



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</p> <p>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 SICILIA</p> <p><i>Tipo di sistema</i> STUDI DI BASE</p> <p><i>Raggruppamento di opere/attività</i> CARATTERIZZAZIONE IDROLOGICA E SCHEMA DELLA RETE IDRICA</p> <p><i>Opera - tratto d'opera - parte d'opera</i> GENERALE</p> <p><i>Titolo del documento</i> RELAZIONE IDRAULICA</p>	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;">SB0002_F0</div>
---	--



CODICE	C	G	0	7	0	0	P	R	I	D	S	S	B	C	7	G	0	0	0	0	0	0	0	1	F0
--------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----

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



		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE IDRAULICA		<i>Codice documento</i> SB0002_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

INDICE

INDICE.....	1
Premessa.....	4
1 Metodologie di analisi di calcolo adottate	6
1.1 Analisi idraulica per i corsi d'acqua principali.....	6
1.1.1 Esecuzione delle indagini topografiche di rilievo.....	6
1.1.2 Costruzione del modello idrodinamico di simulazione	7
1.1.2.1 Schematizzazione modellistica delle strutture di attraversamento e delle opere idrauliche di controllo del fondo alveo.....	8
1.1.3 Portate di riferimento e valutazione dei fenomeni di trasporto solido.....	9
1.1.4 Condizioni al contorno introdotte nel modello	10
1.1.5 Resistenze distribuite (scabrezza)	11
1.1.6 Rappresentazione dei risultati.....	12
1.2 Analisi di compatibilità idraulica	13
1.2.1 Moto uniforme	15
1.2.2 Metodo sperimentale messo a punto dall' "U.S. Geological Survey	16
1.2.3 Resistenze distribuite	17
2 Calcolo del trasporto solido nel caso di sviluppo di colate detritiche.....	18
2.1 Caratteristiche delle colate detritiche	18
2.2 Approccio al problema del trasporto solido nel contesto specifico.....	19
2.3 Calcolo della capacità di trasporto solido in caso di sviluppo delle colate detritiche.....	22
2.4 Valutazione della magnitudo della colata detritica	23
2.4.1 Kronfellner-Kraus	24
2.4.2 Van Dine (1985)	24
2.4.3 Hampel (1977)	25
2.4.4 Takey (1984)	25
3 Analisi idraulica corsi d'acqua principali	25
3.1 Fiumara Guardia	25
3.1.1 Schematizzazione del modello numerico.....	25
3.1.2 Condizioni al contorno.....	26
3.1.3 Coefficienti di scabrezza	28
3.1.4 Simulazioni eseguite nello stato ante operam (stato attuale).....	28

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE IDRAULICA		<i>Codice documento</i> SB0002_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

3.2	Fiumara Curcuraci.....	31
3.2.1	Schematizzazione del modello numerico	31
3.2.2	Condizioni al contorno.....	33
3.2.3	Coefficienti di scabrezza	35
3.2.4	Simulazioni eseguite nello stato ante operam (stato attuale).....	35
3.3	Fiumara della Pace	44
3.3.1	Schematizzazione del modello numerico	44
3.3.2	Condizioni al contorno.....	46
3.3.3	Coefficienti di scabrezza	47
3.3.4	Simulazioni eseguite nello stato ante operam (stato attuale).....	48
3.4	Fiumara Annunziata	55
3.4.1	Schematizzazione del modello numerico	55
3.4.2	Condizioni al contorno.....	56
3.4.3	Coefficienti di scabrezza	57
3.4.4	Simulazioni eseguite nello stato ante operam (stato attuale).....	58
3.5	Fiumara Annunziata 2 (affluente di sinistra – bacino 12M.2.1).....	63
3.5.1	Schematizzazione del modello numerico	63
3.5.2	Condizioni al contorno.....	64
3.5.3	Coefficienti di scabrezza	65
3.5.4	Simulazioni eseguite nello stato ante operam (stato attuale).....	65
4	Analisi di compatibilità idraulica sui corsi d'acqua principali.....	67
4.1	Fiumara Guardia	67
4.2	Fiumara della Pace	69
4.3	Fiumara Annunziata (monte confluenza Ciccìa)	70
4.4	Fiumara Annunziata (valle confluenza Ciccìa).....	72
4.5	Fiumara Ciccìa (monte confluenza in Annunziata).....	73
4.6	Fiumara Venedda Minissale (manufatto M18)	74
4.7	Fiumara Venedda Vetro	76
5	Calcolo del trasporto solido nel caso di sviluppo di colate detritiche	77
5.1	Curcuraci-Guardia	79
5.2	Pace	79
5.3	Annunziata	80

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE IDRAULICA		<i>Codice documento</i> SB0002_F0.doc	<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 siciliano.

Le attività svolte hanno riguardato le verifiche idrauliche dei tratti di corsi d'acqua interferenti con i futuri raccordi autostradali e ferroviari di accesso al Ponte sullo Stretto nel versante Sicilia; in particolare le verifiche idrauliche hanno riguardato i corsi d'acqua nella configurazione morfologica di stato attuale.

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 Sicilia, 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:

- fiumara Curcuraci/Guardia;
- fiumara della Pace;
- fiumara Annunziata
- fiumara Annunziata 2 (affluente di sinistra).

L'analisi con approccio modellistico descritta ai punti seguenti riguarda, per ciascuno dei corsi d'acqua citato, un tratto d'alveo sufficientemente esteso, a monte e a valle delle opere di attraversamento esistenti e in progetto, per rappresentare correttamente la funzionalità idraulica e le criticità di cui tener conto nella successiva fase di progettazione; un'ulteriore analisi è stata

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE IDRAULICA		<i>Codice documento</i> SB0002_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

svolta su manufatti e/o sezioni presenti a valle dei corsi d'acqua sopracitati, 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.



Per quanto attiene ai corsi d'acqua minori (fiumare Ciccia, Venedda Minissale e Venedda Vetro), si sono eseguite verifiche idrauliche soltanto sui tratti di valle in corrispondenza di 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 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 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.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE IDRAULICA		<i>Codice documento</i> SB0002_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

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 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.

1.1 Analisi idraulica per i corsi d'acqua principali

1.1.1 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 dei futuri collegamenti autostradali con il ponte sullo Stretto di Messina.

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

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE IDRAULICA		<i>Codice documento</i> SB0002_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

- 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;
- 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).

1.1.2 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 di cui si riporta una descrizione di dettaglio nell'allegato 1 al presente documento.

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:

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE IDRAULICA		<i>Codice documento</i> SB0002_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

- 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 invariante 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 ed i relativi manufatti di attraversamento presenti sul corso d'acqua sono stati introdotti all'interno del modello di simulazione per poter rappresentare in modo esaustivo il deflusso lungo l'alveo di piena.

1.1.2.1 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

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE IDRAULICA		<i>Codice documento</i> SB0002_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

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 se a soglia fissa, oppure come luce sottobattente nell’ipotesi di operazioni di regolazione tramite paratoie.

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



1.1.3 Portate di riferimento e valutazione dei fenomeni di trasporto solido

Le simulazioni eseguite per lo stato attuale (ante operam) sono state 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.

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.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE IDRAULICA		<i>Codice documento</i> SB0002_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

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 (la descrizione di dettaglio del modulo NST è riportata in allegato 2).

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.

I valori di portata assunti nelle diverse simulazioni sono indicati, corso d'acqua per corso d'acqua, al successivo capitolo 3.

1.1.4 Condizioni al contorno introdotte nel modello

Le condizioni al contorno assunte per l'esecuzione delle simulazioni idrodinamiche e di valutazione del trasporto solido 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;

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE IDRAULICA		<i>Codice documento</i> SB0002_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

- condizione morfologica: diametro caratteristico d_{50}^1 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.

1.1.5 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;
- 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:

- 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

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

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE IDRAULICA		<i>Codice documento</i> SB0002_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

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.

1.1.6 Rappresentazione dei risultati

I risultati delle simulazioni eseguite sono rappresentati sui seguenti elaborati:



- a) nella presente Relazione idraulica per quanto riguarda tutti i dati tabellari relativi ai diversi tempi di ritorno considerati;
- b) sui profili di rigurgito in scala 1:1000/1:200;
- c) sulle sezioni trasversali ante operam in scala 1:200;
- d) sulla planimetria aree di esondazione ante operam in scala 1:2000.

In Relazione si forniscono, per ciascun corso d'acqua, tutti i dati di carattere idraulico per le diverse condizioni di piena considerate (Tr=2, 5, 10, 30, 100, 200 anni), oltre alla tabella di calcolo della capacità di trasporto solido per la determinazione dell'incremento della portata liquida da considerare per la piena duecentennale di riferimento.

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, 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.

Si è ritenuto di limitare la rappresentazione grafica ai casi sopracitati per esigenze di leggibilità delle informazioni dovute alla scala di restituzione.

Sulla tavola di sezioni trasversali si sono riportate le indicazioni numeriche e grafiche, dei livelli di piena per Tr 2, 30 e 200 anni e la linea dei carichi totali per Tr 200 anni. L'informazione relativa ai dati idraulici riguardanti tutti i tempi di ritorno delle piene di riferimento considerate è stata riportata in forma tabellare ai margini della tavola e non sulle singole sezioni per esigenze di leggibilità della carta.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE IDRAULICA		<i>Codice documento</i> SB0002_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

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

- limiti di esondazione per le piene Tr 2, 30, 200 anni;
- linea involuppo delle proiezioni dei carichi totali per Tr 200 anni;
- l'asse dell'alveo inciso;
- l'indicazione sulle sezioni della progressiva di origine.

1.2 Analisi di compatibilità idraulica



La vulnerabilità ed il rischio idraulico di esondazione nei tratti terminali dei corsi d'acqua principali e minori, sono stati valutati stimando le portate limite in grado di defluire attraverso i manufatti di attraversamento delle infrastrutture presenti.

Nel corso dei sopralluoghi eseguiti si sono individuati una serie di nodi idraulici significativi, rappresentativi di quella che potrebbe essere definita la portata compatibile con le attuali caratteristiche del corso d'acqua.

Per ciascuno in prima analisi è stata valutata la capacità di smaltimento dell'opera nell'assetto idraulico-morfologico attuale dell'alveo, senza mettere in conto ulteriori fattori limitanti del deflusso.

Date le caratteristiche geometriche, di scabrezza e pendenza di fondo degli alvei in esame, che inducono nella maggior parte dei casi correnti veloci con elevati termini cinetici in corrispondenza delle opere di attraversamento, è stata svolta una ulteriore analisi nell'ipotesi, estremamente cautelativa, di svincolare la verifica idraulica dei manufatti di attraversamento dalle condizioni di corrente veloce a monte. E' stata pertanto rappresentata una situazione limite in cui, per l'intervento di fattori accidentali fortemente dissipativi a monte delle opere (quali occlusioni, parziali d'alveo, elevato trasporto solido, esondazioni ecc.) tali da ridurre fortemente l'energia cinetica della corrente, il deflusso attraverso il manufatto sia regolato dal solo livello di monte, imposto alla quota di estradosso dell'opera.

La portata smaltibile in questa condizione (assunta come dato di riferimento) è stata confrontata con quella, nettamente superiore, ottenuta dalla prima condizione di verifica (moto uniforme), determinando il "fattore di sicurezza" attribuibile a questa valutazione di compatibilità idraulica.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE IDRAULICA		<i>Codice documento</i> SB0002_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Per motivi cautelativi non è stata assunta come dato di riferimento la portata smaltibile attraverso il manufatto in condizioni critiche (ipotesi spesso adottata nella verifica di manufatti interessati in condizioni ordinarie da correnti veloci), in quanto ritenuta poco significativa in relazione all'elevata instabilità che questa condizione di deflusso avrebbe in termini reali, dato il forte carico cinetico che caratterizza in partenza le correnti in esame.

In applicazione dei criteri sopra illustrati sono state adottate le seguenti modalità di verifica:



1. per la prima condizione di deflusso la formulazione che schematizza il moto uniforme, secondo l'equazione proposta da Chezy;
2. per il calcolo della portata di riferimento (svincolo idraulico dal carico cinetico di monte), il metodo proposto dall'U.S. Geological Survey.

La formulazione citata al punto 1 è finalizzata a verificare che l'opera di attraversamento presente abbia pendenza e scabrezza tali da consentire lo smaltimento, a pelo libero, della portata che teoricamente può defluire attraverso un tombino non ostruito; tale metodo di calcolo presume un deflusso di tipo ordinario senza tenere conto cioè di possibili anomalie della sezione dell'opera e dell'alveo nel tratto interagente con la stessa.

La formulazione citata al punto 2, molto più cautelativa di quella di moto uniforme, analizza il deflusso attraverso un'opera nell'ipotesi che a monte di essa venga imposto un livello assegnato superiore alla quota di intradosso.

Il giudizio di adeguatezza dell'opera di attraversamento e di rischio idraulico ad essa associato è stato espresso tenendo conto comunque di entrambe le formulazioni citate; in particolare:

- per i manufatti di estensione longitudinale limitata (ponticelli, tombini), l'opera è stata considerata adeguata quando la massima portata per tempo di ritorno assegnato (contenente l'aliquota di trasporto solido associato) si mantiene inferiore a quella determinata con la metodologia dell'U.S.G.S. (che analizza una situazione limite di deflusso caratterizzata da un carico a monte avente quota pari al piano viabile della struttura di attraversamento). Essendo il criterio di verifica sopra descritto molto cautelativo (ma comunque fisicamente possibile relativamente a questa tipologia di attraversamenti) si è inoltre stimato, come sopra indicato, il coefficiente di sicurezza in occasione di eventi di

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE IDRAULICA		<i>Codice documento</i> SB0002_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

piena associato ad un'opera di attraversamento, eseguendo il rapporto tra la massima portata di moto uniforme e quella determinata con l'U.S.G.S;

- per i manufatti costituiti da tombini di notevole estensione (alcune centinaia di metri) si è applicata la sola formula di moto uniforme fino al limite del funzionamento a pelo libero (cioè con livello pari alla quota di intradosso dell'opera), in quanto le condizioni dell'alveo a monte ed a valle di essi sembrano garantire una capacità di deflusso tale da non prevedere parzializzazione della sezione dell'opera. In ogni caso la verifica di adeguatezza dell'opera è stata fatta imponendo un grado di riempimento pari al 70% della sezione corrente.

1.2.1 Moto uniforme

La schematizzazione di calcolo adottata è quella 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].

La massima portata transitabile a pelo libero attraverso l'opera è stata valutata rispetto ad un livello idrico di quota pari a quella dell'intradosso del tombino scatolare o ponticello a soletta piana esistente. Nel caso di ponticelli ad arco la sezione di deflusso è stata ricondotta ad una sezione rettangolare equivalente, avente un'altezza di intradosso pari a 0.9 del valore di quella della chiave dell'arco.

I valori di verifica sono:

- livello idrico coincidente con l'intradosso dell'opera (m),
- massima portata defluente (m^3/s),
- carico totale (m),
- portata corrispondente all'altezza critica (m^3/s).

1.2.2 Metodo sperimentale messo a punto dall' "U.S. Geological Survey"

Il metodo sperimentale messo a punto dall' "U.S. Geological Survey" utilizza dei cartogrammi ottenuti da misure sperimentali che consentono di stimare le portate defluibili a pelo libero attraverso un tombino; essi sono riportati nella Figura 1.

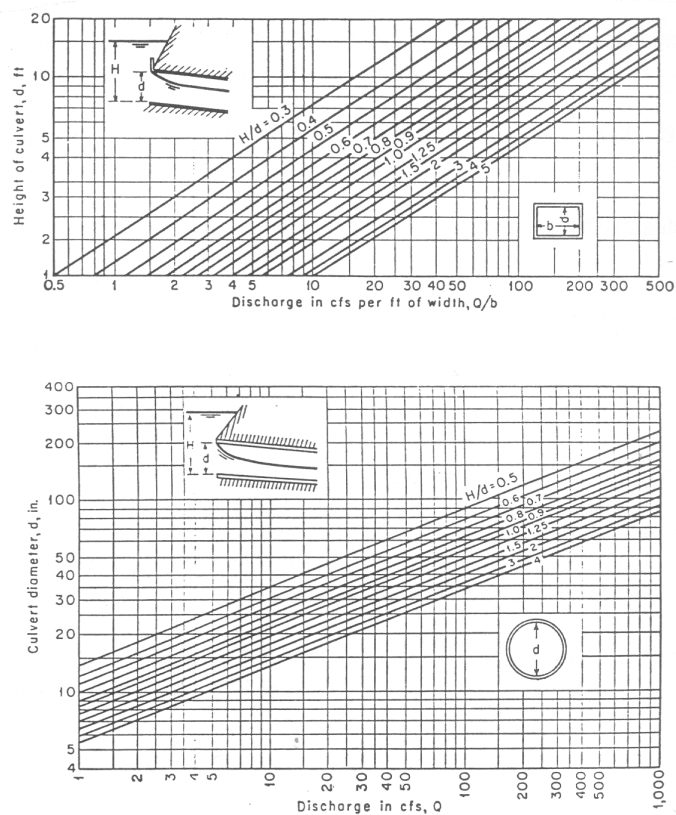




Figura 1 - Cartogrammi per la stima delle portate defluibili a pelo libero attraverso tombini scatolari o circolari con imbocco non raccordato.

Tali grafici, aventi gli assi a scala logaritmica, esprimono il legame tra la portata espressa in *cfs* (piedi cubi al secondo) ed il carico idraulico a monte espresso in *ft* (piedi) in funzione delle dimensioni geometriche di tombini a sezione rettangolare o circolare con imbocco non raccordato, configurazione questa che risulta maggiormente rappresentativa delle situazioni riscontrate nel versante Sicilia.

In particolare esplicitando le espressioni che legano la portata massima al carico totale critico in

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE IDRAULICA		<i>Codice documento</i> SB0002_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

funzione del rapporto H/d si ottiene che :

- per tombini a sezione rettangolare di larghezza alla base b [m] e altezza h1 [m];

$$H/d = 1 \quad Q = 10^{[(1/0,58 \cdot \log h1) + (0,08/0,58)]} \cdot b$$

$$H/d = 1.25 \quad Q = 10^{[(1/0,58 \cdot \log h1) + (0,15/0,58)]} \cdot b$$

$$H/d = 1.5 \quad Q = 10^{[(1/0,58 \cdot \log h1) + (0,20/0,58)]} \cdot b$$

- per tombini a sezione circolare: \varnothing [m] ;

$$\text{se } H/d = 1 \quad Q = 10^{(1/0,41 \cdot \log \varnothing + 0,05/0,41)}$$

$$\text{se } H/d = 1.25 \quad Q = 10^{(2,5 \cdot \log \varnothing + 0,216)}$$

$$\text{se } H/d = 1.5 \quad Q = 10^{(2,5 \cdot \log \varnothing + 0,34)}$$

Quindi note le dimensioni del manufatto e valutato il carico idraulico a monte, attraverso l'utilizzo delle espressioni matematiche esplicitate graficamente nei diagrammi e analiticamente nelle formule sopra riportate, è stato possibile determinare la portata massima che può defluire attraverso un tombino a sezione scatolare o circolare.



La suddetta portata è stata determinata utilizzando i dati di geometria riportati nel documento "raccolta schede monografiche", a corredo del presente progetto ed assumendo le seguenti ipotesi di calcolo:

- imbocco non raccordato (a favore di sicurezza);
- condizioni di manutenzione riscontrate al momento del sopralluogo;
- (H_{monte}) massimo pari alla quota di piano viabile dell'opera di attraversamento.

1.2.3 Resistenze distribuite

La valutazione delle perdite distribuite utilizzate nel calcolo idraulico è stata eseguita sulla base dei seguenti criteri:

- per i manufatti di estensione longitudinale limitata (ponticelli, tombini), si è assunta la scabrezza del tratto di corso d'acqua a cavallo dell'opera in quanto la corrente non risente in modo significativo della variazione di resistenza al moto del materiale (calcestruzzo, muratura ...) che costituisce l'opera stessa;
- per i manufatti costituiti da tombini di notevole estensione (alcune centinaia di metri) si è

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE IDRAULICA		<i>Codice documento</i> SB0002_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

assunto come coefficiente di perdita distribuita quello che rispecchia l'effettivo stato di manutenzione e conservazione dell'opera.

2 Calcolo del trasporto solido nel caso di sviluppo di colate detritiche

2.1 Caratteristiche delle colate detritiche

Le specifiche caratteristiche del territorio attraversato dalle opere in progetto, nonché i periodici eventi alluvionali, tra cui quelli recentemente verificatisi nel territorio del comune di Messina, portano a concludere che, nell'area in esame, oltre alle "normali" esondazioni in cui il fluido è costituito quasi esclusivamente da acqua con una frazione contenuta di solido, possano verificarsi vere e proprie colate detritiche torrentizie². I sopralluoghi in sito hanno permesso di trovare, su alcuni dei corsi d'acqua esaminati, evidenze dello sviluppo di fenomeni di tale natura.



Se le esondazioni seguono leggi e comportamenti simili a quelle delle alluvioni che si verificano nei corsi d'acqua principali, ben diversa è la situazione delle colate detritiche. Queste ultime, infatti, sono fenomeni che presentano tratti intermedi tra frane e alluvioni. Più precisamente "si intende per colata detritica in un alveo torrentizio una corrente dal forte contenuto energetico caratterizzata da una rilevante quantità di materiale solido, distribuito su tutta la profondità della corrente, in un fluido composto da acqua e piccole particelle solide. Esse, quindi, si distinguono dalle correnti con trasporto solido al fondo e dalle correnti iperconcentrate sia per la maggiore quantità di materiale coinvolta nel deflusso sia per le differenti caratteristiche dinamiche"³.

Si tratta quindi di processi in cui l'acqua è mescolata ad una forte percentuale di materiale solido a costituire un fluido con caratteristiche sensibilmente diverse dall'acqua, in termini di viscosità e peso specifico (e quindi anche di capacità di trasporto).

Pertanto il quantitativo di materiale trasportato in proporzione alla portata liquida è nettamente superiore rispetto a quanto avviene negli ordinari eventi alluvionali e l'energia applicata è

² "Debris flow" in inglese e "laves torrentielles" in francese.

³ BIANCO G., RUBERTO G., BROCHOT S., LAIGLE D. "Condivisione di metodi e conoscenze sui processi di lave torrentizie per la difesa dei centri abitati". In "Progetto Interreg II – Italia Francia 1994-1999", Regione Piemonte – Direzione Servizi Tecnici di Prevenzione & Republique Français – Préfecture de Région Rhône-Alpes.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE IDRAULICA		<i>Codice documento</i> SB0002_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

anch'essa, in proporzione, nettamente superiore.

Gli eventi si sviluppano generalmente in due fasi⁴. La prima è caratterizzata dall'innescio improvviso della colata con rapido smaltimento dei detriti lungo il corso d'acqua o il canale di neoformazione, la seconda si esaurisce in alveo con processi di erosione selettiva sul fondo associata a locale deposizione laterale di materiali ghiaioso-sabbiosi anche stratificati.

Le colate detritiche hanno quindi uno sviluppo rapido e improvviso, sono causate da un insieme di fattori anche molto differenti, possono essere studiate solo sulla base delle tracce lasciate e, almeno finora, non nel corso della loro evoluzione. Lo stesso materiale che le compone ha caratteristiche fisiche non facilmente descrivibili e nel complesso l'intero fenomeno ha un elevato grado di caoticità.

Tutte queste caratteristiche rendono quindi, per ora, molto difficile definire un modello matematico in grado di descrivere con precisione questo genere di fenomeni, come invece è stato fatto per gli eventi alluvionali ordinari o per il calcolo di stabilità dei pendii.



La ricerca scientifica è tuttavia riuscita a definire una serie di formule empiriche in grado di prevedere con approssimazione il volume di materiale mobilizzato nel corso degli eventi (magnitudo) e la probabilità che gli stessi si verifichino (pericolosità).

2.2 Approccio al problema del trasporto solido nel contesto specifico

Per affrontare il problema legato al trasporto solido su alvei torrentizi di elevata pendenza occorre innanzitutto considerare che, nelle colate detritiche, il progressivo incremento della percentuale di solido altera gradualmente le caratteristiche del fluido stesso in termini di viscosità e densità. Le colate detritiche possono avere una percentuale di solido pari al 70-90% del volume complessivo del fluido e quindi la portata finale, in casi estremi, può teoricamente essere 8-10 volte quella liquida.

Fino ad una certa frazione di solido l'effetto sulle caratteristiche del liquido è limitato, e l'analisi

⁴ BLAIR T.C. & MCPHERSON J.G. (1994) – "Alluvial fans and their natural distinction from rivers based on morphology, hydraulic processes, sedimentary processes, and facies assemblages". J. Sedimen Research A64 (3), 450-489 in MARAGA F. et alii (1998).

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE IDRAULICA		<i>Codice documento</i> SB0002_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

delle piene può essere sviluppata con modelli idraulici che postulano la presenza di fluidi newtoniani, fatta salva l'accortezza di considerare il limitato incremento delle portate che deriva dalla presenza di una non trascurabile frazione solida. Il codice di calcolo Mike 11, utilizzato nell'ambito del presente lavoro, è uno strumento idoneo ad affrontare questo tipo di problematiche.

Per contro esistono delle metodologie che permettono di calcolare la portata potenziale, solida più liquida, in caso di colate detritiche. Tali sistemi di calcolo presentano, evidentemente, un elevato grado di incertezza, ma per contro consentono, se ben applicati, di definire l'entità del fenomeno.



Il confronto tra i due differenti metodi permette di distinguere le situazioni in cui è sufficiente un approccio "tradizionale", legato sostanzialmente alla verifica dell'officiosità idraulica della sezione di deflusso, da quelle in cui occorre considerare la possibilità di innesco di una colata detritica.

In quest'ultimo caso occorre tenere presente che, dove si ha un significativo cambio di pendenza, si ha un'immediata tendenza alla deposizione di buona parte del materiale mobilizzato nel tratto sovrastante. Questo spiega, da un lato il tipo di evoluzione morfologica delle conoidi, che tendono ad accrescersi regolarmente su tutta la superficie, dall'altro la forte tendenza delle colate ad ostruire l'alveo e quindi a divagare sul corpo della conoide stessa o nel fondovalle alluvionale.

Poiché, tuttavia, in ultima analisi la capacità di trasporto è legata al livello energetico della colata, i sedimenti "precipitano" non istantaneamente, ma progressivamente via via che l'energia stessa viene dissipata. In questo contesto l'accumulo può avvenire in un punto qualsiasi dell'asta ma, preferibilmente, dove sono presenti restringimenti ed ostacoli. Essi possono essere rappresentati da attraversamenti, da curve, da restringimenti della sezione o, anche, da opere di dissipazione (quali briglie o simili) a protezione delle opere di canalizzazione.

Altra importante conseguenza è che non necessariamente un'asta in grado di smaltire l'intera portata liquida e solida è sufficiente a garantire il contenimento dell'onda di piena al suo interno. Per poterlo fare infatti dovrebbe essere anche in grado di accogliere tutto il sedimento che può depositarsi nel corso dell'evento.

Pertanto in tali casi la migliore difesa consiste, ove le condizioni morfologiche lo consentono, nel costituire delle zone di accumulo subito a monte del tratto da difendere, in cui catturare l'eccesso

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE IDRAULICA		<i>Codice documento</i> SB0002_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

di trasporto solido, adeguando le opere poste più a valle al transito delle sole onde di piena di tipo tradizionale.

In conclusione l'approccio adottato nel presente studio è il seguente.

L'identificazione dei tratti a rischio di colata deriva dal confronto tra capacità di trasporto solido calcolata con metodi tradizionali (in particolare, nel caso specifico, con la formulazione di Smart-Jaeggi - cfr. capitoli precedenti) e capacità di trasporto solido calcolata in caso di colata detritica (cfr. paragrafo seguente). Sono stati considerati tratti a rischio di colata i settori di alveo dove la portata complessiva, solido più liquido, calcolata in caso di colata detritica è risultata essere maggiore almeno del 10% rispetto a quella calcolata in caso di eventi alluvionali "tradizionali". Ovviamente le valutazioni del caso sono state effettuate anche alla luce dei risultati dei sopralluoghi, segnalando comunque i tratti in cui eventualmente, al di là dei calcoli, sono state osservate tracce di eventi alluvionali caratterizzati da carichi solidi particolarmente gravosi.

Da ultimo, è stato calcolato il quantitativo di materiale mobilizzato o magnitudo della colata detritica.

Anche sulla base di precedenti esperienze, si è deciso di utilizzare i seguenti metodi, descritti più diffusamente nei paragrafi seguenti:



- Kronfellner-Kraus (1984)⁵;
- Van Dine (1985)⁶ e Marchi modificati;
- Hampel (1977)⁷;
- Takey (1984)⁸.

⁵ KRONFELLNER-KRAUS G. (1984). "Extreme Feststofffrachten und Grabenbildungen von Wildböchen". International Symposium Interpraevent 1984, Villach, Austria, Vol2, 109-118.

⁶ VAN DINE D.F. (1985). "Debris flow and debris torrents in the Southern Canadian Cordillera". Canadian Geotechnical Journal, vol 22, 44-68 in Regione Piemonte, - Settore Prevenzione del Rischio Geologico, Meteorologico e Sismico (1997). "Progetto finalizzato conoidi 1997".

⁷ HAMPEL M.A. (1977). « Geschiebewirtschaft in wilbachen ». Wildbach und Lawinenverbau in Regione Piemonte, - Settore Prevenzione del Rischio Geologico, Meteorologico e Sismico (1997). "Progetto finalizzato conoidi 1997".

⁸ In MARCO F. "Metodologia di valutazione della pericolosità geologica in conoide sulla base di analisi di materiale cartografico, studi di fotointerpretazione e rilievo di terreno". Direzione Servizi Tecnici della Regione Piemonte- Settore Studi e Ricerche Geologiche.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE IDRAULICA		<i>Codice documento</i> SB0002_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

2.3 Calcolo della capacità di trasporto solido in caso di sviluppo delle colate detritiche

Per il calcolo della capacità di trasporto nel caso dello sviluppo di colate detritiche è stata utilizzata la metodologia proposta da Gregoretti C.⁹ che a sua volta riprende il metodo indicato nel rapporto n° 2492 del PWRI (Ministero dei Lavori Pubblici Giapponese) nel quale si propongono le seguenti formule di calcolo per descrivere i debris flow.

Indicato con Q_p ¹⁰ la portata liquida di picco durante il fenomeno e Q_{sp} la corrispondente portata totale (solida e liquida), questa vale:

$$Q_{sp} = \frac{v^*}{v^* - v_T} \cdot Q_p$$

dove:

- v^* = concentrazione volumetrica della fase solida ($v_{solida}/v_{liquida}$ – di norma è posto pari a 0.65);
- v_T corrisponde alla concentrazione volumetrica media della fase solida ed è definita dalla seguente relazione (equazione di Takahashi, 1978):

$$v_T = \frac{\rho \tan\vartheta}{(\rho_s - \rho) \cdot (\tan\Phi - \tan\vartheta)}$$

dove:



- ρ = densità della fase liquida;
- ρ_s = densità della fase solida (che nel nostro caso può essere stimata intorno a 2700 Kg/m³);
- ϑ = pendenza del terreno nel tratto considerato;
- Φ = angolo di attrito statico (di norma pari a 35°-40°).

Quale Q_p di riferimento è stata scelta la portata corrispondente ad un tempo di ritorno 200 anni, valore che nell'ambito del presente studio corrisponde all'evento più gravoso fra quelli simulati. Il calcolo per tempi di ritorno differenti, date le notevoli incertezze del metodo, avrebbe avuto scarso significato. Inoltre le magnitudo, alle quali è stato indispensabile fare riferimento per definire i volumi mobilizzabili, vengono determinate dalle varie formule proposte in letteratura per un evento genericamente catastrofico.

La formula per il calcolo di " v_T " presenta due precisi limiti di applicazione.

⁹ GREGORETTI C. (1998). "Fronte di debris flow. Composizione e celerità". *L'acqua* 1998/6, pp 29-37.

¹⁰ Per la sua determinazione si veda il paragrafo 4.1

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE IDRAULICA		<i>Codice documento</i> SB0002_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Per limiti di carattere fisico¹¹ la frazione solida non può comunque essere superiore al 90% del volume totale e quindi vale la condizione $Q_{sp} < 10Q_p$.

La formula descritta sopra, inoltre, è valida solo per correnti detritiche mature (o pietrose – “stony debris flow”). Tali correnti sono caratterizzate dal fatto di avere il sedimento distribuito sull’intera profondità della corrente; in altre parole a causa della grande concentrazione di sedimenti ($V_T > 0.20$), che consente frequenti contatti fra particelle solide, gli sforzi interni alla corrente stessa originati dagli urti sono in grado di mantenere sospesi fino alla superficie libera anche i clasti di dimensioni maggiori. Takahashi ha individuato delle relazioni in grado di definire il campo di pendenze entro il quale si può verificare una corrente detritica matura. Da un punto di vista pratico si può assumere che tale campo sia compreso tra 12° e 20° ¹².

Al di sopra di 20° di pendenza si ha il collasso del versante non appena i pori sono completamente saturati. Al di sotto la colata assume la forma denominata “corrente detritica immatura” (immature debris flow) in cui il sedimento è concentrato prevalentemente nello strato inferiore della corrente ed è sovrastato da acqua che può contenere qualche clasto in sospensione.

In queste condizioni la concentrazione volumetrica decresce più rapidamente di quanto previsto dalla equazione di Takahashi. Tale concentrazione volumetrica (V_T') può allora essere stimata in base ad una formula empirica proposta dallo stesso Takahashi per cui:

$$V_T' = 6.7 \cdot V_T^2$$

valida purché $V_T' < V_T$. In questi casi ovviamente nel calcolo della portata totale V_T' sostituisce V_T .



Con concentrazioni volumetriche inferiori al 2%, infine, si esce dal campo delle colate.

