

PONTE SULLO STRETTO DI MESSINA



PROGETTO DEFINITIVO

EUROLINK S.C.p.A.

IMPREGILO S.p.A. (MANDATARIA)
SOCIETÀ ITALIANA PER CONDOTTE D'ACQUA S.p.A. (MANDANTE)
COOPERATIVA MURATORI E CEMENTISTI - C.M.C. DI RAVENNA SOC. COOP. A.R.L. (MANDANTE)
SACYR S.A.U. (MANDANTE)
ISHIKAWAJIMA - HARIMA HEAVY INDUSTRIES CO. LTD (MANDANTE)
A.C.I. S.C.P.A. - CONSORZIO STABILE (MANDANTE)

 <p>IL PROGETTISTA Dott. Ing. F. Colla Ordine Ingegneri Milano n°20355 Dott. Ing. E. Pagani Ordine Ingegneri Milano n°15408</p> 	<p>IL CONTRAENTE GENERALE Project Manager (Ing. P.P. Marcheselli)</p>	<p>STRETTO DI MESSINA Direttore Generale e RUP Validazione (Ing. G. Fiammenghi)</p>	<p>STRETTO DI MESSINA Amministratore Delegato (Dott. P. Ciucci)</p>
--	---	--	--

<p><i>Unità Funzionale</i> COLLEGAMENTI CALABRIA <i>Tipo di sistema</i> INFRASTRUTTURE STRADALI OPERE CIVILI <i>Raggruppamento di opere/attività</i> SISTEMAZIONI IDRAULICHE <i>Opera - tratto d'opera - parte d'opera</i> GENERALE <i>Titolo del documento</i> RELAZIONE METODOLOGICA</p>	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;">CS0763_F0</div>
--	--

CODICE	C	G	0	7	0	0	P	R	G	D	C	S	C	S	I	G	0	0	0	0	0	0	0	1	F	0
--------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

REV	DATA	DESCRIZIONE	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO
F0	20/06/2011	EMISSIONE FINALE	B. LO GIUDICE	F. BERTONI	F. COLLA

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE METODOLOGICA		<i>Codice documento</i> CS0763_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

INDICE

INDICE	3
Premessa	5
1 Parametri pluviometrici di progetto.....	7
2 Portate di progetto	8
3 Metodologie di analisi di calcolo adottate	10
3.1 Analisi idraulica per i corsi d'acqua principali	10
3.1.1 Esecuzione delle indagini topografiche di rilievo	10
3.1.2 Costruzione del modello idrodinamico di simulazione	11
3.1.2.1 Schematizzazione modellistica delle strutture di attraversamento e delle opere idrauliche di controllo del fondo alveo.....	13
3.1.3 Portate di riferimento e valutazione dei fenomeni di trasporto solido.....	13
3.1.4 Condizioni al contorno introdotte nel modello.....	15
3.1.5 Resistenze distribuite (scabrezza)	15
3.1.6 Rappresentazione dei risultati.....	16
3.2 Analisi idraulica per i corsi d'acqua minori (secondari).....	17
4 Interventi di sistemazione idraulica in progetto.....	19
4.1 Inalveazioni tipo.....	19
4.1.1 Sezione trapezia	19
4.1.2 Sezione rettangolare.....	19
4.2 Salti di fondo.....	20
4.3 Verifiche del rivestimento dell'alveo	20
4.3.1 Verifica in termini di tensione di trascinamento	21
4.3.2 Verifica in termini di velocità	23
4.3.3 Valutazione delle deformazioni	24
4.3.4 Verifica delle velocità al contatto tra il rivestimento in materassi Reno e gabbioni ed il terreno sottostante	25
4.4 Interventi di sistemazione idraulica dei corsi d'acqua principali.....	26
4.4.1 Torrente Laticogna.....	27
4.4.2 Torrente Prestianni	28
4.4.3 Torrente Piria.....	30
4.4.4 Torrenti Zagarella 1 e 2	30

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE METODOLOGICA		<i>Codice documento</i> CS0763_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

4.4.5	Torrente Campanella	33
4.4.6	Torrente Immacolata.....	34
4.4.7	Torrente Solaro.....	35
4.4.8	Torrente Acciarello.....	35
5	Tombini idraulici in progetto	36
5.1	Tombino pk 2+826 (asse C)	37
5.2	Tombino pk 2+372 (asse C)	38
5.3	Tombino pk 2+104 (asse C)	38
5.4	Tombino pk 2+021 (asse C)	40
5.5	Tombino pk 1+921 (asse C)	41
5.6	Tombino pk 1+863 (asse C)	42
5.7	Tombino pk 1+805 (asse C)	43
5.8	Tombino pk 1+729 (asse C)	45
5.9	Tombino pk 1+573 (asse C)	46
5.10	Tombino pk 1+442 (asse C)	47
5.11	Tombino pk 2+832 (asse T).....	48
6	Idraulica di versante.....	48
6.1	Analisi idrologica.....	49
6.1.1	Delimitazione e caratterizzazione fisiografica delle superfici scolanti	49
6.1.2	Determinazione del tempo di corrivazione	51
6.1.3	Determinazione del coefficiente di deflusso	54
6.1.4	Determinazione delle portate di piena a tempo di ritorno 100 anni (metodo razionale) ..	57
6.2	Analisi idraulica	59
6.2.1	Tratto Nord (rampa A).....	60
6.2.2	Centro Direzionale	61
6.2.3	Tratto intermedio (rampe M e B).....	63
6.2.4	Tratto Sud (rampe D e T).....	65
7	Bacino di affinamento e laminazione e manufatti di scarico in progetto.....	67
7.1	Descrizione complessiva dell'intervento	67
7.2	Verifica del bacino di affinamento e laminazione	71

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE METODOLOGICA		<i>Codice documento</i> CS0763_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Premessa

La presente relazione illustra le metodologie di calcolo utilizzate ed i risultati dello studio idraulico eseguito nell'ambito del progetto delle infrastrutture viarie di collegamento con il Ponte sullo Stretto di Messina nel versante calabrese.

Le attività svolte hanno riguardato le verifiche idrauliche dei tratti di corsi d'acqua interferenti con:

- l'autostrada A3 "Salerno – Reggio Calabria" attualmente in ampliamento (progetto DG 87),
- le future rampe autostradali di raccordo al Ponte sullo Stretto nel versante Calabria; in particolare le verifiche idrauliche hanno riguardato i corsi d'acqua nella configurazione di progetto.

Le specifiche tecniche generali di progettazione relative agli Studi idrologici ed idraulici distinguono i corsi d'acqua in principali, quando la superficie del bacino sotteso è superiore a 10 km², e secondari quando è inferiore.

Nel caso in esame, sul versante Calabria, tutti i corsi d'acqua interferiti hanno superficie di bacino inferiore a 10 km².

Tuttavia, in considerazione delle caratteristiche e dell'importanza del corso d'acqua, della tipologia delle opere presenti e dell'importanza dell'opera in progetto, alcuni corsi d'acqua sono stati trattati analogamente ai corsi d'acqua "principali", in termini sia di metodologia di calcolo adottata nello studio idraulico (simulazioni in moto stazionario), sia di elaborazione dei risultati.

I corsi d'acqua trattati come "principali" e di seguito chiamati corsi d'acqua principali sono:

- torrente Laticogna;
- torrente Prestianni;
- torrente Piria;
- torrente Zagarella 1;
- torrente Zagarella 2;
- torrente Campanella;
- torrente Immacolata;
- torrente Solaro;

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE METODOLOGICA		<i>Codice documento</i> CS0763_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

- torrente Acciarello.

Per questi corsi d'acqua (ad esclusione del torrente Acciarello) anche il Progetto DG 87 aveva adottato una metodologia di calcolo e analisi simile a quella proposta nel presente studio.

L'analisi con approccio modellistico descritta ai punti seguenti riguarda, per ciascuno dei torrenti citato, un tratto d'alveo sufficientemente esteso, a monte ed a valle delle opere di attraversamento e di sistemazione idraulica esistenti e in progetto, per rappresentare correttamente la funzionalità idraulica del sistema fluviale; un'ulteriore analisi è stata svolta su manufatti e/o sezioni presenti a valle dei corsi d'acqua sopraccitati, per valutarne la compatibilità idraulica con le portate di piena di riferimento: in questo caso si è ritenuto sufficiente e cautelativo eseguire l'analisi ricorrendo alle classiche formule dell'idraulica in quanto scopo della verifica è stato anche quello di valutare un'eventuale portata limite "di riferimento" per lo scarico delle acque di piattaforma delle opere in progetto.

Sui corsi d'acqua minori, che attualmente vengono attraversati dall'autostrada per mezzo di manufatti scatolari o tombini che andranno prolungati nella situazione di progetto, si è proceduto, in accordo con quanto stabilito dalle Specifiche Tecniche sopra richiamate, con l'applicazione di metodologie adeguate alla rappresentazione del funzionamento idraulico dei vari manufatti.

Anche in questo caso sui tratti di valle si sono considerati manufatti o sezioni significative per valutarne la compatibilità idraulica con le portate di riferimento.

Per una dettagliata illustrazione delle metodologie adottate nei due casi, si rimanda ai paragrafi successivi.

Nel seguito si ritiene utile specificare il tipo di analisi svolta nella precedente fase relativa allo stato di fatto sulla componente solida di trasporto e come quest'ultima sia stata considerata nelle valutazioni idrauliche eseguite.

Il reticolo idrografico che drena i versanti che si affacciano sullo Stretto di Messina sono interessati dallo sviluppo di eventi alluvionali caratterizzati da un trasporto solido molto elevato, che talora si evolvono in vere e proprie colate detritiche. In relazione a tali aspetti lo studio è stato finalizzato

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE METODOLOGICA		<i>Codice documento</i> CS0763_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

alle seguenti esigenze: incrementare le portate liquide in misura tale da tenere conto dell'incremento dei deflussi, e quindi dei livelli di massima piena, derivanti dalla presenza di una rilevante frazione solida; individuare eventuali situazioni favorevoli all'innescio di colate detritiche torrentizie.

Queste ultime, meglio note con il termine "debris flow", sono caratterizzate dalla presenza di frazioni solide molto rilevanti, tanto da poter essere considerate come dissesti aventi caratteristiche intermedie tra le alluvioni propriamente dette e le frane per colata. Per tener conto di quanto detto sopra, lo studio del trasporto solido è stato condotto secondo le seguenti modalità.

Facendo riferimento alle portate idrologiche più gravose (TR 200 anni) è stata calcolata la portata complessiva, liquida più solida, per via modellistica, applicando la formulazione di Smart-Jaeggi (modulo NST del MIKE 11). Il modello è stato poi applicato utilizzando dette portate, solide più liquide, e ricavando conseguentemente i livelli di massima piena da utilizzarsi come riferimento per la progettazione idraulica, indipendentemente dalla possibilità che si sviluppino o meno processi tipo colate detritiche.

Parallelamente, sugli stessi corsi d'acqua, è stata calcolata la capacità di trasporto solido in caso di debris flow (metodo di Gregoretti). Nei tratti di corso d'acqua in cui possono svilupparsi colate detritiche, le portate calcolate con quest'ultimo metodo sono sensibilmente superiori a quelle definite per via modellistica; solo in questi casi, si è proceduto al calcolo della massima magnitudo dell'evento ovvero il volume massimo mobilizzabile in caso di debris flow. Quest'ultima informazione risulta di significativa importanza per una prima valutazione sull'entità del fenomeno potenziale e costituisce un utile elemento per valutare l'opportunità in fase progettuale di prevedere e dimensionare eventuali vasche di accumulo o interventi finalizzati a favorire l'intercettazione di colate detritiche.

1 Parametri pluviometrici di progetto

Le curve di possibilità pluviometrica sono state ottenute a partire dalle elaborazioni condotte per la valutazione delle portate di progetto relative ai corpi idrici interferenti; si rimanda alla relazione idrologica generale per la descrizione di dettaglio delle procedure utilizzate e dei risultati ottenuti.

I parametri delle curve di possibilità pluviometrica di progetto, valide per durate inferiori all'ora ed

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE METODOLOGICA		<i>Codice documento</i> CS0763_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

espresse secondo la formulazione monomia $h = a \cdot t^n$ sono indicati in Tabella 1.1 – Parametri delle curve di possibilità pluviometrica validi per durate inferiori all'ora.

per l'area di interesse (tratto 4) e per i Tr 5, 10, 30, 50, 100 e 200 anni. In Tabella 1.2 si riportano anche le altezze di pioggia associate ai vari tempi di ritorno per alcune durate significative.

TR [anni]	parametro	tratto 4
200	$a [mm/h^n]$	88,17
	$n [-]$	0,433
100	$a [mm/h^n]$	79,57
	$n [-]$	0,433
50	$a [mm/h^n]$	68,63
	$n [-]$	0,433
30	$a [mm/h^n]$	64,50
	$n [-]$	0,433
10	$a [mm/h^n]$	50,46
	$n [-]$	0,433
5	$a [mm/h^n]$	41,18
	$n [-]$	0,433

Tabella 1.1 – Parametri delle curve di possibilità pluviometrica validi per durate inferiori all'ora.

TR [anni]	tempo di pioggia [minuti]				
	5	10	15	30	45
200	30,1	40,6	48,4	65,3	77,8
100	27,1	36,6	43,7	58,9	70,3
50	23,4	31,6	37,7	50,8	60,6
30	22,0	29,7	35,4	47,8	56,9
10	17,2	23,2	27,7	37,4	44,6
5	14,0	19,0	22,6	30,5	36,4

Tabella 1.2 – Altezze di pioggia di progetto [mm] per alcune durate inferiori all'ora.

2 Portate di progetto

Si riportano in sintesi i dati di portata di riferimento calcolati per ciascun corso d'acqua interferente, così come risultano dall'analisi idrologica alla quale si rimanda per ogni indicazione di dettaglio.

RELAZIONE METODOLOGICA	Codice documento	Rev	Data
	CS0763_F0	F0	20/06/2011

identificativo bacino		tempo di corrivazione		portate di progetto [m ³ /s]		
codice	nome corpo idrico significativo	media [h]	media [']	Q30	Q100	Q200(*)
01M.1	T. GIBIA	0,240	14,4	27,1	33,1	36,5
01M.1.1	T. GIBIA	0,083	5,0	4,3	5,2	5,7
02M.0	T. LATICOGNA	0,083	5,0	3,4	4,2	6,50
02V.0	T. LATICOGNA	0,092	5,5	6,8	8,3	13,00
03M.0	T. PRESTIANNI	0,083	5,0	3,3	4,0	5,33
03V.0	T. PRESTIANNI	0,094	5,6	6,0	7,4	9,70
04M.0	T. SERRO DELLA TORRE	0,083	5,0	1,8	2,2	2,4
04V.0	T. SERRO DELLA TORRE	0,088	5,3	4,9	6,1	6,7
05M.0	T. PIRIA	0,154	9,2	10,4	12,8	15,37
05V.1	T. PIRIA	0,192	11,5	10,7	13,1	15,81
06M.1	T. ZAGARELLA 1	0,143	8,6	8,6	10,6	12,74
06M.1.1	T. ZAGARELLA 1	0,083	5,0	2,0	2,5	2,7
06M.2	T. ZAGARELLA 2	0,142	8,5	7,5	9,2	10,2
06M.2.1	T. ZAGARELLA 2	0,083	5,0	2,3	2,9	3,2
06V.1	T. ZAGARELLA 1	0,183	11,0	10,5	12,9	15,58
06V.2	T. ZAGARELLA 2	0,182	10,9	9,8	12,1	13,4
06V.0	T. ZAGARELLA 1	0,221	13,2	16,6	20,4	27,39
07M.1	FOSSO CONTRADA PIRGO	0,083	5,0	2,7	3,3	3,7
-	TOMBINO PK 1+921	0,083	5,0	0,6	0,8	0,9
07M.2	FOSSO CONTRADA PIRGO	0,083	5,0	2,8	3,4	3,8
07V.0	FOSSO CONTRADA PIRGO	0,108	6,5	8,0	9,9	11,0
-	TOMBINO PK 1+805	0,083	5,0	0,7	0,9	1,0
08M.1	T. POLISTENA	0,083	5,0	2,5	3,1	3,5
08M.2	T. POLISTENA	0,083	5,0	1,7	2,1	2,3
08V.0	T. POLISTENA	0,139	8,4	7,4	9,2	10,2
09M.0	T. LUPO	0,083	5,0	2,9	3,6	3,9
09V.0	T. LUPO	0,123	7,4	6,1	7,5	8,3
10M.0	FOSSO VIA GALLIANO	0,083	5,0	4,5	5,6	6,2
10V.0	FOSSO VIA GALLIANO	0,121	7,3	7,3	9,1	10,1
11M.0	T. FEMIA	0,084	5,1	4,9	6,1	6,7
11V.0	T. FEMIA	0,146	8,8	6,8	8,4	9,4
12M.0	T. ANONIMO	0,083	5,0	0,9	1,1	1,2
13M.1	T. CAMPANELLA	0,397	23,8	16,2	20,0	23,04
13V.1	T. CAMPANELLA	0,458	27,5	17,8	22,1	25,43
14M.0	T. IMMACOLATA	0,389	23,3	13,0	16,1	18,44
14V.0	T. IMMACOLATA	0,465	27,9	13,9	17,2	19,79
15M.0	T. SOLARO	0,622	37,3	26,1	32,2	35,8
15V.0	T. SOLARO	0,731	43,9	28,1	34,7	38,5
16M.1	T. ACCIARELLO	0,240	14,4	4,1	5,1	5,94
-	TOMBINO PK 2+832 (**)	-	-	-	3,6	4,0
16M.1.1	RIO	0,083	5,0	0,6	0,8	0,9
16V.0	T. ACCIARELLO	0,229	13,7	5,3	6,5	7,61

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE METODOLOGICA		<i>Codice documento</i> CS0763_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

(*) La portata Q200 rappresentata è maggiorata della quota di trasporto solido calcolata.

(**) Valori desunti dallo studio idrologico DG87 in quanto non variati.

Tabella 2.1 - Portate di progetto.

I valori di portata Q200 (*) comprensivi del contributo dovuto al trasporto solido sono stati utilizzati per il dimensionamento delle opere di sistemazione idraulica e la verifica della funzionalità del sistema corso d'acqua – opere di attraversamento.

3 Metodologie di analisi di calcolo adottate

Per i corsi d'acqua principali, caratterizzati da bacini di dimensioni maggiori e regimati da opere idrauliche di sistemazione, le analisi idrauliche sono state eseguite tramite l'ausilio di modellistica numerica, utilizzando il codice di calcolo MIKE 11 secondo schematizzazione idrodinamica monodimensionale in moto stazionario. Il moto stazionario è quello che meglio rappresenta il deflusso sulle aste principali in studio, in quanto su di esse il deflusso di piena avviene in regime torrentizio (generalmente caratterizzato da un moto in corrente veloce) per effetto di pendenze di fondo alveo elevate e ambiti di esondazione di estensione contenuta, in quanto il fondovalle è generalmente stretto, limitato da versanti adiacenti alle sponde dei corsi d'acqua. L'analisi modellistica ha consentito di rappresentare la propagazione della piena in termini di parametri idrodinamici e di aree di allagamento per tempo di ritorno assegnato.

Per i corsi d'acqua minori, caratterizzati da bacini idrografici di piccola dimensione e da un alveo spesso non definito (incisioni), si è adottata una schematizzazione di verifica idrodinamica in moto uniforme, utilizzando le formule classiche dell'idraulica, applicandole a livello puntuale (in corrispondenza dei manufatti di attraversamento autostradale esistenti di cui è previsto il prolungamento).

3.1 Analisi idraulica per i corsi d'acqua principali

3.1.1 Esecuzione delle indagini topografiche di rilievo

Le indagini topografiche hanno riguardato un tratto di corso d'acqua significativo ai fini del calcolo idraulico, di estensione e dettaglio sufficiente a rappresentare il deflusso di piena nell'intorno degli attraversamenti della A3 in ampliamento e dei futuri collegamenti autostradali con il ponte sullo

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE METODOLOGICA		<i>Codice documento</i> CS0763_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Stretto di Messina.

In particolare l'estensione del rilievo topografico eseguito per ciascuna asta fluviale è stata determinata in funzione:

- del grado di artificializzazione dell'asta, rappresentando geometricamente tutte le principali opere idrauliche di sistemazione esistenti ed i manufatti di attraversamento delle opere viarie interferenti; queste ultime se inadeguate idraulicamente possono condizionare in modo rilevante il deflusso di piena generando importanti innalzamenti dei livelli idrici a monte dell'attraversamento con conseguenti ampie aree di allagamento e conferendo carattere impulsivo alla corrente;
- del grado di antropizzazione delle aree di territorio limitrofe alle future opere autostradali in progetto al fine di una caratterizzazione del rischio idraulico in termini di aree esondabili.

