">inlet unsubmerged control</td> </tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> </tbody> </table>			Q (m ³ /s)	Calcolo carico totale								Condizioni idrauliche risultanti				Inlet control			Outlet control										hwi (m)	zHi=zwi (m)	hwo (m)	dc (m)	(dc+D) 2	ho (m)	ΔH (m)	zHo (m)	hwm (m)	vo (m/s)	r (-)	Tipo regime		9.910	1.43	431.37	0.38	0.86	1.43	0.86	0.135	431.22	0.31	2.90	71 %	inlet unsubmerged control																																																									
Q (m ³ /s)	Calcolo carico totale								Condizioni idrauliche risultanti																																																																																																						
	Inlet control			Outlet control																																																																																																											
	hwi (m)	zHi=zwi (m)	hwo (m)	dc (m)	(dc+D) 2	ho (m)	ΔH (m)	zHo (m)	hwm (m)	vo (m/s)	r (-)	Tipo regime																																																																																																			
9.910	1.43	431.37	0.38	0.86	1.43	0.86	0.135	431.22	0.31	2.90	71 %	inlet unsubmerged control																																																																																																			
Legenda Q : portata di progetto hwi : altezza d'acqua in condizioni di inlet control zHi = zwi : quota di carico totale in condizioni di inlet control (trascurata velocità d'approccio) hwo : altezza d'acqua nel canale di valle dc : altezza critica D : altezza tombino (al netto dell'affondamento) ho = max[hwo, (dc+D)/2] per hwo>0.70 D = hwo per hwo<0.70 D ΔH : perdita di carico globale (imbocco+canna+sbocco) + altezza cinetica allo sbocco zHo : quota di carico totale in condizioni di outlet control zH = max(zHi, zHo): quota di carico totale di progetto vo : velocità allo sbocco hwm : altezza di moto uniforme nel canale di monte r = h(zH)/D: riempimento della canna																																																																																																															
Annotazioni <input style="width:100%;" type="text"/>																																																																																																															

Tinycomp

Progetto ANAS - SS640 CL	Intervento TOMBINO T18	Compilato <input type="text"/>
		Controllato <input type="text"/>
Metodo FHWA inlet+outlet control		
Bacino <input type="text"/> (km ²)		
Caratteristiche canale monte		
Sezione rett. b=12.00 m		
Pendenza 0.35 (‰)		
n Manning 0.0150 (s/m ^{1/3})		
Caratteristiche canale valle		
Sezione rett. b=3.00 m		
Pendenza 36.00 (‰)		
n Manning 0.0150 (s/m ^{1/3})		
Caratteristiche tombino		
Sezione rett. 3.00x3.00 m		
Affondamento 0.00 (m)		
Lunghezza 57.96 (m)		
n Manning 0.0140 (s/m ^{1/5})		
Coef.imbocco 0.35 (-)		

Q (m ³ /s)	Calcolo carico totale								Condizioni idrauliche risultanti			
	Inlet control			Outlet control								
	hwi (m)	zHi=zwi (m)	hwo (m)	dc (m)	(dc+D) 2	ho (m)	ΔH (m)	zHo (m)	hwm (m)	vo (m/s)	r (-)	Tipo regime
53.430	6.97	423.89	1.65	3.19	3.09	1.65	3.013	424.49	2.46	10.78	55 %	outlet control

Legenda

Q : portata di progetto
hwi : altezza d'acqua in condizioni di inlet control
zHi = zwi : quota di carico totale in condizioni di inlet control (trascurata velocità d'approccio)
hwo : altezza d'acqua nel canale di valle
dc : altezza critica
D : altezza tombino (al netto dell'affondamento)

ho = max[hwo, (dc+D)/2] per hwo>0.70 D
= hwo per hwo<0.70 D
ΔH : perdita di carico globale (imbocco+canna+sbocco) + altezza cinetica allo sbocco
zHo : quota di carico totale in condizioni di outlet control
zH = max(zHi, zHo): quota di carico totale di progetto
vo : velocità allo sbocco
hwm : altezza di moto uniforme nel canale di monte
r = h(zH)/D: riempimento della canna

Annotazioni

Tinycomp

Progetto ANAS - SS640 CL	Intervento TOMBINO T19	Compilato <input type="text"/>
		Controllato <input type="text"/>
Metodo FHWA inlet+outlet control		
Bacino <input type="text"/> (km ²)		
Caratteristiche canale monte		
Sezione rett. b=3.00 m		
Pendenza 32.00 (‰)		
n Manning 0.0150 (s/m ^{1/3})		
Caratteristiche canale valle		
Sezione rett. b=3.00 m		
Pendenza 35.00 (‰)		
n Manning 0.0150 (s/m ^{1/3})		
Caratteristiche tombino		
Sezione rett. 3.00x3.00 m		
Affondamento 0.00 (m)		
Lunghezza 40.74 (m)		
n Manning 0.0140 (s/m ^{1/5})		
Coef.imbocco 0.35 (-)		

Q (m ³ /s)	Calcolo carico totale								Condizioni idrauliche risultanti			
	Inlet control		Outlet control									
	hwi (m)	zHi=zwi (m)	hwo (m)	dc (m)	(dc+D) 2	ho (m)	ΔH (m)	zHo (m)	hwm (m)	vo (m/s)	r (-)	Tipo regime
25.850	3.29	420.25	0.98	1.96	2.48	0.98	0.664	421.89	1.01	8.80	33 %	outlet control

Legenda

Q : portata di progetto
 hwi : altezza d'acqua in condizioni di inlet control
 zHi = zwi : quota di carico totale in condizioni di inlet control (trascurata velocità d'approccio)
 hwo : altezza d'acqua nel canale di valle
 dc : altezza critica
 D : altezza tombino (al netto dell'affondamento)

ho = max[hwo, (dc+D)/2] per hwo > 0.70 D
 = hwo per hwo < 0.70 D
 ΔH : perdita di carico globale (imbocco+canna+sbocco) + altezza cinetica allo sbocco
 zHo : quota di carico totale in condizioni di outlet control
 zH = max(zHi, zHo): quota di carico totale di progetto
 vo : velocità allo sbocco
 hwm : altezza di moto uniforme nel canale di monte
 r = h(zH)/D: riempimento della canna

Annotazioni

Tinycomp

Progetto ANAS - SS640 CL	Intervento TOMBINO T20	Compilato <input type="text"/> Controllato <input type="text"/>
Metodo FHWA inlet+outlet control		
Bacino <input type="text"/> (km ²)		
Caratteristiche canale monte		
Sezione rett. b=2.00 m		
Pendenza 1.00 (‰)		
n Manning 0.0150 (s/m^{1/3})		
Caratteristiche canale valle		
Sezione rett. b=2.00 m		
Pendenza 153.00 (‰)		
n Manning 0.0150 (s/m^{1/3})		
Caratteristiche tombino		
Sezione circ. diam. 1.50 m		
Affondamento 0.00 (m)		
Lunghezza 42.93 (m)		
n Manning 0.0140 (s/m^{1/3})		
Coef.imbocco 0.70 (-)		

Q (m ³ /s)	Calcolo carico totale								Condizioni idrauliche risultanti				Tipo regime
	Inlet control		Outlet control						hwm (m)	vo (m/s)	r (-)		
	hwi (m)	zHi=zwi (m)	hwo (m)	dc (m)	(dc+D) 2	ho (m)	ΔH (m)	zHo (m)					
0.310	0.33	428.43	0.05	0.28	0.89	0.05	0.004	446.62	0.23	18.76	3 %	outlet control	

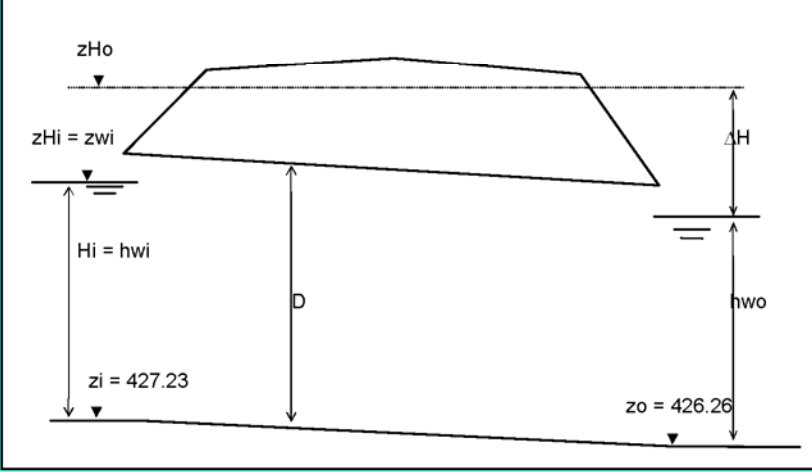
Legenda

Q : portata di progetto
 hwi : altezza d'acqua in condizioni di *inlet control*
 zHi = zwi : quota di carico totale in condizioni di *inlet control* (trascurata velocità d'approccio)
 hwo : altezza d'acqua nel canale di valle
 dc : altezza critica
 D : altezza tombino (al netto dell'affondamento)

ho = max[hwo, (dc+D)/2] per hwo > 0.70 D
 = hwo per hwo < 0.70 D
 ΔH : perdita di carico globale (imbocco+canna+sbocco) + altezza cinetica allo sbocco
 zHo : quota di carico totale in condizioni di *outlet control*
 zH = max(zHi, zHo) : quota di carico totale di progetto
 vo : velocità allo sbocco
 hwm : altezza di moto uniforme nel canale di monte
 r = h(zH)/D : riempimento della canna

Annotazioni

Tinycomp

Progetto ANAS - SS640 CL	Intervento TOMBINO T21	Compilato <input type="text"/> Controllato <input type="text"/>																																																																																																						
Metodo FHWA inlet+outlet control																																																																																																								
Bacino <input type="text"/> (km ²)																																																																																																								
Caratteristiche canale monte Sezione rett. b=1.50 m Pendenza 144.00 (‰) n Manning 0.0150 (s/m ^{1/3})																																																																																																								
Caratteristiche canale valle Sezione rett. b=1.50 m Pendenza 58.00 (‰) n Manning 0.0150 (s/m ^{1/3})																																																																																																								
Caratteristiche tombino Sezione rett. 2.00x2.00 m Affondamento 0.00 (m) Lunghezza 50.74 (m) n Manning 0.0140 (s/m ^{1/5}) Coef.imbocco 0.70 (-)																																																																																																								
<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th rowspan="3">Q (m³/s)</th> <th colspan="8">Calcolo carico totale</th> <th colspan="4">Condizioni idrauliche risultanti</th> </tr> <tr> <th colspan="2">Inlet control</th> <th colspan="6">Outlet control</th> <th colspan="4">Tipo regime</th> </tr> <tr> <th>hwi (m)</th> <th>zHi=zwi (m)</th> <th>hwo (m)</th> <th>dc (m)</th> <th>(dc+D) 2</th> <th>ho (m)</th> <th>ΔH (m)</th> <th>zHo (m)</th> <th>hwm (m)</th> <th>vo (m/s)</th> <th>r (-)</th> <th></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>3.380</td> <td>1.10</td> <td>428.33</td> <td>0.36</td> <td>0.66</td> <td>1.33</td> <td>0.66</td> <td>0.080</td> <td>428.22</td> <td>0.26</td> <td>2.55</td> <td>55 %</td> <td>inlet unsubmerged control</td> </tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> </tbody> </table>			Q (m ³ /s)	Calcolo carico totale								Condizioni idrauliche risultanti				Inlet control		Outlet control						Tipo regime				hwi (m)	zHi=zwi (m)	hwo (m)	dc (m)	(dc+D) 2	ho (m)	ΔH (m)	zHo (m)	hwm (m)	vo (m/s)	r (-)		3.380	1.10	428.33	0.36	0.66	1.33	0.66	0.080	428.22	0.26	2.55	55 %	inlet unsubmerged control																																																				
Q (m ³ /s)	Calcolo carico totale								Condizioni idrauliche risultanti																																																																																															
	Inlet control			Outlet control						Tipo regime																																																																																														
	hwi (m)	zHi=zwi (m)	hwo (m)	dc (m)	(dc+D) 2	ho (m)	ΔH (m)	zHo (m)	hwm (m)	vo (m/s)	r (-)																																																																																													
3.380	1.10	428.33	0.36	0.66	1.33	0.66	0.080	428.22	0.26	2.55	55 %	inlet unsubmerged control																																																																																												
Legenda Q : portata di progetto hwi : altezza d'acqua in condizioni di inlet control zHi = zwi : quota di carico totale in condizioni di inlet control (trascurata velocità d'approccio) hwo : altezza d'acqua nel canale di valle dc : altezza critica D : altezza tombino (al netto dell'affondamento) ho = max[hwo, (dc+D)/2] per hwo>0.70 D = hwo per hwo<0.70 D ΔH : perdita di carico globale (imbocco+canna+sbocco) + altezza cinetica allo sbocco zHo : quota di carico totale in condizioni di outlet control zH = max(zHi, zHo): quota di carico totale di progetto vo : velocità allo sbocco hwm : altezza di moto uniforme nel canale di monte r = h(zH)/D: riempimento della canna																																																																																																								
Annotazioni <input style="width:100%;" type="text"/>																																																																																																								

Tinycomp

Progetto ANAS - SS640 CL	Intervento TOMBINO T22	Compilato <input type="text"/> Controllato <input type="text"/>
Metodo FHWA inlet+outlet control		
Bacino <input type="text"/> (km ²)		
Caratteristiche canale monte		
Sezione rett. b=2.00 m		
Pendenza 1.00 (‰)		
n Manning 0.0150 (s/m ^{1/3})		
Caratteristiche canale valle		
Sezione rett. b=2.00 m		
Pendenza 10.00 (‰)		
n Manning 0.0150 (s/m ^{1/3})		
Caratteristiche tombino		
Sezione circ. diam. 1.50 m		
Affondamento 0.00 (m)		
Lunghezza 57.35 (m)		
n Manning 0.0140 (s/m ^{1/3})		
Coef.imbocco 0.70 (-)		

Q (m ³ /s)	Calcolo carico totale								Condizioni idrauliche risultanti			
	Inlet control		Outlet control									
	hwi (m)	zHi=zwi (m)	hwo (m)	dc (m)	(dc+D) 2	ho (m)	ΔH (m)	zHo (m)	hwm (m)	vo (m/s)	r (-)	Tipo regime
1.680	0.90	437.96	0.32	0.66	1.08	0.32	0.116	439.23	0.71	6.02	22 %	outlet control

Legenda

Q : portata di progetto hwi : altezza d'acqua in condizioni di <i>inlet control</i> zHi = zwi : quota di carico totale in condizioni di <i>inlet control</i> (trascurata velocità d'approccio) hwo : altezza d'acqua nel canale di valle dc : altezza critica D : altezza tombino (al netto dell'affondamento)	ho = max[hwo, (dc+D)/2] per hwo>0.70 D = hwo per hwo<0.70 D ΔH : perdita di carico globale (imbocco+canna+sbocco) + altezza cinetica allo sbocco zHo : quota di carico totale in condizioni di <i>outlet control</i> zH = max(zHi, zHo): quota di carico totale di progetto vo : velocità allo sbocco hwm : altezza di moto uniforme nel canale di monte r = h(zH)/D: riempimento della canna
---	--

Annotazioni

Tinycomp

Progetto ANAS - SS640 CL	Intervento TOMBINO T23	Compilato <input type="text"/> Controllato <input type="text"/>
Metodo FHWA inlet+outlet control		
Bacino <input type="text"/> (km ²)		
Caratteristiche canale monte		
Sezione rett. b=3.00 m		
Pendenza 100.00 (‰)		
n Manning 0.0150 (s/m ^{1/3})		
Caratteristiche canale valle		
Sezione rett. b=3.00 m		
Pendenza 10.00 (‰)		
n Manning 0.0150 (s/m ^{1/3})		
Caratteristiche tombino		
Sezione rett. 3.00x1.50 m		
Affondamento 0.00 (m)		
Lunghezza 63.77 (m)		
n Manning 0.0140 (s/m ^{1/5})		
Coef.imbocco 0.50 (-)		

Q (m ³ /s)	Calcolo carico totale								Condizioni idrauliche risultanti			
	Inlet control				Outlet control				hwm (m)	vo (m/s)	r (-)	Tipo regime
	hwi (m)	zHi=zwi (m)	hwo (m)	dc (m)	(dc+D) 2	ho (m)	ΔH (m)	zHo (m)				
4.660	1.06	461.60	0.46	0.63	1.06	0.46	0.116	461.57	0.22	3.34	71 %	inlet unsubmerged control

Legenda

Q : portata di progetto
 hwi : altezza d'acqua in condizioni di *inlet control*
 zHi = zwi : quota di carico totale in condizioni di *inlet control* (trascurata velocità d'approccio)
 hwo : altezza d'acqua nel canale di valle
 dc : altezza critica
 D : altezza tombino (al netto dell'affondamento)

ho = max[hwo, (dc+D)/2] per hwo > 0.70 D
 = hwo per hwo < 0.70 D
 ΔH : perdita di carico globale (imbocco+canna+sbocco) + altezza cinetica allo sbocco
 zHo : quota di carico totale in condizioni di *outlet control*
 zH = max(zHi, zHo): quota di carico totale di progetto
 vo : velocità allo sbocco
 hwm : altezza di moto uniforme nel canale di monte
 r = h(zH)/D: riempimento della canna

Annotazioni

Tinycomp

Progetto ANAS - SS640 CL	Intervento TOMBINO T24	Compilato <input type="text"/>
Metodo FHWA inlet+outlet control		Controllato <input type="text"/>
Bacino <input type="text"/> (km ²)		
Caratteristiche canale monte		
Sezione	rett. b=2.00 m	
Pendenza	79.00 (‰)	
n Manning	0.0150 (s/m ^{1/3})	
Caratteristiche canale valle		
Sezione	rett. b=6.00 m	
Pendenza	24.00 (‰)	
n Manning	0.0150 (s/m ^{1/3})	
Caratteristiche tombino		
Sezione	rett. 2.50x1.50 m	
Affondamento	0.00 (m)	
Lunghezza	45.24 (m)	
n Manning	0.0140 (s/m ^{1/5})	
Coef.imbocco	0.50 (-)	

Q (m ³ /s)	Calcolo carico totale								Condizioni idrauliche risultanti			
	Inlet control		Outlet control									
	hwi (m)	zHi=zwi (m)	hwo (m)	dc (m)	(dc+D) 2	ho (m)	ΔH (m)	zHo (m)	hwm (m)	vo (m/s)	r (-)	Tipo regime
3.530	0.99	473.09	0.18	0.59	1.04	0.59	0.089	472.98	0.27	2.40	66 %	inlet unsubmerged control

Legenda

Q : portata di progetto

hwi : altezza d'acqua in condizioni di *inlet control*

zHi = zwi : quota di carico totale in condizioni di *inlet control* (trascurata velocità d'approccio)

hwo : altezza d'acqua nel canale di valle

dc : altezza critica

D : altezza tombino (al netto dell'affondamento)

ho = max[hwo, (dc+D)/2] per hwo > 0.70 D
= hwo per hwo < 0.70 D

ΔH : perdita di carico globale (imbocco+canna+sbocco) + altezza cinetica allo sbocco

zHo : quota di carico totale in condizioni di *outlet control*

zH = max(zHi, zHo): quota di carico totale di progetto

vo : velocità allo sbocco

hwm : altezza di moto uniforme nel canale di monte

r = h(zH)/D: riempimento della canna

Annotazioni

Tinycomp

Progetto ANAS - SS640 CL	Intervento TOMBINO T25	Compilato <input type="text"/>
		Controllato <input type="text"/>
Metodo FHWA inlet+outlet control		
Bacino (km ²) <input type="text"/>		
Caratteristiche canale monte		
Sezione rett. b=2.00 m		
Pendenza 100.00 (‰)		
n Manning 0.0150 (s/m ^{1/3})		
Caratteristiche canale valle		
Sezione rett. b=2.00 m		
Pendenza 11.00 (‰)		
n Manning 0.0150 (s/m ^{1/3})		
Caratteristiche tombino		
Sezione circ. diam. 1.50 m		
Affondamento 0.00 (m)		
Lunghezza 45.03 (m)		
n Manning 0.0140 (s/m ^{1/5})		
Coef.imbocco 0.70 (-)		

Q (m ³ /s)	Calcolo carico totale								Condizioni idrauliche risultanti			
	Inlet control		Outlet control									
	hwi (m)	zHi=zwi (m)	hwo (m)	dc (m)	(dc+D) 2	ho (m)	ΔH (m)	zHo (m)	hwm (m)	vo (m/s)	r (-)	Tipo regime
1.340	0.81	511.89	0.27	0.59	1.04	0.27	0.069	513.32	0.13	6.22	18 %	outlet control

Legenda

Q : portata di progetto hwi : altezza d'acqua in condizioni di inlet control zHi = zwi : quota di carico totale in condizioni di inlet control (trascurata velocità d'approccio) hwo : altezza d'acqua nel canale di valle dc : altezza critica D : altezza tombino (al netto dell'affondamento)	$ho = \max[hwo, (dc+D)/2]$ per $hwo > 0.70 D$ $= hwo$ per $hwo < 0.70 D$ ΔH : perdita di carico globale (imbocco+canna+sbocco) + altezza cinetica allo sbocco zHo : quota di carico totale in condizioni di outlet control $zH = \max(zHi, zHo)$: quota di carico totale di progetto vo : velocità allo sbocco hwm : altezza di moto uniforme nel canale di monte $r = h(zH)/D$: riempimento della canna
---	---

Annotazioni

Tinycomp

Progetto ANAS - SS640 CL	Intervento TOMBINO T26	Compilato <input type="text"/> Controllato <input type="text"/>
Metodo FHWA inlet+outlet control		
Bacino <input type="text"/> (km ²)		
Caratteristiche canale monte		
Sezione rett. b=2.00 m		
Pendenza 100.00 (‰)		
n Manning 0.0150 (s/m ^{1/3})		
Caratteristiche canale valle		
Sezione rett. b=2.00 m		
Pendenza 90.00 (‰)		
n Manning 0.0150 (s/m ^{1/3})		
Caratteristiche tombino		
Sezione circ. diam. 1.50 m		
Affondamento 0.00 (m)		
Lunghezza 44.74 (m)		
n Manning 0.0140 (s/m ^{1/5})		
Coef.imbocco 0.70 (-)		

Q (m ³ /s)	Calcolo carico totale								Condizioni idrauliche risultanti			
	Inlet control				Outlet control				hwm (m)	vo (m/s)	r (-)	Tipo regime
	hwi (m)	zHi=zwi (m)	hwo (m)	dc (m)	(dc+D) 2	ho (m)	ΔH (m)	zHo (m)				
1.100	0.70	518.52	0.12	0.53	1.02	0.12	0.046	531.69	0.12	16.36	8 %	outlet control