2.4 Valutazione della magnitudo della colata detritica

Per magnitudo si intende il volume di materiale che si deposita su una conoide nel corso di un

¹¹ GHILARDI P., NATALE L. & SAVI F. (1999). “Il rischio idraulico nelle aree di conoidi”. *Quaderni Regionali di Ricerca N. 34*, Regione Lombardia.

¹² GHILARDI P., NATALE L. & SAVI F. (1999). “Il rischio idraulico nelle aree di conoidi”. *Quaderni Regionali di Ricerca N. 34*, Regione Lombardia.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE IDRAULICA		<i>Codice documento</i> SB0002_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

evento catastrofico (unità di misura m³).

In passato sono state individuate varie relazioni empiriche destinate a definire tale parametro. Di seguito vengono descritte quelle utilizzate nel presente lavoro, frutto di una selezione effettuata su precedenti studi condotti da Hydrodata S.p.A.

2.4.1 Kronfellner-Kraus

Si tratta di una relazione che esprime la magnitudo in funzione della pendenza media dell'asta torrentizia e della superficie del bacino:

$$M = (K_1 \cdot e^{-K_2 \cdot A}) \cdot A \cdot i$$

dove:

A è la superficie in Km² ;

i è la pendenza media dell'asta torrentizia in %;

$(K_1 \cdot e^{-K_2 \cdot A})$ è indicato come fattore di torrenzialità ed è determinato dalle due costanti K1 e K2 dipendenti dall'area morfologica climatica di appartenenza. Gli autori dividono il territorio austriaco, sul quale è incentrato lo studio, in quattro zone omogenee e per ognuna di esse forniscono i valori dei due parametri. Allo scopo di un'applicazione nell'area di studio va precisato che gli stessi autori hanno verificato che i 2/3 degli eventi di piena osservati (333 in tutto) ricadono in un campo intermedio di torrenzialità con $1150 < K1 < 540$ e $0.014 < K2 < 0.008$.



Nel caso specifico il calcolo è stato effettuato attribuendo ai parametri K1 e K2 valori tali da ottenere la magnitudo media.

2.4.2 Van Dine (1985)

La formula di Van Dine propone una relazione diretta tra magnitudo e superficie del bacino:

$$M = 10000A$$

dove A è la superficie del bacino in Km². Una formula simile è stata ripresa da Marchi et alii i quali tuttavia indicano un coefficiente moltiplicativo nettamente superiore, pari a 70000, limitando però il

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE IDRAULICA		<i>Codice documento</i> SB0002_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

campo di applicabilità a bacini di superficie inferiore a 10 Km². Verifiche effettuate in passato portano a considerare come maggiormente rappresentativo un coefficiente A intermedio tra quelli utilizzati dai due autori sopra citati e pari, quindi, a 35000, da applicarsi sui bacini con superficie inferiore a 30 Km². La relazione così individuata è stata denominata “Van Dine modificata”

2.4.3 Hampel (1977)

La magnitudo è definita in funzione della superficie del bacino (A in Km²) e della pendenza in percentuale (Jc) della conoide ovvero:

$$M = 150 \cdot A \cdot (Jc - 3)^{2.3}$$

Laddove non è presente una vera e propria conoide è stata considerata la pendenza del tratto di fondovalle posto subito a valle dell'attraversamento autostradale.

2.4.4 Takey (1984)

Anche in questo caso la magnitudo è espressa in funzione della superficie del bacino (A in Km²):

$$M = 13600 A^{0.61}$$

3 Analisi idraulica corsi d'acqua principali



Nel presente capitolo si illustrano le caratteristiche geometriche, morfologiche ed idrauliche di ciascun corso d'acqua (utili alla caratterizzazione del loro assetto idraulico) ed i risultati idrodinamici ottenuti in ciascuna simulazione per tempo di ritorno assegnato.

3.1 Fiumara Guardia

3.1.1 Schematizzazione del modello numerico

La geometria della fiumara Guardia è stata descritta sulla base del rilievo topografico costituito da 8 sezioni trasversali che rappresentano in modo esaustivo l'alveo di piena del corso d'acqua sia a monte che a valle della confluenza della fiumara Curcuraci (affluente di destra); nel modello sono state introdotte le opere di stabilizzazione esistenti (briglie, soglie), in particolare i 2 salti di fondo localizzati in corrispondenza e a valle della confluenza della fiumara Curcuraci in Guardia.

La sezione di deflusso del corso d'acqua nel tratto a monte della confluenza con il Curcuraci, ha

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE IDRAULICA		<i>Codice documento</i> SB0002_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

una geometria irregolare in quanto non presenta alcuna sistemazione idraulica; a valle del nodo di confluenza, la sezione risulta contenuta tra muri in cls (analogamente a quella della fiumara Curcuraci) con fondo alveo sistemato tramite salti di fondo in c.a.; le opere di contenimento dei livelli di questo ultimo tratto sono state schematizzate nel modello numerico come “limiti di non esondazione”.

Il rilievo eseguito copre un'estensione complessiva di corso d'acqua pari a circa 654 m, il profilo di fondo alveo è caratterizzato da una pendenza media pari al 12%. Di seguito (Tabella 1) si riporta il profilo longitudinale del modello in cui sono rappresentate le sezioni trasversali utilizzate caratterizzandole in termini di progressiva metrica, quota e pendenza di fondo (thalweg) e posizione dei manufatti presenti in alveo. In corrispondenza dei manufatti (briglie, attraversamenti...) la sezione è stata duplicata per esigenze di modellizzazione.

Note	Sezione	Progressiva	Quota fondo alveo	Pendenza fondo alveo
-	-	m	m s.m.	m/m
	GUA-01	0.00	124.74	
	GUA-02	70.13	116.33	0.12
	GUA-03	131.59	107.87	0.14
	GUA-04	219.04	96.30	0.13
		265.78	89.00	0.16
		287.17	85.00	0.19
	GUA-05	333.26	81.43	0.08
		390.92	75.00	0.11
	GUA-06	441.35	68.95	0.12
	GUA-07	511.01	60.63	0.12
		560.35	55.00	0.11
	monte salto	608.15	49.10	0.12
immissione Curcuraci	valle salto	609.15	48.04	1.06
	monte salto	641.67	45.61	0.07
	valle salto	642.67	44.48	1.13
	GUA-08	653.97	43.23	0.11



Tabella 1 – Profilo longitudinale della fiumara Guardia.

Nel corso dei sopralluoghi eseguiti si è inoltre valutata la dimensione del materiale di fondo costituente l'alveo caratterizzata da un d_{50} pari a 25 mm.

3.1.2 Condizioni al contorno

Le condizioni al contorno inserite nel modello di simulazione sono le seguenti:

- portata costante per tempo di ritorno assegnato (cfr. Tabella 2) in entrata nel modello (GUA-01);
- portata concentrata in corrispondenza della confluenza della fiumara Curcuraci alla progressiva

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
		RELAZIONE IDRAULICA	<i>Codice documento</i> SB0002_F0.doc	<i>Rev</i> F0

609.15 m (cfr. Tabella 2);

- altezza critica imposta nella sezione terminale di valle del modello (GUA-08),
- granulometria caratteristica (d_{50}) pari a 25 mm.

	Q2	Q5	Q10	Q30	Q100	Q200
	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s
Fiumara Guardia (monte Curcuraci)	8.10	11.6	13.9	17.3	21.0	23.2
Fiumara Guardia (valle Curcuraci)	24.6	35.5	42.7	53.5	65.1	71.8



Tabella 2 – Portate idrologiche per tempo di ritorno assegnato inserite nel modello.

La portata a tempo di ritorno 200 anni sopra rappresentata non è quella utilizzata nella simulazione di verifica. Infatti come descritto nel paragrafo 1.1.3 relativamente all'approccio metodologico utilizzato, la portata a Tr 200 anni è stata maggiorata della portata solida movimentabile da un evento di pari tempo di ritorno.

Si è eseguita pertanto una prima simulazione idraulica con il valore della portata idrologica, calcolando la massima capacità di trasporto solido movimentabile lungo il corso d'acqua; escludendo i valori ottenuti in corrispondenza delle sezioni estreme (evidenziati in grigio in Tabella 3), si è quindi calcolato il rapporto percentuale, per ogni singolo tratto di modello, tra la portata solida determinata e quella idrologica propagata lungo l'asta. Si è poi mediato rispetto all'intero tratto simulato il rapporto percentuale (pari al 4%) aggiungendolo alla portata idrologica a tempo di ritorno 200 anni.

Note	Sezione	Progressiva	Quota fondo alveo	Portata idrologica Tr200	Capacità trasporto solido	Rapporto portate	Valor medio	Portata Tr200 di verifica
-	-	m	m s.m.	m ³ /s	m ³ /s	%	%	m ³ /s
	GUA-01	0.00	124.74	23.20	0.96	4	4	24.13
	GUA-02	70.13	116.33	23.20	1.21	5		24.13
	GUA-03	131.59	107.87	23.20	1.13	5		24.13
	GUA-04	219.04	96.30	23.20	1.39	6		24.13
		265.78	89.00	23.20	1.79	8		24.13
		287.17	85.00	23.20	0.62	3		24.13
	GUA-05	333.26	81.43	23.20	0.77	3		24.13
		390.92	75.00	23.20	0.95	4		24.13
	GUA-06	441.35	68.95	23.20	1.03	4		24.13
	GUA-07	511.01	60.63	23.20	0.91	4		24.13
		560.35	55.00	23.20	0.92	4		24.13
	monte salto	608.15	49.10	23.20	1.16	5		24.13
immissione Curcuraci	valle salto	609.15	48.04	71.80	1.72	2		74.67
	monte salto	641.67	45.61	71.80	1.77	2		74.67
	valle salto	642.67	44.48	71.80	2.82	4		74.67
	GUA-08	653.97	43.23	71.80	0.36	1		74.67

Tabella 3 – Definizione degli apporti solidi per l'evento a tempo Tr 200 anni lungo l'asta del Guardia.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
		RELAZIONE IDRAULICA	<i>Codice documento</i> SB0002_F0.doc	<i>Rev</i> F0

3.1.3 Coefficienti di scabrezza

Sulla base delle caratteristiche granulometriche, di copertura vegetale e morfologiche dell'asta si è assunta una scabrezza di:

- $20 \text{ m}^{1/3}\text{s}^{-1}$ per l'alveo inciso,
- da 15 a $20 \text{ m}^{1/3}\text{s}^{-1}$ per le aree di piano campagna esterne all'alveo caratterizzate da copertura vegetale di tipo arbustivo o arboreo.

3.1.4 Simulazioni eseguite nello stato ante operam (stato attuale)

Le simulazioni eseguite sulla fiumara Guardia mostrano che il deflusso delle piene avviene in corrente veloce data l'elevata pendenza media di fondo alveo.

Le piene sono contenute all'interno dell'alveo inciso e dalle opere di contenimento dei livelli esistenti (muri spondali).

Nelle tabelle seguenti si riportano i risultati delle simulazioni eseguite per la configurazione geometrica ante operam (stato attuale) riferite ai tempi di ritorno di 2, 5, 10, 30, 100 e 200 anni.

Note	Sezione	Progressiva	Quota fondo alveo	Tirante	Livello idrico	Carico totale	Portata	Velocità	Area deflusso	Larghezza livello idrico	Froude
	-	m	m s.m.	m	m s.m.	m s.m.	m ³ /s	m/s	m ²	m	-
	GUA-01	0.00	124.74	0.44	125.18	125.70	8.10	3.19	2.54	7.49	3.13
	GUA-02	70.13	116.33	0.54	116.87	117.51	8.10	3.55	2.28	6.16	2.71
	GUA-03	131.59	107.87	0.39	108.26	108.64	8.10	2.75	2.95	12.31	4.97
	GUA-04	219.04	96.30	0.57	96.87	97.43	8.10	3.32	2.44	8.65	6.08
		265.78	89.00	0.67	89.67	90.28	8.10	3.46	2.34	8.67	2.12
		287.17	85.00	0.76	85.76	86.11	8.10	2.63	3.08	9.46	3.68
	GUA-05	333.26	81.43	0.61	82.04	82.56	8.10	3.19	2.54	7.30	3.19
		390.92	75.00	0.77	75.77	76.47	8.10	3.72	2.18	5.25	2.30
	GUA-06	441.35	68.95	0.63	69.58	70.43	8.10	4.09	1.98	4.02	3.05
	GUA-07	511.01	60.63	0.39	61.02	61.44	8.10	2.88	2.81	9.50	1.70
		560.35	55.00	0.39	55.39	55.82	8.10	2.90	2.79	10.03	1.88
	monte salto	608.15	49.10	0.70	49.80	49.85	8.10	0.97	8.39	17.66	1.36
immissione Curcuraci	valle salto	609.15	48.04	0.62	48.66	49.27	24.60	3.46	7.11	17.66	1.74
	monte salto	641.67	45.61	0.62	46.23	46.85	24.60	3.47	7.08	17.66	1.79
	valle salto	642.67	44.48	0.59	45.07	45.80	24.60	3.78	6.50	17.66	1.87
	GUA-08	653.97	43.23	0.71	43.94	44.16	24.60	2.10	11.71	19.32	1.00

Tabella 4 – Simulazione a tempo di ritorno 2 anni nella configurazione geometrica di stato attuale.

RELAZIONE IDRAULICA

Codice documento
SB0002_F0.doc

Rev *Data*
F0 20/06/2011

Note	Sezione	Progressiva	Quota fondo alveo	Tirante	Livello idrico	Carico totale	Portata	Velocità	Area deflusso	Larghezza livello idrico	Froude
	-	m	m s.m.	m	m s.m.	m s.m.	m ³ /s	m/s	m ²	m	-
	GUA-01	0.00	124.74	0.53	125.27	125.93	11.60	3.60	3.22	7.93	3.13
	GUA-02	70.13	116.33	0.65	116.98	117.75	11.60	3.88	2.99	7.09	2.71
	GUA-03	131.59	107.87	0.45	108.32	108.82	11.60	3.13	3.71	12.76	4.97
	GUA-04	219.04	96.30	0.64	96.94	97.66	11.60	3.75	3.09	9.11	6.08
		265.78	89.00	0.74	89.74	90.48	11.60	3.80	3.05	9.82	2.17
		287.17	85.00	0.85	85.85	86.28	11.60	2.90	4.00	10.82	3.68
	GUA-05	333.26	81.43	0.70	82.13	82.80	11.60	3.61	3.21	7.67	3.19
		390.92	75.00	0.89	75.89	76.59	11.60	3.72	3.12	7.50	2.30
	GUA-06	441.35	68.95	0.76	69.71	70.76	11.60	4.55	2.55	4.35	3.05
	GUA-07	511.01	60.63	0.46	61.09	61.63	11.60	3.27	3.55	10.21	1.77
		560.35	55.00	0.46	55.46	56.01	11.60	3.29	3.53	10.51	1.88
	monte salto	608.15	49.10	0.82	49.92	49.98	11.60	1.11	10.48	17.66	1.40
immissione Curcuraci	valle salto	609.15	48.04	0.73	48.77	49.58	35.50	3.99	8.89	17.66	1.80
	monte salto	641.67	45.61	0.72	46.33	47.15	35.50	4.01	8.85	17.66	1.81
	valle salto	642.67	44.48	0.69	45.17	46.10	35.50	4.28	8.29	17.66	1.89
	GUA-08	653.97	43.23	0.88	44.11	44.40	35.50	2.37	14.99	19.32	1.00

Tabella 5 – Simulazione a tempo di ritorno 5 anni nella configurazione geometrica di stato attuale.

Note	Sezione	Progressiva	Quota fondo alveo	Tirante	Livello idrico	Carico totale	Portata	Velocità	Area deflusso	Larghezza livello idrico	Froude
	-	m	m s.m.	m	m s.m.	m s.m.	m ³ /s	m/s	m ²	m	-
	GUA-01	0.00	124.74	0.58	125.32	126.06	13.90	3.81	3.65	8.19	3.13
	GUA-02	70.13	116.33	0.71	117.04	117.86	13.90	4.02	3.46	7.73	2.71
	GUA-03	131.59	107.87	0.49	108.36	108.93	13.90	3.34	4.16	13.03	4.97
	GUA-04	219.04	96.30	0.69	96.99	97.80	13.90	3.99	3.48	9.37	6.08
		265.78	89.00	0.78	89.78	90.59	13.90	3.99	3.48	10.50	2.22
		287.17	85.00	0.89	85.89	86.37	13.90	3.06	4.54	11.31	3.68
	GUA-05	333.26	81.43	0.75	82.18	82.94	13.90	3.86	3.60	7.88	3.19
		390.92	75.00	0.97	75.97	76.69	13.90	3.75	3.71	9.12	2.30
	GUA-06	441.35	68.95	0.84	69.79	70.97	13.90	4.81	2.89	4.55	3.05
	GUA-07	511.01	60.63	0.51	61.14	61.76	13.90	3.48	4.00	10.63	1.81
		560.35	55.00	0.50	55.50	56.13	13.90	3.51	3.96	10.64	1.88
	monte salto	608.15	49.10	0.89	49.99	50.06	13.90	1.18	11.75	17.67	1.42
immissione Curcuraci	valle salto	609.15	48.04	0.79	48.83	49.77	42.70	4.29	9.96	17.66	1.82
	monte salto	641.67	45.61	0.78	46.39	47.33	42.70	4.30	9.93	17.66	1.83
	valle salto	642.67	44.48	0.75	45.23	46.28	42.70	4.55	9.39	17.66	1.92
	GUA-08	653.97	43.23	0.98	44.21	44.53	42.70	2.52	16.93	19.32	1.00

Tabella 6 – Simulazione a tempo di ritorno 10 anni nella configurazione geometrica di stato attuale.

Note	Sezione	Progressiva	Quota fondo alveo	Tirante	Livello idrico	Carico totale	Portata	Velocità	Area deflusso	Larghezza livello idrico	Froude
	-	m	m s.m.	m	m s.m.	m s.m.	m ³ /s	m/s	m ²	m	-
	GUA-01	0.00	124.74	0.65	125.39	126.24	17.30	4.08	4.24	8.54	3.13
	GUA-02	70.13	116.33	0.79	117.12	118.02	17.30	4.21	4.11	8.62	2.71
	GUA-03	131.59	107.87	0.54	108.41	109.07	17.30	3.60	4.80	13.39	4.97
	GUA-04	219.04	96.30	0.74	97.04	97.99	17.30	4.33	4.00	9.68	6.08
		265.78	89.00	0.84	89.84	90.77	17.30	4.28	4.04	11.26	2.28



Note	Sezione	Progressiva	Quota fondo alveo	Tirante	Livello idrico	Carico totale	Portata	Velocità	Area deflusso	Larghezza livello idrico	Froude
	-	m	m s.m.	m	m s.m.	m s.m.	m ³ /s	m/s	m ²	m	-
		287.17	85.00	0.96	85.96	86.51	17.30	3.29	5.26	11.98	3.68
	GUA-05	333.26	81.43	0.82	82.25	83.13	17.30	4.15	4.17	8.17	3.19
		390.92	75.00	1.05	76.05	76.82	17.30	3.88	4.46	10.49	2.30
	GUA-06	441.35	68.95	0.95	69.90	71.22	17.30	5.09	3.40	4.91	3.05
	GUA-07	511.01	60.63	0.56	61.19	61.91	17.30	3.75	4.61	10.84	1.84
		560.35	55.00	0.56	55.56	56.30	17.30	3.80	4.55	10.83	1.89
	monte salto	608.15	49.10	0.99	50.09	50.17	17.30	1.28	13.49	17.67	1.45
immissione Curcuraci	valle salto	609.15	48.04	0.87	48.91	50.02	53.50	4.68	11.44	17.66	1.86
	monte salto	641.67	45.61	0.87	46.48	47.61	53.50	4.70	11.38	17.67	1.87
	valle salto	642.67	44.48	0.84	45.32	46.53	53.50	4.87	10.98	17.66	1.97
	GUA-08	653.97	43.23	1.13	44.36	44.73	53.50	2.70	19.83	19.33	1.00

Tabella 7 – Simulazione a tempo di ritorno 30 anni nella configurazione geometrica di stato attuale.

Note	Sezione	Progressiva	Quota fondo alveo	Tirante	Livello idrico	Carico totale	Portata	Velocità	Area deflusso	Larghezza livello idrico	Froude
	-	m	m s.m.	m	m s.m.	m s.m.	m ³ /s	m/s	m ²	m	-
	GUA-01	0.00	124.74	0.72	125.46	126.42	21.00	4.33	4.85	8.88	3.13
	GUA-02	70.13	116.33	0.86	117.19	118.20	21.00	4.46	4.71	9.09	2.71
	GUA-03	131.59	107.87	0.58	108.45	109.20	21.00	3.85	5.46	13.75	4.97
	GUA-04	219.04	96.30	0.79	97.09	98.20	21.00	4.66	4.51	9.87	6.08
		265.78	89.00	0.88	89.88	90.94	21.00	4.57	4.60	11.68	2.32
		287.17	85.00	1.02	86.02	86.65	21.00	3.51	5.99	12.65	3.68
	GUA-05	333.26	81.43	0.89	82.32	83.32	21.00	4.42	4.75	8.45	3.19
		390.92	75.00	1.10	76.10	76.97	21.00	4.13	5.08	11.03	2.30
	GUA-06	441.35	68.95	1.06	70.01	71.47	21.00	5.34	3.93	5.31	3.05
	GUA-07	511.01	60.63	0.62	61.25	62.07	21.00	4.02	5.22	11.02	1.87
		560.35	55.00	0.61	55.61	56.45	21.00	4.07	5.16	11.01	1.92
	monte salto	608.15	49.10	1.09	50.19	50.29	21.00	1.37	15.35	17.67	1.45
immissione Curcuraci	valle salto	609.15	48.04	0.95	48.99	50.28	65.10	5.02	12.96	17.66	1.88
	monte salto	641.67	45.61	0.95	46.56	47.87	65.10	5.07	12.83	17.67	1.90
	valle salto	642.67	44.48	0.93	45.41	46.79	65.10	5.21	12.50	17.66	1.98
	GUA-08	653.97	43.23	1.24	44.47	44.92	65.10	2.97	21.95	19.33	1.00

Tabella 8 – Simulazione a tempo di ritorno 100 anni nella configurazione geometrica di stato attuale.

Note	Sezione	Progressiva	Quota fondo alveo	Tirante	Livello idrico	Carico totale	Portata	Velocità	Area deflusso	Larghezza livello idrico	Froude
	-	m	m s.m.	m	m s.m.	m s.m.	m ³ /s	m/s	m ²	m	-
	GUA-01	0.00	124.74	0.78	125.52	126.56	24.13	4.52	5.34	9.15	3.13
	GUA-02	70.13	116.33	0.91	117.24	118.35	24.13	4.68	5.16	9.30	2.71
	GUA-03	131.59	107.87	0.62	108.49	109.32	24.13	4.04	5.98	14.03	4.97
	GUA-04	219.04	96.30	0.83	97.13	98.36	24.13	4.90	4.92	10.01	6.08
		265.78	89.00	0.92	89.92	91.09	24.13	4.79	5.04	12.02	2.36
		287.17	85.00	1.06	86.06	86.75	24.13	3.67	6.58	13.18	3.68
	GUA-05	333.26	81.43	0.94	82.37	83.46	24.13	4.63	5.21	8.75	3.19
		390.92	75.00	1.15	76.15	77.10	24.13	4.32	5.58	11.45	2.30
	GUA-06	441.35	68.95	1.14	70.09	71.59	24.13	5.42	4.45	5.94	3.05
	GUA-07	511.01	60.63	0.66	61.29	62.20	24.13	4.23	5.71	11.17	1.89

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE IDRAULICA		<i>Codice documento</i> SB0002_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Note	Sezione	Progressiva	Quota fondo alveo	Tirante	Livello idrico	Carico totale	Portata	Velocità	Area deflusso	Larghezza livello idrico	Froude
	-	m	m s.m.	m	m s.m.	m s.m.	m ³ /s	m/s	m ²	m	-
		560.35	55.00	0.66	55.66	56.59	24.13	4.27	5.65	11.16	1.94
	monte salto	608.15	49.10	1.17	50.27	50.38	24.13	1.44	16.74	17.67	1.46
immissione Curcuraci	valle salto	609.15	48.04	1.02	49.06	50.37	74.67	5.07	14.73	17.66	1.90
	monte salto	641.67	45.61	1.01	46.62	48.07	74.67	5.33	14.00	17.67	1.91
	valle salto	642.67	44.48	0.99	45.47	47.02	74.67	5.52	13.52	17.66	2.01
	GUA-08	653.97	43.23	1.28	44.51	45.06	74.67	3.29	22.72	19.33	1.00

Tabella 9 – Simulazione a tempo di ritorno 200 anni nella configurazione geometrica di stato attuale.

3.2 Fiumara Curcuraci

3.2.1 Schematizzazione del modello numerico

La geometria della fiumara Curcuraci (affluente di destra della fiumara Guardia) è stata descritta sulla base del rilievo topografico costituito da 11 sezioni trasversali che rappresentano in modo esaustivo l'alveo di piena del corso d'acqua; nel modello sono state introdotte le opere di attraversamento e di controllo del trasporto solido esistenti (briglie, soglie); in particolare:

- il guado di attraversamento stradale (denominato M3), costituito da 6 tubazioni in cls affiancate di diametro 1 m;
- 27 opere trasversali (briglie) che stabilizzano il fondo dell'alveo conferendogli una pendenza media pari al 7%.



La sezione di deflusso ha una geometria rettangolare con sponde costituite da muri in cls; le opere di contenimento dei livelli sono state schematizzate nel modello numerico come "limiti di non esondazione".

La fiumara Curcuraci confluisce nella fiumara Guardia, la cui sezione GUA-08 rappresenta il termine del modello di simulazione.

Il rilievo eseguito copre un'estensione complessiva di corso d'acqua pari a circa 1020 m, il profilo di fondo alveo è caratterizzato da una pendenza media pari al 7%. Di seguito (Tabella 10) si riporta il profilo longitudinale del modello in cui sono rappresentate le sezioni trasversali utilizzate

caratterizzandole in termini di progressiva metrica, quota e pendenza di fondo (thalweg) e posizione dei manufatti presenti in alveo. In corrispondenza dei manufatti (briglie, attraversamenti...) la sezione è stata duplicata per esigenze di modellizzazione.

Note	Sezione	Progressiva m	Quota fondo alveo m s.m.	Pendenza fondo alveo m/m
Manufatto M3	CUR-01 monte manufatto	0.00	136.81	
	CUR-01 valle manufatto	5.00	136.48	0.07
	monte salto	6.29	136.40	0.07
	valle salto	7.29	135.50	
	monte salto	40.01	133.23	0.07
	valle salto	41.01	132.23	
	monte salto	74.06	130.13	0.06
	valle salto	75.06	129.13	
	monte salto	108.12	126.88	0.07
	valle salto	109.12	125.90	
	monte salto	141.45	123.66	0.07
	valle salto	142.45	122.70	
	CUR-02 monte salto	175.78	120.55	0.06
	CUR-02 valle salto	176.78	119.40	
	monte salto	209.78	117.42	0.06
	valle salto	210.78	116.40	
	monte salto	243.47	114.28	0.06
	valle salto	244.47	113.28	
	monte salto	277.54	111.12	0.07
	valle salto	278.54	110.12	
	CUR-03 monte salto	311.10	107.97	0.07
	CUR-03 valle salto	312.10	106.52	
	monte salto	344.75	104.97	0.05
	valle salto	345.75	103.99	
	monte salto	378.90	101.98	0.06
	valle salto	379.90	100.97	
	CUR-04	391.62	99.71	0.11
	monte salto	412.79	98.53	0.06
	valle salto	413.79	97.55	
	CUR-05 monte salto	448.26	95.20	0.07
	CUR-05 valle salto	449.26	94.17	
	CUR-06 monte salto	514.60	89.77	0.07
	CUR-06 valle salto	515.60	88.80	
	monte salto	546.27	86.51	0.07
	valle salto	547.27	85.50	
	CUR-07 monte salto	576.22	83.53	0.07
	CUR-07 valle salto	577.22	82.34	
	monte salto	625.81	78.72	0.07
	valle salto	626.81	77.85	
	monte salto	679.06	74.67	0.06
	valle salto	680.06	73.67	
	CUR-08	689.80	72.87	0.08
	monte salto	714.24	70.95	0.08
	valle salto	715.24	69.94	
	monte salto	732.60	68.60	0.08
	valle salto	733.60	67.61	
	monte salto	761.78	65.62	0.07
	valle salto	762.78	64.60	
	CUR-09 monte salto	793.40	63.00	0.05
	CUR-09 valle salto	794.40	62.05	
	monte salto	830.07	59.44	0.07
	valle salto	831.07	58.50	

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
		RELAZIONE IDRAULICA	<i>Codice documento</i> SB0002_F0.doc	<i>Rev</i> F0

Note	Sezione	Progressiva m	Quota fondo alveo m s.m.	Pendenza fondo alveo m/m
-	-	-	-	-
	monte salto	860.92	57.11	0.05
	valle salto	861.92	56.10	
	CUR-10	904.56	53.79	0.05
	monte salto	974.33	49.10	0.07
Confluenza in Guardia	valle salto	975.33	48.04	
	monte salto	1007.85	45.61	0.07
	valle salto	1008.85	44.48	
	GUA-08	1020.15	43.23	0.11

Tabella 10 – Profilo longitudinale della fiumara Curcuraci.

Nel corso dei sopralluoghi eseguiti si è inoltre valutata la dimensione del materiale di fondo costituente l'alveo caratterizzata da un d_{50} pari a 25 mm.

3.2.2 Condizioni al contorno

Le condizioni al contorno inserite nel modello di simulazione sono le seguenti:

- portata costante per tempo di ritorno assegnato (cfr. Tabella 11) in entrata nel modello (CUR-01 monte manufatto M3);
- portata concentrata in corrispondenza della confluenza nella fiumara Guardia alla progressiva 975.33 m (cfr. Tabella 11);
- altezza critica imposta nella sezione terminale di valle del modello (GUA-08),
- granulometria caratteristica (d_{50}) pari a 25 mm.

	Q2	Q5	Q10	Q30	Q100	Q200
	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s
Fiumara Curcuraci	20.5	29.6	35.7	44.8	54.6	60.2
Fiumara Guardia (valle confluenza Curcuraci)	24.6	35.5	42.7	53.5	65.1	71.8

Tabella 11 – Portate idrologiche per tempo di ritorno assegnato inserite nel modello.

Per la portata a tempo di ritorno 200 anni sopra rappresentata si è adottata la stessa metodologia prima descritta per il calcolo dell'incremento medio necessario per tener conto dell'apporto solido; tale valore è risultato pari a 4%.

Note	Sezione	Progressiva m	Quota fondo alveo m s.m.	Portata idrologica Tr200 m ³ /s	Capacità trasporto solido m ³ /s	Rapporto portate %	Valor medio %	Portata Tr200 di verifica m ³ /s
-	-	-	-	-	-	-	-	-
Manufatto M3	CUR-01 monte manufatto	0.00	136.81	60.20	0.00	0	4	62.61
	CUR-01 valle manufatto	5.00	136.48	60.20	4.10	7		62.61
	monte salto	6.29	136.40	60.20	7.18	12		62.61

RELAZIONE IDRAULICA

Codice documento

SB0002_F0.doc

Rev

F0

Data

20/06/2011

Note	Sezione	Progressiva	Quota fondo alveo	Portata idrologica Tr200	Capacità trasporto solido	Rapporto portate	Valor medio	Portata Tr200 di verifica
-	-	m	m s.m.	m3/s	m3/s	%	%	m3/s
	valle salto	7.29	135.50	60.20	2.51	4		62.61
	monte salto	40.01	133.23	60.20	2.55	4		62.61
	valle salto	41.01	132.23	60.20	2.25	4		62.61
	monte salto	74.06	130.13	60.20	2.25	4		62.61
	valle salto	75.06	129.13	60.20	2.49	4		62.61
	monte salto	108.12	126.88	60.20	2.47	4		62.61
	valle salto	109.12	125.90	60.20	2.55	4		62.61
	monte salto	141.45	123.66	60.20	2.53	4		62.61
	valle salto	142.45	122.70	60.20	2.13	4		62.61
	CUR-02 monte salto	175.78	120.55	60.20	2.35	4		62.61
	CUR-02 valle salto	176.78	119.40	60.20	2.16	4		62.61
	monte salto	209.78	117.42	60.20	2.08	3		62.61
	valle salto	210.78	116.40	60.20	2.35	4		62.61
	monte salto	243.47	114.28	60.20	2.31	4		62.61
	valle salto	244.47	113.28	60.20	2.36	4		62.61
	monte salto	277.54	111.12	60.20	2.33	4		62.61
	valle salto	278.54	110.12	60.20	2.70	4		62.61
	CUR-03 monte salto	311.10	107.97	60.20	2.60	4		62.61
	CUR-03 valle salto	312.10	106.52	60.20	1.64	3		62.61
	monte salto	344.75	104.97	60.20	1.49	2		62.61
	valle salto	345.75	103.99	60.20	2.09	3		62.61
	monte salto	378.90	101.98	60.20	2.12	4		62.61
	valle salto	379.90	100.97	60.20	4.55	8		62.61
	CUR-04	391.62	99.71	60.20	1.73	3		62.61
	monte salto	412.79	98.53	60.20	2.05	3		62.61
	valle salto	413.79	97.55	60.20	2.56	4		62.61
	CUR-05 monte salto	448.26	95.20	60.20	2.52	4		62.61
	CUR-05 valle salto	449.26	94.17	60.20	2.27	4		62.61
	CUR-06 monte salto	514.60	89.77	60.20	2.23	4		62.61
	CUR-06 valle salto	515.60	88.80	60.20	2.86	5		62.61
	monte salto	546.27	86.51	60.20	2.90	5		62.61
	valle salto	547.27	85.50	60.20	2.34	4		62.61
	CUR-07 monte salto	576.22	83.53	60.20	2.62	4		62.61
	CUR-07 valle salto	577.22	82.34	60.20	2.75	5		62.61
	monte salto	625.81	78.72	60.20	2.67	4		62.61
	valle salto	626.81	77.85	60.20	1.93	3		62.61
	monte salto	679.06	74.67	60.20	1.97	3		62.61
	valle salto	680.06	73.67	60.20	4.65	8		62.61
	CUR-08	689.80	72.87	60.20	2.57	4		62.61
	monte salto	714.24	70.95	60.20	3.24	5		62.61
	valle salto	715.24	69.94	60.20	3.38	6		62.61
	monte salto	732.60	68.60	60.20	3.38	6		62.61
	valle salto	733.60	67.61	60.20	2.69	4		62.61
	monte salto	761.78	65.62	60.20	2.72	5		62.61
	valle salto	762.78	64.60	60.20	1.34	2		62.61
	CUR-09 monte salto	793.40	63.00	60.20	2.27	4		62.61
	CUR-09 valle salto	794.40	62.05	60.20	2.70	4		62.61
	monte salto	830.07	59.44	60.20	2.74	5		62.61
	valle salto	831.07	58.50	60.20	1.46	2		62.61
	monte salto	860.92	57.11	60.20	1.50	2		62.61
	valle salto	861.92	56.10	60.20	2.14	4		62.61
	CUR-10	904.56	53.79	60.20	1.88	3		62.61
	monte salto	974.33	49.10	60.20	2.25	4		62.61
Confluenza in Guardia	valle salto	975.33	48.04	71.80	2.86	4		74.67
	monte salto	1007.85	45.61	71.80	2.95	4		74.67
	valle salto	1008.85	44.48	71.80	5.64	8		74.67
	GUA-08	1020.15	43.23	71.80	1.16	2		74.67



		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO			
		RELAZIONE IDRAULICA		<i>Codice documento</i> SB0002_F0.doc	<i>Rev</i> F0

Tabella 12 – Definizione degli apporti solidi per l’evento a tempo Tr 200 anni lungo l’asta del Curcuraci.

