

PONTE SULLO STRETTO DI MESSINA



PROGETTO DEFINITIVO ALTERNATIVE AI SITI DI DEPOSITO

(Richieste CTVA del 22/12/2011 Prot. CTVA/2011/4534 e del 16/03/2012 Prot. CTVA/2012/1012)

EUROLINK S.C.p.A.

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

IL PROGETTISTA
ATI PRO-GLOBAL
Ing. B. Polifroni n° A1845
Arch. S. Fedele n° 274

IL CONTRAENTE GENERALE
PROJECT MANAGER
(Ing. P.P. Marcheselli)

STRETTO DI MESSINA
Direttore Generale
Ing. G. Fiammenghi

STRETTO DI MESSINA
Amministratore Delegato
Dott. P.Ciucci



Ing. E.Pagani
Ordine Ing. Milano n°15408

Firmato digitalmente ai sensi dell' "Art.21 del D.Lgs. 82/2005"

CZV0660_F0

<i>Unità Funzionale</i>	COLLEGAMENTI VERSANTE CALABRIA
<i>Tipo di sistema</i>	CANTIERI
<i>Raggruppamento di opere/attività</i>	SITI DI RECUPERO AMBIENTALE E PRODUZIONE INERTI
<i>Opera - tratto d'opera - parte d'opera</i>	SITI DI RECUPERO AMBIENTALE
<i>Titolo del documento</i>	CRA 3 - PETTO - RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA

CODICE

C G 1 4 0 0 P R I V C C Z C 4 S D 2 0 0 0 0 0 0 1 F 0

REV	DATA	DESCRIZIONE	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO
F0	08/06/2012	EMISSIONE FINALE	A. D'AGOSTINO	G. POLIFRONI	B. POLIFRONI

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA		<i>Codice documento</i> CG1400PRIVCCZC4SD20000001	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 08/06/2012

INDICE

INDICE	3
RELAZIONE IDRAULICA.....	5
1 CARATTERISTICHE DELL'OPERA	5
2 STATO DEI LUOGHI	7
3 INQUADRAMENTO GEOLOGICO ED IDRAULICO	7
3.1 Caratteristiche geologiche e di permeabilità del sito.....	7
4 CARATTERISTICHE DELL'AREA ANTE E POST OPERAM.....	11
4.1 Caratteristiche ante operam.....	11
4.2 Caratteristiche post operam.....	11
5 METODI DI CALCOLO	11
5.1 Dati di pioggia	11
5.2 Tempo di corrivazione.....	16
5.3 Descrizione del sistema di regimazione idraulica	18
5.4 Portata di piena.....	19
5.5 Verifiche idrauliche.....	22

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA		<i>Codice documento</i> CG1400PRIVCCZC4SD20000001	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 08/06/2012

RELAZIONE IDRAULICA

La presente relazione è relativa alla verifica di compatibilità idraulica di tutte le opere necessarie a salvaguardare dagli effetti prodotti dalle acque di pioggia, un sito di deposito di materiale inerte, a sua volta proveniente dalle attività di scavo e demolizione strettamente legate alla costruzione del Ponte sullo Stretto di Messina.

Nei paragrafi che seguono, si illustrano, oltre alle caratteristiche delle opere, le metodologie di calcolo adottate e le conseguenti verifiche idrauliche.

1 CARATTERISTICHE DELL'OPERA

Il presente studio riguarda un'area destinata a deposito definitivo e temporaneo di materiale inerte classificato come "terre e rocce da scavo" ai sensi del D. Lgs. 152/2006 proveniente dalle lavorazioni inerenti la costruzione del Ponte sullo Stretto di Messina. Il deposito, identificato come "CRA3", sarà realizzato nel comune di Limbadi (VV) in una zona rurale denominata "Petto di Braghò", più semplicemente "Petto", ai confini col territorio comunale di Nicotera (VV).

Tale zona, posta su un rilievo collinare, un tempo utilizzata come cava di inerti per la produzione del calcestruzzo e dei rilevati compresi nelle opere di costruzione del porto di Gioia Tauro, giace in stato di degrado ed abbandono. L'intensa attività estrattiva nel corso degli anni, ne ha infatti modificato l'assetto originario ed oggi l'area appare profondamente deturpata, con spaccature e fratture ben visibili, anche a molti chilometri di distanza.

L'area da destinare a deposito definitivo, che si trova alle quote comprese tra 124 metri slm e 210 metri slm, ha un'estensione pari a circa 65.200 m² e si prevede di stoccare circa 1.520.000 m³ di materiale.

L'area nella quale saranno stoccati ulteriori 335.000 m³ di materiale a carattere temporaneo, ha estensione pari a circa 38.500 m², e si trova alle quote comprese tra 50 metri slm e 91 metri slm. Il materiale depositato in questa zona sarà poi recuperato e reinserito nelle lavorazioni per la realizzazione del Ponte sullo Stretto di Messina.

Le aree interessate dagli interventi ricadono catastalmente nei fogli 22 e 23 del comune di Limbadi (VV) e risultano essere attualmente intestate a privati che avrebbero effettuato l'esercizio della cava (da tempo dismessa), ma che successivamente non hanno provveduto al ripristino ambientale degli scavi effettuati.

La parte definitiva del deposito è stata progettata a seguito delle valutazioni di fattibilità, svolte sia sotto il profilo tecnico che di idoneità da un punto di vista ambientale, tenuto conto delle esigenze

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA		<i>Codice documento</i> CG1400PRIVCCZC4SD20000001	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 08/06/2012

di rispetto delle importanti tutele sotto il profilo delle risorse naturali. La fattibilità ambientale è stata quindi principalmente valutata sulla base dei vincoli, delle relazioni con l'edificato residenziale e delle pressioni rispetto al grado di naturalità e di uso del suolo.



Figura 1.1 – Stato di fatto

A lavori ultimati, cioè quando le aree precedentemente scavate saranno ricolmate ed il terreno rimodellato all'incirca secondo la conformazione naturale originaria, si sarà ottenuto il duplice obiettivo di restituire una grande superficie all'ambiente naturale e alla collettività per gli usi idonei (agricoltura, pascolo, ecc), e a ricreare parzialmente quel caratteristico paesaggio che è stato deturpato e lasciato in abbandono ormai da diversi decenni.

Dal punto di vista generale, il progetto del deposito in esame, è costituito da:

- Studio delle principali caratteristiche geomorfologiche, idrologiche ed idrogeologiche del sito, che deve essere adibito a deposito permanente di materiali in esubero derivante da scavi in gallerie, trincee, fondazioni e similari;
- Studio della sistemazione post intervento, mediante regimazione idraulica, opere di stabilizzazione del rilevato, opere di sistemazione e mitigazione ambientale, interventi di ripristino morfologico e vegetazionale;
- Progettazione della viabilità di accesso al deposito in esame.

In base alla cartografia e ai rilievi celerimetrici disponibili, nonché al rilievo celerimetrico di dettaglio appositamente effettuato in questa fase progettuale, unitamente alle informazioni di carattere ambientale desunti da sopralluoghi effettuati e alle informazioni di carattere bibliografico acquisite, anche dedotte dalla consultazione della Carta Geologica d'Italia - scala 1:25.000, ed infine, anche

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA		<i>Codice documento</i> CG1400PRIVCCZC4SD20000001	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 08/06/2012

grazie alle indagini geognostiche mirate, effettuate specificatamente per l'occasione (i cui risultati sono allegati agli atti progettuali), è stata chiarita la situazione geologica di superficie, definiti i caratteri geomorfologici dei siti interessati, la vincolistica e le modalità operative degli interventi tecnici da realizzare.