Legenda

Q : portata di progetto hwi : altezza d'acqua in condizioni di <i>inlet control</i> zHi = zwi : quota di carico totale in condizioni di <i>inlet control</i> (trascurata velocità d'approccio) hwo : altezza d'acqua nel canale di valle dc : altezza critica D : altezza tombino (al netto dell'affondamento)	$ho = \max[hwo, (dc+D)/2]$ per $hwo > 0.70 D$ $= hwo$ per $hwo < 0.70 D$ ΔH : perdita di carico globale (imbocco+canna+sbocco) + altezza cinetica allo sbocco zHo : quota di carico totale in condizioni di <i>outlet control</i> $zH = \max(zHi, zHo)$: quota di carico totale di progetto vo : velocità allo sbocco hwm : altezza di moto uniforme nel canale di monte $r = h(zH)/D$: riempimento della canna
---	--

Annotazioni

Tinycomp

Progetto ANAS - SS640 CL	Intervento TOMBINO T27	Compilato <input type="text"/>																																																																																																						
		Controllato <input type="text"/>																																																																																																						
Metodo FHWA inlet+outlet control																																																																																																								
Bacino (km ²) <input type="text"/>																																																																																																								
Caratteristiche canale monte																																																																																																								
Sezione rett. b=2.00 m																																																																																																								
Pendenza 50.00 (‰)																																																																																																								
n Manning 0.0150 (s/m ^{1/3})																																																																																																								
Caratteristiche canale valle																																																																																																								
Sezione rett. b=2.00 m																																																																																																								
Pendenza 0.60 (‰)																																																																																																								
n Manning 0.0150 (s/m ^{1/3})																																																																																																								
Caratteristiche tombino																																																																																																								
Sezione circ. diam. 1.50 m																																																																																																								
Affondamento 0.00 (m)																																																																																																								
Lunghezza 50.24 (m)																																																																																																								
n Manning 0.0140 (s/m ^{1/5})																																																																																																								
Coef.imbocco 0.70 (-)																																																																																																								
<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th rowspan="3">Q (m³/s)</th> <th colspan="8">Calcolo carico totale</th> <th colspan="4">Condizioni idrauliche risultanti</th> </tr> <tr> <th colspan="2">Inlet control</th> <th colspan="6">Outlet control</th> <th colspan="4"></th> </tr> <tr> <th>hwi (m)</th> <th>zHi=zwi (m)</th> <th>hwo (m)</th> <th>dc (m)</th> <th>(dc+D) 2</th> <th>ho (m)</th> <th>ΔH (m)</th> <th>zHo (m)</th> <th>hwm (m)</th> <th>vo (m/s)</th> <th>r (-)</th> <th>Tipo regime</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1.990</td> <td>1.03</td> <td>520.30</td> <td>0.98</td> <td>0.72</td> <td>1.11</td> <td>0.98</td> <td>0.156</td> <td>520.38</td> <td>0.21</td> <td>1.64</td> <td>65 %</td> <td>outlet control</td> </tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> </tbody> </table>			Q (m ³ /s)	Calcolo carico totale								Condizioni idrauliche risultanti				Inlet control		Outlet control										hwi (m)	zHi=zwi (m)	hwo (m)	dc (m)	(dc+D) 2	ho (m)	ΔH (m)	zHo (m)	hwm (m)	vo (m/s)	r (-)	Tipo regime	1.990	1.03	520.30	0.98	0.72	1.11	0.98	0.156	520.38	0.21	1.64	65 %	outlet control																																																				
Q (m ³ /s)	Calcolo carico totale								Condizioni idrauliche risultanti																																																																																															
	Inlet control			Outlet control																																																																																																				
	hwi (m)	zHi=zwi (m)	hwo (m)	dc (m)	(dc+D) 2	ho (m)	ΔH (m)	zHo (m)	hwm (m)	vo (m/s)	r (-)	Tipo regime																																																																																												
1.990	1.03	520.30	0.98	0.72	1.11	0.98	0.156	520.38	0.21	1.64	65 %	outlet control																																																																																												
<p>Legenda</p> <p>Q : portata di progetto</p> <p>hwi : altezza d'acqua in condizioni di inlet control</p> <p>zHi = zwi : quota di carico totale in condizioni di inlet control (trascurata velocità d'approccio)</p> <p>hwo : altezza d'acqua nel canale di valle</p> <p>dc : altezza critica</p> <p>D : altezza tombino (al netto dell'affondamento)</p> <p>ho = max[hwo, (dc+D)/2] per hwo > 0.70 D = hwo per hwo < 0.70 D</p> <p>ΔH : perdita di carico globale (imbocco+canna+sbocco) + altezza cinetica allo sbocco</p> <p>zHo : quota di carico totale in condizioni di outlet control</p> <p>zH = max(zHi, zHo): quota di carico totale di progetto</p> <p>vo : velocità allo sbocco</p> <p>hwm : altezza di moto uniforme nel canale di monte</p> <p>r = h(zH)/D: riempimento della canna</p>																																																																																																								
<p>Annotazioni</p> <div style="border: 1px solid black; height: 20px; width: 100%;"></div>																																																																																																								

Tinycomp

Progetto ANAS - SS640 CL	Intervento TOMBINO T28	Compilato <input type="text"/> Controllato <input type="text"/>																																																																																																					
Metodo FHWA inlet+outlet control																																																																																																							
Bacino <input type="text"/> (km ²)																																																																																																							
Caratteristiche canale monte Sezione rett. b=4.00 m Pendenza 43.00 (‰) n Manning 0.0150 (s/m ^{1/3})																																																																																																							
Caratteristiche canale valle Sezione rett. b=4.00 m Pendenza 7.80 (‰) n Manning 0.0150 (s/m ^{1/3})																																																																																																							
Caratteristiche tombino Sezione rett. 3.00x1.50 m Affondamento 0.00 (m) Lunghezza 30.49 (m) n Manning 0.0140 (s/m ^{1/5}) Coef.imbocco 0.50 (-)																																																																																																							
<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Q</th> <th colspan="6">Calcolo carico totale</th> <th colspan="6">Condizioni idrauliche risultanti</th> </tr> <tr> <th colspan="2">Inlet control</th> <th colspan="4">Outlet control</th> <th colspan="4"></th> <th rowspan="2">Tipo regime</th> </tr> <tr> <th>(m³/s)</th> <th>hwi (m)</th> <th>zHi=zwi (m)</th> <th>hwo (m)</th> <th>dc (m)</th> <th>(dc+D)/2</th> <th>ho (m)</th> <th>ΔH (m)</th> <th>zHo (m)</th> <th>hwm (m)</th> <th>vo (m/s)</th> <th>r (-)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>4.750</td> <td>1.07</td> <td>525.68</td> <td>0.41</td> <td>0.63</td> <td>1.07</td> <td>0.63</td> <td>0.102</td> <td>525.56</td> <td>0.24</td> <td>2.50</td> <td>72 %</td> <td><i>inlet unsubmerged control</i></td> </tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> </tbody> </table>			Q	Calcolo carico totale						Condizioni idrauliche risultanti						Inlet control		Outlet control								Tipo regime	(m ³ /s)	hwi (m)	zHi=zwi (m)	hwo (m)	dc (m)	(dc+D)/2	ho (m)	ΔH (m)	zHo (m)	hwm (m)	vo (m/s)	r (-)	4.750	1.07	525.68	0.41	0.63	1.07	0.63	0.102	525.56	0.24	2.50	72 %	<i>inlet unsubmerged control</i>																																																				
Q				Calcolo carico totale						Condizioni idrauliche risultanti																																																																																													
			Inlet control		Outlet control								Tipo regime																																																																																										
(m ³ /s)			hwi (m)	zHi=zwi (m)	hwo (m)	dc (m)	(dc+D)/2	ho (m)	ΔH (m)	zHo (m)	hwm (m)	vo (m/s)		r (-)																																																																																									
4.750			1.07	525.68	0.41	0.63	1.07	0.63	0.102	525.56	0.24	2.50	72 %	<i>inlet unsubmerged control</i>																																																																																									
Legenda Q : portata di progetto hwi : altezza d'acqua in condizioni di <i>inlet control</i> zHi = zwi : quota di carico totale in condizioni di <i>inlet control</i> (trascurata velocità d'approccio) hwo : altezza d'acqua nel canale di valle dc : altezza critica D : altezza tombino (al netto dell'affondamento)																																																																																																							
ho = max[hwo, (dc+D)/2] per hwo > 0.70 D = hwo per hwo < 0.70 D ΔH : perdita di carico globale (imbocco+canna+sbocco) + altezza cinetica allo sbocco zHo : quota di carico totale in condizioni di <i>outlet control</i> zH = max(zHi, zHo): quota di carico totale di progetto vo : velocità allo sbocco hwm : altezza di moto uniforme nel canale di monte r = h(zH)/D: riempimento della canna																																																																																																							
Annotazioni <input style="width:100%;" type="text"/>																																																																																																							

Tinycomp

Progetto ANAS - SS640 CL	Intervento TOMBINO T29	Compilato <input type="text"/> Controllato <input type="text"/>																																																																																																								
Metodo FHWA inlet+outlet control																																																																																																										
Bacino <input type="text"/> (km ²)																																																																																																										
Caratteristiche canale monte Sezione rett. b=2.00 m Pendenza 100.00 (‰) n Manning 0.0150 (s/m^{1/3})																																																																																																										
Caratteristiche canale valle Sezione rett. b=2.00 m Pendenza 52.80 (‰) n Manning 0.0150 (s/m^{1/3})																																																																																																										
Caratteristiche tombino Sezione circ. diam. 1.50 m Affondamento 0.00 (m) Lunghezza 21.48 (m) n Manning 0.0140 (s/m^{1/5}) Coef.imbocco 0.50 (-)																																																																																																										
<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Q (m³/s)</th> <th colspan="6">Calcolo carico totale</th> <th colspan="6">Condizioni idrauliche risultanti</th> </tr> <tr> <th colspan="2">Inlet control</th> <th colspan="4">Outlet control</th> <th colspan="6"></th> </tr> <tr> <th></th> <th>hwi (m)</th> <th>zHi=zwi (m)</th> <th>hwo (m)</th> <th>dc (m)</th> <th>(dc+D) 2</th> <th>ho (m)</th> <th>ΔH (m)</th> <th>zHo (m)</th> <th>hwm (m)</th> <th>vo (m/s)</th> <th>r (-)</th> <th>Tipo regime</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0.520</td> <td>0.42</td> <td>501.13</td> <td>0.09</td> <td>0.36</td> <td>0.93</td> <td>0.09</td> <td>0.008</td> <td>508.33</td> <td>0.07</td> <td>12.07</td> <td>6 %</td> <td>outlet control</td> </tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> </tbody> </table>			Q (m ³ /s)	Calcolo carico totale						Condizioni idrauliche risultanti						Inlet control		Outlet control											hwi (m)	zHi=zwi (m)	hwo (m)	dc (m)	(dc+D) 2	ho (m)	ΔH (m)	zHo (m)	hwm (m)	vo (m/s)	r (-)	Tipo regime	0.520	0.42	501.13	0.09	0.36	0.93	0.09	0.008	508.33	0.07	12.07	6 %	outlet control																																																					
Q (m ³ /s)				Calcolo carico totale						Condizioni idrauliche risultanti																																																																																																
			Inlet control		Outlet control																																																																																																					
			hwi (m)	zHi=zwi (m)	hwo (m)	dc (m)	(dc+D) 2	ho (m)	ΔH (m)	zHo (m)	hwm (m)	vo (m/s)	r (-)	Tipo regime																																																																																												
0.520			0.42	501.13	0.09	0.36	0.93	0.09	0.008	508.33	0.07	12.07	6 %	outlet control																																																																																												
Legenda Q : portata di progetto hwi : altezza d'acqua in condizioni di <i>inlet control</i> zHi = zwi : quota di carico totale in condizioni di <i>inlet control</i> (trascurata velocità d'approccio) hwo : altezza d'acqua nel canale di valle dc : altezza critica D : altezza tombino (al netto dell'affondamento) ho = max[hwo, (dc+D)/2] per hwo>0.70 D = hwo per hwo<0.70 D ΔH : perdita di carico globale (imbocco+canna+sbocco) + altezza cinetica allo sbocco zHo : quota di carico totale in condizioni di <i>outlet control</i> zH = max(zHi, zHo): quota di carico totale di progetto vo : velocità allo sbocco hwm : altezza di moto uniforme nel canale di monte r = h(zH)/D: riempimento della canna																																																																																																										
Annotazioni <input style="width:100%; height: 20px;" type="text"/>																																																																																																										

Tinycomp

Progetto ANAS - SS640 CL	Intervento TOMBINO T30	Compilato <input type="text"/> Controllato <input type="text"/>																																																																																										
Metodo FHWA inlet+outlet control																																																																																												
Bacino (km ²) <input type="text"/>																																																																																												
Caratteristiche canale monte Sezione rett. b=2.00 m Pendenza 112.00 (‰) n Manning 0.0150 (s/m ^{1/3})																																																																																												
Caratteristiche canale valle Sezione rett. b=2.00 m Pendenza 31.00 (‰) n Manning 0.0150 (s/m ^{1/3})																																																																																												
Caratteristiche tombino Sezione rett. 1.50x1.50 m Affondamento 0.00 (m) Lunghezza 36.19 (m) n Manning 0.0140 (s/m ^{1/5}) Coef.imbocco 0.50 (-)																																																																																												
<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Q (m³/s)</th> <th colspan="6">Calcolo carico totale</th> <th colspan="6">Condizioni idrauliche risultanti</th> </tr> <tr> <th colspan="2">Inlet control</th> <th colspan="4">Outlet control</th> <th colspan="4"></th> <th>Tipo regime</th> </tr> <tr> <th>hwi (m)</th> <th>zHi=zwi (m)</th> <th>hwo (m)</th> <th>dc (m)</th> <th>(dc+D) 2</th> <th>ho (m)</th> <th>ΔH (m)</th> <th>zHo (m)</th> <th>hwm (m)</th> <th>vo (m/s)</th> <th>r (-)</th> <th colspan="2"></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0.190</td> <td>0.13</td> <td>373.47</td> <td>0.06</td> <td>0.12</td> <td>0.81</td> <td>0.06</td> <td>0.001</td> <td>373.65</td> <td>0.04</td> <td>2.23</td> <td>4 %</td> <td>outlet control</td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> </tbody> </table>			Q (m ³ /s)	Calcolo carico totale						Condizioni idrauliche risultanti						Inlet control		Outlet control								Tipo regime	hwi (m)	zHi=zwi (m)	hwo (m)	dc (m)	(dc+D) 2	ho (m)	ΔH (m)	zHo (m)	hwm (m)	vo (m/s)	r (-)			0.190	0.13	373.47	0.06	0.12	0.81	0.06	0.001	373.65	0.04	2.23	4 %	outlet control																																								
Q (m ³ /s)				Calcolo carico totale						Condizioni idrauliche risultanti																																																																																		
			Inlet control		Outlet control								Tipo regime																																																																															
hwi (m)			zHi=zwi (m)	hwo (m)	dc (m)	(dc+D) 2	ho (m)	ΔH (m)	zHo (m)	hwm (m)	vo (m/s)	r (-)																																																																																
0.190			0.13	373.47	0.06	0.12	0.81	0.06	0.001	373.65	0.04	2.23	4 %	outlet control																																																																														
Legenda Q : portata di progetto hwi : altezza d'acqua in condizioni di inlet control zHi = zwi : quota di carico totale in condizioni di inlet control (trascurata velocità d'approccio) hwo : altezza d'acqua nel canale di valle dc : altezza critica D : altezza tombino (al netto dell'affondamento)																																																																																												
ho = max[hwo, (dc+D)/2] per hwo>0.70 D = hwo per hwo<0.70 D ΔH : perdita di carico globale (imbocco+canna+sbocco) + altezza cinetica allo sbocco zHo : quota di carico totale in condizioni di outlet control zH = max(zHi, zHo): quota di carico totale di progetto vo : velocità allo sbocco hwm : altezza di moto uniforme nel canale di monte r = h(zH)/D: riempimento della canna																																																																																												
Annotazioni <input style="width:100%;" type="text"/>																																																																																												

Tinycomp

Progetto	ANAS - SS640 CL	Intervento	TOMBINO T31	Compilato	
				Controllato	
Metodo	FHWA inlet+outlet control				
Bacino	(km ²)				
Caratteristiche canale monte					
Sezione	rett. b=2.00 m				
Pendenza	112.00 (‰)				
n Manning	0.0150 (s/m ^{1/3})				
Caratteristiche canale valle					
Sezione	rett. b=2.00 m				
Pendenza	22.00 (‰)				
n Manning	0.0150 (s/m ^{1/3})				
Caratteristiche tombino					
Sezione	circ. diam. 1.50 m				
Affondamento	0.00 (m)				
Lunghezza	33.76 (m)				
n Manning	0.0140 (s/m ^{1/3})				
Coef.imbocco	0.50 (-)				

Q (m ³ /s)	Calcolo carico totale									Condizioni idrauliche risultanti			
	Inlet control			Outlet control									
	hwi (m)	zHi=zwi (m)	hwo (m)	dc (m)	(dc+D) 2	ho (m)	ΔH (m)	zHo (m)	hwm (m)	vo (m/s)	r (-)	Tipo regime	
0.210	0.30	369.97	0.07	0.23	0.86	0.07	0.001	372.65	0.04	7.50	4 %	outlet control	

Legenda

Q : portata di progetto

hwi : altezza d'acqua in condizioni di *inlet control*

zHi = zwi : quota di carico totale in condizioni di *inlet control* (trascurata velocità d'approccio)

hwo : altezza d'acqua nel canale di valle

dc : altezza critica

D : altezza tombino (al netto dell'affondamento)

ho = max[hwo, (dc+D)/2] per hwo > 0.70 D
= hwo per hwo < 0.70 D

ΔH : perdita di carico globale (imbocco+canna+sbocco) + altezza cinetica allo sbocco

zHo : quota di carico totale in condizioni di *outlet control*

zH = max(zHi, zHo): quota di carico totale di progetto

vo : velocità allo sbocco

hwm : altezza di moto uniforme nel canale di monte

r = h(zH)/D: riempimento della canna

Annotazioni

Tinycomp

Progetto ANAS - SS640 CL	Intervento TOMBINO T32	Compilato <input type="text"/> Controllato <input type="text"/>
Metodo FHWA inlet+outlet control		
Bacino <input type="text"/> (km ²)		
Caratteristiche canale monte		
Sezione rett. b=2.00 m		
Pendenza 100.00 (‰)		
n Manning 0.0150 (s/m^{1/3})		
Caratteristiche canale valle		
Sezione rett. b=2.00 m		
Pendenza 21.00 (‰)		
n Manning 0.0150 (s/m^{1/3})		
Caratteristiche tombino		
Sezione circ. diam. 1.50 m		
Affondamento 0.00 (m)		
Lunghezza 47.78 (m)		
n Manning 0.0140 (s/m^{1/5})		
Coef.imbocco 0.50 (-)		

Q (m ³ /s)	Calcolo carico totale								Condizioni idrauliche risultanti			
	Inlet control		Outlet control									
	hwi (m)	zHi=zwi (m)	hwo (m)	dc (m)	(dc+D) 2	ho (m)	ΔH (m)	zHo (m)	hwm (m)	vo (m/s)	r (-)	Tipo regime
0.450	0.44	360.90	0.11	0.34	0.92	0.11	0.007	363.70	0.07	7.81	7 %	outlet control

Legenda

Q : portata di progetto hwi : altezza d'acqua in condizioni di <i>inlet control</i> zHi = zwi : quota di carico totale in condizioni di <i>inlet control</i> (trascurata velocità d'approccio) hwo : altezza d'acqua nel canale di valle dc : altezza critica D : altezza tombino (al netto dell'affondamento)	$ho = \max[hwo, (dc+D)/2]$ per $hwo > 0.70 D$ $= hwo$ per $hwo < 0.70 D$ ΔH : perdita di carico globale (imbocco+canna+sbocco) + altezza cinetica allo sbocco zHo : quota di carico totale in condizioni di <i>outlet control</i> zH = max(zHi, zHo): quota di carico totale di progetto vo : velocità allo sbocco hwm : altezza di moto uniforme nel canale di monte $r = h(zH)/D$: riempimento della canna
---	--

Annotazioni

Progetto ANAS - SS640 CL	Intervento TOMBINO T33	Compilato <input type="text"/>
		Controllato <input type="text"/>
Metodo FHWA inlet+outlet control		
Bacino (km ²) <input type="text"/>		
Caratteristiche canale monte		
Sezione rett. b=2.00 m		
Pendenza 32.00 (‰)		
n Manning 0.0150 (s/m ^{1/3})		
Caratteristiche canale valle		
Sezione rett. b=2.00 m		
Pendenza 35.00 (‰)		
n Manning 0.0150 (s/m ^{1/3})		
Caratteristiche tombino		
Sezione circ. diam. 1.50 m		
Affondamento 0.00 (m)		
Lunghezza 59.01 (m)		
n Manning 0.0140 (s/m ^{1/5})		
Coef.imbocco 0.50 (-)		

Q (m ³ /s)	Calcolo carico totale								Condizioni idrauliche risultanti			
	Inlet control		Outlet control									
	hwi (m)	zHi=zwi (m)	hwo (m)	dc (m)	(dc+D) 2	ho (m)	ΔH (m)	zHo (m)	hwm (m)	vo (m/s)	r (-)	Tipo regime
5.600	2.28	342.73	0.48	1.23	1.36	0.48	1.197	347.78	0.49	11.59	32 %	outlet control

Legenda

Q : portata di progetto hwi : altezza d'acqua in condizioni di inlet control zHi = zwi : quota di carico totale in condizioni di inlet control (trascurata velocità d'approccio) hwo : altezza d'acqua nel canale di valle dc : altezza critica D : altezza tombino (al netto dell'affondamento)	$ho = \max[hwo, (dc+D)/2]$ per $hwo > 0.70 D$ $= hwo$ per $hwo < 0.70 D$ ΔH : perdita di carico globale (imbocco+canna+sbocco) + altezza cinetica allo sbocco zHo : quota di carico totale in condizioni di outlet control $zH = \max(zHi, zHo)$: quota di carico totale di progetto vo : velocità allo sbocco hwm : altezza di moto uniforme nel canale di monte $r = h(zH)/D$: riempimento della canna
---	---

Annotazioni

Tinycomp

Progetto ANAS - SS640 CL	Intervento TOMBINO T34	Compilato <input type="text"/> Controllato <input type="text"/>
Metodo FHWA inlet+outlet control		
Bacino <input type="text"/> (km ²)		
Caratteristiche canale monte		
Sezione rett. b=2.00 m		
Pendenza 100.00 (‰)		
n Manning 0.0150 (s/m^{1/3})		
Caratteristiche canale valle		
Sezione rett. b=2.00 m		
Pendenza 35.00 (‰)		
n Manning 0.0150 (s/m^{1/3})		
Caratteristiche tombino		
Sezione circ. diam. 1.50 m		
Affondamento 0.00 (m)		
Lunghezza 50.93 (m)		
n Manning 0.0140 (s/m^{1/5})		
Coef.imbocco 0.70 (-)		

Q (m ³ /s)	Calcolo carico totale								Condizioni idrauliche risultanti			
	Inlet control		Outlet control									
	hwi (m)	zHi=zwi (m)	hwo (m)	dc (m)	(dc+D) 2	ho (m)	ΔH (m)	zHo (m)	hwm (m)	vo (m/s)	r (-)	Tipo regime
1.670	0.92	337.24	0.21	0.66	1.08	0.21	0.110	342.56	0.15	10.86	14 %	outlet control