3.2.3 Coefficienti di scabrezza

Sulla base delle caratteristiche granulometriche, di copertura vegetale e morfologiche dell’asta si è assunta una scabrezza di:

- $24 \text{ m}^{1/3}\text{s}^{-1}$ per l’alveo inciso (valore cautelativo visto il tipo di sistemazione presente sul corso d’acqua),
- da 15 a $20 \text{ m}^{1/3}\text{s}^{-1}$ per le aree di piano campagna esterne all’alveo caratterizzate da copertura vegetale di tipo arbustivo o arboreo.

3.2.4 Simulazioni eseguite nello stato ante operam (stato attuale)

Le simulazioni eseguite sulla fiumara Curcuraci mostrano che il deflusso delle piene avviene in corrente veloce data l’elevata pendenza media di fondo alveo.

Le piene sono contenute all’interno dell’alveo inciso e dalle opere di contenimento dei livelli esistenti (muri spondali).

Nelle tabelle seguenti si riportano i risultati delle simulazioni eseguite per la configurazione geometrica ante operam (stato attuale) riferite ai tempi di ritorno di 2, 5, 10, 30, 100 e 200 anni.

Note	Sezione	Progressiva	Quota fondo alveo	Tirante	Livello idrico	Carico totale	Portata	Velocità	Area deflusso	Larghezza livello idrico	Froude
	-	m	m s.m.	m	m s.m.	m s.m.	m ³ /s	m/s	m ²	m	-
Manufatto M3	CUR-01 monte manufatto	0.00	136.81	1.98	138.79	138.84	20.50	0.96	21.25	19.64	0.30
	CUR-01 valle manufatto	5.00	136.48	0.72	137.20	138.65	20.50	5.34	3.84	10.03	2.80
	monte salto	6.29	136.40	0.54	136.94	137.67	20.50	3.79	5.41	10.04	1.65
	valle salto	7.29	135.50	0.53	136.03	136.79	20.50	3.87	5.30	10.03	1.70
	monte salto	40.01	133.23	0.53	133.76	134.52	20.50	3.87	5.30	10.04	1.70
	valle salto	41.01	132.23	0.55	132.78	133.50	20.50	3.76	5.45	10.03	1.63
	monte salto	74.06	130.13	0.55	130.68	131.40	20.50	3.75	5.46	10.04	1.63
	valle salto	75.06	129.13	0.54	129.67	130.42	20.50	3.84	5.34	10.03	1.68
	monte salto	108.12	126.88	0.54	127.42	128.17	20.50	3.84	5.34	10.04	1.68
	valle salto	109.12	125.90	0.53	126.43	127.19	20.50	3.86	5.31	10.03	1.70
	monte salto	141.45	123.66	0.53	124.19	124.95	20.50	3.87	5.30	10.04	1.70
	valle salto	142.45	122.70	0.56	123.26	123.95	20.50	3.67	5.59	10.03	1.57
	CUR-02 monte salto	175.78	120.55	0.76	121.31	121.99	20.50	3.66	5.60	11.17	1.65

RELAZIONE IDRAULICA

Codice documento
SB0002_F0.doc

Rev
F0

Data
20/06/2011

Note	Sezione	Progressiva	Quota fondo alveo	Tirante	Livello idrico	Carico totale	Portata	Velocità	Area deflusso	Larghezza livello idrico	Froude
	-	m	m s.m.	m	m s.m.	m s.m.	m ³ /s	m/s	m ²	m	-
	CUR-02 valle salto	176.78	119.40	0.77	120.17	120.83	20.50	3.61	5.68	10.79	1.59
	monte salto	209.78	117.42	0.77	118.19	118.85	20.50	3.59	5.71	11.19	1.60
	valle salto	210.78	116.40	0.76	117.16	117.86	20.50	3.69	5.55	10.79	1.64
	monte salto	243.47	114.28	0.76	115.04	115.73	20.50	3.67	5.59	11.17	1.66
	valle salto	244.47	113.28	0.76	114.04	114.74	20.50	3.70	5.54	10.79	1.65
	monte salto	277.54	111.12	0.76	111.88	112.57	20.50	3.67	5.58	11.17	1.66
	valle salto	278.54	110.12	0.74	110.86	111.61	20.50	3.84	5.34	10.79	1.74
	CUR-03 monte salto	311.10	107.97	0.50	108.47	109.11	20.50	3.55	5.78	12.75	1.68
	CUR-03 valle salto	312.10	106.52	0.55	107.07	107.58	20.50	3.18	6.45	12.74	1.43
	monte salto	344.75	104.97	0.55	105.52	106.04	20.50	3.19	6.42	12.74	1.44
	valle salto	345.75	103.99	0.52	104.51	105.11	20.50	3.42	5.99	12.74	1.59
	monte salto	378.90	101.98	0.51	102.49	103.10	20.50	3.45	5.95	12.74	1.61
	valle salto	379.90	100.97	0.46	101.43	102.19	20.50	3.86	5.31	12.74	1.91
	CUR-04 monte salto	391.62	99.71	0.67	100.38	100.94	20.50	3.33	6.16	12.74	1.53
	valle salto	412.79	98.53	0.67	99.20	99.77	20.50	3.34	6.14	12.74	1.54
	monte salto	413.79	97.55	0.64	98.19	98.84	20.50	3.58	5.73	12.73	1.71
	CUR-05 monte salto	448.26	95.20	0.54	95.74	96.39	20.50	3.57	5.74	12.72	1.70
	CUR-05 valle salto	449.26	94.17	0.54	94.71	95.35	20.50	3.55	5.78	12.72	1.68
	CUR-06 monte salto	514.60	89.77	0.46	90.23	90.88	20.50	3.57	5.75	12.57	1.68
	CUR-06 valle salto	515.60	88.80	0.45	89.25	89.93	20.50	3.65	5.61	12.57	1.75
	monte salto	546.27	86.51	0.44	86.95	87.64	20.50	3.69	5.56	12.57	1.77
	valle salto	547.27	85.50	0.47	85.97	86.58	20.50	3.46	5.92	12.57	1.61
	CUR-07 monte salto	576.22	83.53	0.63	84.16	84.82	20.50	3.60	5.70	12.49	1.70
	CUR-07 valle salto	577.22	82.34	0.62	82.96	83.64	20.50	3.66	5.60	12.49	1.74
	monte salto	625.81	78.72	0.61	79.33	80.04	20.50	3.72	5.51	12.49	1.79
	valle salto	626.81	77.85	0.65	78.50	79.10	20.50	3.44	5.96	12.49	1.59
	monte salto	679.06	74.67	0.65	75.32	75.94	20.50	3.47	5.90	12.49	1.62
	valle salto	680.06	73.67	0.59	74.26	75.03	20.50	3.90	5.26	12.48	1.92
	CUR-08 monte salto	689.80	72.87	0.50	73.37	74.08	20.50	3.73	5.50	12.49	1.79
	valle salto	714.24	70.95	0.50	71.45	72.17	20.50	3.76	5.45	12.49	1.82
	monte salto	715.24	69.94	0.51	70.45	71.15	20.50	3.71	5.53	12.49	1.78
	valle salto	732.60	68.60	0.50	69.10	69.81	20.50	3.74	5.48	12.49	1.80
	monte salto	733.60	67.61	0.52	68.13	68.79	20.50	3.61	5.68	12.49	1.71
	valle salto	761.78	65.62	0.51	66.13	66.81	20.50	3.65	5.62	12.49	1.73
	monte salto	762.78	64.60	0.61	65.21	65.67	20.50	3.00	6.84	12.49	1.29
	CUR-09 monte salto	793.40	63.00	1.02	64.02	64.75	20.50	3.78	5.42	10.64	1.69
	CUR-09 valle salto	794.40	62.05	1.01	63.06	63.82	20.50	3.85	5.32	10.53	1.73
	monte salto	830.07	59.44	1.02	60.46	61.21	20.50	3.82	5.36	10.58	1.72
	valle salto	831.07	58.50	1.09	59.59	60.13	20.50	3.24	6.32	11.39	1.39
	monte salto	860.92	57.11	1.09	58.20	58.75	20.50	3.27	6.26	11.26	1.40
	valle salto	861.92	56.10	1.03	57.13	57.81	20.50	3.66	5.60	10.71	1.62
	CUR-10 monte salto	904.56	53.79	0.59	54.38	54.88	20.50	3.12	6.57	17.66	1.70
	valle salto	974.33	49.10	0.64	49.74	50.14	20.50	2.80	7.32	17.66	1.67
Confluenza in Guardia	valle salto	975.33	48.04	0.62	48.66	49.27	24.60	3.46	7.11	17.66	1.74
	monte salto	1007.85	45.61	0.62	46.23	46.85	24.60	3.47	7.08	17.66	1.79
	valle salto	1008.85	44.48	0.59	45.07	45.80	24.60	3.78	6.50	17.66	1.87
	GUA-08	1020.15	43.23	0.71	43.94	44.16	24.60	2.10	11.71	19.32	1



		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO			
		RELAZIONE IDRAULICA		<i>Codice documento</i> SB0002_F0.doc	<i>Rev</i> F0

Tabella 13 – Simulazione a tempo di ritorno 2 anni nella configurazione geometrica di stato attuale.

Note	Sezione	Progressiva	Quota fondo alveo	Tirante	Livello idrico	Carico totale	Portata	Velocità	Area deflusso	Larghezza livello idrico	Froude
	-	m	m s.m.	m	m s.m.	m s.m.	m ³ /s	m/s	m ²	m	-
Manufatto M3	CUR-01 monte manufatto	0.00	136.81	2.26	139.07	139.13	29.60	1.09	27.26	23.14	0.32
	CUR-01 valle manufatto	5.00	136.48	0.83	137.31	139.09	29.60	5.91	5.01	10.03	2.80
	monte salto	6.29	136.40	0.68	137.08	138.05	29.60	4.36	6.79	10.04	1.69
	valle salto	7.29	135.50	0.67	136.17	137.17	29.60	4.44	6.67	10.03	1.74
	monte salto	40.01	133.23	0.67	133.90	134.91	29.60	4.44	6.66	10.04	1.74
	valle salto	41.01	132.23	0.69	132.92	133.87	29.60	4.31	6.86	10.03	1.67
	monte salto	74.06	130.13	0.69	130.82	131.77	29.60	4.33	6.84	10.04	1.67
	valle salto	75.06	129.13	0.67	129.80	130.79	29.60	4.41	6.71	10.03	1.72
	monte salto	108.12	126.88	0.67	127.55	128.54	29.60	4.42	6.70	10.04	1.73
	valle salto	109.12	125.90	0.67	126.57	127.57	29.60	4.44	6.67	10.03	1.74
	monte salto	141.45	123.66	0.67	124.33	125.34	29.60	4.44	6.66	10.04	1.74
	valle salto	142.45	122.70	0.71	123.41	124.32	29.60	4.22	7.02	10.03	1.61
	CUR-02 monte salto	175.78	120.55	0.89	121.44	122.34	29.60	4.20	7.05	11.36	1.70
	CUR-02 valle salto	176.78	119.40	0.91	120.31	121.18	29.60	4.14	7.15	10.79	1.62
	monte salto	209.78	117.42	0.90	118.32	119.18	29.60	4.10	7.22	11.38	1.64
	valle salto	210.78	116.40	0.89	117.29	118.21	29.60	4.24	6.98	10.79	1.68
	monte salto	243.47	114.28	0.89	115.17	116.07	29.60	4.21	7.03	11.36	1.71
	valle salto	244.47	113.28	0.89	114.17	115.09	29.60	4.25	6.96	10.79	1.69
	monte salto	277.54	111.12	0.88	112.00	112.91	29.60	4.22	7.02	11.35	1.71
	valle salto	278.54	110.12	0.87	110.99	111.98	29.60	4.41	6.71	10.79	1.79
	CUR-03 monte salto	311.10	107.97	0.62	108.59	109.43	29.60	4.06	7.29	12.75	1.71
	CUR-03 valle salto	312.10	106.52	0.68	107.20	107.88	29.60	3.65	8.11	12.75	1.46
	monte salto	344.75	104.97	0.68	105.65	106.32	29.60	3.64	8.14	12.75	1.45
	valle salto	345.75	103.99	0.64	104.63	105.42	29.60	3.94	7.51	12.74	1.64
	monte salto	378.90	101.98	0.64	102.62	103.40	29.60	3.92	7.55	12.75	1.63
	valle salto	379.90	100.97	0.57	101.54	102.54	29.60	4.42	6.69	12.74	1.95
	CUR-04 monte salto	391.62	99.71	0.80	100.51	101.26	29.60	3.82	7.74	12.74	1.57
	valle salto	412.79	98.53	0.80	99.33	100.08	29.60	3.82	7.74	12.74	1.57
	monte salto	413.79	97.55	0.75	98.30	99.17	29.60	4.12	7.18	12.74	1.75
	CUR-05 monte salto	448.26	95.20	0.66	95.86	96.71	29.60	4.08	7.25	12.72	1.73
	CUR-05 valle salto	449.26	94.17	0.66	94.83	95.68	29.60	4.08	7.26	12.72	1.72
	CUR-06 monte salto	514.60	89.77	0.58	90.35	91.20	29.60	4.08	7.26	12.57	1.71
	CUR-06 valle salto	515.60	88.80	0.56	89.36	90.26	29.60	4.21	7.03	12.57	1.80
	monte salto	546.27	86.51	0.56	87.07	87.97	29.60	4.21	7.03	12.57	1.80
	valle salto	547.27	85.50	0.59	86.09	86.90	29.60	3.98	7.43	12.57	1.65
	CUR-07 monte salto	576.22	83.53	0.75	84.28	85.15	29.60	4.13	7.16	12.50	1.74
	CUR-07 valle salto	577.22	82.34	0.74	83.08	83.98	29.60	4.21	7.03	12.49	1.79
	monte salto	625.81	78.72	0.74	79.46	80.36	29.60	4.21	7.03	12.49	1.79
	valle salto	626.81	77.85	0.77	78.62	79.42	29.60	3.95	7.49	12.49	1.63
	monte salto	679.06	74.67	0.77	75.44	76.24	29.60	3.97	7.45	12.49	1.64
	valle salto	680.06	73.67	0.70	74.37	75.39	29.60	4.48	6.61	12.49	1.96

RELAZIONE IDRAULICA

Codice documento
SB0002_F0.doc

Rev *Data*
F0 20/06/2011

Note	Sezione	Progressiva	Quota fondo alveo	Tirante	Livello idrico	Carico totale	Portata	Velocità	Area deflusso	Larghezza livello idrico	Froude
-	-	m	m s.m.	m	m s.m.	m s.m.	m ³ /s	m/s	m ²	m	-
	CUR-08	689.80	72.87	0.61	73.48	74.42	29.60	4.30	6.89	12.49	1.85
	monte salto	714.24	70.95	0.61	71.56	72.51	29.60	4.33	6.84	12.49	1.87
	valle salto	715.24	69.94	0.62	70.56	71.49	29.60	4.27	6.93	12.49	1.83
	monte salto	732.60	68.60	0.61	69.21	70.16	29.60	4.31	6.87	12.49	1.85
	valle salto	733.60	67.61	0.63	68.24	69.12	29.60	4.15	7.13	12.49	1.75
	monte salto	761.78	65.62	0.63	66.25	67.14	29.60	4.18	7.08	12.49	1.77
	valle salto	762.78	64.60	0.75	65.35	65.96	29.60	3.45	8.59	12.49	1.33
	CUR-09	793.40	63.00	1.16	64.16	65.05	29.60	4.19	7.07	12.13	1.75
	monte salto	794.40	62.05	1.15	63.20	64.12	29.60	4.25	6.96	11.78	1.77
	valle salto	830.07	59.44	1.15	60.59	61.52	29.60	4.28	6.92	11.75	1.78
	monte salto	831.07	58.50	1.26	59.76	60.43	29.60	3.61	8.19	12.67	1.44
	valle salto	860.92	57.11	1.25	58.36	59.02	29.60	3.61	8.20	12.71	1.43
	monte salto	861.92	56.10	1.18	57.28	58.12	29.60	4.05	7.30	12.30	1.68
	valle salto	904.56	53.79	0.69	54.48	55.14	29.60	3.60	8.22	17.66	1.70
	monte salto	974.33	49.10	0.74	49.84	50.37	29.60	3.24	9.14	17.66	1.72
Confluenza in Guardia	valle salto	975.33	48.04	0.73	48.77	49.58	35.50	3.99	8.89	17.66	1.8
	monte salto	1007.85	45.61	0.72	46.33	47.15	35.50	4.01	8.85	17.66	1.81
	valle salto	1008.85	44.48	0.69	45.17	46.10	35.50	4.28	8.29	17.66	1.89
	GUA-08	1020.15	43.23	0.88	44.11	44.40	35.50	2.37	14.99	19.32	1

Tabella 14 – Simulazione a tempo di ritorno 5 anni nella configurazione geometrica di stato attuale.

Note	Sezione	Progressiva	Quota fondo alveo	Tirante	Livello idrico	Carico totale	Portata	Velocità	Area deflusso	Larghezza livello idrico	Froude
-	-	m	m s.m.	m	m s.m.	m s.m.	m ³ /s	m/s	m ²	m	-
Manufatto M3	CUR-01 monte manufatto	0.00	136.81	2.39	139.20	139.27	35.70	1.18	30.25	23.14	0.33
	CUR-01 valle manufatto	5.00	136.48	0.90	137.38	139.23	35.70	6.02	5.93	10.04	2.80
	monte salto	6.29	136.40	0.77	137.17	138.28	35.70	4.66	7.66	10.04	1.70
	valle salto	7.29	135.50	0.75	136.25	137.40	35.70	4.75	7.51	10.03	1.75
	monte salto	40.01	133.23	0.75	133.98	135.13	35.70	4.75	7.51	10.04	1.76
	valle salto	41.01	132.23	0.78	133.01	134.10	35.70	4.62	7.73	10.03	1.68
	monte salto	74.06	130.13	0.78	130.91	132.00	35.70	4.62	7.73	10.04	1.68
	valle salto	75.06	129.13	0.76	129.89	131.03	35.70	4.72	7.56	10.03	1.74
	monte salto	108.12	126.88	0.76	127.64	128.78	35.70	4.72	7.56	10.04	1.74
	valle salto	109.12	125.90	0.75	126.65	127.80	35.70	4.75	7.52	10.03	1.75
	monte salto	141.45	123.66	0.75	124.41	125.56	35.70	4.75	7.51	10.04	1.75
	valle salto	142.45	122.70	0.79	123.49	124.53	35.70	4.52	7.90	10.03	1.63
	CUR-02 monte salto	175.78	120.55	0.97	121.52	122.54	35.70	4.48	7.97	11.48	1.72
	CUR-02 valle salto	176.78	119.40	0.99	120.39	121.39	35.70	4.44	8.04	10.79	1.64
	monte salto	209.78	117.42	0.98	118.40	119.38	35.70	4.38	8.15	11.50	1.66
	valle salto	210.78	116.40	0.97	117.37	118.42	35.70	4.55	7.85	10.79	1.70
	monte salto	243.47	114.28	0.97	115.25	116.28	35.70	4.48	7.96	11.47	1.72
	valle salto	244.47	113.28	0.97	114.25	115.31	35.70	4.56	7.83	10.79	1.71
	monte salto	277.54	111.12	0.96	112.08	113.11	35.70	4.50	7.94	11.47	1.73
	valle salto	278.54	110.12	0.94	111.06	112.20	35.70	4.73	7.54	10.79	1.81
	CUR-03 monte salto	311.10	107.97	0.69	108.66	109.62	35.70	4.34	8.22	12.75	1.73
	CUR-03	312.10	106.52	0.76	107.28	108.06	35.70	3.92	9.11	12.75	1.48

Note	Sezione	Progressiva	Quota fondo alveo	Tirante	Livello idrico	Carico totale	Portata	Velocità	Area deflusso	Larghezza livello idrico	Froude
-	-	m	m s.m.	m	m s.m.	m s.m.	m ³ /s	m/s	m ²	m	-
	valle salto										
	monte salto	344.75	104.97	0.76	105.73	106.51	35.70	3.92	9.11	12.75	1.48
	valle salto	345.75	103.99	0.71	104.70	105.61	35.70	4.22	8.45	12.74	1.66
	monte salto	378.90	101.98	0.71	102.69	103.60	35.70	4.22	8.46	12.75	1.65
	valle salto	379.90	100.97	0.64	101.61	102.76	35.70	4.74	7.53	12.74	1.97
	CUR-04	391.62	99.71	0.87	100.58	101.44	35.70	4.11	8.69	12.74	1.59
	monte salto	412.79	98.53	0.87	99.40	100.26	35.70	4.12	8.67	12.74	1.59
	valle salto	413.79	97.55	0.82	98.37	99.36	35.70	4.42	8.08	12.74	1.77
	CUR-05	448.26	95.20	0.73	95.93	96.90	35.70	4.35	8.20	12.73	1.73
	monte salto										
	CUR-05	449.26	94.17	0.73	94.90	95.88	35.70	4.38	8.15	12.72	1.75
	valle salto										
	CUR-06	514.60	89.77	0.65	90.42	91.39	35.70	4.36	8.18	12.57	1.73
	monte salto										
	CUR-06	515.60	88.80	0.63	89.43	90.47	35.70	4.51	7.91	12.57	1.82
	valle salto										
	monte salto	546.27	86.51	0.63	87.14	88.17	35.70	4.50	7.93	12.57	1.81
	valle salto	547.27	85.50	0.66	86.16	87.09	35.70	4.28	8.35	12.57	1.68
	CUR-07	576.22	83.53	0.82	84.35	85.35	35.70	4.43	8.05	12.50	1.76
	monte salto										
	CUR-07	577.22	82.34	0.81	83.15	84.19	35.70	4.52	7.90	12.49	1.82
	valle salto										
	monte salto	625.81	78.72	0.80	79.52	80.58	35.70	4.55	7.84	12.49	1.83
	valle salto	626.81	77.85	0.85	78.70	79.62	35.70	4.25	8.40	12.49	1.65
	monte salto	679.06	74.67	0.84	75.51	76.44	35.70	4.28	8.35	12.49	1.67
	valle salto	680.06	73.67	0.77	74.44	75.62	35.70	4.80	7.43	12.49	1.99
	CUR-08	689.80	72.87	0.68	73.55	74.63	35.70	4.61	7.74	12.49	1.87
	monte salto	714.24	70.95	0.68	71.63	72.73	35.70	4.64	7.69	12.49	1.89
	valle salto	715.24	69.94	0.69	70.63	71.70	35.70	4.58	7.79	12.49	1.85
	monte salto	732.60	68.60	0.68	69.28	70.37	35.70	4.62	7.73	12.49	1.87
	valle salto	733.60	67.61	0.70	68.31	69.32	35.70	4.46	8.01	12.49	1.78
	monte salto	761.78	65.62	0.70	66.32	67.35	35.70	4.50	7.94	12.49	1.80
	valle salto	762.78	64.60	0.84	65.44	66.14	35.70	3.70	9.65	12.49	1.34
	CUR-09	793.40	63.00	1.24	64.24	65.21	35.70	4.36	8.18	13.72	1.81
	monte salto										
	CUR-09	794.40	62.05	1.24	63.29	64.31	35.70	4.48	7.97	12.54	1.79
	valle salto										
	monte salto	830.07	59.44	1.23	60.67	61.70	35.70	4.48	7.96	12.53	1.80
	valle salto	831.07	58.50	1.34	59.84	60.60	35.70	3.87	9.22	12.72	1.45
	monte salto	860.92	57.11	1.33	58.44	59.21	35.70	3.89	9.18	12.83	1.47
	valle salto	861.92	56.10	1.26	57.36	58.31	35.70	4.32	8.27	12.80	1.71
	CUR-10	904.56	53.79	0.74	54.53	55.29	35.70	3.87	9.22	17.66	1.71
	monte salto	974.33	49.10	0.80	49.90	50.52	35.70	3.49	10.24	17.66	1.75
Confluenza in Guardia	valle salto	975.33	48.04	0.79	48.83	49.77	42.70	4.29	9.96	17.66	1.82
	monte salto	1007.85	45.61	0.78	46.39	47.33	42.70	4.30	9.93	17.66	1.83
	valle salto	1008.85	44.48	0.75	45.23	46.28	42.70	4.55	9.39	17.66	1.92
	GUA-08	1020.15	43.23	0.98	44.21	44.53	42.70	2.52	16.93	19.32	1

Tabella 15 – Simulazione a tempo di ritorno 10 anni nella configurazione geometrica di stato attuale.

Note	Sezione	Progressiva	Quota fondo alveo	Tirante	Livello idrico	Carico totale	Portata	Velocità	Area deflusso	Larghezza livello idrico	Froude
-	-	m	m s.m.	m	m s.m.	m s.m.	m ³ /s	m/s	m ²	m	-
Manufatto M3	CUR-01 monte manufatto	0.00	136.81	2.56	139.37	139.46	44.80	1.30	34.39	23.14	0.34

RELAZIONE IDRAULICA

Codice documento

SB0002_F0.doc

Rev

F0

Data

20/06/2011

Note	Sezione	Progressiva	Quota fondo alveo	Tirante	Livello idrico	Carico totale	Portata	Velocità	Area deflusso	Larghezza livello idrico	Froude
	-	m	m s.m.	m	m s.m.	m s.m.	m ³ /s	m/s	m ²	m	-
	CUR-01 valle manufatto	5.00	136.48	1.01	137.49	139.42	44.80	6.15	7.28	10.04	2.80
	monte salto	6.29	136.40	0.89	137.29	138.60	44.80	5.07	8.84	10.05	1.73
	valle salto	7.29	135.50	0.87	136.37	137.73	44.80	5.16	8.68	10.03	1.77
	monte salto	40.01	133.23	0.87	134.10	135.46	44.80	5.17	8.67	10.05	1.78
	valle salto	41.01	132.23	0.90	133.13	134.42	44.80	5.02	8.92	10.03	1.70
	monte salto	74.06	130.13	0.89	131.02	132.31	44.80	5.03	8.91	10.05	1.71
	valle salto	75.06	129.13	0.88	130.01	131.35	44.80	5.13	8.73	10.03	1.76
	monte salto	108.12	126.88	0.87	127.75	129.10	44.80	5.14	8.72	10.05	1.76
	valle salto	109.12	125.90	0.87	126.77	128.13	44.80	5.16	8.68	10.03	1.77
	monte salto	141.45	123.66	0.87	124.53	125.89	44.80	5.17	8.67	10.05	1.78
	valle salto	142.45	122.70	0.91	123.61	124.85	44.80	4.92	9.10	10.03	1.65
	CUR-02 monte salto	175.78	120.55	1.07	121.62	122.84	44.80	4.89	9.17	11.63	1.76
	CUR-02 valle salto	176.78	119.40	1.10	120.50	121.69	44.80	4.83	9.27	10.79	1.66
	monte salto	209.78	117.42	1.09	118.51	119.67	44.80	4.78	9.38	11.65	1.70
	valle salto	210.78	116.40	1.08	117.48	118.73	44.80	4.95	9.05	10.79	1.73
	monte salto	243.47	114.28	1.07	115.35	116.57	44.80	4.90	9.15	11.62	1.76
	valle salto	244.47	113.28	1.08	114.36	115.61	44.80	4.96	9.03	10.79	1.73
	monte salto	277.54	111.12	1.07	112.19	113.42	44.80	4.91	9.13	11.62	1.77
	valle salto	278.54	110.12	1.05	111.17	112.52	44.80	5.15	8.70	10.79	1.83
	CUR-03 monte salto	311.10	107.97	0.79	108.76	109.89	44.80	4.71	9.51	12.75	1.74
	CUR-03 valle salto	312.10	106.52	0.87	107.39	108.32	44.80	4.27	10.50	12.75	1.50
	monte salto	344.75	104.97	0.87	105.84	106.77	44.80	4.27	10.48	12.75	1.50
	valle salto	345.75	103.99	0.81	104.80	105.88	44.80	4.60	9.73	12.75	1.68
	monte salto	378.90	101.98	0.81	102.79	103.87	44.80	4.60	9.74	12.75	1.68
	valle salto	379.90	100.97	0.73	101.70	103.05	44.80	5.14	8.71	12.74	1.99
	CUR-04	391.62	99.71	0.98	100.69	101.71	44.80	4.47	10.02	12.74	1.61
	monte salto	412.79	98.53	0.97	99.50	100.53	44.80	4.49	9.97	12.74	1.62
	valle salto	413.79	97.55	0.92	98.47	99.65	44.80	4.82	9.30	12.74	1.80
	CUR-05 monte salto	448.26	95.20	0.83	96.03	97.20	44.80	4.79	9.36	12.73	1.78
	CUR-05 valle salto	449.26	94.17	0.83	95.00	96.16	44.80	4.77	9.39	12.72	1.77
	CUR-06 monte salto	514.60	89.77	0.74	90.51	91.68	44.80	4.79	9.35	12.58	1.77
	CUR-06 valle salto	515.60	88.80	0.72	89.52	90.76	44.80	4.92	9.10	12.57	1.85
	monte salto	546.27	86.51	0.72	87.23	88.48	44.80	4.94	9.06	12.58	1.86
	valle salto	547.27	85.50	0.77	86.27	87.38	44.80	4.66	9.62	12.57	1.70
	CUR-07 monte salto	576.22	83.53	0.92	84.45	85.63	44.80	4.81	9.32	12.50	1.78
	CUR-07 valle salto	577.22	82.34	0.90	83.24	84.48	44.80	4.93	9.09	12.49	1.84
	monte salto	625.81	78.72	0.90	79.62	80.87	44.80	4.95	9.05	12.49	1.86
	valle salto	626.81	77.85	0.95	78.80	79.89	44.80	4.62	9.70	12.49	1.67
	monte salto	679.06	74.67	0.95	75.62	76.71	44.80	4.63	9.67	12.49	1.68
	valle salto	680.06	73.67	0.86	74.53	75.93	44.80	5.23	8.56	12.49	2.02
	CUR-08	689.80	72.87	0.78	73.65	74.93	44.80	5.02	8.93	12.49	1.90
	monte salto	714.24	70.95	0.77	71.72	73.02	44.80	5.06	8.86	12.49	1.92
	valle salto	715.24	69.94	0.78	70.72	71.99	44.80	4.99	8.97	12.49	1.88
	monte salto	732.60	68.60	0.78	69.38	70.67	44.80	5.03	8.91	12.49	1.90
	valle salto	733.60	67.61	0.80	68.41	69.61	44.80	4.86	9.22	12.49	1.80
	monte salto	761.78	65.62	0.80	66.42	67.64	44.80	4.89	9.17	12.49	1.82
	valle salto	762.78	64.60	0.95	65.55	66.38	44.80	4.05	11.07	12.49	1.37

RELAZIONE IDRAULICA

Codice documento
SB0002_F0.doc

Rev *Data*
F0 20/06/2011

Note	Sezione	Progressiva	Quota fondo alveo	Tirante	Livello idrico	Carico totale	Portata	Velocità	Area deflusso	Larghezza livello idrico	Froude
	-	m	m s.m.	m	m s.m.	m s.m.	m ³ /s	m/s	m ²	m	-
	CUR-09 monte salto	793.40	63.00	1.33	64.33	65.38	44.80	4.54	9.87	17.74	1.94
	CUR-09 valle salto	794.40	62.05	1.34	63.39	64.59	44.80	4.84	9.25	12.83	1.82
	monte salto	830.07	59.44	1.33	60.77	61.98	44.80	4.87	9.19	12.83	1.84
	valle salto	831.07	58.50	1.45	59.95	60.85	44.80	4.21	10.64	12.79	1.47
	monte salto	860.92	57.11	1.44	58.55	59.47	44.80	4.24	10.57	12.84	1.49
	valle salto	861.92	56.10	1.36	57.46	58.59	44.80	4.71	9.52	12.81	1.74
	CUR-10 monte salto	904.56	53.79	0.82	54.61	55.52	44.80	4.23	10.59	17.66	1.74
	valle salto	974.33	49.10	0.89	49.99	50.73	44.80	3.81	11.77	17.67	1.78
Confluenza in Guardia	valle salto	975.33	48.04	0.87	48.91	50.02	53.50	4.68	11.44	17.66	1.86
	monte salto	1007.85	45.61	0.87	46.48	47.61	53.50	4.70	11.38	17.67	1.87
	valle salto	1008.85	44.48	0.84	45.32	46.53	53.50	4.87	10.98	17.66	1.97
	GUA-08 monte salto	1020.15	43.23	1.13	44.36	44.73	53.50	2.70	19.83	19.33	1.00

Tabella 16 – Simulazione a tempo di ritorno 30 anni nella configurazione geometrica di stato attuale.