Per ciascun corso d'acqua di interesse si è proceduto con la seguente metodologia:

- sopralluogo di dettaglio finalizzato a definire le caratteristiche idrauliche e funzionali dell'alveo e la presenza di opere di regimazione o di difesa;
- definizione del tratto di interesse per lo studio idraulico e individuazione del numero e posizione delle sezioni trasversali da rilevare;
- verifica e controllo di congruità delle sezioni di rilievo fornite dal progetto DG87;
- rilievo e costruzione della geometria di sezione con l'utilizzo del rilievo aerofotogrammetrico di dettaglio, appositamente predisposto per la progettazione dell'opera, integrato, tutto dove ritenuto necessario, con misure e rilevamenti in campo;
- analoga procedura è stata applicata per la costruzione del profilo longitudinale del fondo alveo e delle sponde; in tal modo è stato possibile riprodurre adeguatamente la presenza di salti di fondo e, in genere, delle opere di controllo della stabilità dell'alveo;
- rilievo in campo delle opere di attraversamento presenti (sia in termini di quote di fondo, di intradosso e di piano viabile).

3.1.2 Costruzione del modello idrodinamico di simulazione

Il calcolo dei profili idraulici di piena è stato eseguito mediante l'applicazione del codice di calcolo MIKE 11 del DHI Water & Environment.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE METODOLOGICA		<i>Codice documento</i> CS0763_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Il modello idrodinamico simula il deflusso in moto stazionario e non, secondo schematizzazione monodimensionale o quasi 2D, di fluidi verticalmente omogenei in qualsiasi sistema di canali o aste fluviali, descrivibile attraverso i diversi approcci dell'“onda cinematica”, dell'“onda diffusiva” e dell'“onda dinamica” e con la messa in conto principalmente delle seguenti condizioni:

- portate laterali,
- flusso libero o rigurgitato,
- differenti regole operative di funzionamento di serbatoi o invasi,
- resistenze localizzate e perdite di carico concentrate,
- aree d'espansione,
- nodi idraulici (biforcazioni e convergenti).

La soluzione del sistema di equazioni è indipendente dall'approccio modellistico seguito (cinematico, diffusivo, dinamico).

Le equazioni generali di De Saint Venant sono trasformate in un sistema di equazioni implicite alle differenze finite secondo una griglia di calcolo con punti Q e H alternati tra loro, nei quali la portata Q e il livello idrico H, rispettivamente, sono determinati ad ogni passo temporale (schema di Abbott a 6 punti).

La soluzione del sistema di equazioni di De Saint Venant permette di rappresentare, in dettaglio, tutte le trasformazioni che l'onda di piena subisce nella traslazione da monte verso valle per effetto della laminazione naturale, dell'interferenza con le opere idrauliche, delle esondazioni al di fuori dell'alveo attivo, della confluenza di tributari laterali e del contributo distribuito dei bacini di versante.

Come già detto in precedenza per i corsi d'acqua principali in studio si è scelta la rappresentazione idrodinamica in moto stazionario con condizioni al contorno invarianti nel tempo, in ragione delle loro caratteristiche torrentizie che escludono la possibilità del verificarsi di fenomeni di laminazione dell'onda di piena.

Le sezioni trasversali di rilievo, le opere di sistemazione idraulica previste nel progetto DG87 ed i

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE METODOLOGICA		<i>Codice documento</i> CS0763_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

manufatti di attraversamento presenti e previsti sul corso d'acqua sono stati introdotti all'interno del modello di simulazione in modo da poter rappresentare in modo esaustivo il deflusso lungo l'alveo di piena.

3.1.2.1 Schematizzazione modellistica delle strutture di attraversamento e delle opere idrauliche di controllo del fondo alveo

Tutti gli attraversamenti interferenti con le aste fluviali sono stati schematizzati nell'ambito del modello con una struttura tipo "culvert", di forma geometrica variabile secondo una relazione quota-larghezza che tiene conto della luce di deflusso netta compresa tra le spalle dell'attraversamento (escludendo quindi l'area trasversale occupata dall'eventuale presenza di pile).

Tale assunzione risulta valida, in quanto il comportamento della corrente è regolato principalmente dal restringimento della sezione in presenza del ponte o del tombino scatolare e dalle perdite di carico concentrate dovute allo stesso, più che da quelle distribuite lungo la struttura. Il piano viabile è stato rappresentato come una potenziale linea di sfioro inserita come struttura aggiuntiva (di tipo "weir") capace di rappresentare eventuali fenomeni di sormonto del ponte o del tombino stesso.

Per quanto attiene alle opere di controllo del trasporto solido (soglie, briglie), queste sono schematizzate da strutture di tipo "weir" capaci di simulare idrodinamicamente il deflusso attraverso una qualsivoglia tipologia di stramazzo.

In corrispondenza delle strutture la sezione di rilievo o di progetto che le rappresenta è stata duplicata per esigenze di modellizzazione.

3.1.3 Portate di riferimento e valutazione dei fenomeni di trasporto solido

Le simulazioni eseguite per lo stato attuale (ante operam) erano finalizzate alla:

- determinazione dei profili idraulici e dei parametri idrodinamici per le piene a tempo di ritorno 2, 5, 10, 30, 100 e 200 anni;
- analisi dei fenomeni di trasporto solido associati al solo evento a tempo di ritorno 200 anni.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE METODOLOGICA		<i>Codice documento</i> CS0763_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Per tenere conto dell'incremento dei livelli causato dal trasporto solido di fondo messo in movimento dal transito di una piena defluente lungo un'asta fluviale, si è incrementata la portata idrologica più gravosa (Tr200) assunta come riferimento, della quota parte di portata solida di fondo movimentabile, determinata tramite l'applicazione del modello di simulazione.

Per quanto attiene alle piene comprese tra tempi di ritorno da 2 a 100 anni, le simulazioni sono state eseguite invece con riferimento al valore al colmo del solo idrogramma idrologico.

Di seguito si descrive l'approccio modellistico utilizzato per la valutazione della portata solida.

Il calcolo del trasporto solido non coesivo, è stato eseguito con il modulo NST (Non-cohesive Sediment Transport) di MIKE 11, utilizzando un modello di calcolo di tipo esplicito.

Nel metodo di calcolo esplicito vengono utilizzati i risultati del modulo idrodinamico (Tr200 anni) in termini di portata, livelli idrici, area bagnata della sezione e raggio idraulico variabili nel tempo e nello spazio. In questo caso la connessione tra modulo HD e modulo NST è univoca; infatti i risultati del calcolo del trasporto solido non vengono utilizzati dal modello idrodinamico ma rappresentano la quantità di volume trasportato (portata solida senza vuoti), definita per ogni tratto iesimo del modello (compreso tra due sezioni trasversali). Tale valore di portata solida è stato ottenuto applicando la formulazione di Smart-Jaeggi particolarmente indicata per la stima del trasporto solido di fondo movimentato su corsi d'acqua caratterizzati da forte pendenza.

Per ogni tratto iesimo del modello, è stato possibile definire quindi il rapporto percentuale tra la portata solida e quella idrologica a tempo di ritorno 200 anni; si è successivamente determinato il valor medio di tali rapporti per l'intero tratto d'asta simulato (ad esclusione dei 2 tratti estremi di monte e di valle del modello, poiché influenzati dall'assunzione delle condizioni al contorno). Infine si è incrementata la portata idrologica del valor medio sopra definito.

Per quanto riguarda la situazione di progetto si è fatto riferimento alla sola portata Q Tr200 incrementata della componente dovuta al trasporto solido (cfr. valori di Tabella 2.1), in quanto tale dato risulta essere quello di riferimento per il dimensionamento delle opere.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE METODOLOGICA		<i>Codice documento</i> CS0763_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

3.1.4 Condizioni al contorno introdotte nel modello

Le condizioni al contorno assunte per l'esecuzione delle simulazioni idrodinamiche sono le seguenti:

- condizione di monte: portata costante (in quanto la schematizzazione scelta è quella di moto permanente);
- condizione di valle: scala di deflusso in moto uniforme;
- condizione morfologica: diametro caratteristico d_{50} nel tratto simulato.

Va specificato che, date le caratteristiche torrentizie dei corsi d'acqua simulati, il moto avviene sempre in corrente veloce (influenzata da azioni idrodinamiche di monte) e quindi la validità della condizione al contorno assunta a valle è garantita. Nella sezione di valle, tuttavia, si è sempre eseguita un'analisi di sensitività rispetto al livello idrico, imponendo l'altezza critica di moto uniforme; tale imposizione, per tutti i casi considerati, non influenza il profilo idraulico di monte.

3.1.5 Resistenze distribuite (scabrezza)

I valori di scabrezza assunti nella simulazione idraulica tengono conto della combinazione di diversi fattori che intervengono nella caratterizzazione delle perdite distribuite a cui è soggetta la corrente durante un evento di piena. I principali fattori che influenzano la stima della scabrezza possono ricondursi a:

- caratteristiche granulometriche del materiale d'alveo;
- tipologia di sistemazione d'alveo prevista;
- caratteristiche morfologiche e geometriche quali il grado di sinuosità del tratto d'alveo e brusche variazioni di geometria della sezione;
- uso del suolo e vegetazione presenti nelle zone spondali e nelle aree di fondovalle.

Per la valutazione del coefficiente di scabrezza da assumere si è fatto riferimento alla formula messa a punto da Cowen:

$$n = (n_0 + n_1 + n_2 + n_3 + n_4) m_5$$

dove:

¹ d_{50} è il diametro caratteristico corrispondente al passante al 50% in peso del sedimento.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE METODOLOGICA		<i>Codice documento</i> CS0763_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

n_0 tiene conto del materiale costituente l'alveo attivo,
 n_1 tiene conto del grado di irregolarità della superficie della sezione d'alveo,
 n_2 tiene conto della forma e della dimensione della sezione d'alveo,
 n_3 tiene conto di eventuali bruschi restringimenti della sezione d'alveo,
 n_4 tiene conto del tipo di copertura vegetale della sezione d'alveo,
 m_5 tiene conto del grado di sinuosità del corso d'acqua.

I sopralluoghi eseguiti in situ hanno permesso di caratterizzare i corsi d'acqua principali in termini morfologici e di copertura vegetale presente, successivamente si sono determinati i valori di scabrezza che li caratterizzano facendo riferimento alle tabelle denominate 5-5 e 5-6 riportate in "Open-Channel Hydraulics" - V.T. Chow, 1959. Queste tabelle fissano i valori di scabrezza da assumere per corsi d'acqua naturali ed artificiali derivanti dall'applicazione dell'equazione di Cowen, distinguendoli anche per le caratteristiche manutentive a cui sono sottoposti e la loro stabilità morfologica.

3.1.6 Rappresentazione dei risultati

I risultati delle simulazioni eseguite sono rappresentati sui seguenti elaborati:

1. nella presente relazione metodologica per quanto riguarda tutti i dati tabellari;
2. sui profili di rigurgito in scala 1:500/1:500;
3. sulle sezioni trasversali post operam in scala 1.200;
4. sulla planimetria in termini di aree di esondazione post operam in scala 1:500.

Sui profili di rigurgito si sono riportati, oltre alle informazioni di base che caratterizzano il corso d'acqua (profilo di fondo e delle sponde, presenza di manufatti di attraversamento e/o di stabilizzazione, profilo di fondo sistemato, confluenze e immissioni), i profili di piena Tr 200 anni, la linea dei carichi totali per Tr 200 anni ed i relativi valori di portata.

Sulla tavola di sezioni trasversali si sono riportate le indicazioni numeriche e grafiche, dei livelli di piena per Tr 200 anni e la relativa linea dei carichi totali.

Infine sulla planimetria delle aree esondabili si sono riportati, oltre all'ubicazione dell'asse del profilo e della traccia delle sezioni, le seguenti informazioni:

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE METODOLOGICA		<i>Codice documento</i> CS0763_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

- limiti di esondazione;
- linea inviluppo delle proiezioni dei carichi totali per Tr 200 anni;
- l'asse dell'alveo sistemato;
- l'indicazione sulle sezioni della progressiva di origine.

3.2 Analisi idraulica per i corsi d'acqua minori (secondari)

La verifica idraulica eseguita sui corsi d'acqua minori, definiti secondari, è avvenuta tramite un calcolo idrodinamico locale per effetto della piccola dimensione dei loro bacini di alimentazione e delle caratteristiche morfologiche delle strutture di alveo, poco definite in termini geometrici e spesso riconducibili a semplici incisioni.

Il calcolo è avvenuto utilizzando come schematizzazione di base quella di moto uniforme, applicando la formulazione proposta da Chezy nel seguito riportata:

$$Q = \chi * \Omega * (R * i_f)^{0.5} \quad \text{con } \chi = C * R^{(1/6)}$$

dove

- C coefficiente di resistenza distribuita secondo Gauckler – Strickler [$m^{1/3}s^{-1}$],
- Ω area bagnata della sezione idraulica [m^2],
- R raggio idraulico [m],
- i_f pendenza del fondo [m/m].

Sulla base dei dati geometrici dell'attraversamento (sezione trasversale e pendenza di fondo) e delle caratteristiche geometriche dell'alveo a monte e a valle di esso, sono state eseguite le verifiche idrauliche relative allo stato attuale e a quello di progetto, in riferimento alla massima portata idrologica per tempo di ritorno assegnato (Tr 200 anni).

Il metodo di verifica adottato è il seguente:

- si è innanzitutto determinato il tipo di moto a cui è soggetta la corrente di piena a Tr 200 anni nel tratto a cavallo dell'opera di attraversamento; le caratteristiche altimetriche dei corsi d'acqua in oggetto caratterizzano il deflusso secondo un moto in corrente veloce;

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE METODOLOGICA		<i>Codice documento</i> CS0763_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

- si sono quindi determinati, tramite l'applicazione dell'equazione di Chezy, le grandezze idrodinamiche relative allo stato di moto critico per la portata a tempo di ritorno 200 anni; in particolare si è determinato indirettamente il valore del carico totale imponendo che la portata Tr 200 anni transiti nella sezione di imbocco dell'opera generando l'altezza critica che corrisponde all'espressione di seguito esposta.

$$H - \Delta h = h_c + \frac{A_c}{2 \cdot b_c}$$

in cui:

- H è il carico totale a monte dell'imbocco dell'opera,
- Δh rappresenta la perdita di carico in corrispondenza dell'imbocco, assunta pari a 0.3 volte il carico cinetico critico,
- h_c è l'altezza critica,
- A_c l'area di deflusso corrispondente allo stato critico,
- b_c la larghezza del pelo libero corrispondente allo stato critico.

Sulla base di questa metodologia l'opera è stata considerata adeguata quando la portata Tr 200 anni transitante al suo interno determina:

- un livello idrico (corrispondente al valore dell'altezza critica) tale da conferire un riempimento non superiore al 70 % dell'altezza dell'opera,
- che il rapporto tra il carico totale al lordo delle perdite concentrate e la dimensione verticale dell'opera non superi il valore 1.5 ($H/D \leq 1.5$).

Data l'estensione delle opere oggetto di verifica la scabrezza assunta è risultata pari a $60 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$.

I corsi d'acqua minori oggetto delle verifiche idrauliche sopraccitate sono i seguenti:

- PK 2+826 torrente Serro della Torre;
- PK 2+372 affluente di sinistra Zagarella 1;
- PK 2+104 affluente di sinistra Zagarella 2;
- PK 2+021 fosso Contrada di Pirgo;
- PK 1+921 acque di piattaforma DG87;

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE METODOLOGICA		<i>Codice documento</i> CS0763_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

- PK 1+863 fosso Contrada di Pirgo;
- PK 1+805 fosso Contrada di Pirgo;
- PK 1+729 torrente Polistena;
- PK 1+573 torrente Polistena;
- PK 1+442 torrente Lupo;
- PK 2+832 acque di piattaforma DG87.

4 Interventi di sistemazione idraulica in progetto

4.1 Inalveazioni tipo

4.1.1 Sezione trapezia

L'inalveazione tipo a sezione trapezia risulta rivestita con materassi metallici tipo Reno di spessore 0,30 m con le sponde a pendenza pari a 3/2. In alternativa, dove le pendenze di progetto sono elevate, si sono previsti gabbioni metallici di spessore 0,50 m al fine di incrementare la resistenza dell'opera in progetto.

La sezione è prevista con larghezza di fondo ed altezza variabili al fine di riprodurre quanto più possibile l'incisione naturale che va a rivestire.

All'interfaccia tra materassi o gabbioni metallici e terreno naturale di appoggio, è previsto l'inserimento di un geotessile con funzione di filtro al fine di evitare l'asportazione dal fondo dell'alveo del materiale più fine.

Questo tipo di inalveazione si accompagna sempre a delle opere di ammorsamento che sono costituite da salti di fondo o da briglie di dissipazione.

4.1.2 Sezione rettangolare

L'inalveazione tipo a sezione rettangolare prevede due tipologie realizzative: in gabbioni e materassi metallici e in calcestruzzo.

L'inalveazione del primo tipo è realizzata con le sponde in gabbioni metallici ed il fondo con

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE METODOLOGICA		<i>Codice documento</i> CS0763_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

materassi tipo Reno di spessore 0,30 m o, in alternativa, con gabbioni metallici di spessore 0,50 m.

La sezione è prevista con larghezza di fondo ed altezza variabili in funzione delle dimensioni dell'incisione naturale.

All'interfaccia tra materassi o gabbioni metallici e terreno naturale di appoggio, è previsto l'inserimento di un geotessile con funzione di filtro al fine di evitare l'asportazione dal fondo dell'alveo del materiale più fine.

Questo tipo di intervento viene realizzato prevalentemente laddove le pendenze naturali del corso d'acqua siano abbastanza elevate e viene sempre accoppiato ad ammorsamenti realizzati alle estremità della sistemazione.

L'inalveazione di secondo tipo prevede la realizzazione di una sezione rettangolare in calcestruzzo prefabbricata con larghezza di fondo ed altezza variabili in funzione delle dimensioni dell'incisione naturale.

4.2 Salti di fondo

Il salto di fondo è un'opera che ha lo scopo essenziale di ammorsare ed irrigidire un'inalveazione al fondo dell'alveo naturale.

Come si può apprezzare dagli elaborati grafici, quest'opera è realizzata principalmente con gabbioni metallici ed è caratterizzata da due piani diversi d'intervento a monte ed a valle. A monte si prevede un rivestimento più massiccio, mentre a valle, dopo un primo tratto di 5 m rinforzato e realizzato in gabbioni con spessore 0,50 m, la sezione sistemata prosegue con un rivestimento più leggero.

4.3 Verifiche del rivestimento dell'alveo

In generale si definisce stabile un rivestimento in pietrame, costituito da materassi metallici di tipo "Reno" e/o gabbioni, quando non si ha spostamento degli elementi litoidi all'interno della rete metallica di contenimento, la velocità media risulta inferiore alla velocità massima ammissibile per il materiale utilizzato, le eventuali deformazioni non sono tali da pregiudicare l'efficacia del

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE METODOLOGICA		<i>Codice documento</i> CS0763_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

rivestimento e quando la velocità dell'acqua tra lo strato di pietrame ed il suolo è sufficientemente piccola da evitare l'erosione del materiale di base.

Qui di seguito verranno dunque effettuate le seguenti verifiche:

- verifica in termini di tensione di trascinamento del fondo e delle sponde;
- verifica in termini di velocità;
- valutazione delle deformazioni;
- verifica delle velocità al contatto tra il rivestimento in materassi metallici tipo “Reno” e gabbioni metallici e il terreno sottostante.

4.3.1 Verifica in termini di tensione di trascinamento

In generale si definisce stabile un rivestimento in pietrame, costituito da materassi metallici di tipo “Reno” e/o gabbioni di contenimento, quando non si ha spostamento degli elementi litoidi all'interno della rete metallica di contenimento.

La condizione di inizio del movimento di questi elementi si assume quindi come limite di stabilità del rivestimento. La tensione tangenziale che viene esercitata sui rivestimento può assumersi:

$$\tau_b = \gamma_w \cdot y \cdot i$$

dove:

γ_w = è il peso specifico dell'acqua;

y = è la profondità d'acqua;

i = è la pendenza del fondo.