Legenda

Q : portata di progetto hwi : altezza d'acqua in condizioni di <i>inlet control</i> zHi = zwi : quota di carico totale in condizioni di <i>inlet control</i> (trascurata velocità d'approccio) hwo : altezza d'acqua nel canale di valle dc : altezza critica D : altezza tombino (al netto dell'affondamento)	$ho = \max[hwo, (dc+D)/2]$ per $hwo > 0.70 D$ $= hwo$ per $hwo < 0.70 D$ ΔH : perdita di carico globale (imbocco+canna+sbocco) + altezza cinetica allo sbocco zHo : quota di carico totale in condizioni di <i>outlet control</i> $zH = \max(zHi, zHo)$: quota di carico totale di progetto vo : velocità allo sbocco hwm : altezza di moto uniforme nel canale di monte $r = h(zH)/D$: riempimento della canna
---	--

Annotazioni

Tinycomp

Progetto ANAS - SS640 CL	Intervento TOMBINO T35	Compilato <input type="text"/> Controllato <input type="text"/>
Metodo FHWA inlet+outlet control		
Bacino <input type="text"/> (km ²)		
Caratteristiche canale monte		
Sezione rett. b=4.00 m		
Pendenza 12.00 (‰)		
n Manning 0.0150 (s/m ^{1/3})		
Caratteristiche canale valle		
Sezione rett. b=4.00 m		
Pendenza 15.30 (‰)		
n Manning 0.0150 (s/m ^{1/3})		
Caratteristiche tombino		
Sezione rett. 4.00x3.00 m		
Affondamento 0.00 (m)		
Lunghezza 59.36 (m)		
n Manning 0.0140 (s/m ^{1/3})		
Coef.imbocco 0.35 (-)		

Q (m ³ /s)	Calcolo carico totale								Condizioni idrauliche risultanti			
	Inlet control		Outlet control									
	hwi (m)	zHi=zwi (m)	hwo (m)	dc (m)	(dc+D) 2	ho (m)	ΔH (m)	zHo (m)	hwm (m)	vo (m/s)	r (-)	Tipo regime
43.860	4.14	334.24	1.48	2.31	2.65	1.48	1.110	334.38	1.62	7.40	49 %	outlet control

Legenda

Q : portata di progetto hwi : altezza d'acqua in condizioni di <i>inlet control</i> zHi = zwi : quota di carico totale in condizioni di <i>inlet control</i> (trascurata velocità d'approccio) hwo : altezza d'acqua nel canale di valle dc : altezza critica D : altezza tombino (al netto dell'affondamento)	$ho = \max[hwo, (dc+D)/2]$ per $hwo > 0.75 D$ $= hwo$ per $hwo < 0.75 D$ ΔH : perdita di carico globale (imbocco+canna+sbocco) + altezza cinetica allo sbocco zHo : quota di carico totale in condizioni di <i>outlet control</i> $zH = \max(zHi, zHo)$: quota di carico totale di progetto vo : velocità allo sbocco hwm : altezza di moto uniforme nel canale di monte $r = h(zH)/D$: riempimento della canna
---	--

Annotazioni

Tinycomp

Progetto ANAS - SS640 CL	Intervento TOMBINO T36	Compilato <input type="text"/> Controllato <input type="text"/>
Metodo FHWA inlet+outlet control		
Bacino <input type="text"/> (km ²)		
Caratteristiche canale monte		
Sezione rett. b=2.00 m		
Pendenza 37.00 (‰)		
n Manning 0.0150 (s/m ^{1/3})		
Caratteristiche canale valle		
Sezione rett. b=2.00 m		
Pendenza 11.30 (‰)		
n Manning 0.0150 (s/m ^{1/3})		
Caratteristiche tombino		
Sezione rett. 1.50x1.50 m		
Affondamento 0.00 (m)		
Lunghezza 47.15 (m)		
n Manning 0.0140 (s/m ^{1/5})		
Coef.imbocco 0.35 (-)		

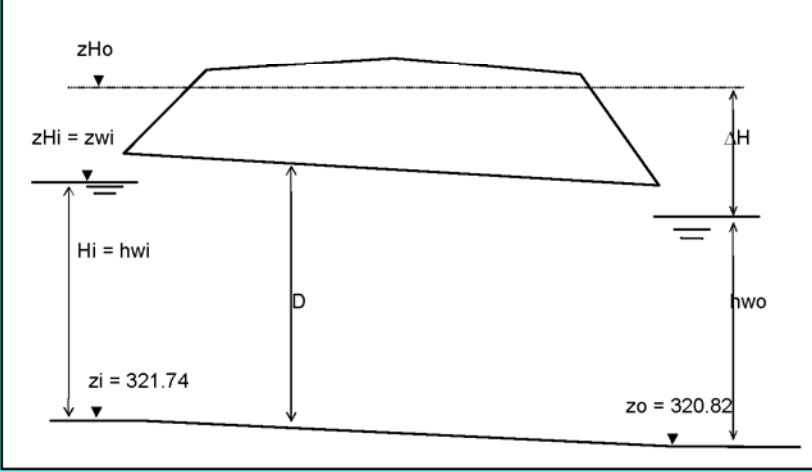
Q (m ³ /s)	Calcolo carico totale								Condizioni idrauliche risultanti			
	Inlet control		Outlet control									
	hwi (m)	zHi=zwi (m)	hwo (m)	dc (m)	(dc+D) 2	ho (m)	ΔH (m)	zHo (m)	hwm (m)	vo (m/s)	r (-)	Tipo regime
6.050	2.10	326.47	0.75	1.18	1.34	0.75	0.745	326.59	0.49	5.37	50 %	outlet control

Legenda

Q : portata di progetto
 hwi : altezza d'acqua in condizioni di inlet control
 zHi = zwi : quota di carico totale in condizioni di inlet control (trascurata velocità d'approccio)
 hwo : altezza d'acqua nel canale di valle
 dc : altezza critica
 D : altezza tombino (al netto dell'affondamento)

ho = max[hwo, (dc+D)/2] per hwo > 0.75 D
 = hwo per hwo < 0.75 D
 ΔH : perdita di carico globale (imbocco+canna+sbocco) + altezza cinetica allo sbocco
 zHo : quota di carico totale in condizioni di outlet control
 zH = max(zHi, zHo): quota di carico totale di progetto
 vo : velocità allo sbocco
 hwm : altezza di moto uniforme nel canale di monte
 r = h(zH)/D: riempimento della canna

Annotazioni

Progetto ANAS - SS640 CL	Intervento TOMBINO T37	Compilato <input type="text"/> Controllato <input type="text"/>
Metodo FHWA inlet+outlet control		
Bacino <input type="text"/> (km ²)		
Caratteristiche canale monte		
Sezione rett. b=4.00 m		
Pendenza 47.00 (‰)		
n Manning 0.0150 (s/m ^{1/3})		
Caratteristiche canale valle		
Sezione rett. b=4.00 m		
Pendenza 25.00 (‰)		
n Manning 0.0150 (s/m ^{1/3})		
Caratteristiche tombino		
Sezione rett. 4.00x2.00 m		
Affondamento 0.00 (m)		
Lunghezza 39.63 (m)		
n Manning 0.0140 (s/m ^{1/3})		
Coef.imbocco 0.35 (-)		

Q (m ³ /s)	Calcolo carico totale								Condizioni idrauliche risultanti			
	Inlet control		Outlet control									
	hwi (m)	zHi=zwi (m)	hwo (m)	dc (m)	(dc+D) 2	ho (m)	ΔH (m)	zHo (m)	hwm (m)	vo (m/s)	r (-)	Tipo regime
36.390	4.29	326.03	1.09	2.04	2.02	1.09	1.700	326.39	0.88	8.35	54 %	outlet control

Legenda

Q : portata di progetto hwi : altezza d'acqua in condizioni di <i>inlet control</i> zHi = zwi : quota di carico totale in condizioni di <i>inlet control</i> (trascurata velocità d'approccio) hwo : altezza d'acqua nel canale di valle dc : altezza critica D : altezza tombino (al netto dell'affondamento)	$ho = \max[hwo, (dc+D)/2]$ per $hwo > 0.75 D$ $= hwo$ per $hwo < 0.75 D$ ΔH : perdita di carico globale (imbocco+canna+sbocco) + altezza cinetica allo sbocco zHo : quota di carico totale in condizioni di <i>outlet control</i> $zH = \max(zHi, zHo)$: quota di carico totale di progetto vo : velocità allo sbocco hwm : altezza di moto uniforme nel canale di monte $r = h(zH)/D$: riempimento della canna
---	--

Annotazioni

Tinycomp

4. VALUTAZIONE DELLE INTERAZIONI CORRENTE IDRICA- OPERE IN ALVEO

4.1 Introduzione

L'analisi delle interazioni che si verificano fra la corrente idrica, l'alveo del corso d'acqua in cui questa defluisce e le strutture in alveo degli attraversamenti fluviali è stata oggetto negli ultimi anni di una rinnovata attenzione da parte dei ricercatori, a seguito di alcuni eventi alluvionali verificatisi nel recente passato sia Italia che all'estero. E' stato infatti riconosciuto come, in occasione di tali eventi, le strutture di attraversamento abbiano evidenziato un livello di vulnerabilità spesso preoccupante, testimoniato dal verificarsi di numerosi danneggiamenti e crolli.

L'analisi del quadro dei danni originati da tali eventi alluvionali ha anche confermato come, in molti casi, la presenza di un attraversamento, quand'anche si prescindano dai problemi derivanti da un suo eventuale collasso o danneggiamento, possa indurre conseguenze rilevanti sulla morfologia dell'alveo fluviale, sulle caratteristiche idrauliche della corrente e sullo stesso regime delle portate di piena.

Le conseguenze, potenzialmente calamitose, dell'insufficienza idraulica dei ponti pongono la valutazione della loro vulnerabilità fra le esigenze primarie in fase di progettazione anche in relazione alla pianificazione ed alla tutela della sicurezza idraulica del territorio. Di seguito si riporta una descrizione della dinamica dei fenomeni erosivi alla base delle strutture in alveo dei ponti e si propongono le formule per la valutazione quantitativa dei fenomeni erosivi con i parametri idraulici che debbono essere adeguatamente considerati per valutare la vulnerabilità degli attraversamenti.

(*"Sistemazione dei corsi d'acqua. Metodi avanzati nella progettazione di interventi di ingegneria naturalistica."* Armando Brath e Alberto Montanari - Facoltà di Ingegneria, Università degli Studi di Bologna).

4.2 *Erosione alla base delle pile e delle spalle dei ponti*

L'erosione è il risultato dell'azione della corrente fluviale, che mobilita e trasporta i sedimenti d'alveo. I materiali sciolti sono più facilmente erodibili in tempi brevi di quelli coesivi, sebbene la profondità di scavo raggiunte all'equilibrio siano scarsamente dipendenti dalla coesione medesima.

L'entità dell'erosione, inoltre, dipende strettamente dal trasporto solido del corso d'acqua. La stima della profondità massima potenzialmente raggiungibile dallo scavo è resa complessa dalla natura ciclica del fenomeno.

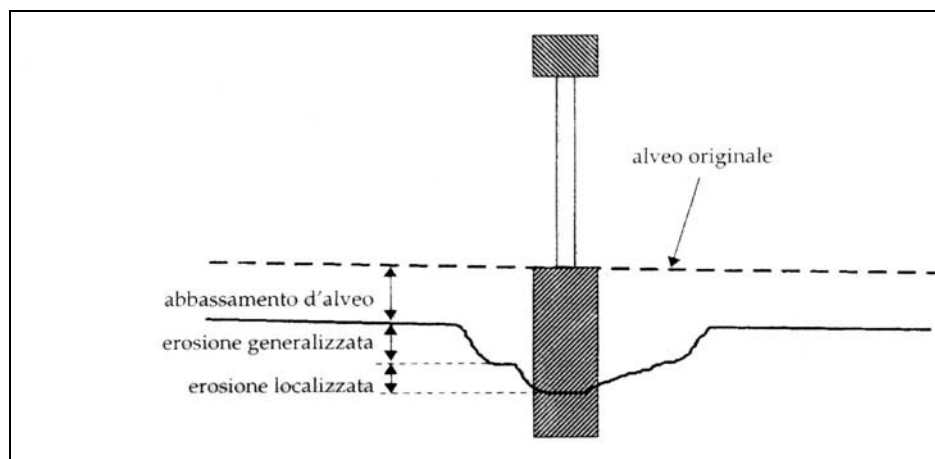
Le escavazioni, infatti, generalmente raggiungono le profondità maggiori durante gli eventi alluvionali, in particolare al momento del transito del picco di portata, per poi essere parzialmente o totalmente riempite nella fase di esaurimento dell'idrogramma di piena.

Il fenomeno dell'erosione alla base delle pile dei ponti è generalmente costituito dalla sovrapposizione di tre processi, che vengono solitamente stimati indipendentemente per poi sommarne gli effetti.

Detti processi sono :

- (a) l'abbassamento (o innalzamento) dell'alveo in prossimità del ponte, per variazioni globali del profilo del corso d'acqua indipendenti dalla presenza del ponte medesimo;
- (b) l'erosione generalizzata in corrispondenza dell'eventuale sezione ristretta del ponte, causata dall'aumento locale della velocità della corrente indotto dal restringimento dovuto alla presenza dell'attraversamento ;
- (c) l'erosione localizzata alla base delle pile e delle spalle del ponte, causata dalle deviazioni del flusso idrico indotte dalla presenza delle strutture in alveo, che causano aumenti locali della velocità della corrente.

La profondità totale di scavo è variabile nel tempo, ma nelle trattazioni successive ci si limita a descrivere, i livelli di erosione corrispondenti agli stati finali di equilibrio.



4.2.1 Abbassamento d'alveo

Il calcolo dell'abbassamento (o innalzamento) d'alveo è necessario al fine di definire la quota che il fondo alveo assumerebbe in assenza del manufatto, che viene assunta quale quota di riferimento per calcolare l'entità dei fenomeni di erosione localizzata e generalizzata riconducibili, questi ultimi, alla presenza in alveo del manufatto.

Detta quota può variare nel tempo sia per evoluzioni temporali di periodo medio-lungo sia per evoluzioni di periodo più breve, spesso limitato alla durata di un unico evento di piena. L'evoluzione temporale e l'intensità del fenomeno può in ogni caso essere determinata sulla base di complesse valutazioni idrologiche e idrauliche estese all'intero bacino tributario.

La tendenza dell'alveo ad abbassamenti o depositi globali può essere desunta da osservazioni dirette compiute in condizioni di magra o da valutazioni circa la potenziale capacità di trasporto solido, per i vari tratti in alveo, al variare del regime idraulico.

4.2.2 Erosione generalizzata

L'erosione generalizzata in prossimità dei viadotti è dovuta alla riduzione, ad opera dell'attraversamento, della sezione trasversale indisturbata caratteristica dell'alveo; detta riduzione ingenera un'accelerazione locale della corrente che può dar luogo a fenomeni di erosione, le cui scale temporali caratteristiche sono in genere quelle degli eventi alluvionali. Per la valutazione dell'erosione generalizzata, sono stati effettuati studi di entrambe le situazioni corrispondenti ad assenza e a presenza di trasporto solido da parte della corrente. In letteratura sono reperibili numerose formulazioni per la valutazione della profondità dell'erosione generalizzata, basate sia su esperienze di laboratorio che sull'interpretazione empirica delle osservazioni di campo disponibili [Laursen, 1960 e 1963; Brensers e Randkivi, 1991).

Le formulazioni proposte, sono in gran parte simili alla relazione introdotta da Straub (1934), probabilmente la prima formula comparsa in letteratura per la valutazione del fenomeno che si adotta nei successivi calcoli.

L'Equazione di Straub è ottenuta combinando l'equazione di Du Boys, per il calcolo del trasporto solido di fondo, e l'equazione di Manning, fa' riferimento a condizioni di equilibrio ed ha la seguente espressione :

$$\frac{h_r}{h_m} = \left(\frac{B}{b} \right)^{\frac{6}{7}} \left[\frac{\tau_c}{2\tau_m} + \sqrt{\left(\frac{\tau_c}{2\tau_m} \right)^2 + \frac{B}{b} \left(1 - \frac{\tau_c}{\tau_m} \right)} \right]^{\frac{-3}{7}}$$

Nella quale i pedici m ed r indicano , rispettivamente, la sezione indisturbata e quella ristretta, τ_c lo sforzo tangenziale di inizio movimento per il materiale d'alveo e τ_m lo sforzo tangenziale nella sezione m, B e b larghezza della sezione trasversale dell'alveo indisturbato e della sezione trasversale in corrispondenza del restringimento, h_m tirante idrico nella sezione indisturbata e h_r tirante idrico nella sezione ristretta a processo di erosione generalizzata completamente sviluppatosi nel tempo.

Tale espressione in condizione di acque chiare in condizione di moto incipiente, imponendo cioè $\tau_m = \tau_c$ diventa :

$$\frac{h_r}{h_m} = \left(\frac{B}{b} \right)^{\frac{6}{7}}$$

Nota h_r , nell'ipotesi in cui in corrispondenza dell'attraversamento la quota del pelo libero, rispetto al fondo alveo indisturbato, rimanga costante nel tempo, la profondità di scavo d_s può calcolarsi, essendo noto $h_{r,t=0}$ (tirante nel restringimento prima dell'inizio dell'erosione) dalla $d_s = h_r - h_{r,t=0}$.

Viadotto	N° Sezione	Elemento	Numero	B (m)	b (m)	h_m (m)	h_r (m)	$h_{r,t=0}$ (m)	d_s (m)
Giulfo	10	Viadotto		70,16	70,16	1,12	1,12	1,12	0,000
	11	Viadotto		60,24	69,79	1,09	0,96	1,37	-0,409
Favarella	7	Viadotto		17,35	19,90	0,76	0,68	0,86	-0,184
	8	Viadotto		10,99	11,01	1,11	1,11	1,11	-0,002
	10	Viadotto		15,90	18,20	1,14	1,02	1,26	-0,245
	11	Viadotto		7,93	7,93	1,04	1,04	1,04	0,000
Fosso Murgia	4	Viadotto		24,08	30,37	1,88	1,54	2,33	-0,789
	5	Viadotto		25,74	37,52	1,89	1,37	2,70	-1,332
	6	Viadotto		26,11	33,33	2,07	1,68	2,53	-0,851
	7	Viadotto		23,59	54,86	2,33	1,13	3,33	-2,200
San Giuliano	9	Viadotto		2,75	2,74	0,93	0,93	0,93	0,003
	10	Viadotto		2,46	2,46	0,92	0,92	0,92	0,000
	12	Viadotto		1,42	1,33	1,25	1,32	1,18	0,142
	13	Viadotto		2,48	2,48	0,95	0,95	0,95	0,000
San Filippo Neri	10	Viadotto		6,83	7,85	0,64	0,57	0,74	-0,172
	11	Viadotto		6,00	5,99	0,59	0,59	0,59	0,001
	13	Viadotto		4,67	4,98	0,95	0,90	0,99	-0,091
	14	Viadotto		4,52	4,52	0,79	0,79	0,79	0,000
Arenella I	5	Viadotto		68,62	68,62	2,80	2,80	2,80	0,000
	6	Viadotto		56,11	61,16	2,69	2,50	2,98	-0,482
	8	Viadotto		53,61	57,98	2,60	2,43	2,88	-0,449
	9	Viadotto		51,01	54,73	3,38	3,18	3,66	-0,478

Arenella II	5	Viadotto		98,47	98,47	3,83	3,83	3,83	0,000
	6	Viadotto		90,31	100,79	2,17	1,98	3,05	-1,075
	8	Viadotto		82,70	93,37	1,93	1,74	2,81	-1,071
	9	Viadotto		74,27	90,39	1,39	1,17	2,71	-1,535

Arenella III	62	Viadotto	1	93,63	93,63	3,73	3,73	3,73	0,000
	63	Viadotto	1	50,62	47,59	2,57	2,71	2,56	0,150
	64	Viadotto	2	58,45	54,87	2,84	3,00	2,79	0,208
	65	Viadotto	2	52,05	50,10	2,22	2,29	2,30	-0,006
	66	Viadotto	2	75,40	69,99	2,84	3,03	2,91	0,117
	67	Viadotto	2	71,98	67,93	2,81	2,95	2,91	0,043
	68	Viadotto	2	53,96	53,48	2,77	2,79	2,90	-0,109
	69	Viadotto	2	38,72	38,72	2,01	2,01	2,01	0,000
	70	Viadotto	1	34,98	34,94	3,47	3,47	3,47	0,003
	71	Viadotto	2	36,07	36,02	1,61	1,61	1,60	0,012
	74	Viadotto	2	342,87	336,85	6,30	6,40	6,30	0,096
	75	Viadotto	2	305,90	299,90	7,18	7,30	7,18	0,123
	76	Viadotto	2	267,34	261,62	6,61	6,73	6,61	0,124
	77	Viadotto	1	249,38	245,92	6,28	6,36	6,28	0,076
	78	Viadotto	2	233,85	231,41	6,06	6,11	6,07	0,045
	79	Viadotto	1	176,59	173,87	6,03	6,11	6,03	0,081
	80	Viadotto	2	93,84	91,05	5,68	5,83	5,69	0,139
	81	Viadotto	1	112,16	109,55	1,21	1,23	1,21	0,025
82	Viadotto	2	123,75	120,97	1,14	1,16	1,15	0,012	
83	Viadotto	2	130,24	131,03	1,18	1,17	1,15	0,024	
84	Viadotto	1	125,75	123,15	5,10	5,19	5,11	0,082	
85	Viadotto	2	104,52	104,66	4,98	4,97	4,99	-0,016	

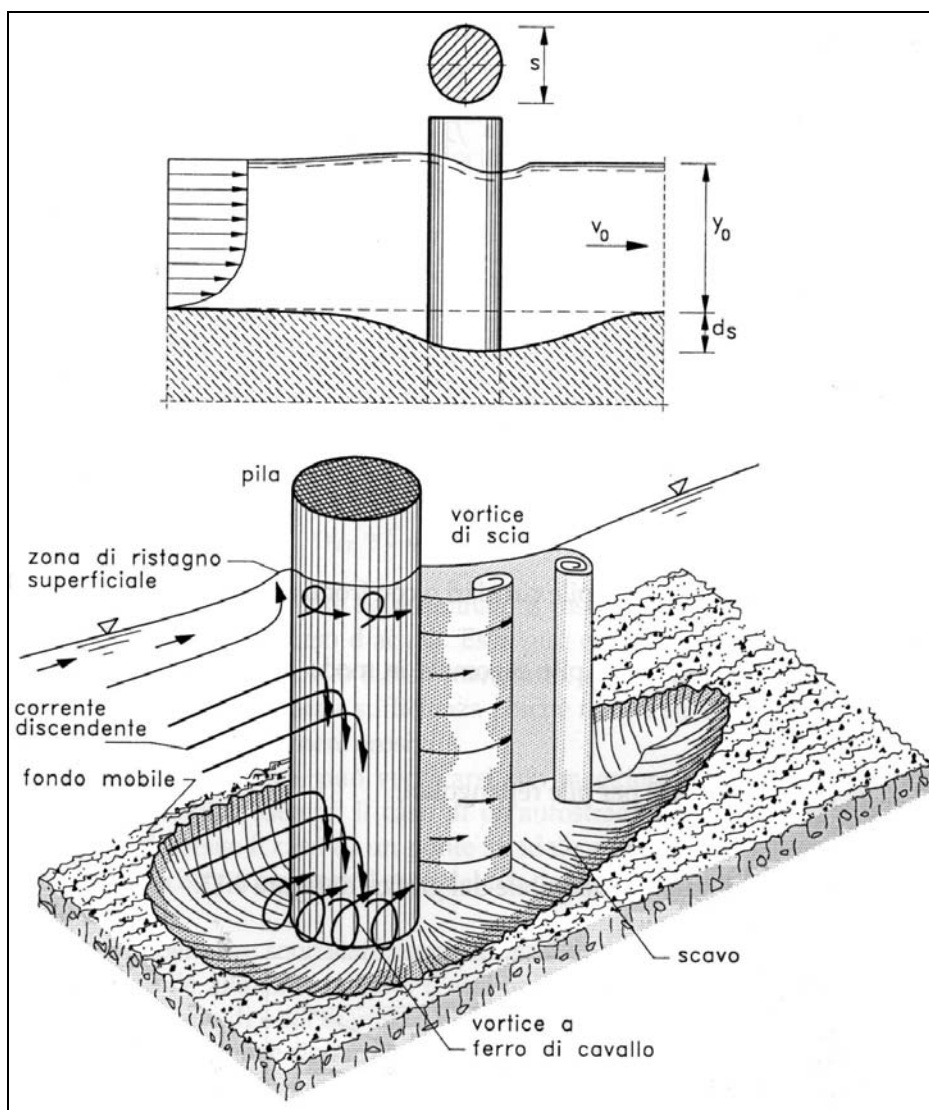
Salso	19	Viadotto	2	239,16	243,14	4,80	4,73	5,02	-0,287
	20	Viadotto	2	212,72	221,61	4,62	4,46	4,96	-0,499
	21	Viadotto	2	203,63	192,92	5,22	5,47	5,11	0,357
	23	Viadotto	1	236,68	232,92	5,91	5,99	5,89	0,102
	24	Viadotto	1	231,99	220,53	5,98	6,25	5,86	0,385
	25	Viadotto	1	254,46	245,96	6,02	6,20	5,95	0,248
	26	Viadotto	1	260,50	248,04	5,45	5,68	5,31	0,374
	27	Viadotto	2	276,18	315,80	5,96	5,31	6,56	-1,247
	28	Viadotto	2	259,40	291,95	5,07	4,58	5,51	-0,929
	29	Viadotto	2	281,69	306,45	5,31	4,94	5,68	-0,740
	30	Viadotto	2	268,02	297,42	5,26	4,81	5,66	-0,849

Serra	9	Viadotto		3,27	3,27	0,87	0,87	0,87	0,000
	10	Viadotto		5,65	4,06	0,84	1,12	0,60	0,515

4.2.3 Erosione localizzata in corrispondenza delle pile e delle spalle del ponte

L'erosione localizzata alla base delle pile o delle spalle è una delle cause più frequenti di crollo o danneggiamento dei manufatti di attraversamento fluviale.