Note	Sezione	Progressiva	Quota fondo alveo	Tirante	Livello idrico	Carico totale	Portata	Velocità	Area deflusso	Larghezza livello idrico	Froude
	-	m	m s.m.	m	m s.m.	m s.m.	m ³ /s	m/s	m ²	m	-
Manufatto M3	CUR-01 monte manufatto	0.00	136.81	2.76	139.57	139.67	54.60	1.41	38.84	23.14	0.35
	CUR-01 valle manufatto	5.00	136.48	1.11	137.59	139.63	54.60	6.33	8.62	10.04	2.80
	monte salto	6.29	136.40	1.01	137.41	138.91	54.60	5.43	10.05	10.05	1.73
	valle salto	7.29	135.50	0.99	136.49	138.06	54.60	5.54	9.85	10.03	1.79
	monte salto	40.01	133.23	0.99	134.22	135.79	54.60	5.55	9.84	10.05	1.79
	valle salto	41.01	132.23	1.02	133.25	134.73	54.60	5.39	10.13	10.03	1.71
	monte salto	74.06	130.13	1.02	131.15	132.63	54.60	5.38	10.14	10.05	1.71
	valle salto	75.06	129.13	0.99	130.12	131.67	54.60	5.51	9.91	10.03	1.77
	monte salto	108.12	126.88	0.99	127.87	129.42	54.60	5.51	9.91	10.05	1.77
	valle salto	109.12	125.90	0.99	126.89	128.46	54.60	5.54	9.85	10.03	1.79
	monte salto	141.45	123.66	0.99	124.65	126.22	54.60	5.54	9.85	10.05	1.79
	valle salto	142.45	122.70	1.03	123.73	125.16	54.60	5.30	10.31	10.03	1.67
	CUR-02 monte salto	175.78	120.55	1.18	121.73	123.12	54.60	5.23	10.44	11.78	1.77
	CUR-02 valle salto	176.78	119.40	1.22	120.62	122.00	54.60	5.20	10.51	10.79	1.68
	monte salto	209.78	117.42	1.20	118.62	119.94	54.60	5.10	10.71	11.82	1.71
	valle salto	210.78	116.40	1.19	117.59	119.03	54.60	5.32	10.26	10.79	1.74
	monte salto	243.47	114.28	1.18	115.46	116.86	54.60	5.24	10.42	11.78	1.78
	valle salto	244.47	113.28	1.19	114.47	115.92	54.60	5.34	10.23	10.79	1.75
	monte salto	277.54	111.12	1.18	112.30	113.70	54.60	5.25	10.40	11.78	1.78
	valle salto	278.54	110.12	1.16	111.28	112.85	54.60	5.55	9.84	10.79	1.85
	CUR-03 monte salto	311.10	107.97	0.88	108.85	110.18	54.60	5.11	10.68	12.76	1.78
	CUR-03 valle salto	312.10	106.52	0.98	107.50	108.57	54.60	4.59	11.89	12.75	1.52
	monte salto	344.75	104.97	0.98	105.95	107.03	54.60	4.60	11.87	12.75	1.52
	valle salto	345.75	103.99	0.91	104.90	106.15	54.60	4.96	11.01	12.75	1.70
	monte salto	378.90	101.98	0.91	102.89	104.15	54.60	4.97	10.98	12.75	1.71
	valle salto	379.90	100.97	0.82	101.79	103.34	54.60	5.52	9.89	12.75	2.00
	CUR-04 monte salto	391.62	99.71	1.08	100.79	101.97	54.60	4.81	11.35	12.75	1.63
	valle salto	412.79	98.53	1.08	99.61	100.79	54.60	4.81	11.34	12.75	1.63

RELAZIONE IDRAULICA

Codice documento

SB0002_F0.doc

Rev

F0

Data

20/06/2011

Note	Sezione	Progressiva	Quota fondo alveo	Tirante	Livello idrico	Carico totale	Portata	Velocità	Area deflusso	Larghezza livello idrico	Froude
	-	m	m s.m.	m	m s.m.	m s.m.	m ³ /s	m/s	m ²	m	-
	valle salto	413.79	97.55	1.02	98.57	99.94	54.60	5.19	10.53	12.74	1.82
	CUR-05 monte salto	448.26	95.20	0.92	96.12	97.47	54.60	5.16	10.59	12.73	1.81
	CUR-05 valle salto	449.26	94.17	0.93	95.10	96.44	54.60	5.14	10.63	12.72	1.79
	CUR-06 monte salto	514.60	89.77	0.84	90.61	91.96	54.60	5.15	10.60	12.58	1.79
	CUR-06 valle salto	515.60	88.80	0.82	89.62	91.05	54.60	5.30	10.31	12.57	1.87
	monte salto	546.27	86.51	0.82	87.33	88.78	54.60	5.33	10.25	12.58	1.88
	valle salto	547.27	85.50	0.87	86.37	87.65	54.60	5.01	10.90	12.57	1.72
	CUR-07 monte salto	576.22	83.53	1.02	84.55	85.89	54.60	5.14	10.63	12.50	1.78
	CUR-07 valle salto	577.22	82.34	1.00	83.34	84.77	54.60	5.30	10.30	12.49	1.86
	monte salto	625.81	78.72	0.99	79.71	81.15	54.60	5.32	10.26	12.49	1.88
	valle salto	626.81	77.85	1.05	78.90	80.16	54.60	4.97	10.98	12.49	1.69
	monte salto	679.06	74.67	1.05	75.72	76.99	54.60	5.00	10.93	12.49	1.70
	valle salto	680.06	73.67	0.95	74.62	76.23	54.60	5.63	9.70	12.49	2.04
	CUR-08 monte salto	689.80	72.87	0.87	73.74	75.23	54.60	5.40	10.11	12.50	1.92
	monte salto	714.24	70.95	0.87	71.82	73.31	54.60	5.40	10.11	12.50	1.92
	valle salto	715.24	69.94	0.88	70.82	72.29	54.60	5.37	10.17	12.49	1.90
	monte salto	732.60	68.60	0.88	69.48	70.95	54.60	5.37	10.16	12.50	1.90
	valle salto	733.60	67.61	0.90	68.51	69.90	54.60	5.22	10.46	12.49	1.82
	monte salto	761.78	65.62	0.90	66.52	67.91	54.60	5.23	10.44	12.50	1.83
	valle salto	762.78	64.60	1.06	65.66	66.64	54.60	4.38	12.48	12.49	1.40
	CUR-09 monte salto	793.40	63.00	1.43	64.43	65.54	54.60	4.66	11.71	22.01	2.04
	CUR-09 valle salto	794.40	62.05	1.43	63.48	64.87	54.60	5.22	10.46	12.84	1.85
	monte salto	830.07	59.44	1.43	60.87	62.28	54.60	5.26	10.39	12.84	1.87
	valle salto	831.07	58.50	1.56	60.06	61.10	54.60	4.53	12.06	12.83	1.49
	monte salto	860.92	57.11	1.55	58.66	59.71	54.60	4.54	12.02	12.84	1.50
	valle salto	861.92	56.10	1.46	57.56	58.87	54.60	5.07	10.76	12.82	1.77
	CUR-10 monte salto	904.56	53.79	0.90	54.69	55.75	54.60	4.56	11.97	17.67	1.77
	monte salto	974.33	49.10	0.97	50.07	50.93	54.60	4.12	13.26	17.67	1.81
Confluenza in Guardia	valle salto	975.33	48.04	0.95	48.99	50.28	65.10	5.02	12.96	17.66	1.88
	monte salto	1007.85	45.61	0.95	46.56	47.87	65.10	5.07	12.83	17.67	1.90
	valle salto	1008.85	44.48	0.93	45.41	46.79	65.10	5.21	12.50	17.66	1.98
	GUA-08	1020.15	43.23	1.24	44.47	44.92	65.10	2.97	21.95	19.33	1.00

Tabella 17 – Simulazione a tempo di ritorno 100 anni nella configurazione geometrica di stato attuale.

Note	Sezione	Progressiva	Quota fondo alveo	Tirante	Livello idrico	Carico totale	Portata	Velocità	Area deflusso	Larghezza livello idrico	Froude
	-	m	m s.m.	m	m s.m.	m s.m.	m ³ /s	m/s	m ²	m	-
Manufatto M3	CUR-01 monte manufatto	0.00	136.81	2.91	139.72	139.83	62.61	1.47	42.49	23.14	0.35
	CUR-01 valle manufatto	5.00	136.48	1.20	137.68	139.79	62.61	6.43	9.73	10.05	2.80
	monte salto	6.29	136.40	1.10	137.50	139.16	62.61	5.71	10.96	10.05	1.75
	valle salto	7.29	135.50	1.08	136.58	138.31	62.61	5.82	10.76	10.03	1.80
	monte salto	40.01	133.23	1.08	134.31	136.04	62.61	5.82	10.75	10.05	1.80
	valle salto	41.01	132.23	1.11	133.34	134.97	62.61	5.66	11.06	10.03	1.72

RELAZIONE IDRAULICA

Codice documento

SB0002_F0.doc



Rev

F0

Data

20/06/2011

Note	Sezione	Progressiva	Quota fondo alveo	Tirante	Livello idrico	Carico totale	Portata	Velocità	Area deflusso	Larghezza livello idrico	Froude
	-	m	m s.m.	m	m s.m.	m s.m.	m ³ /s	m/s	m ²	m	-
	monte salto	74.06	130.13	1.11	131.24	132.88	62.61	5.67	11.05	10.05	1.73
	valle salto	75.06	129.13	1.08	130.21	131.92	62.61	5.79	10.82	10.03	1.78
	monte salto	108.12	126.88	1.08	127.96	129.67	62.61	5.79	10.82	10.05	1.78
	valle salto	109.12	125.90	1.08	126.98	128.71	62.61	5.82	10.76	10.03	1.79
	monte salto	141.45	123.66	1.08	124.74	126.47	62.61	5.82	10.76	10.05	1.80
	valle salto	142.45	122.70	1.13	123.83	125.41	62.61	5.57	11.25	10.03	1.68
	CUR-02 monte salto	175.78	120.55	1.27	121.82	123.34	62.61	5.45	11.48	12.06	1.79
	CUR-02 valle salto	176.78	119.40	1.31	120.71	122.23	62.61	5.46	11.47	10.79	1.69
	monte salto	209.78	117.42	1.28	118.70	120.17	62.61	5.37	11.67	12.14	1.75
	valle salto	210.78	116.40	1.28	117.68	119.28	62.61	5.60	11.19	10.79	1.75
	monte salto	243.47	114.28	1.26	115.54	117.08	62.61	5.50	11.39	12.03	1.80
	valle salto	244.47	113.28	1.28	114.56	116.16	62.61	5.61	11.16	10.79	1.76
	monte salto	277.54	111.12	1.26	112.38	113.93	62.61	5.51	11.37	12.02	1.81
	valle salto	278.54	110.12	1.24	111.36	113.09	62.61	5.83	10.74	10.79	1.87
	CUR-03 monte salto	311.10	107.97	0.96	108.93	110.39	62.61	5.36	11.68	12.76	1.79
	CUR-03 valle salto	312.10	106.52	1.06	107.58	108.77	62.61	4.82	12.98	12.75	1.53
	monte salto	344.75	104.97	1.06	106.03	107.22	62.61	4.83	12.97	12.75	1.53
	valle salto	345.75	103.99	0.99	104.98	106.37	62.61	5.21	12.01	12.75	1.71
	monte salto	378.90	101.98	0.99	102.97	104.36	62.61	5.23	11.98	12.75	1.72
	valle salto	379.90	100.97	0.89	101.86	103.57	62.61	5.79	10.81	12.75	2.01
	CUR-04 monte salto	391.62	99.71	1.16	100.87	102.17	62.61	5.06	12.38	12.75	1.64
	valle salto	412.79	98.53	1.16	99.69	100.99	62.61	5.06	12.38	12.75	1.64
	valle salto	413.79	97.55	1.09	98.64	100.16	62.61	5.45	11.48	12.74	1.83
	CUR-05 monte salto	448.26	95.20	1.00	96.20	97.69	62.61	5.41	11.57	12.73	1.81
	CUR-05 valle salto	449.26	94.17	1.00	95.17	96.66	62.61	5.40	11.59	12.72	1.81
	CUR-06 monte salto	514.60	89.77	0.92	90.69	92.18	62.61	5.40	11.59	12.58	1.80
	CUR-06 valle salto	515.60	88.80	0.89	89.69	91.27	62.61	5.58	11.23	12.57	1.88
	monte salto	546.27	86.51	0.89	87.40	88.99	62.61	5.58	11.22	12.58	1.89
	valle salto	547.27	85.50	0.95	86.45	87.87	62.61	5.27	11.88	12.57	1.73
	CUR-07 monte salto	576.22	83.53	1.10	84.63	86.12	62.61	5.41	11.57	12.51	1.80
	CUR-07 valle salto	577.22	82.34	1.07	83.41	84.99	62.61	5.58	11.23	12.49	1.88
	monte salto	625.81	78.72	1.07	79.79	81.39	62.61	5.60	11.19	12.49	1.89
	valle salto	626.81	77.85	1.13	78.98	80.37	62.61	5.23	11.97	12.49	1.71
	monte salto	679.06	74.67	1.13	75.80	77.19	62.61	5.23	11.97	12.49	1.71
	valle salto	680.06	73.67	1.02	74.69	76.47	62.61	5.91	10.59	12.49	2.05
	CUR-08 monte salto	689.80	72.87	0.94	73.81	75.46	62.61	5.68	11.02	12.50	1.93
	valle salto	714.24	70.95	0.94	71.89	73.54	62.61	5.70	10.99	12.50	1.94
	valle salto	715.24	69.94	0.95	70.89	72.52	62.61	5.65	11.08	12.49	1.92
	monte salto	732.60	68.60	0.95	69.55	71.19	62.61	5.67	11.05	12.50	1.92
	valle salto	733.60	67.61	0.98	68.59	70.13	62.61	5.49	11.40	12.49	1.84
	monte salto	761.78	65.62	0.97	66.59	68.14	62.61	5.51	11.37	12.50	1.84
	valle salto	762.78	64.60	1.15	65.75	66.84	62.61	4.63	13.53	12.49	1.42
	CUR-09 monte salto	793.40	63.00	1.49	64.49	65.66	62.61	4.78	13.09	23.19	2.05
	CUR-09 valle salto	794.40	62.05	1.51	63.56	65.10	62.61	5.49	11.40	12.84	1.86
	monte salto	830.07	59.44	1.50	60.94	62.49	62.61	5.51	11.36	12.84	1.87
	valle salto	831.07	58.50	1.64	60.14	61.29	62.61	4.76	13.16	12.83	1.50
	monte salto	860.92	57.11	1.64	58.75	59.91	62.61	4.78	13.11	12.84	1.51

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
		RELAZIONE IDRAULICA	<i>Codice documento</i> SB0002_F0.doc	<i>Rev</i> F0

Note	Sezione	Progressiva	Quota fondo alveo	Tirante	Livello idrico	Carico totale	Portata	Velocità	Area deflusso	Larghezza livello idrico	Froude
	-	m	m s.m.	m	m s.m.	m s.m.	m ³ /s	m/s	m ²	m	-
	valle salto	861.92	56.10	1.53	57.63	59.09	62.61	5.35	11.70	12.83	1.79
	CUR-10	904.56	53.79	0.96	54.75	55.93	62.61	4.81	13.02	17.67	1.79
	monte salto	974.33	49.10	1.04	50.14	51.09	62.61	4.32	14.49	17.67	1.82
Confluenza in Guardia	valle salto	975.33	48.04	1.02	49.06	50.37	74.67	5.07	14.73	17.66	1.90
	monte salto	1007.85	45.61	1.01	46.62	48.07	74.67	5.33	14.00	17.67	1.91
	valle salto	1008.85	44.48	0.99	45.47	47.02	74.67	5.52	13.52	17.66	2.01
	GUA-08	1020.15	43.23	1.28	44.51	45.06	74.67	3.29	22.72	19.33	1.00

Tabella 18 – Simulazione a tempo di ritorno 200 anni nella configurazione geometrica di stato attuale.

3.3 Fiumara della Pace

3.3.1 Schematizzazione del modello numerico



La geometria della fiumara della Pace è stata descritta sulla base del rilievo topografico costituito da 8 sezioni trasversali che rappresentano in modo esaustivo l'alveo di piena del corso d'acqua. Nel modello sono state introdotte le opere di attraversamento e di controllo del trasporto solido esistenti (briglie, soglie); in particolare:

- il ponticello localizzato alla progressiva 2.31 m, in corrispondenza di un impianto di incenerimento rifiuti; si tratta di un manufatto di attraversamento a soletta piana in c.a. di larghezza 7.5 m, altezza all'intradosso 2.3 m e all'estradosso 3.6 m.
- il ponticello localizzato alla progressiva 235.43 m; si tratta di un attraversamento realizzato a soletta piana in c.a. di larghezza 7.5 m, altezza all'intradosso di 3.1 m e all'estradosso di 4.4 m;
- 20 briglie di altezza variabile, compresa tra 0.50 e 1.35 m circa, che stabilizzano il fondo dell'alveo conferendogli una pendenza media pari al 7%.

La sezione dell'alveo ha una geometria di forma rettangolare per effetto della sistemazione idraulica esistente realizzata in muri di sponda in gabbioni; il fondo dell'alveo non è rivestito.

Il rilievo eseguito copre una un'estensione complessiva di corso d'acqua pari a circa 615 m, il profilo di fondo alveo è caratterizzato da una pendenza media pari al 7%.



Di seguito (Tabella 19) si riporta il profilo longitudinale del modello in cui sono rappresentate le

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
		RELAZIONE IDRAULICA	<i>Codice documento</i> SB0002_F0.doc	<i>Rev</i> F0

sezioni trasversali utilizzate caratterizzandole in termini di progressiva metrica, quota e pendenza di fondo (thalweg) e posizione dei manufatti presenti in alveo. In corrispondenza dei manufatti (briglie, attraversamenti...) la sezione è stata duplicata per esigenze di modellizzazione.

Note	Sezione	Progressiva m	Quota fondo alveo m s.m.	Pendenza fondo alveo m/m
	PAC01	0.00	109.73	
Ponticello BxH=7.50x2.30 m	monte ponte	2.31	109.56	0.07
	valle ponte	10.25	108.97	0.07
	monte salto	16.29	108.52	0.07
	valle salto	17.29	108.03	
	monte salto	32.33	107.36	0.04
	valle salto	33.33	106.65	
	monte salto	49.57	105.70	0.06
	valle salto	50.57	104.90	
	PAC02 monte salto	64.02	104.07	0.06
	PAC02 valle salto	65.02	102.97	
	monte salto	103.72	100.51	0.06
	valle salto	104.72	99.15	
	monte salto	133.13	97.14	0.07
	valle salto	134.13	95.97	
	PAC03	163.19	93.98	0.07
	monte salto	168.07	93.79	0.04
	valle salto	169.07	93.05	
	monte salto	194.29	91.87	0.05
	valle salto	195.29	91.04	
	monte salto	212.14	90.18	0.05
	valle salto	213.14	88.86	
	PAC04	225.56	88.05	0.07
	monte salto	230.68	87.80	0.05
	valle salto	231.68	86.76	
Ponticello BxH=7.50x3.10 m	monte ponte	235.43	86.40	0.10
	valle ponte	243.29	85.81	0.08
	monte salto	274.78	83.42	0.08
	valle salto	275.78	82.59	
	monte salto	309.10	80.14	0.07
	valle salto	310.10	79.15	
	PAC05 monte salto	339.91	76.84	0.08
	PAC05 valle salto	340.91	76.09	
	monte salto	383.56	72.71	0.08
	valle salto	384.56	71.70	
	monte salto	418.78	69.31	0.07
	valle salto	419.78	68.34	
	PAC06	439.05	66.69	0.09
	monte salto	452.02	65.69	0.08
	valle salto	453.02	64.83	
	monte salto	488.40	61.83	0.08
	valle salto	489.40	61.02	
	PAC07	511.65	59.12	0.09
	monte salto	524.39	58.25	0.07
	valle salto	525.39	57.38	
	monte salto	565.20	54.49	0.07
	valle salto	566.20	53.40	
	monte salto	602.24	50.45	0.08
	valle salto	603.24	49.46	
	PAC08	615.20	48.46	0.08

Tabella 19 – Profilo longitudinale della fiamara della Pace.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
		RELAZIONE IDRAULICA	<i>Codice documento</i> SB0002_F0.doc	<i>Rev</i> F0

Nel corso dei sopralluoghi eseguiti si è inoltre valutata la dimensione del materiale di fondo costituente l'alveo caratterizzato da un d_{50} pari a 25 mm.

3.3.2 Condizioni al contorno

Le condizioni al contorno inserite nel modello di simulazione sono le seguenti:

- portata costante per tempo di ritorno assegnato (cfr. Tabella 20) in entrata nel modello (PAC01);
- portata distribuita del bacino residuo compreso tra le sezioni PAC05 e PAC08 (cfr. Tabella 20);
- altezza critica imposta nella sezione di valle PAC08 alla progressiva 615.20 m,
- granulometria caratteristica (d_{50}) pari a 25 mm.

	Q2	Q5	Q10	Q30	Q100	Q200
	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s
Fiumara della Pace	23.4	34.3	41.6	52.5	64.3	71.0
Fiumara della Pace (bacino residuo)	24.4	35.8	43.3	54.7	66.9	73.9

Tabella 20 – Portate idrologiche per tempo di ritorno assegnato inserite nel modello.

Per la portata a tempo di ritorno 200 anni sopra rappresentata si è adottata la stessa metodologia prima descritta per il calcolo dell'incremento medio necessario per tener conto dell'apporto solido; tale valore è risultato pari a 4%.

Note	Sezione	Progressiva	Quota fondo alveo	Portata idrologica Tr200	Capacità trasporto solido	Rapporto portate	Valor medio	Portata Tr200 di verifica
-	-	m	m s.m.	m ³ /s	m ³ /s	%	%	m ³ /s
	PAC01	0.00	109.73	71.00	2.37	3	4	73.84
Ponticello BxH=7.50x2.30 m	monte ponte	2.31	109.56	71.00	2.67	4		73.84
	valle ponte	10.25	108.97	71.00	2.75	4		73.84
	monte salto	16.29	108.52	71.00	4.08	6		73.84
	valle salto	17.29	108.03	71.00	1.62	2		73.84
	monte salto	32.33	107.36	71.00	1.82	3		73.84
	valle salto	33.33	106.65	71.00	2.56	4		73.84
	monte salto	49.57	105.70	71.00	2.64	4		73.84
	valle salto	50.57	104.90	71.00	2.68	4		73.84
	PAC02 monte salto	64.02	104.07	71.00	3.32	5		73.84
	PAC02 valle salto	65.02	102.97	71.00	2.67	4		73.84
	monte salto	103.72	100.51	71.00	2.80	4		73.84
	valle salto	104.72	99.15	71.00	3.46	5		73.84
	monte salto	133.13	97.14	71.00	3.35	5		73.84



Note	Sezione	Progressiva	Quota fondo alveo	Portata idrologica Tr200	Capacità trasporto solido	Rapporto portate	Valor medio	Portata Tr200 di verifica
-	-	m	m s.m.	m3/s	m3/s	%	%	m3/s
	valle salto	134.13	95.97	71.00	2.69	4		73.84
	PAC03	163.19	93.98	71.00	1.33	2		73.84
	monte salto	168.07	93.79	71.00	2.29	3		73.84
	valle salto	169.07	93.05	71.00	1.73	2		73.84
	monte salto	194.29	91.87	71.00	1.79	3		73.84
	valle salto	195.29	91.04	71.00	2.20	3		73.84
	monte salto	212.14	90.18	71.00	2.59	4		73.84
	valle salto	213.14	88.86	71.00	4.01	6		73.84
	PAC04	225.56	88.05	71.00	1.60	2		73.84
	monte salto	230.68	87.80	71.00	3.42	5		73.84
	valle salto	231.68	86.76	71.00	7.21	10		73.84
Ponticello BxH=7.50x3.10 m	monte ponte	235.43	86.40	71.00	2.99	4		73.84
	valle ponte	243.29	85.81	71.00	2.88	4		73.84
	monte salto	274.78	83.42	71.00	3.44	5		73.84
	valle salto	275.78	82.59	71.00	3.21	5		73.84
	monte salto	309.10	80.14	71.00	3.35	5		73.84
	valle salto	310.10	79.15	71.00	3.60	5		73.84
	PAC05 monte salto	339.91	76.84	71.00	3.48	5		73.84
	PAC05 valle salto	340.91	76.09	71.01	3.44	5		73.85
	monte salto	383.56	72.71	71.25	3.61	5		74.10
	valle salto	384.56	71.70	71.49	3.09	4		74.35
	monte salto	418.78	69.31	71.68	3.09	4		74.55
	valle salto	419.78	68.34	71.87	4.36	6		74.75
	PAC06	439.05	66.69	71.99	3.10	4		74.87
	monte salto	452.02	65.69	72.16	4.13	6		75.05
	valle salto	453.02	64.83	72.24	4.02	6		75.13
	monte salto	488.40	61.83	72.44	3.99	6		75.34
	valle salto	489.40	61.02	72.64	4.21	6		75.55
	PAC07	511.65	59.12	72.77	2.71	4		75.68
	monte salto	524.39	58.25	72.96	3.59	5		75.88
	valle salto	525.39	57.38	73.04	3.18	4		75.96
	monte salto	565.20	54.49	73.26	3.28	4		76.20
	valle salto	566.20	53.40	73.49	4.01	5		76.43
	monte salto	602.24	50.45	73.69	3.93	5		76.64
	valle salto	603.24	49.46	73.89	3.06	4		76.85
	PAC08	615.20	48.46	73.90	1.18	2		76.86

Tabella 21 – Definizione degli apporti solidi per l'evento a tempo Tr 200 anni lungo l'asta della fiumara Pace.

3.3.3 Coefficienti di scabrezza

Sulla base delle caratteristiche granulometriche, di copertura vegetale e morfologiche dell'asta si è assunta una scabrezza di:

- $22 \text{ m}^{1/3} \text{ s}^{-1}$ per l'alveo inciso,
- da 15 a $20 \text{ m}^{1/3} \text{ s}^{-1}$ per le aree di piano campagna esterne all'alveo caratterizzate da copertura vegetale di tipo arbustivo o arboreo.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
		RELAZIONE IDRAULICA	<i>Codice documento</i> SB0002_F0.doc	<i>Rev</i> F0

3.3.4 Simulazioni eseguite nello stato ante operam (stato attuale)

Le simulazioni eseguite sulla fiumara della Pace mostrano che il deflusso delle piene avviene in corrente veloce, data la elevata pendenza media di fondo alveo del tratto simulato.

Le piene sono contenute all'interno dell'alveo inciso e dalle opere spondali esistenti (muri in gabbioni). Il ponticello localizzato alla progressiva 2.31 m, in occasione del transito della piena di riferimento (Tr200 anni) viene riempito per il 69 % della sua altezza mentre quello alla progressiva 231.43 m per il 51%.

Nelle tabelle seguenti si riportano i risultati delle simulazioni eseguite per la configurazione geometrica ante operam (stato attuale) riferite ai tempi di ritorno di 2, 5, 10, 30, 100 e 200 anni.

Note	Sezione	Progressiva	Quota fondo alveo m s.m.	Tirante m	Livello idrico m s.m.	Carico totale m s.m.	Portata m ³ /s	Velocità m/s	Area deflusso m ²	Larghezza livello idrico m	Froude
	PAC01	0.00	109.73	0.74	110.47	111.41	23.40	4.29	5.45	7.20	1.57
Ponticello BxH=7.50x2.30 m	monte ponte	2.31	109.56	0.75	110.31	111.26	23.40	4.32	5.42	7.51	1.61
	valle ponte	10.25	108.97	0.74	109.71	110.68	23.40	4.37	5.36	7.51	1.64
	monte salto	16.29	108.52	0.72	109.24	110.28	23.40	4.52	5.18	7.20	1.69
	valle salto	17.29	108.03	0.88	108.91	109.61	23.40	3.71	6.30	7.20	1.26
	monte salto	32.33	107.36	0.85	108.21	108.95	23.40	3.80	6.16	7.20	1.31
	valle salto	33.33	106.65	0.80	107.45	108.29	23.40	4.05	5.78	7.20	1.43
	monte salto	49.57	105.70	0.78	106.48	107.37	23.40	4.18	5.60	7.20	1.48
	valle salto	50.57	104.90	0.83	105.73	106.51	23.40	3.91	5.98	7.20	1.36
	PAC02	64.02	104.07	0.93	105.00	105.91	23.40	4.22	5.55	7.21	1.52
	monte salto	65.02	102.97	0.94	103.91	104.80	23.40	4.18	5.60	7.21	1.50
	valle salto	103.72	100.51	0.93	101.44	102.36	23.40	4.25	5.50	7.21	1.54
	monte salto	104.72	99.15	0.91	100.06	101.01	23.40	4.33	5.41	7.21	1.58
	valle salto	133.13	97.14	0.90	98.04	99.03	23.40	4.40	5.32	7.21	1.62
	monte salto	134.13	95.97	0.95	96.92	97.79	23.40	4.14	5.65	7.21	1.48
	valle salto	163.19	93.98	1.13	95.11	95.75	23.40	3.55	6.59	7.39	1.19
	PAC03	168.07	93.79	1.12	94.91	95.56	23.40	3.58	6.54	7.39	1.26
	monte salto	169.07	93.05	1.09	94.14	94.85	23.40	3.74	6.25	7.39	1.29
	valle salto	194.29	91.87	1.07	92.94	93.68	23.40	3.80	6.16	7.39	1.37
	monte salto	195.29	91.04	1.06	92.10	92.85	23.40	3.85	6.08	7.39	1.35
	valle salto	212.14	90.18	1.04	91.22	92.00	23.40	3.91	5.98	7.39	1.43
	monte salto	213.14	88.86	0.96	89.82	90.78	23.40	4.34	5.39	7.39	1.59
	valle salto	225.56	88.05	0.85	88.90	89.65	23.40	3.83	6.11	7.43	1.34
	PAC04	230.68	87.80	0.83	88.63	89.41	23.40	3.91	5.99	7.43	1.38
	monte salto										

Note	Sezione	Progressiva	Quota fondo alveo	Tirante	Livello idrico	Carico totale	Portata	Velocità	Area deflusso	Larghezza livello idrico	Froude
-	-	m	m s.m.	m	m s.m.	m s.m.	m ³ /s	m/s	m ²	m	-
	valle salto	231.68	86.76	0.72	87.48	88.53	23.40	4.53	5.16	7.43	1.72
Ponticello BxH=7.50x3.10 m	monte ponte	235.43	86.40	0.75	87.15	88.10	23.40	4.33	5.41	7.43	1.61
	valle ponte	243.29	85.81	0.75	86.56	87.52	23.40	4.35	5.38	7.43	1.62
	monte salto	274.78	83.42	0.72	84.14	85.18	23.40	4.51	5.19	7.43	1.71
	valle salto	275.78	82.59	0.76	83.35	84.29	23.40	4.30	5.44	7.43	1.60
	monte salto	309.10	80.14	0.73	80.87	81.89	23.40	4.47	5.24	7.43	1.69
	valle salto	310.10	79.15	0.75	79.90	80.86	23.40	4.35	5.38	7.43	1.62
	PAC05 monte salto	339.91	76.84	0.77	77.61	78.60	23.40	4.41	5.31	7.45	1.66
	PAC05 valle salto	340.91	76.09	0.77	76.86	77.85	23.40	4.42	5.30	7.45	1.67
	monte salto	383.56	72.71	0.76	73.47	74.47	23.48	4.44	5.29	7.45	1.68
	valle salto	384.56	71.70	0.80	72.50	73.42	23.57	4.25	5.55	7.44	1.57
	monte salto	418.78	69.31	0.80	70.11	71.04	23.63	4.27	5.53	7.45	1.58
	valle salto	419.78	68.34	0.76	69.10	70.13	23.70	4.51	5.26	7.44	1.70
	PAC06 monte salto	439.05	66.69	0.80	67.49	68.48	23.74	4.41	5.38	7.39	1.65
	valle salto	452.02	65.69	0.80	66.49	67.50	23.80	4.45	5.35	7.39	1.66
	monte salto	453.02	64.83	0.78	65.61	66.66	23.83	4.55	5.24	7.39	1.72
	valle salto	488.40	61.83	0.78	62.61	63.69	23.90	4.60	5.20	7.39	1.74
	monte salto	489.40	61.02	0.78	61.80	62.87	23.97	4.58	5.23	7.39	1.73
	valle salto	511.65	59.12	0.77	59.89	60.82	24.01	4.26	5.63	7.34	1.55
	PAC07 monte salto	524.39	58.25	0.77	59.02	59.95	24.08	4.27	5.64	7.34	1.55
	valle salto	525.39	57.38	0.76	58.14	59.10	24.10	4.35	5.54	7.34	1.59
	monte salto	565.20	54.49	0.76	55.25	56.22	24.18	4.36	5.55	7.34	1.59
	valle salto	566.20	53.40	0.73	54.13	55.18	24.26	4.53	5.35	7.34	1.69
	monte salto	602.24	50.45	0.73	51.18	52.23	24.33	4.53	5.37	7.34	1.68
	valle salto	603.24	49.46	0.80	50.26	51.15	24.40	4.19	5.83	7.34	1.32
	PAC08 monte salto	615.20	48.46	1.04	49.50	50.02	24.40	3.20	7.63	7.34	1.00

Tabella 22 – Simulazione a tempo di ritorno 2 anni nella configurazione geometrica di stato attuale.