Considerato un ciottolo di diametro equivalente uguale al diametro medio d_m del pietrame di fondo (cioè il diametro del vaglio che consente il passaggio del 50% in peso del materiale litoide che costituisce il rivestimento) si definisce coefficiente di Shields la grandezza adimensionale:

$$C^* = \frac{\tau_c}{(\gamma_s - \gamma_w) \cdot d_m}$$

dove :

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE METODOLOGICA		<i>Codice documento</i> CS0763_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

τ_c = è la tensione tangenziale di trascinamento nella situazione critica di inizio movimento;
 γ_s = è il peso specifico dell'inerte;

Il denominatore risulta proporzionale alla tensione normale sul fondo dovuta al peso immerso del ciottolo; il coefficiente di Shields è dunque analogo ad un coefficiente di attrito. La tensione tangenziale al fondo, che può essere raggiunta senza movimento del pietrame (tensione tangenziale critica), vale dunque:

$$\tau_c = C^* \cdot (\gamma_s - \gamma_w) \cdot d_m$$

Il rivestimento risulta stabile se è verificata la disequaglianza che si ottiene confrontando le precedenti equazioni:

$$\tau_b \leq \tau_c$$

Con controllo delle deformazioni generalmente si ammette:

$$\tau_b \leq 1.2 \tau_c$$

Il coefficiente C^* per il pietrame contenuto da rete metallica (materassi Reno e gabbioni) si è assunto:

$$C^* = 0.14$$

Le espressioni di τ_b e τ_c fanno riferimento alle condizioni al fondo del canale. Per la verifica della stabilità delle sponde si è fatto riferimento ad un valore della tensione tangenziale pari a:

$$\tau_m = 0,75 \cdot \gamma_w \cdot y \cdot i$$

e come tensione tangenziale critica:

$$\tau_s = \tau_c \sqrt{1 - \frac{\sin^2 \vartheta}{\sin^2 \phi}} \quad \text{dove: } K_s = \sqrt{1 - \frac{\sin^2 \vartheta}{\sin^2 \phi}} \quad \text{rappresenta un fattore di riduzione con:}$$

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE METODOLOGICA		<i>Codice documento</i> CS0763_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

θ = angolo di inclinazione della sponda sull'orizzontale.

φ = angolo di attrito del pietrame che costituisce il rivestimento, vale 41° sulla base delle esperienze riportate in bibliografia .

Per evitare che il termine sotto radice diventi negativo, occorre che il materiale che costituisce la sponda abbia un angolo di attrito interno superiore all'inclinazione della sponda.

Nel caso in cui l'inclinazione della sponda sia maggiore di 45° il fattore di riduzione verrà considerato costante e pari ($K_s = 0.60$).

Il rivestimento delle sponde è stabile quando:

$$\tau_m \leq \tau_s$$

Con controllo delle deformazioni si ammette:

$$\tau_m \leq 1,2 \cdot \tau_s$$

Nei tratti in curva l'aumento della tensione tangenziale sulla sponda esterna, è stato valutato con l'introduzione di un coefficiente correttivo K per cui si deve assumere:

$$\tau_m = K \cdot \gamma_w \cdot y \cdot i$$

con K funzione del rapporto fra la larghezza del pelo libero dell'acqua e raggio di curvatura.

4.3.2 Verifica in termini di velocità

La verifica è stata effettuata confrontando la velocità media in una sezione con la massima ammissibile per il materiale utilizzato nel rivestimento del fondo e delle sponde, ovvero con la velocità critica e la velocità limite caratteristiche dei materassi metallici o dei gabbioni.

Per velocità critica si intende quella massima sopportabile dal rivestimento senza avere movimenti del pietrame all'interno del materasso e per velocità limite si intende quella, ancora accettabile, che determina deformazioni contenute per insaccamento del pietrame nel materasso Reno o nel

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO					
RELAZIONE METODOLOGICA		<i>Codice documento</i> CS0763_F0	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%;"><i>Rev</i></td> <td style="width: 50%;"><i>Data</i></td> </tr> <tr> <td>F0</td> <td>20/06/2011</td> </tr> </table>	<i>Rev</i>	<i>Data</i>	F0	20/06/2011
<i>Rev</i>	<i>Data</i>						
F0	20/06/2011						

gabbione.

4.3.3 Valutazione delle deformazioni

Quando la tensione tangenziale supera il valore critico di "primo movimento" parte del pietrame si sposta, all'interno di ciascuna tasca del materasso Reno, verso valle.

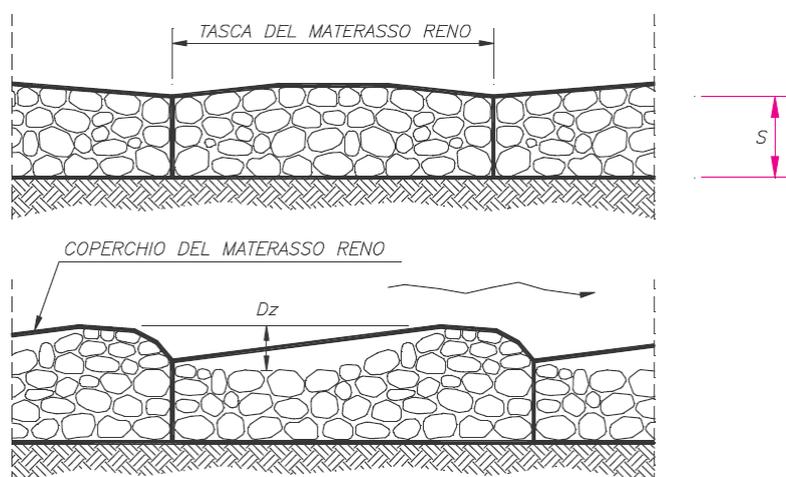


Figura 4.1 - Schema del movimento del pietrame all'interno delle tasche.

Se le tensioni tangenziali aumentano ancora si può avere la perdita di efficacia del rivestimento (se si scopre il fondo sottostante il materasso Reno) oppure il raggiungimento di una nuova situazione di equilibrio, nella quale la resistenza della rete metallica esplica maggiormente la sua funzione di contenimento.

Il grado di protezione offerto dal materasso Reno al fondo sottostante resta invariato anche a deformazione avvenuta (beninteso se non si scopre il sottostante fondo) in quanto la velocità dell'acqua sotto il materasso Reno non cambia sensibilmente.

Per stimare il grado di deformazione si è utilizzato il parametro Dz/d_m , dove Dz è la distanza verticale tra il punto più basso e quello più alto della superficie assunta dal pietrame. Si definisce "coefficiente efficace di Shields" la grandezza:

$$C^{*i} = \frac{\tau_b - \tau_c}{(\gamma_s - \gamma_w) \cdot d_m}$$

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE METODOLOGICA		<i>Codice documento</i> CS0763_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Dz/d_m e C^{**} sono legati da una relazione espressione di una curva sperimentale presente in bibliografia (Manuali Maccaferri) riportata in Figura 4.2.

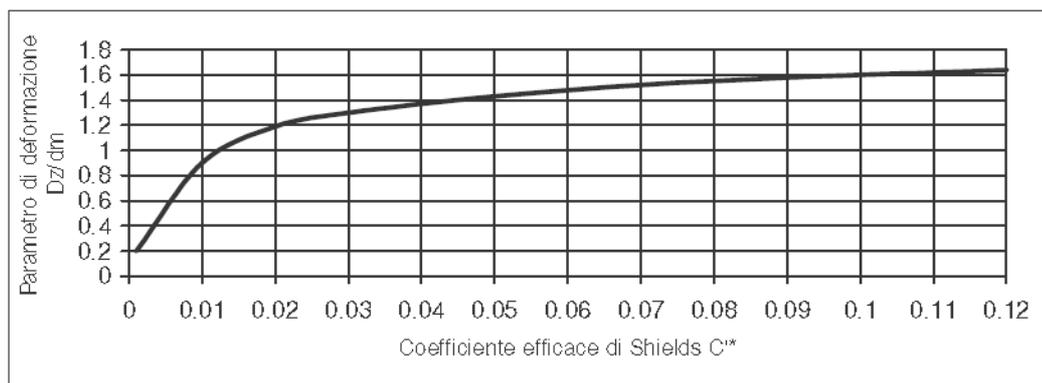


Figura 4.2 – Relazione tra il parametro di deformazione ed il coefficiente efficace di Shields.

La riduzione dello spessore del materasso Reno nella parte a monte della tasca è $Dz/2$; dunque per evitare che il sottofondo resti senza protezione e risulti esposto direttamente all'azione della corrente deve essere:

$$\frac{Dz}{d_m} \leq 2 \cdot \left(\frac{s}{d_m} - 1 \right)$$

dove s è lo spessore del materasso.

Lo stesso procedimento per verificare l'ammissibilità delle deformazioni viene applicato anche ai materassi Reno delle sponde.

4.3.4 Verifica delle velocità al contatto tra il rivestimento in materassi Reno e gabbioni ed il terreno sottostante

Nei rivestimenti in materiali Reno e gabbioni, lo spessore del rivestimento e le dimensioni del pietrame devono essere tali da resistere al movimento causato dalla corrente e tali da evitare l'erosione del materiale di base.

La velocità dell'acqua tra lo strato di pietrame ed il suolo deve essere dunque sufficientemente

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE METODOLOGICA		<i>Codice documento</i> CS0763_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

piccola da evitare il movimento delle particelle che costituiscono il terreno.

Poiché la velocità dell'acqua al di sotto del rivestimento dipende principalmente dalla pendenza del canale e dalla grandezza dei vuoti tra il pietrame, cioè dalle dimensioni del pietrame medesimo, nell'ipotesi che la direzione predominante del flusso sia parallela alla superficie del materasso Reno questa velocità rimane praticamente costante al variare delle condizioni idrauliche e dello spessore del materasso Reno e può essere calcolata con la formula di Manning (valida per materiali posati sul fondo):

$$v_b = \frac{1}{n_f} \left(\frac{d_m}{2} \right)^{2/3} \sqrt{i_f}$$

dove:

v_b = velocità all'interfaccia materasso Reno – sottofondo;

n_f = coefficiente di scabrezza del fondo; si può assumere :

$n_f = 0.020$ se sotto il rivestimento è presente un filtro in geotessile o se non c'è filtro alcuno;

$n_f = 0.025$ se sotto il rivestimento è presente un filtro in ghiaia.

La velocità v_b dovrà essere confrontata con la velocità v_e ammissibile all'interfaccia col materiale di base.

La velocità v_e che il suolo può sopportare senza venire eroso si può desumere da grafici presenti in bibliografia (manuali Maccaferri).

Nel caso di impiego di un filtro geotessile, la velocità dell'acqua passando da sopra a sotto il geotessile, all'interfaccia col suolo, si riduce e vale 1/2-1/4 del valore di v_b dato dall'equazione sopraccitata anche nel caso di filtro intasato.

Nei calcoli si fa riferimento ad un geotessile medio e si assume che il valore della velocità v_b sotto il geotessile sia ridotto ad 1/3 del valore calcolato.

4.4 Interventi di sistemazione idraulica dei corsi d'acqua principali

Il presente capitolo descrive sinteticamente gli interventi di sistemazione idraulica previsti sui corsi d'acqua che interferiscono con le opere stradali e ferroviarie in progetto.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE METODOLOGICA		<i>Codice documento</i> CS0763_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

I principi generali considerati nella progettazione sono i seguenti:

- dove possibile, prosecuzione delle sistemazioni idrauliche presenti nel progetto di competenza DG87, mantenendo inalterati forma della sezione, tipologia dell'inalveazione, materiali impiegati e pendenza del fondo scorrevole; cambi di forma di sezione o di pendenza sono giustificati dalla conformazione del territorio e dalle conseguenti esigenze realizzative;
- adeguamento degli interventi di competenza DG87 al rilievo fotogrammetrico realizzato per il progetto Ponte;
- profilo della sistemazione studiato in modo tale da limitare al massimo l'entità degli scavi e dei riporti di terra e da agevolare per quanto possibile le fasi costruttive;
- lunghezza della sistemazione ampliata fino a circa 5-10 m oltre lo scarico dei fossi di guardia e delle vasche di trattamento delle acque di piattaforma, al fine di proteggere il corso d'acqua da potenziali fenomeni di erosione.

4.4.1 Torrente Laticogna

Il Progetto Esecutivo di competenza DG87 prevede la realizzazione di un'inalveazione a sezione trapezia di base 4,00 m e altezza 2,00 m, per una lunghezza di 52,50 m, con salti di fondo ogni 7,50 m (ad eccezione dei primi 2, che distano 5 m) di altezza 2,0 m (1°, 4°, 5° e 7° briglia) e 3,0 m (2°, 3° e 6° briglia) e relativo ammorsamento a valle alla briglia in c.a. esistente; la pendenza del tratto sistemato è prevista pari al 3%.

Il progetto Ponte prevede il raccordo a monte e la prosecuzione a valle della sistemazione DG87, per il tratto di corso d'acqua interessato dall'ampliamento a valle della sede autostradale e dallo scarico della vasca di trattamento delle acque di piattaforma.

In particolare:

- a monte, la sistemazione in progetto è costituita da 1 briglia di altezza 2,00 m e da due tratti di rivestimento di fondo, a monte di 10 m e a valle di 3 m; complessivamente la lunghezza dell'intervento è pari a 15,00 m;
- a valle della briglia esistente su cui si ammorsa l'inalveazione DG87, di altezza 2,00 m, sono previste nel presente progetto Ponte ulteriori 6 briglie di altezza 2,00 m e 1 briglia di 0,50 m,

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE METODOLOGICA		<i>Codice documento</i> CS0763_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

poste a una distanza di 5,00 m, con eccezione del tratto tra la 5° e la 6° briglia, di 7,00 m; la lunghezza del nuovo tratto di valle è pari a 42,50 m.

L'inalveazione prevista presenta sezione trapezia di 4,00 m di larghezza alla base e 2,00 m di altezza, con pendenza delle sponde 3/2 e pendenza di fondo costante del 3%. In considerazione della peculiare morfologia del terreno, il tratto terminale di collegamento alla sezione naturale presenta una forma trapezia ridotta a 2,00 m di larghezza alla base e 2,00 m di altezza, con pendenza delle sponde 1/1. Il raccordo tra le due tipologie di sezione inizia a valle dell'ultima briglia.

Le briglie saranno realizzate in gabbioni, così come il rivestimento di fondo per il quale è previsto uno spessore di 50 cm; limitatamente ai tratti di raccordo alla sezione naturale di inizio e fine della sistemazione saranno viceversa impiegati i materassi metallici tipo "Reno" di spessore 30 cm. Tra i gabbioni e il terreno sarà inserito un tessuto geotessile con funzioni di separazione, rinforzo e protezione del terreno naturale.

Dall'esame complessivo delle caratteristiche del bacino in oggetto, risulterebbe opportuna l'eventuale realizzazione a monte del tracciato autostradale di una area di accumulo del materiale solido trasportato, al fine di frenare e eventualmente arrestare colate detritiche che potrebbero innescarsi nel settore di testata del bacino. Considerata tuttavia la modesta (o pressoché nulla) interferenza aggiuntiva che l'allargamento della carreggiata autostradale comporta rispetto alle condizioni di progetto di DG87, tale opera non è stata considerata nella presente progettazione definitiva.

4.4.2 Torrente Prestianni

Il Progetto Esecutivo di competenza DG87 prevede la realizzazione di un'inalveazione a sezione trapezia di base 4,00 m e altezza 1,00 m, per una lunghezza di 50,50 m con salti di fondo ogni 7,50 m di altezza $h = 1,0$ m e relativo ammorsamento a valle alla briglia esistente; la pendenza del tratto sistemato è prevista pari al 3%.

Il presente progetto Ponte prevede la prosecuzione a valle della sistemazione DG87, per il tratto di corso d'acqua interessato dall'ampliamento a valle della sede autostradale e dallo scarico della vasca di trattamento delle acque di piattaforma.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE METODOLOGICA		<i>Codice documento</i> CS0763_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

In particolare, a valle della briglia esistente su cui si ammorsa l'inalveazione DG87, di altezza 2,00 m, sono previste ulteriori 8 briglie di altezza 2,00 m e 1 briglia di 1,50 m, poste a una distanza di 5,00 m, ad eccezione del tratto mediano a minor pendenza tra la 4° e la 6° briglia e tra la 7° e l'8° briglia, di 10,00 m. Oltre l'ultima briglia, è previsto un tratto di 5,00 m di raccordo alla sezione naturale.

Complessivamente, il progetto di sistemazione idraulica Ponte presenta una lunghezza di 65,00 m.

A causa della notevole pendenza naturale e della peculiare conformazione del terreno, nel tratto di intervento, l'inalveazione prevista presenta una sezione rettangolare di forma e dimensioni differenti da quelle definite da DG87, pari a:

- 7,00 m di larghezza e 2,00 m di altezza, dalla briglia di ammorsamento alla 3° briglia;
- 4,00 m di larghezza e 2,00 m di altezza, dalla 5° briglia fino al termine della sistemazione;
- larghezza variabile linearmente nel tratto intermedio tra la 3° e la 4° briglia.

La pendenza di fondo del 3% è prevista costante lungo tutta l'inalveazione.

Le briglie saranno realizzate in gabbioni metallici così come il rivestimento di fondo che è previsto di spessore 50 cm per i primi 5,00 m a valle delle briglie; limitatamente alle successive porzioni di fondo e ai tratti di raccordo alla sezione naturale di fine sistemazione saranno viceversa impiegati materassi metallici tipo "Reno" di spessore 30 cm. Tra i gabbioni o i materassi metallici e il terreno sarà inserito un tessuto geotessile con funzioni di separazione, rinforzo e protezione del terreno naturale.

Dall'esame complessivo delle caratteristiche del bacino in oggetto, risulterebbe opportuna l'eventuale realizzazione a monte del tracciato autostradale di una area di accumulo del materiale solido trasportato, al fine di frenare e eventualmente arrestare colate detritiche che potrebbero innescarsi nel settore di testata del bacino. Considerata tuttavia la modesta (o pressoché nulla) interferenza aggiuntiva che l'allargamento della carreggiata autostradale comporta rispetto alle condizioni di progetto di DG87, tale opera non è stata considerata nella presente progettazione definitiva.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE METODOLOGICA		<i>Codice documento</i> CS0763_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

4.4.3 Torrente Piria

Il Progetto Esecutivo di competenza DG87 prevede la realizzazione di un'inalveazione a sezione rettangolare di base 6,00 m e altezza 2,00 m; partendo dalla briglia di monte esistente si sviluppa per una lunghezza di 47,30 m con salti di fondo ogni 17,50 m di altezza $h = 2,0$ m. L'intervento termina in corrispondenza della briglia esistente a valle. La pendenza del tratto sistemato è prevista pari al 3%, l'inalveazione così come realizzata risulta essere contenuta entro i muri in cls esistenti a protezione della strada campestre che si sviluppa parallela all'attuale fosso.

Il presente progetto Ponte prevede la prosecuzione a valle della sistemazione DG87, per il tratto di corso d'acqua interessato dall'ampliamento a valle della sede autostradale e dallo scarico della vasca di trattamento delle acque di piattaforma.

In particolare, a valle della briglia esistente su cui si ammorsa l'inalveazione DG87, di altezza 2,00 m, la sistemazione viene addossata in destra idrografica al muro esistente e si prevede la realizzazione di un'altra briglia di altezza 2,00 m, posta ad una distanza di 25,00 m da quella esistente. Oltre la briglia, è previsto un tratto di circa 8,00 m di raccordo alla sezione naturale.

Complessivamente, il progetto di sistemazione idraulica Ponte presenta una lunghezza di quasi 33,00 m.

L'inalveazione prevista presenta sezione rettangolare di 6,00 m di larghezza e 3,00 m di altezza, con pendenza di fondo costante del 3%.

La briglia sarà realizzata in gabbioni così come il rivestimento di fondo che è previsto di spessore 50 cm per i primi 5,00 m a valle della briglia; nella successiva porzione di fondo e nel tratto di raccordo alla sezione naturale di fine sistemazione saranno viceversa impiegati materassi metallici tipo "Reno" di spessore 30 cm. Tra i gabbioni o i materassi e il terreno sarà inserito un tessuto geotessile con funzioni di separazione, rinforzo e protezione del terreno naturale.

4.4.4 Torrenti Zagarella 1 e 2

Zagarella 1

Nel Progetto Esecutivo di competenza DG87, la presenza in alveo di rilevati a sostegno della

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE METODOLOGICA		<i>Codice documento</i> CS0763_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

infrastruttura stradale ha comportato la scelta di prevedere un'inalveazione a sezione rettangolare di base 4,00 m e altezza 2,00 m, realizzata in gabbioni metallici per una lunghezza di circa 144,0 m, mentre nel tratto interessato dalla presenza del rilevato stradale l'attraversamento è previsto con una condotta tipo ARMCO del diametro di 3,0 m per una lunghezza di circa 76,0 m.