La causa principale dell'erosione localizzata in corrispondenza delle pile è la formazione di vortici alla loro base, che sono comunemente detti "vortici a ferro di cavallo".



Come evidenziato nella figura, essi sono causati dall'arresto della corrente idrica sulla superficie di monte della pila, che, a causa del gradiente delle pressioni di ristagno

che si instaura lungo la verticale, provoca un flusso in direzione della base della pila stessa, dove si sviluppano vortici tali da provocare la rimozione del materiale d'alveo. Al crescere della profondità dello scavo, l'energia del vortice tende a diminuire, sicché l'escavazione tende a raggiungere una profondità di equilibrio. Oltre al vortice a ferro di cavallo, a valle della pila si formano vortici ad asse verticale che pure contribuiscono alla rimozione di materiale d'alveo; tuttavia, l'intensità di questi ultimi vortici diminuisce rapidamente al crescere della distanza dalla pila, sicché spesso, immediatamente a valle del ponte, si ha la deposizione del materiale asportato.

L'altezza di scavo raggiungibile in condizioni di assenza di trasporto solido è superiore alla corrispondente in presenza di trasporto, e, dopo una fase iniziale di crescita, oscilla attorno alla configurazione di equilibrio per effetto del continuo succedersi di fasi di parziale riempimento e successivo approfondimento dello scavo. Si può ritenere che la massima altezza di scavo sia superiore in percentuale pari a circa il 10% rispetto all'altezza raggiunta all'equilibrio (Richardson e Davis, 1995).

I principali fattori che influenzano il processo di erosione alla base delle pile sono la velocità e la profondità della corrente, la larghezza della pila e la sua forma, la lunghezza della pila e l'angolo d'attacco della corrente, la natura del materiale d'alveo e l'eventuale presenza di detriti trasportati dalla corrente.

Numerose formulazioni per il calcolo della profondità dello scavo localizzato sono state proposte anche recentemente nella letteratura scientifica internazionale, a seguito di diverse sperimentazioni effettuate in laboratorio in riferimento sia alla condizione di equilibrio sia all'evoluzione nel tempo del fenomeno. Esse sono generalmente riferite a situazioni corrispondenti a presenza di trasporto solido (live bed) e materiale d'alveo privo di coesione.

Per il calcolo Nel seguito si riporta l'espressione per il calcolo dell'erosione localizzata.

Per la valutazione della profondità di scavo d_s si fa alla formula proposta dall'Autorità di Bacino del Po a fondamento sperimentale :

$$\frac{d_s''}{s} = f_1\left(\frac{v_o}{v_{cr}}\right) * (2 \tanh\left(\frac{y_o}{s}\right)) * f_2(forma) * f_3(\alpha; l/s)$$

essendo :

d_s' (m) = Profondità di scavo misurata a partire dal fondo alveo indisturbato;

s (m) = Larghezza della pila in alveo;

l (m) = Lunghezza della pila in alveo;

V_o (m/s) = Velocità media della corrente indisturbata;

V_{cr} (m/s) = Velocità critica di trascinamento, velocità media della corrente alla quale inizia il movimento del materia

d (m) = Diametro del materiale costituente il fondo alveo;

α (°) = Angolo che la corrente indisturbata forma con la pila;

y_o (m) = Velocità media della corrente indisturbata;

Fattore f_1

Il fattore f_1 dipende dal rapporto tra la velocità della corrente indisturbata e la velocità critica di trascinamento della corrente alla quale inizia il movimento del materiale del fondo di diametro d ;

$$\begin{aligned} f_1(V_o / V_{cr}) &= 0 && \text{per } V_o / V_{cr} \\ f_1(V_o / V_{cr}) &= 2 * V_o / V_{cr} - 1 && \text{per } 0,5 < V_o / V_{cr} \\ f_1(V_o / V_{cr}) &= 1 && \text{per } V_o / V_{cr} \end{aligned}$$

Per il calcolo della velocità critica di trascinamento si adotta la formula :

$$v_{cr} = 0,85 \sqrt{2gd \frac{\gamma_s - \gamma}{\gamma}}$$

essendo :

g (m/s²) = Accelerazione di gravità;

d (m) = Diametro del materiale costituente il fondo alveo;

nel caso di miscugli $d = d_{50}$

d_{50} (m) = Maglia del setaccio che lascia passare il 50% in peso del miscuglio;

γ (kg/mc) = Peso specifico dell'acqua;

γ_s (kg/mc) = Peso specifico dei grani costituente il materiale di fondo;

Velocità critica tipica di alcuni materiali

Sezione	γ (kg/mc)	γ_s (kg/mc)	$d = d_{50}$ (mm)	V_{cr} (m/s)
argilla fine	1.000	2.600	0,001	0,005
limo fine	1.000	2.600	0,012	0,016
sabbia fine	1.000	2.600	0,185	0,065
sabbia grossa	1.000	2.600	0,75	0,130
ghiaia media	1.000	2.600	6	0,369
ciotoli medi	1.000	2.600	100	1,506
massi medi	1.000	2.600	950	4,642
massi grossi	1.000	2.600	2000	6,735

Fattore f_2

Il fattore f_2 dipende dalla forma della pila in alveo e vale :

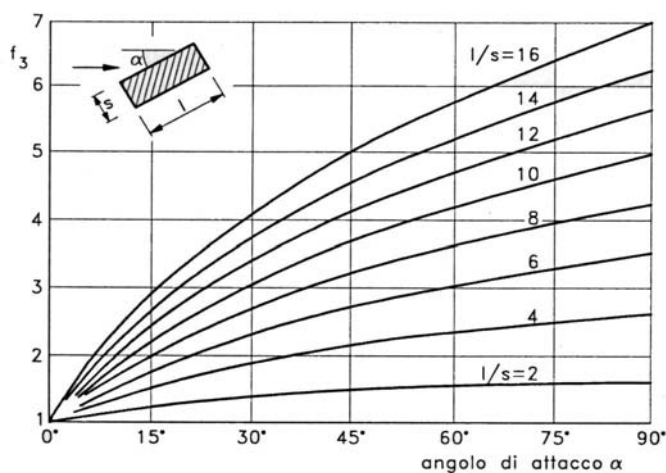
- 1,00 per pile circolari o con fronti arrotondati "C",
- 0,75 per pile sagomate in modo da accompagnare la corrente "S",
- 1,30 per pile rettangolari "R",
- 1,10 per pile rettangolari a nasi arrotondati "RR".

Fattore f_3

Il fattore f_3 dipende dal rapporto tra larghezza e lunghezza della pila in relazione all'angolo di incidenza α della direzione della corrente con l'inclinazione della pila.

Tale valore si può ricavare direttamente dal grafico sotto riportato o utilizzando l'espressione proposta da Hoffmans e Vereij (1997) .

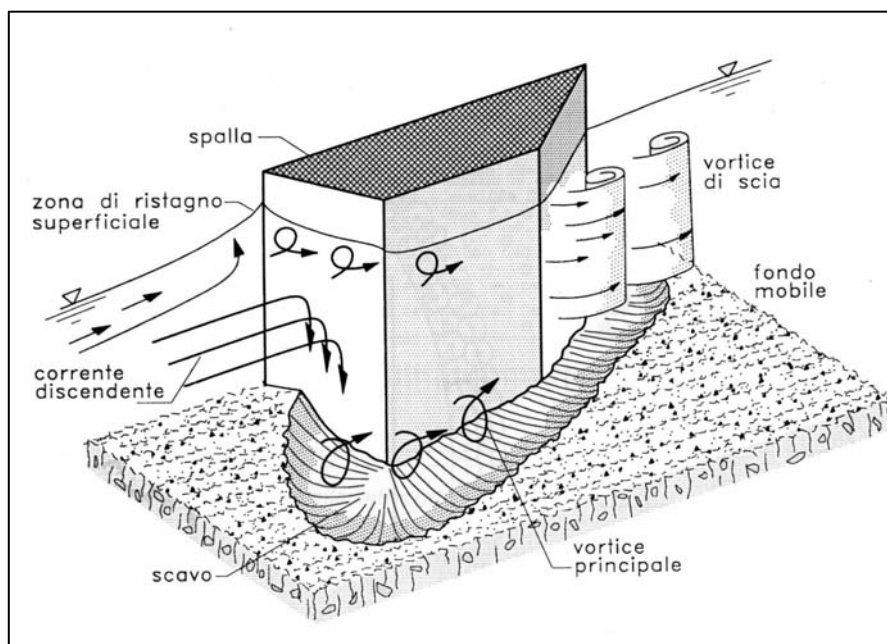
$$f_3(\alpha, l/s) = (\cos \alpha + l/s \sin \alpha)^{0.62}$$



Erosione alla base delle spalle dei ponti

Le formule proposte in letteratura per il calcolo dell'erosione in corrispondenza delle basi delle spalle del ponte risultano meno numerose di quelle elaborate in riferimento alle pile.

Inoltre la notevole variabilità delle altezze di scavo fomite da alcune fra le formule proposte in letteratura, inducono ad utilizzare i risultati ottenuti in modo largamente approssimativo rispetto alla realtà.



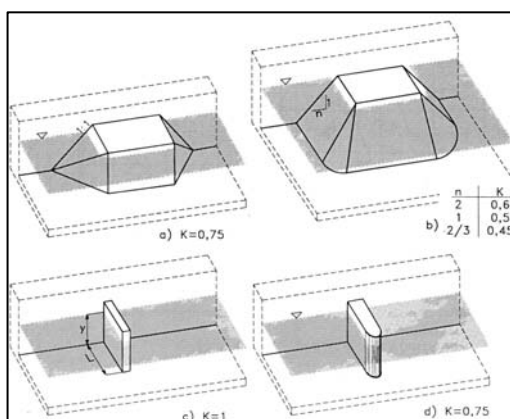
Di seguito si utilizza l'espressione proposta da Melville (1992), elaborata sulla base di prove di laboratorio effettuate in condizione di acque chiare e per ostacoli posti perpendicolarmente al flusso della corrente:

$$d_s''' = 2 K L \quad \text{per } L/y_0 < 1$$

$$d_s''' = 2 K^* (Y_0 L)^{0,5} \quad \text{per } 1 \leq L/y_0 < 25 \quad K^* = K + (1-K)(0,1 y_0/L - 1,5)$$

$$d_s''' = 10 y_0$$

Coefficiente K per diversi tipi di spalle o pennelli da impiegarsi nella formula di Melville.



Si riportano di seguito i tabulati di calcolo dello scavo per effetto dell'erosione localizzata nelle pile dei viadotti e nelle spalle dei ponti.

Tabulato di calcolo erosioni localizzate

Vadotto	Sezione / n° pila	Geometria Pila			Angolo pila corrente α (°)	Corrente indisturbata		Grani fondo altro Peso specif. γ_s (kg/mc)	Diametro $d = d_{50}$ (mm)	V_{cr} (m/s)	V_o / V_{cr}	$F_1 (V_o / V_{cr})$	F_2 (forma)	F_3 (α , l/s)	Profond. Scavo d_s (m)		
		Lunghezza s (m)	Lunghezza l (m)	l/s		forma pila	Velocità V_o (m/s)									Tirante y_o (m)	Peso specif. γ (kg/mc)
Gulfo	10 PL	2,00	3,50	1,8	R	24	3,40	1,40	1,000	2,600	0,185	0,06	52,49	1,0000	1,30	1,35	4,247
	11 PL	2,00	3,50	1,8	R	24	2,82	1,12	1,000	2,600	0,185	0,06	43,53	1,0000	1,30	1,35	3,570
Favarella	7 PL	3,00	3,00	1,0	C	28	3,01	1,62	1,000	2,600	0,185	0,06	46,47	1,0000	1,00	1,00	2,958
	8 PL	3,00	3,00	1,0	C	28	2,93	0,86	1,000	2,600	0,185	0,06	45,23	1,0000	1,00	1,00	1,674
	10 PL	3,00	3,00	1,0	C	28	3,34	1,33	1,000	2,600	0,185	0,06	51,56	1,0000	1,00	1,00	2,498
	11 PL	3,00	3,00	1,0	C	28	3,12	1,26	1,000	2,600	0,185	0,06	48,17	1,0000	1,00	1,00	2,382
Fosso Muntia	4 PL	2,00	3,50	1,8	R	7	5,00	2,43	1,000	2,600	0,185	0,06	77,19	1,0000	1,30	1,12	4,895
	5 PL	2,00	3,50	1,8	R	7	4,17	2,33	1,000	2,600	0,185	0,06	64,38	1,0000	1,30	1,12	4,804
	6 PL	2,00	3,50	1,8	R	33	3,24	2,70	1,000	2,600	0,185	0,06	50,02	1,0000	1,30	1,44	6,525
	7 PL	2,00	3,50	1,8	R	33	4,11	2,53	1,000	2,600	0,185	0,06	63,45	1,0000	1,30	1,44	6,364
San Giuliano	9 PL	3,00	3,00	1,0	C	23	6,98	1,36	1,000	2,600	0,185	0,06	107,76	1,0000	1,00	1,00	2,548
	10 PL	3,00	3,00	1,0	C	23	5,03	0,93	1,000	2,600	0,185	0,06	77,65	1,0000	1,00	1,00	1,803
San Filippo Neri	10 PL	3,00	3,50	1,2	R	35	2,57	0,75	1,000	2,600	0,185	0,06	39,68	1,0000	1,30	1,28	2,444
	11 PL	3,00	3,50	1,2	R	35	2,63	0,74	1,000	2,600	0,185	0,06	40,60	1,0000	1,30	1,28	2,413
	13 PL	3,00	3,50	1,2	R	0	3,61	0,88	1,000	2,600	0,185	0,06	55,73	1,0000	1,30	1,00	2,225
	14 PL	3,00	3,50	1,2	R	0	3,23	0,99	1,000	2,600	0,185	0,06	49,86	1,0000	1,30	1,00	2,484
Arenella I	5 PL	3,00	3,00	1,0	C	21	2,46	2,98	1,000	2,600	0,01	0,02	163,35	1,0000	1,00	1,00	4,553
	6 PL	3,00	3,00	1,0	C	21	1,66	2,80	1,000	2,600	0,01	0,02	110,22	1,0000	1,00	1,00	4,393
	8 PL	3,00	3,00	1,0	C	21	1,76	2,93	1,000	2,600	0,01	0,02	116,86	1,0000	1,00	1,00	4,510
9 PL	3,00	3,00	1,0	C	21	1,77	2,88	1,000	2,600	0,01	0,02	117,53	1,0000	1,00	1,00	4,466	

Tabulato di calcolo erosioni localizzate

Vidotto	Sezione / n° pila	Geometria Pila			Angolo pila corrente α (°)	Corrente indisturbata		Grani fondo alveo		V_{cr} (m/s)	V_o / V_{cr}	$f_1 (V_o / V_{cr})$	$f_2 (forma)$	$f_3 (\alpha, l/s)$	Profond. Scavo d_1 (m)	
		Larghezza s (m)	Lunghezza l (m)	l/s		forma pila	Velocità V_o (m/s)	Tirante y_o (m)	Peso specif. γ (kg/mc)							Peso specif. γ_s (kg/mc)
Arenella II	5 PL	3,00	3,00	1,0	C	30	5,07	3,27	1,000	2,600	0,01	0,02	336,65	1,0000	1,00	4,781
	6 PL	3,00	3,00	1,0	C	30	1,68	3,83	1,000	2,600	0,01	0,02	111,55	1,0000	1,00	5,134
	8 PL	3,00	3,00	1,0	C	30	0,01	2,92	1,000	2,600	0,01	0,02	0,66	0,3280	1,00	1,476
	9 PL	3,00	3,00	1,0	C	30	0,01	2,81	1,000	2,600	0,01	0,02	0,66	0,3280	1,00	1,444
Arenella III	62 PL	3,00	3,00	1,0	C	0	2,01	2,56	1,000	2,600	0,01	0,02	133,47	1,0000	1,00	4,157
	63 PL	3,00	3,00	1,0	C	0	3,45	2,79	1,000	2,600	0,01	0,02	229,08	1,0000	1,00	4,384
	64 PL	3,00	3,00	1,0	C	0	3,53	2,30	1,000	2,600	0,01	0,02	234,39	1,0000	1,00	3,870
	65 PL	3,00	3,00	1,0	C	0	3,41	2,91	1,000	2,600	0,01	0,02	226,43	1,0000	1,00	4,492
	66 PL	3,00	3,00	1,0	C	0	4,05	2,91	1,000	2,600	0,01	0,02	268,92	1,0000	1,00	4,492
	67 PL	3,00	3,00	1,0	C	0	2,20	2,90	1,000	2,600	0,01	0,02	146,08	1,0000	1,00	4,483
	68 PL	3,00	3,00	1,0	C	0	2,50	2,01	1,000	2,600	0,01	0,02	166,00	1,0000	1,00	3,510
	69 PL	3,00	3,00	1,0	C	0	3,56	3,47	1,000	2,600	0,01	0,02	236,39	1,0000	1,00	4,920
	70 PL	3,00	3,00	1,0	C	0	6,31	1,60	1,000	2,600	0,01	0,02	418,99	1,0000	1,00	2,928
	71 PL	3,00	3,00	1,0	C	0	4,17	6,30	1,000	2,600	0,01	0,02	276,89	1,0000	1,00	5,823
	74 PL	3,00	3,00	1,0	C	0	3,31	7,18	1,000	2,600	0,01	0,02	219,79	1,0000	1,00	5,901
	75 PL	3,00	3,00	1,0	C	0	1,00	6,61	1,000	2,600	0,01	0,02	66,40	1,0000	1,00	5,855
	76 PL	3,00	3,00	1,0	C	0	1,11	6,28	1,000	2,600	0,01	0,02	73,70	1,0000	1,00	5,820
	77 PL	3,00	3,00	1,0	C	0	1,08	6,07	1,000	2,600	0,01	0,02	71,71	1,0000	1,00	5,794
	78 PL	3,00	3,00	1,0	C	0	1,07	6,03	1,000	2,600	0,01	0,02	71,05	1,0000	1,00	5,788
	79 PL	3,00	3,00	1,0	C	0	0,87	5,69	1,000	2,600	0,01	0,02	57,77	1,0000	1,00	5,736
	80 PL	3,00	3,00	1,0	C	0	1,20	4,21	1,000	2,600	0,01	0,02	79,68	1,0000	1,00	2,297
81 PL	3,00	3,00	1,0	C	0	1,21	4,15	1,000	2,600	0,01	0,02	80,34	1,0000	1,00	2,194	
82 PL	3,00	3,00	1,0	C	0	1,21	4,15	1,000	2,600	0,01	0,02	80,34	1,0000	1,00	2,194	
83 PL	3,00	3,00	1,0	C	0	1,15	5,11	1,000	2,600	0,01	0,02	76,36	1,0000	1,00	5,615	
84 PL	3,00	3,00	1,0	C	0	1,15	4,99	1,000	2,600	0,01	0,02	76,36	1,0000	1,00	5,584	
85 PL	3,00	3,00	1,0	C	0	1,26	5,11	1,000	2,600	0,01	0,02	83,66	1,0000	1,00	5,615	

Tabulato di calcolo erosioni localizzate

Viadotto	Sezione / n° pila	Geometria Pila			Angolo pila/corrente α (°)	Corrente indisturbata		Grani fondo alveo		V_{cr} (m/s)	V_0 / V_{cr}	$F_1 (V_0 / V_{cr})$	F_2 (forma)	$F_3 (\alpha, l/s)$	Profond. Scavo d_3^* (m)		
		Larghezza s (m)	Lunghezza l (m)	l/s		forma pila	Velocità V_0 (m/s)	Tirante Y_0 (m)	Peso specif. γ (kg/mc)							Peso specif. γ_s (kg/mc)	Diametro $d = d_{50}$ (mm)
Salso	19 PL	3,00	3,00	1,0	C	6,28	4,65	1,000	2,600	0,01	417,00	1,0000	1,00	1,00	5,483		
	20 PL	3,00	3,00	1,0	C	5,56	5,02	1,000	2,600	0,01	369,19	1,0000	1,00	1,00	5,592		
	21 PL	3,00	3,00	1,0	C	6,57	4,96	1,000	2,600	0,01	436,25	1,0000	1,00	1,00	5,576		
	23 PL	3,00	3,00	1,0	C	6,38	5,33	1,000	2,600	0,01	423,64	1,0000	1,00	1,00	5,666		
	24 PL	3,00	3,00	1,0	C	5,73	5,89	1,000	2,600	0,01	380,48	1,0000	1,00	1,00	5,768		
	25 PL	3,00	3,00	1,0	C	6,11	5,86	1,000	2,600	0,01	405,71	1,0000	1,00	1,00	5,763		
	26 PL	3,00	3,00	1,0	C	7,23	5,95	1,000	2,600	0,01	480,08	1,0000	1,00	1,00	5,777		
	27 PL	3,00	3,00	1,0	C	9,49	5,31	1,000	2,600	0,01	630,14	1,0000	1,00	1,00	5,662		
	28 PL	3,00	3,00	1,0	C	3,89	6,56	1,000	2,600	0,01	258,30	1,0000	1,00	1,00	5,851		
	29 PL	3,00	3,00	1,0	C	5,97	5,51	1,000	2,600	0,01	396,41	1,0000	1,00	1,00	5,703		
	30 PL	3,00	3,00	1,0	C	5,64	5,68	1,000	2,600	0,01	374,50	1,0000	1,00	1,00	5,734		

4.2.4 Riepilogo dello scavo totale per effetto delle erosioni nelle pile e nelle spalle dei viadotti.

Le fondazioni delle pile e delle spalle andranno dimensionate in modo da sopportare direttamente il massimo scalzamento prevedibile, utilizzando uno schema di calcolo che considera scoperto il tratto di palo compreso tra la testa e la quota di massimo scavo.