Note	Sezione	Progressiva	Quota fondo alveo	Tirante	Livello idrico	Carico totale	Portata	Velocità	Area deflusso	Larghezza livello idrico	Froude
-	-	m	m s.m.	m	m s.m.	m s.m.	m ³ /s	m/s	m ²	m	-
	PAC01	0.00	109.73	0.95	110.68	111.92	34.30	4.93	6.96	7.21	1.60
Ponticello BxH=7.50x2.30 m	monte ponte	2.31	109.56	0.95	110.51	111.74	34.30	4.92	6.97	7.51	1.61
	valle ponte	10.25	108.97	0.95	109.92	111.17	34.30	4.95	6.93	7.51	1.65
	monte salto	16.29	108.52	0.94	109.46	110.78	34.30	5.08	6.75	7.21	1.69
	valle salto	17.29	108.03	1.13	109.16	110.06	34.30	4.20	8.17	7.21	1.26
	monte salto	32.33	107.36	1.14	108.50	109.40	34.30	4.19	8.18	7.21	1.31
	valle salto	33.33	106.65	1.04	107.69	108.77	34.30	4.60	7.46	7.20	1.44
	monte salto	49.57	105.70	1.02	106.72	107.82	34.30	4.65	7.37	7.21	1.49
	valle salto	50.57	104.90	1.07	105.97	106.99	34.30	4.47	7.68	7.20	1.38
	PAC02 monte salto	64.02	104.07	1.16	105.23	106.37	34.30	4.74	7.24	7.42	1.53
	PAC02 valle salto	65.02	102.97	1.17	104.14	105.29	34.30	4.75	7.22	7.21	1.51
	monte salto	103.72	100.51	1.16	101.67	102.84	34.30	4.78	7.17	7.40	1.55
	valle salto	104.72	99.15	1.13	100.28	101.51	34.30	4.91	6.98	7.21	1.59
	monte salto	133.13	97.14	1.12	98.26	99.51	34.30	4.95	6.93	7.30	1.62
	valle salto	134.13	95.97	1.18	97.15	98.27	34.30	4.69	7.32	7.21	1.48
	PAC03 monte salto	163.19	93.98	1.39	95.37	96.19	34.30	4.01	8.55	7.40	1.19
	valle salto	168.07	93.79	1.39	95.18	96.01	34.30	4.03	8.52	7.40	1.26

RELAZIONE IDRAULICA

Codice documento
SB0002_F0.doc

Rev *Data*
F0 20/06/2011

Note	Sezione	Progressiva	Quota fondo alveo	Tirante	Livello idrico	Carico totale	Portata	Velocità	Area deflusso	Larghezza livello idrico	Froude
-	-	m	m s.m.	m	m s.m.	m s.m.	m ³ /s	m/s	m ²	m	-
	valle salto	169.07	93.05	1.34	94.39	95.31	34.30	4.25	8.07	7.39	1.30
	monte salto	194.29	91.87	1.33	93.20	94.12	34.30	4.25	8.07	7.40	1.37
	valle salto	195.29	91.04	1.30	92.34	93.31	34.30	4.36	7.86	7.39	1.35
	monte salto	212.14	90.18	1.30	91.48	92.45	34.30	4.37	7.85	7.40	1.43
	valle salto	213.14	88.86	1.19	90.05	91.26	34.30	4.88	7.03	7.39	1.60
	PAC04	225.56	88.05	1.09	89.14	90.09	34.30	4.32	7.94	7.43	1.34
	monte salto	230.68	87.80	1.09	88.89	89.85	34.30	4.33	7.92	7.43	1.38
	valle salto	231.68	86.76	0.92	87.68	89.03	34.30	5.14	6.67	7.43	1.73
Ponticello BxH=7.50x3.10 m	monte ponte	235.43	86.40	0.96	87.36	88.60	34.30	4.94	6.95	7.43	1.63
	valle ponte	243.29	85.81	0.96	86.77	88.02	34.30	4.96	6.92	7.43	1.64
	monte salto	274.78	83.42	0.93	84.35	85.67	34.30	5.09	6.74	7.43	1.72
	valle salto	275.78	82.59	0.97	83.56	84.78	34.30	4.90	7.00	7.43	1.61
	monte salto	309.10	80.14	0.94	81.08	82.37	34.30	5.04	6.81	7.43	1.69
	valle salto	310.10	79.15	0.96	80.11	81.36	34.30	4.96	6.92	7.43	1.64
	PAC05 monte salto	339.91	76.84	0.97	77.81	79.09	34.30	5.01	6.84	7.45	1.67
	PAC05 valle salto	340.91	76.09	0.97	77.06	78.35	34.30	5.03	6.82	7.45	1.69
	monte salto	383.56	72.71	0.97	73.68	74.98	34.43	5.04	6.83	7.45	1.69
	valle salto	384.56	71.70	1.01	72.71	73.90	34.55	4.84	7.14	7.45	1.58
	monte salto	418.78	69.31	1.01	70.32	71.52	34.65	4.85	7.14	7.45	1.59
	valle salto	419.78	68.34	0.96	69.30	70.65	34.75	5.14	6.76	7.45	1.72
	PAC06 monte salto	439.05	66.69	1.01	67.70	68.99	34.81	5.02	6.93	7.39	1.66
	monte salto	452.02	65.69	1.01	66.70	68.00	34.90	5.04	6.92	7.39	1.67
	valle salto	453.02	64.83	0.99	65.82	67.19	34.94	5.18	6.74	7.39	1.74
	monte salto	488.40	61.83	0.99	62.82	64.21	35.05	5.22	6.72	7.39	1.75
	valle salto	489.40	61.02	0.99	62.01	63.39	35.15	5.21	6.75	7.39	1.74
	PAC07 monte salto	511.65	59.12	0.99	60.11	61.31	35.21	4.85	7.26	7.34	1.56
	monte salto	524.39	58.25	0.99	59.24	60.44	35.31	4.86	7.27	7.34	1.56
	valle salto	525.39	57.38	0.97	58.35	59.60	35.35	4.95	7.14	7.34	1.61
	monte salto	565.20	54.49	0.98	55.47	56.72	35.47	4.95	7.16	7.34	1.61
	valle salto	566.20	53.40	0.94	54.34	55.70	35.59	5.17	6.89	7.34	1.71
	monte salto	602.24	50.45	0.94	51.39	52.75	35.69	5.16	6.91	7.34	1.70
	valle salto	603.24	49.46	1.05	50.51	51.62	35.80	4.66	7.68	7.34	1.33
	PAC08	615.20	48.46	1.34	49.80	50.48	35.80	3.64	9.83	7.34	1.00

Tabella 23 – Simulazione a tempo di ritorno 5 anni nella configurazione geometrica di stato attuale.

Note	Sezione	Progressiva	Quota fondo alveo	Tirante	Livello idrico	Carico totale	Portata	Velocità	Area deflusso	Larghezza livello idrico	Froude
-	-	m	m s.m.	m	m s.m.	m s.m.	m ³ /s	m/s	m ²	m	-
	PAC01	0.00	109.73	1.08	110.81	112.23	41.60	5.27	7.89	7.21	1.61
Ponticello BxH=7.50x2.30 m	monte ponte	2.31	109.56	1.08	110.64	112.04	41.60	5.25	7.93	7.51	1.62
	valle ponte	10.25	108.97	1.08	110.05	111.45	41.60	5.25	7.93	7.51	1.65
	monte salto	16.29	108.52	1.08	109.60	111.06	41.60	5.35	7.78	7.21	1.69
	valle salto	17.29	108.03	1.29	109.32	110.35	41.60	4.49	9.27	7.21	1.26
	monte salto	32.33	107.36	1.28	108.64	109.68	41.60	4.51	9.23	7.21	1.31
	valle salto	33.33	106.65	1.18	107.83	109.06	41.60	4.91	8.47	7.21	1.45
	monte salto	49.57	105.70	1.17	106.87	108.11	41.60	4.92	8.45	7.21	1.49
	valle salto	50.57	104.90	1.20	106.10	107.27	41.60	4.79	8.68	7.21	1.39
	PAC02 monte salto	64.02	104.07	1.30	105.37	106.66	41.60	5.03	8.27	7.84	1.56
	PAC02 valle	65.02	102.97	1.30	104.27	105.58	41.60	5.08	8.19	7.21	1.52

RELAZIONE IDRAULICA

Codice documento
SB0002_F0.doc

Rev *Data*
F0 20/06/2011

Note	Sezione	Progressiva	Quota fondo alveo m s.m.	Tirante m	Livello idrico m s.m.	Carico totale m s.m.	Portata m ³ /s	Velocità m/s	Area deflusso m ²	Larghezza livello idrico m	Froude
	salto										
	monte salto	103.72	100.51	1.29	101.80	103.11	41.60	5.08	8.19	7.81	1.58
	valle salto	104.72	99.15	1.26	100.41	101.82	41.60	5.26	7.91	7.21	1.60
	monte salto	133.13	97.14	1.25	98.39	99.80	41.60	5.27	7.90	7.69	1.66
	valle salto	134.13	95.97	1.32	97.29	98.56	41.60	4.99	8.33	7.21	1.48
	PAC03	163.19	93.98	1.55	95.53	96.47	41.60	4.28	9.71	7.40	1.19
	monte salto	168.07	93.79	1.55	95.34	96.28	41.60	4.29	9.69	7.40	1.26
	valle salto	169.07	93.05	1.48	94.53	95.58	41.60	4.54	9.16	7.39	1.30
	monte salto	194.29	91.87	1.47	93.34	94.40	41.60	4.55	9.14	7.40	1.37
	valle salto	195.29	91.04	1.44	92.48	93.59	41.60	4.67	8.91	7.39	1.36
	monte salto	212.14	90.18	1.44	91.62	92.74	41.60	4.68	8.88	7.40	1.43
	valle salto	213.14	88.86	1.32	90.18	91.56	41.60	5.20	8.00	7.39	1.60
	PAC04	225.56	88.05	1.24	89.29	90.37	41.60	4.61	9.02	7.44	1.34
	monte salto	230.68	87.80	1.23	89.03	90.12	41.60	4.63	8.99	7.44	1.38
	valle salto	231.68	86.76	1.04	87.80	89.34	41.60	5.50	7.57	7.43	1.74
Ponticello BxH=7.50x3.10 m	monte ponte	235.43	86.40	1.08	87.48	88.91	41.60	5.29	7.86	7.43	1.64
	valle ponte	243.29	85.81	1.08	86.89	88.33	41.60	5.31	7.83	7.43	1.65
	monte salto	274.78	83.42	1.07	84.49	85.95	41.60	5.36	7.76	7.43	1.72
	valle salto	275.78	82.59	1.09	83.68	85.08	41.60	5.25	7.93	7.43	1.62
	monte salto	309.10	80.14	1.08	81.22	82.65	41.60	5.30	7.85	7.43	1.69
	valle salto	310.10	79.15	1.08	80.23	81.67	41.60	5.31	7.83	7.43	1.65
	PAC05 monte salto	339.91	76.84	1.10	77.94	79.40	41.60	5.35	7.78	7.45	1.67
	PAC05 valle salto	340.91	76.09	1.09	77.18	78.65	41.60	5.37	7.74	7.45	1.69
	monte salto	383.56	72.71	1.10	73.81	75.28	41.74	5.38	7.76	7.45	1.69
	valle salto	384.56	71.70	1.14	72.84	74.20	41.89	5.17	8.10	7.45	1.59
	monte salto	418.78	69.31	1.14	70.45	71.81	42.00	5.17	8.12	7.45	1.59
	valle salto	419.78	68.34	1.09	69.43	70.96	42.11	5.48	7.68	7.45	1.73
	PAC06	439.05	66.69	1.14	67.83	69.30	42.18	5.37	7.86	7.39	1.66
	monte salto	452.02	65.69	1.14	66.83	68.30	42.28	5.38	7.86	7.39	1.67
	valle salto	453.02	64.83	1.11	65.94	67.50	42.33	5.54	7.64	7.39	1.75
	monte salto	488.40	61.83	1.11	62.94	64.51	42.44	5.55	7.64	7.39	1.75
	valle salto	489.40	61.02	1.11	62.13	63.70	42.56	5.56	7.66	7.39	1.74
	PAC07	511.65	59.12	1.12	60.24	61.60	42.64	5.17	8.24	7.35	1.56
	monte salto	524.39	58.25	1.12	59.37	60.74	42.75	5.18	8.25	7.35	1.56
	valle salto	525.39	57.38	1.10	58.48	59.91	42.79	5.29	8.09	7.34	1.61
	monte salto	565.20	54.49	1.11	55.60	57.02	42.93	5.29	8.12	7.35	1.61
	valle salto	566.20	53.40	1.06	54.46	56.01	43.06	5.51	7.81	7.34	1.71
	monte salto	602.24	50.45	1.07	51.52	53.07	43.18	5.51	7.84	7.35	1.71
	valle salto	603.24	49.46	1.21	50.67	51.89	43.30	4.90	8.84	7.34	1.34
	PAC08	615.20	48.46	1.53	49.99	50.75	43.30	3.86	11.22	7.34	1.00

Tabella 24 – Simulazione a tempo di ritorno 10 anni nella configurazione geometrica di stato attuale.

Note	Sezione	Progressiva	Quota fondo alveo m s.m.	Tirante m	Livello idrico m s.m.	Carico totale m s.m.	Portata m ³ /s	Velocità m/s	Area deflusso m ²	Larghezza livello idrico m	Froude
	PAC01	0.00	109.73	1.26	110.99	112.66	52.50	5.73	9.16	7.21	1.62
Ponticello BxH=7.50x2.30 m	monte ponte	2.31	109.56	1.26	110.82	112.47	52.50	5.68	9.24	7.51	1.62
	valle ponte	10.25	108.97	1.26	110.23	111.88	52.50	5.68	9.24	7.51	1.65
	monte salto	16.29	108.52	1.26	109.78	111.49	52.50	5.79	9.07	7.21	1.69
	valle salto	17.29	108.03	1.51	109.54	110.73	52.50	4.84	10.85	7.21	1.26

RELAZIONE IDRAULICA

Codice documento
SB0002_F0.doc

Rev *Data*
F0 20/06/2011

Note	Sezione	Progressiva	Quota fondo alveo	Tirante	Livello idrico	Carico totale	Portata	Velocità	Area deflusso	Larghezza livello idrico	Froude
-	-	m	m s.m.	m	m s.m.	m s.m.	m ³ /s	m/s	m ²	m	-
	monte salto	32.33	107.36	1.50	108.86	110.06	52.50	4.86	10.80	7.21	1.31
	valle salto	33.33	106.65	1.37	108.02	109.46	52.50	5.31	9.89	7.21	1.45
	monte salto	49.57	105.70	1.36	107.06	108.52	52.50	5.35	9.82	7.21	1.49
	valle salto	50.57	104.90	1.41	106.31	107.68	52.50	5.18	10.14	7.21	1.39
	PAC02 monte salto	64.02	104.07	1.50	105.57	107.04	52.50	5.37	9.78	8.46	1.59
	PAC02 valle salto	65.02	102.97	1.49	104.46	105.99	52.50	5.47	9.59	7.21	1.52
	monte salto	103.72	100.51	1.49	102.00	103.50	52.50	5.42	9.69	8.42	1.61
	valle salto	104.72	99.15	1.45	100.60	102.24	52.50	5.68	9.25	7.21	1.60
	monte salto	133.13	97.14	1.44	98.58	100.19	52.50	5.63	9.33	8.27	1.69
	valle salto	134.13	95.97	1.52	97.49	98.96	52.50	5.36	9.79	7.21	1.48
	PAC03 monte salto	163.19	93.98	1.77	95.75	96.83	52.50	4.61	11.38	7.40	1.19
	valle salto	168.07	93.79	1.77	95.56	96.65	52.50	4.63	11.35	7.40	1.26
	monte salto	169.07	93.05	1.70	94.75	95.97	52.50	4.89	10.73	7.40	1.30
	valle salto	194.29	91.87	1.69	93.56	94.78	52.50	4.89	10.74	7.40	1.37
	monte salto	195.29	91.04	1.65	92.69	93.98	52.50	5.03	10.43	7.40	1.36
	valle salto	212.14	90.18	1.64	91.82	93.12	52.50	5.04	10.41	7.40	1.43
	monte salto	213.14	88.86	1.50	90.36	91.96	52.50	5.60	9.38	7.39	1.60
	valle salto	225.56	88.05	1.45	89.50	90.76	52.50	4.98	10.55	7.44	1.34
	PAC04 monte salto	230.68	87.80	1.44	89.24	90.51	52.50	5.00	10.51	7.44	1.38
	valle salto	231.68	86.76	1.21	87.97	89.77	52.50	5.95	8.83	7.43	1.74
Ponticello BxH=7.50x3.10 m	monte ponte	235.43	86.40	1.26	87.66	89.33	52.50	5.73	9.17	7.44	1.65
	valle ponte	243.29	85.81	1.26	87.07	88.75	52.50	5.74	9.14	7.44	1.65
	monte salto	274.78	83.42	1.25	84.67	86.38	52.50	5.79	9.06	7.44	1.72
	valle salto	275.78	82.59	1.27	83.86	85.51	52.50	5.69	9.23	7.43	1.63
	monte salto	309.10	80.14	1.26	81.40	83.08	52.50	5.74	9.15	7.44	1.69
	valle salto	310.10	79.15	1.25	80.40	82.10	52.50	5.77	9.10	7.43	1.66
	PAC05 monte salto	339.91	76.84	1.27	78.11	79.81	52.50	5.78	9.09	7.46	1.67
	PAC05 valle salto	340.91	76.09	1.27	77.36	79.09	52.50	5.82	9.02	7.45	1.69
	monte salto	383.56	72.71	1.27	73.98	75.70	52.69	5.82	9.06	7.45	1.69
	valle salto	384.56	71.70	1.32	73.02	74.61	52.87	5.59	9.46	7.45	1.59
	monte salto	418.78	69.31	1.33	70.64	72.23	53.02	5.59	9.49	7.45	1.59
	valle salto	419.78	68.34	1.26	69.60	71.39	53.16	5.93	8.97	7.45	1.73
	PAC06 monte salto	439.05	66.69	1.32	68.01	69.72	53.25	5.80	9.18	7.39	1.66
	valle salto	452.02	65.69	1.32	67.01	68.73	53.38	5.81	9.19	7.39	1.67
	monte salto	453.02	64.83	1.28	66.11	67.94	53.44	5.99	8.92	7.39	1.75
	valle salto	488.40	61.83	1.28	63.11	64.95	53.59	6.00	8.93	7.39	1.75
	monte salto	489.40	61.02	1.29	62.31	64.14	53.74	6.00	8.96	7.39	1.74
	valle salto	511.65	59.12	1.31	60.43	62.03	53.84	5.60	9.62	7.35	1.56
	PAC07 monte salto	524.39	58.25	1.31	59.56	61.16	53.99	5.60	9.64	7.35	1.56
	valle salto	525.39	57.38	1.29	58.67	60.34	54.05	5.72	9.45	7.34	1.61
	monte salto	565.20	54.49	1.29	55.78	57.44	54.22	5.71	9.49	7.35	1.61
	valle salto	566.20	53.40	1.24	54.64	56.45	54.39	5.96	9.12	7.34	1.71
	monte salto	602.24	50.45	1.25	51.70	53.51	54.54	5.96	9.15	7.35	1.71
	valle salto	603.24	49.46	1.43	50.89	52.28	54.70	5.22	10.48	7.35	1.34
	PAC08 monte salto	615.20	48.46	1.78	50.24	51.13	54.70	4.19	13.06	7.34	1.00

Tabella 25 – Simulazione a tempo di ritorno 30 anni nella configurazione geometrica di stato attuale.

Note	Sezione	Progressiva	Quota fondo alveo	Tirante	Livello idrico	Carico totale	Portata	Velocità	Area deflusso	Larghezza livello idrico	Froude
-	-	m	m s.m.	m	m s.m.	m s.m.	m ³ /s	m/s	m ²	m	-

RELAZIONE IDRAULICA

Codice documento
SB0002_F0.doc

<i>Rev</i>	<i>Data</i>
F0	20/06/2011

Note	Sezione	Progressiva m	Quota fondo alveo m s.m.	Tirante m	Livello idrico m s.m.	Carico totale m s.m.	Portata m ³ /s	Velocità m/s	Area deflusso m ²	Larghezza livello idrico m	Froude
	PAC01	0.00	109.73	1.44	111.17	113.09	64.30	6.14	10.48	7.21	1.63
Ponticello BxH=7.50x2.30 m	monte ponte	2.31	109.56	1.44	111.00	112.88	64.30	6.07	10.60	7.51	1.63
	valle ponte	10.25	108.97	1.44	110.41	112.28	64.30	6.06	10.61	7.51	1.65
	monte salto	16.29	108.52	1.44	109.96	111.92	64.30	6.19	10.38	7.21	1.69
	valle salto	17.29	108.03	1.73	109.76	111.12	64.30	5.16	12.47	7.21	1.26
	monte salto	32.33	107.36	1.73	109.09	110.45	64.30	5.16	12.46	7.21	1.31
	valle salto	33.33	106.65	1.58	108.23	109.86	64.30	5.66	11.36	7.21	1.45
	monte salto	49.57	105.70	1.57	107.27	108.92	64.30	5.69	11.30	7.21	1.49
	valle salto	50.57	104.90	1.61	106.51	108.08	64.30	5.55	11.58	7.21	1.40
	PAC02 monte salto	64.02	104.07	1.69	105.76	107.40	64.30	5.67	11.35	9.17	1.63
	PAC02 valle salto	65.02	102.97	1.69	104.66	106.41	64.30	5.86	10.97	7.21	1.52
	monte salto	103.72	100.51	1.67	102.18	103.85	64.30	5.73	11.23	9.11	1.65
	valle salto	104.72	99.15	1.63	100.78	102.66	64.30	6.07	10.59	7.21	1.60
	monte salto	133.13	97.14	1.62	98.76	100.56	64.30	5.95	10.81	8.92	1.73
	valle salto	134.13	95.97	1.73	97.70	99.36	64.30	5.71	11.27	7.21	1.48
	PAC03 monte salto	163.19	93.98	2.00	95.98	97.22	64.30	4.92	13.06	7.41	1.19
	valle salto	168.07	93.79	2.00	95.79	97.03	64.30	4.93	13.03	7.41	1.26
monte salto	169.07	93.05	1.91	94.96	96.36	64.30	5.23	12.29	7.40	1.30	
valle salto	194.29	91.87	1.90	93.77	95.17	64.30	5.24	12.28	7.40	1.37	
monte salto	195.29	91.04	1.85	92.89	94.37	64.30	5.38	11.95	7.40	1.36	
valle salto	212.14	90.18	1.85	92.03	93.51	64.30	5.39	11.92	7.40	1.43	
monte salto	213.14	88.86	1.70	90.56	92.35	64.30	5.93	10.85	7.39	1.60	
valle salto	225.56	88.05	1.66	89.71	91.14	64.30	5.29	12.16	7.44	1.34	
PAC04 monte salto	230.68	87.80	1.66	89.46	90.88	64.30	5.28	12.17	7.44	1.38	
valle salto	231.68	86.76	1.39	88.15	90.19	64.30	6.33	10.16	7.43	1.74	
Ponticello BxH=7.50x3.10 m	monte ponte	235.43	86.40	1.44	87.84	89.75	64.30	6.12	10.51	7.44	1.65
	valle ponte	243.29	85.81	1.44	87.25	89.17	64.30	6.14	10.48	7.44	1.65
	monte salto	274.78	83.42	1.42	84.84	86.79	64.30	6.19	10.39	7.44	1.72
	valle salto	275.78	82.59	1.45	84.04	85.92	64.30	6.07	10.59	7.43	1.63
	monte salto	309.10	80.14	1.44	81.58	83.49	64.30	6.12	10.50	7.44	1.69
	valle salto	310.10	79.15	1.43	80.58	82.51	64.30	6.15	10.45	7.43	1.66
	PAC05 monte salto	339.91	76.84	1.45	78.29	80.25	64.30	6.20	10.37	7.46	1.68
	PAC05 valle salto	340.91	76.09	1.44	77.53	79.50	64.30	6.22	10.33	7.45	1.69
	monte salto	383.56	72.71	1.44	74.15	76.13	64.52	6.24	10.34	7.45	1.70
	valle salto	384.56	71.70	1.51	73.21	75.03	64.74	5.98	10.82	7.45	1.59
	monte salto	418.78	69.31	1.51	70.82	72.65	64.91	6.00	10.82	7.45	1.59
	valle salto	419.78	68.34	1.43	69.77	71.82	65.08	6.34	10.27	7.45	1.73
	PAC06 monte salto	439.05	66.69	1.50	68.19	70.15	65.18	6.20	10.52	7.40	1.66
	valle salto	452.02	65.69	1.50	67.19	69.15	65.34	6.20	10.54	7.40	1.67
	monte salto	453.02	64.83	1.46	66.29	68.38	65.41	6.41	10.21	7.39	1.75
	valle salto	488.40	61.83	1.46	63.29	65.39	65.59	6.41	10.23	7.40	1.75
	monte salto	489.40	61.02	1.47	62.49	64.58	65.77	6.40	10.28	7.39	1.74
	valle salto	511.65	59.12	1.50	60.62	62.44	65.89	5.97	11.03	7.35	1.56
	PAC07 monte salto	524.39	58.25	1.50	59.75	61.57	66.06	5.98	11.05	7.35	1.56
	valle salto	525.39	57.38	1.48	58.86	60.76	66.13	6.11	10.83	7.35	1.61
	monte salto	565.20	54.49	1.48	55.97	57.87	66.33	6.10	10.87	7.35	1.61
	valle salto	566.20	53.40	1.42	54.82	56.89	66.53	6.38	10.43	7.34	1.71
	monte salto	602.24	50.45	1.43	51.88	53.95	66.71	6.37	10.48	7.35	1.71
	valle salto	603.24	49.46	1.66	51.12	52.66	66.90	5.49	12.19	7.35	1.34
PAC08	615.20	48.46	2.04	50.50	51.52	66.90	4.47	14.97	7.35	1.00	





		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO			
		RELAZIONE IDRAULICA	<i>Codice documento</i> SB0002_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Tabella 26 – Simulazione a tempo di ritorno 100 anni nella configurazione geometrica di stato attuale.

Note	Sezione	Progressiva m	Quota fondo alveo m s.m.	Tirante m	Livello idrico m s.m.	Carico totale m s.m.	Portata m ³ /s	Velocità m/s	Area deflusso m ²	Larghezza livello idrico m	Froude
	PAC01	0.00	109.73	1.58	111.31	113.41	73.84	6.43	11.49	7.21	1.63
Ponticello BxH=7.50x2.30 m	monte ponte	2.31	109.56	1.58	111.14	113.19	73.84	6.34	11.65	7.51	1.63
	valle ponte	10.25	108.97	1.58	110.55	112.59	73.84	6.32	11.68	7.51	1.65
	monte salto	16.29	108.52	1.59	110.11	112.23	73.84	6.45	11.44	7.21	1.69
	valle salto	17.29	108.03	1.90	109.93	111.41	73.84	5.38	13.72	7.21	1.26
	monte salto	32.33	107.36	1.90	109.26	110.74	73.84	5.39	13.70	7.21	1.31
	valle salto	33.33	106.65	1.73	108.38	110.16	73.84	5.91	12.49	7.21	1.45
	monte salto	49.57	105.70	1.73	107.43	109.22	73.84	5.93	12.46	7.21	1.49
	valle salto	50.57	104.90	1.76	106.66	108.39	73.84	5.83	12.67	7.21	1.40
	PAC02 monte salto	64.02	104.07	1.83	105.90	107.64	73.84	5.85	12.63	9.83	1.65
	PAC02 valle salto	65.02	102.97	1.84	104.81	106.72	73.84	6.12	12.07	7.21	1.52
	monte salto	103.72	100.51	1.82	102.33	104.11	73.84	5.92	12.48	9.67	1.66
	valle salto	104.72	99.15	1.78	100.93	102.99	73.84	6.35	11.62	7.21	1.60
	monte salto	133.13	97.14	1.76	98.90	100.83	73.84	6.15	12.00	9.46	1.74
	valle salto	134.13	95.97	1.89	97.86	99.66	73.84	5.94	12.44	7.21	1.48
	PAC03 monte salto	163.19	93.98	2.18	96.16	97.50	73.84	5.13	14.38	7.44	1.19
	valle salto	168.07	93.79	2.18	95.97	97.32	73.84	5.15	14.35	7.44	1.26
	monte salto	169.07	93.05	2.08	95.13	96.65	73.84	5.46	13.53	7.40	1.30
	valle salto	194.29	91.87	2.06	93.93	95.45	73.84	5.46	13.53	7.41	1.37
	monte salto	195.29	91.04	2.01	93.05	94.66	73.84	5.62	13.15	7.40	1.36
	valle salto	212.14	90.18	2.01	92.19	93.80	73.84	5.63	13.12	7.41	1.43
	monte salto	213.14	88.86	1.85	90.71	92.65	73.84	6.17	11.96	7.40	1.60
	valle salto	225.56	88.05	1.82	89.87	91.43	73.84	5.53	13.36	7.44	1.34
	PAC04 monte salto	230.68	87.80	1.82	89.62	91.18	73.84	5.53	13.35	7.44	1.38
	valle salto	231.68	86.76	1.53	88.29	90.52	73.84	6.61	11.17	7.43	1.74
Ponticello BxH=7.50x3.10 m	monte ponte	235.43	86.40	1.58	87.98	90.07	73.84	6.40	11.53	7.44	1.65
	valle ponte	243.29	85.81	1.57	87.38	89.48	73.84	6.42	11.51	7.44	1.65
	monte salto	274.78	83.42	1.57	84.99	87.10	73.84	6.44	11.47	7.44	1.72
	valle salto	275.78	82.59	1.59	84.18	86.23	73.84	6.34	11.64	7.44	1.63
	monte salto	309.10	80.14	1.59	81.73	83.80	73.84	6.37	11.60	7.44	1.69
	valle salto	310.10	79.15	1.57	80.72	82.84	73.84	6.44	11.46	7.43	1.66
	PAC05 monte salto	339.91	76.84	1.58	78.42	80.56	73.84	6.48	11.40	8.29	1.76
	PAC05 valle salto	340.91	76.09	1.58	77.67	79.83	73.85	6.51	11.34	7.45	1.69
	monte salto	383.56	72.71	1.58	74.29	76.47	74.10	6.53	11.34	7.45	1.70
	valle salto	384.56	71.70	1.65	73.35	75.34	74.35	6.25	11.89	7.45	1.59
	monte salto	418.78	69.31	1.65	70.96	72.96	74.55	6.26	11.90	7.45	1.59
	valle salto	419.78	68.34	1.57	69.91	72.14	74.75	6.62	11.29	7.45	1.73
	PAC06 monte salto	439.05	66.69	1.64	68.33	70.47	74.87	6.48	11.55	7.40	1.66
	valle salto	452.02	65.69	1.64	67.33	69.47	75.05	6.48	11.58	7.40	1.67
	monte salto	453.02	64.83	1.59	66.42	68.71	75.13	6.70	11.21	7.39	1.75
	valle salto	488.40	61.83	1.60	63.43	65.72	75.34	6.70	11.25	7.40	1.75
	monte salto	489.40	61.02	1.61	62.63	64.90	75.55	6.68	11.31	7.39	1.74
	valle salto	511.65	59.12	1.65	60.77	62.76	75.68	6.24	12.12	7.35	1.56
	PAC07 monte salto	524.39	58.25	1.65	59.90	61.89	75.88	6.25	12.14	7.35	1.56
	valle salto	525.39	57.38	1.62	59.00	61.08	75.96	6.38	11.90	7.35	1.61
	monte salto	565.20	54.49	1.63	56.12	58.19	76.20	6.38	11.95	7.35	1.61
	valle salto	566.20	53.40	1.56	54.96	57.22	76.43	6.66	11.47	7.35	1.71

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE IDRAULICA		<i>Codice documento</i> SB0002_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Note	Sezione	Progressiva	Quota fondo alveo	Tirante	Livello idrico	Carico totale	Portata	Velocità	Area deflusso	Larghezza livello idrico	Froude
-	-	m	m s.m.	m	m s.m.	m s.m.	m ³ /s	m/s	m ²	m	-
	monte salto	602.24	50.45	1.57	52.02	54.28	76.64	6.66	11.51	7.35	1.71
	valle salto	603.24	49.46	1.84	51.30	52.95	76.85	5.69	13.50	7.35	1.34
	PAC08	615.20	48.46	2.23	50.69	51.81	76.86	4.70	16.37	7.44	1.00

Tabella 27 – Simulazione a tempo di ritorno 200 anni nella configurazione geometrica di stato attuale.

3.4 Fiumara Annunziata

3.4.1 Schematizzazione del modello numerico



La geometria della fiumara Annunziata è stata descritta sulla base del rilievo topografico costituito da 16 sezioni trasversali che rappresentano in modo esaustivo l'alveo di piena del corso d'acqua. Nel modello sono state introdotte le opere di controllo del trasporto solido (briglie, soglie) ed i manufatti di attraversamento presenti; in particolare le opere significative ai fini del calcolo idraulico sono:

- il ponte della nuova viabilità di svincolo alla progressiva 656.18 m;
- il salto di fondo localizzato immediatamente a valle del manufatto sopra descritto;
- il ponticello a soletta piana di larghezza pari a circa 5.00 m e altezza all'intradosso di 2.70 m, localizzato a valle del salto di fondo sopra descritto alla progressiva 693.83 m;
- il ponticello a soletta piana di larghezza pari a circa 5.00 m e altezza all'intradosso di 2.70 m localizzato alla progressiva 887.96 m.

La sezione dell'alveo a monte della rampa dello svincolo esistente è naturale, a valle diventa canalizzata di forma geometrica rettangolare, compresa fra argini di gabbioni con cordoli in c.a. rivestiti in pietra, di larghezza 4.0 m e altezza 3.7 m.