In particolare, partendo dalla briglia di monte esistente è prevista la realizzazione di una vasca di dissipazione per una lunghezza di 14,00 m; successivamente inizia l'inalveazione vera e propria in gabbioni per una lunghezza totale di 130,48 m con salti di fondo ogni 3,50, 12,50 e 17,50 m di altezza $h = 1,0$ m. Successivamente è prevista l'opera di imbocco della condotta circolare che termina dopo 76 m; la pendenza media del tratto sistemato risulta essere pari al 3% per il rivestimento in gabbioni (inalveazione) ed al 16% medio per il tratto tombato (tombino circolare). Dall'opera di sbocco e per una lunghezza di circa 21,5 m è prevista una riprofilatura del fosso naturale con una sezione trapezia di base 4,0 m e altezza 2,0 m.

Il presente progetto Ponte prevede la realizzazione di un'inalveazione con tracciato differente dalla sistemazione DG87, al fine di mantenere il corso d'acqua a cielo aperto per tutto il tratto interferente e per non intervenire a ridosso dei rilevati che si determinano per via dell'ampliamento a valle della sede autostradale. L'inalveazione sarà estesa al fine di poter convogliare nel tratto sistemato anche lo scarico del tombino idraulico ubicato in corrispondenza di un ramo secondario del t. Zagarella 1.

In particolare, si prevede di proseguire la sistemazione a valle del bacino di dissipazione previsto da DG87 con un'inalveazione di lunghezza complessiva di 263,30 m, caratterizzata dalla presenza di 12 salti di fondo di altezza 2,00 m, ubicati a distanza variabile tra i 5,00 e i 115,00 m, al fine di seguire l'andamento plano-altimetrico del terreno naturale. Oltre l'ultimo salto di fondo, è previsto un tratto di circa 54,00 m di raccordo alla sezione naturale.

L'inalveazione prevista presenta sezione rettangolare di 4,00 m di larghezza e 2,00 m di altezza, con pendenza di fondo costante del 3%.

Le briglie o salti di fondo saranno realizzate in gabbioni metallici, così come il rivestimento di fondo che è previsto di spessore 0,50 m per i primi 5,00 m di valle; nella successiva porzione di fondo e nei tratti di raccordo alla sezione naturale di fine e inizio sistemazione saranno viceversa impiegati

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE METODOLOGICA		<i>Codice documento</i> CS0763_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

materassi metallici tipo “Reno” di spessore 0,30 m. Tra i gabbioni o i materassi metallici e il terreno sarà inserito un tessuto geotessile con funzioni di separazione, rinforzo e protezione del terreno naturale.

Zagarella 2

Nel Progetto Esecutivo di competenza DG87 è prevista un’inalveazione a sezione trapezia di base 4,00 m e altezza 2,00 m, in materasso tipo Reno per una lunghezza di 65,00 m, con salti di fondo ogni 7,50, 17,50 m, di altezza $h = 1,00$ m; la pendenza del tratto sistemato è prevista pari al 3%.

Il progetto Ponte prevede la prosecuzione a valle della sistemazione DG87, per il tratto di corso d’acqua interessato dall’ampliamento a valle della sede autostradale e dallo scarico della vasca di trattamento delle acque di piattaforma.

In particolare, a valle della briglia terminale dell’inalveazione DG87, di altezza 1,00 m, sono previste ulteriori 2 briglie di altezza 2,00 m e 1 briglia di 1,00 m, poste a una distanza di 10,00 m, seguite da un tratto di raccordo alla sezione naturale di 12,50 m. La sponda sinistra è prevista a ridosso del muro esistente e presenta una lunghezza in asse di 10,00 m, la sponda destra presenta invece una lunghezza di 42,50 m e il successivo ammorsamento al muro d’argine esistente.

L’inalveazione prevista presenta sezione rettangolare di larghezza variabile dagli 11,00 ai 9,00 m e 2,00 m di altezza, con pendenza di fondo costante del 3%.

Le briglie o salti di fondo saranno realizzate in gabbioni metallici, così come il rivestimento di fondo per il quale è previsto uno spessore di 0,50 m per i successivi 5,00 m di valle; limitatamente al tratto di raccordo alla sezione naturale di fine sistemazione saranno viceversa impiegati materassi metallici tipo “Reno” di spessore 30 cm. Si prevede inoltre un rivestimento in gabbioni di spessore 0,50 m e larghezza di 1,50 m a protezione del muro di sponda in sinistra, per una lunghezza in asse di circa 32,50 m e un rivestimento sempre in gabbioni metallici di spessore 0,50 m e larghezza di 1,00 m in destra a protezione del breve tratto di muro al termine della sistemazione (2,50 m). Tra i gabbioni o i materassi metallici e il terreno sarà inserito un tessuto geotessile con funzioni di separazione, rinforzo e protezione del terreno naturale.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE METODOLOGICA		<i>Codice documento</i> CS0763_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Dall'esame complessivo delle caratteristiche del bacino in oggetto, risulterebbe opportuna l'eventuale realizzazione a monte del tracciato autostradale di una area di accumulo del materiale solido trasportato sullo Zagarella 2, al fine di frenare e eventualmente arrestare colate detritiche che potrebbero innescarsi nel settore di testata del bacino. Considerata tuttavia la modesta (o pressoché nulla) interferenza aggiuntiva che l'allargamento della carreggiata autostradale comporta rispetto alle condizioni di progetto di DG87, tale opera non è stata considerata nella presente progettazione definitiva.

4.4.5 Torrente Campanella

Il Progetto Esecutivo di competenza DG87 prevede la realizzazione di un'inalveazione che sottopassa le nuove sedi autostradali, costituita da una sezione rettangolare in calcestruzzo di base 4,00 m e altezza 2,00 m; in particolare verrà realizzato un primo tratto di lunghezza 32,40 m e pendenza 3,3%, un secondo tratto di lunghezza 20,0 m e pendenza 20,15% ed un terzo tratto di lunghezza 92,30 m e pendenza 1%, fino alla quota della briglia esistente.

La sistemazione viene inoltre proseguita tra le due briglie esistenti mediante l'inserimento di un ulteriore salto di fondo. Complessivamente la lunghezza dell'intervento previsto da DG87 è di circa 155,00 m.

Il presente progetto Ponte prevede la prosecuzione a valle della sistemazione DG87, per il tratto di corso d'acqua esteso fino oltre lo scarico della vasca di trattamento delle acque di piattaforma.

In particolare, a valle della briglia esistente su cui si ammorsa l'inalveazione DG87, è prevista la demolizione del tratto di lunghezza 7,70 m rivestito in materassi metallici di raccordo alla sezione naturale e la prosecuzione della sistemazione di monte per ulteriori 32,00 m. Segue dunque un tratto di raccordo alla sezione naturale di quasi 6,00 m. Non sono previste briglie o salti di fondo.

Complessivamente, il progetto di sistemazione idraulica Ponte presenta una lunghezza di 38,00 m.

L'inalveazione proposta prevede la realizzazione di una sezione rettangolare con rivestimento di fondo e sponde in gabbioni di 4,00 m di larghezza e 2,50 m di altezza, con pendenza di fondo costante del 6%. Il tratto di raccordo con la sezione naturale sarà realizzato con materassi metallici tipo "Reno" di spessore 30 cm. Tra i gabbioni o i materassi metallici e il terreno sarà inserito un

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE METODOLOGICA		<i>Codice documento</i> CS0763_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

tessuto geotessile con funzioni di separazione, rinforzo e protezione del terreno naturale.

4.4.6 Torrente Immacolata

Nel Progetto Esecutivo di competenza DG87 è prevista una nuova inalveazione a margine della strada campestre esistente; partendo da un bacino di dissipazione di monte di modeste dimensioni, in gabbioni, si realizzerà una sezione rettangolare (larghezza di base 4,0 m e altezza 2,0 m) per una lunghezza di 96,50 m e salti di fondo da 1,0 m e 2,0 m.

La lunghezza totale dell'intervento è di 120,50 m, la pendenza media dell'1,5%.

Nel presente progetto Ponte si propone la prosecuzione e l'ampliamento a monte della vasca di accumulo e dissipazione prevista dal progetto DG87, a protezione del tratto di corso d'acqua interessato dalla realizzazione della nuova rampa autostradale che scavalca la sistemazione in viadotto.

In particolare, verranno rimossi i primi 4,00 m di rivestimento di fondo a monte della briglia realizzati da DG87 e verrà costruita una vasca di accumulo che si apre in adiacenza alla strada campestre esistente in destra e si addossa alla scarpata in sinistra, estendendosi a monte per circa 33,50 m in destra e 34,00 m in sinistra. Ad una distanza di 11,00 m a monte della briglia DG87, sarà prevista un'altra briglia di 1,00 m di altezza.

La sezione presenta una forma rettangolare, con difese di sponda di altezza 2,00 m in destra e 3,00 m in sinistra e larghezza decrescente dai circa 16,00 m di monte, agli 8 m di valle. La pendenza è pari al 6%, come il primo tratto di sistemazione del progetto DG87.

Le difese di sponda e la briglia saranno realizzati in gabbioni così come il rivestimento di fondo che è previsto di spessore 0,50 m nel tratto tra le due briglie e per i primi 5,00 m a monte della briglia in progetto (per una lunghezza complessiva di 15 m). Si prevede inoltre un rivestimento in gabbioni di spessore 50 cm e larghezza di 2,00 m a protezione delle sponde. Tra i gabbioni metallici e il terreno sarà inserito un tessuto geotessile con funzioni di separazione, rinforzo e protezione del terreno naturale.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE METODOLOGICA		<i>Codice documento</i> CS0763_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

4.4.7 Torrente Solaro

Nel Progetto Esecutivo di competenza DG87 è previsto di aumentare le dimensioni idrauliche del canale, passando ad una sezione di larghezza 3,5 m e altezza 2,0 m, su uno sviluppo di 135 m a cavallo dell'autostrada; la pendenza è pari al 3% ed è simile a quella attuale.

Terminato l'intervento, la sezione si restringe raccordandosi a quella esistente che risulta dichiaratamente insufficiente.

La realizzazione delle opere di raccordo autostradale in progetto non comporta interferenze con il corso d'acqua per cui non sono previsti specifici interventi di sistemazione idraulica.

4.4.8 Torrente Acciarello

Il Progetto Esecutivo DG 87 prevede il prolungamento a monte di un tombino scatolare 6,0 x 4,0 m esistente per una lunghezza di 31,00 m. L'imbocco viene realizzato tramite un salto di fondo (h = 2,50 m) disposto a 3,4 m di distanza dal tombino.

E' prevista a monte un'inalveazione di lunghezza 10 m circa, realizzata con una sezione trapezia in materassi metallici tipo "Reno" con larghezza di base 3,0 m e altezza 1,0 m.

Il presente progetto Ponte prevede la demolizione del manufatto di imbocco, la realizzazione di un nuovo pozzetto, il prolungamento a monte del tombino scatolare come da progetto DG87 e la costruzione di un nuovo pozzetto di imbocco, per una lunghezza complessiva di 40,51 m.

A monte del pozzetto di imbocco è prevista una sistemazione idraulica di lunghezza in asse 20,00 m, a sezione trapezia con larghezza alla base di 3,00 m, altezza di 1,00 m e pendenza delle sponde 3/2. Non sono previste briglie o salti di fondo e l'inalveazione presenta una pendenza di fondo di circa 3,3%.

L'intervento in progetto sarà realizzato in materassi metallici tipo Reno di spessore 0,30 m e in corrispondenza dell'inizio e della fine del rivestimento di monte verranno posati dei gabbioni di ammorsamento di dimensioni 1,00 x 1,00 m.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE METODOLOGICA		<i>Codice documento</i> CS0763_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

L'inalveazione proposta a valle prevede invece la realizzazione di un rivestimento di fondo in materassi metallici tipo Reno di spessore 0,30 m, con relativi gabbioni di ammorsamento a monte e a valle di 1,0 x 1,0 m, per uno sviluppo in asse pari a 15,00 m. La sezione presenta una larghezza variabile da 7,60 m a 8,80 m e risulta contenuta tra i muri spondali esistenti. Non sono previste briglie o salti di fondo e l'inalveazione presenta una pendenza di fondo del 7% circa.

Tra i materassi metallici e il terreno sarà inserito un tessuto geotessile con funzioni di separazione, rinforzo e protezione del terreno naturale.

5 Tombini idraulici in progetto

Il presente capitolo descrive sinteticamente gli interventi di sistemazione idraulica previsti in corrispondenza dei tombini che interferiscono con le opere stradali in progetto.

I principi generali considerati nella progettazione degli interventi di sistemazione idraulica previsti per l'attraversamento dei fossi in esame sono i seguenti:

- prevedere un'opera di attraversamento di dimensioni adeguate, tenendo conto sia delle esigenze idrauliche, nel rispetto dei franchi minimi di progetto, sia delle esigenze di ispezionabilità per le operazioni manutentive;
- profilo della sistemazione studiato in modo tale da limitare al massimo l'entità degli scavi e dei riporti di terra e da agevolare per quanto possibile le fasi costruttive;
- lunghezza della sistemazione studiat in modo tale da continuare lo scarico dei fossi di guardia e delle vasche di trattamento delle acque di piattaforma, al fine di proteggere il corso d'acqua da potenziali fenomeni di erosione.

I tombini oggetto di sistemazione idraulica sono i seguenti:

- PK 2+826 torrente Serro della Torre;
- PK 2+372 affluente di sinistra Zagarella 1;
- PK 2+104 affluente di sinistra Zagarella 2;
- PK 2+021 fosso Contrada di Pirgo;
- PK 1+921 acque di piattaforma DG87;
- PK 1+863 fosso Contrada di Pirgo;

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO					
RELAZIONE METODOLOGICA		<i>Codice documento</i> CS0763_F0	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: center;"><i>Rev</i></th> <th style="text-align: center;"><i>Data</i></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">F0</td> <td style="text-align: center;">20/06/2011</td> </tr> </tbody> </table>	<i>Rev</i>	<i>Data</i>	F0	20/06/2011
<i>Rev</i>	<i>Data</i>						
F0	20/06/2011						

- PK 1+805 fosso Contrada di Pirgo;
- PK 1+729 torrente Polistena;
- PK 1+573 torrente Polistena;
- PK 1+442 torrente Lupo;
- PK 2+832 acque di piattaforma DG87.

5.1 Tombino pk 2+826 (asse C)

Il corso d'acqua in esame interferisce con l'autostrada in progetto alla pk 2+826; essa verrà attraversata da un tombino scatolare in c.a. di lunghezza 76,80 m circa avente le seguenti caratteristiche:

- dimensioni interne 2,0 x 2,0 m;
- pendenza di fondo 2,5%;
- l'opera è divisa in 2 tratte da 2 pozzetti di salto, rispettivamente di: 5,00 m (110,82 m s.l.m. – 105,82 m s.l.m.) e 2,31 m (105,58 m s.l.m. – 103,27 m s.l.m.).

A monte è presente lo scarico dei fossi di guardia in progetto DG87 e a valle è previsto un tratto di sistemazione in gabbioni metallici con lo scopo di raccordare l'opera all'incisione naturale e, data l'elevata pendenza dell'asta idrica, di proteggere la sezione attuale da erosioni o scalzamenti localizzati.

Nel dettaglio si prevede il seguente intervento:

Tratto a valle dell'autostrada:

- realizzazione di una sezione trapezia di larghezza sul fondo di 3,0 m, altezza 1,50 m e pendenza delle sponde 3/2, costituita da gabbioni metallici di sponda e di rivestimento del fondo;
- lunghezza dell'intervento 25,0 m;
- sono previsti 5 salti di fondo di cui 4 di altezza pari a 2,0 m ed uno (il primo) di 1,50 m;
- la pendenza di progetto è definita pari al 3,3%;
- lungo l'intero sviluppo della sistemazione le opere previste poggeranno su un telo geotessile di peso non inferiore di 400 g/m².

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE METODOLOGICA		<i>Codice documento</i> CS0763_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

5.2 Tombino pk 2+372 (asse C)

Il corso d'acqua in esame interferisce con l'autostrada in progetto alla pk 2+372; essa verrà attraversata da un tombino scatolare in c.a. di lunghezza 122,60 m circa avente le seguenti caratteristiche:

- dimensioni interne 2,0 x 2,0 m;
- pendenza di fondo 2,5%;
- l'opera è divisa in 3 tratte da 2 pozzetti di salto, rispettivamente di: 4,50 m (88,81 m s.l.m. – 84,31 m s.l.m.) e 4,48 m (77,38 m s.l.m. – 72,90 m s.l.m.).

A monte è presente una sistemazione idraulica in progetto DG87, che non verrà modificata dal presente progetto; a valle, in seguito al prolungamento del tombino, è previsto un tratto di sistemazione in gabbioni metallici con lo scopo di raccordare l'opera all'alveo sistemato del torrente Zagarella 1 e di proteggere la sezione attuale da erosioni o scalzamenti localizzati.

Nel dettaglio si prevede il seguente intervento:

Tratto a valle dell'autostrada:

- realizzazione di una sezione rettangolare di larghezza 3,0 m e altezza 2,00 m, costituita da gabbioni metallici di sponda e di rivestimento del fondo, per un tratto di 5,00 m dopo i salti, e da materassi metallici per il tratto di raccordo all'alveo sistemato del t. Zagarella 1;
- lunghezza dell'intervento 52,40 m circa;
- sono previsti 3 salti di fondo di altezza pari a 2,0 m;
- la pendenza di progetto è definita pari al 3%;
- lungo l'intero sviluppo della sistemazione le opere previste poggeranno su un telo geotessile di peso non inferiore di 400 g/m²;
- nel tratto terminale è previsto un gabbione di ammorsamento di lunghezza 2,00 m e spessore 0,5 m.

5.3 Tombino pk 2+104 (asse C)

Il corso d'acqua in esame interferisce con l'autostrada in progetto alla pk 2+104; essa verrà attraversata da un tombino circolare in c.a. di lunghezza 116,40 m circa avente le seguenti

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE METODOLOGICA		<i>Codice documento</i> CS0763_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

caratteristiche:

- dimensioni interne DN1500 mm;
- pendenza di fondo 2,0%;
- l'opera è divisa in 4 tratte da 4 pozzetti di salto, rispettivamente di: 8,11 m (98,06 m s.l.m. – 89,95 m s.l.m.), 3,45 m (89,58 m s.l.m. – 86,13 m s.l.m.), 3,66 m (85,61 m s.l.m. – 81,95 m s.l.m.) e 4,34 m (81,39 m s.l.m. – 77,05 m s.l.m.).

A monte e a valle sono previsti due tratti di sistemazione in gabbioni metallici e in materassi metallici tipo “Reno” con lo scopo di raccordare l'opera all'incisione naturale e, data l'elevata pendenza dell'asta idrica, di proteggere la sezione attuale da erosioni o scalzamenti localizzati.

Nel dettaglio si prevedono i seguenti interventi:

Tratto a monte dell'autostrada:

- realizzazione di una sezione trapezia di larghezza sul fondo di 1,50 m, altezza 1,00 m e pendenza delle sponde 3/2, costituita da gabbioni metallici di spessore 50 cm;
- lunghezza dell'intervento 26,00 m;
- quota di inizio sistemazione 110,28 m s.l.m.; quota di immissione nel pozzetto di imbocco del tombino 98,06 m s.l.m.;
- la pendenza di progetto è definita pari al 47%;
- nelle sezioni iniziale e terminale è prevista, su uno sviluppo di 1,0 m, la sostituzione del rivestimento di fondo con gabbioni metallici di spessore 1,00 m per garantire un migliore ammorsamento della sistemazione nel terreno sottostante;
- lungo l'intero sviluppo della sistemazione le opere previste poggeranno su un telo di geotessile di peso non inferiore di 400 g/m².

Tratto a valle dell'autostrada:

- realizzazione di una sezione trapezia di larghezza sul fondo di 1,50 m, altezza 1,00 m e pendenza delle sponde 3/2, costituita da materassi metallici tipo “Reno” di spessore 30 cm;
- lunghezza dell'intervento 30,0 m;
- la pendenza di progetto è definita pari al 11%;
- nelle sezioni iniziale e terminale è prevista, su uno sviluppo di 2,0 m, la sostituzione del

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE METODOLOGICA		<i>Codice documento</i> CS0763_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

rivestimento di fondo in materassi metallici con gabbioni metallici di spessore 0,50 m per garantire un migliore ammorsamento della sistemazione nel terreno sottostante;

- lungo l'intero sviluppo della sistemazione le opere previste poggeranno su un telo geotessile di peso non inferiore di 400 g/m².

5.4 Tombino pk 2+021 (asse C)

Il corso d'acqua in esame interferisce con l'autostrada in progetto alla pk 2+021; essa verrà attraversata da un tombino scatolare in c.a. di lunghezza 116,40 m circa avente le seguenti caratteristiche:

- dimensioni interne 2,0 x 2,0 m;
- pendenza di fondo 2,5%;
- l'opera è divisa in 5 tratte da 5 pozzetti di salto, rispettivamente di: 4,81 m (93,33 m s.l.m. – 88,52 m s.l.m.), 3,19 m (88,52 m s.l.m. – 85,33 m s.l.m.), 3,86 m (84,76 m s.l.m. – 80,90 m s.l.m.), 3,14 m (80,51 m s.l.m. – 77,37 m s.l.m.) e 2,26 m (76,62 m s.l.m. – 74,36 m s.l.m.).