Inoltre per evitare l'innescò di fosse e discontinuità del fondo alveo in prossimità delle pile e delle spalle verranno realizzati dei rivestimenti costituiti da una gettata di massi di adeguata pezzatura alla rinfusa, o da materassi tipo reno riempiti da pietrame calcareo.

Per le finalità di cui sopra si riportano di seguito i tabulati riepilogativi dello scavo totale nelle pile e nelle spalle dei ponti e viadotti per effetto dell'erosione generalizzata e locale.

Viadotto	N° Sezione	Elemento	Numero	Erosione	Erosione localizzata		Scavo totale Σds (m)
				Generalizzata d_g' (m)	Pile ponti d_p'' (m)	Spalle ponti d_s'' (m)	
Giulfo	10	Viadotto		0,000	4,247		4,25
	11	Viadotto		0,409	3,570		3,98
Favarella	7	Viadotto		0,184	2,958		3,14
	8	Viadotto		0,002	1,674		1,68
	10	Viadotto		0,245	2,498		2,74
	11	Viadotto		0,000	2,382		2,38
Fosso Miumia	4	Viadotto		0,789	4,895		5,68
	5	Viadotto		1,332	4,804		6,14
	6	Viadotto		0,851	6,525		7,38
	7	Viadotto		2,200	6,364		8,56
San Gialiano	9	Viadotto		0,003	2,548		2,55
	10	Viadotto		0,000	1,803		1,80
	12	Viadotto		0,142			0,14
	13	Viadotto		0,000			0,00
San Filippo Neri	10	Viadotto		0,172	2,444		2,62
	11	Viadotto		0,001	2,413		2,41
	13	Viadotto		0,091	2,225		2,32
	14	Viadotto		0,000	2,484		2,48
Arenella I	5	Viadotto		0,000	4,553		4,55
	6	Viadotto		0,482	4,393		4,87
	8	Viadotto		0,449	4,510		4,96
	9	Viadotto		0,478	4,466		4,94
Arenella II	5	Viadotto		0,000	4,781		4,78
	6	Viadotto		1,075	5,134		6,21
	8	Viadotto		1,071	1,476		2,55
	9	Viadotto		1,535	1,444		2,98

Viadotto	N° Sezione	Elemento	Numero	Erosione Generalizzata d_s' (m)	Erosione localizzata		Scavo totale Σds (m)
					Pile ponti d_s^+ (m)	Spalle ponti d_s'' (m)	
Arenella III	62	Viadotto	1	0,000	4,157		4,16
	63	Viadotto	1	0,150	4,384		4,53
	64	Viadotto	2	0,208	3,870		4,08
	65	Viadotto	2	0,006	4,492		4,50
	66	Viadotto	2	0,117	4,492		4,61
	67	Viadotto	2	0,043	4,483		4,53
	68	Viadotto	2	0,109	3,510		3,62
	69	Viadotto	2	0,000	4,920		4,92
	70	Viadotto	1	0,003	2,928		2,93
	71	Viadotto	2	0,012	5,823		5,83
	74	Viadotto	2	0,096	5,901		6,00
	75	Viadotto	2	0,123	5,855		5,98
	76	Viadotto	2	0,124	5,820		5,94
	77	Viadotto	1	0,076	5,794		5,87
	78	Viadotto	2	0,045	5,788		5,83
	79	Viadotto	1	0,081	5,736		5,82
	80	Viadotto	2	0,139	2,297		2,44
81	Viadotto	1	0,025	2,194		2,22	
82	Viadotto	2	0,012	2,194		2,21	
83	Viadotto	2	0,024	5,615		5,64	
84	Viadotto	1	0,082	5,584		5,67	
85	Viadotto	2	0,016	5,615		5,63	
Salso	19	Viadotto	2	0,287	5,483		5,77
	20	Viadotto	2	0,499	5,592		6,09
	21	Viadotto	2	0,357	5,576		5,93
	23	Viadotto	1	0,102	5,666		5,77
	24	Viadotto	1	0,385	5,768		6,15
	25	Viadotto	1	0,248	5,763		6,01
	26	Viadotto	1	0,374	5,777		6,15
	27	Viadotto	2	1,247	5,662		6,91
	28	Viadotto	2	0,929	5,851		6,78
	29	Viadotto	2	0,740	5,703		6,44
30	Viadotto	2	0,849	5,734		6,58	
Serra	9	Viadotto		0,000			0,00
	10	Viadotto		0,515			0,52

4.3 Verifiche delle tensioni di trascinamento

Le strutture in alveo di un ponte o dei viadotti, alla luce delle superiori considerazioni, possono innescare o incrementare gli effetti erosivi propri della corrente fluviale. Al fine di preservare e fissare il fondo alveo dall'erosione propria prodotta della corrente, nei tratti subito a valle delle zone interessate dalle fondazioni delle strutture in alveo, si posizionano delle soglie di fondo.

Mentre in prossimità delle pile e delle spalle, non protette da soglie di fondo, si inseriscono dei rivestimenti con scogliere in pietrame calcareo alla rinfusa.

Nel calcolo sia di progettazione che di verifica delle protezioni radenti, si fa riferimento a due metodi generali basati sull'ammissibilità per un materiale ad essere utilizzato: secondo la velocità e la tensione di trascinamento.

Il metodo della velocità è sicuramente il più semplice da utilizzarsi in quanto risulta sicuramente più agevole misurare o calcolare una velocità media in una sezione piuttosto che le tensioni tangenziali. Anche se quest'ultimo metodo è sicuramente più corretto dal punto di vista scientifico.

Ai fini della valutazione dell'efficacia antiersiva di una protezione è necessario considerare, come detto, tutti i parametri idraulici e geometrici: altezza d'acqua della corrente, pendenza della sponda, andamento planimetrico del corso d'acqua, durata dell'evento di piena; ciò significa, in altri termini, che occorre esprimere risultati di prove sperimentali e le conseguenti indicazioni progettuali in termini di tensioni tangenziali ammissibili, tecnicamente più significative del parametro idraulico velocità della corrente.

Di estrema importanza per alcuni materiali o tecniche è infine anche il riferimento alla durata della sollecitazione stessa: in ambito fluviale oltre al picco di piena è di fondamentale importanza considerare la durata complessiva dell'evento.

Tale fattore non riguarda le protezioni spondali in cui la resistenza al trascinamento è garantita dal peso del materiale costituente la protezione: per una scogliera non si ha crisi della protezione finché non viene raggiunta la tensione tangenziale critica di inizio movimento, che dipende esclusivamente dalla forma del pietrame e dalle sue dimensioni; per materassi e gabbioni l'azione di contenimento della rete incrementa tale resistenza, permettendo che avvenga un movimento parziale all'interno delle tasche senza crisi della protezione.

4.3.1 Metodo delle tensioni di trascinamento

Questo procedimento si basa sul confronto tra le tensioni tangenziali massime di trascinamento nel punto di verifica prescelto, generate dalla corrente, e quelle resistenti, massime ammissibili, per il materiale ivi presente.

La formula per calcolare la tensione tangenziale massima di trascinamento al fondo fa riferimento al raggio idraulico R , alla pendenza del pelo libero della corrente, essa vale :

$$\tau_f = \gamma_w R i$$

avendo posto : τ_f (kg/mq) = tensione di trascinamento al fondo;

γ_w (kg/mc) = Peso specifico dell'acqua

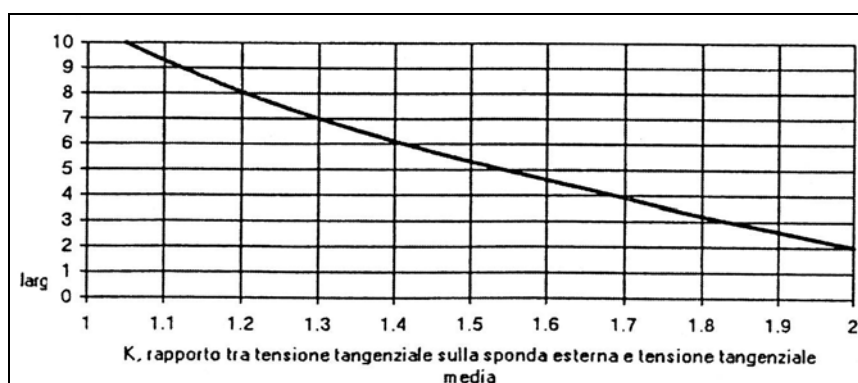
R (m) = Raggio idraulico

i (m/m) = Pendenza del pelo libero della corrente.

Se il punto è situato su una sponda lungo un'asta fluviale planimetricamente rettilinea, la tensione tangenziale massima è ridotta e vale sulla sponda rettilinea:

$$\tau_s = 0,75 \gamma_w R i$$

diversamente, se l'asta è in curva si ha un aumento della tensione tangenziale sulla sponda concava (esterna), di cui si tiene conto attraverso il coefficiente K , funzione del rapporto tra il raggio di curvatura e la larghezza del pelo libero dell'acqua.



Ne consegue che la tensione tangenziale massima al fondo assume la seguente espressione:

$$\tau_{sc} = 0,75 K \gamma_w R i.$$

Si riportano le tensioni di trascinamento valutate nelle diverse sezioni del corso d'acqua oggetto di verifica .

Sezione	Peso spec. acqua γ_w (kg/mc)	Raggio Idraulico R (m)	Pendenza Pelo libero i (m/m)	Raggio curv. alveo ρ (m)	Larghezza pelo libero L (m)			Tensione di trascinamento		
						ρ/L	K	Fondo τ_f (kg/mq)	Sponda τ_s (kg/mq)	Sponda curva τ_{sc} (kg/mq)

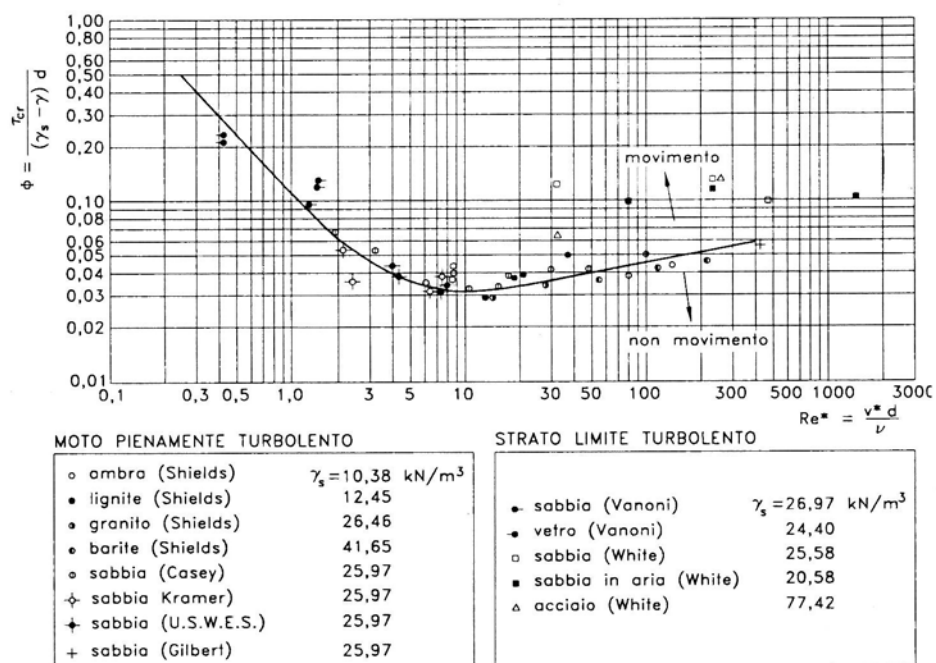
Vallone Giuffrò	10	1.000	0,604	0,010223	90,00	70,16	1,28	2,00	6,175	4,631	9,262
	11	1.000	0,857	0,003286	90,00	70,16	1,28	2,00	2,816	2,112	4,224
	12	1.000	0,638	0,011017	40,00	67,75	0,59	2,00	7,029	5,272	10,543
Vallone Favarella	7	1.000	0,423	0,026313					11,130	8,348	
	8	1.000	0,522	0,042407					22,136	16,602	
	9	1.000	0,432	0,021446					9,265	6,949	
	10	1.000	0,476	0,018257					8,690	6,518	
Vallone Fosso Mumia	4	1.000	1,11	0,009462					10,503	7,877	
	5	1.000	1,27	0,004443					5,629	4,222	
	6	1.000	1,09	0,008232					8,973	6,730	
	7	1.000	1,06	0,003111					3,288	2,466	
Vallone S. Giuliano	8	1.000	0,02	0,383838					9,558	7,168	
	9	1.000	0,03	0,136897					3,751	2,813	
	10	1.000	0,03	0,108459					3,774	2,831	
	11	1.000	0,03	0,190743					6,104	4,578	
	12	1.000	0,03	0,217701					6,640	4,980	
Vallone S. Filippo Neri	13	1.000	0,04	0,07933					3,030	2,273	
	5	1.000	0,39	0,094341					36,982	27,736	
	7	1.000	0,20	0,033823					6,765	5,073	
	13	1.000	0,45	0,037217					16,636	12,477	
Vallone Arenella 1	14	1.000	0,03	0,13305					4,391	3,293	
	5	1.000	1,55	0,000961					1,490	1,117	
	6	1.000	1,61	0,000964					1,551	1,163	
	7	1.000	1,61	0,001015					1,638	1,229	
	8	1.000	1,63	0,001056					1,716	1,287	
Vallone Arenella 3	9	1.000	1,78	0,000715					1,275	0,956	
	81	1.000	2,16	0,000408					0,879	0,659	
	77	1.000	2,41	0,000197					0,475	0,356	
	75	1.000	2,28	0,000263					0,600	0,450	
	74	1.000	2,14	0,000185					0,396	0,297	
	67	1.000	1,63	0,002887					4,709	3,532	
	64	1.000	1,42	0,006243					8,846	6,635	

Fiume Salso	24	1.000	2,36	0,004437					10,476	7,857	
	25	1.000	2,22	0,006114					13,585	10,189	
	26	1.000	1,77	0,012225					21,577	16,183	
	27	1.000	2,26	0,003615					8,181	6,136	
	28	1.000	2,12	0,004647					9,833	7,375	
	29	1.000	2,19	0,003912					8,583	6,437	
Ponte Serra	7	1.000	0,04	0,118582					4,672	3,504	
	8	1.000	0,03	0,141565					4,813	3,610	
	9	1.000	0,04	0,081232					3,136	2,352	
	10	1.000	0,03	0,210691					6,089	4,567	
	11	1.000	0,03	0,186785					5,697	4,273	
	12	1.000	0,02	1,82894					32,372	24,279	

4.3.2 Resistenza Al Trascinamento

Per quanto riguarda la resistenza al trascinamento si definisce tensione massima di trascinamento τ_{cr} la massima forza a partire dalla quale il materiale al fondo comincia a muoversi.

Sperimentalmente Shields, nell'ipotesi di letto formato da particelle uniformi non coesive di diametro d e peso specifico γ_s , imponendo la condizione di equilibrio alla traslazione, nel senso del moto, tra le forze agenti e resistenti propone la seguente curva:



In essa viene espressa la condizione di equilibrio, con riferimento ad una funzione del numero di Reynolds:

$$\frac{\tau_{cr}}{(\gamma_s - \gamma_w)d} = \Phi(R_e^*)$$

essendo :

τ_{cr} (kg/mq) = Tensione massima di trascinamento del materiale di diametro d ;

γ_s (kg/mc) = Peso specifico del materiale di fondo;

γ_w (kg/mc) = Peso specifico dell'acqua;

d (m) = Diametro dei grani costituenti il materiale di fondo;

$Re^* = (\tau_{cr} / \rho)^{0,5} d / \nu$ = Numero di Reynolds

ρ (Kg s²/ m⁴) = 101,94 (10°C) Densità dell'acqua;

ν (m²/s) = 1,31 10⁻⁶ (10°C), Viscosità cinematica dell'acqua.

In regime turbolento per $Re^* > 1000$, l'equazione si particolarizza nella:

$$\frac{\tau_{cr}}{(\gamma_s - \gamma_w)d} = 0,06$$

Nel caso di miscugli non omogenei, nel campo del regime turbolento, J.V. Egiazaroff propone :

$$\frac{\tau_{cr}}{(\gamma_s - \gamma_w)d} = \frac{0,1}{\left[\log_{10} \left(\frac{19d}{d_{50}} \right) \right]^2}$$

Essa consente di determinare la τ_{cr} per una particella di diametro d appartenente ad un miscuglio di diametro medio d_{50} .

La tensione di trascinamento per materassi tipo Reno, gabbioni metallici e scogliere in pietrame sciolto tipo rip-rap, si scrive, sempre secondo l'espressione sperimentamente di Shields,

$$\frac{\tau_{cr}}{(\gamma_s - \gamma_w)d_m} = \Phi(R_e^*)$$

con : d_m (m) = Diametro medio del pietrame costituente i gabbioni o le scogliere,

Φ (Re^*) = 0,047 per pietrame sciolto tipo rip-rap; 0,1 per pietrame contenuto da rete metallica.

Si riportano di seguito i tabulati di calcolo delle tensioni di trascinamento resistenti, per miscugli di materiale nel fondo alveo e per rivestimenti con scogliere in pietrame sciolto o con gabbioni.

Tabulato delle tensioni di trascinamento resistenti nei miscugli di materiali.

Sezione	Peso specifico		Diametro materiale d (mm)	Diametro miscuglio d_{50} (mm)	Tensione trascinamento 1° tentativo kg/mq	Numero Reynolds Re^*	$\Phi(Re^*)$	Tensione trascinamento τ_{cr} kg/mq	
	grani γ_s (kg/mc)	acqua γ_w (kg/mc)							
tipo	2.600	1.000	0,01	0,185	11,9279	2,61	745,491	0,050	0,0008
tipo	2.600	1.000	0,10	0,185	0,0156	0,95	0,098	0,110	0,0176
tipo	2.600	1.000	1,00	0,185	0,0395	15,03	0,025	0,500	0,8000
tipo	2.600	1.000	2,00	0,185	0,0598	36,99	0,019	0,510	1,6320

Tabulato delle tensioni di trascinamento resistenti nei rivestimenti in pietrame.

Sezione		Peso specifico		Diametro materiale d_m (mm)	Φ (Re^*)	Tensione trascinamento τ_{cr} kg/mq
n°	tipo protezione	materiale γ_s (kg/mc)	acqua γ_w (kg/mc)			
tipo	gabbioni	2.300	1.000	250,00	0,100	32,50
tipo	m. reno	2.300	1.000	100,00	0,100	13,00
tipo	scogli a	2.600	1.000	500,00	0,047	37,60
tipo	scogli b	2.600	1.000	300,00	0,047	22,56

4.3.3 Verifica in termini di tensione di trascinamento dei rivestimenti in pietrame

Le opere in gabbioni, materassi e scogliere in pietrame hanno trovato ampia applicazione nella costituzione di difese spondali radenti dimostrando una spiccata rinaturalizzazione. Vegetazione e scogliere-gabbioni-materassi hanno dimostrato di poter convivere ed offrire vicendevolmente condizioni ottimali di sviluppo, rappresentando una reale esemplificazione del concetto di base della ingegneria naturalistica che si propone di analizzare e **verificare** l'abbinamento tra materiali vivi ed inerti per le opere di difesa contro l'erosione.

Sulla base di tali considerazioni si può assumere che per le resistenze a trascinamento di materassi e gabbioni, una volta "vegetati", non vi siano differenze in funzione dello spessore del rivestimento, in quanto l'intreccio che si viene a creare tra pietrame, rete, terreno di riempimento, apparato radicale e terreno sottostante alla protezione costituisce una struttura unica la cui resistenza è dovuta alla mobilitazione dei vari elementi che la costituiscono.

Per quanto riguarda gli aspetti progettuali, in generale si definisce stabile un rivestimento in pietrame, sia esso costituito da materassi o gabbioni (per i quali si ha presenza di rete metallica di contenimento) sia da pietrame sciolto (**rip-rap**) costituito da soli inerti, quando non si ha spostamento degli elementi litoidi. La condizione di inizio del movimento di questi elementi definisce il limite di stabilità del rivestimento

Il rivestimento risulta stabile se il rapporto tra le tensioni resistenti e le tensioni indotte dalla corrente sul fondo risulta maggiore dell'unità.

Nel tabulato riepilogativo si riportano, per le varie sezioni oggetto di verifica, le forze destabilizzanti, le forze resistenti ed il rapporto di stabilità del rivestimento.