2 STATO DEI LUOGHI

Come evidenziato dalla figura relativa allo stato di fatto, le attuali condizioni in cui versa il sito di interesse sono tali da farlo apparire come un'area in completo stato di abbandono, invasa lateralmente da vegetazione, e caratterizzata da un'estensione complessiva di circa 68.800 m².

Allo stato, le acque di pioggia che interessano l'area delimitata dalle scarpate, che di fatto costituisce il bacino imbrifero, tendono ad alimentare l'attuale invaso sia per ruscellamento laterale, sia per caduta diretta. A sistemazione avvenuta si provvederà ad incanalare le acque di pioggia entro opportuni fossi di guardia, i quali avranno il compito di intercettare anche l'aliquota proveniente da monte e di convogliarla, assieme alla quota parte di competenza del deposito, verso un canale naturale denominato Fosso Colissa.

3 INQUADRAMENTO GEOLOGICO ED IDRAULICO

3.1 Caratteristiche geologiche e di permeabilità del sito

L'area esaminata si trova sul fianco meridionale di un rilievo collinare modellato su roccia granitica, oggetto di un'intensa attività estrattiva che ha modificato in modo vistoso l'originario assetto morfologico. Nella situazione attuale si riscontra una depressione a forma di anfiteatro aperta verso SW, delimitata da scarpate subverticali. L'area di cava inizia con un'ampia superficie pianeggiante al termine della quale parte una serie di tre gradoni di scavo che si innalzano verso monte con pedate di circa 15 m ed alzate variabili fino a circa 15 m. Le proprietà geotecniche della roccia affiorante rende tendenzialmente stabile l'assetto geostatico globale delle scarpate che delimitano lo scavo. Localmente si registra il crollo di qualche blocco roccioso che risulta favorito dall'elevata fratturazione che caratterizza la roccia affiorante.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA	<i>Codice documento</i> CG1400PRIVCCZC4SD20000001	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 08/06/2012	



Figura 3.1 – Gradoni e parte pianeggiante dell'area di cava

L'assetto geolitologico dell'area considerata risulta definito dalla seguente formazione:

- Complesso di rocce granitiche (γ)
- La roccia affiorante risulta fortemente fratturata a causa di diversi fattori (a seguito delle intense vicissitudini tettoniche, del raffreddamento e consolidamento del magma, degli agenti atmosferici)

Ai fini dell'analisi della circolazione idrica sotterranea, nell'area interessata è presente il seguente complesso idrogeologico:

- Complesso granitico (γ)

La roccia é praticamente impermeabile alla scala del singolo campione, mentre permette l'infiltrazione e lo spostamento di acqua soltanto nei diversi sistemi di discontinuità che la attraversano (diaciasi, faglie, fessure da raffreddamento). Nell'area esaminata e in quelle circostanti non sono state rinvenute sorgenti che evidenziano la presenza di una rete acquifera sotterranea, almeno fino alle quote interessate dallo scavo.

Per ciò che riguarda la circolazione idrica superficiale, dalle aree poste a monte del sito interessato si registrano limitati afflussi di acqua piovana di ruscellamento.

Dal punto di vista geologico non vi sono fattori che pregiudicano la fattibilità dell'intervento.

A lavori ultimati, con l'abbancamento del materiale inerte verrà nettamente migliorata la stabilità globale dell'area considerata: i parametri geotecnici, per i quali si rimanda all'apposita relazione, confermano che il sito è idoneo alla realizzazione dell'opera e sono stati utilizzati nei calcoli di

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA	<i>Codice documento</i> CG1400PRIVCCZC4SD20000001	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 08/06/2012

verifica dell'opera.

La sovrapposizione dell'area in oggetto con le carte di rischio idraulico e rischio frana del Piano di Assetto Idrogeologico della Regione Calabria, non ha evidenziato interferenze con le aree di attenzione, tantomeno la presenza di vincoli di tipo geomorfologico e di pericolosità idraulica e di esondazione.

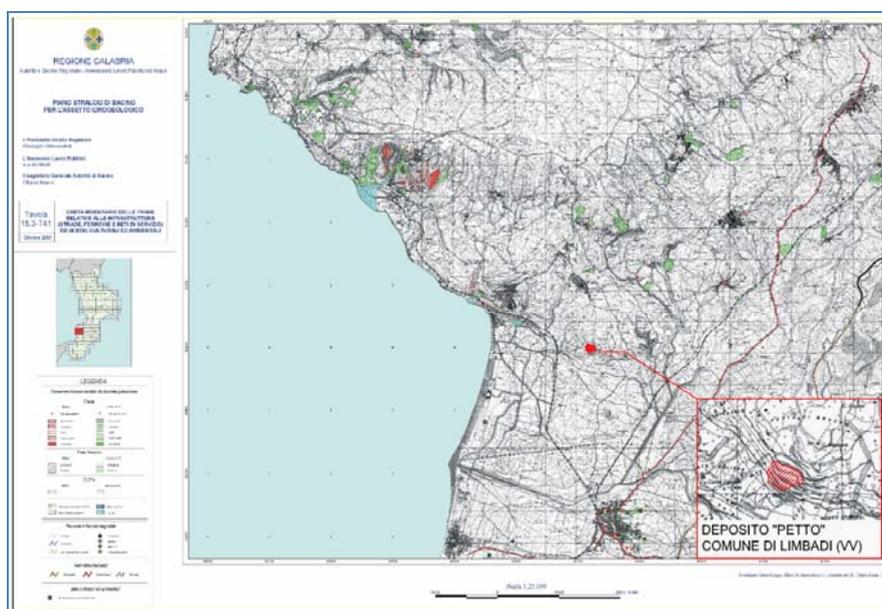


Figura 3.2 - Rischio frana (fonte P.A.I.)

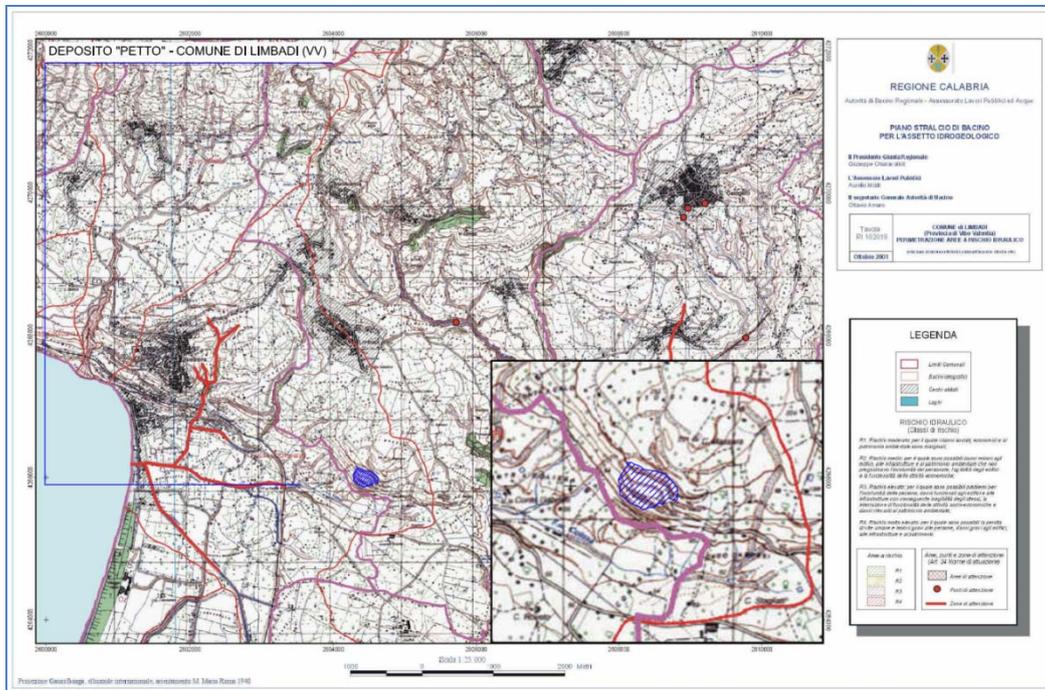


Figura 3.3 - Rischio idraulico (fonte P.A.I.)