A monte e a valle sono previsti due tratti di sistemazione in gabbioni metallici e in materassi metallici tipo "Reno" con lo scopo di raccordare l'opera all'incisione naturale e, data l'elevata pendenza dell'asta idrica, di proteggere la sezione attuale da erosioni o scalzamenti localizzati.

Nel dettaglio si prevedono i seguenti interventi:

Tratto a monte dell'autostrada:

- realizzazione di una sezione trapezia di larghezza sul fondo di 2,50 m, altezza 1,00 m e pendenza delle sponde 3/2, costituita da gabbioni metallici di spessore 50 cm;
- lunghezza dell'intervento 10,00 m;
- quota di inizio sistemazione 96,03 m s.l.m.; quota di immissione nel pozzetto di imbocco del tombino 93,33 m s.l.m.;
- la pendenza di progetto è definita pari al 27%;
- nelle sezioni iniziale e terminale è prevista, su uno sviluppo di 1,0 m, la sostituzione del rivestimento di fondo con gabbioni metallici di spessore 1,00 m per garantire un migliore ammorsamento della sistemazione nel terreno sottostante;
- lungo l'intero sviluppo della sistemazione le opere previste poggeranno su un telo di

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE METODOLOGICA		<i>Codice documento</i> CS0763_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

geotessile di peso non inferiore di 400 g/m².

Tratto a valle dell'autostrada:

- realizzazione di una sezione trapezia di larghezza sul fondo di 2,50 m, altezza 1,00 m e pendenza delle sponde 3/2, costituita da materassi metallici tipo "Reno" di spessore 30 cm;
- lunghezza dell'intervento 15,0 m;
- la pendenza di progetto è definita pari al 17%;
- nella sezione terminale è prevista, su uno sviluppo di 1,0 m, la sostituzione del rivestimento di fondo in materassi metallici con gabbioni metallici di spessore 1,0 m per garantire un migliore ammorsamento della sistemazione nel terreno sottostante;
- lungo l'intero sviluppo della sistemazione le opere previste poggeranno su un telo geotessile di peso non inferiore di 400 g/m².

5.5 Tombino pk 1+921 (asse C)

Il corso d'acqua in esame interferisce con l'autostrada in progetto alla pk 1+921; essa verrà attraversata da un tombino circolare in c.a. di lunghezza 129,50 m circa avente le seguenti caratteristiche:

- dimensioni interne DN 1500 mm;
- pendenza di fondo 2,5%;
- l'opera è divisa in 5 tratte da 4 pozzetti di salto, rispettivamente di: 3,44 m (89,24 m s.l.m. – 85,80 m s.l.m.), 3,35 m (85,06 m s.l.m. – 81,71 m s.l.m.), 3,75 m (81,58 m s.l.m. – 77,83 m s.l.m.) e 5,00 m (77,35 m s.l.m. – 72,35 m s.l.m.)

Il tombino in esame è funzionale allo scarico delle acque di piattaforma per l'ampliamento autostradale SA-RC di competenza DG87. Tale opera non intercetta alcun bacino idrografico e al suo interno non si prevedono ulteriori scarichi di acque di piattaforma derivanti dal presente progetto Ponte.

A valle del manufatto di attraversamento è previsto lo sbocco in una canaletta trapezia che inizia in corrispondenza del piede del rilevato, intercetta le acque di scarico e le recapita nella sistemazione di valle del tombino ubicato a pk 1+863 (cfr. paragrafo 5.6).

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO					
RELAZIONE METODOLOGICA		<i>Codice documento</i> CS0763_F0	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: left;"><i>Rev</i></th> <th style="text-align: left;"><i>Data</i></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: left;">F0</td> <td style="text-align: left;">20/06/2011</td> </tr> </tbody> </table>	<i>Rev</i>	<i>Data</i>	F0	20/06/2011
<i>Rev</i>	<i>Data</i>						
F0	20/06/2011						

Tratto a valle dell'autostrada:

- realizzazione di una sezione trapezia di larghezza sul fondo di 0,80 m, altezza 0,80 m e pendenza delle sponde 1/1, rivestita in calcestruzzo di spessore 15 cm;
- lunghezza dell'intervento: 27,0 m a monte dello sbocco lungo il rilevato autostradale, 3,45 m dallo sbocco del tombino alla confluenza del tratto di monte, 58,0 m dalla confluenza alla sistemazione dell'opera a pk 1+863.

5.6 Tombino pk 1+863 (asse C)

Il corso d'acqua in esame interferisce con l'autostrada in progetto alla pk 1+863; essa verrà attraversata da un tombino scatolare in c.a. di lunghezza 136,25 m circa avente le seguenti caratteristiche:

- dimensioni interne 2,0 x 2,0 m;
- pendenza di fondo 2,5%;
- l'opera è divisa in 5 tratte da 5 pozzetti di salto, rispettivamente di: 2,67 m (92,96 m s.l.m. – 90,29 m s.l.m.), 4,09 m (89,74 m s.l.m. – 85,65 m s.l.m.), 2,81 m (85,28 m s.l.m. – 82,47 m s.l.m.), 3,70 m (81,76 m s.l.m. – 78,06 m s.l.m.) e 3,80 m (77,42 m s.l.m. – 73,62 m s.l.m.).

A monte e a valle sono previsti due tratti di sistemazione in gabbioni metallici con lo scopo di raccordare l'opera all'incisione naturale e di proteggere la sezione attuale da erosioni o scalzamenti localizzati.

Nella sistemazione di valle converge la canaletta a sezione trapezia rivestita in cls che raccoglie le acque provenienti dal tombino a pk 1+921 (cfr. paragrafo 5.5) e le acque al piede del rilevato. La stessa sistemazione si congiunge, dopo un tratto in circa di 16,70 m di lunghezza, con l'inalveazione di valle del tombino a pk 1+805 (cfr. paragrafo 5.7)

Nel dettaglio si prevedono i seguenti interventi:

Tratto a monte dell'autostrada:

- realizzazione di una sezione trapezia di larghezza sul fondo di 2,50 m, altezza 1,00 m e pendenza delle sponde 3/2, costituita da gabbioni metallici di spessore 50 cm;
- lunghezza dell'intervento 15,00 m;

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE METODOLOGICA		<i>Codice documento</i> CS0763_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

- quota di inizio sistemazione 94,15 m s.l.m.; quota di immissione nel pozzetto di imbocco del tombino 92,96 m s.l.m.;
- la pendenza di progetto è definita pari a 14,8% per i primi 7,3 m e pari a 1,3% per i successivi 7,7 m;
- nelle sezioni iniziale e terminale è prevista, su uno sviluppo di 1,0 m, la sostituzione del rivestimento di fondo con gabbioni metallici di spessore 1,00 m per garantire un migliore ammorsamento della sistemazione nel terreno sottostante;
- lungo l'intero sviluppo della sistemazione le opere previste poggeranno su un telo di geotessile di peso non inferiore di 400 g/m².

Tratto a valle dell'autostrada:

- realizzazione di una sezione trapezia di larghezza sul fondo di 2,00 m, altezza 1,00 m e pendenza delle sponde 3/2, costituita da gabbioni metallici di spessore 50 cm;
- lunghezza dell'intervento 16,70 m;
- la pendenza di progetto è definita pari al 16%;
- nella sezione iniziale è prevista, su uno sviluppo di 2,0 m, la sostituzione del rivestimento di fondo con gabbioni metallici di spessore 1,00 m per garantire un migliore ammorsamento della sistemazione nel terreno sottostante;
- lungo l'intero sviluppo della sistemazione le opere previste poggeranno su un telo geotessile di peso non inferiore di 400 g/m².

5.7 Tombino pk 1+805 (asse C)

Il corso d'acqua in esame interferisce con l'autostrada in progetto alla pk 1+805; essa verrà attraversata da un tombino circolare in c.a. di lunghezza 136,25 m circa avente le seguenti caratteristiche:

- dimensioni interne DN 1500 mm;
- pendenza di fondo 2,0%;
- l'opera è divisa in 6 tratte da 5 pozzetti di salto, rispettivamente di: 3,79 m (94,89 m s.l.m. – 91,10 m s.l.m.), 3,75 m (90,58 m s.l.m. – 86,83 m s.l.m.), 3,65 m (86,32 m s.l.m. – 82,67 m s.l.m.), 4,69 m (82,11 m s.l.m. – 77,42 m s.l.m.) e 3,51 m (76,62 m s.l.m. – 73,11 m s.l.m.).

A monte e a valle sono previsti due tratti di sistemazione in gabbioni metallici con lo scopo di

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE METODOLOGICA		<i>Codice documento</i> CS0763_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

raccordare l'opera all'incisione naturale e di proteggere la sezione attuale da erosioni o scalzamenti localizzati.

Nella sistemazione di valle converge l'inalveazione di valle del tombino a pk 1+863 (cfr. paragrafo 5.6)

Nel dettaglio si prevedono i seguenti interventi:

Tratto a monte dell'autostrada:

- realizzazione di una sezione trapezia di larghezza sul fondo di 2,50 m, altezza 1,00 m e pendenza delle sponde 3/2, costituita da gabbioni metallici di spessore 50 cm;
- lunghezza dell'intervento 22,00 m;
- quota di inizio sistemazione 105,36 m s.l.m.; quota di immissione nel pozzetto di imbocco del tombino 94,89 m s.l.m.;
- la pendenza di progetto è definita pari a 47%;
- nelle sezioni iniziale e terminale è prevista, su uno sviluppo di 1,0 m, la sostituzione del rivestimento di fondo con gabbioni metallici di spessore 1,00 m per garantire un migliore ammorsamento della sistemazione nel terreno sottostante;
- lungo l'intero sviluppo della sistemazione le opere previste poggeranno su un telo di geotessile di peso non inferiore di 400 g/m².

Tratto a valle dell'autostrada:

- realizzazione di una sezione trapezia di larghezza sul fondo di 2,00 m, altezza 1,00 m e pendenza delle sponde 3/2, costituita da gabbioni metallici di spessore 50 cm;
- lunghezza dell'intervento 30,00 m;
- la pendenza di progetto è definita pari al 12,7%;
- nella sezione iniziale e terminale è prevista, su uno sviluppo di 2,0 m, la sostituzione del rivestimento di fondo con gabbioni metallici di spessore 1,00 m per garantire un migliore ammorsamento della sistemazione nel terreno sottostante;
- lungo l'intero sviluppo della sistemazione le opere previste poggeranno su un telo geotessile di peso non inferiore di 400 g/m².

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE METODOLOGICA		<i>Codice documento</i> CS0763_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

5.8 Tombino pk 1+729 (asse C)

Il corso d'acqua in esame interferisce con l'autostrada in progetto alla pk 1+729; essa verrà attraversata da un tombino scatolare in c.a. di lunghezza 107,80 m circa avente le seguenti caratteristiche:

- dimensioni interne 4,0 x 4,0 m;
- pendenza di fondo 3,0%;
- l'opera è divisa in 2 tratte da 1 pozzetto di salto di 2,50 m (92,22 m s.l.m. – 89,72 m s.l.m.).

A monte e a valle sono previsti due tratti di sistemazione in gabbioni metallici e in materassi metallici tipo "Reno" con lo scopo di raccordare l'opera all'incisione naturale e, data l'elevata pendenza dell'asta idrica, di proteggere la sezione attuale da erosioni o scalzamenti localizzati.

Nel dettaglio si prevedono i seguenti interventi:

Tratto a monte dell'autostrada:

- realizzazione di una sezione trapezia di larghezza sul fondo di 1,00 m, altezza 1,00 m e pendenza delle sponde 3/2, costituita da materassi metallici tipo "Reno" di spessore 30 cm;
- lunghezza dell'intervento 10,0 m;
- la pendenza di progetto è definita pari al 6,2%;
- nella sezione iniziale e terminale è prevista, su uno sviluppo di 2,0 m, la sostituzione del rivestimento di fondo in materassi metallici con gabbioni metallici di spessore 0,50 m per garantire un migliore ammorsamento della sistemazione nel terreno sottostante;
- lungo l'intero sviluppo della sistemazione le opere previste poggeranno su un telo geotessile di peso non inferiore di 400 g/m².

Tratto a valle dell'autostrada:

- realizzazione di una sezione trapezia di larghezza sul fondo di 4,00 m, altezza 1,50 m e pendenza delle sponde 3/2, costituita da materassi metallici tipo "Reno" di spessore 30 cm e da gabbioni metallici di spessore 50 cm a valle dei salti;
- lunghezza dell'intervento 65,0 m;
- la pendenza di progetto è definita pari al 13%;

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE METODOLOGICA		<i>Codice documento</i> CS0763_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

- nella sezione terminale è prevista, su uno sviluppo di 2,0 m, la sostituzione del rivestimento di fondo in materassi metallici con gabbioni metallici di spessore 0,50 m per garantire un migliore ammorsamento della sistemazione nel terreno sottostante;
- lungo l'intero sviluppo della sistemazione le opere previste poggeranno su un telo geotessile di peso non inferiore di 400 g/m².

5.9 Tombino pk 1+573 (asse C)

Il corso d'acqua in esame interferisce con l'autostrada in progetto alla pk 1+573; essa verrà attraversata da un tombino circolare in c.a. di lunghezza 138,70 m circa avente le seguenti caratteristiche:

- dimensioni interne DN1500 mm;
- pendenza di fondo 2,0%;
- l'opera è divisa in 5 tratte da 4 pozzetti di salto, rispettivamente di: 12,85 m (106,62 m s.l.m. – 93,77 m s.l.m.), 2,34 m (93,23 m s.l.m. – 90,89 m s.l.m.), 3,74 m (90,43 m s.l.m. – 86,69 m s.l.m.) e 5,72 m (85,97 m s.l.m. – 80,25 m s.l.m.).

A monte e a valle sono previsti due tratti di sistemazione in gabbioni metallici e in materassi metallici tipo "Reno" con lo scopo di raccordare l'opera all'incisione naturale e, data l'elevata pendenza dell'asta idrica, di proteggere la sezione attuale da erosioni o scalzamenti localizzati.

Nel dettaglio si prevedono i seguenti interventi:

Tratto a monte dell'autostrada:

- realizzazione nel tratto iniziale di una difesa di sponda con funzione di ammorsamento a monte di altezza 1,00 m, con fondazione di 0,50 m, costituita da gabbioni metallici per una lunghezza in destra di 7,50 m e in sinistra di 10,00 m;
- realizzazione nel tratto successivo di una sezione rettangolare di larghezza 2,00 m, altezza 1,00 m, costituita da sponde e rivestimento di fondo in gabbioni metallici di spessore rispettivamente pari a 1,0 m e 50 cm per una lunghezza di 40,50 m, preceduto da 4,50 m di sezione rettangolare a larghezza variabile;
- quota di inizio sistemazione 127,45 m s.l.m. in sponda destra e 126,30 m s.l.m. in sponda sinistra; quota di immissione nel pozzetto di imbocco del tombino 106,62 m s.l.m.;

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE METODOLOGICA		<i>Codice documento</i> CS0763_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

- la pendenza di progetto è definita pari al 35,8%;
- nella sezione terminale è prevista, su uno sviluppo di 1,0 m, la sostituzione del rivestimento di fondo con gabbioni metallici di spessore 1,0 m per garantire un migliore ammorsamento della sistemazione nel terreno sottostante;
- lungo l'intero sviluppo della sistemazione le opere previste poggeranno su un telo di geotessile di peso non inferiore di 400 g/m².

Tratto a valle dell'autostrada:

- realizzazione di una sezione trapezia di larghezza sul fondo di 2,00 m, altezza 1,00 m e pendenza delle sponde 3/2, costituita da materassi metallici tipo "Reno" di spessore 30 cm;
- lunghezza dell'intervento 10,0 m;
- la pendenza di progetto è definita pari al 11,4%;
- nella sezione iniziale e terminale è prevista, la sostituzione del rivestimento di fondo in materassi metallici con gabbioni metallici rispettivamente di spessore 0,50 m per uno sviluppo di 2,00 m e di 1,00 m per 1,00 m, per garantire un migliore ammorsamento della sistemazione nel terreno sottostante;
- lungo l'intero sviluppo della sistemazione le opere previste poggeranno su un telo geotessile di peso non inferiore di 400 g/m².

5.10 Tombino pk 1+442 (asse C)

Il corso d'acqua in esame interferisce con l'autostrada in progetto alla pk 1+442; essa verrà attraversata da un tombino scatolare in c.a. di lunghezza 114,40 m circa avente le seguenti caratteristiche:

- dimensioni interne 4,0 x 3,0 m;
- pendenza di fondo 4,0%;
- l'opera è divisa in 3 tratte da 1 pozzetto di salto di 5,42 m (88,10 m s.l.m. – 82,68 m s.l.m.).

A monte è presente un intervento di sistemazione idraulica di competenza DG87 che non interferisce con le opere autostradali in progetto. A valle è previsto un tratto di sistemazione in materassi metallici tipo "Reno" con lo scopo di raccordare l'opera all'incisione naturale e di proteggere la sezione attuale da erosioni o scalzamenti localizzati.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE METODOLOGICA		<i>Codice documento</i> CS0763_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Nel dettaglio si prevede il seguente intervento:

Tratto a valle dell'autostrada:

- realizzazione di una sezione trapezia di larghezza sul fondo di 4,00 m, altezza 1,33 m e pendenza delle sponde 3/2, costituita da materassi metallici tipo "Reno" di spessore 30 cm;
- lunghezza dell'intervento 16,0 m;
- la pendenza di progetto è definita pari al 9,2%;
- nella sezione iniziale e terminale è prevista, su uno sviluppo di 2,0 m, la sostituzione del rivestimento di fondo in materassi metallici con gabbioni metallici di spessore 0,50 m per garantire un migliore ammorsamento della sistemazione nel terreno sottostante;
- lungo l'intero sviluppo della sistemazione le opere previste poggeranno su un telo geotessile di peso non inferiore di 400 g/m².

5.11 Tombino pk 2+832 (asse T)

Il fosso in esame interferisce con l'autostrada in progetto alla pk 2+832 (asse T); essa verrà attraversata da un tombino scatolare in c.a. di lunghezza 50,55 m circa avente le seguenti caratteristiche:

- dimensioni interne 2,0 x 2,0 m;
- pendenza di fondo 1,0%;
- l'opera si compone di un'unica tratta e inizia in corrispondenza di un pozzetto di salto di 7,67 m (70,20 m s.l.m. – 62,53 m s.l.m.).

Il tombino, di competenza DG87, presenta nel pozzetto di una condotta di scarico DN1000 mm. Non sono previsti ulteriori interventi di sistemazione idraulica.

6 Idraulica di versante

Al fine del corretto dimensionamento delle opere di drenaggio superficiale in progetto, atte a collettare le portate meteoriche generate dalle superfici scolanti localizzate in adiacenza del corpo autostradale, si sono eseguite delle valutazioni idrologiche ed idrauliche riferite ad un evento meteorico a tempo di ritorno 100 anni.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE METODOLOGICA		<i>Codice documento</i> CS0763_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Le valutazioni idrologiche eseguite hanno avuto come obiettivo la determinazione della portata a tempo di ritorno 100 anni che dovrà essere collettata dai fossi di guardia in progetto; in particolare per il tratto autostradale in esame si sono rese necessarie:

- l'analisi pluviometrica atta a definire le curve di possibilità climatica per tempo di ritorno assegnato, così come descritto nel paragrafo 1;
- individuazione dei bacini scolanti sottesi ai fossi di guardia e determinazione delle loro caratteristiche fisiografiche;
- determinazione del tempo di corrivazione dei bacini in esame;
- definizione dei coefficienti di deflusso di piena;
- determinazione delle portate di piena.

Le valutazioni idrauliche eseguite hanno avuto come obiettivo il dimensionamento e la verifica dei fossi di guardia rivestiti in progetto e delle strutture di attraversamento autostradale (tubazioni circolari) atte a recapitare nei ricettori naturali, le portate centennali definite tramite i metodi idrologici sopra descritti.

Le valutazioni di progetto sopra esposte sono state eseguite per i seguenti tratti autostradali:

- tratto nord (rampa A);
- centro direzionale;
- tratto intermedio (rampe M e B);
- tratto sud (rampe D e T).

6.1 Analisi idrologica

6.1.1 Delimitazione e caratterizzazione fisiografica delle superfici scolanti

La determinazione dei bacini scolanti è avvenuta utilizzando sia le cartografie CTR della Regione Calabria in scala 1:5000 che il rilievo aerofotogrammetrico di dettaglio eseguito appositamente per il presente progetto.