Tabulato di confronto delle tensioni e verifica rivestimenti in pietrame

Sezione		Forze destabilizzanti			Geometria sponda		Forze resistenti			Grado
n°	elemento	Tensione di trascinamento			Angolo attrito φ (°)	inclinaz. sponda α (°)	Tensione resistente al trascinamento		Sicurezza sistemazione $\tau_{res} / \tau_{dest.} \geq 1$	
		Fondo τ_f (kg/mq)	Sponda τ_s (kg/mq)	Sponda curva τ_{sc} (kg/mq)			Tipo di Sistemazione	Fondo τ_{cr} (kg/mq)		Sponda τ_{crs} (kg/mq)

Vallone Giulfo	10	soglia	6,175	4,631	9,262			Scogli a	37,600		6,089
	11	fondo	2,816					gabbioni	32,500		11,541
	12	sponda	7,029	5,272	10,543	30,00	45,00	gabbioni	32,500	18,764	1,780
Vallone Favarella	7	soglia	11,130	8,348				Scogli a	37,600	37,600	3,378
	8	fondo	22,136	16,602				gabbioni	32,500	32,500	1,468
	9	Sponda	9,265	6,949		30,00	45,00	gabbioni	32,500	18,764	2,700
	10	soglia	8,690	6,518				Scogli a	37,600	37,600	4,327
Vallone Fosso Mumia	4	soglia	10,503	7,877				Scogli a	37,600	37,600	3,580
	5	fondo	5,629	4,222				m. reno	13,000	13,000	2,309
	6	sponda	8,973	6,730		30,00	45,00	gabbioni	32,500	18,764	2,788
	7	fondo	3,288	2,466				gabbioni	32,500	32,500	9,883
Vallone S. Giuliano	8	sponda	9,558	7,168		30,00	45,00	gabbioni	32,500	18,764	2,618
	9	soglia	3,751	2,813				gabbioni	32,500	32,500	8,664
	10	soglia	3,774	2,831				gabbioni	32,500	32,500	8,611
	11	fondo	6,104	4,578				m. reno	13,000	13,000	2,130
	12	fondo	6,640	4,980				m. reno	13,000	13,000	1,958
	13	soglia	3,030	2,273				gabbioni	32,500	32,500	10,725
Vallone S. Filippo Neri	5	sponda	36,982	27,736		30,00	20,00	gabbioni	32,500	29,858	1,077
	7	sponda	6,765	5,073		30,00	45,00	gabbioni	32,500	18,764	3,698
	13	soglia	16,636	12,477				Scogli a	37,600	37,600	2,260
	14	fondo	4,391	3,293				gabbioni	32,500	32,500	7,402
Vallone Arenella I	5	fondo	1,490	1,117				Scogli a	37,600	37,600	25,243
	6	sponda	1,551	1,163		30,00	45,00	gabbioni	32,500	18,764	16,130
	7	soglia	1,638	1,229				m. reno	13,000	13,000	7,935
	8	sponda	1,716	1,287		30,00	45,00	gabbioni	32,500	18,764	14,580
	9	soglia	1,275	0,956				m. reno	13,000	13,000	10,197

Sezione		Forze destabilizzanti			Geometria sponda		Forze resistenti			Grado
n°	elemento	Tensione di trascinamento			Angolo attrito φ (°)	inclinaz. sponda α (°)	Tensione resistente al trascinamento			Sicurezza sistemazione $\tau_{res} / \tau_{dest.}$ ≥ 1
		Fondo τ_f (kg/mq)	Sponda τ_s (kg/mq)	Sponda curva τ_{sc} (kg/mq)			Tipo di Sistemazione	Fondo τ_{cr} (kg/mq)	Sponda τ_{crs} (kg/mq)	

Vallone Arenella 3	81	sponda	0,879	0,659		30,00	45,00	gabbioni	32,500	18,764	28,455
	77	fondo	0,475	0,356				Scogli a	37,600	37,600	79,229
	75	Sponda	0,600	0,450		30,00	45,00	gabbioni	32,500	18,764	41,686
	74	soglia	0,396	0,297				m. reno	13,000	13,000	32,821
	67	fondo	4,709	3,532				Scogli a	37,600	37,600	7,985
	64	fondo	8,846	6,635				Scogli a	37,600	37,600	4,250
Fiume Salso	24	fondo	10,476	7,857				Scogli a	37,600	37,600	3,589
	25	fondo	13,585	10,189				gabbioni	32,500	32,500	2,392
	26	fondo	21,577	16,183				gabbioni	32,500	32,500	1,506
	27	Sponda	8,181	6,136		30,00	45,00	gabbioni	32,500	18,764	3,058
	28	soglia	9,833	7,375				gabbioni	32,500	32,500	3,305
	29	fondo	8,583	6,437				Scogli a	37,600	37,600	4,381
Ponte Serra	7	fondo	4,672	3,504				Scogli a	37,600	37,600	8,048
	8	fondo	4,813	3,610				m. reno	13,000	13,000	2,701
	9	soglia	3,136	2,352				gabbioni	32,500	32,500	10,365
	10	Sponda	6,089	4,567		30,00	45,00	gabbioni	32,500	18,764	4,109
	11	soglia	5,697	4,273				gabbioni	32,500	32,500	5,705
	12	soglia	32,372	24,279				gabbioni	32,500	32,500	1,004

5. CRITERI DI COMPATIBILITA' IDRAULICA DELLE OPERE DI ATTRAVERSAMENTO E DIFESA IDRAULICA

In assenza del "Piano di Bacino", previsto dalla legge n. 183/89, volendo rispettare l'equilibrio dell'intero sistema fiume e le condizioni di sicurezza del territorio interessato dall'intervento, in analogia alle Norme di attuazione del Piano Stralcio delle Fasce Fluviali dei principali Fiumi Italiani, si sono adottati criteri progettuali atti a porre in essere interventi che "non modifichino i fenomeni idraulici naturali che possono aver luogo nelle fasce, non costituiscano eccessivo ostacolo al deflusso e non limitino in modo significativo la capacità di invaso".

A tale fine si prendono in considerazione i singoli effetti dell'opera sull'assetto del tronco di corso d'acqua interessato per valutarne la compatibilità idraulica.

La verifica di compatibilità idraulica deve identificare e quantificare gli effetti dell'intervento in progetto (Post Operam) sul corso d'acqua rispetto alle condizioni fisiche e idrologiche, (Ante Operam) precedenti alla realizzazione dello stesso.

Si riportano in allegato i tabulati di confronto delle caratteristiche idrauliche del moto della corrente in condizioni di piena, rappresentati dai valori dei livelli idrici e delle velocità di corrente all'interno dell'alveo inciso e delle aree golenali o inondate per tempi di ritorno di 50, 100, 200 anni (300 anni Viadotto Arenella III).

Il confronto tra la condizione del corso d'acqua antecedente e quella successiva alla realizzazione dell'intervento permette di valutare gli effetti idraulici dell'intervento stesso che si manifestano come:

- variazioni (in genere innalzamento) dei livelli idrici,
- variazione della distribuzione delle velocità di corrente,
- variazione delle tensioni di trascinamento della corrente.

Sulla base del quadro delle analisi di cui sopra si evidenziano i seguenti punti, costituenti gli effetti del progetto sul tronco di corso d'acqua interessato.

5.1.1 Modifiche indotte sul profilo inviluppo di piena.

Rappresentano l'effetto di restringimenti di sezioni o di ostacoli al deflusso nel tratto di corso d'acqua interessato derivanti dall'intervento:

- le modifiche quantificate sulla base del confronto tra i livelli idrici del profilo di piena in condizioni indisturbate e quello a intervento realizzato (per $Tr = 200$ anni) in prossimità dei viadotti, risultano :

Viadotto Giulfo, tratto sezz. 9-14: $\Delta h_{\max} (\%) = 0,28$ m pari al 25,69 % della condizione indisturbata;

Viadotto Favarella, tratto sezz. 7-14: $\Delta h_{\max} (\%) = 0,09$ m pari al 13,64 % della condizione ante operam;

Viadotto Fosso Mumia, tratto sezz. 4-7: $\Delta h_{\max} (\%) = 0,17$ m pari all'11,81 % della condizione ante operam;

Viadotto San Giuliano, tratto sezz. 9-13: $\Delta h_{\max} (\%) = -0,07$ m pari al -5,60 % della condizione ante operam;

Viadotto San Filippo Neri, tratto sezz. 10-14: $\Delta h_{\max} (\%) = 0,10$ m pari al 15,62 % della condizione ante operam;

Viadotto Arenella I, tratto sezz. 5-11: $\Delta h_{\max} (\%) = 0,34$ m pari al 12,73 % della condizione ante operam;

Viadotto Arenella II, tratto sezz. 5-8: $\Delta h_{\max} (\%) = 0,88$ m pari al 45,60 % della condizione ante operam;

Viadotto Arenella III, ($Tr=300$ anni) tratto sezz. 85-64: $\Delta h_{\max} (\%) = 0,14$ m pari al 5,11 % della condizione ante operam;

Viadotto Salso, tratto sezz. 19-30: $\Delta h_{\max} (\%) = 0,60$ m pari al 10,07 % della condizione ante operam;

Ponte Serra, tratto sezz. 7-12: $\Delta h_{\max} (\%) = -0,24$ m pari al -28,57 % della condizione ante operam.

Tali variazioni, non interessano l'intero corso d'acqua, ma si verificano localmente in prossimità dei viadotti e per brevissimi tratti della corrente.

5.1.2 Riduzione della capacità di invaso dell'alveo.

Rappresenta le riduzioni delle superfici allagabili causate dalla realizzazione dell'intervento e l'effetto delle stesse in termini di diminuzione della laminazione in alveo lungo il tratto fluviale:

- la riduzione del volume di invaso viene quantificata sulla base del confronto tra le larghezze in superficie delle sezioni trasversali per i livelli idrici del profilo di piena in condizioni indisturbate e quello a intervento realizzato, risultano:

Viadotto Giulfo, sez. 11: $\Delta L_{\max} (\%) = 9,55$ m pari al 15,85 % della condizione indisturbata;

Viadotto Favarella, sez. 10: $\Delta L_{\max} (\%) = 1,99$ m pari al 13,23 % della condizione ante operam (sez.21, $\Delta L_{\max} (\%) = 18,44$ m pari al 116,64 %, rigurgito generato dall'inserimento dello scatolare che non viene sommerso, nella situazione ante operam l'armco esistente veniva sommerso e non si generava rigurgito e allargamento laterale della lama d'acqua) ;

Viadotto Fosso Mumia, sez. 4-7: $\Delta L_{\max} (\%) = 2,38$ m pari al 13,28 % della condizione ante operam;

Viadotto San Giuliano, sez. 12: $\Delta L_{\max} (\%) = -0,09$ m pari al -6,34 % della condizione ante operam;

Viadotto San Filippo Neri, sez. 10: $\Delta L_{\max} (\%) = 1,02$ m pari al 14,93 % della condizione ante operam;

Viadotto Arenella I, sez. 11: $\Delta L_{\max} (\%) = 4,51$ m pari al 15,21 % della condizione ante operam;

Viadotto Arenella II, sez. 12: $\Delta L_{\max} (\%) = 0,00$ m pari allo 0,00 % della condizione ante operam;

Viadotto Arenella III, (Tr =300 anni)sez. 70: $\Delta L_{\max} (\%) = -2,39$ m pari al -3,82 % della condizione ante operam;

Viadotto Salso, sez. 27: $\Delta L_{\max} (\%) = 39,62$ m pari al 14,35 % della condizione ante operam;

Ponte Serra, sez. 10: ΔL_{\max} (%) = -1,59 m pari al -28,14 % della condizione ante operam.

5.1.3 Modifiche indotte sull'assetto morfologico planimetrico e altimetrico dell'alveo di inciso e di piena.

Rappresenta la valutazione degli effetti della soluzione progettuale proposta per l'intervento in rapporto all'assetto morfologico attuale dell'alveo e alla sua prevedibile evoluzione.

Le tendenze di modificazioni aggiuntive indotte sia sull'alveo inciso (effetti erosivi di fondo e/o di sponda, modificazioni di tracciato planimetrico) che su quello di piena (attivazione di nuove vie di deflusso compatibili con l'assetto e le opere esistenti) possono essere valutate dal confronto delle variazioni delle distribuzioni della velocità ΔV (%) e delle tensioni di trascinamento $\Delta \tau$ (%).

Nei tratti interessati dalle opere si rilevano i seguenti *valori massimi* per $Tr = 200$ anni:

Viadotto Giulfo, sez. 11: ΔV (%) = -27,69 da 2,60 m/s a 1,88 m/s; $\Delta \tau$ (%) = -54,19 da 60,27 N/mq a 27,61 N/mq;

Viadotto Favarella, sez. 10: ΔV (%) = -17,40 da 7,7 m/s a 6,36 m/s; $\Delta \tau$ (%) = -36,36 da 163,58 N/mq a 104,11 N/mq;

Viadotto Fosso Mumia, sez.4-7: ΔV (%) = -18,73 da 7,9 m/s a 6,4 m/s; $\Delta \tau$ (%) = -44,22 da 255,33 N/mq a 142,42 N/mq;

Viadotto San Giuliano, sez. 12: ΔV (%) = 12,64 da 5,38 m/s a 6,06 m/s; $\Delta \tau$ (%) = 29,29 da 506,59 N/mq a 654,98 N/mq;

Viadotto San Filippo Neri, sez. 10: ΔV (%) = -25,28 da 3,52 m/s a 2,63 m/s; $\Delta \tau$ (%) = -47,11 da 218,87 N/mq a 115,76 N/mq;

Viadotto Arenella I, sez. 11: ΔV (%) = -18,81 da 3,03 m/s a 2,46 m/s; $\Delta \tau$ (%) = -39,87 da 59,16 N/mq a 35,57 N/mq;

Viadotto Arenella II, sez. 12: $\Delta V(\%) = -92,34$ da 2,61 m/s a 0,20 m/s;

$\Delta\tau(\%) = -99,75$ da 156,67 N/mq a 0,39 N/mq;

Viadotto Arenella III, (Tr = 300 anni) sez. 65: $\Delta V(\%) = 5,11$ da 2,74m/s a 2,88 m/s;

$\Delta\tau(\%) = 2,21$ da 138,32 N/mq a 141,37 N/mq;

Viadotto Salso, sez. 27: $\Delta V(\%) = -38,84$ da 6,36 m/s a 3,89 m/s; $\Delta\tau(\%) = -28,86$ da 112,77 N/mq a 80,22 N/mq;

Ponte Serra, sez. 10: $\Delta V(\%) = 78,55$ da 3,73 m/s a 6,66 m/s; $\Delta\tau(\%) = 332,19$ da 138,57 N/mq a 598,88 N/mq

Variazioni che risultano sempre localizzate in brevi tratti di alveo in corrispondenza dei viadotti. In queste aree, benchè valori analoghi di velocità e tensione di trascinamento, sono raggiunti dalla corrente veloce in tratti del vallone indisturbato, non interessati dall'intervento, si sono introdotte delle protezioni realizzate o con pietrame alla rinfusa tipo rip-rap o sistemati entro gabbioni metallici posizioni sotto il profilo del terreno atte a realizzare delle soglie di fondo.

5.1.4 Condizioni di sicurezza dell'intervento rispetto alla piena.

Le condizioni di stabilità delle opere oggetto dell'intervento nei confronti della sicurezza dell'utenza e l'esposizione al rischio allagamento viene assicurata da valori di franco sempre superiori al valore minimo di 1 m, riferiti a portate massima al colmo di piena per un tempo di ritorno di 200 anni (300 anni Viadotto Favarella).

Altro elemento di sicurezza è l'altezza delle pile in alveo che risultano maggiori, per tutti i viadotti, delle altezze minime consigliate di 6-7 m quando si possa temere il transito di alberi di alto fusto o possibili sovralti del fondo alveo per deposito di materiale lapideo.

Nei confronti del territorio circostante, a vocazione essenzialmente agricola, l'infrastruttura stradale non determina incrementi di aree esposte a rischio idraulico né ostacolo al libero deflusso delle acque verso valle.

6. TRATTAMENTO ACQUE DI PRIMA PIOGGIA

6.1 Aspetti Generali

Una problematica emergente nell'ambito delle progettazioni stradali è quella della raccolta e controllo delle acque inquinate derivanti dalla piattaforma stradale.

Le principali sostanze inquinanti legate al traffico derivano dall'abrasione del manto stradale, delle gomme, dei ferodi dei freni, da perdite di liquidi, da emissioni di combustioni, da perdite di merci trasportate, da immondizie e materiali vari gettati sul manto stradale e trasportate, in occasione degli eventi meteorici, in sospensione o soluzione direttamente al recapito finale. Rientra nella problematica anche lo sversamento accidentale di liquidi pericolosi e inquinanti (idrocarburi, olii etc.) a seguito di incidenti relativi a mezzi di trasporto in cisterna di tali sostanze (onda nera).

La caratterizzazione dei carichi inquinanti presenti nelle acque di drenaggio della superficie stradale e la particolare geometria del sistema che caratterizza il sistema di trasporto, con brevi tratti di lunghezza e ridotti tempi di contatto, consentono di trascurare l'aliquota delle sostanze disciolte e di correlare i carichi inquinanti allo sola matrice dei solidi sospesi (inquinamento adeso alla fase solida).

Dall'analisi delle indagini in campo e dai dati pubblicati (Atti del Workshop " Presidi idraulici e vasche di sicurezza in ambito stradale" organizzato dal Ministero dell'Ambiente e dall'ANAS. Roma 13 giugno 200), risulta che a presidio degli scarichi delle acque di drenaggio della piattaforma stradale, risulta efficace un manufatto di

sedimentazione in linea, capace di abbattere oltre il 70-80% dei carichi inquinanti, seguito da un separatore di oli e idrocarburi.

6.2 Procedura adottata per la definizione delle acque di piattaforma da sottoporre a trattamento.

(Atti del Workshop " Presidi idraulici e vasche di sicurezza in ambito stradale" organizzato dal Ministero dell'Ambiente e dall'ANAS. Roma 13 giugno 200).

Le acque di pioggia quando giungono al suolo sono già inquinate in concentrazione elevata avendo asportato e solubilizzato particelle e sostanze presenti nell'atmosfera. Al contatto con la superficie del suolo, esse si caricano ulteriormente della maggior parte delle sostanze inquinanti originate da rifiuti liquidi e solidi, detriti vegetali e animali, rifiuti del traffico veicolare. La produzione di tali inquinanti è legata sia a fattori meteorologici che alle caratteristiche fisiche e di traffico dell'infrastruttura.

I fattori meteorologici che contribuiscono all'accumulo degli inquinanti nelle acque di ruscellamento stradale sono:

- l'altezza di pioggia;
- la durata della pioggia;
- il numero di giorni del periodo secco precedente l'evento piovoso.

I primi due fattori condizionano il tempo di lavaggio della superficie stradale, il terzo la quantità di inquinanti presenti .

I fattori legati alle caratteristiche fisiche dell'infrastruttura sono:

- la composizione della piattaforma stradale: l'esistenza o meno di delimitazioni longitudinali quali cunette, barriere di sicurezza, marciapiedi, cigli, arginelli, ecc. può favorire l'accumulo o lo smaltimento delle sostanze inquinanti;
- il tipo di pavimentazione: il materiale costituente la pavimentazione determina il valore del coefficiente di deflusso dell'acqua dalla superficie stradale;
- le pendenze della strada: definiscono il percorso e quindi la lunghezza di drenaggio;

- il rapporto fra la superficie impermeabile (costituita da pavimentazione stradale, banchine, marciapiedi, ecc.) e la superficie totale del bacino afferente: da esso dipende la quantità di acqua che non viene assorbita dal terreno e che viene intercettata dal sistema di drenaggio dell'infrastruttura.

I fattori legati al traffico sono:

- il traffico giornaliero medio (TGM),
- la composizione del traffico,
- le caratteristiche dei veicoli.

Dal traffico dipende la quantità di emissioni e quindi di inquinanti presenti nell'acqua di ruscellamento, dalle caratteristiche dei veicoli dipende il tipo di dette emissioni.

La *FHWA* (*Federal Highway Administration statunitense*) per la determinazione del carico inquinante sulle acque di piattaforma, associa tale quantità ai solidi totali asportati dal piano viabile per effetto del generico evento piovoso di durata e intensità noti e propone una formula che tiene conto di tutti i fattori sopra menzionati.

Nota il volume generato dalla piattaforma stradale "bacino afferente" si passa alla determinazione delle concentrazioni di inquinante sulle acque di scarico.

In Italia non esiste una legislazione specifica sui limiti dei carichi inquinanti nelle acque di ruscellamento stradale. Il riferimento normativo a cui riferirsi potrebbe essere il D.L. 11/05/1999 n.152; Disposizioni sulla tutela delle acque dall'inquinamento e recepimento della direttiva 91/271/CEE concernente il trattamento delle acque reflue urbane e della direttiva 91/676/CEE relativa alla protezione delle acque dall'inquinamento provocato dai nitrati provenienti da fonti agricole, che all'art.29 comma "c" vieta lo scarico in aree sensibili di acque reflue per le quali si registrino valori di concentrazione dei solidi sospesi totali di 25 mg/l per acque reflue industriali e 35 mg/l per quelle urbane.

Assimilando le acque di ruscellamento stradale alle acque reflue industriali, utilizzando i risultati del metodo FHWA si possono definire i limiti di criticità del problema dell'inquinamento idrico.

Negli atti del "Workshop " *Presidi idraulici e vasche di sicurezza in ambito stradale* " organizzato dal Ministero dell'Ambiente e dall'ANAS. Roma 13 giugno 2005 –

Calcolo dell'Inquinamento delle acque " sono stati considerati valori del TGM variabili fra 5.000 e 30.000 veicoli/ giorno, lunghezze di drenaggio comprese fra 100 e 1.000 m, altezze di pioggia variabili fra 5 e 60 mm e durate di pioggia comprese fra 5 e 60 minuti. È stata analizzata una strada extraurbana ed è stato considerato un bacino afferente di un ettaro per il calcolo del volume d'acqua V_a raccolto dopo la pioggia. La concentrazione del carico inquinante è stata quindi definita dal rapporto P_w/V_a .

Limitatamente a tali dati si è potuto concludere che sia piogge abbondanti e di breve durata, sia piogge scarse e di lunga durata, causano elevati livelli di concentrazione dei solidi totali; queste piogge generano fenomeni di inquinamento sui corpi idrici ricettori e pertanto le acque dovranno essere intercettate e trattate. Piogge abbondanti e di lunga durata, danno luogo a diluizioni degli inquinanti tali da non creare elevate concentrazioni nell'acqua di ruscellamento, e quindi impatti negativi sui corpi ricettori

Negli atti del "Workshop " *Presidi idraulici e vasche di sicurezza in ambito stradale*" organizzato dal Ministero dell'Ambiente e dall'ANAS. Roma 13 giugno 2008 – *Calcolo dell'Inquinamento delle acque*" sono stati individuati nei valori del TGM pari a 10.000 veicoli/giorno, e della lunghezza di drenaggio pari a 500 m i limiti di criticità del problema. Ciò vuol dire che riducendo le lunghezze di drenaggio a valori inferiori a 500 m e con un TGM inferiore a 10.000 le acque di ruscellamento stradale possono essere scaricate nei corpi ricettori senza necessità di trattamenti ulteriori.

Il risultato sul TGM è confortato anche da altri autori che individuano in 10.000 veicoli/giorno la soglia di criticità del problema.

In base alle indicazioni degli studi citati, viene adottata una metodologia di analisi per la valutazione dell'impatto sui corpi idrici ricettori delle acque di ruscellamento stradale schematizzata con il seguente schema di flusso :

Strade extraurbane con TGM minore di 10.000 veicoli giorno :

- a. Recapito in aree sensibili - si devono trattare le acque di piattaforma;
- b. No - Rilascio delle acque nel recapito finale senza trattamento.