Il rilievo introdotto nel modello di simulazione copre un'estensione complessiva di corso d'acqua pari a circa 908 m, caratterizzato da una pendenza di fondo alveo media pari al 9%.

Di seguito (Tabella 28) si riporta il profilo longitudinale del modello, in cui sono rappresentate le sezioni trasversali utilizzate caratterizzandole in termini di progressiva metrica, quota e pendenza di fondo (thalweg) e posizione dei manufatti presenti in alveo. In corrispondenza dei manufatti (briglie, attraversamenti...) la sezione è stata duplicata per esigenze di modellizzazione.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
		RELAZIONE IDRAULICA	<i>Codice documento</i> SB0002_F0.doc	<i>Rev</i> F0

Note	Sezione	Progressiva m	Quota fondo alveo m s.m.	Pendenza fondo alveo m/m
	ANN-01	0.00	202.66	
	ANN-02	49.36	199.00	0.07
		92.28	194.04	0.12
	ANN-03	110.39	191.71	0.13
	ANN-04	160.15	187.20	0.09
Confluenza Annunziata 2		182.50	185.00	0.10
	ANN-05	222.48	180.98	0.10
	ANN-06	269.00	177.45	0.08
	ANN-07	316.60	170.35	0.15
	ANN-08	402.21	162.31	0.09
	ANN-09	444.23	158.82	0.08
	ANN-10	478.52	156.10	0.08
		522.76	154.01	0.05
	ANN-11	578.95	148.78	0.09
		595.47	147.85	0.06
	ANN-12	640.25	144.00	0.09
ponte rampa di svincolo	monte ponte	656.18	142.30	0.11
	valle ponte - monte salto	673.90	140.40	0.11
	valle salto	674.90	138.40	
poncillo h=2.70 m	ANN-13 monte ponte	693.83	137.03	0.07
	valle ponte	703.65	136.37	0.07
	ANN-14	774.03	131.68	0.07
		785.40	131.11	0.05
	ANN-15	878.05	122.71	0.09
poncillo h=2.70 m	monte ponte	887.96	122.15	0.06
	valle ponte	897.96	121.58	0.06
	ANN-16	908.40	120.98	0.06

Tabella 28 – Profilo longitudinale della fiumara Annunziata.



Nel corso dei sopralluoghi eseguiti si è inoltre valutata la dimensione del materiale di fondo costituente l'alveo, caratterizzata da un d_{50} pari a 50 mm.

3.4.2 Condizioni al contorno

Le condizioni al contorno inserite nel modello di simulazione sono le seguenti:

- portata costante per tempo di ritorno assegnato (cfr. Tabella 29) in entrata nel modello (ANN-01);
- portata concentrata di confluenza della fiumara Annunziata 2 (progressiva 222.48 m) (cfr. Tabella 29);
- portata concentrata del bacino residuo (tra sezioni ANN-11 e ANN-16) (cfr. Tabella 29);
- altezza critica imposta nella sezione terminale di valle del modello (ANN-16),
- granulometria caratteristica (d_{50}) nel tratto simulato pari a 50 mm.

	Q2	Q5	Q10	Q30	Q100	Q200
	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s
Fiumara Annunziata (monte confluenza Annunziata 2)	8.7	13.2	16.1	20.5	25.3	28.0

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
		RELAZIONE IDRAULICA	<i>Codice documento</i> SB0002_F0.doc	<i>Rev</i> F0

	Q2	Q5	Q10	Q30	Q100	Q200
	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s
Fiumara Annunziata (valle confluenza Annunziata 2)	13.0	19.6	23.9	30.5	37.5	41.6
Fiumara Annunziata (bacino residuo a monte della confluenza fiumara Ciccia)	16.2	24.5	30.0	38.3	47.2	52.2

Tabella 29 – Portate idrologiche per tempo di ritorno assegnato inserite nel modello.



Per la portata a tempo di ritorno 200 anni sopra rappresentata si è adottata la stessa metodologia prima descritta per il calcolo dell'incremento medio necessario per tener conto dell'apporto solido; tale valore è risultato pari a 5.3%, come riportato nella seguente tabella.

Note	Sezione	Progressiva	Quota fondo alveo	Portata idrologica Tr200	Capacità trasporto solido	Rapporto portate	Valor medio	Portata Tr200 di verifica
-	-	m	m s.m.	m ³ /s	m ³ /s	%	%	m ³ /s
	ANN-01	0.00	202.66	28.00	1.09	3.9	5.3	29.48
	ANN-02	49.36	199.00	28.00	1.98	7.1		29.48
		92.28	194.04	28.00	2.62	9.4		29.48
	ANN-03	110.39	191.71	28.00	1.39	5.0		29.48
	ANN-04	160.15	187.20	28.00	1.20	4.3		29.48
Confluenza Annunziata 2		182.50	185.00	28.00	2.45	8.8		29.48
	ANN-05	222.48	180.98	41.60	2.07	5.0		43.80
	ANN-06	269.00	177.45	41.60	3.99	9.6		43.80
	ANN-07	316.60	170.35	41.60	2.31	5.6		43.80
	ANN-08	402.21	162.31	41.60	1.99	4.8		43.80
	ANN-09	444.23	158.82	41.60	1.61	3.9		43.80
	ANN-10	478.52	156.10	41.60	0.96	2.3		43.80
		522.76	154.01	41.60	2.43	5.8		43.80
	ANN-11	578.95	148.78	52.20	1.56	3.0		54.97
		595.47	147.85	52.20	2.59	5.0		54.97
	ANN-12	640.25	144.00	52.20	3.75	7.2		54.97
ponte rampa di svincolo	monte ponte	656.18	142.30	52.20	3.86	7.4	54.97	
	valle ponte - monte salto	673.90	140.40	52.20	5.60	10.7	54.97	
	valle salto	674.90	138.40	52.20	3.10	5.9	54.97	
ponticello h=2.70 m	ANN-13 monte ponte	693.83	137.03	52.20	1.70	3.3	54.97	
	valle ponte	703.65	136.37	52.20	1.61	3.1	54.97	
	ANN-14	774.03	131.68	52.20	1.46	2.8	54.97	
		785.40	131.11	52.20	2.56	4.9	54.97	
	ANN-15	878.05	122.71	52.20	1.63	3.1	54.97	
ponticello h=2.70 m	monte ponte	887.96	122.15	52.20	1.03	2.0	54.97	
	valle ponte	897.96	121.58	52.20	0.91	1.7	54.97	
	ANN-16	908.40	120.98	52.20	0.66	1.3	54.97	

Tabella 30 – Definizione degli apporti solidi per l'evento a tempo Tr 200 anni lungo l'asta dell'Annunziata.

3.4.3 Coefficienti di scabrezza

Sulla base delle caratteristiche granulometriche, di copertura vegetale e morfologiche dell'asta si è

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE IDRAULICA		<i>Codice documento</i> SB0002_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

assunta una scabrezza di:

nel tratto naturale a monte della rampa di svincolo esistente (tra le progressive 0.00 e 656.18 m)

- $21 \text{ m}^{1/3}\text{s}^{-1}$ per l'alveo inciso,
- da 15 a $20 \text{ m}^{1/3}\text{s}^{-1}$ per le aree di piano campagna esterne all'alveo caratterizzate da copertura vegetale di tipo arbustivo o arboreo.

nel tratto canalizzato di valle a partire dalla rampa di svincolo esistente fino al termine del modello (tra le progressive 656.18 e 908.40 m)

- $24 \text{ m}^{1/3}\text{s}^{-1}$ per l'alveo inciso;
- da 35 a $40 \text{ m}^{1/3}\text{s}^{-1}$ per le aree urbanizzate esterne al corso d'acqua;
- da 15 a $20 \text{ m}^{1/3}\text{s}^{-1}$ per le aree di piano campagna esterne all'alveo caratterizzate da copertura vegetale di tipo arbustivo o arboreo.

3.4.4 Simulazioni eseguite nello stato ante operam (stato attuale)

Le simulazioni eseguite sulla fiumara Annunziata mostrano che il deflusso delle piene avviene in corrente veloce, data l'elevata pendenza media di fondo alveo (circa 9%).

Le piene nel tratto naturale transitano all'interno dell'alveo inciso; localmente si verificano esondazioni di ampiezza limitata data la presenza dei versanti in prossimità delle sponde dell'alveo.

Nel tratto canalizzato le piene transitano all'interno della sezione sistemata (contenute tra i muri arginali in gabbioni).

Nelle tabelle seguenti si riportano i risultati delle simulazioni eseguite per la configurazione geometrica ante operam (stato attuale) riferite ai tempi di ritorno di 2, 5, 10, 30, 100 e 200 anni.

Note	Sezione	Progressiva	Quota fondo alveo	Tirante	Livello idrico	Carico totale	Portata	Velocità	Area deflusso	Larghezza livello idrico	Froude
	-	m	m s.m.	m	m s.m.	m s.m.	m ³ /s	m/s	m ²	m	-
	ANN-01	0.00	202.66	0.84	203.50	204.10	8.70	3.44	2.53	5.04	1.55
	ANN-02	49.36	199.00	0.78	199.78	200.55	8.70	3.88	2.24	5.25	1.89
		92.28	194.04	0.66	194.70	195.32	8.70	3.48	2.50	7.76	1.95
	ANN-03	110.39	191.71	0.60	192.31	192.56	8.70	2.24	3.89	17.77	1.53
	ANN-04	160.15	187.20	0.69	187.89	188.30	8.70	2.84	3.06	8.82	1.54
Confluenza Annunziata		182.50	185.00	1.02	186.02	186.37	8.70	2.64	3.30	6.40	1.75

RELAZIONE IDRAULICA

Codice documento
SB0002_F0.doc

Rev *Data*
F0 20/06/2011

Note	Sezione	Progressiva	Quota fondo alveo	Tirante	Livello idrico	Carico totale	Portata	Velocità	Area deflusso	Larghezza livello idrico	Froude
-	-	m	m s.m.	m	m s.m.	m s.m.	m ³ /s	m/s	m ²	m	-
2											
	ANN-05	222.48	180.98	1.25	182.23	182.86	13.00	3.50	3.71	8.19	1.66
	ANN-06	269.00	177.45	0.64	178.09	179.06	13.00	4.36	2.98	7.00	2.13
	ANN-07	316.60	170.35	0.91	171.26	171.91	13.00	3.56	3.65	8.02	1.69
	ANN-08	402.21	162.31	1.46	163.77	164.64	13.00	4.13	3.15	4.57	1.59
	ANN-09	444.23	158.82	1.53	160.35	161.09	13.00	3.80	3.42	5.27	1.51
	ANN-10	478.52	156.10	1.69	157.79	158.30	13.00	3.18	4.09	6.83	1.31
		522.76	154.01	1.46	155.47	156.00	13.00	3.21	4.05	7.39	1.72
	ANN-11	578.95	148.78	1.26	150.04	150.63	16.20	3.40	4.76	6.36	1.22
		595.47	147.85	1.33	149.18	150.14	16.20	4.33	3.74	5.19	1.63
	ANN-12	640.25	144.00	1.02	145.02	146.29	16.20	5.00	3.24	4.67	1.92
ponte rampa di svincolo	monte ponte	656.18	142.30	0.70	143.00	144.09	16.20	4.63	3.50	4.98	1.76
	valle ponte - monte salto	673.90	140.40	0.64	141.04	142.37	16.20	5.11	3.17	4.98	2.05
	valle salto	674.90	138.40	0.74	139.14	140.11	16.20	4.37	3.71	4.98	1.62
ponticello h=2.70 m	ANN-13 monte ponte	693.83	137.03	0.76	137.79	138.72	16.20	4.26	3.80	5.00	1.56
	valle ponte	703.65	136.37	0.76	137.13	138.05	16.20	4.24	3.82	5.00	1.55
	ANN-14	774.03	131.68	0.86	132.54	133.32	16.20	3.90	4.15	4.81	1.34
		785.40	131.11	0.88	131.99	133.13	16.20	4.72	3.43	4.95	1.78
	ANN-15	878.05	122.71	0.93	123.64	124.56	16.20	4.24	3.82	4.75	1.31
ponticello h=2.70 m	monte ponte	887.96	122.15	0.86	123.01	123.82	16.20	3.99	4.06	4.75	1.21
	valle ponte	897.96	121.58	0.90	122.48	123.21	16.20	3.79	4.28	4.75	1.15
	ANN-16	908.40	120.98	1.04	122.02	122.53	16.20	3.18	5.10	4.89	1.00

Tabella 31 – Simulazione a tempo di ritorno 2 anni nella configurazione geometrica di stato attuale.

Note	Sezione	Progressiva	Quota fondo alveo	Tirante	Livello idrico	Carico totale	Portata	Velocità	Area deflusso	Larghezza livello idrico	Froude
-	-	m	m s.m.	m	m s.m.	m s.m.	m ³ /s	m/s	m ²	m	-
	ANN-01	0.00	202.66	1.00	203.66	204.42	13.20	3.86	3.42	5.70	1.59
	ANN-02	49.36	199.00	0.91	199.91	200.82	13.20	4.23	3.12	6.33	1.93
		92.28	194.04	0.75	194.79	195.60	13.20	3.99	3.31	8.35	2.02
	ANN-03	110.39	191.71	0.66	192.37	192.72	13.20	2.61	5.05	18.01	1.58
	ANN-04	160.15	187.20	0.82	188.02	188.54	13.20	3.20	4.13	10.37	1.62
Confluenza Annunziata 2		182.50	185.00	1.18	186.18	186.63	13.20	2.97	4.44	7.32	1.81
	ANN-05	222.48	180.98	1.39	182.37	183.16	19.60	3.94	4.97	8.98	1.69
	ANN-06	269.00	177.45	0.77	178.22	179.51	19.60	5.04	3.89	7.23	2.19
	ANN-07	316.60	170.35	1.06	171.41	172.16	19.60	3.84	5.11	9.93	1.71
	ANN-08	402.21	162.31	1.68	163.99	165.05	19.60	4.56	4.30	6.09	1.73
	ANN-09	444.23	158.82	1.72	160.54	161.30	19.60	3.86	5.08	7.90	1.54
	ANN-10	478.52	156.10	1.92	158.02	158.61	19.60	3.41	5.74	8.85	1.35
		522.76	154.01	1.64	155.65	156.33	19.60	3.65	5.37	7.89	1.76
	ANN-11	578.95	148.78	1.51	150.29	151.04	24.50	3.85	6.37	6.66	1.26
		595.47	147.85	1.62	149.47	150.62	24.50	4.75	5.16	6.41	1.69
	ANN-12	640.25	144.00	1.25	145.25	146.68	24.50	5.29	4.63	6.17	1.95
ponte rampa di svincolo	monte ponte	656.18	142.30	0.92	143.22	144.68	24.50	5.35	4.58	4.99	1.78

RELAZIONE IDRAULICA

Codice documento

SB0002_F0.doc

Rev

F0

Data

20/06/2011

Note	Sezione	Progressiva	Quota fondo alveo	Tirante	Livello idrico	Carico totale	Portata	Velocità	Area deflusso	Larghezza livello idrico	Froude
-	-	m	m s.m.	m	m s.m.	m s.m.	m ³ /s	m/s	m ²	m	-
	valle ponte - monte salto	673.90	140.40	0.83	141.23	143.01	24.50	5.90	4.15	4.99	2.07
	valle salto	674.90	138.40	0.98	139.38	140.68	24.50	5.04	4.86	4.99	1.63
ponticello h=2.70 m	ANN-13 monte ponte	693.83	137.03	0.99	138.02	139.26	24.50	4.93	4.97	5.00	1.57
	valle ponte	703.65	136.37	1.00	137.37	138.59	24.50	4.89	5.01	5.00	1.55
	ANN-14	774.03	131.68	1.12	132.80	133.85	24.50	4.55	5.39	4.81	1.37
		785.40	131.11	1.10	132.21	133.67	24.50	5.35	4.58	5.20	1.79
	ANN-15	878.05	122.71	1.19	123.90	125.09	24.50	4.83	5.07	4.75	1.31
ponticello h=2.70 m	monte ponte	887.96	122.15	1.15	123.30	124.33	24.50	4.50	5.44	4.75	1.21
	valle ponte	897.96	121.58	1.21	122.79	123.71	24.50	4.25	5.76	4.75	1.15
	ANN-16	908.40	120.98	1.37	122.35	123.03	24.50	3.65	6.71	4.89	1.00

Tabella 32 – Simulazione a tempo di ritorno 5 anni nella configurazione geometrica di stato attuale.

Note	Sezione	Progressiva	Quota fondo alveo	Tirante	Livello idrico	Carico totale	Portata	Velocità	Area deflusso	Larghezza livello idrico	Froude
-	-	m	m s.m.	m	m s.m.	m s.m.	m ³ /s	m/s	m ²	m	-
	ANN-01	0.00	202.66	1.08	203.74	204.58	16.10	4.07	3.96	6.06	1.61
	ANN-02	49.36	199.00	0.99	199.99	200.99	16.10	4.44	3.63	6.97	1.96
		92.28	194.04	0.81	194.85	195.77	16.10	4.26	3.78	8.69	2.06
	ANN-03	110.39	191.71	0.70	192.41	192.82	16.10	2.82	5.71	18.14	1.60
	ANN-04	160.15	187.20	0.87	188.07	188.66	16.10	3.40	4.73	10.52	1.62
Confluenza Annunziata 2		182.50	185.00	1.27	186.27	186.77	16.10	3.14	5.12	7.77	1.83
	ANN-05	222.48	180.98	1.46	182.44	183.34	23.90	4.19	5.70	9.37	1.72
	ANN-06	269.00	177.45	0.84	178.29	179.78	23.90	5.41	4.42	7.36	2.23
	ANN-07	316.60	170.35	1.15	171.50	172.31	23.90	4.00	5.98	11.07	1.73
	ANN-08	402.21	162.31	1.80	164.11	165.27	23.90	4.78	5.00	7.03	1.74
	ANN-09	444.23	158.82	1.84	160.66	161.44	23.90	3.92	6.09	9.50	1.56
	ANN-10	478.52	156.10	2.01	158.11	158.77	23.90	3.59	6.66	9.49	1.37
		522.76	154.01	1.74	155.75	156.52	23.90	3.89	6.15	8.18	1.80
	ANN-11	578.95	148.78	1.64	150.42	151.29	30.00	4.13	7.27	6.90	1.28
		595.47	147.85	1.74	149.59	150.82	30.00	4.92	6.10	7.22	1.71
	ANN-12	640.25	144.00	1.39	145.39	146.90	30.00	5.43	5.52	7.17	1.98
ponte rampa di svincolo	monte ponte	656.18	142.30	1.05	143.35	145.03	30.00	5.74	5.23	4.99	1.78
	valle ponte - monte salto	673.90	140.40	0.96	141.36	143.34	30.00	6.24	4.81	4.99	2.07
	valle salto	674.90	138.40	1.12	139.52	140.99	30.00	5.37	5.59	4.99	1.63
ponticello h=2.70 m	ANN-13 monte ponte	693.83	137.03	1.15	138.18	139.58	30.00	5.24	5.73	5.00	1.57
	valle ponte	703.65	136.37	1.15	137.52	138.90	30.00	5.20	5.77	5.00	1.55
	ANN-14	774.03	131.68	1.27	132.95	134.17	30.00	4.90	6.12	4.81	1.39
		785.40	131.11	1.24	132.35	134.01	30.00	5.70	5.26	5.20	1.80
	ANN-15	878.05	122.71	1.36	124.07	125.39	30.00	5.09	5.89	4.75	1.32
ponticello h=2.70 m	monte ponte	887.96	122.15	1.33	123.48	124.64	30.00	4.76	6.30	4.75	1.22
	valle ponte	897.96	121.58	1.41	122.99	124.02	30.00	4.50	6.67	4.75	1.15
	ANN-16	908.40	120.98	1.57	122.55	123.33	30.00	3.90	7.69	4.90	1.00

Tabella 33 – Simulazione a tempo di ritorno 10 anni nella configurazione geometrica di stato attuale.

Note	Sezione	Progressiva	Quota fondo alveo	Tirante	Livello idrico	Carico totale	Portata	Velocità	Area deflusso	Larghezza livello idrico	Froude
------	---------	-------------	-------------------	---------	----------------	---------------	---------	----------	---------------	--------------------------	--------

RELAZIONE IDRAULICA

Codice documento
SB0002_F0.doc

Rev
F0

Data
20/06/2011

	-	m	m s.m.	m	m s.m.	m s.m.	m ³ /s	m/s	m ²	m	-
	ANN-01	0.00	202.66	1.20	203.86	204.83	20.50	4.35	4.71	6.57	1.64
	ANN-02	49.36	199.00	1.09	200.09	201.23	20.50	4.72	4.34	7.85	2.03
		92.28	194.04	0.88	194.92	196.02	20.50	4.64	4.42	9.16	2.13
	ANN-03	110.39	191.71	0.75	192.46	192.95	20.50	3.09	6.64	18.33	1.64
	ANN-04	160.15	187.20	0.95	188.15	188.84	20.50	3.68	5.57	10.72	1.63
Confluenza Annunziata 2		182.50	185.00	1.40	186.40	186.98	20.50	3.37	6.09	8.41	1.88
	ANN-05	222.48	180.98	1.57	182.55	183.60	30.50	4.53	6.73	9.92	1.76
	ANN-06	269.00	177.45	0.94	178.39	180.15	30.50	5.88	5.19	7.54	2.26
	ANN-07	316.60	170.35	1.25	171.60	172.55	30.50	4.32	7.06	11.71	1.78
	ANN-08	402.21	162.31	1.94	164.25	165.50	30.50	4.94	6.17	8.18	1.77
	ANN-09	444.23	158.82	1.96	160.78	161.66	30.50	4.17	7.32	10.48	1.59
	ANN-10	478.52	156.10	2.14	158.24	158.99	30.50	3.83	7.96	10.39	1.40
		522.76	154.01	1.86	155.87	156.77	30.50	4.21	7.25	8.50	1.82
	ANN-11	578.95	148.78	1.84	150.62	151.60	38.30	4.38	8.74	7.74	1.32
		595.47	147.85	1.91	149.76	151.11	38.30	5.15	7.44	8.38	1.74
	ANN-12	640.25	144.00	1.59	145.59	147.21	38.30	5.63	6.80	8.50	2.01
ponte rampa di svincolo	monte ponte	656.18	142.30	1.24	143.54	145.49	38.30	6.19	6.19	4.99	1.78
	valle ponte - monte salto	673.90	140.40	1.14	141.54	143.85	38.30	6.73	5.69	4.99	2.07
	valle salto	674.90	138.40	1.33	139.73	141.43	38.30	5.78	6.63	4.99	1.63
ponticello h=2.70 m	ANN-13 monte ponte	693.83	137.03	1.36	138.39	140.02	38.30	5.65	6.78	5.00	1.57
	valle ponte	703.65	136.37	1.37	137.74	139.34	38.30	5.61	6.83	5.00	1.55
	ANN-14	774.03	131.68	1.49	133.17	134.64	38.30	5.36	7.14	4.82	1.41
		785.40	131.11	1.42	132.53	134.47	38.30	6.17	6.21	5.21	1.80
	ANN-15	878.05	122.71	1.61	124.32	125.82	38.30	5.42	7.06	4.75	1.34
ponticello h=2.70 m	monte ponte	887.96	122.15	1.59	123.74	125.06	38.30	5.08	7.54	4.75	1.22
	valle ponte	897.96	121.58	1.68	123.26	124.44	38.30	4.81	7.97	4.75	1.15
	ANN-16	908.40	120.98	1.85	122.83	123.74	38.30	4.23	9.06	4.90	1.00

Tabella 34 – Simulazione a tempo di ritorno 30 anni nella configurazione geometrica di stato attuale.

Note	Sezione	Progressiva	Quota fondo alveo	Tirante	Livello idrico	Carico totale	Portata	Velocità	Area deflusso	Larghezza livello idrico	Froude
	-	m	m s.m.	m	m s.m.	m s.m.	m ³ /s	m/s	m ²	m	-
	ANN-01	0.00	202.66	1.32	203.98	205.08	25.30	4.65	5.44	7.04	1.69
	ANN-02	49.36	199.00	1.18	200.18	201.48	25.30	5.05	5.01	8.11	2.05
		92.28	194.04	0.96	195.00	196.18	25.30	4.82	5.25	10.46	2.17
	ANN-03	110.39	191.71	0.80	192.51	193.08	25.30	3.35	7.56	18.52	1.67
	ANN-04	160.15	187.20	1.03	188.23	189.02	25.30	3.95	6.41	10.92	1.64
Confluenza Annunziata 2		182.50	185.00	1.51	186.51	187.16	25.30	3.57	7.08	9.22	1.93
	ANN-05	222.48	180.98	1.67	182.65	183.85	37.50	4.85	7.73	10.45	1.80
	ANN-06	269.00	177.45	1.04	178.49	180.51	37.50	6.30	5.95	7.72	2.29
	ANN-07	316.60	170.35	1.33	171.68	172.79	37.50	4.66	8.05	11.94	1.81
	ANN-08	402.21	162.31	2.07	164.38	165.71	37.50	5.11	7.34	9.32	1.80
	ANN-09	444.23	158.82	2.06	160.88	161.89	37.50	4.45	8.43	10.88	1.61
	ANN-10	478.52	156.10	2.26	158.36	159.20	37.50	4.06	9.23	11.27	1.43
		522.76	154.01	1.99	156.00	157.03	37.50	4.49	8.35	8.80	1.85
	ANN-11	578.95	148.78	2.03	150.81	151.91	47.20	4.64	10.18	8.57	1.36
		595.47	147.85	2.07	149.92	151.41	47.20	5.40	8.74	9.50	1.80
	ANN-12	640.25	144.00	1.72	145.72	147.55	47.20	5.99	7.88	8.51	2.01
ponte rampa di svincolo	monte ponte	656.18	142.30	1.43	143.73	145.96	47.20	6.62	7.13	4.99	1.78
	valle ponte - monte salto	673.90	140.40	1.32	141.72	144.36	47.20	7.20	6.56	4.99	2.07
	valle salto	674.90	138.40	1.54	139.94	141.88	47.20	6.16	7.66	4.99	1.63

RELAZIONE IDRAULICA

Codice documento

SB0002_F0.doc

Rev

F0



Data

20/06/2011

Note	Sezione	Progressiva m	Quota fondo alveo m s.m.	Tirante m	Livello idrico m s.m.	Carico totale m s.m.	Portata m3/s	Velocità m/s	Area deflusso m2	Larghezza livello idrico m	Froude
ponticello h=2.70 m	ANN-13 monte ponte	693.83	137.03	1.57	138.60	140.44	47.20	6.01	7.85	5.00	1.57
	valle ponte	703.65	136.37	1.58	137.95	139.77	47.20	5.97	7.90	5.00	1.55
	ANN-14	774.03	131.68	1.69	133.37	135.08	47.20	5.80	8.14	4.82	1.42
		785.40	131.11	1.59	132.70	134.95	47.20	6.64	7.11	5.21	1.80
	ANN-15	878.05	122.71	1.86	124.57	126.24	47.20	5.72	8.25	4.76	1.35
ponticello h=2.70 m	monte ponte	887.96	122.15	1.85	124.00	125.46	47.20	5.36	8.81	4.75	1.22
	valle ponte	897.96	121.58	1.95	123.53	124.85	47.20	5.10	9.26	4.75	1.15
	ANN-16	908.40	120.98	2.12	123.10	124.15	47.20	4.55	10.38	4.90	1.00

Tabella 35 – Simulazione a tempo di ritorno 100 anni nella configurazione geometrica di stato attuale.

Note	Sezione	Progressiva m	Quota fondo alveo m s.m.	Tirante m	Livello idrico m s.m.	Carico totale m s.m.	Portata m3/s	Velocità m/s	Area deflusso m2	Larghezza livello idrico m	Froude
	ANN-01	0.00	202.66	1.40	204.06	205.27	29.48	4.88	6.04	7.16	1.70
	ANN-02	49.36	199.00	1.24	200.24	201.68	29.48	5.31	5.55	8.25	2.07
		92.28	194.04	1.02	195.06	196.26	29.48	4.85	6.08	12.12	2.19
	ANN-03	110.39	191.71	0.84	192.55	193.19	29.48	3.54	8.32	18.67	1.69
	ANN-04	160.15	187.20	1.09	188.29	189.17	29.48	4.15	7.10	11.08	1.66
Confluenza Annunziata 2		182.50	185.00	1.59	186.59	187.29	29.48	3.70	7.97	10.10	1.98
	ANN-05	222.48	180.98	1.75	182.73	184.05	43.80	5.09	8.60	10.76	1.82
	ANN-06	269.00	177.45	1.12	178.57	180.82	43.80	6.65	6.59	7.86	2.32
	ANN-07	316.60	170.35	1.40	171.75	172.99	43.80	4.93	8.88	12.12	1.84
	ANN-08	402.21	162.31	2.17	164.48	165.89	43.80	5.26	8.32	9.81	1.83
	ANN-09	444.23	158.82	2.15	160.97	162.09	43.80	4.68	9.36	11.21	1.64
	ANN-10	478.52	156.10	2.35	158.45	159.37	43.80	4.24	10.32	11.69	1.44
		522.76	154.01	2.09	156.10	157.25	43.80	4.75	9.23	9.04	1.88
	ANN-11	578.95	148.78	2.18	150.96	152.16	54.97	4.86	11.31	9.19	1.40
		595.47	147.85	2.18	150.03	151.65	54.97	5.64	9.75	10.06	1.83
	ANN-12	640.25	144.00	1.82	145.82	147.82	54.97	6.27	8.77	8.51	2.01
ponte rampa di svincolo	monte ponte	656.18	142.30	1.59	143.89	146.35	54.97	6.95	7.91	4.99	1.78
	valle ponte - monte salto	673.90	140.40	1.47	141.87	144.75	54.97	7.52	7.31	4.99	2.07
	valle salto	674.90	138.40	1.72	140.12	142.23	54.97	6.43	8.55	4.99	1.63
ponticello h=2.70 m	ANN-13 monte ponte	693.83	137.03	1.75	138.78	140.79	54.97	6.28	8.76	5.00	1.57
	valle ponte	703.65	136.37	1.76	138.13	140.12	54.97	6.25	8.80	5.00	1.55
	ANN-14	774.03	131.68	1.86	133.54	135.46	54.97	6.14	8.95	4.82	1.44
		785.40	131.11	1.73	132.84	135.35	54.97	7.01	7.84	5.21	1.82

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
		RELAZIONE IDRAULICA	<i>Codice documento</i> SB0002_F0.doc	<i>Rev</i> F0

Note	Sezione	Progressiva	Quota fondo alveo m s.m.	Tirante	Livello idrico	Carico totale	Portata	Velocità	Area deflusso	Larghezza livello idrico	Froude
-	-	m	m s.m.	m	m s.m.	m s.m.	m ³ /s	m/s	m ²	m	-
	ANN-15	878.05	122.71	2.07	124.78	126.57	54.97	5.92	9.28	4.76	1.37
ponticello h=2.70 m	monte ponte	887.96	122.15	2.08	124.23	125.81	54.97	5.56	9.88	4.75	1.24
	valle ponte	897.96	121.58	2.18	123.76	125.19	54.97	5.31	10.36	4.75	1.15
	ANN-16	908.40	120.98	2.35	123.33	124.49	54.97	4.78	11.51	4.90	1.00

Tabella 36 – Simulazione a tempo di ritorno 200 anni nella configurazione geometrica di stato attuale.

3.5 Fiumara Annunziata 2 (affluente di sinistra – bacino 12M.2.1)

3.5.1 Schematizzazione del modello numerico

La geometria della fiumara Annunziata 2, affluente in sinistra idraulica dell'Annunziata, è stata descritta sulla base del rilievo topografico costituito da 3 sezioni trasversali che rappresentano in modo esaustivo l'alveo di piena del corso d'acqua. Nel tratto in analisi non sono presenti manufatti idraulici di difesa in alveo né di attraversamento.

Il corso d'acqua, caratterizzato da un assetto idraulico naturale, scorre limitato in destra e sinistra dai ripidi versanti adiacenti alla sua sezione incisa.

Il rilievo introdotto nel modello di simulazione copre un'estensione complessiva di corso d'acqua pari a circa 150 m, caratterizzato da una pendenza di fondo alveo media pari all' 11%.

Di seguito (Tabella 37) si riporta il profilo longitudinale del modello, in cui sono rappresentate le sezioni trasversali utilizzate caratterizzandole in termini di progressiva metrica, quota e pendenza di fondo (thalweg) e posizione dei manufatti presenti in alveo.

Note	Sezione	Progressiva	Quota fondo alveo	Pendenza fondo alveo
-	-	m	m s.m.	m/m
	AN2-01	0.00	200.37	
		30.21	199.00	0.05
		51.33	195.00	0.19
	AN2-02	63.62	192.73	0.18
		82.95	191.00	0.09
	AN2-03	108.33	188.00	0.12
Confluenza in Annunziata		146.32	185.00	0.08



		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
		RELAZIONE IDRAULICA	<i>Codice documento</i> SB0002_F0.doc	<i>Rev</i> F0

Tabella 37 – Profilo longitudinale della fiumara Annunziata 2.

Nel corso dei sopralluoghi eseguiti si è inoltre valutata la dimensione del materiale di fondo costituente l'alveo, caratterizzata da un d_{50} pari a 50 mm.

3.5.2 Condizioni al contorno

Le condizioni al contorno inserite nel modello di simulazione sono le seguenti:

- portata costante per tempo di ritorno assegnato (cfr. Tabella 38) in entrata nel modello (AN2-01);
- livello di piena prodotto dall'Annunziata 1 nella sezione di confluenza a progressiva 182.50 m;
- granulometria caratteristica (d_{50}) nel tratto simulato pari a 50 mm.



	Q2	Q5	Q10	Q30	Q100	Q200
	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s
Fiumara Annunziata 2 (monte confluenza in Annunziata)	6.1	9.3	11.3	14.4	17.8	19.7

Tabella 38 – Portate idrologiche per tempo di ritorno assegnato inserite nel modello.