I limiti fisiografici per ciascuna tratta autostradale analizzata sono riportati negli specifici stralci planimetrici.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
		RELAZIONE METODOLOGICA	<i>Codice documento</i> CS0763_F0	<i>Rev</i> F0

La caratterizzazione morfometrica e fisiografica dei bacini individuati è consistita nella determinazione dei seguenti parametri:

- l'area dei bacini (S) espressa in km²;
- la lunghezza del percorso idraulico (L) espressa in km;
- la pendenza media del percorso idraulico (i) espressa in m/m;
- le quote massima (Hmax), minima (Hmin) e media (Hmed) dei bacini espresse in m s.m.

Di seguito si allegano le tabelle che riportano per ogni tratta autostradale analizzata, le caratteristiche fisiografiche sopra descritte.

Denominazione Tratto	Denominazione bacino	Superficie (km ²)	Hmax (m s.m.)	Hmed (m s.m.)	Hmin (m s.m.)	L(km)	i media (m/m)
Rampa A	km 2+850 - 2+104	0,0080	178,0	143,0	108,0	0,281	0,249
Rampa A	Km 2+078 - 2+104	0,0023	158,5	133,3	108,0	0,176	0,287
Rampa A	km 2+078 - 2+021	0,0017	158,5	126,3	94,0	0,132	0,489
Rampa A	km 1+958 - 2+021	0,0017	164,0	129,0	94,0	0,168	0,416
Rampa A	km 1+958 - 1+863	0,0060	179,0	136,0	93,0	0,209	0,411
Rampa A	km 1+830 - 1+863	0,0016	155,0	124,0	93,0	0,138	0,449
Rampa A	km 1+830 - 1+805	0,0015	155,0	125,0	95,0	0,118	0,508
Rampa A	km 1+755 - 1+805	0,0012	153,0	124,0	95,0	0,128	0,453
Rampa A	km 1+755 - 1+729	0,0034	169,0	131,5	94,0	0,160	0,469
Rampa A	km 1+580 - 1+729	0,0071	161,0	127,5	94,0	0,205	0,327

Tabella 6.1 - Caratteristiche fisiografiche per i bacini scolanti individuati in corrispondenza della rampa A (tratto Nord).

Denominazione Tratto	Denominazione bacino	Superficie (km ²)	Hmax (m s.m.)	Hmed (m s.m.)	Hmin (m s.m.)	L(km)	i media (m/m)
Centro direzionale	km 0+040 - 0+000	0.0011	76.5	71.1	65.8	0.040	0.268
Centro direzionale	km 0+325 - rampa 3	0.0105	98.5	88.8	79.0	0.190	0.103
Centro direzionale	sez. 3.rot2 – 6.rampa1	0,0213	120,3	110,5	100,7	0,240	0,082
Centro direzionale	v.E.Cosenz – 3.in_rot1	0,0498	150,0	126,0	102,1	0,953	0,050
Centro direzionale	sez. 3.in_rot1 – 5.rot1	0,0135	151,0	126,0	101,0	0,250	0,200
Centro direzionale	sez. 17.rampa1 – 6.rampa1	0,0248	122,8	115,6	108,5	0,290	0,049

Tabella 6.2 – Caratteristiche fisiografiche per i bacini scolanti individuati in corrispondenza del Centro Direzionale.

Denominazione Tratto	Denominazione bacino	Superficie (km ²)	Hmax (m s.m.)	Hmed (m s.m.)	Hmin (m s.m.)	L(km)	i media (m/m)
----------------------	----------------------	-------------------------------	---------------	---------------	---------------	-------	---------------

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
		RELAZIONE METODOLOGICA		<i>Codice documento</i> CS0763_F0

Denominazione Tratto	Denominazione bacino	Superficie (km ²)	Hmax (m s.m.)	Hmed (m s.m.)	Hmin (m s.m.)	L(km)	i media (m/m)
Rampa B	km 0+870 - 0+930	0,0286	133,0	110,0	87,0	0,450	0,102
Rampa M	km 0+870 - 0+900	0,0079	128,5	114,8	101,0	0,229	0,120
Rampa B	km 0+900 - 0+935	0,0066	127,0	111,0	95,0	0,201	0,159
Rampa B	km 0+970 - 0+935	0,0065	112,0	103,5	95,0	0,155	0,110
Rampa M	km 0+970 - 1+000	0,0017	116,0	108,0	100,0	0,102	0,157
Rampa M	km 0+430 - 1+000	0,0018	116,0	108,0	100,0	0,099	0,162
Rampa M	Residuo	0,0007	92,0	89,5	87,0	0,070	0,071
Rampa M	km 0+430 - 0+375	0,0011	114,0	99,3	84,6	0,060	0,490
Rampa M	km 0+300 - 0+355	0,0023	113,0	98,8	84,6	0,100	0,284

Tabella 6.3 – Caratteristiche fisiografiche per i bacini scolanti individuati in corrispondenza delle rampe M e B (tratto Intermedio).

Denominazione Tratto	Denominazione bacino	Superficie (km ²)	Hmax (m s.m.)	Hmed (m s.m.)	Hmin (m s.m.)	L(km)	i media (m/m)
Rampa D	km 1+300 - 1+500	0,0143	129,6	102,2	74,9	0,303	0,180
Rampa D	km 1+600 - 2+000 monte tombino	0,0456	117,6	112,8	108,0	0,520	0,018
Rampa D e T	km 2+000 - 2+300 valle tombino	0,0175	112,2	91,6	71,0	0,350	0,118
Rampa T	km 2+500 - 2+600	0,0009	96,5	86,7	76,8	0,080	0,246
Rampa T	km 2+600	0,0003	95,0	85,9	76,8	0,044	0,414
Rampa T	km 2+600 - 2+800	0,0106	96,0	83,5	71,0	0,250	0,100
Rampa T	km 2+900	0,0375	98,6	73,3	48,0	0,473	0,107

Tabella 6.4 – Caratteristiche fisiografiche per i bacini scolanti individuati in corrispondenza delle rampe D e T (tratto Sud).

6.1.2 Determinazione del tempo di corrivazione

La determinazione del valore del tempo di corrivazione per i bacini chiusi in corrispondenza dei fossi di guardia è stata effettuata avvalendosi delle formulazioni proposte da Pezzoli, Ventura e Pasini; queste ultime, rispetto all'insieme di espressioni disponibili in letteratura, sono state reputate più adatte a rappresentare la dinamica di generazione del deflusso di piena per i bacini in oggetto (in ragione della loro dimensione areale e geometria).

Questi metodi necessitano, come dati di input, dei valori delle caratteristiche morfologiche e fisiografiche riportati nelle tabelle esposte al precedente paragrafo 6.1.1.

Le formule di calcolo del tempo di corrivazione, espresso in ore, per ognuno dei metodi adottati

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE METODOLOGICA		<i>Codice documento</i> CS0763_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

sono nel seguito esposte.

Formula di Pezzoli:
$$tc = 0.055 \cdot \frac{L}{\sqrt{i}}$$

Formula di Ventura:
$$tc = 0.1272 \cdot \sqrt{\frac{S}{i}}$$

Formula di Pasini:
$$tc = 0.108 \cdot \frac{(S \cdot L)^{1/3}}{\sqrt{i}}$$

Come regola generale si è assunto un tempo di corrivazione effettivo (T_c assunto) pari alla media dei valori determinati con le formule di Pasini, Pezzoli e Ventura; tale valore (che per i corsi d'acqua naturali esprime il tempo impiegato dalla goccia caduta nel punto idraulicamente "più lontano" per giungere alla sezione di chiusura) è stato inoltre incrementato di una quantità temporale atta ad esprimere un ritardo sul tempo di concentrazione delle portate nel bacino, dovuto alle accidentalità e discontinuità del territorio adiacente all'autostrada; tale quantità è definita come "tempo di accesso" alla rete superficiale ed è stato assunto pari a circa 5 minuti.

Di seguito si riportano i valori dei tempi di corrivazione (maggiorati rispetto al loro valor medio di una quantità costante pari a 0.08 ore) ottenuti per i bacini chiusi in corrispondenza delle tratte autostradali in oggetto.

Denominazione Tratto	Denominazione bacino	Superficie (km ²)	T Accesso (ore)	T Ventura (ore)	T Pasini (ore)	T Pezzoli (ore)	Tc assunto (ore)
Rampa A	km 2+850 - 2+104	0,0080	0,080	0,023	0,028	0,031	0,11
Rampa A	Km 2+078 - 2+104	0,0023	0,080	0,011	0,015	0,018	0,09
Rampa A	km 2+078 - 2+021	0,0017	0,080	0,008	0,009	0,010	0,09
Rampa A	km 1+958 - 2+021	0,0017	0,080	0,008	0,011	0,014	0,09
Rampa A	km 1+958 - 1+863	0,0060	0,080	0,015	0,018	0,018	0,10
Rampa A	km 1+830 - 1+863	0,0016	0,080	0,008	0,010	0,011	0,09
Rampa A	km 1+830 - 1+805	0,0015	0,080	0,007	0,008	0,009	0,09
Rampa A	km 1+755 - 1+805	0,0012	0,080	0,007	0,009	0,010	0,09
Rampa A	km 1+755 - 1+729	0,0034	0,080	0,011	0,013	0,013	0,09
Rampa A	km 1+580 - 1+729	0,0071	0,080	0,019	0,021	0,020	0,10

Tabella 6.5 – Tempi di corrivazione per i bacini scolanti individuati in corrispondenza della rampa A

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
		RELAZIONE METODOLOGICA	<i>Codice documento</i> CS0763_F0	<i>Rev</i> F0

(tratto Nord).

Denominazione Tratto	Denominazione bacino	Superficie (km ²)	TAccesso (ore)	T Ventura (ore)	T Pasini (ore)	T Pezzoli (ore)	Tc assunto (ore)
Centro direzionale	km 0+040 - 0+000	0,0011	0,080	0,008	0,007	0,004	0,09
Centro direzionale	km 0+325 - rampa 3	0,0105	0,080	0,041	0,042	0,033	0,12
Centro direzionale	sez. 3.rot2 – 6.rampa1	0,0213	0,080	0,06	0,07	0,05	0,14
Centro direzionale	v.E.Cosenz – 3.in_rot1	0,0498	0,080	0,13	0,17	0,23	0,26
Centro direzionale	sez. 3.in_rot1 – 5.rot1	0,0135	0,080	0,03	0,04	0,03	0,11
Centro direzionale	sez. 17.rampa1 – 6.rampa1	0,0248	0,080	0,09	0,09	0,07	0,17

Tabella 6.6 – Tempi di corrivazione per i bacini scolanti individuati in corrispondenza del Centro Direzionale.

Denominazione Tratto	Denominazione bacino	Superficie (km ²)	TAccesso (ore)	T Ventura (ore)	T Pasini (ore)	T Pezzoli (ore)	Tc assunto (ore)
Rampa B	km 0+870 - 0+930	0,0286	0,080	0,067	0,079	0,077	0,22
Rampa M	km 0+870 - 0+900	0,0079	0,080	0,033	0,038	0,036	0,17
Rampa B	km 0+900 - 0+935	0,0066	0,080	0,026	0,030	0,028	0,15
Rampa B	km 0+970 - 0+935	0,0065	0,080	0,031	0,033	0,026	0,16
Rampa M	km 0+970 - 1+000	0,0017	0,080	0,013	0,015	0,014	0,09
Rampa M	km 0+430 - 1+000	0,0018	0,080	0,013	0,015	0,013	0,09
Rampa M	Residuo	0,0007	0,080	0,013	0,015	0,014	0,09
Rampa M	km 0+430 - 0+375	0,0011	0,080	0,006	0,006	0,005	0,09
Rampa M	km 0+300 - 0+355	0,0023	0,080	0,011	0,012	0,010	0,09

Tabella 6.7 – Tempi di corrivazione per i bacini scolanti individuati in corrispondenza delle rampe M e B (tratto Intermedio).

Denominazione Tratto	Denominazione bacino	Superficie (km ²)	TAccesso (ore)	T Ventura (ore)	T Pasini (ore)	T Pezzoli (ore)	Tc assunto (ore)
Rampa D	km 1+300 - 1+500	0,0143	0,080	0,036	0,042	0,039	0,16
Rampa D	km 1+600 - 2+000 monte tombino	0,0456	0,080	0,200	0,228	0,210	0,47
Rampa D e T	km 2+000 - 2+300 valle tombino	0,0175	0,080	0,049	0,058	0,056	0,19
Rampa T	km 2+500 - 2+600	0,0009	0,080	0,008	0,009	0,009	0,09
Rampa T	km 2+600	0,0003	0,080	0,003	0,004	0,004	0,08
Rampa T	km 2+600 - 2+800	0,0106	0,080	0,042	0,047	0,043	0,18
Rampa T	km 2+900	0,0375	0,080	0,075	0,086	0,080	0,23

Tabella 6.8 – Tempi di corrivazione per i bacini scolanti individuati in corrispondenza delle rampe D e

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE METODOLOGICA		<i>Codice documento</i> CS0763_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

T (tratto Sud).

6.1.3 Determinazione del coefficiente di deflusso

Il ruolo del tipo di suolo e della copertura vegetale nella formazione del deflusso superficiale per gli stati idrologici di piena, che si identificano con eventi di piovosità intensa, è duplice; riguarda infatti, sia la funzione di trattenuta o intercettazione, sia il controllo del tempo di concentrazione delle portate superficiali.

Per la stima di tali parametri si devono tenere in conto i diversi fattori che influiscono sulla formazione dei deflussi, fra cui la natura dei terreni e la loro copertura vegetale, la capacità di accumulo del bacino l'effetto di laminazione dell'intera rete idrica superficiale, la presenza di zone urbanizzate ecc.

La stima del coefficiente di deflusso è estremamente difficile e costituisce il maggiore elemento di incertezza nella valutazione della portata. Il parametro tiene conto in forma implicita di tutti i fattori che intervengono a determinare la relazione tra la portata al colmo e l'intensità media di pioggia; si utilizzano normalmente valori di riferimento, tratti dalla letteratura scientifica, che spesso sono adattabili con difficoltà alle effettive condizioni del bacino in studio.

Gli studi disponibili, per altro in numero piuttosto limitato, indicano tutti che il valore di "c" in un dato bacino varia in misura elevata da evento ad evento, in particolare in funzione delle differenti condizioni climatiche antecedenti. E' possibile comunque ipotizzare che, per gli eventi gravosi che sono di interesse nel campo della progettazione e delle verifiche idrauliche, il parametro assuma valori sufficientemente stabili. In qualche caso si assume che il valore di "c" cresca in funzione del tempo di ritorno dell'evento, supponendo in tal modo una risposta non lineare del bacino.

Nel caso specifico, la metodologia di analisi dei coefficienti di deflusso è stata basata su un approccio normalmente adottato e ampiamente consolidato nella prassi applicativa, che fa riferimento alle indicazioni sui valori da attribuire al fattore di trattenuta del terreno fornite nella letteratura scientifica, così come riportato nelle Tabelle 6.9 e 6.10.

Caratteristiche del bacino	C (-)
Superfici pavimentate o impermeabili (strade, aree coperte, ecc.)	0.70 – 0.95
Suoli sabbiosi a debole pendenza (2%)	0.05 – 0.10

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE METODOLOGICA		<i>Codice documento</i> CS0763_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Caratteristiche del bacino	C (-)
Suoli sabbiosi a pendenza media (2 - 7%)	0.10 – 0.15
Suoli sabbiosi a pendenza elevata (7%)	0.15 – 0.20
Suoli argillosi a debole pendenza (2%)	0.13 – 0.17
Suoli argillosi a pendenza media (2 - 7%)	0.18 – 0.22
Suoli argillosi a pendenza elevata (7%)	0.25 – 0.35

Tabella 6.9- - Coefficienti di deflusso raccomandati da American Society of Civil Engineers e da Pollution Control Federation.

Tipo di suolo	c	
	Uso del suolo	
	Coltivato	Bosco
Suolo con infiltrazione elevata, normalmente sabbioso o ghiaioso	0.20	0.10
Suolo con infiltrazione media, senza lenti argillose; suoli limosi e simili	0.40	0.30
Suolo con infiltrazione bassa, suoli argillosi e suoli con lenti argillose vicine alla superficie, strati di suolo sottile al di sopra di roccia impermeabile	0.50	0.40

Tabella 6.10 - Coefficienti di deflusso raccomandati da Handbook of Applied Hydrology, Ven Te Chow, 1964.

Sulla base delle caratteristiche litologiche e di uso del suolo del territorio in analisi, per il dimensionamento dei fossi di guardia si sono dunque assunti coefficienti di deflusso compresi tra valori di 0.30 e 0.40.

Nello studio idrologico generale, finalizzato alla determinazione delle portate di piena sulla rete idrografica interferente con il tracciato autostradale in esame, la valutazione del coefficiente di deflusso è stata effettuata in modo strettamente integrato con l'applicazione del metodo S.C.S di stima delle portate al colmo e con il supporto della cartografia tematica disponibile per la caratterizzazione dei substrati e dell'uso del suolo.

Tale analisi ha portato a stime del parametro CN differenziate per i diversi bacini considerati, come illustrato nella "Relazione idrologica generale". Complessivamente è stato fatto riferimento a un unico valore maggiorante del coefficiente di deflusso, pari a $c = 0,65$.

Tale valore è risultato cautelativo rispetto alle stime del parametro CN eseguite sui singoli bacini, anche in ordine ad alcuni fattori potenzialmente aggravanti la trasformazione afflussi-deflussi emersi nel corso dei sopralluoghi e dell'analisi di dettaglio del territorio (e non adeguatamente esprimibili attraverso il CN), quali:

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE METODOLOGICA		<i>Codice documento</i> CS0763_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

- la condizione di antropizzazione diffusa delle porzioni di bacino a valle del tracciato, che, oltre all'effetto di impermeabilizzazione dei suoli, influente in modo diretto sul coefficiente di deflusso, comporta la riduzione delle aree di espansione-laminazione e l'elevata artificializzazione degli alvei, fattori che favoriscono entrambi la concentrazione dei colmi di deflusso;
- la diffusa presenza di situazione di dissesto dei versanti nei bacini a monte del tracciato, che costituiscono potenziale innesco di fenomeni di trasporto di massa e occlusione temporanea degli alvei con formazione di picchi di piena impulsivi.

Nell'ambito della presente fase progettuale e dall'analisi dei contributi delle aree residue direttamente afferenti ai fossi di guardia a protezione del tracciato in progetto, si è ritenuto l'approccio metodologico dell'analisi idrologica generale non adeguato principalmente per le motivazioni qui di seguito riportate.

La fascia di territorio interessata presenta limitata estensione e, in generale, condizioni di manutenzione migliori rispetto ai bacini idrografici complessivi: non sono pertanto ipotizzabili i fattori aggravanti considerati nell'idrologia generale che hanno portato all'assunzione di un unico coefficiente di deflusso con significato di inviluppo maggiorante.

La scala territoriale dell'analisi è estremamente diversa rispetto allo studio idrologico generale, nel quale le caratteristiche dei suoli che condizionano la risposta idrologica alle precipitazioni sono state analizzate prima in forma aggregata per classi tipologiche e poi in forma sintetica, definendo un unico parametro a scala di bacino imbrifero (fattore CN). Nel caso delle aree di drenaggio in esame, l'analisi è estremamente dettagliata e consente la caratterizzazione in termini di coefficienti di deflusso di particelle del territorio con caratteristiche del tutto omogenee.

Si tratta, inoltre, di porzioni di versante sprovviste di un reticolo di drenaggio effettivo, nelle quali pertanto gli apporti fino alla rete di drenaggio artificiale avvengono per puro ruscellamento superficiale dei contributi meteorici non infiltrati, con meccanismi di intercettazione al suolo e ritardo della risposta idrologica che sono in grado di incidere in senso riduttivo sui colmi di piena, nel caso di eventi di precipitazione estremamente brevi e intensi, come quelli di progetto, la cui durata dipende prevalentemente dai tempi di corrivazione della rete di smaltimento artificiale.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE METODOLOGICA		<i>Codice documento</i> CS0763_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

6.1.4 Determinazione delle portate di piena a tempo di ritorno 100 anni (metodo razionale)

Il metodo razionale, di correlazione afflussi – deflussi, è basato sull'ipotesi che la portata massima in un bacino, dovuta a precipitazioni di intensità costante nel tempo, si ha per eventi di durata pari al tempo di corrivazione t_c del bacino stesso e si verifica dopo il tempo t_c dall'inizio del fenomeno.