Strade extraurbane con TGM maggiore di 10.000 veicoli giorno :

- c. SI - Lunghezza di drenaggio maggiore di 500 m si devono trattare le acque di piattaforma;

- d. NO - Lunghezza di drenaggio minore di 500 m con recapito in area sensibile, si devono trattare le acque, altrimenti si rilasciano nel corpo idrico ricettore.

Utilizzando questo schema logico di flusso, si sono individuate le seguenti tratte caratterizzate da un valore omogeneo di TGM. Per ogni singolo tratto vengono individuate le lunghezze di piattaforma stradale che drenano e scaricano le acque meteoriche intercettate in un unico recapito. Mentre per valutare la sensibilità del recapito finale alla vulnerabilità idraulica si evidenziano, per singola tratta drenante, la presenza di falde freatiche, di pozzi, e la classe di permeabilità del terreno interessato.

Per tratte con TGM maggiore di 10.000 che recapitano in aree sensibili, indipendentemente dalla lunghezza del drenaggio, e per tratte con TGM maggiore di 10.000 veicoli/giorno con tratte scolanti maggiore di 500 m, si effettuano trattamenti delle acque di piattaforma prima del rilascio nel recapito finale.

Di seguito si riportano le tabelle che incrociano i dati sopra menzionati e individuano le tratte da sottoporre a trattamento.

TRATTO AGRIGENTO - SVINCOLO N°1 SERRADIFALCO

Valori Traffico Medio Giornaliero

Anno 2011 :	11.827	
	Ip. Alta	Ip. Bassa
Anno 2016 :	12.653	12.103
Anno 2026 :	13.918	12.708

Incisione o interferenza reticolo idrografico	Progressiva	Lunghezza tratta drenaggio stradale	Falda Freatica	N° Pozzi	Classe Perm	Vasca Trattamento n°.... - progressiva	
Inizio Tratta		-					
n° 1 Tombino T1	693,85	693,85	N	N	M	TR 1	0 + 228
n° 2 Tombino T2	1.010,00	316,15	N	N	M		
n° 3 Tombino T3	1.112,00	102,00	N	N	M		
n° 4 Tombino T4	1.450,90	338,90	N	N	M		

Classe Permeabilità : E elevata; M media, N nulla.

Falda acquifera : N nessuna; P presenta.

TRATTO SV. N°1 SERRADIFALCO - SV. N°2 DELIA SOMMATINO

Valori Traffico Medio Giornaliero

Anno 2011 :	14.397	
	Ip. Alta	Ip. Bassa
Anno 2016 :	15.301	14.724
Anno 2026 :	16.643	15.366

Incisione o interferenza reticolo idrografico	Progressiva	Lunghezza tratta drenaggio stradale	Falda Freatica	N° Pozzi	Classe Perm	Vasca Trattamento n°..... - progressiva
Inizio Tratta	1.450,90					
n° 1 Tombino T5	1.726,03	275,13	N	N	N	
n° 2 Tombino T6	2.092,40	366,37	N	N	N	
n° 3 Tombino T7	2.255,00	162,60	N	N	N	
n° 4 Tombino T8	2.421,00	166,00	N	N	N	
n° 5 Tombino T9	2.597,03	176,03	N	N	N	
n° 6 Galleria	3.149,00	551,97	N	N	N	TR 2 3 + 148
n° 7 Viadotto Giulfo	3.946,52	797,52	N	N	N	TR 3 3 + 750
n° 8 Spalla V. Giulfo lato CL	4.324,92	378,40	N	N	N	
n° 9 Tombino T10	4.470,10	145,18	N	N	N	
n° 10 Tombino T12	4.671,57	201,47	N	N	N	
n° 11 Tombino T13	4.974,71	303,14	N	N	N	
n° 12 Tombino T14	5.510,75	536,04	S	2	M	TR 4 5+ 410
n° 13 Tombino T15	5.699,77	189,02	N	N	M	
n° 14 Tombino T16	6.092,56	392,79	N	N	N	
n° 15 Tombino T17	6.430,00	337,44	N	N	N	
n° 16 Cavalcavia	6.609,00	179,00	N	N	N	
n° 17 Tombino T18	7.101,10	492,10	N	N	N	
n° 18 Tombino T19	7.584,00	482,90	N	N	N	
n° 19 Cavalcavia	7.759,45	175,45	N	N	N	

Classe Permeabilità : E elevata; M media, N nulla.

Falda acquifera : N nessuna; P presenta.

TRATTO SV. N°2 DELIA SOMMATINO- SV. N°3 CALTANISSETTA SUD

Valori Traffico Medio Giornaliero

Anno 2011 :	11.891	
	Ip. Alta	Ip. Bassa
Anno 2016 :	12.723	12.168
Anno 2026 :	13.986	12.779

Incisione o interferenza reticolo idrografico	Progressiva	Lunghezza tratta drenaggio stradale	Falda Freatica	N° Pozzi	Classe Perm	Vasca Trattamento n°.... - progressiva	
Inizio Tratta	7.759,45						
n° 1 Tombino T21	7.802,45	43,00	N	N	N		
n° 2 Tombino T22	8.047,10	244,65	N	N	N		
n° 3 Tombino T23	8.830,07	782,97	S	4	M	TR 5	8 + 222
n° 4 Tombino T24	9.365,44	535,37	S	2	M	TR 6	8+ 811
n° 5 Galleria	9.825,00	459,56	N	N	N	TR 7	10 + 100
n° 6 Viadotto Favarella	10.222,00	397,00	N	N	N		
n° 7 Galleria Papazzo	11.098,81	876,81	S	7	E	TR 8	11 + 097
n° 8 Viadotto fosso Mumia	11.523,78	424,97	S	2	M	TR 9	11 + 508
n° 9 Galleria San Cataldo	11.851,75	327,97	S	5	E	TR 10	11 + 852
n° 10 Tombino T25	12.290,00	438,25	N	N	E		
n° 11 Tombino T26	12.568,38	278,38	N	N	E		

Classe Permeabilità : E elevata; M media, N nulla.
Falda acquifera : N nessuna; P presenta.

TRATTO SV. N°3 CALTANISSETTA SUD - SV. N°4 CALTANISSETTA NORD

Valori Traffico Medio Giornaliero

Anno 2011 :	9.486	
	Ip. Alta	Ip. Bassa
Anno 2016 :	9.894	9.635
Anno 2026 :	10.516	9.936

Incisione o interferenza reticolo idrografico	Progressiva	Lunghezza tratta drenaggio stradale	Falda Freatica	N° Pozzi	Classe Perm	Vasca Trattamento n°..... - progressiva	
Inizio Tratta	12.568,38						
n° 1 Tombino T27	12.661,11	92,73	N	N	E		
n° 2 Tombino T28	12.751,10	89,99	N	N	E		
n° 3 Galleria Caltanissetta lato AG	14.916,23	2.165,13	S	20	E	TR 11	12 + 869
n° 4 Galleria Caltanissetta lato CL	16.965,20	2.048,97	S	10	E	TR 12	16 + 965
n° 5 Tombino T29	17.088,30	123,10	N	N	N		
n° 6 Viadotto San Filippo Neri	17.392,00	303,70	N	N	N		
n° 7 Imbocco galleria San Filippo Ne	17.695,00	303,00	N	N	N		
n° 8 Vallone Busita	17.850,00	155,00	N	N	N		
n° 9 Spalla lato AG Viad. Busita II	18.120,00	270,00	N	N	N		
n° 10 Viadotto Busita II	18.440,00	320,00	N	N	N		
n° 11 Galleria Bersagli	18.831,60	391,60	N	N	N		
n° 12 Vallone Busita III	19.304,50	472,90	N	N	N		

Classe Permeabilità : E elevata; M media, N nulla.

Falda acquifera : N nessuna; P presenta.

Valori Traffico Medio Giornaliero

TRATTO SV. N°4 CALTANISSETTA NORD - SV. N°5 S.S. 626

Anno 2011 :	11.648	
	Ip. Alta	Ip. Bassa
Anno 2016 :	12.179	11.846
Anno 2026 :	13.414	12.231

Incisione o interferenza reticolo idrografico	Progressiva	Lunghezza tratta drenaggio stradale	Falda Freatica	N° Pozzi	Classe Perm	Vasca Trattamento n°..... - progressiva
Inizio Tratta	19.304,50					
n° 1 Viadotto Santuzza I	19.705,00	400,50	N	N	N	
n° 2 Spalla lato AG Santuzza I	19.799,99	94,99	N	N	N	
n° 3 Spalla lato CL Santuzza I	19.979,01	179,02	N	N	N	
n° 4 Spalla lato AG Santuzza II	20.330,00	350,99	N	N	N	
n° 5 Viadotto Santuzza II	20.787,00	457,00	N	N	N	
n° 6	21.021,94	234,94	N	N	N	
n° 7 Canale scolo	21.305,00	283,06	N	N	N	
n° 8 Tombino T30	22.040,21	735,21	N	N	N	TR 13 22 + 006
n° 9 Tombino T31	22.176,75	136,54	N	N	N	
n° 10 Tombino T32	22.437,46	260,71	N	N	N	
n° 11 Viadotto Arenella II	22.655,00	217,54	N	N	N	
n° 12	22.900,00	245,00	N	N	N	
n° 13 Tombino T33	23.091,00	191,00	N	N	N	
n° 14 Tombino T34	23.320,37	229,37	N	N	M	
n° 15 Tombino T35	23.533,29	212,92	N	N	N	
n° 16 Cavalcavia	23.643,00	109,71	N	N	M	
n° 17 Tombino T36	24.041,73	398,73	N	N	M	
n° 18 Tombino T37	24.244,32	202,59	N	N	M	
n° 19 Spalla lato AG Viad. Arenella II	24.547,51	303,19	N	N	M	
n° 20 Spalla lato CL Viad. Arenella II	24.669,37	121,86	N	N	M	
n° 21 Spalla lato AG Arenella III	25.162,46	493,09	N	N	M	
n° 22 Viadotto Arenella	25.750,00	587,54	N	N	M	TR 14 25 + 750
n° 23 Uscita Galleria Garlatti	26.100,00	350,00	N	N	E	
n° 24 Tombino	26.400,00	300,00	S	N	M	

Classe Permeabilità : E elevata; M media; N nulla.

Falda acquifera : N nessuna; P presenta.

TRATTO SV. N°5 S.S. 626 - SV. N°6 A19

Valori Traffico Medio Giornaliero

Anno 2011 :	18.014	
	Ip. Alta	Ip. Bassa
Anno 2016 :	19.271	18.433
Anno 2026 :	21.198	19.355

Incisione o interferenza reticolo idrografico	Progressiva	Lunghezza tratta drenaggio stradale	Falda Freatica	N° Pozzi	Classe Perm	Vasca Trattamento n°..... - progressiva
Inizio Tratta	26.400,00					
n° 1 tombino	26.594,00	194,00	S	N	M	
n° 2 Viadotto Salso	28.081,80	1.487,80	S	N	M	TR 16 26 + 594

Classe Permeabilità : E elevata; M media, N nulla.

Falda acquifera : N nessuna; P presenta.

6.3 Qualità delle acque dei recapiti finali.

Riferimenti normativi

Per lo svolgimento della campagna di caratterizzazione della qualità delle acque si è tenuto conto degli standard di qualità previsti dalla normativa ed in particolare l'allegato I del D.Lgs. 152/99 relativo al "monitoraggio e classificazione delle acque in funzione degli obiettivi di qualità ambientale".

Criteri di scelta delle stazioni di prelievo

Come è noto ai sensi del D.Lgs 152/99 si definiscono significativi i seguenti corsi d'acqua:

- tutti i corsi d'acqua naturali di primo ordine (recapitanti direttamente in mare) il cui bacino imbrifero abbia una superficie maggiore di 200 km²;
- tutti i corsi d'acqua naturali di secondo ordine o superiore il cui bacino imbrifero abbia una superficie maggiore a 400 km².

Di contro sono definiti non significativi i corsi d'acqua che hanno avuto una portata uguale a zero per più di 120 giorni l'anno, in un anno idrologico medio.

L'unico corso d'acqua significativo interferito dal tracciato di progetto è il fiume Salso ed il suo affluente denominato "vallone Arenella".

La parte restante del tracciato in progetto si sviluppa nella quasi totalità in terreni con permeabilità da scarsa a nulla, caratterizzati da un reticolo idrografico con deflussi esclusivamente stagionali in occasione di scrosci di pioggia.

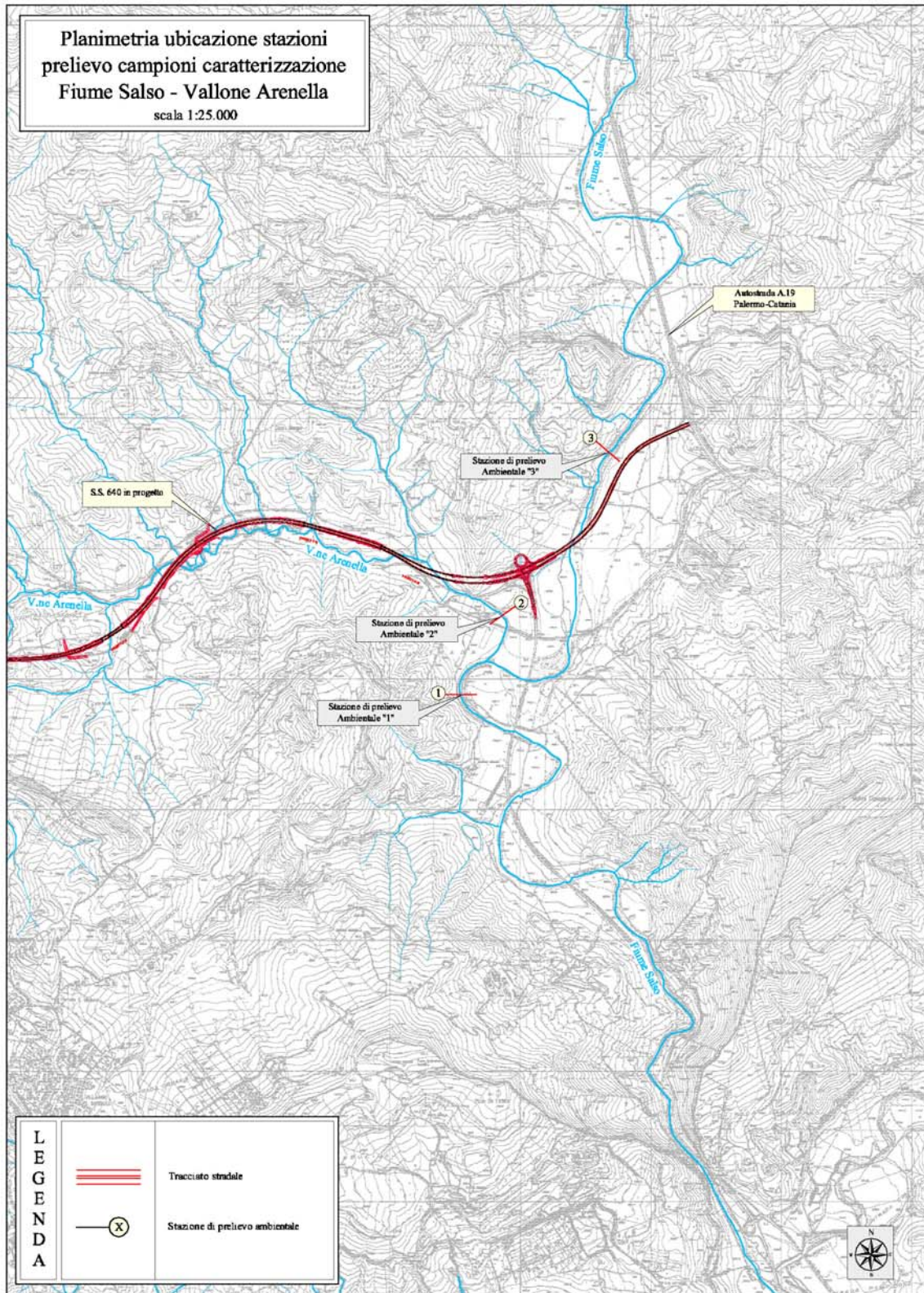
Tutto ciò considerato, si è focalizzata l'attenzione sulla caratterizzazione dello stato della qualità delle acque nel tratto di interferenza con il fiume Salso.

Sono state individuate tre sezioni di studio, dove maggiori sono le superfici stradali scolanti all'interno del bacino imbrifero di alimentazione del fiume.

Precisamente sul vallone Arenella in destra idraulica del fiume Salso, sezione 2, interferita dall'infrastruttura stradale per circa 6 Km.

Sul fiume Salso, sezione 1, nel tratto a valle sia dell'immissione del vallone Arenella sia del viadotto terminale di collegamento alla autostrada A19 Palermo Catania.

Per un confronto si è scelto anche di effettuare indagini nella sezione 3 sul fiume Salso a monte di tutte le interferenze con la strada in condizione indisturbate.



Esecuzione della campagna di indagine

Le indagini eseguite hanno come scopo la prima classificazione dello stato di qualità ambientale dei corpi idrici. Ai fini della prima classificazione della qualità dei corsi d'acqua vanno eseguite determinazioni sulla matrice acquosa e sul biota.

Matrice acquosa

Le determinazioni sulla matrice acquosa riguardano due gruppi di parametri, quelli di base e quelli addizionali.

I parametri di base, riportati in tabella A, riflettono le pressioni antropiche tramite la misura del carico organico, del bilancio dell'ossigeno, dell'acidità, del grado di salinità e del carico microbiologico nonché le caratteristiche idrologiche del trasporto solido. I parametri definiti macrodescrittori e indicati con (o) nella tabella A vengono utilizzati per la classificazione; gli altri parametri servono a fornire informazioni di supporto per la interpretazione delle caratteristiche di qualità e di vulnerabilità del sistema nonché per la valutazione dei carichi trasportati.

La determinazione dei parametri di base è obbligatoria.

I parametri addizionali sono relativi ai metalli e ai microinquinanti organici.

In tabella B si riportano quelli di più ampio significato ambientale.

TABELLA A - Parametri di base (con (o) sono indicati i parametri macrodescrittori utilizzati per la classificazione).

Portata (m ³ /s)	BOD5 (O ₂ µg/L) ** (o)
pH	COD (O ₂ µg/L) ** (o)
Solidi sospesi (µg/L)	Ortofosfato (P µg/L) *
Temperatura (°C)	Azoto nitrico (N µg/L) *(o)
Conducibilità (µ S/ cm (20°C)) **	Fosforo Totale (P µg/L) ** (o)
Durezza (µg/L di CaCO ₃)	Cloruri (Cl' µg/L) *
Azoto totale (N µg/L) **	Solfati (SO ₄ µg/L)*
Azoto ammoniacale (N µg/L) *(o)	<i>Escherichia coli</i> (UFC/100 mL) (o)
Ossigeno disciolto (µg/L) ** (o)	

(*) Determinazione sulla fase disciolta.

(**) Determinazione sul campione tal quale.

TABELLA B – Principali inquinanti chimici da controllare nelle acque dolci superficiali..

Inquinanti Inorganici : Cadmio, Cromo totale, Mercurio, Nichel, Piombo, Rame, Zinco.

Inquinanti organici : Policlorobifenili (PCB), Diossine (TCDD), Idrocarburi policiclici aromatici (IPA),
 Pesticidi organoclorurati

Biota.

Le determinazioni sul biota riguardano le analisi di base : gli impatti antropici sulle comunità animali dei corsi d'acqua vengono valutati attraverso l'Indice Biotico Esteso (I.B.E.).

Sedimenti.

Le analisi sui sedimenti sono da considerarsi come analisi supplementari eseguite per avere, se necessario, ulteriori elementi conoscitivi utili a determinare le cause di degrado ambientale di un corso d'acqua. Per un'analisi più approfondita volta a evidenziare gli effetti tossici a breve o a lungo termine si potranno effettuare dei saggi biologici di tossicità .

Riepilogo complessivo del piano di indagine finalizzato alla caratterizzazione iniziale dei corpi idrici significativi

Caratterizzazione iniziale ambiente idrico fiume Salso - vallone Arenella .

Stazioni di Prelievo	Analisi		Determinazione Biota
	su matrice acquosa	su sedimento	
Fiume Salso staz. 1 (a valle interferenze)	Macrodescrittori	Metalli	IBE
	Saggio tossicità	Inquinanti Organici	
	Metalli		
Vallone Arenella staz. 2	Macrodescrittori		IBE
	Saggio tossicità		
	Metalli		
Fiume Salso staz. 3 (a monte interferenze)	Macrodescrittori		
	Metalli		

Macrodescrittori Portata (mc/s)
 pH
 Solidi sospesi (µg/L)
 Temperatura (°C)

	Conducibilità (μ S/cm 20°C)
	Azoto ammoniacale (μ g/L)
	Azoto nitrico (μ g/L)
	Ossigeno disciolto (μ g/L)
	BOD ₅ (O ₂ μ g/L)
	C.O.D. (O ₂ μ g/L)
	Fosforo totale (μ g/L)
	Cloruri (μ g/L)
	Solfati (μ g/L)
	Escherica coli (UFC/100mL)
Metalli	Arsenico
	Cadmio
	Zinco
	Cromo totale
	Mercurio
	Nichel
	Piombo
	Rame
Inquinanti organici	PCB - Policlorobifenili
	TCDD - Diossine
	IPA - Idrocarburi policiclici aromatici
	Pesticidi organoclorurati

Risultati Indagini Di Laboratorio



BIOECO ANALISI S.r.l.
via Cap.Callea 30 Favara AG Tel fax 0922-415473

Progetto	Lavori occorrenti per il raddoppio della carreggiata della S.S.640"di Porto Empedocle "tratto ricadente nel territorio della provincia di Caltanissetta
Localita'	fiume Salso a monte (rif. N 1 planimetria)
Committente	DELTA INGEGNERIA SRL
Indirizzo	via Artemide n 3 AG

RICERCA DEL VALORE I.B.E.

eseguito il 08-06-2006

GRUPPO FAUNISTICO CHE DETERMINANO CON LA LORO PRESENZA L'INGRESSO ORIZZONTALE IN TABELLA

TRICOTTERI

PRESENZA DI UNA SOLA O PIU' U.S.

PIU' DI UNA U.S.