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA		<i>Codice documento</i> CG1400PRIVCCZC4SD20000001	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 08/06/2012

4 CARATTERISTICHE DELL'AREA ANTE E POST OPERAM

4.1 Caratteristiche ante operam

Il sito d'interesse è rappresentato da un'area in abbandono e degrado in passato utilizzata come cava di estrazione. L'area si presenta quindi con una imponente parete di scavo sub-verticale, che gradatamente tende a zero nella parte di cava prospiciente la strada di ingresso e che delimita un'ampia area pianeggiante.

4.2 Caratteristiche post operam

Il sito prescelto andrà a soddisfare la necessità di deposito definitivo di parte del materiale, classificato come "terre e rocce da scavo" ai sensi del D. Lgs. 152/2006, in esubero dalle lavorazioni per la costruzione del Ponte sullo Stretto.

Terminata la fase di stoccaggio dei materiali si procederà alla sistemazione ambientale e paesaggistica del deposito definitivo mirando al ripristino delle destinazioni d'uso, e migliorandone, ove possibile, densità e caratteristiche vegetazionali in relazione al contesto pedoclimatico in cui si inserisce l'area.

Da un punto di vista operativo si procederà a riempire l'area dal basso, disponendo il materiale in modo da formare scarpate di adeguata inclinazione (in base alle caratteristiche dei materiali stoccati) che raccordino i cigli delle pareti attualmente instabili al piano di campagna originario.

5 METODI DI CALCOLO

5.1 Dati di pioggia

Il deposito è stato progettato in modo che tutte le acque del bacino sono raccolte ed allontanate verso il fosso "Colissa". Per la sola area destinata a deposito è stata prevista l'impermeabilizzazione di fondo e la raccolta delle acque di infiltrazione per pioggia. Le acque ruscellanti sulla scarpata esterna sono di semplice dilavamento e vengono direttamente allontanate nei canali di smaltimento delle acque bianche.

Per ottenere la stima della portata di piena, da utilizzare sia a base del calcolo di progetto e verifica delle opere di smaltimento della quota parte di ruscellamento superficiale, si è utilizzata una

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA	<i>Codice documento</i> CG1400PRIVCCZC4SD20000001	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 08/06/2012	

metodologia, basata su un modello afflussi-deflussi, che utilizza dati di pioggia raccolti alle stazioni pluviografiche ritenute quelle maggiormente rappresentative e influenti sull'area in esame, per caratterizzare le curve di probabilità pluviometrica relative a diversi tempi di ritorno.

Dalle altezze di pioggia, depurate delle perdite tramite il metodo del curve number, si determina quindi la portata e la portata specifica tramite l'utilizzo della classica formula razionale.

I punti di partenza per tale procedura sono:

- i dati morfologici caratterizzanti la superficie scolante, in termini di quote, area, lunghezza dell'asta
- le formule adottate per il calcolo del tempo di corrivazione.

Per lo studio delle piogge brevi ed intense aventi incidenza sull'area in esame è stata applicata l'analisi statistica diretta sui campioni di pioggia desunti dagli Annali Idrologici del Servizio Idrografico. La stazione dotata di pluviografo registratore più vicina all'area d'interesse, è risultata quella di Rosarno (RC). Sono state pertanto acquisite le serie storiche delle precipitazioni relative alle durate di 1, 3, 6, 12 e 24 ore registrate al pluviografo.

Tali serie sono costituite dalle osservazioni dal 1928 al 2011, per complessive 51 serie di dati, mancando qualche serie intermedia.

I dati di pioggia disponibili relativi ai massimi annuali di durata caratteristica sono riportati nella tabella seguente.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA		<i>Codice documento</i> CG1400PRIVCCZC4SD20000001	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 08/06/2012

Anno	1 ora	3 ore	6 ore	12 ore	24 ore	Stazione
1928	11.8	21.8	25.5	30.4	36.4	Rosarno
1930	50.6	85.0	119.3	176.3	243.3	Rosarno
1932	35.0	42.0	47.0	47.5	72.5	Rosarno
1933	58.8	72.8	72.8	72.8	72.8	Rosarno
1934	33.0	67.8	83.0	87.7	120.1	Rosarno
1935	14.0	24.0	29.6	34.6	36.0	Rosarno
1936	17.6	48.6	66.2	92.6	95.2	Rosarno
1937	13.6	25.0	41.6	49.6	49.6	Rosarno
1938	15.6	21.0	30.8	51.4	79.4	Rosarno
1940	25.0	64.4	69.2	71.0	83.0	Rosarno
1944	28.0	33.4	43.0	54.8	61.4	Rosarno
1945	30.8	30.8	30.8	30.8	30.8	Rosarno
1946	59.8	59.8	59.8	59.8	59.8	Rosarno
1947	64.0	66.8	66.8	66.8	66.8	Rosarno
1949	14.0	21.8	26.8	36.0	41.6	Rosarno
1950	20.0	27.8	30.0	30.2	33.0	Rosarno
1951	31.0	46.6	80.8	92.4	92.6	Rosarno
1953	20.0	33.0	39.8	52.0	67.0	Rosarno
1954	26.4	31.4	36.4	55.6	84.4	Rosarno
1955	28.2	39.0	39.4	41.2	68.6	Rosarno
1957	40.6	49.8	54.6	56.2	87.4	Rosarno
1959	42.0	99.0	119.1	150.1	151.5	Rosarno
1962	13.4	18.6	32.4	35.4	40.4	Rosarno
1963	17.6	23.6	36.2	37.8	42.0	Rosarno
1964	31.8	46.6	56.8	56.8	72.6	Rosarno
1966	19.0	25.4	29.8	32.0	44.8	Rosarno
1967	70.0	95.0	101.3	101.3	101.3	Rosarno
1970	28.0	53.0	59.2	59.2	59.2	Rosarno
1973	27.2	43.6	67.2	100.3	101.5	Rosarno
1974	46.8	86.6	112.1	149.5	154.5	Rosarno
1979	35.6	39.8	39.8	39.8	48.0	Rosarno
1982	29.8	34.4	35.2	41.4	71.2	Rosarno
1983	31.8	49.4	60.2	60.2	60.2	Rosarno
1985	29.8	35.8	35.8	35.8	46.6	Rosarno
1988	21.0	38.2	46.6	54.4	58.0	Rosarno
1990	13.6	20.2	32.6	49.8	66.4	Rosarno
1993	41.8	62.8	62.8	63.0	63.0	Rosarno
1994	28.6	41.0	51.8	61.6	70.2	Rosarno
1995	20.0	33.4	44.6	55.6	79.0	Rosarno
1996	18.0	25.8	49.8	60.8	69.4	Rosarno
1997	19.8	32.8	39.2	55.4	89.0	Rosarno
2002	27.0	41.0	41.2	65.2	65.2	Rosarno
2003	29.0	35.4	37.6	56.2	62.6	Rosarno
2004	35.0	43.6	53.4	84.2	84.4	Rosarno
2005	23.8	25.4	38.4	42.4	49.0	Rosarno
2006	17.2	28.8	44.6	61.4	70.4	Rosarno
2007	23.4	37.8	55.4	57.2	63.6	Rosarno
2008	17.4	40.2	62.4	79.2	95.8	Rosarno
2009	35.2	56.4	66.0	128.8	185.8	Rosarno
2010	39.0	66.6	136.0	138.8	139.0	Rosarno
2011	50.0	58.8	78.8	90.2	91.4	Rosarno