Per la portata a tempo di ritorno 200 anni sopra rappresentata si è adottata la stessa metodologia prima descritta per il calcolo dell'incremento medio necessario per tener conto dell'apporto solido; tale valore è risultato pari a 9.1% come riportato nella seguente tabella.

Note	Sezione	Progressiva	Quota fondo alveo	Portata idrologica Tr200	Capacità trasporto solido	Rapporto portate	Valor medio	Portata Tr200 di verifica
-	-	m	m s.m.	m ³ /s	m ³ /s	%	%	m ³ /s
	AN2-01	0.00	200.37	19.70	0.38	1.9%	9.1%	21.49
		30.21	199.00	19.70	2.37	12.0%		21.49
		51.33	195.00	19.70	3.00	15.2%		21.49
	AN2-02	63.62	192.73	19.70	1.25	6.3%		21.49
		82.95	191.00	19.70	1.45	7.4%		21.49
	AN2-03	108.33	188.00	19.70	0.86	4.4%		21.49
	Confluenza in Annunziata	146.32	185.00	19.70	0.47	2.4%		21.49

Tabella 39 – Definizione degli apporti solidi per l'evento a tempo Tr 200 anni lungo l'asta dell'Annunziata 2.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO			
		RELAZIONE IDRAULICA	<i>Codice documento</i> SB0002_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

3.5.3 Coefficienti di scabrezza

Sulla base delle caratteristiche granulometriche, di copertura vegetale e morfologiche dell'asta si è assunta una scabrezza di:

- $21 \text{ m}^{1/3}\text{s}^{-1}$ per l'alveo inciso,
- da 15 a $20 \text{ m}^{1/3}\text{s}^{-1}$ per le aree di piano campagna esterne all'alveo caratterizzate da copertura vegetale di tipo arbustivo o arboreo.

3.5.4 Simulazioni eseguite nello stato ante operam (stato attuale)

Le simulazioni eseguite sulla fumara Annunziata 2 mostrano che il deflusso delle piene avviene in corrente veloce, data l'elevata pendenza media di fondo alveo (circa 11%).

Nelle tabelle seguenti si riportano i risultati delle simulazioni eseguite per la configurazione geometrica ante operam (stato attuale) riferite ai tempi di ritorno di 2, 5, 10, 30, 100 e 200 anni.

Note	Sezione	Progressiva	Quota fondo alveo m s.m.	Tirante m	Livello idrico m s.m.	Carico totale m s.m.	Portata m^3/s	Velocità m/s	Area deflusso m^2	Larghezza livello idrico m	Froude
	AN2-01	0.00	200.37	0.88	201.25	201.63	6.10	2.75	2.22	4.68	1.27
		30.21	199.00	0.69	199.69	200.76	6.10	4.59	1.33	3.28	2.31
		51.33	195.00	0.66	195.66	196.72	6.10	4.55	1.34	3.04	2.10
	AN2-02	63.62	192.73	0.76	193.49	194.19	6.10	3.70	1.65	2.98	1.59
		82.95	191.00	0.77	191.77	192.60	6.10	4.04	1.51	2.94	1.80
	AN2-03	108.33	188.00	0.86	188.86	189.43	6.10	3.35	1.82	3.49	1.58
Confluenza in Annunziata		146.32	185.00	1.02	186.02	186.35	6.10	2.53	2.41	3.94	1.03

Tabella 40 – Simulazione a tempo di ritorno 2 anni nella configurazione geometrica di stato attuale.

Note	Sezione	Progressiva	Quota fondo alveo m s.m.	Tirante m	Livello idrico m s.m.	Carico totale m s.m.	Portata m^3/s	Velocità m/s	Area deflusso m^2	Larghezza livello idrico m	Froude
	AN2-01	0.00	200.37	1.04	201.41	201.90	9.30	3.10	3.00	5.32	1.32
		30.21	199.00	0.83	199.83	201.18	9.30	5.14	1.81	3.66	2.36
		51.33	195.00	0.81	195.81	197.16	9.30	5.14	1.81	3.29	2.15
	AN2-02	63.62	192.73	0.95	193.68	194.56	9.30	4.15	2.24	3.20	1.59
		82.95	191.00	0.94	191.94	192.99	9.30	4.54	2.05	3.16	1.81
	AN2-03	108.33	188.00	1.03	189.03	189.76	9.30	3.78	2.46	3.97	1.53
Confluenza in Annunziata		146.32	185.00	1.18	186.18	186.65	9.30	3.04	3.06	4.28	1.15



		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO			
		RELAZIONE IDRAULICA		<i>Codice documento</i> SB0002_F0.doc	<i>Rev</i> F0

Tabella 41 – Simulazione a tempo di ritorno 5 anni nella configurazione geometrica di stato attuale.

Note	Sezione	Progressiva	Quota fondo alveo	Tirante	Livello idrico	Carico totale	Portata	Velocità	Area deflusso	Larghezza livello idrico	Froude
-	-	m	m s.m.	m	m s.m.	m s.m.	m ³ /s	m/s	m ²	m	-
	AN2-01	0.00	200.37	1.12	201.49	202.03	11.30	3.27	3.46	5.66	1.33
		30.21	199.00	0.90	199.90	201.42	11.30	5.46	2.07	3.88	2.37
		51.33	195.00	0.89	195.89	197.39	11.30	5.43	2.08	3.41	2.17
	AN2-02	63.62	192.73	1.05	193.78	194.77	11.30	4.40	2.57	3.32	1.60
		82.95	191.00	1.03	192.03	193.21	11.30	4.81	2.35	3.29	1.82
	AN2-03	108.33	188.00	1.13	189.13	189.95	11.30	4.01	2.82	4.21	1.57
Confluenza in Annunziata		146.32	185.00	1.27	186.27	186.81	11.30	3.27	3.46	4.41	1.18



Tabella 42 – Simulazione a tempo di ritorno 10 anni nella configurazione geometrica di stato attuale.

Note	Sezione	Progressiva	Quota fondo alveo	Tirante	Livello idrico	Carico totale	Portata	Velocità	Area deflusso	Larghezza livello idrico	Froude
-	-	m	m s.m.	m	m s.m.	m s.m.	m ³ /s	m/s	m ²	m	-
	AN2-01	0.00	200.37	1.24	201.61	202.24	14.40	3.50	4.11	6.13	1.37
		30.21	199.00	1.00	200.00	201.72	14.40	5.81	2.48	4.18	2.41
		51.33	195.00	1.00	196.00	197.72	14.40	5.81	2.48	3.59	2.19
	AN2-02	63.62	192.73	1.19	193.92	195.03	14.40	4.66	3.09	3.90	1.67
		82.95	191.00	1.17	192.17	193.54	14.40	5.18	2.78	3.47	1.85
	AN2-03	108.33	188.00	1.25	189.25	190.19	14.40	4.29	3.36	4.38	1.57
Confluenza in Annunziata		146.32	185.00	1.40	186.40	187.05	14.40	3.56	4.04	4.59	1.21

Tabella 43 – Simulazione a tempo di ritorno 30 anni nella configurazione geometrica di stato attuale.

Note	Sezione	Progressiva	Quota fondo alveo	Tirante	Livello idrico	Carico totale	Portata	Velocità	Area deflusso	Larghezza livello idrico	Froude
-	-	m	m s.m.	m	m s.m.	m s.m.	m ³ /s	m/s	m ²	m	-
	AN2-01	0.00	200.37	1.34	201.71	202.41	17.80	3.70	4.81	6.57	1.38
		30.21	199.00	1.09	200.09	202.01	17.80	6.14	2.90	4.47	2.42
		51.33	195.00	1.12	196.12	198.04	17.80	6.14	2.90	3.79	2.21
	AN2-02	63.62	192.73	1.32	194.05	195.20	17.80	4.76	3.74	5.39	1.82
		82.95	191.00	1.29	192.29	193.81	17.80	5.46	3.26	3.69	1.85
	AN2-03	108.33	188.00	1.37	189.37	190.44	17.80	4.58	3.89	4.54	1.58
Confluenza in Annunziata		146.32	185.00	1.51	186.51	187.29	17.80	3.92	4.54	4.74	1.28

Tabella 44 – Simulazione a tempo di ritorno 100 anni nella configurazione geometrica di stato attuale.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
		RELAZIONE IDRAULICA	<i>Codice documento</i> SB0002_F0.doc	<i>Rev</i> F0

Note	Sezione	Progressiva	Quota fondo alveo	Tirante	Livello idrico	Carico totale	Portata	Velocità	Area deflusso	Larghezza livello idrico	Froude
-	-	m	m s.m.	m	m s.m.	m s.m.	m ³ /s	m/s	m ²	m	-
	AN2-01	0.00	200.37	1.45	201.82	202.60	21.49	3.91	5.50	7.01	1.41
		30.21	199.00	1.19	200.19	202.31	21.49	6.45	3.33	4.77	2.45
		51.33	195.00	1.23	196.23	198.33	21.49	6.41	3.35	4.04	2.25
	AN2-02	63.62	192.73	1.46	194.19	195.39	21.49	4.85	4.43	6.93	1.94
		82.95	191.00	1.42	192.42	194.10	21.49	5.75	3.74	3.90	1.88
	AN2-03	108.33	188.00	1.48	189.48	190.68	21.49	4.86	4.42	4.71	1.60
Confluenza in Annunziata		146.32	185.00	1.59	186.59	187.55	21.49	4.35	4.94	4.86	1.38

Tabella 45 – Simulazione a tempo di ritorno 200 anni nella configurazione geometrica di stato attuale.

4 Analisi di compatibilità idraulica sui corsi d'acqua principali

Le sezioni di verifica della compatibilità idraulica sono state definite, per ciascun corso d'acqua considerato, in modo da essere rappresentative ai fini di determinare una portata che la sezione d'alveo è in grado di smaltire.



Non si sono considerate nelle presenti valutazioni situazioni di valle specifiche, quali:

- l'assenza di alveo inciso e la trasformazione del corso d'acqua in viabilità urbana;
- l'assenza di regimazione idraulica nel tratto terminale del corso d'acqua e la relativa mancanza o inefficienza di opere di attraversamento della strada costiera; in quanto per tali situazioni non sarebbe possibile definire valori di portata compatibile.

4.1 Fiumara Guardia

Il manufatto M1 oggetto di verifica di compatibilità idraulica è ubicato immediatamente a valle della confluenza della fiumara Curcuraci; la riduzione della pendenza di fondo della fiumara Guardia nel tratto a valle del nodo di confluenza favorisce l'accumulo del materiale solido trasportato con conseguente rischio di possibili parzializzazioni delle sezioni di deflusso dei manufatti di attraversamento.

Le portate idrologiche per tempo di ritorno assegnato e quella bicentenaria comprensiva

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
		RELAZIONE IDRAULICA		<i>Codice documento</i> SB0002_F0.doc

dell'aliquota di trasporto solido generate dal bacino chiuso sul manufatto M1 sono le seguenti:

Portate idrologiche [m ³ /s]							Portata idrologica con trasporto solido [m ³ /s]
Q2	Q5	Q10	Q30	Q50	Q100	Q200	Q200 VERIFICA
24.6	35.5	42.7	53.5	58.4	65.1	71.8	74.67

Tabella 46 – Portate di riferimento in corrispondenza del manufatto M1.

Il manufatto M1 oggetto di verifica è il più piccolo dei manufatti presenti ed è costituito da un ponticello a soletta piana di larghezza pari a 6.0 m e altezza 2.0 m.

La pendenza del fondo alveo del Guardia è pari al 9.0 %, per l'alveo di piena si è assunta una scabrezza pari a 40 m^{1/3}/s.



Come descritto in precedenza (cfr paragrafo 1.2) sono state eseguite le verifiche sia in moto uniforme che applicando l'espressione proposta dall'U.S.G.S.; i risultati ottenuti (Tabella 47) mostrano che l'opera è inadeguata idraulicamente in quanto la portata bicentenaria comprensiva di trasporto solido è superiore a quella ottenuta con il metodo U.S.G.S. La portata che il manufatto è in grado di smaltire in questa condizione (43.85 m³/s) è stata confrontata con quella, nettamente superiore, ottenuta dalla verifica in moto uniforme (162.61 m³/s): si ottiene un "fattore di sicurezza" molto elevato pari a 3.71.

Moto uniforme				Metodo USGS		Coefficiente di sicurezza di verifica
Q max smaltibile (m ³ /s)	Livello idrico (m)	Carico totale (m)	Portata critica (m ³ /s)	Carico totale (m)	Q max smaltibile (m ³ /s)	-
162.61	2.00	11.36	53.15	3.00	43.85	3.71

Tabella 47 – Verifiche idrauliche manufatto M1.

Di seguito si allega la scala di deflusso in moto uniforme.

Livello idrico (m)	Larghezza superficie libera (m)	Area deflusso (m ²)	Velocità (m/s)	Portata (m ³ /s)	Portata critica (m ³ /s)	Numero Froude -	Carico totale (m)
0.02	6.00	0.12	0.88	0.11	0.05	1.99	0.06
0.35	6.00	2.10	5.54	11.63	3.89	2.99	1.91
0.68	6.00	4.08	8.10	33.04	10.54	3.14	4.02
1.01	6.00	6.06	9.96	60.33	19.08	3.16	6.06
1.34	6.00	8.04	11.40	91.68	29.15	3.14	7.97

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
		RELAZIONE IDRAULICA		<i>Codice documento</i> SB0002_F0.doc

Livello idrico (m)	Larghezza superficie libera (m)	Area deflusso (m ²)	Velocità (m/s)	Portata (m ³ /s)	Portata critica (m ³ /s)	Numero Froude -	Carico totale (m)
1.67	6.00	10.02	12.58	126.01	40.56	3.11	9.73
2.00	6.00	12.00	13.55	162.61	53.15	3.06	11.36

Tabella 48 – Scala di deflusso in moto uniforme per il manufatto M1.

E' possibile, inoltre, trarre le seguenti considerazioni:

- la portata smaltibile in sicurezza dal manufatto M1 è di 43.85 m³/s;
- tale valore di portata è di poco superiore rispetto alla portata calcolata per tempo di ritorno 10 anni (42.70 m³/s);
- in condizioni critiche la massima portata defluente al di sotto del manufatto sarebbe pari a 53.15 m³/s.

4.2 Fiumara della Pace

Il manufatto M5 oggetto di verifica di compatibilità idraulica è il primo di una serie di ponticelli di attraversamento di viabilità minori presenti nel tratto terminale del corso d'acqua.



Le portate idrologiche per tempo di ritorno assegnato e quella bicentenaria comprensiva dell'aliquota di trasporto solido generate dal bacino chiuso sul manufatto M5 sono le seguenti:

Portate idrologiche [m3/s]							Portata idrologica con trasporto solido [m3/s]
Q2	Q5	Q10	Q30	Q50	Q100	Q200	Q200 VERIFICA
24.4	35.8	43.3	54.7	59.9	66.9	73.9	76.9

Tabella 49 – Portate di riferimento in corrispondenza del manufatto M5.

Il manufatto M5 oggetto di verifica è costituito da un ponticello a soletta piana di altezza pari a 2.0 m e luce netta tra le spalle pari a 13.4 m. La pendenza del fondo alveo è pari al 3 %, per l'alveo di piena si è assunta una scabrezza pari a 40 m^{1/3}/s.

Come descritto in precedenza (cfr paragrafo 1.2) sono state eseguite le verifiche sia in moto uniforme che applicando l'espressione proposta dall'U.S.G.S.; i risultati ottenuti (Tabella 50) mostrano che l'opera è adeguata idraulicamente in quanto la portata bicentenaria comprensiva di

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
		RELAZIONE IDRAULICA		<i>Codice documento</i> SB0002_F0.doc

trasporto solido si mantiene inferiore a quella ottenuta con il metodo U.S.G.S. La portata che il manufatto è in grado di smaltire in questa condizione è stata confrontata con quella, nettamente superiore, ottenuta dalla verifica in moto uniforme: si ottiene un “fattore di sicurezza” pari a 2.53.

Moto uniforme				Metodo USGS		Coefficiente di sicurezza di verifica
Q max smaltibile (m ³ /s)	Livello idrico (m)	Carico totale (m)	Portata critica (m ³ /s)	Carico totale (m)	Q max smaltibile (m ³ /s)	
247.64	2.00	6.35	118.71	3.00	97.94	2.53

Tabella 50 – Verifiche idrauliche manufatto M5.

Di seguito si allega la scala di deflusso in moto uniforme.

Livello idrico (m)	Larghezza superficie libera (m)	Area deflusso (m ²)	Velocità (m/s)	Portata (m ³ /s)	Portata critica (m ³ /s)	Numero Froude	Carico totale (m)
0.02	13.40	0.27	0.51	0.14	0.12	1.15	0.03
0.35	13.40	4.69	3.33	15.60	8.69	1.79	0.91
0.68	13.40	9.11	5.02	45.77	23.53	1.94	1.97
1.01	13.40	13.53	6.35	85.96	42.60	2.02	3.07
1.34	13.40	17.96	7.46	133.90	65.10	2.06	4.17
1.67	13.40	22.38	8.41	188.14	90.58	2.08	5.27
2.00	13.40	26.80	9.24	247.64	118.71	2.09	6.35



Tabella 51 – Scala di deflusso in moto uniforme per il manufatto M5.

Dai risultati ottenuti è possibile trarre le seguenti considerazioni:

- la portata smaltibile in sicurezza dal manufatto M5 è di 97.94 m³/s;
- la portata massima defluente con tempo di ritorno 200 anni (portata di riferimento) è di 76.9 m³/s che risulta pari al 78.5% circa della portata smaltibile dal manufatto;
- la portata di riferimento in condizioni critiche defluirebbe con un'altezza d'acqua di circa 1.40 m rispetto ai 2.00 m totali del manufatto.

4.3 Fiumara Annunziata (monte confluenza Ciccìa)

Il manufatto M12 oggetto di verifica di compatibilità idraulica è l'imbocco di una canalizzazione tombata che si estende per 280 m a monte del nodo di confluenza tra le fiumare Annunziata e Ciccìa.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
		RELAZIONE IDRAULICA	<i>Codice documento</i> SB0002_F0.doc	<i>Rev</i> F0

Le portate idrologiche per tempo di ritorno assegnato e quella bicentenaria comprensiva dell'aliquota di trasporto solido generate dal bacino chiuso sul manufatto M12 sono le seguenti:

Portate idrologiche [m3/s]							Portata idrologica con trasporto solido [m3/s]
Q2	Q5	Q10	Q30	Q50	Q100	Q200	Q200 VERIFICA
16.2	24.5	30.0	38.3	42.1	47.2	52.2	54.97

Tabella 52 – Portate di riferimento in corrispondenza del manufatto M12.

Il manufatto M12 è costituito da un tombino scatolare di dimensioni BxH=5.0x2.7 m e lunghezza 280.0 m.

La pendenza del fondo alveo è pari all' 8.0 %, per l'alveo di piena si è assunta una scabrezza pari a $40 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$.

Come descritto in precedenza (cfr paragrafo 1.2) per le lunghe tombinature si è eseguita la sola verifica in moto uniforme schematizzando la condizione limite di funzionamento a pelo libero (cioè con livello pari alla quota di intradosso dell'opera); i risultati ottenuti (Tabella 53) mostrano che l'opera è adeguata idraulicamente in quanto la portata bicentenaria è inferiore a quella smaltibile dal manufatto.



Di seguito si allega la scala di deflusso in moto uniforme.

Livello idrico (m)	Larghezza superficie libera (m)	Area deflusso (m ²)	Velocità (m/s)	Portata (m ³ /s)	Portata critica (m ³ /s)	Numero Froude -	Carico totale (m)
0.00	5.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.45	5.00	2.25	5.95	13.39	4.73	2.83	2.25
0.90	5.00	4.50	8.59	38.66	13.37	2.89	4.66
1.35	5.00	6.75	10.36	69.95	24.56	2.85	6.82
1.80	5.00	9.00	11.66	104.96	37.82	2.78	8.73
2.25	5.00	11.25	12.66	142.47	52.85	2.70	10.42
2.70	5.00	13.50	13.46	181.75	69.48	2.62	11.94

Tabella 53 – Scala di deflusso in moto uniforme per il manufatto M12.

Dai risultati ottenuti è possibile trarre le seguenti considerazioni:

- la portata smaltibile in condizioni di moto uniforme dal manufatto M12 è di circa 112.00

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE IDRAULICA		<i>Codice documento</i> SB0002_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

m³/s (valore pari al 70 % di riempimento della sezione);

- la portata massima defluente con tempo di ritorno 200 anni (portata di riferimento) è di 54.97 m³/s che risulta pari al 49% circa della portata smaltibile del manufatto;
- la portata di riferimento in condizioni critiche defluirebbe con un'altezza d'acqua di circa 2.30 m rispetto ai 2.70 m totali del manufatto.

4.4 Fiumara Annunziata (valle confluenza Ciccia)

Il tratto oggetto di verifica riguarda un intervento di copertura dell'attuale tratto di canalizzazione di corso d'acqua avente sezione di forma rettangolare rivestita in cls di larghezza pari a 15 m e altezza 3.0 m, sezione analoga a quella del manufatto M11 (ponticello a soletta piana) presente a valle.

La verifica del tratto di tombamento del canale e del manufatto di attraversamento è stata eseguita con riferimento alle condizioni di moto uniforme.



Le portate idrologiche per tempo di ritorno assegnato e quella bicentenaria comprensiva dell'aliquota di trasporto solido generate dal bacino chiuso alla sezione di interesse sono le seguenti:

Portate idrologiche [m ³ /s]							Portata idrologica con trasporto solido [m ³ /s]
Q2	Q5	Q10	Q30	Q50	Q100	Q200	Q200 VERIFICA
42.2	63.5	77.6	98.8	108.5	121.6	134.6	141.7

Tabella 54 – Portate di riferimento in corrispondenza del manufatto M11.

La pendenza del fondo alveo è pari al 7.0 %; la scabrezza è stata assunta cautelativamente pari a 40 m^{1/3}/s.

Per tener conto dei potenziali effetti di rigurgito da parte del manufatto M11 sono state eseguite le verifiche sia in moto uniforme che applicando l'espressione proposta dall'U.S.G.S.; i risultati ottenuti (Tabella 55) mostrano che l'opera è adeguata idraulicamente in quanto la portata bicentenaria comprensiva di trasporto solido corrisponde a quella ottenuta con il metodo U.S.G.S. La portata che il manufatto è in grado di smaltire in questa condizione è stata confrontata con quella, nettamente superiore, ottenuta dalla verifica in moto uniforme: si ottiene un "fattore di

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
		RELAZIONE IDRAULICA		<i>Codice documento</i> SB0002_F0.doc

sicurezza" molto elevato e pari a 5.78.

Moto uniforme				Metodo USGS		Coefficiente di sicurezza di verifica
Q max smaltibile (m ³ /s)	Livello idrico (m)	Carico totale (m)	Portata critica (m ³ /s)	Carico totale (m)	Q max smaltibile (m ³ /s)	-
791.56	3.00	18.77	244.12	3.60	136.98	5.78

Tabella 55 – Scala di deflusso in moto uniforme per il manufatto M11.

Livello idrico (m)	Larghezza superficie libera (m)	Area deflusso (m ²)	Velocità (m/s)	Portata (m ³ /s)	Portata critica (m ³ /s)	Numero Froude -	Carico totale (m)
0.00	15.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.50	15.00	7.50	6.39	47.90	16.61	2.88	2.58
1.00	15.00	15.00	9.74	146.04	46.98	3.11	5.83
1.50	15.00	22.50	12.28	276.31	86.31	3.20	9.19
2.00	15.00	30.00	14.35	430.50	132.88	3.24	12.50
2.50	15.00	37.50	16.09	603.45	185.71	3.25	15.70
3.00	15.00	45.00	17.59	791.56	244.12	3.24	18.77

Tabella 56 – Scala di deflusso in moto uniforme per il manufatto M11.



Dai risultati ottenuti è possibile trarre le seguenti considerazioni:

- la portata massima defluente con tempo di ritorno 200 anni (portata di riferimento) è di 141.7 m³/s;
- la portata di riferimento in condizioni critiche defluirebbe con un'altezza d'acqua di circa 2.05 m rispetto ai 3.00 m totali del manufatto;
- la portata smaltibile in condizioni di moto uniforme assumendo un franco di 1.0 m è decisamente superiore a quella con Tr 200 anni in conseguenza della velocità estremamente elevata.

4.5 Fiumara Ciccia (monte confluenza in Annunziata)

Il manufatto M15 oggetto di verifica di compatibilità idraulica è l'imbocco di una canalizzazione tombata che si estende per 800 m circa.

Le portate idrologiche per tempo di ritorno assegnato generate dal bacino chiuso sul manufatto M15 sono nel seguito esposte (Tabella 57).

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
		RELAZIONE IDRAULICA	<i>Codice documento</i> SB0002_F0.doc	<i>Rev</i> F0

Portate idrologiche [m ³ /s]						
Q2	Q5	Q10	Q30	Q50	Q100	Q200
17.3	25.8	31.4	39.9	43.8	49.0	54.2

Tabella 57 – Portate idrologiche in corrispondenza del manufatto M15.

Il manufatto M15 oggetto di verifica è costituito da un tombino scatolare di dimensioni BxH=6.6x3.8 m e lunghezza 800.0 m.

La pendenza del fondo alveo è pari al 8.0 %; la scabrezza è stata assunta cautelativamente pari a 40 m^{1/3}/s.

Come descritto in precedenza (cfr paragrafo 1.2) per le lunghe tombinature si è eseguita la sola verifica in moto uniforme schematizzando la condizione limite di funzionamento a pelo libero (cioè con livello pari alla quota di intradosso dell'opera).



Livello idrico (m)	Larghezza superficie libera (m)	Area deflusso (m ²)	Velocità (m/s)	Portata (m ³ /s)	Portata critica (m ³ /s)	Numero Froude	Carico totale (m)
0.02	6.60	0.13	0.83	0.11	0.06	1.87	0.06
0.65	6.60	4.29	7.53	32.31	10.83	2.98	3.54
1.28	6.60	8.45	10.72	90.56	29.94	3.03	7.14
1.91	6.60	12.61	12.85	161.93	54.57	2.97	10.32
2.54	6.60	16.76	14.40	241.33	83.68	2.88	13.10
3.17	6.60	20.92	15.59	326.08	116.67	2.79	15.55
3.80	6.60	25.08	16.53	414.60	153.13	2.71	17.73

Tabella 58 – Scala di deflusso in moto uniforme per il manufatto M15.

Dai risultati ottenuti è possibile trarre le seguenti considerazioni:

- la portata massima smaltibile in condizioni di moto uniforme dal manufatto M15 è di circa 257 m³/s (valore pari al 70 % di riempimento della sezione);
- la portata massima defluente con tempo di ritorno 200 anni (portata di riferimento) è di 54.2 m³/s che risulta pari al 20% circa della portata smaltibile dal manufatto;
- la portata di riferimento in condizioni critiche defluirebbe con un'altezza d'acqua di circa 1.91 m rispetto ai 3.80 m totali del manufatto.

4.6 Fiumara Venedda Minissale (manufatto M18)

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
		RELAZIONE IDRAULICA	<i>Codice documento</i> SB0002_F0.doc	<i>Rev</i> F0

Il manufatto M18, di attraversamento ferroviario, è ubicato immediatamente a monte dello sbocco in mare della Venedda Minissale.

Le portate idrologiche per tempo di ritorno assegnato generate dal bacino chiuso sul manufatto M18 sono le seguenti:

Portate idrologiche [m ³ /s]						
Q2	Q5	Q10	Q30	Q50	Q100	Q200
14.0	21.2	26.0	33.2	36.5	40.9	45.4

Tabella 59 – Portate di riferimento in corrispondenza del manufatto M18.

Il manufatto M18 è costituito da un ponticello ad arco di altezza pari a 2.40 m e luce netta tra le spalle pari a 3.4 m; l'altezza delle spalle misurata alle reni dell'arco è di 0.8 m. Nel calcolo è stato schematizzato come un ponticello a soletta piana di altezza equivalente pari a 2.16 m.



La pendenza del fondo alveo è pari al 7.0 %, per l'alveo di piena si è assunta una scabrezza pari a 40 m^{1/3}/s.

Come descritto in precedenza (cfr paragrafo 1.2) sono state eseguite le verifiche sia in moto uniforme che applicando l'espressione proposta dall'U.S.G.S.; i risultati ottenuti (Tabella 60) mostrano che la portata assunta come riferimento confrontata con quella di moto uniforme presenta un "fattore di sicurezza" pari a 2.65.

Moto uniforme				Metodo USGS		Coefficiente di sicurezza di verifica
Q max smaltibile (m ³ /s)	Livello idrico (m)	Carico totale (m)	Portata critica (m ³ /s)	Carico totale (m)	Q max smaltibile (m ³ /s)	
75.18	2.16	7.50	33.81	3.40	28.38	2.65

Tabella 60 – Verifiche idrauliche manufatto M18.

Livello idrico (m)	Larghezza superficie libera (m)	Area deflusso (m ²)	Velocità (m/s)	Portata (m ³ /s)	Portata critica (m ³ /s)	Numero Froude	Carico totale (m)
0.00	3.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.36	3.40	1.22	4.71	5.77	2.30	2.51	1.49
0.72	3.40	2.45	6.72	16.45	6.51	2.53	3.02
1.08	3.40	3.67	8.03	29.47	11.95	2.47	4.36

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
		RELAZIONE IDRAULICA		<i>Codice documento</i> SB0002_F0.doc

Livello idrico (m)	Larghezza superficie libera (m)	Area deflusso (m ²)	Velocità (m/s)	Portata (m ³ /s)	Portata critica (m ³ /s)	Numero Froude -	Carico totale (m)
1.44	3.40	4.90	8.96	43.89	18.40	2.39	5.54
1.80	3.40	6.12	9.68	59.22	25.72	2.30	6.57
2.16	3.40	7.34	10.24	75.18	33.81	2.22	7.50

Tabella 61 – Scala di deflusso in moto uniforme per il manufatto M18.

E' possibile, inoltre, trarre le seguenti considerazioni:

- la portata smaltibile in sicurezza dal manufatto M18 è di 28.38 m³/s;
- tale valore di portata è di poco superiore alla portata calcolata per tempo di ritorno 10 anni (26.0 m³/s);
- in condizioni critiche la massima portata defluente al di sotto del manufatto sarebbe pari a 33.81 m³/s; solo in condizioni di moto uniforme, per un grado di riempimento del 70%, l'opera sarebbe adeguata per la portata di riferimento (46.8 m³/s contro 45.4).

4.7 Fiumara Venedda Vetro

Il manufatto M16, di attraversamento ferroviario, è ubicato immediatamente a monte dello sbocco in mare della Venedda Vetro.



Le portate idrologiche per tempo di ritorno assegnato generate dal bacino chiuso sul manufatto M16 sono le seguenti:

Portate idrologiche [m ³ /s]						
Q2	Q5	Q10	Q30	Q50	Q100	Q200
4.4	6.7	8.2	10.4	11.4	12.8	14.2

Tabella 62 – Portate di riferimento in corrispondenza del manufatto M16.

Il manufatto M16 è costituito da un ponticello ad arco di altezza pari a 1.65 m e luce netta tra le spalle pari a 2.0 m. Nel calcolo è stato schematizzato come un ponticello a soletta piana di altezza equivalente pari a 1.49 m.

La pendenza del fondo alveo è pari al 3.0 %, per l'alveo di piena si è assunta una scabrezza pari a 40 m^{1/3}/s.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
		RELAZIONE IDRAULICA		<i>Codice documento</i> SB0002_F0.doc

Come descritto in precedenza (cfr paragrafo 1.2) sono state eseguite le verifiche sia in moto uniforme che applicando l'espressione proposta dall'U.S.G.S.; i risultati ottenuti (Tabella 63) mostrano che la portata assunta come riferimento confrontata con quella di moto uniforme presenta "fattore di sicurezza" pari a 1.67.

Moto uniforme				Metodo USGS		Coefficiente di sicurezza di verifica
Q max smaltibile (m ³ /s)	Livello idrico (m)	Carico totale (m)	Portata critica (m ³ /s)	Carico totale (m)	Q max smaltibile (m ³ /s)	-
14.64	1.49	2.72	11.37	3.65	8.75	1.67

Tabella 63 – Verifiche idrauliche manufatto M16.

Livello idrico (m)	Larghezza superficie libera (m)	Area deflusso (m ²)	Velocità (m/s)	Portata (m ³ /s)	Portata critica (m ³ /s)	Numero Froude	Carico totale (m)
0.00	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.25	2.00	0.50	2.36	1.17	0.77	1.51	0.53
0.50	2.00	0.99	3.32	3.29	2.19	1.50	1.06
0.74	2.00	1.49	3.93	5.84	4.02	1.45	1.53
0.99	2.00	1.98	4.35	8.64	6.19	1.40	1.96
1.24	2.00	2.48	4.67	11.58	8.65	1.34	2.35
1.49	2.00	2.98	4.92	14.64	11.37	1.29	2.72

Tabella 64 – Scala di deflusso in moto uniforme per il manufatto M16.

E' possibile, inoltre, trarre le seguenti considerazioni:

- la portata smaltibile in sicurezza dal manufatto M16 è di 8.75 m³/s;
- tale valore di portata è di poco superiore alla portata calcolata per tempo di ritorno 10 anni (8.2 m³/s);
- in condizioni critiche la massima portata defluente al di sotto del manufatto sarebbe pari a 11.37 m³/s (corrispondente alla piena cinquantennale).

5 Calcolo del trasporto solido nel caso di sviluppo di colate detritiche

Seguendo la metodologia descritta al precedente paragrafo 2.3 è stata calcolata la capacità di trasporto solido con il metodo di Gregoretti sui corsi d'acqua oggetto di applicazione modellistica, al fine di individuare le aste eventualmente soggette al rischio di sviluppo di colate detritiche (cfr.



		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
		RELAZIONE IDRAULICA	<i>Codice documento</i> SB0002_F0.doc	<i>Rev</i> F0



tabella seguente).