NUMERO TOTALE DELLE UNITA' SISTEMICHE COSTITUENTI LE COMUNITA'

2 - 5

I.B.E. 5

Il Dir. Sanitario

Il Analista

BIOECO ANALISI S.r.l.
Via Cap. Callea, n. 30
92036 FAVARA (AG)
C.F. - Part. IVA 0241640 084 0

GRUPPO FAUNISTICO CHE DETERMINANO CON LA LORO PRESENZA L'INGRESSO ORIZZONTALE IN TABELLA		NUMERO TOTALE DELLE UNITA' SISTEMICHE COSTITUENTI LE COMUNITA'									
		0-1	2-5	6-10	11-15	16-20	21-25	26-30	31-35	36-	
PLECOTTERI PRESENTI	PIU' DI UNA U.S.	-	-	8	9	10	11	12	13	14	
	UNA SOLA U.S.	-	-	7	8	9	10	11	12	13	
EFEMEROTTERI PRESENTI	PIU' DI UNA U.S.	-	-	7	8	9	10	11	12	-	
	UNA SOLA U.S.	-	-	6	7	8	9	10	11	-	
TRICOTTERI PRESENTI	PIU' DI UNA U.S.	-	5	6	7	8	9	10	11	-	
	UNA SOLA U.S.	-	4	5	6	7	8	9	10	-	
GAMMARIDI PRESENTI	TUTTE LE U.S. SOPRA ASS.	-	4	5	6	7	8	9	10	-	
ASELIDI PRESENTI	TUTTE LE U.S. SOPRA ASS.	-	3	4	5	6	7	8	9	-	
OLIGOCHETI CHIRONOMID	TUTTE LE U.S. SOPRA ASS.	1	2	3	4	5	-	-	-	-	
TUTTI I TAXA PREC ASS.	POSSIB. ORG. A RESP.	0	1	-	-	-	-	-	-	-	



BIOECO ANALISI S.r.l.

via Cap.Callea 30 Favara AG Tel fax 0922-415473

1

Progetto: Lavori occorrenti per il raddoppio della carreggiata della S.S.640 di Porto Empedocle "tratto ricadente nel territorio della provincia di Caltanissetta"

Località: Vallone Arenella (rif. N 2 Planimetria)

Committent: DELTA INGEGNERIA SRL

Indirizzo: via Artemide n 3 AG

Rapporto di Prova su di un campione di acqua prelevato il **23/12/2005**

inizio prova **23/12/2005** fine prova **28-12-2005**

Descrizione Contenitore : Bottiglia in vetro con tappo a vite

Prelevatore: **Personale interno**

Analita	Risultato	Metodica
Echerichia Coli (UFC/100 ml)	120	
BOD5 (O2 mg/L)	98,6	
COD (O2 mg/L)	22,7	
Fosforo totale (P mg/L)	0,18	
Azoto nitrico (N mg/L)	0,04	
Azoto ammoniacale (N mg/L)	0,01	
Ossigeno disciolto(O2 mg/L)	71	

Il Dir. Sperimentale

Il Tecnico

BIOECO ANALISI S.r.l.

Via Cap. Callea, n. 30
92021 FAVARA (AG)
C.F.-Part.IVA 0241640 084 0



BIOECO ANALISI S.r.l.

via Cap.Callea 30 Favara AG Tel fax 0922-415473

2

Progetto: Lavori occorrenti per il raddoppio della carreggiata della S.S.640"di Porto Empedocle "tratto ricadente nel territorio della provincia di Caltanissetta

Località: fiume Salso a monte (rif. N 1 planimetria

Committent DELTA INGEGNERIA SRL

Indirizzo: via Artemide n 3 AG

Rapporto di Prova su di un campione di acqua prelevato il **21/12/2005**
 inizio prova **21/12/2005** fine prova **26-12-2005**

Descrizione Contenitore : Bottiglia in vetro con tappo a vite

Prelevatore: Personale interno

Analita	Risultato	Metodica
Echerichia Coli (UFC/100 ml)	530	
Fosforo totale (P mg/L)	0,23	
COD (O2 mg/L))	27,3	
BOD5 (O2 mg/L))	11,8	
Ossigeno disciolto(O2 mg/L)	93	
Azoto nitrico (N mg/L)	0,33	
Azoto ammoniacale (N mg/L)	0,25	

Il Dir. Supplente

Il Analista

BIOECO ANALISI S.r.l.
 Via Cap. Callea, n. 30
 92020 FAVARA (AG)
 C.F.-P.IVA 0241640 084 0



BIOECO ANALISI S.r.l.
 via Cap.Callea 30 Favara AG Tel fax 0922-415473

3

Progetto: Lavori occorrenti per il raddoppio della carreggiata della S.S.640 di Porto Empedocle "tratto ricadente nel territorio della provincia di Caltanissetta"

Località: fiume Saiso a valle (rif. N.3 planimetria)

Committent DELTA INGEGNERIA SRL

Indirizzo: via Artemide n 3 AG

Rapporto di Prova su di un campione di acqua prelevato il **21/12/2005**
 inizio prova **21/12/2005** fine prova **26-12-2005**

Descrizione Contenitore : Bottiglia in vetro con tappo a vite
 Prelevatore: **Personale interno**

Analita	Risultato	Metodica
Echerichia Coli (UFC/100 ml)	42	
BOD5 (O2 mg/L)	11,8	
COD (O2 mg/L)	22,3	
Fosforo totale (P mg/L)	0,08	
Azoto nitrico (N mg/L)	0,06	
Azoto ammoniacale (N mg/L)	0,02	
Ossigeno disciolto(O2 mg/L)	73	

Il Dir. Sanitario

Il Direttore

BIOECO ANALISI S.r.l.
 Via Cap. Callea, n. 30
 92035 FAVARA (AG)
 C.F.-Part.IVA 0241640 084 0

**BIOECO ANALISI S.r.l.**

via Cap.Callea 30 Favara AG Tel fax 0922-415473

4

Progetto: Lavori occorrenti per il raddoppio della carreggiata della S.S.640 di Porto Empedocle "tratto ricadente nel territorio della provincia di Caltanissetta"

Località: fiume Salso a monte (rif. N 1 planimetria)

Committent: DELTA INGEGNERIA SRL

Indirizzo: via Artemide n 3 AG

Rapporto di Prova su di un campione di acqua prelevato il **08/06/2006**

inizio prova **08/06/2006** fine prova **13-06-2006**

Descrizione Contenitore : Bottiglia in vetro con tappo a vite

Prelevatore: **Personale interno**

Analita	Risultato	Metodica
COD (O ₂ mg/L))	107	
pH	7,96	
Solidi sospesi (mg/L)	123	
Temperatura (°C)	17,5	
Conducibilità' (µS/cm(20°))	28400	
Durezza (mg/L di CaCO ₃)	206,56	
Azoto totale (N mg/L)	1,88	
Azoto ammoniacale (N mg/L)	0,05	
Azoto nitrico (N mg/L)	0,22	
Portata (mc/S)	0	
BOD ₅ (O ₂ mg/L))	45,2	
Echerichia Coli (UFC/100 ml)	183	
Ortofosfati (P mg/L)	0	
Fosforo totale (P mg/L)	0,04	
Cloruri (Cl ⁻ mg/L)	5460	
Solfati (SO ⁻ mg/L)	2680	
Cadmio (µg/l)	0	
Zinco (µg/l)	19	
Cromo totale (µg/l)	19,6	
Piombo (µg/l)	2,1	
Rame (µg/l)	5,1	
Ossigeno disciolto(O ₂ mg/L)	56	

Il Dir. Sanitario

BIOECO ANALISI S.r.l.
Via Cap. Callea, n. 30
92036 FAVARA (AG)
C.F.-Part IVA 0241640 084 0



BIOECO ANALISI S.r.l.

via Cap.Callea 30 Favara AG Tel fax 0922-415473

5

Progetto: Lavori occorrenti per il raddoppio della carreggiata della S.S.640"di Porto Empedocle "tratto ricadente nel territorio della provincia di Caltanissetta

Località: fiume Salso a valle (rif. N.3 planimetria)

Committent: DELTA INGEGNERIA SRL

Indirizzo: via Artemide n 3 AG

Rapporto di Prova su di un campione di acqua prelevato il 08/06/2006
inizio prova 08/06/2006 fine prova 13-06-2006

Descrizione Contenitore : Bottiglia in vetro con tappo a vite

Prelevatore: Personale interno

Analita	Risultato	Metodica
COD (O2 mg/L))	202	
pH	7,9	
Solidi sospesi (mg/L)	135	
Temperatura (°C)	18	
Conducibilita' (µS/cm(20°)	30000	
Durezza (mg/L di CaCO3)	220,12	
Azoto totale (N mg/L)	0,91	
Azoto ammoniacale (N mg/L)	0,07	
Azoto nitrico (N mg/L)	0,38	
Portata (mc/S)	0,28	
BOD5 (O2 mg/L))	28,3	
Rame (µg/l)	13,5	
Ortofosfati (P mg/L)	0,02	
Fosforo totale (P mg/L)	0	
Cloruri (Cl ⁻ mg/L)	6380	
Solfati (SO ⁻ mg/L)	2585	
Echerichia Coli (UFC/100 ml)	230	
Cadmio (µg/l)	0	
Zinco (µg/l)	18	
Cromo totale (µg/l)	33	
Piombo (µg/l)	1,8	
Ossigeno disciolto(O2 mg/L)	45	

Il Dir. Saggiario

BIOECO ANALISI S.r.l.
Via Cap. Callea, n. 30
92020 FAVARA (AG)
C.F.-Part. IVA 0241640 084 0



BIOECO ANALISI S.r.l.

via Cap.Callea 30 Favara AG Tel fax 0922-415473

6

Progetto: Lavori occorrenti per il raddoppio della carreggiata della S.S.640 di Porto Empedocle "tratto ricadente nel territorio della provincia di Caltanissetta"

Località: Vallone Arenella(rif. N 2 Planimetria)

Committent DELTA INGEGNERIA SRL

Indirizzo: via Artemide n 3 AG

Rapporto di Prova su di un campione di sedimento prelevato il **08/06/2006**
inizio prova **08/06/2006** fine prova **24-06-2006**

Descrizione Contenitore : Contenitore in polietilene con tappo a vite


Prelevatore: **Personale interno**

Prelievo ed Eluato D.M. 05-02-1998

Analita	Risultato	Metodica
Rame (µg/l)	6,3	
Plombo (µg/l)	3,6	
Cromo totale (µg/l)	23,2	
Zinco (µg/l)	21	
Cadmio (µg/l)	0	

Il Dnr. 

BIOECO ANALISI S.r.l.
Via Cap. Callea, n. 30
92021 FAVARA (AG)
C.F.-Part. IVA 0241640 084 0





BIOECO ANALISI S.r.l.

via Cap.Callea 30 Favara AG Tel fax 0922-415473

7

Progetto: Lavori occorrenti per il raddoppio della carreggiata della S.S.640 di Porto Empedocle "tratto ricadente nel territorio della provincia di Caltanissetta"

Località: fiume Salso a valle (rif. N.3 planimetria)

Committent: DELTA INGEGNERIA SRL

Indirizzo: via Artemide n 3 AG

Rapporto di Prova su di un campione di sedimento prelevato il **08/06/2006**
inizio prova **08/06/2006** fine prova **24-06-2006**

Descrizione Contenitore : Contenitore in polietilene con tappo a vite

Prelevatore: **Personale interno**

Prelievo ed Eluato D.M. 05-02-1998

Analita	Risultato	Metodica
Rame (µg/l)	6,9	
Piombo (µg/l)	4,8	
Cromo totale (µg/l)	24,7	
Zinco (µg/l)	31	
Cadmio (µg/l)	0	

Il Dir. Sperimentale

Il Analista

BIOECO ANALISI S.r.l.
Via Cap. Callea, n. 30
92025 FAVARA (AG)
C.F.-Part. IVA 0241640 084 0

6.4 Schema di riferimento

Il Lay-out del sistema nei tratti in cui si effettua la raccolta delle acque di piattaforma, prevede delle sezioni modulari comprendenti :

- opere di captazione del tipo classica in rilevato, in trincea caditoie a griglia sul margine esterno ai bordi della piattaforma stradale, o margine interno nei tratti in curva;
- cunette al piede del rilevato e sistema di tubazioni interrato per il trasporto delle acque di piattaforma;
- sistema di controllo e trattamento in continuo ed a gravità della frazione di prima pioggia delle acque di piattaforma, costituito da un manufatto di sedimentazione dei solidi sospesi e flottazione di oli e idrocarburi in una vasca di sicurezza della capacità di circa 63 mc per l'intrappolamento dell' "Onda nera".
- opere di rilascio nel corpo idrico ricettore.

Per ogni sezione modulare indipendente si è già determinata nel paragrafo 2.3 "*Portate di drenaggio delle acque meteoriche e prima pioggia sulla piattaforma stradale*" la portata massima X_Q generata da uno scroscio di pioggia con tempo di ritorno di 25 anni e la frazione di questa, Q_n definita di prima pioggia (10 mm in 15 minuti), da ritenere inquinata e inviare a trattamento.

Nello schema di funzionamento adottato tutto l'afflusso meteorico incidente sull'area di sedime stradale viene raccolto e convogliato verso l'impianto di trattamento.

L'impianto consente il trattamento in continuo di una portata Q_{imp} per tutto il tempo necessario all'esaurimento dell'evento meteorico e non già del solo volume di prima pioggia caduto nei primi 15 minuti.

Con riferimento ai simboli di portata sopra citati, si riportano di seguito, le identificazioni degli impianti di trattamento, previsti in progetto, per ogni singolo tratto elementare dell'intero tracciato stradale, con i valori di portata massima al colmo, portata di prima pioggia e portata di dimensionamento dell'impianto.

Impianto trattamento		Tratta elementare		massima meteorica X_Q [l/s]	Portata prima pioggia Q_n [l/s]	nominale impianto Q_{imp} [l/s]
Codice	Progressiva [m]	Progressiva iniziale [m]	Progressiva finale [m]			
TR1	228,00	0,00	693,85	543,0	181,8	200,0
TR2	3.148,00	2.597,00	3.351,00	384,6	70,4	200,0
TR3	3.750,00	3.351,00	3.946,00	485,2	209,0	400,0
TR4	5.410,00	4.974,00	5.450,00	443,8	140,4	200,0
TR5	8.222,00	8.150,00	8.830,00	686,6	205,0	400,0
TR6	8.811,00	8.830,00	9.365,00	344,2	140,2	200,0
TR7	10.100,00	9.820,00	10.222,00	233,4	60,4	200,0
TR8	11.097,00	11.097,00	11.523,00	315,8	111,2	200,0
TR9	11.508,00	11.523,00	11.852,00	236,6	46,4	200,0
TR10	11.852,00	11.852,00	12.117,00	270,6	92,8	200,0
TR11	12.869,00	12.751,00	14.196,00	galleria		200,0
TR12	16.965,00	14.196,00	16.965,00	galleria		200,0
TR13	22.006,00	21.305,00	22.040,00	526,6	192,4	200,0
TR14	25.750,00	25.162,00	25.750,00	359,4	154,0	200,0
TR15	26.594,00	26.594,00	28.081,00	870,0	389,4	400,0

6.5 *Presidi idraulici trattamento acque prima pioggia*

All'impianto di sedimentazione e disoleazione arriva in continuo una portata massima, pari alla portata nominale di calcolo dell'impianto, carica di eventuali solidi sospesi sedimentabili e oli e/o idrocarburi.

Il manufatto è costituito da un manufatto compatto, con esclusivo funzionamento a gravità, in cui le due fasi di trattamento sono integrate.

La rimozione dei solidi sospesi sedimentabili e la separazione degli idrocarburi e la flottazione dei grassi e degli oli avviene lungo il passaggio della lama liquida all'interno del canale-vasca.

Le acque durante il percorso rilasciano i materiali grossolani che per sedimentazione si raccolgono nel fondo vasca, mentre i materiali leggeri risalgono a galla dove vengono intrappolati da setti inclinati.

Completa il sistema, un percorso obbligato del canale di scarico, che preleva le acque dalla parte bassa della vasca, al di sotto del volume disponibile alla disoleazione.

La vasca di sicurezza offre un volume di circa 63 mc all'intrappolamento di eventuali oli e idrocarburi scolmati nel tempo o in occasione di uno sversamento accidentale di liquidi inquinanti sulla piattaforma stradale.

Le risultanze degli atti del workshop " Presidi idraulici e vasche di sicurezza in ambito stradale" organizzato dal Ministero dell'Ambiente e dall'ANAS, consigliano di adottare per le vasche di sicurezza un volume di circa 60 mc, corrispondente al doppio del volume che un autocisterna è in grado di trasportare a pieno carico e quindi da invasare nella malaugurata ipotesi di incidente con riversamento del carico.

6.6 Dimensionamento vasca trattamento acque

Si riporta di seguito il calcolo di verifica e dimensionamento della vasca di sedimentazione e flottazione oli di cui all'allegato grafico *IDO2 IDRVS01 "Vasca di Sicurezza"*.

DIMENSIONAMENTO DISSABBIATORE - DISOLEATORE

$$\text{Portata in ingresso } Q_{\text{max}} = 200,00 \text{ [l/s]} = 0,200 \text{ [mc/s]}$$

Comparto dissabbiatore

	Larghezza b =	4,40	[m]
Livello idrico nel dissabbiatore	massimo H _{max} =	3,50	[m]
	minimo H _{min} =	2,90	[m]

Con questi valori la velocità massima della corrente nel dissabbiatore risulta :

$$V_d = Q_{\text{max}} / (H_{\text{min}} \times b) = 0,016 \text{ [m/s]}$$

La lunghezza del dissabbiatore viene calcolata ipotizzando la completa rimozione di tutte le particelle di assegnato peso specifico e assegna dimensione minima. A questa particella compete una velocità di sedimentazione limite V_s calcolata secondo la legge di Stokes :

$$V_s = \frac{g(\rho_s - \rho) \cdot d^2}{18 \cdot 10^6 \mu}$$

essendo : V_s = Velocità di sedimentazione della particella [cm/s]

g = Accelerazione di gravità [m/s²]

ρ_s = Densità della particella solida [Kg/mc]

ρ = Densità dell'acqua [Kg/mc]

d = Dimensioni della particella solida [mm]

μ = Viscosità dinamica dell'acqua [Pa s].

La velocità di sedimentazione in acqua, alla temperatura $T = 4^\circ\text{C}$ ($\rho = 1000,00$ [kg/mc])
 $\mu \cdot 10^6 = 15,69$ [Pa s]), di una sabbia fine aventi le seguenti caratteristiche :

$$d = 0,20 \text{ [mm]} \quad \rho_s = 2.650 \text{ [kg/mc]}$$

$$\text{risulta } V_s = 2,29 \text{ [cm/s]} = 0,0229 \text{ [m/s]}.$$

La lunghezza del dissabbiatore, secondo la teoria sperimentale di Camp assume la formula :

$$L_d = \delta \cdot H_{\max} \cdot \frac{V_d}{V_s}$$

dove : L_d = Lunghezza del dissabbiatore [m]

H_{\max} = Livello idrico massimo nel dissabbiatore [m]

V_d = Velocità della corrente nel dissabbiatore [m/s]

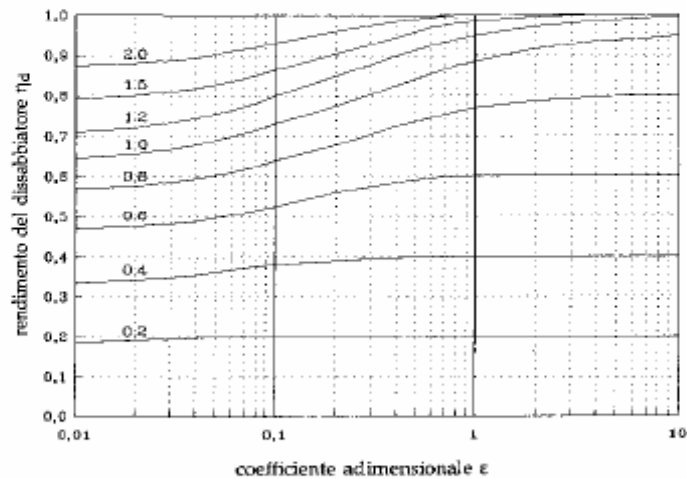
V_s = Velocità di sedimentazione della praticella [m/s]

δ = Coefficiente correttivo che tiene conto delle turbolenze di imbocco e di sbocco e della sedimentazione in condizione dinamiche.

Esso è funzione del rendimento di rimozione delle particelle di η_d e del coefficiente s secondo i valori tabellati nella fig. 1.

$$\varepsilon = \frac{V_d \cdot H_{\max}}{n \cdot V_s \cdot \sqrt{g}}$$

n = Coefficiente di scabrezza di Manning [s/m^{1/3}].



Per $n = 0,011$ [s/m^{1/3}] $s = 148,5864$ $\eta_d = 0,95$

$\delta = 1,00$

La lunghezza di calcolo del canale dissabbiatore risulta $L_d = 2,39$ [m]

Si adotta una lunghezza del canale $L = 6,50$ [m]

Verifica volume disponibile per sversamenti accidentali.

Il volume del dissabbiatore - disoleatore adottando i seguenti valori

$$H_{\text{media}} = 3,20 \quad [\text{m}] \quad b = 4,40 \quad [\text{m}] \quad L = 6,50 \quad [\text{m}]$$

$$\text{risulta il volume totale } V = 91,52 \quad [\text{mc}]$$

$$\text{Volume netto } V = 68,64 \quad [\text{mc}] \quad \text{Vano intercettazione oli e idrocarburi}$$

Volume largamente superiore a quello massimo trasportabile da una autocisterna a pieno carico pari a circa 30 mc. La verifica di intrappolamento del carico inquinante per sversamenti accidentali sulla piattaforma risulta positiva.

Verifica del tempo di ritenzione.

$$\tau = \frac{\text{Volume totale } V}{\text{Portata influente}} = 7,63 \quad \text{minuti}$$

Il tempo di ritenzione, con riferimento alla portata massima, deve risultare ≥ 5 minuti
Verifica positiva

Verifica della velocità della corrente sotto il setto d'intercettazione oli .

$$\text{Altezza libera sotto il setto } h = 0,80 \quad [\text{m}]$$

$$\text{Larghezza } b = 4,40 \quad [\text{m}]$$

$$V_{\text{setto}} = Q_{\text{max}} / (h \times b) = 0,057 \quad [\text{m/s}]$$

La velocità deve risultare minore di 0,3 m/s per la quale si possono avere fenomeni di richiamo delle particelle sedimentate. *Verifica positiva*

Verifica della velocità della corrente nel canale di risalita verso lo stramazzo .

$$\text{Luce del canale di risalita } l = 0,80 \quad [\text{m}]$$

$$\text{Larghezza } b = 4,40 \quad [\text{m}]$$

$$V_{\text{risalita}} = Q_{\text{max}} / (l \times b) = 0,057 \quad [\text{m/s}]$$

La velocità deve risultare minore di 0,3 m/s per la quale si possono avere fenomeni di richiamo delle particelle sedimentate. *Verifica positiva*

Verifica dello stramazzo in ingresso - uscita al manufatto.

L'espressione della portata di uno stramazzo in parete a larga soglia rettangolare risulta:

$$Q = \mu \cdot l \cdot h_m \sqrt{2 \cdot g \cdot h_m}$$

Dove :
Q = Portata; [l/s]
l = Larghezza dello stramazzo [m];
h_m = Carico a monte, misurato a partire dalla quota di fondo della soglia,
e in una sezione abbastanza a monte dell'imbocco che non risente
dell'effetto di chiamata [m];
μ = 0,385 Coefficiente d'efflusso

Per : Q_{max} = 200,00 [l/s] l = 4,40 [m]

si determina un carico a monte h_m = 0,089 [m]

con una velocità della lama stramazzaante di V = 0,51 [m/s].

Per il carico massimo disponibile h_{max} = 0,250 [m]

la portata potenziale massima effluente risulta = 937,935 [l/s]

Verifica positiva