Tabella 5.1 - Serie dei massimi annuali delle altezze di pioggia (mm) di durata caratteristica

La regolarizzazione dei dati di pioggia delle stazioni pluviometriche sopra riportate è stata svolta mediante elaborazione statistica con distribuzione di probabilità di Gumbel, espressa dalla legge

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA	<i>Codice documento</i> CG1400PRIVCCZC4SD20000001	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 08/06/2012	

seguinte:

$$P(h) = e^{-e^{-\alpha(h-\beta)}}$$

dove

$$\alpha = 1,283/\sigma$$

$$\beta = M-0,577/\sigma$$

sono i parametri caratteristici della distribuzione valutati con il metodo dei momenti a partire dalla media M e dallo scarto quadratico medio σ del campione. Fissato il tempo di ritorno T dell'evento meteorico, legato alla probabilità di non superamento P dall'espressione

$$P = 1 - \frac{1}{T}$$

si determinano, una volta calcolati i parametri α e β per ciascun campione di durata caratteristica, i corrispondenti quantili h, mediante esplicitazione della relazione precedentemente citata.

Il dettaglio delle elaborazioni statistiche sopra descritte viene riportato negli schemi seguenti.

Elaborazioni statistiche di Gumbel					
	T=1 ora	T=3 ore	T=6 ore	T=12 ore	T=24 ore
$M = \frac{\sum h_i}{N}$	29.81176	44.14902	55.28431	66.53922	77.99412
$\sum X^2$	9575.713	19726.71	32397.39	55259.4	77835.55
$\sigma = \sqrt{\frac{\sum X^2}{N-1}}$	13.83887	19.86288	25.45482	33.24437	39.45518
Media della variabile ridotta	0.5489	0.5489	0.5489	0.5489	0.5489
Scarto quadratico medio variabile ridotta	1.1738	1.1738	1.1738	1.1738	1.1738
Moda	23.34034	34.86061	43.38096	50.99327	59.54383
Alpha	11.7898	16.92186	21.68582	28.322	33.6132

Tabella 5.2 - Valori caratteristici delle elaborazioni statistiche

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA		<i>Codice documento</i> CG1400PRIVCCZC4SD20000001	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 08/06/2012

Precipitazioni regolarizzate						
Tempo di ritorno (anni)	T=1 ora	T=3 ore	T=6 ore	T=12 ore	T=24 ore	Legge di pioggia
20	58.35835	85.12185	107.7921	135.1151	159.3816	$h=59.45 \cdot t^{0.3206}$
50	69.34342	100.8887	127.9977	161.504	190.7005	$h=70.46 \cdot t^{0.3233}$
100	77.57518	112.7037	143.139	181.2787	214.1696	$h=78.70 \cdot t^{0.3248}$
200	85.77691	124.4756	158.225	200.9813	237.553	$h=86.92 \cdot t^{0.3260}$

Tabella 5.3 - Altezze di pioggia in mm per i vari tempi di ritorno e varie durate dell'evento

Per caratterizzare le relative curve di possibilità pluviometrica è stata scelta una relazione del tipo monomia a due parametri:

$$h_{Tr}(t) = a_{Tr} t^n$$

in cui:

- $h_{Tr}(t)$ è l'altezza di pioggia in mm caduta nell'intervallo t con tempo di ritorno Tr ;
- a_{Tr} è l'altezza della pioggia oraria t con tempo di ritorno Tr ;
- n è un esponente numerico.

Nel caso in esame, considerata l'importanza dell'intervento, legata principalmente al fatto che un determinato quantitativo di materiale deve essere messo a dimora, e che pertanto la stabilità del rilevato ottenuto a sistemazione avvenuta deve essere garantita anche nei confronti di fenomeni di ruscellamento superficiale, quindi legati all'entità della portata massima defluente, per la determinazione della portata defluente si è ritenuto plausibile scegliere un tempo di ritorno piuttosto cautelativo, e precisamente pari a 200 anni. Il grafico seguente evidenzia la curva di probabilità pluviometrica, corrispondente al tempo di ritorno scelto a base della stima della portata.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA	<i>Codice documento</i> CG1400PRIVCCZC4SD20000001	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 08/06/2012