Il calcolo della portata avviene mediante l'applicazione della formula di Turazza:

$$Q = \frac{c * h * S}{3.6 * t_c} \left(\frac{m^3}{s} \right)$$

dove:

S – superficie del bacino (km²);

c – coefficiente di deflusso valutato in base a considerazioni di tipo generale basate sulla litologia, sull'uso del suolo ecc.;

h – altezza massima di precipitazione per durata pari al tempo di corrivazione del bacino (mm);

t_c – valore del tempo di corrivazione del bacino (ore).

Si specifica che il valore di h (altezza di precipitazione di durata pari al tempo di corrivazione) è stato determinato considerando i coefficienti di possibilità climatica (a, n') appartenenti ai tratti pluviometricamente omogenei definiti nella presente relazione (cfr. paragrafo 1).

Di seguito si riportano i valori delle portate a tempo di ritorno 100 anni per le tratte autostradali in studio.

Denominazione Tratto	Denominazione bacino	Superficie (km ²)	Tc assunto (ore)	a100 (mm/h ⁿ)	n100 (-)	H (mm)	C (-)	Q Tr 100 anni (m3/s)
Rampa A	km 2+850 - 2+104	0,0080	0,11	79,57	0,433	30,28	0,35	0,220
Rampa A	Km 2+078 - 2+104	0,0023	0,09	79,57	0,433	28,68	0,35	0,068
Rampa A	km 2+078 - 2+021	0,0017	0,09	79,57	0,433	27,94	0,40	0,061
Rampa A	km 1+958 - 2+021	0,0017	0,09	79,57	0,433	28,22	0,40	0,060
Rampa A	km 1+958 - 1+863	0,0060	0,10	79,57	0,433	28,99	0,40	0,198
Rampa A	km 1+830 - 1+863	0,0016	0,09	79,57	0,433	27,99	0,40	0,056
Rampa A	km 1+830 - 1+805	0,0015	0,09	79,57	0,433	27,80	0,40	0,052
Rampa A	km 1+755 - 1+805	0,0012	0,09	79,57	0,433	27,86	0,40	0,043
Rampa A	km 1+755 - 1+729	0,0034	0,09	79,57	0,433	28,34	0,40	0,115

RELAZIONE METODOLOGICA	Codice documento	Rev	Data
	CS0763_F0	F0	20/06/2011

Denominazione Tratto	Denominazione bacino	Superficie (km ²)	Tc assunto (ore)	a100 (mm/h ⁿ)	n100 (-)	H (mm)	C (-)	Q Tr 100 anni (m3/s)
Rampa A	km 1+580 - 1+729	0,0071	0,10	79,57	0,433	29,36	0,40	0,233

Tabella 6.11 – Portate a tempo di ritorno 100 anni generate dai bacini scolanti in corrispondenza della rampa A (tratto Nord).

Denominazione Tratto	Denominazione bacino	Superficie (km ²)	Tc assunto (ore)	a100 (mm/h ⁿ)	n100 (-)	H (mm)	C (-)	Q Tr 100 anni (m3/s)
Centro direzionale	km 0+040 - 0+000	0,0011	0,09	79,57	0,433	27,59	0,40	0,040
Centro direzionale	km 0+325 - rampa 3	0,0105	0,12	79,57	0,433	31,61	0,30	0,233
Centro direzionale	sez. 3.rot2 – 6.rampa1	0,0213	0,14	79,57	0,433	33,83	0,30	0,432
Centro direzionale	v.E.Cosenz – 3.in_rot1	0,0498	0,26	79,57	0,433	44,28	0,30	0,712
Centro direzionale	sez. 3.in_rot1 – 5.rot1	0,0135	0,11	79,57	0,433	31,00	0,30	0,308
Centro direzionale	sez. 17.rampa1 – 6.rampa1	0,0248	0,17	79,57	0,433	36,50	0,30	0,456

Tabella 6.12 – Portate a tempo di ritorno 100 anni generate dai bacini scolanti individuati in corrispondenza del Centro Direzionale.

Denominazione Tratto	Denominazione bacino	Superficie (km ²)	Tc assunto (ore)	a100 (mm/h ⁿ)	n100 (-)	H (mm)	C (-)	Q Tr 100 anni (m3/s)
Rampa B	km 0+870 - 0+930	0,0286	0,22	79,57	0,433	41,63	0,40	0,590
Rampa M	km 0+870 - 0+900	0,0079	0,17	79,57	0,433	36,53	0,40	0,193
Rampa B	km 0+900 - 0+935	0,0066	0,15	79,57	0,433	34,97	0,30	0,128
Rampa B	km 0+970 - 0+935	0,0065	0,16	79,57	0,433	36,17	0,30	0,121
Rampa M	km 0+970 - 1+000	0,0017	0,09	79,57	0,433	28,62	0,40	0,058
Rampa M	km 0+430 - 1+000	0,0018	0,09	79,57	0,433	28,58	0,40	0,061
Rampa M	Residuo	0,0007	0,09	79,57	0,433	28,59	0,40	0,024
Rampa M	km 0+430 - 0+375	0,0011	0,09	79,57	0,433	27,45	0,40	0,038
Rampa M	km 0+300 - 0+355	0,0023	0,09	79,57	0,433	28,24	0,40	0,080

Tabella 6.13 – Portate a tempo di ritorno 100 anni generate dai bacini scolanti individuati in corrispondenza delle rampe M e B (tratto Intermedio).

Denominazione Tratto	Denominazione bacino	Superficie (km ²)	Tc assunto (ore)	a100 (mm/h ⁿ)	n100 (-)	H (mm)	C (-)	Q Tr 100 anni (m3/s)
Rampa D	km 1+300 - 1+500	0,0143	0,16	79,57	0,433	36,47	0,40	0,352
Rampa D	km 1+600 - 2+000 monte tombino	0,0456	0,47	79,57	0,433	57,53	0,35	0,539
Rampa D e T	km 2+000 - 2+300 valle tombino	0,0175	0,19	79,57	0,433	39,05	0,35	0,343

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE METODOLOGICA		<i>Codice documento</i> CS0763_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Denominazione Tratto	Denominazione bacino	Superficie (km ²)	Tc assunto (ore)	a100 (mm/h ⁿ)	n100 (-)	H (mm)	C (-)	Q Tr 100 anni (m3/s)
Rampa T	km 2+500 - 2+600	0,0009	0,09	79,57	0,433	27,85	0,40	0,032
Rampa T	km 2+600	0,0003	0,08	79,57	0,433	27,16	0,40	0,009
Rampa T	km 2+600 - 2+800	0,0106	0,18	79,57	0,433	38,11	0,40	0,247
Rampa T	km 2+900	0,0375	0,23	79,57	0,433	42,30	0,40	0,758

Tabella 6.14 – Portate a tempo di ritorno 100 anni generate dai bacini scolanti individuati in corrispondenza delle rampe D e T (tratto Sud).

6.2 Analisi idraulica

I calcoli idraulici eseguiti hanno avuto come obiettivo il dimensionamento e la verifica dei fossi di guardia rivestiti in progetto e delle strutture di attraversamento autostradale (tombini circolari) atte a recapitare nei ricettori naturali le portate centennali determinate al paragrafo precedente.

La schematizzazione adottata nelle verifiche idrauliche è quella di moto uniforme utilizzando la formulazione di Chezy descritta nel paragrafo 3.2; tale metodologia ha permesso, nota la geometria trasversale del fosso di guardia in progetto, la sua pendenza longitudinale minima e la resistenza distribuita al moto, di calcolare il tirante generato dal transito della portata di progetto (Tr100 anni) ed il riempimento della sezione incisa. Il fosso di guardia si considera adeguato idraulicamente quando il suo riempimento (calcolato rispetto all'altezza della sezione incisa) si mantiene inferiore od uguale al 70%.

I fossi previsti dal presente progetto si riconducono a 2 tipologie a sezione trapezia rivestita in cls e presentano le seguenti dimensioni:

- larghezza di base pari a 0.50 m, altezza di 0.50 m, larghezza in sommità di 1.50 m e sponde inclinate secondo pendenza 1 su 1;
- larghezza di base pari a 0.80 m, altezza di 0.80 m, larghezza in sommità di 2,40 m e sponde inclinate secondo pendenza 1 su 1.

Nei calcoli idraulici si è assunta una scabrezza pari a $60 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$.

Si è inoltre verificata l'adeguatezza idraulica dei tombini circolari in cls (diametri 800 mm) di attraversamento autostradale e/o recapito nei ricettori naturali previsti dal progetto: La verifica è

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE METODOLOGICA		<i>Codice documento</i> CS0763_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

stata eseguita sempre in moto uniforme utilizzando la formulazione di Chezy, assumendo una scabrezza pari a $60 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$ e pendenza di fondo pari a quella minima disponibile.

Come per i fossi di guardia anche per i tombini si è assunto come criterio di adeguatezza idraulica quello corrispondente allo smaltimento della massima portata con uno riempimento della sezione non superiore al 70%.

Come risulta dai dati di verifica di seguito riportati, le canalizzazioni in progetto sono sempre abbondantemente verificate e presentano un grado di riempimento generalmente molto inferiore rispetto al valore assunto come limite di progetto.

Di seguito si descrivono le verifiche idrauliche eseguite per ciascun tratto in esame.

6.2.1 Tratto Nord (rampa A)

Il drenaggio delle acque di versante è affidato a fossi di guardia rivestiti in cls aventi larghezza alla base pari a 0.50 m; data la configurazione morfologica del piano campagna, caratterizzata da un andamento altimetrico variabile, per il dimensionamento si è assunta cautelativamente la pendenza di fondo minima di progetto del fosso.

Nella tabella seguente sono riportati i risultati delle verifiche idrauliche effettuate da cui si evince l'adeguatezza idraulica delle strutture di collettamento previste.

Denominazione bacino	Denominazione fosso	Q Tr 100 anni (m ³ /s)	Q Tr 100 anni TOT (*) (m ³ /s)	Pendenza fosso (m/m)	L base fosso (m)	Tirante (m)	Riempimento (%)	Recapito
km 2+850 - 2+104	km 2+850 - 2+104	0,220	0,220	0,013	0,5	0,19	38,00	Tombino D1500 PK 2+104 T.Zagarella 2
Km 2+078 - 2+104	Km 2+078 - 2+104	0,068	0,068	0,11	0,5	0,05	10,00	Tombino D1500 PK 2+104 T.Zagarella 2
km 2+078 - 2+021	km 2+078 - 2+021	0,061	0,152 (*)	0,38	0,5	0,06	12,00	Tombino 2x2 PK 2+027 F.Contrada Pirgo
km 1+958 - 2+021	km 1+958 - 2+021	0,060	0,092 (*)	0,22	0,5	0,06	12,00	Tombino 2x2 PK 2+027 F.Contrada Pirgo
km 1+958 - 1+863	km 1+958 - 1+863	0,198	0,232 (*)	0,24	0,5	0,09	18,00	Tombino 2x2 PK 1+863 F.Contrada Pirgo
km 1+830 - 1+863	km 1+830 - 1+863	0,056	0,056	0,18	0,5	0,04	8,00	Tombino 2x2 PK 1+863

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
		RELAZIONE METODOLOGICA		<i>Codice documento</i> CS0763_F0

Denominazione bacino	Denominazione fosso	Q Tr 100 anni (m3/s)	Q Tr 100 anni TOT (*) (m3/s)	Pendenza fosso (m/m)	L base fosso (m)	Tirante (m)	Riempimento (%)	Recapito
								F.Contrada Pirgo
km 1+830 - 1+805	km 1+830 - 1+805	0,052	0,052	0,17	0,5	0,04	8,00	Tombino D1500 PK 1+805 F.Contrada Pirgo
km 1+755 - 1+805	km 1+755 - 1+805	0,043	0,043	0,02	0,5	0,07	14,00	Tombino D1500 PK 1+805 F.Contrada Pirgo
km 1+755 - 1+729	km 1+755 - 1+729	0,115	0,115	0,21	0,5	0,06	12,00	Tombino 4x4 PK 1+729 T.Polistena
km 1+580 - 1+729	km 1+580 - 1+729	0,233	0,323 (*)	0,19	0,5	0,11	22,00	Tombino 4x4 PK 1+729 T.Polistena

(*): la portata Q Tr100 anni TOT tiene conto di eventuali contributi di portata nelle canalizzazioni per le acque esterne provenienti dai fossi al piede dei rilevati.

Tabella 6.15 – Verifica idraulica per tempo di ritorno 100 anni dei fossi di guardia a protezione della rampa A (tratto Nord).

Tutti i tombini indicati come recapito sono stati verificati e/o dimensionati per una portata corrispondente a un tempo di ritorno di 200 anni e per un bacino idrografico già comprensivo della quota parte di bacino di competenza dei singoli fossi di guardia considerati (cfr. relazione idraulica e descrittiva dei tombini).

6.2.2 Centro Direzionale

Il drenaggio delle acque di versante è affidato a fossi di guardia rivestiti in cls aventi larghezza alla base pari a 0.50 m e, in testa alle paratie dell'asse 1, a canalette in cls di dimensioni B x H di 0.80 x 0.80 m; data la configurazione morfologica del piano campagna, caratterizzata da un andamento altimetrico variabile, per il dimensionamento si è assunta cautelativamente la pendenza di fondo minima di progetto del fosso.

Nella tabella seguente sono riportati i risultati delle verifiche idrauliche effettuate da cui si evince l'adeguatezza idraulica delle strutture di collettamento previste.

Denominazione bacino	Denominazione fosso	Q Tr 100 anni (m3/s)	Q Tr 100 anni TOT (*) (m3/s)	Pendenza fosso (m/m)	L base fosso (m)	Tirante (m)	Riempimento (%)	Recapito
km 0+040 - 0+000	km 0+040 - 0+000	0,040	0,065 (*)	0,18	0,5	0,05	10,00	Tubaz. piattaforma

Denominazione bacino	Denominazione fosso	Q Tr 100 anni (m3/s)	Q Tr 100 anni TOT (*) (m3/s)	Pendenza fosso (m/m)	L base fosso (m)	Tirante (m)	Riempimento (%)	Recapito
								D1600 rampa 3
km 0+325 - rampa 3	km 0+325 - rampa 3	0,233	0,233	0,08	0,5	0,12	24,00	Tubaz. piattaforma D1400 PK 0+000
sez. 3.rot2 – 6.rampa1	sez. 3.rot2 – 6.rampa1 / 1	0,432	0,432	0,04	0,8	0,15	18,75	Tubaz. piattaforma D600 sez. 2.rampa1
	sez. 3.rot2 – 6.rampa1 / 2			0,06	0,8	0,15	18,75	
v.E.Cosenz – 3.in_rot1	v.E.Cosenz – 3.in_rot1 / 1	0,712	0,712	0,03	0,5	0,29	57,00	Tubaz. piattaforma D1000 sez. 24.rampa1
	v.E.Cosenz – 3.in_rot1 / 2			0,07	0,5	0,23	45,00	
	v.E.Cosenz – 3.in_rot1 / 3			0,07	0,8	0,21	26,25	
	v.E.Cosenz – 3.in_rot1 / 4			0,06	0,8	0,22	27,50	
sez. 3.in_rot1 – 5.rot1	sez. 3.in_rot1 – 5.rot1	0,308	0,308	0,07	0,8	0,12	15,00	Tombino D1000 PK 0+030 Tubaz. piattaforma D600 PK 0+030
sez. 17.rampa1 – 6.rampa1	sez. 17.rampa1 – 6.rampa1 / 1	0,456	0,456	0,10	0,8	0,14	17,50	Tubaz. Piattaforma D600 sez. 11.rampa1
	sez. 17.rampa1 – 6.rampa1 / 2			0,17	0,8	0,12	14,40	Tubaz. Piattaforma D600 sez. 8.rampa1
	sez. 17.rampa1 – 6.rampa1 / 3			0,10	0,8	0,14	17,50	

(*): la portata Q Tr100 anni TOT tiene conto di eventuali contributi di portata nelle canalizzazioni per le acque esterne provenienti dai fossi al piede dei rilevati.

Tabella 6.16 – Verifica idraulica per tempo di ritorno 100 anni dei fossi di guardia a protezione del Centro Direzionale.

Tali fossi di guardia, in assenza di recapiti naturali adeguati, scaricano nelle seguenti condotte di drenaggio delle acque di piattaforma:

- DN1600 mm rampa3;
- DN1400 mm a pk 0+000;
- DN600 mm a sez. 2.rampa1;
- DN1000 mm a sez. 24.rampa1;
- DN600 mm a pk 0+030;
- DN600 mm a sez. 11.rampa1;

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
		RELAZIONE METODOLOGICA	<i>Codice documento</i> CS0763_F0	<i>Rev</i> F0

- DN600 mm a sez. 8.rampa1.

Si riportano qui di seguito le condizioni di verifica calcolate per i manufatti di attraversamento in progetto:

- tombino circolare DN1000 mm in cls (rampa G, PK 0+030), caratterizzato da una lunghezza di 21.80 m e una pendenza minima del 1,1%, all'interno del quale convergono i contributi di portata del bacino sez. 3.in_rot1 – 5.rot1 (0.308 m³/s);
- tombino circolare DN600 mm in cls (pista di accesso al piazzale in cui si collocano i blocchi di ancoraggio), caratterizzato da una lunghezza di 7.30 m e una pendenza minima del 2%, all'interno del quale convergono i contributi di portata del bacino v.E.Cosenz – 3.in_rot1 (fosso 1) (0.712 m³/s).

Il deflusso nelle condotte in progetto genera i seguenti tiranti e gradi di riempimento:

Denominazione condotta	Diametro (mm)	Q Tr 100 anni (m ³ /s)	Pendenza (m/m)	Tirante (m)	Riempimento (%)
Rampa G	1000	0,308	0,011	0,28	28,00
Pista accesso area ancoraggi	600	0,712	0,02	0,36	36,00

Tabella 6.17 – Verifica idraulica per tempo di ritorno 100 anni delle condotte a servizio del Centro Direzionale.

6.2.3 Tratto intermedio (rampe M e B)

Il drenaggio delle acque di versante è affidato a fossi di guardia rivestiti in cls aventi larghezza alla base pari a 0.50 m; data la configurazione morfologica del piano campagna, caratterizzata da un andamento altimetrico variabile, per il dimensionamento si è assunta cautelativamente la pendenza di fondo minima di progetto del fosso.

Nella tabella seguente sono riportati i risultati delle verifiche idrauliche effettuate da cui si evince l'adeguatezza idraulica delle strutture di collettamento previste.

Denominazione bacino	Denominazione fosso	Q Tr 100 anni (m ³ /s)	Q Tr 100 anni TOT (*) (m ³ /s)	Pendenza fosso (m/m)	L base fosso (m)	Tirante (m)	Riempimento (%)	Recapito
km 0+870 – 0+930	km 0+870 – 0+930/1	0,590	0,590	0,19	0,50	0,16	32,00	Tomb D1000 km 0+870–0+930
	0,08			0,50	0,20	40,00		

Denominazione bacino	Denominazione fosso	Q Tr 100 anni (m ³ /s)	Q Tr 100 anni TOT (*) (m ³ /s)	Pendenza fosso (m/m)	L base fosso (m)	Tirante (m)	Riempimento (%)	Recapito
	km 0+870 – 0+930/3			0,06	0,50	0,22	44,00	Tombino D1000 pk 0+932/1
	km 0+870 – 0+930/4			0,06	0,50	0,22	44,00	Tombino D1000 pk 0+932/2
	km 0+870 – 0+930/6			0,01	0,50	0,35	70,00	T.Campanella
	km 0+870 – 0+930/5			0,03	0,50	0,26	52,00	Tombino D1000 pk 0+932/1 Tombino D1000 pk 0+932/2 T.Campanella
km 0+870 – 0+900	km 0+870 – 0+900	0,193	0,193	0,15	0,50	0,09	18,00	Tombino D800 asse z Tombino D1000 pk 0+932/3 T.Campanella
km 0+900 – 0+935	km 0+900 – 0+935	0,321*	0,321*	0,11	0,50	0,13	26,00	Tombino D1000 pk 0+932/3
km 0+970 – 0+935	km 0+970 – 0+935	0,121	0,121	0,14	0,50	0,07	14,00	T.Campanella
-	pk 0+932 - Campanella	1,033**	1,033**	0,09	0,50	0,26	52,00	T.Campanella
km 0+970 - 1+000	km 0+970 - 1+000	0,058	0,058	0,01	0,50	0,10	20,00	Tombino D1000 pk 1+006
km 0+430 - 1+000	km 0+430 - 1+000	0,061	0,061	0,16	0,50	0,05	10,00	T.Campanella
Residuo	Residuo	0,143***	0,143***	0,16	0,50	0,08	16,00	T.Campanella
km 0+430 – 0+375	km 0+430 – 0+375	0,038	0,108(*)	0,41	0,50	0,05	10,00	T.Campanella
km 0+300 – 0+355	km 0+300 – 0+355	0,080	0,080	0,26	0,50	0,05	10,00	T.Campanella

(*): la portata Q Tr100 anni TOT tiene conto di eventuali contributi di portata nelle canalizzazioni per le acque esterne provenienti dai fossi al piede dei rilevati.