Corso d'acqua	Tratto	Pendenza tratto (Gradi)	Q liquida (Qp)	Ang. attrito (Gradi)	vt	vt'	vt(f)	Q totale (Gregoretti)	Q totale (M11)	Rapporto Q totale
Curcuraci	Monte autostrada	5.4	60.2	35	0.09	0.06	0.06	65.99	62.69	1.05
Curcuraci	Valle autostrada	5.1	60.2	35	0.09	0.05	0.05	65.05	62.73	1.04
Guardia	Valle confluenza									1.08
	Curcuraci	6.1	71.8	35	0.11	0.08	0.08	81.30	74.95	
Pace	Monte autostrada	5.6	71.0	35	0.10	0.06	0.06	78.49	73.83	1.06
Pace	Valle autostrada	5.9	73.9	35	0.10	0.07	0.07	82.78	77.35	1.07
Annunziata	Monte confluenza Ann. 2	5.5	28.0	38	0.08	0.05	0.05	30.15	29.79	1.01
Annunziata	Monte autostrada	5.1	52.2	38	0.08	0.04	0.04	55.49	54.67	1.02
Annunziata	Valle autostrada	4.7	52.2	38	0.07	0.03	0.03	54.96	54.23	1.01
Annunziata 2	Monte confluenza	6.0	19.7	38	0.09	0.06	0.06	21.55	21.27	1.01

I calcoli sono stati effettuati ipotizzando una densità dei clasti pari a 2700 Kg/m³ e una concentrazione volumetrica della fase solida pari a 0.65. Per quanto riguarda l'angolo di attrito interno, in base ai sopralluoghi, è stato assunto un valore pari a 35° per il Pace e il Curcuraci-Guardia caratterizzati dalla presenza di depositi relativamente fini, e pari a 38° per l'Annunziata in cui, forse anche per la presenza i affioramenti del substrato cristallino, si hanno depositi grossolani spesso costituiti da clasti a spigoli vivi.

Nella terz'ultima colonna sono riportati i risultati del calcolo della portata totale, riferita a 200 anni di tempo di ritorno, solida più liquida, con il metodo Gregoretti; nella penultima colonna lo stesso valore, medio, è stato calcolato con il modulo NST (solid trasport) del codice di calcolo M11 (formulazione di Smart-Jaeggi) mentre nell'ultima colonna è stato riportato il rapporto tra le portate totali calcolate con i due differenti metodi.

Il calcolo è stato effettuato, per i tratti a monte e a valle degli attraversamenti autostradali, su tutti i corsi d'acqua oggetto di modellazione numerica.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE IDRAULICA		<i>Codice documento</i> SB0002_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Dall'esame della tabella si evince che in nessuno dei corsi d'acqua esaminati, nell'ambito dei tratti interferenti con le opere in progetto, esiste il concreto rischio dello sviluppo di colate detritiche. Questo non significa che fenomeni della stessa natura non possano svilupparsi più a monte nei settori di testata, ove si hanno pendenze del profilo di fondo sensibilmente superiori, e che marginalmente tali processi possano coinvolgere anche le aree poste più a valle; la questione verrà affrontata nei paragrafi seguenti destinati alla caratterizzazione dei singoli corsi d'acqua.

5.1 Curcuraci-Guardia

Il profilo di fondo del Curcuraci nel tratto di intersezione con il tracciato autostradale presenta pendenze relativamente modeste, dell'ordine di 5-6°. In tale settore non possono pertanto svilupparsi colate detritiche né, d'altra parte, tali condizioni si riscontrano nei settori posti più a monte.



Il calcolo della portata totale, solida più liquida, con il metodo di Gregoretti fornisce un valore pari a 66 m³/s, di poco superiore a quello calcolato con la formulazione di Smart-Jaeggi, a fronte di una portata liquida di 60.2 m³/s.

Pertanto, in questo caso, l'applicazione modellistica appare sufficiente a fornire gli elementi necessari alla progettazione, fermo restando, comunque, che la frazione solida trasportata è abbastanza elevata (pari a circa il 10% del deflusso totale), il che rende gli attraversamenti maggiormente soggetti al rischio di parzializzazione della sezione di deflusso. Da tenere conto, inoltre, che sul Guardia a monte della confluenza con il Curcuraci sono state osservate tracce di colate, pertanto nell'area di confluenza i rischi di parzializzazione della sezione sono ancora più elevati.

5.2 Pace

Il profilo di fondo del Pace nel tratto di intersezione con il tracciato autostradale presenta pendenze relativamente modeste, dell'ordine di 5°-6°. In tale settore non possono svilupparsi colate detritiche che, viceversa, possono formarsi nel settore di testata, posto comunque ad una distanza di "sicurezza" dal tratto interessato dal progetto.

Il calcolo della portata totale, solida più liquida, con il metodo di Gregoretti fornisce un valore pari a

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE IDRAULICA		<i>Codice documento</i> SB0002_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

78.5 m³/s, di poco superiore a quello calcolato con la formulazione di Smart-Jaeggi, a fronte di una portata liquida di 71.0 m³/s.



L'applicazione modellistica appare, dunque, sufficiente a fornire gli elementi necessari alla progettazione, fermo restando, comunque, che la frazione solida trasportata è abbastanza elevata (pari a circa il 10% del deflusso totale), il che rende gli attraversamenti maggiormente soggetti al rischio di parzializzazione della sezione di deflusso.



5.3 Annunziata

Il profilo di fondo dell'Annunziata e del suo affluente di sinistra, denominato nel presente studio Annunziata 2, nel tratto di intersezione con il tracciato autostradale presentano pendenze relativamente modeste, dell'ordine di 5°-6°. In tale settore non possono svilupparsi colate detritiche, che invece possono formarsi nel settore di testata posto poco più a monte del tratto interessato dal progetto.

Il calcolo della portata totale, solida più liquida, con il metodo di Gregoretti fornisce un valore pari a 55.5 m³/s, sull'Annunziata e di 21.6 m³/s sul suo affluente di sinistra, circa corrispondenti a quelli calcolati con la formulazione di Smart-Jaeggi, a fronte di una portata liquida pari rispettivamente a 52.2 m³/s e 19.7 m³/s.



L'applicazione modellistica appare, dunque, sufficiente a fornire gli elementi necessari alla progettazione, fermo restando, comunque, che la frazione solida trasportata è significativa (pari a circa il 5% del deflusso totale). Da tenere conto, inoltre, che sull'affluente di sinistra le pendenze si incrementano rapidamente poco più a monte del tratto oggetto di applicazione modellistica; in altre parole non si può escludere che le opere autostradali ricadano ancora nell'area di arresto di possibili colate, originatesi più a monte ma comunque ancora parzialmente pericolose nei tratti d'alveo prossimi a quello di interesse.

		<p align="center">Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO</p>		
<p align="center">RELAZIONE IDRAULICA</p>		<p><i>Codice documento</i> SB0002_F0.doc</p>	<p><i>Rev</i> F0</p>	<p><i>Data</i> 20/06/2011</p>

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE IDRAULICA		<i>Codice documento</i> SB0002_F0.doc	<i>Rev</i> 00	<i>Data</i> 29/10/2010

Allegato 1

Descrizione del modello numerico di simulazione MIKE 11

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE IDRAULICA		<i>Codice documento</i> SB0002_F0.doc	<i>Rev</i> 00	<i>Data</i> 29/10/2010

1. PREMESSA

Il programma MIKE11 è stato realizzato dal DHI (Danish Hydraulic Institute) a partire dal programma SYSTEM11 che dal 1972, anno della sua messa a punto, ad oggi, è stato usato in un grande numero di applicazioni in tutto il mondo con ottimi risultati e riconoscimenti.

MIKE11 è un programma generale per la simulazione del flusso idrico a pelo libero in estuari, fiumi, sistemi di irrigazione e simili corpi idrici. MIKE11 simula il flusso monodimensionale, stazionario e non, di fluidi verticalmente omogenei in qualsiasi sistema di canali o aste fluviali.

E' possibile tenere conto di:



- portate laterali;
- condizioni di corrente veloce o lenta;
- flusso libero o rigurgitato in corrispondenza di sfioratori;
- differenti regole operative di funzionamento di serbatoi o invasi;
- resistenze localizzate e perdite di carico concentrate;
- casse d'espansione;
- condizioni di flusso bidimensionale sulle pianure alluvionali;
- azione del vento;
- nodi idraulici (biforcazioni e convergenti).

L'adozione del programma di simulazione DHI\MIKE11, consente la soluzione del problema idrodinamico di moto vario con uno schema di soluzione numerica molto efficiente che limita i tempi di calcolo consentendo una adeguata rappresentazione dell'evolversi temporale dei transitori idraulici legati al passaggio dell'onda di piena.

2. DESCRIZIONE DELLE CONDIZIONI DI MOTO SIMULATE

Il modello consente di attivare tre diverse descrizioni del moto, mediante tre differenti formulazioni matematiche:

1. Approccio dell'"onda cinematica". Le condizioni di moto sono calcolate imponendo il bilancio tra le forze di gravità e di attrito. Questa semplificazione non permette di simulare gli effetti di rigurgito.
2. Approccio dell'"onda diffusiva". Oltre alle forze di gravità ed attrito viene tenuto conto del gradiente idrostatico in modo tale da poter valutare anche gli effetti a monte delle condizioni al contorno di valle, cioè simulare i fenomeni di rigurgito.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE IDRAULICA	<i>Codice documento</i> SB0002_F0.doc	<i>Rev</i> 00	<i>Data</i> 29/10/2010

3. Approccio dell'"onda dinamica". Utilizzando le equazioni complete del moto, comprese le forze di accelerazione, è possibile simulare con questa formulazione transitori veloci, flussi di marea ecc.

In funzione del tipo di problema da risolvere è possibile scegliere la descrizione del moto più appropriata. Ognuna delle tre formulazioni consente di simulare sia sistemi idrici ramificati che reti idrauliche con maglie chiuse.

3. EQUAZIONI GENERALI DI DE SAINT VENANT

MIKE11 mediante il terzo tipo di formulazione risolve le equazioni di conservazione del volume e della quantità di moto (equazioni di De Saint Venant) che sono derivate sulla base delle seguenti assunzioni:

- a) Il fluido (acqua) è incomprimibile ed omogeneo, cioè senza significativa variazione di densità.
- b) La pendenza del fondo è piccola.
- c) Le lunghezze d'onda sono grandi se paragonate all'altezza d'acqua, in modo da poter considerare in ogni punto parallela al fondo la direzione della corrente: è cioè trascurabile la componente verticale dell'accelerazione e su ogni sezione trasversale alla corrente si può assumere una variazione idrostatica della pressione.

Integrando le equazioni di conservazione della massa e della quantità di moto si ottiene:

$$\frac{\partial Q}{\partial x} + \frac{\partial A}{\partial t} = 0$$

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\alpha \frac{Q^2}{A} \right) + gA \frac{\partial h}{\partial x} = 0$$



ed introducendo la resistenza idraulica (attrito) e le portate laterali addotte:

$$\frac{\partial Q}{\partial x} + \frac{\partial A}{\partial t} = q$$

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\alpha \frac{Q^2}{A} \right) + gA \frac{\partial h}{\partial x} + \frac{gQQ}{C^2 AR} = 0$$

dove:

- A = area della sezione bagnata (m²);
- C = coefficiente di attrito di Chezy (m^{1/2} s⁻¹);
- g = accelerazione di gravità (m s⁻²);

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE IDRAULICA		<i>Codice documento</i> SB0002_F0.doc	<i>Rev</i> 00	<i>Data</i> 29/10/2010

h = altezza del pelo libero rispetto ad un livello di riferimento orizzontale (m);

Q = portata (m^3/s);

R = raggio idraulico (m);

α = coefficiente di distribuzione della quantità di moto;

q = portata laterale addotta ($m^2 s^{-1}$).

4. SIMULAZIONE DELLE CORRENTI VELOCI CON L'APPROCCIO DELL'ONDA DINAMICA

Per le correnti veloci viene applicata una equazione "ridotta" del moto, ottenuta trascurando il termine non lineare:

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + gA \frac{\partial h}{\partial x} + \frac{gQ|Q|}{C^2 AR} = 0$$

La descrizione del moto è tanto più accurata quanto meno rapidamente variabile è la velocità della corrente.

Il vantaggio di questa schematizzazione è rappresentato dal fatto che è possibile ottenere una soluzione stabile con la stessa metodologia usata per le correnti lente. Nella transizione tra corrente lenta e veloce viene applicata una riduzione graduale del termine non lineare.

5. APPROSSIMAZIONE DELL'ONDA DIFFUSIVA



L'approssimazione dell'"onda diffusiva" consiste nel trascurare tutti i termini legati alla quantità di moto nelle equazioni generali di De Saint Venant:

$$gA \frac{\partial h}{\partial x} + \frac{gQ|Q|}{C^2 AR} = 0$$

Questa formulazione assicura ancora la descrizione dell'effetto di rigurgito attraverso il termine $\frac{\partial h}{\partial x}$. Per ragioni di stabilità questo termine nella soluzione viene smorzato; ciò significa che vengono risolti soltanto fenomeni di rigurgito relativamente stazionari (confrontati con lo step di tempo utilizzato).

6. DESCRIZIONE IN CORRISPONDENZA DI STRUTTURE

Dal punto di vista matematico la descrizione della corrente attraverso stramazzi o soglie e sezioni

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE IDRAULICA		<i>Codice documento</i> SB0002_F0.doc	<i>Rev</i> 00	<i>Data</i> 29/10/2010

trasversali strette è abbastanza simile. In MIKE11 la descrizione di ogni struttura viene effettuata in un segmento di corso d'acqua.

Tipi di strutture simulate.

Tipo 1. Stramazzo a larga soglia

Il programma automaticamente determina le caratteristiche di funzionamento standard dello stramazzo sulla base della geometria e dei coefficienti di perdita di carico specificati dall'utente. Viene assunta una distribuzione idrostatica delle pressioni sulla soglia e vengono utilizzati diversi algoritmi per la simulazione del deflusso libero e di quello rigurgitato.

Tipo 2. Relazione Q-h



Nel caso in cui le condizioni standard di funzionamento (tipo 1) dello stramazzo non risultino adeguate (ad esempio quando è evidente una significativa curvatura delle linee di corrente) è possibile specificare le relazioni Q-h (portate-livelli) valide per la data struttura. La relazione Q-h viene utilizzata per il deflusso libero in condizioni critiche, mentre per il deflusso rigurgitato (o sommerso) vengono utilizzati gli stessi algoritmi della struttura "tipo 1".

Tipo 3. Tombino

Un tombino può essere descritto mediante diversi algoritmi validi per condizioni di deflusso critico, rigurgitato o a "tubo pieno". il funzionamento a "tubo pieno" è a sua volta suddiviso in deflusso libero a valle, flusso rigurgitato e flusso sommerso. Deve essere inserita una relazione Q-h che contempli tutti i casi di deflusso critico allo sbocco del tombino. La portata critica è determinata da una formulazione di stramazzo a larga soglia quando l'imbocco è libero e da una formulazione di luce sotto battente quando l'imbocco è sommerso.

Tipo 4. Relazione Q-t

E' possibile inserire una qualsiasi relazione Q-t esterna per descrivere ad esempio il deflusso da una diga o un pompaggio. Questa relazione sostituisce localmente l'equazione di conservazione della quantità di moto.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE IDRAULICA		<i>Codice documento</i> SB0002_F0.doc	<i>Rev</i> 00	<i>Data</i> 29/10/2010

Tipo 5. Relazione $Q = A(Zj1) \cdot Zj2$

Il deflusso nell'ambito di una struttura può essere posto in relazione, in modo dinamico, a due qualsiasi variabili indipendenti del sistema consentendo di simulare regole operative particolari. Il deflusso da un invaso può per esempio essere correlato alla portata in ingresso e al livello nell'invaso (o al livello a valle di esso).

Tipo 6. Strutture mobili

E' possibile simulare la presenza di strutture mobili con condizioni di deflusso di tipo sfioro o luce sotto battente. Viene assegnata la geometria fissa della struttura (larghezza, quota del fondo per sistemi a sfioro tipo ventola, quota del livello massimo della paratoia per sistemi con luce sotto battente) ed una regola operativa che determina la quota della parte mobile della struttura in funzione di una delle seguenti condizioni idrodinamiche calcolate dal modello: un livello, una differenza di livelli, una portata, una differenza di portate, il tempo. Il modulo simula dinamicamente la variazione della geometria della struttura ed il flusso che ne consegue.

7. RESISTENZA D'ATTRITO

MIKE11 consente di utilizzare due diverse formulazioni della resistenza d'attrito: l'espressione di Chezy e quella di Strickler.

Secondo la formula di Chezy, nell'equazione del moto il termine di resistenza risulta pari a:

$$\tau_r = \frac{g Q^2}{C^2 A R}$$

dove C è il coefficiente di attrito di Chezy.



Secondo la formula di Strickler, lo stesso termine diventa:

$$\tau_r = \frac{g Q^2}{M^2 A R^{4/3}}$$

dove M è il coefficiente di Strickler, pari a $1/n$, essendo n il coefficiente di Manning.

8. CONDIZIONI INIZIALI

Le condizioni iniziali possono essere specificate dall'utente oppure essere calcolate automaticamente. Nel secondo caso viene usata la formula di Chezy per determinare i livelli idrici e le portate da considerare all'inizio della simulazione su tutta la rete o schema idraulico. In alternativa a queste due opzioni è possibile anche assumere come condizioni iniziali i risultati di

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE IDRAULICA		<i>Codice documento</i> SB0002_F0.doc	<i>Rev</i> 00	<i>Data</i> 29/10/2010

una precedente simulazione effettuata sullo stesso schema idraulico.

9. METODO DI SOLUZIONE

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 griglia di calcolo viene generata dal modello in base alle richieste dell'utente:

- i punti Q sono posizionati sempre a metà tra due punti h vicini;
- la distanza tra due punti h può essere variabile;
- ad ogni sezione trasversale d'alveo viene assegnato un punto h;
- ad ogni struttura viene assegnato un punto Q.

10. CONDIZIONI AL CONTORNO

In MIKE11 le condizioni al contorno sono distinte in esterne ed interne. Le condizioni al contorno interne sono: legami tra punti nodali, strutture, portate interne, attrito indotto dal vento. Le condizioni al contorno esterne sono: valori costanti di h e Q, valori di h e Q variabili nel tempo, relazioni tra h e Q (ad es. scala di deflusso per una sezione d'alveo).



11. DEFINIZIONE DEI PASSI DI CALCOLO

La scelta ottimale dei passi di calcolo Dx (spazio) e Dt (tempo) da utilizzare nell'ambito di una simulazione è molto importante perchè questi parametri possono condizionare pesantemente la stabilità del calcolo numerico e quindi i risultati stessi della simulazione.

Esistono due differenti criteri per determinare correttamente i passi di calcolo Dx e Dt. Essi sono descritti nel seguito.

- 1) Criterio di Courant

$$Cr = \frac{\sqrt{g \cdot d} + V}{Dx} \cdot Dt$$

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE IDRAULICA		<i>Codice documento</i> SB0002_F0.doc	<i>Rev</i> 00	<i>Data</i> 29/10/2010

dove:

- Cr = numero di Courant;
- d = altezza d'acqua media;
- V = velocità media della corrente;
- g = accelerazione di gravità;
- Dt, Dx = passi di calcolo.

Il numero di Courant esprime quanti Dx vengono percorsi da un'onda, causata da una piccola perturbazione, che si muove in un intervallo di tempo Dt unitario.

Per correnti lente ($Fr < 1$), il valore massimo del numero di Courant deve essere inferiore a 20.

2) Criterio della velocità.

Il criterio della velocità stabilisce che i passi Dx e Dt di calcolo siano definiti in modo tale che la corrente si muova di uno spazio Dx in un tempo maggiore di Dt, e cioè:



$$V * Dt < Dx$$

dove V è velocità media della corrente.

In definitiva entrambi i criteri esprimono il concetto che, per un dato passo di tempo Dt, Dx deve essere maggiore di un valore definito; contemporaneamente sia Dt che Dx devono essere inferiori a valori prestabiliti, in modo da descrivere correttamente il fenomeno in esame.



Il modello DHI/MIKE11 genera automaticamente una griglia di calcolo sulla quale i nodi che rappresentano le altezze d'acqua sono localizzati in corrispondenza delle sezioni trasversali di rilievo. Nel caso in cui la distanza tra due sezioni sia maggiore di Dx, vengono inseriti ulteriori nodi intermedi di calcolo, distanti fra loro Dx o meno.

In osservanza ai sopraccitati criteri è possibile definire unicamente intervalli di valori per Dx e Dt e non valori univoci per ogni simulazione.

		<p align="center">Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO</p>		
<p align="center">RELAZIONE IDRAULICA</p>		<p><i>Codice documento</i> SB0002_F0.doc</p>	<p><i>Rev</i> 00</p>	<p><i>Data</i> 29/10/2010</p>

Allegato 2

Descrizione del codice di calcolo MIKE 11 – NST



		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE IDRAULICA		<i>Codice documento</i> SB0002_F0.doc	<i>Rev</i> 00	<i>Data</i> 29/10/2010

GENERALITA'

Il calcolo del trasporto solido non coesivo, può essere eseguito con il modulo NST (Non-cohesive Sediment Transport) di MIKE 11: il modello di calcolo può essere di tipo esplicito o di tipo morfologico.

Nel metodo di calcolo esplicito è necessario avere a disposizione i risultati del modulo idrodinamico in termini di portata e 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: i risultati del calcolo del trasporto solido non vengono utilizzati dal modello idrodinamico. I risultati che si ottengono sono in termini di quantità di volume trasportato e volumi accumulati di erosione e deposito. Per tali ragioni la modalità di calcolo esplicita è applicabile nelle situazioni in cui non si verificano cambiamenti morfologici. Inoltre, l'utilizzazione del metodo esplicito permette di ottenere risultati con tempi di calcolo ridotti.

Nel modello di tipo morfologico il trasporto solido è invece calcolato in coppia con il modulo HD come illustrato nella figura 1. L'effetto dei risultati del modulo di trasporto solido sul modulo idrodinamico avviene attraverso la soluzione dell'equazione di continuità del materiale solido (da cui ne consegue la variazione della sezione d'alveo) e l'aggiornamento della resistenza idraulica del fondo (e quindi dei coefficienti di scabrezza) e del successivo calcolo del trasporto solido. I risultati che si ottengono dal modello sono la portata solida, l'evoluzione del fondo alveo, i coefficienti di scabrezza dell'alveo e la dimensione delle dune (in funzione della formula adottata per il calcolo del trasporto solido). Questo tipo di modellazione richiede tempi di calcolo molto più lunghi rispetto al metodo esplicito ma è maggiormente rappresentativo della dinamica del processo alluvionale.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE IDRAULICA		<i>Codice documento</i> SB0002_F0.doc	<i>Rev</i> 00	<i>Data</i> 29/10/2010

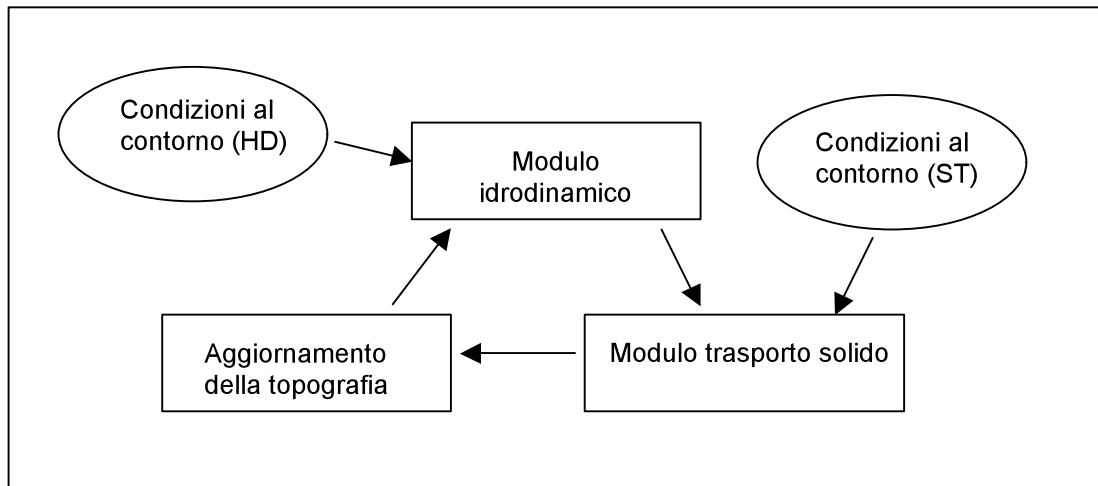


Fig. 1 - Schematizzazione di un ciclo di simulazione con il modello morfologico.

Nel modello morfologico, sulla base dell'entità calcolata dei fenomeni di erosione e deposito all'interno dell'alveo fluviale considerato, il programma aggiorna la geometria delle sezioni del corso d'acqua in base a differenti ipotesi di calcolo a scelta, come illustrato nella figura 2, simulando così l'evoluzione morfologica del tratto fluviale.

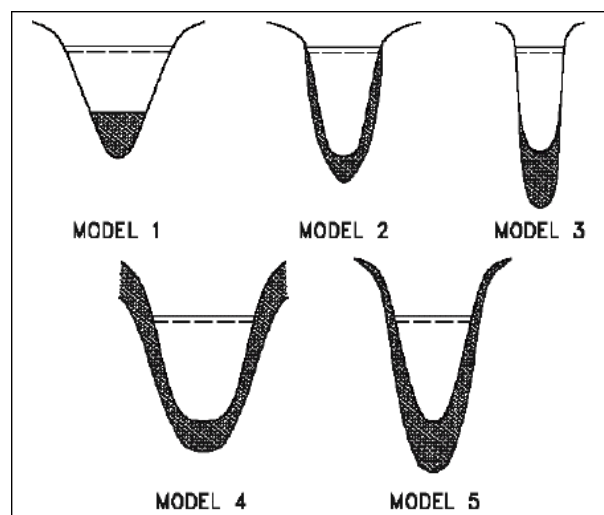




Fig. 2 – Schemi di aggiornamento delle sezioni d'alveo nel modello MIKE 11 – ST.

Il modulo NST fornisce cinque diversi metodi per il calcolo del trasporto solido e della relativa scabrezza di fondo. Le equazioni usate sono quelle di Engelund-Hansen, Ackers-White, Smart-Jaeggi per il calcolo del trasporto solido totale e le equazioni di Engelund-Fredsøe e van Rijn per il calcolo distinto del trasporto solido al fondo e in sospensione.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE IDRAULICA		<i>Codice documento</i> SB0002_F0.doc	<i>Rev</i> 00	<i>Data</i> 29/10/2010

I rami del modello in cui si decide di non applicare le equazioni di trasporto solido perché il fenomeno è trascurabile o di non interesse allo studio possono essere definiti come “passive branches”.

Tutti i vari modelli derivanti dall'utilizzo delle formulazioni di trasporto solido sopra citate possono essere eseguiti usando un singolo diametro rappresentativo del materiale di fondo alveo per ogni sezione di calcolo oppure, con un modulo aggiuntivo, inserendo diversi diametri rappresentativi delle varie frazioni granulometriche presenti nel materiale di fondo (l'equivalente di una curva granulometrica). È inoltre possibile specificare lo scarto quadratico medio della distribuzione granulometrica del materiale di fondo in modo da poter calcolare il diametro medio del sedimento trascinato in sospensione.

Tutte le opzioni precedentemente descritte sono attivabili sia nel modello esplicito che nel modello morfologico.



Modelli di trasporto solido applicati nell'attività di studio

Le formule per il calcolo del trasporto solido applicate nel presente studio sono quelle di Smart-Jaeggi, Engelund-Hansen ed Engelund-Fredsøe. Una breve descrizione di questi metodi è riportata nel paragrafo seguente. Per maggiori dettagli sulla teoria alla base di queste equazioni e su altri aspetti del modulo NST di MIKE 11 si rimanda ai manuali d'uso e documentazione del codice di calcolo¹.

Formulazione di Smart-Jaeggi

L'equazione permette il calcolo del trasporto solido di materiale grossolano in fiumi o canali ad elevata pendenza. La formula è basata sull'equazione originale di Meyer-Peter Müller, derivata da esperimenti di laboratorio con sedimenti non uniformi di varia densità e una pendenza compresa tra 0,04% e 2,0%. Si è osservato che l'equazione originale di Meyer-Peter Müller tende a sottostimare la quantità di trasporto solido per pendenze di fondo maggiori del 3% per cui Smart e Jaeggi hanno proposto una modifica all'equazione originale basandosi ancora su prove di

¹ MIKE 11, A Modelling System for Rivers and Channels, Reference Manual, DHI Water & Environment, DHI Software 2002.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE IDRAULICA		<i>Codice documento</i> SB0002_F0.doc	<i>Rev</i> 00	<i>Data</i> 29/10/2010

laboratorio e considerando sia il parametro di Shields in funzione della pendenza, sia la non uniformità dei sedimenti².

$$\Phi = 4 [(d_{90}/d_{30})^{0.2} \cdot I^{0.6} \cdot C \cdot \theta^{0.5}(\theta - \theta_{cr})] \quad (1)$$

dove:

d_{90} : diametro caratteristico corrispondente al passante al 90% in peso del sedimento;

d_{30} : diametro caratteristico corrispondente al passante al 30% in peso del sedimento;

I : pendenza della superficie libera o del fondo;

C : coefficiente di scabrezza di Chezy;

θ : tensione tangenziale al fondo (adimensionale);

θ_{cr} : parametro di Shields corretto in funzione della pendenza del fondo.

L'output del modello nel caso della simulazione morfologica è la variazione della quota di fondo alveo in funzione del trasporto solido calcolato durante il periodo di simulazione e in tutti i punti di calcolo del modello.

Formulazione di Engelund-Hansen

La formula di Engelund-Hansen per il calcolo del trasporto solido deriva da considerazioni sull'effetto che la corrente induce sul materiale di fondo in movimento³. Sebbene la formula sia stata derivata per un fondo alveo caratterizzato dalla presenza di dune, si è osservata la possibilità di applicazione anche in presenza di condizioni di deflusso in regime superiore (letto piano o anti-dune).

L'equazione di Engelund-Hansen è la seguente:

$$\Phi = 0,1 \cdot \theta^{5/2} / f \quad (2)$$



$$\Phi = q_t / [(s-1) g d^3]^{0,5} \quad (3)$$

$$f = 2(u_t^2 / u^2) \quad (4)$$

dove:

² Smart, G.M. and Jaeggi, M.N.R. (1983): "Sediment Transport on Steep Slopes". Mitteilung nr. 64 of the Laboratory for Hydraulics, Hydrology and Glaciology at the Federal Technical University, Zurich.

³ Engelund, F. and Hansen, E., 1967. "A monograph on sediment transport in alluvial streams", Teknisk Forlag, Copenhagen.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE IDRAULICA		<i>Codice documento</i> SB0002_F0.doc	<i>Rev</i> 00	<i>Data</i> 29/10/2010

- θ : tensione tangenziale al fondo adimensionale;
 Φ : portata solida adimensionale;
 s : peso specifico relativo del sedimento = $(\gamma_s - \gamma) / \gamma$;
 d : diametro caratteristico del sedimento;
 g : accelerazione di gravità;
 q_t : trasporto solido al fondo totale per unità di larghezza;
 f : fattore di attrito;
 u_f, u : rispettivamente velocità di attrito e velocità media della corrente.

Anche in questo caso l'output del modello, se si esamina l'evoluzione morfologica dell'alveo, è il calcolo del trasporto solido e la variazione delle quote di fondo alveo durante il periodo di simulazione in tutti i punti di calcolo del modello.

Formulazione di Engelund-Fredsoe

L'equazione di Engelund-Fredsoe per il calcolo del trasporto solido⁴ include una dettagliata descrizione del fenomeno e le sue relazioni con la resistenza idraulica. Il trasporto solido totale è suddiviso in trasporto solido al fondo e trasporto solido in sospensione e la portata solida è calcolata a partire dalla "skin friction", cioè la tensione tangenziale che agisce sulla superficie delle dune.

Il trasporto in sospensione Q_s è calcolato come integrale della velocità della corrente u e della concentrazione del sedimento in sospensione c :



$$Q_s = \int_a^D f_c u dy \quad (5)$$

dove:

- a : spessore dello strato di fondo ($a \approx 2d$ dove d è il diametro dei granuli);
 D : altezza d'acqua della corrente.

Combinando le equazioni della velocità delle particelle in movimento e la probabilità che hanno tali particelle di muoversi, Engelund e Fredsoe hanno definito la seguente equazione per il calcolo del

⁴ Engelund, F. and Fredsoe, J., 1976. "A sediment transport model for straight alluvial channels." Nordic Hydrology, Vol. 7, No. 5.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE IDRAULICA		<i>Codice documento</i> SB0002_F0.doc	<i>Rev</i> 00	<i>Data</i> 29/10/2010

trasporto solido di fondo (6):

$$\Phi_b = 5 (1 + [\beta \cdot \pi/6 / (\theta' - \theta_c)]^4) \cdot (\theta'^{0.5} - 0,7 \cdot \theta_c^{0.5}) \quad (6)$$

$$\Phi_b = Q_b / [(s-1) g d^3]^{0.5} \quad (7)$$

dove:

Φ_b : trasporto solido al fondo adimensionale;

Q_b : portata solida adimensionale;

s : peso specifico relativo del sedimento = $(\gamma_s - \gamma) / \gamma$;

d : diametro caratteristico del sedimento;

g : accelerazione di gravità;

β : coefficiente di attrito dinamico;

θ' : attrito superficiale adimensionale;

θ_c : parametro di Shields.

L'output che si ottiene dal modello applicando una simulazione morfologica è il valore di trasporto solido totale e la variazione delle quote di fondo durante il periodo di simulazione e in tutti i punti di calcolo del modello. Inoltre la formula di Engelund-Fredsoe calcola il trasporto solido totale suddiviso in trasporto solido in sospensione e trasporto solido al fondo, per cui è possibile ottenere come risultato del modello entrambi i valori separatamente in tutti i punti di calcolo.