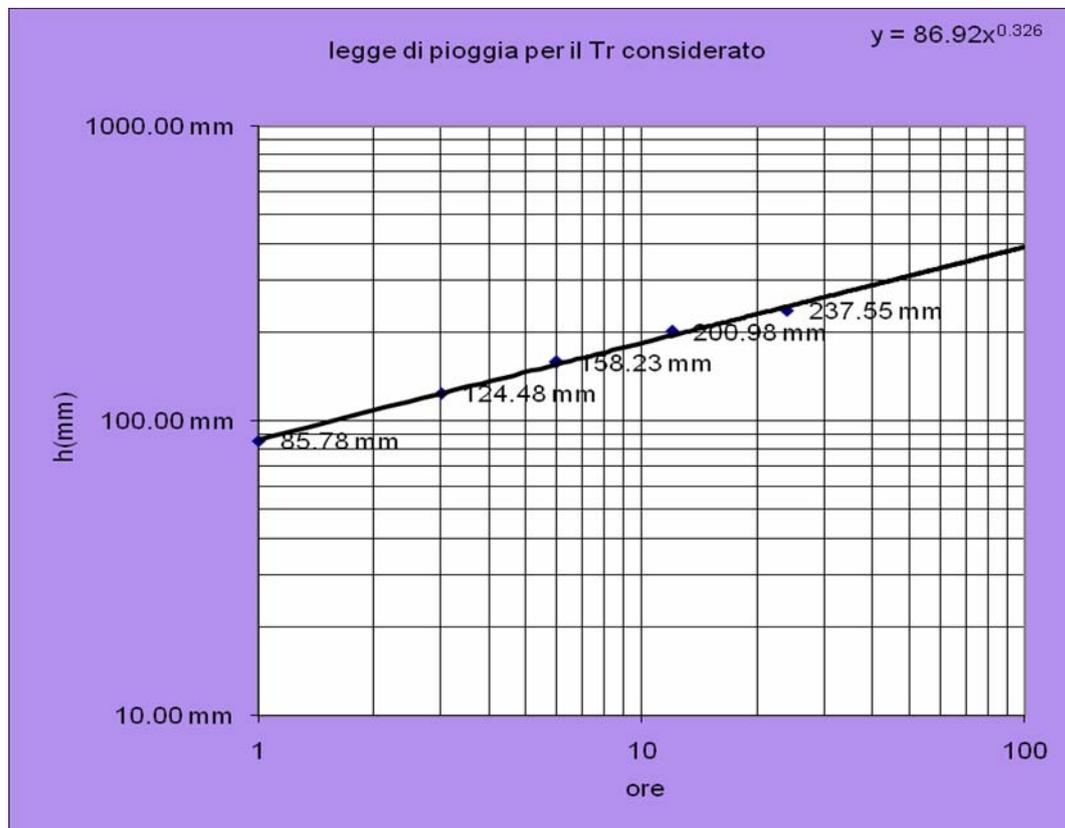


Figura 5.4 - Curva di possibilità pluviometrica con T_r 200 anni

5.2 Tempo di corrivazione

Il calcolo del tempo di corrivazione, t_c , si rende necessario in quanto con esso si individua la durata dell'evento di precipitazione critico per la superficie scolante. La sua stima può essere effettuata utilizzando una delle diverse formulazioni empiriche o semi-empiriche che ne correlano il valore a caratteri morfologici del bacino idrografico. La scelta della formula per il calcolo del tempo di corrivazione è uno dei momenti critici dello studio idrologico. Infatti, questo parametro è di tipo soggettivo e quindi la sua definizione è legata all'esperienza del progettista, che potrà avvalersi anche di quanto presente in letteratura o raccomandato dall'Autorità di Bacino, tenendo presente che una sottostima del tempo di corrivazione tenderà a fornire delle portate di maggior valore e viceversa.

Nell'ambito del presente studio, si è fatto l'uso della formulazione empirica, ritenuta la più adatta al caso specifico, vale a dire la formulazione di Giandotti, la cui espressione è di seguito riportata:

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA		<i>Codice documento</i> CG1400PRIVCCZC4SD20000001	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 08/06/2012

$$T_c = [(4 \cdot \sqrt{A}) + (1,5 \cdot L)] / (0,8 \cdot \sqrt{H_m})$$

I simboli sopra riportati assumono i seguenti significati:

- A = superficie bacino (kmq)
- L = lunghezza asta principale (km)
- H_m = altitudine media bacino (m)

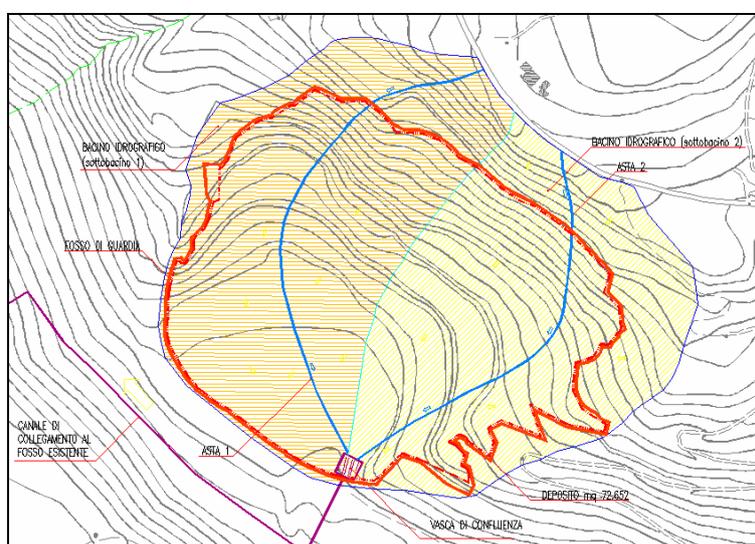


Figura 5.5 - Corografia dei bacini idrografici

Per poter stimare il tempo di corrivazione, sono stati ricavati gli elementi morfologici caratterizzanti il bacino idrografico, mediante l'ausilio di sistemi di analisi spaziale di dati georiferiti. Si è tenuto conto della conformazione che il deposito assumerà a sistemazione avvenuta, caratterizzata da un riempimento con materiale inerte sistemato a degradare da monte verso valle, stabilizzato grazie alla configurazione finale con scarpate inclinate e banche orizzontali, nonché della porzione di superficie posta a monte che contribuisce in maniera sostanziale alla portata di piena. Ciò ha portato ad individuare un'area di competenza del bacino di complessivi 0,055 km² di estensione, le cui caratteristiche morfologiche sono riassunte nella tabella seguente:

Bacino Adim.	A Km ²	H _{MAX} m	H _{MIN} m	L km
Sottobacino 1	0,050	260,00	130,00	0,380
Sottobacino 2	0,047	260,00	130,00	0,320

Tabella 5.6 - Caratteristiche morfologiche del bacino idrografico

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA		<i>Codice documento</i> CG1400PRIVCCZC4SD20000001	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 08/06/2012

Dalla applicazione della formula di Giandotti citata, il tempo di corrivazione caratteristico per l'area in oggetto è risultato pari a:

Superficie	Tc
(Adim)	(ore)
Sottobacino 1	0,23
Sottobacino 2	0,21

Tabella 5.7 – Valore calcolato per il tempo di corrivazione

5.3 Descrizione del sistema di regimazione idraulica

Come desumibile dall'allegata Planimetria di Progetto, il sistema di regimazione idraulica è costituito da tutta una serie di elementi, in parte prefabbricati e in parti realizzati in opera, che insieme contribuiscono a convogliare le acque meteoriche, che interessano il deposito, dai punti più alti in quota sino al fosso Colissa, consentendone il transito attraverso un canale esistente. Nella fattispecie, gli elementi che costituiscono il sistema di regimazione idraulica sono elencati come segue:

- canalette prefabbricate in cls, disposte lungo le banche orizzontali che si ottengono a sistemazione avvenuta e precisamente ai piedi delle scarpate, atte a raccogliere le acque di ruscellamento che interessano le scarpate stesse;
- fossi di guardia in c.a. disposti lungo il perimetro del deposito, i quali intercettano le acque meteoriche provenienti sia dalle citate canalette prefabbricate disposte lungo le banche orizzontali, sia quelle provenienti dalla porzione di bacino imbrifero esterno al deposito;
- un pozzetto di confluenza in c.a., che raccoglie le acque ad esso convogliate dai fossi di guardia;
- una condotta interrata in PVC, attraverso la quale le acque meteoriche passano dal pozzetto di confluenza ad una vasca in c.a.;
- una vasca in c.a., che funge da elemento di transizione affinché le acque meteoriche, transitando attraverso la condotta in PVC possano giungere entro un canale in gabbioni metallici;
- un canale in gabbioni metallici, avente sezione trasversale rettangolare e sezione longitudinale tale da determinare una serie di salti di quota necessari affinché le acque da

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA		<i>Codice documento</i> CG1400PRIVCCZC4SD20000001	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 08/06/2012

smaltire passino da quota 122.16 s. l.m. a quota 111.16 s. l. m.;

- un tratto di canale artificiale, lungo circa 30,00 metri, realizzato con materassi tipo RENO e caratterizzato da una sezione trasversale trapezia;
- un tratto di canale artificiale lungo circa 340.00 metri, esistente a sezione trasversale in terra ma da rivestire con l'ausilio di materassi tipo RENO in modo da ottenere la medesima sezione trasversale del tratto di canale che lo precede, che recapita le acque meteoriche entro il fosso Colissa.