*: fosso verificato per una portata somma del bacino specifico e del bacino di monte km 0+870 – 0+900.

** : fosso verificato per una portata somma dei bacini di monte km 0+870 – 0+930, km 0+870 – 0+900, km 0+900 – 0+935, km 0+970 – 0+935.

***: fosso verificato per una portata somma del bacino specifico e dei bacini di monte km 0+970 – 1+000, km 0+430 – 1+000.

Tabella 6.18 – Verifica idraulica per tempo di ritorno 100 anni dei fossi di guardia a protezione delle rampe M e B (tratto Intermedio).

Si riportano qui di seguito le condizioni di verifica calcolate per i manufatti di attraversamento in progetto:

- tombino circolare DN800 mm in cls (asse z), caratterizzato da una lunghezza di 4.00 m e una pendenza minima del 1,2%, all'interno del quale convergono i contributi di portata del bacino km 0+870 – 0+900 (0.193 m³/s);
- tombino circolare DN1000 mm in cls (km 0+870 – 0+930), caratterizzato da una lunghezza di 82.80 m e una pendenza minima del 0,53%, all'interno del quale convergono i contributi di

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE METODOLOGICA		<i>Codice documento</i> CS0763_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

- portata del bacino km 0+870 – 0+930 (0.59 m³/s);
- tombino circolare DN1000 mm in cls (pk 0+932/1), caratterizzato da una lunghezza di 6.40 m e una pendenza minima del 1,4%, all'interno del quale convergono i contributi di portata del bacino km 0+870 – 0+930 (0.59 m³/s);
 - tombino circolare DN1000 mm in cls (pk 0+932/2), caratterizzato da una lunghezza di 26.10 m e una pendenza minima del 1,0%, all'interno del quale convergono i contributi di portata dei bacini km 0+870 – 0+930 (0.59 m³/s), km 0+870 – 0+900 (0.19 m³/s), km 0+900 – 0+935 (0.13 m³/s), km 0+970 – 0+935 (0.12 m³/s), complessivamente pari a 1,033 m³/s;
 - tombino circolare DN1000 mm in cls (pk 0+932/3), caratterizzato da una lunghezza di 34.80 m e una pendenza minima del 2,7%, all'interno del quale convergono i contributi di portata dei bacini km 0+870 – 0+900 (0.19 m³/s), km 0+900 – 0+935 (0.13 m³/s), km 0+970 – 0+935 (0.12 m³/s), complessivamente pari a 0.443 m³/s;
 - tombino circolare DN1000 mm in cls (pk 1+006), caratterizzato da una lunghezza di 22.30 m e una pendenza minima del 18,6%, all'interno del quale convergono i contributi di portata dei bacini km 0+970 – 1+000 (0.06 m³/s), km 0+430 – 1+000 (0.06 m³/s), complessivamente pari a 0.12 m³/s.

Il deflusso nelle condotte in progetto genera i seguenti tiranti e gradi di riempimento:

Denominazione condotta	Diametro (mm)	Q Tr 100 anni (m ³ /s)	Pendenza (m/m)	Tirante (m)	Riempimento (%)
Asse Z	800	0,193	0,0125	0,22	28,00
km 0+870 – 0+930	1000	0,59	0,0053	0,46	46,00
pk 0+932/1	1000	0,59	0,014	0,36	36,00
pk 0+932/2	1000	1,033	0,01	0,54	54,00
pk 0+932/3	1000	0,443	0,027	0,26	26,00
pk 1+006	1000	0,119	0,186	0,12	12,00

Tabella 6.19 – Verifica idraulica per tempo di ritorno 100 anni delle condotte a servizio delle rampe M e B (tratto Intermedio).

6.2.4 Tratto Sud (rampe D e T)

Il drenaggio delle acque di versante è affidato a fossi di guardia rivestiti in cls aventi larghezza alla base pari a 0.50 m; anche in questo caso, data la configurazione morfologica del piano campagna, caratterizzata da un andamento altimetrico variabile, per il dimensionamento si è assunta cautelativamente la pendenza di fondo minima di progetto del fosso.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
		RELAZIONE METODOLOGICA		<i>Codice documento</i> CS0763_F0

Nella tabella seguente sono riportati i risultati delle verifiche idrauliche effettuate da cui si evince l'adeguatezza idraulica delle strutture di collettamento previste.

Denominazione bacino	Denominazione fosso	Q Tr 100 anni (m ³ /s)	Q Tr 100 anni TOT (*) (m ³ /s)	Pendenza fosso (m/m)	L base fosso (m)	Tirante (m)	Riempimento (%)	Recapito
km 1+300 - 1+500	km 1+300 - 1+500	0.352	0.364 (*)	0,18	0,5	0,12	24,00	T.Immacolata
km 1+600 - 2+000 monte tombino	km 1+600 - 2+000 monte tombino/1	0.539	0.539	0,01	0,5	0,33	66,00	Tombino D800 pk 1+780 Tombino D800 pk 2+080 T.Solaro
	km 1+600 - 2+000 monte tombino/2			0,01	0,5	0,33	66,00	Tombino D800 pk 2+080 T.Solaro
km 2+000 - 2+300 valle tombino	km 2+000 - 2+300 valle tombino	0.343	0.439 (*)	0,02	0,5	0,25	50,00	T.Solaro
km 2+500 - 2+600	km 2+500 - 2+600	0.032	0.032	0,34	0,5	0,03	6,00	T.Acciareello
km 2+600	km 2+600	0.009	0.009	0,42	0,5	0,01	2,00	T.Acciareello
km 2+600 - 2+800	km 2+600 - 2+800	0.247	0.302 (*)	0,09	0,5	0,13	26,00	By-pass VPP10 – T.S.Filippo
km 2+900	km 2+900	0.758	0.758	0,11	0,5	0,21	42,00	By-pass VPP10 – T.S.Filippo

(*): la portata Q Tr100 anni TOT tiene conto di eventuali contributi di portata nelle canalizzazioni per le acque esterne provenienti dai fossi al piede dei rilevati.

Tabella 6.20 – Verifica idraulica per tempo di ritorno 100 anni dei fossi di guardia a protezione delle rampe D e T (tratto Sud).

Si riportano qui di seguito le condizioni di verifica calcolate per i manufatti di attraversamento in progetto:

- tombino circolare DN800 mm in cls (sotto SP 6, pk 1+780), caratterizzato da una lunghezza di 37.45 m e una pendenza minima del 2,4%, all'interno del quale convergono i contributi di portata del bacino km 1+600 – 2+000 (0.539 m³/s);
- tombino circolare DN800 mm in cls (sotto viabilità secondaria, pk 2+080), caratterizzato da una lunghezza di 8.00 m e una pendenza minima del 1,2%, all'interno del quale convergono i contributi di portata del bacino km 1+600 – 2+000 (0.539 m³/s).

Il deflusso nelle condotte in progetto genera i seguenti tiranti e gradi di riempimento:

Denominazione condotta	Diametro (mm)	Q Tr 100 anni (m ³ /s)	Pendenza (m/m)	Tirante (m)	Riempimento (%)
pk 1+780	800	0,539	0,024	0,32	40,00

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE METODOLOGICA		<i>Codice documento</i> CS0763_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Denominazione condotta	Diametro (mm)	Q Tr 100 anni (m ³ /s)	Pendenza (m/m)	Tirante (m)	Riempimento (%)
pk 2+080	800	0,539	0,0125	0,38	48,00

Tabella 6.21 – Verifica idraulica per tempo di ritorno 100 anni delle condotte a servizio della rampa D (tratto Sud).

7 Bacino di affinamento e laminazione e manufatti di scarico in progetto

I principi generali considerati nella progettazione della vasca di affinamento e laminazione in località Cannitello sono i seguenti:

- la portata complessiva di scarico dalla vasca di trattamento delle acque di piattaforma, valutata con Tr di 100 anni risulta di 16,584 m³/s;
- la sistemazione dell'area impone un tracciato della canalizzazione che percorre dapprima la strada di accesso al piazzale tecnologico, dov'è ubicata la vasca stessa, attraversa la strada statale Tirrena e si immette nel bacino; a valle, prima dello scarico a mare, esso interferisce con la variante ferroviaria di Cannitello, che dovrà essere attraversata mediante spingitubo, e la strada litoranea;
- il volume del bacino è previsto pari a 1900 m³.
- la verifica del bacino è stata condotta facendo riferimento alle curve di possibilità pluviometrica calcolate per i tempi di ritorno di 5, 10, 30 e 100 anni (cfr. paragrafo **1Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**).

7.1 Descrizione complessiva dell'intervento

A valle della vasca di trattamento delle acque di prima pioggia verrà realizzata una vasca di carico nella quale dovranno convergere i contributi di portata provenienti dal manufatto sopraccitato e dal by-pass di allontanamento delle acque di pioggia successive (complessivamente 16,584 m³/s).

La vasca di carico è prevista di forma rettangolare, con le seguenti caratteristiche dimensionali: larghezza 3,00 m, lunghezza 15,30 m e altezza complessiva circa 9,00 m (quota fondo e scarico 28,00 m s.l.m., sommità vasca 37,00 m s.l.m.).

Lateralmente alla vasca di carico è prevista una tubazione in PEAD corrugato esternamente

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE METODOLOGICA		<i>Codice documento</i> CS0763_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

DN2000 mm di lunghezza complessiva in asse 128,60 m circa, baulettata in c.a. con spessore minimo di 0,30 m, deputata a convogliare la portata complessiva di scarico nel bacino di laminazione. La quota di fondo scorrevole all'imbocco è pari a 28,00 m s.l.m. e lo sbocco nel bacino è previsto a 19,30 m s.l.m..

L'ipotesi di tracciato vasca-bacino percorre la strada di accesso al piazzale e, prima dello sbocco nel bacino, attraversa la strada statale Tirrena Inferiore n. 18.

L'attraversamento delle strade verrà realizzato in scavo e la condotta verrà posizionata in modo tale da non interferire con i sottoservizi (la rete idrica, la rete fognaria e le condotte del gas) esistenti lungo la strada statale. Il ricoprimento minimo della tubazione previsto sotto strada (ciglio di monte) risulta infatti di 1,0 m circa. La quota del piano stradale in corrispondenza dell'attraversamento è attualmente di circa 27,85 m s.l.m.

A monte della SP sarà realizzato un pozzetto di ispezione e disconnessione di dimensioni in pianta di 4,0 x 3,0 m e altezza 3,70 m che prevede una quota di fondo di 24,45 m s.l.m. e un salto di 0,25 m rispetto alle quote di fondo in ingresso e uscita della condotta (24,95 m – 24,70 m s.l.m.).

Lungo il tracciato saranno innestati sulla condotta in PEAD corrugato dei pozzetti di ispezione ad interasse di circa 50 m, costituiti da passi d'uomo per rendere possibili eventuali operazioni di manutenzione e controllo del manufatto.

Circa 11 m a monte dello scarico nel bacino, sarà realizzato un ulteriore pozzetto di disconnessione di dimensioni in pianta di 4,0 x 3,0 m e altezza 4,40 m che prevede una quota di fondo di 19,35 m s.l.m. e un salto di 1,00 m rispetto alle quote di fondo in ingresso e uscita della condotta (20,60 m – 19,60 m s.l.m.).

I pozzetti di disconnessione suddividono la condotta in PEAD corrugato in tre tratte, rispettivamente di 85,0 m e pendenza 3,6%, 33,20 m e pendenza 12,5% e 7,30 m e pendenza 4,1%.

La condotta di scarico, dopo un primo tratto in pressione, funzionerà a pelo libero e nel tratto a minore pendenza (3,6%) la portata di progetto defluirà con un grado di riempimento del 50% circa,

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE METODOLOGICA		<i>Codice documento</i> CS0763_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

ovvero con un tirante idrico di 1,00 m (scabrezza per condotte in esercizio di $90 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$).

Lo scarico nel bacino di affinamento e laminazione avviene a quota 19,30 m s.l.m.. In corrispondenza dell'immissione nel bacino da parte della tubazione DN2000 mm, è prevista la realizzazione di una vasca in gabbioni metallici di dimensioni adeguate per garantire una corretta funzione di dissipazione delle portate idriche di scarico; le dimensioni interne della vasca sono di 14,0 m di larghezza per quasi 13,0 m di lunghezza. A contatto con il fondo del bacino si prevede la posa di un geotessile di peso non inferiore ai 400 g/m^2 con funzioni di separazione, rinforzo e protezione del terreno naturale.

Analogamente, nella sezione terminale del bacino è prevista una vasca, sempre realizzata in gabbioni metallici con geotessile sul fondo, di dimensioni interne 6,00 x 5,44 m per consentire l'imbocco della tubazione in uscita; tale vasca viene alimentata tramite una soglia di sfioro, sempre in gabbioni metallici, rialzata a quota 20,50 m s.l.m. rispetto ai 18,50 m s.l.m. previsti per la sistemazione del fondo bacino. Il rialzo in oggetto è previsto per mantenere un tirante idrico nel bacino di 2,00 m, favorire il trattenimento del materiale fine depositato sul fondo del bacino e salvaguardare la corretta funzionalità della tubazione di scarico.

Considerando una larghezza della soglia di 16,0 m, si verifica che il battente idrico massimo che si instaura sullo stramazzo risulta di 0,80 m circa, raggiungendo pertanto una quota di 21,30 m s.l.m. circa. Tale livello risulta ampiamente contenuto all'interno delle sponde del bacino, fissate a quota 22,50 m s.l.m..

Il bacino di affinamento e laminazione presenterà una forma all'incirca rettangolare, di lunghezza sul fondo 62,00 m circa e larghezza variabile tra i 10,60 e i 12,90 m. La parte intermedia del bacino, realizzata con sponde di pendenza 3/2 verrà rivestita da un geotessile di peso non inferiore ai 400 g/m^2 e da uno strato di 0,4 m circa di ciottoli e pietrame di pezzatura media 20 - 25 cm, fino ad una quota sulle sponde di 19,50 m s.l.m..

Lo scarico del bacino sarà realizzato mediante una tubazione circolare DN 2000 mm in PEAD corrugato, che avrà una quota di fondo scorrevole all'imbocco pari a 18,70 m s.l.m., in modo tale che la sezione interessata dal deflusso risulti quasi interamente al di sotto della quota di massimo invaso del bacino (fissata a 20,50 m s.l.m.).

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE METODOLOGICA		<i>Codice documento</i> CS0763_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

La tubazione sarà baulettata in c.a. con uno spessore di 30 cm e avrà una lunghezza complessiva di 153,60 m e una pendenza minima del 2,0%. Tale condotta sarà frazionata in 3 tratte da 2 pozzetti di ispezione e disconnessione in c.a. (larghezza 3,0 m), caratterizzate rispettivamente dai seguenti valori di lunghezza e pendenza di fondo: 93,00 m con pendenza 3,2%, 45,60 m con pendenza 30,2% e 15,00 m con pendenza 2,0%.

I 2 pozzetti di ispezione e disconnessione in progetto presentano dimensioni in pianta di 4,0 x 3,0 m, quote di fondo di 15,00 m s.l.m. e 1,55 m s.l.m. e individuano dei salti di fondo di 0,25 m rispetto alle quote di ingresso e uscita delle condotte (rispettivamente di 15,50 m s.l.m. – 15,25 m s.l.m. e di 2,05 m s.l.m. – 1,80 m s.l.m.).

L'ultima tratta di condotta DN2000 mm in PEAD recapita di un altro pozzetto di ispezione in c.a., di dimensioni in pianta di 4,0 x 3,0 m che, in fase realizzativa, sarà predisposto per l'alloggiamento delle apparecchiature di spinta per lo spingitubo al di sotto della linea ferroviaria variante di Cannitello. Il pozzetto di testa avrà un'altezza di 3,7 m e una quota di fondo di 1,25 m s.l.m.

Lungo tutto il tracciato, sia a monte che a valle del bacino, saranno inoltre innestati sulla condotta in PEAD corrugato dei pozzetti di ispezione ad interasse di circa 50 m, costituiti da passi d'uomo per rendere possibili eventuali operazioni di manutenzione e controllo del manufatto.

A valle del pozzetto di spinta, si prevede la posa mediante spingitubo di uno scatolare in c.a. di dimensioni B x H di 2,50 x 1,75 m per una lunghezza di circa 34,0 m e la prosecuzione dello stesso manufatto, con realizzazione in opera, fino allo sbocco a mare oltre la strada litoranea "lungomare Fata Morgana", per una lunghezza di 20,70 m e una pendenza del 2,0%.

Lo sbocco a mare è previsto a una quota di 0,40 m s.l.m. per evitare/limitare l'ingresso di sedimenti da parte delle mareggiate.

La tubazione DN2000 in PEAD corrugato risulta verificata dal punto di vista idraulico e il valore di portata con Tr 100 anni di 16,6 m³/s circa defluisce all'interno della condotta nel tratto a minor pendenza (2,0%) con un grado di riempimento del 60% circa, ovvero con un tirante idrico di 1,20 m (scabrezza per condotte in esercizio di 90 m^{1/3}/s).

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE METODOLOGICA		<i>Codice documento</i> CS0763_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

La stessa portata di progetto defluisce nello scatolare in c.a. di dimensioni B x H di 2,50 x 1,75 m e pendenza del 2,0% con un grado di riempimento del 59,4% circa, ovvero con un tirante idrico di 1,04 m (scabrezza per manufatti in c.a. in esercizio di $67 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$).

Nei calcoli si è ipotizzato che tutta la portata massima in ingresso al bacino debba essere scaricata a mare, trascurando cautelativamente l'effetto laminazione.

L'attraversamento della strada litoranea da parte dello scatolare in c.a. sopraccitato è previsto in sovrappasso rispetto alle condotte fognarie esistenti. I sottoservizi più superficiali verranno deviati. Il piano stradale risulta infatti in questo tratto a quota 3,26 m s.l.m. e il ricoprimento al di sopra dello scatolare in progetto risulta di 0,68 m.

7.2 Verifica del bacino di affinamento e laminazione

La legge di Stokes permette di calcolare la velocità di sedimentazione mediante la seguente:

$$v_s = \frac{(\rho_s - \rho_l) \cdot g \cdot D^2}{18 \cdot \mu}$$

dove :

ρ_s : densità della particella

ρ_l : densità dell' acqua

D : diametro della particella

μ : viscosità cinematica dell' acqua

L'obiettivo che si intende perseguire con la realizzazione del bacino è quello di garantire un affinamento del trattamento delle acque di piattaforma a valle della vasca deputata a tale funzione, prima dello scarico a mare; tale obiettivo risulta particolarmente importante per le acque di seconda pioggia che by-passano la vasca stessa.

Il tempo di permanenza è pari al volume del bacino (circa 1900 m^3) riferito alla portata media oraria in ingresso $t_p = V/Q_{in}$ e la velocità di sedimentazione v_s viene calcolata considerando il caso più gravoso in cui la particella è posta sul pelo libero in corrispondenza dell'altezza massima (2,00 m) $v_s = h/t_p$.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE METODOLOGICA		<i>Codice documento</i> CS0763_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Ponendo come obiettivo la separazione delle particelle con diametro $d \leq 0,2$ mm si è quindi verificato che il carico idraulico superficiale $C_{is} = Q_{in}/S$, sia inferiore alla velocità di sedimentazione con Q_{in} valutata con Tr 100, 30, 10 e 5 anni. Per una superficie di quasi 1200 m² si ottengono i seguenti valori:

Tempo di ritorno	Portata in ingresso	Tempo di permanenza	Velocità di sedimentazione	Carico idraulico superficiale	D particella sedimentabile
anni	m ³ /s	s	m/s	m/s	mm
100	16,60	114	0,0175	0,014	>0,2
30	13,95	136	0,015	0,012	0,2
10	10,88	175	0,011	0,009	0,19
5	8,90	213	0,0094	0,0074	0,17

Tabella 7.1 – Velocità di sedimentazione nel bacino di laminazione.

Tale condizione assicura tempi di permanenza superiori al tempo di sedimentazione delle particelle per eventi con tempi di ritorno inferiori ai 30 anni.

D particella (mm)	Vs (m/s)	Ts (s)
0,1	0,00273	257
0,11	0,00330	212
0,12	0,00392	178
0,13	0,00461	152
0,14	0,00534	131
0,15	0,00613	114
0,16	0,00698	100
0,17	0,00788	89
0,18	0,00883	79
0,19	0,00984	71
0,2	0,01090	64

Tabella 7.2 – Velocità e tempi di sedimentazione in funzione del diametro delle particelle (h=1 m).