Ciascuno degli elementi or'anzi descritti, è stato oggetto di una verifica dedicata, avente quale obiettivo quello di determinarne il massimo grado di riempimento e di stabilire, quindi, se le dimensioni delle sezioni trasversali, scelte in fase di progetto, consentano o no di smaltire l'intera portata di pioggia con un sufficiente grado di sicurezza. A tal proposito, per ciascun elemento considerato, è stata determinata un'aliquota dell'intera portata di pioggia, calcolata in funzione della porzione di bacino imbrifero cui è riferito. In particolare, le canalette di raccolta disposte lungo le banche orizzontali, sono state considerate sollecitate da una portata corrispondente alla porzione di bacino imbrifero rappresentata dalla superficie delle scarpate e della porzione di banca orizzontale a valle della canaletta immediatamente posta a monte; i fossi di guardia laterali sono stati considerati sollecitati dalle portate di competenza dei sottobacini n. 1 e n. 2, per come indicato nei paragrafi precedenti; la condotta interrata e i canali di recapito sono stati verificati per la portata complessiva. Nel paragrafo successivo si riportano le metodologie di calcolo della portata adottate, e i valori ottenuti in funzione degli elementi idraulici da verificare.

Relativamente alla vasca in c.a., facente parte del sistema di smaltimento, si ritiene opportuno approfondire il concetto secondo il quale si tratta di un elemento di transizione e non di accumulo. Per essa, infatti, non si è ritenuto necessario eseguire ulteriori verifiche sia di natura idraulica, sia di natura statica, considerato che le pareti disposte sul lato lungo e fra esse parallele, che accolgono il tubo in arrivo e il canale in partenza, presentano aperture di dimensioni tali da favorire il transito della portata di calcolo senza che questa determini fenomeni di ristagno.

5.4 Portata di piena

Note le caratteristiche di sottobacini e i parametri delle curve di possibilità pluviometrica per fissato tempo di ritorno, per la determinazione della portata di piena si è ritenuto opportuno utilizzare il metodo semiempirico noto come Metodo razionale, basato su un semplice bilancio idrologico.

Con tale metodo si assume:

$$Q = 0,278*(C*Hc*A)/Tc$$

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA		<i>Codice documento</i> CG1400PRIVCCZC4SD20000001	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 08/06/2012

dove i simboli sopra riportati assumono i seguenti significati:

- C = coefficiente di deflusso
- Hc = altezza critica di pioggia per evento di durata Tc
- A = superficie del bacino
- Tc = tempo di corrivazione

La scelta del tempo di ritorno, a base del calcolo della portata di piena, è stata dettata dalla necessità di dimensionare adeguatamente le opere di protezione e di smaltimento idraulico facenti parte dell'intero sistema di regimazione idraulica, descritte nel paragrafo precedente. Al fine di ottenere valori tali da dimensionare in maniera cautelativa le opere citate, è stato scelto quale tempo di ritorno quello corrispondente a 200 anni.

Quanto al coefficiente di deflusso, la sua scelta dipende essenzialmente dalle perdite che si devono tenere in conto nella trasformazione afflussi - deflussi. Le perdite idrologiche dipendono da molteplici fattori, quali:

- l'intercettazione, l'evaporazione e l'evapotraspirazione determinate dalla vegetazione;
- la ritenzione nelle depressioni superficiali;
- l'infiltrazione nelle superfici permeabili.

L'infiltrazione sulle aree permeabili o semipermeabili dei bacini è senz'altro il fenomeno quantitativamente più ragguardevole, mentre meno significativa, ma non sempre trascurabile, potendo raggiungere in alcuni casi l'entità di alcuni millimetri di pioggia, è la perdita che avviene sul bacino per l'immagazzinamento nelle depressioni superficiali del terreno, dalle quali l'acqua viene successivamente sottratta per evaporazione o infiltrazione.

Le perdite dovute all'intercettazione, all'evaporazione e all'evapotraspirazione risultano modeste nell'ambito dei singoli eventi di piena. Esse assumono invece maggiore importanza quando vengano considerati dei periodi di notevole durata comprendenti anche numerosi eventi di pioggia poco rilevanti. Ne consegue che in genere tali perdite non vengano considerate nell'ambito dei modelli di piena, mentre è opportuno che vengano tenute in conto quando si faccia riferimento a modelli completi.

Nel caso in esame, in cui la superficie complessiva del bacino imbrifero è modesta, considerato che, a sistemazione avvenuta, il sito sarà completamente inverdito, per tenere conto comunque del fatto che una seppur minima parte delle acque di pioggia che lo interessano subiranno processi di trasformazione, è apparso ragionevole considerare per il coefficiente di afflusso un valore tipico di superfici simili, e precisamente pari a 0,70.

Noti tutti i parametri necessari per il calcolo della portata di piena, applicando il metodo razionale

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA		<i>Codice documento</i> CG1400PRIVCCZC4SD20000001	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 08/06/2012

per ciascuno dei sottobacini indagati, sono stati ottenuti i valori riportati nella tabella seguente:

Superficie	Q
(Adim)	(m ³ /s)
Sottobacino 1	2,27
Sottobacino 2	2,27

Tabella 5.8 – Valore calcolato per la portata di piena

Tali valori sono stati utilizzati sia per verificare i fossi di guardia laterali, sia i canali di recapito, per i quali è stato considerato il valore della portata pari alla somma delle due. Quanto alle canalette prefabbricate disposte lungo le banche orizzontali, caratterizzate tutte dalla medesima sezione trasversale, sono state verificate per il massimo valore della percentuale di portata, cioè per quel valore della portata che scaturisce dalla massima fra le superfici scolanti. Fra queste ultime, quella di entità maggiore è rappresentata senza dubbio dal primo dei terrazzamenti, posto a quota di 210.00 metri s. l. m. e dalla scarpata inclinata ad esso sottostante, considerata al 50% in quanto, come desumibile dalla Planimetria di Progetto, le canalette presentano una pendenza a schiena d'asino, al fine di interessare entrambi i fossi di guardia disposti sul perimetro. Le caratteristiche morfologiche sono riportate nella tabella seguente.

Bacino Adim.	A Km²	H_{MAX} m	H_{MIN} m	L km
Banca + scarpata	0,008	210,00	199,60	0,252

Tabella 5.9 - Caratteristiche morfologiche del bacino imbrifero di competenza delle canalette

Utilizzando la medesima formulazione riportata nel paragrafo 5.2, il tempo di corrivazione caratteristico per la superficie scolante è risultato pari a:

Superficie	Tc
(Adim)	(ore)
Banca + scarpata	0,40

Tabella 5.10 - Tempo di corrivazione della superficie di competenza delle canalette

Anche in questo caso, tenuto conto di un coefficiente di afflusso pari a 0,70, applicato il metodo razionale, la portata che sollecita le canalette è risultata pari a :

Superficie	Q
-------------------	----------

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA		<i>Codice documento</i> CG1400PRIVCCZC4SD20000001	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 08/06/2012

(Adim)	(m ³ /s)
Banca + scarpata	0,251

Tabella 5.11 - Valore calcolato per la portata di piena

5.5 Verifiche idrauliche

Le opere idrauliche oggetto di verifica sono rappresentate da canali a sezione costante. Nella pratica, le metodologie di verifica che solitamente si adottano in tali casi sono riconducibili alle formule caratteristiche del moto uniforme. A tal proposito, per tutti i casi in esame, si è adottata la nota formula proposta da Chezy:

$$v = \sqrt{(r * i)}$$

Con la valutazione del coefficiente χ proposta da Strickler:

$$\chi = K \times r^{1/6}$$

I simboli sopra riportati assumono i seguenti significati:

- v = velocità della corrente (m/sec)
- $r = A/C$ = raggio idraulico (m)
- A = sezione liquida (mq)
- C = contorno bagnato (m)
- i = pendenza canale
- K = coefficiente adimensionale

Il coefficiente K viene desunto dalle note tabelle, secondo Gauckler - Strickler.

Ciascuna delle opere facenti parte dell'intero sistema di regimazione idraulica, sono state verificate in funzione della portata ad esse relativa, per come specificato nel paragrafo precedente. Per una migliore comprensione, si riporta una tabella riassuntiva nella quale è riportato, per ciascuna opera, il valore della portata corrispondente.

Opera idraulica	Q
(Adim)	(m ³ /s)
Canalette prefabbricate	0,251
Fossi di guardia perimetrali	2,27
Condotta interrata	4,54
Canali di recapito	4,54

Tabella 5.12 - Tabella riassuntiva delle portate

Come si evince dalla tabella riportata, le opere idrauliche maggiormente sollecitate sono le opere

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA	<i>Codice documento</i> CG1400PRIVCCZC4SD20000001	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 08/06/2012

di recapito finale, cioè quelle che ricevono i contributi di tutti gli elementi disposti a monte. Per ogni opera indagata, definite le caratteristiche geometriche delle sezioni trasversali, imposta la pendenza del fondo per come desunto dalla lettura delle quote altimetriche riportate nella Planimetria di Progetto, e scelto il coefficiente di scabrezza relativo al materiale da costruzione, sono state condotte le verifiche idrauliche le quali hanno fornito, come valori di output, il grado di riempimento della sezione e il valore della velocità della corrente. I risultati sono stati confrontati con i limiti imposti al fine di considerare le verifiche soddisfacenti, cioè con un grado di riempimento non superiore al 70% e una velocità della corrente non superiore a 5,00 - 6,00 m/s. Con particolare riferimento ai fossi di guardia perimetrali, nelle verifiche idrauliche si è tenuto conto della pendenza media che si registra lungo i tratti rettilinei posti a valle del deposito, non tenendo in considerazione i salti di quota di monte.

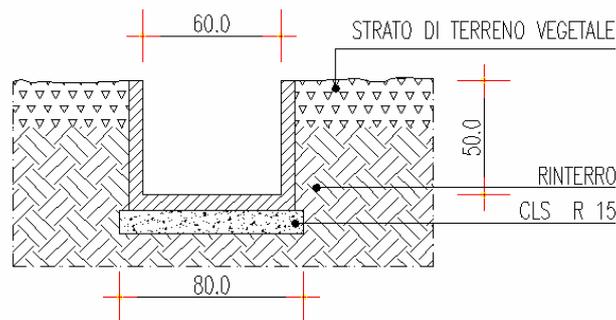


Figura 5.13 – Sezione delle canalette prefabbricate

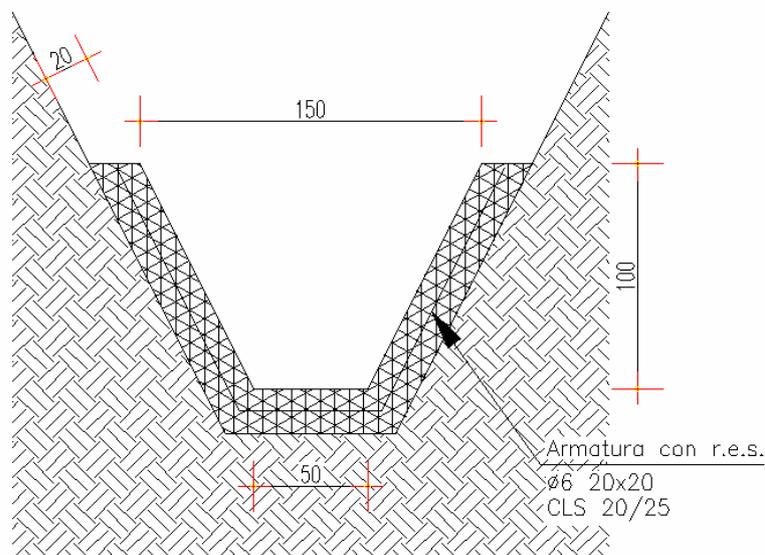


Figura 5.14 – Sezione dei fossi di guardia

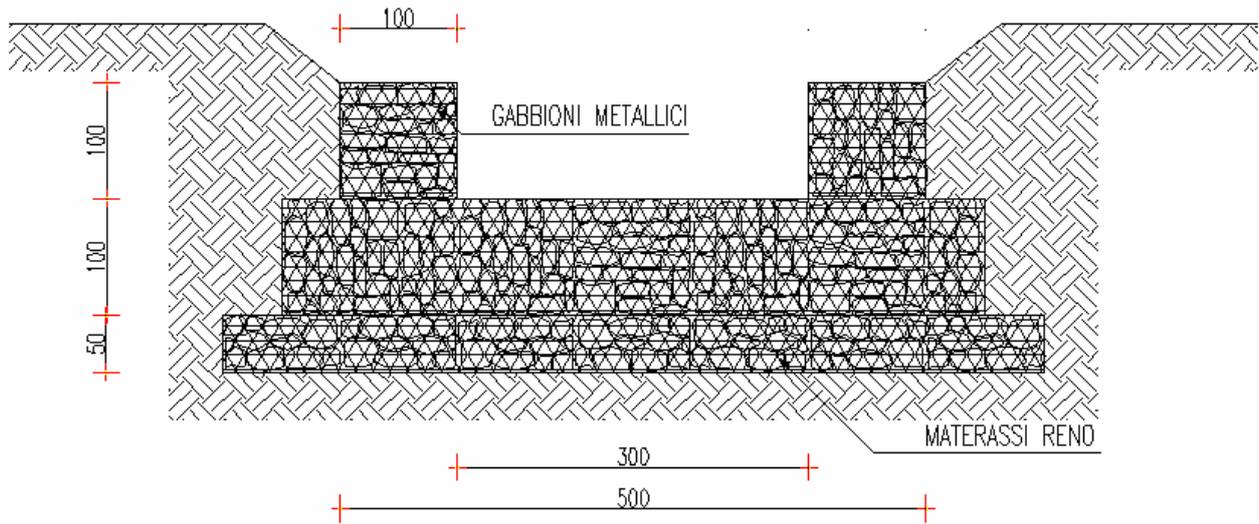


Figura 5.15 – Sezione del canale rettangolare

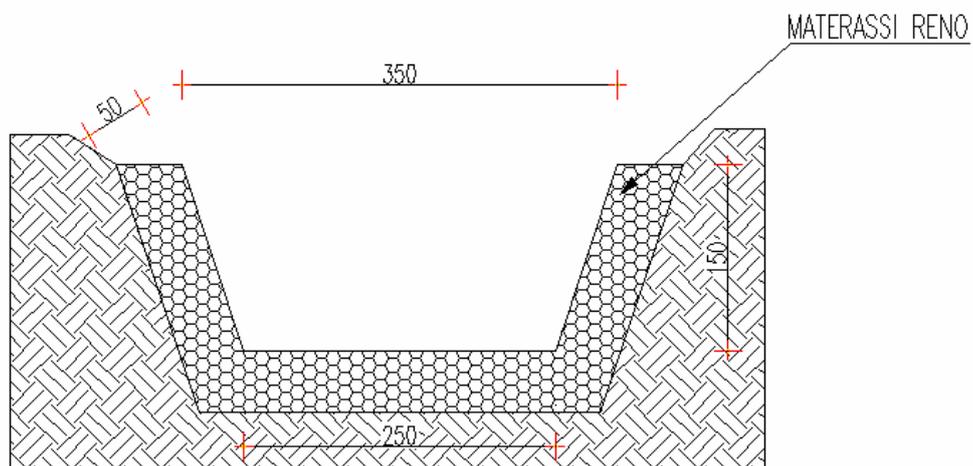


Figura 5.16 – Sezione del canale rettangolare

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
		RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA	<i>Codice documento</i> CG1400PRIVCCZC4SD20000001	<i>Rev</i> F0

Dati della sezione

H=	50	cm	(Altezza sezione)
b=	60	cm	(Base minore sezione)
B=	60	cm	(Base maggiore)
<i>Angolo</i>	0	gradi	
<i>Area=</i>	0.30	mq	
Pendenza	0.5	%	
K	60	Coefficiente di scabrezza di Gauckler - Strickler	
Portata di progetto	0.251	mc/sec	

H defl (cm)	Contorno bagnato	Area deflusso (mq)	Raggio idraulico	Portata (mc/sec)	Velocità (m/sec)
2.5	65.00	0.015	0.023	0.005158	0.34389
5	70.00	0.030	0.043	0.015587	0.51958
7.5	75.00	0.045	0.060	0.029261	0.65024
10	80.00	0.060	0.075	0.045272	0.75453
12.5	85.00	0.075	0.088	0.063066	0.84087
15	90.00	0.090	0.100	0.082264	0.91405
17.5	95.00	0.105	0.111	0.102597	0.97712
20	100.00	0.120	0.120	0.123862	1.03218
22.5	105.00	0.135	0.129	0.145904	1.08077
25	110.00	0.150	0.136	0.168601	1.12401
27.5	115.00	0.165	0.143	0.191857	1.16277
30	120.00	0.180	0.150	0.215594	1.19774
32.5	125.00	0.195	0.156	0.239747	1.22947
35	130.00	0.210	0.162	0.264265	1.2584
37.5	135.00	0.225	0.167	0.289102	1.2849
40	140.00	0.240	0.171	0.314222	1.30926
42.5	145.00	0.255	0.176	0.339592	1.33173
45	150.00	0.270	0.180	0.365187	1.35254
47.5	155.00	0.285	0.184	0.390982	1.37187
50	160.00	0.300	0.188	0.416957	1.38986

La portata di progetto defluisce con i seguenti dati

H defl (cm)	Contorno bagnato	Area deflusso (mq)	Raggio idraulico (ml)	Portata (mc/sec)	Velocità (m/sec)
33.70	127.40	0.202	0.159	0.251	1.24366

Deflusso

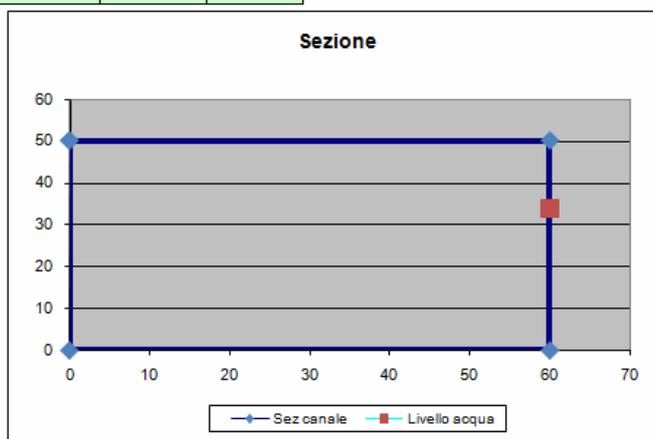


Tabella 5.17 – Verifiche idrauliche per le canalette prefabbricate

Dati della sezione

H=	50	cm	(Altezza sezione)
b=	100	cm	(Base minore sezione)
B=	150	cm	(Base maggiore)
Angolo	26.57853	gradi	
Area=	0.63	mq	
Pendenza	4.5	%	
K	60	Coefficiente di scabrezza di Gauckler - Strickler	
Portata di progetto	2.27	mc/sec	

H defl (cm)	Contorno bagnato	Area deflusso (mq)	Raggio idraulico	Portata (mc/sec)	Velocità (m/sec)
2.5	105.59	0.025	0.024	0.026786	1.05819
5	111.18	0.051	0.046	0.083863	1.63632
7.5	116.77	0.078	0.067	0.16279	2.09204
10	122.36	0.105	0.086	0.260011	2.47623
12.5	127.95	0.133	0.104	0.373374	2.81119
15	133.54	0.161	0.121	0.50142	3.10945
17.5	139.14	0.190	0.137	0.643099	3.37902
20	144.73	0.220	0.152	0.79763	3.6254
22.5	150.32	0.250	0.167	0.964418	3.85263
25	155.91	0.281	0.180	1.143	4.06373
27.5	161.50	0.313	0.194	1.333017	4.26109
30	167.09	0.345	0.206	1.534186	4.44657
32.5	172.68	0.378	0.219	1.746284	4.62171
35	178.27	0.411	0.231	1.969137	4.78776
37.5	183.86	0.445	0.242	2.202609	4.94575
40	189.45	0.480	0.253	2.446597	5.09658
42.5	195.04	0.515	0.264	2.701021	5.24098
45	200.63	0.551	0.275	2.965826	5.3796
47.5	206.23	0.588	0.285	3.240972	5.51299
50	211.82	0.625	0.295	3.526436	5.64163

La portata di progetto defluisce con i seguenti dati

H defl (cm)	Contorno bagnato	Area deflusso (mq)	Raggio idraulico (m)	Portata (mc/sec)	Velocità (m/sec)
38.20	185.43	0.455	0.245	2.270	4.98876

Deflusso

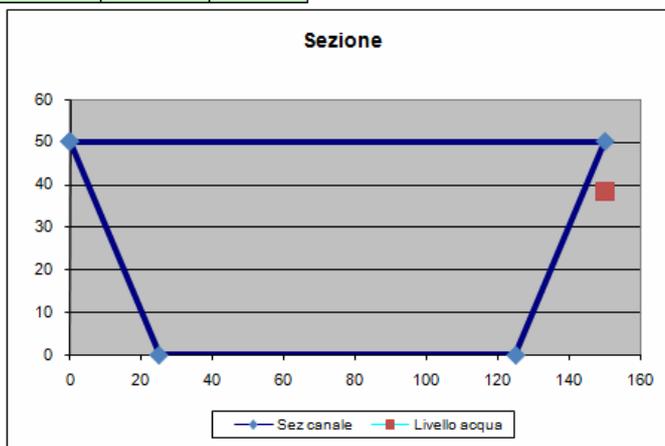


Tabella 5.18 – Verifiche idrauliche per i fossi di guardia

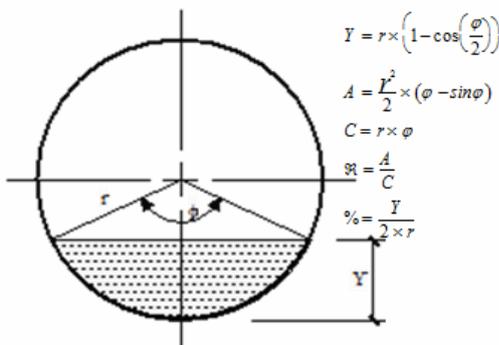
Dati condotta: Diametro= **1.2** metri
 Area **1.1309724** mq
 Pendenza canale= **0.01** m/m in % **1**
 Coeff ScabrezzaG.-Strickler= **120**
 Portata di progetto= **4.54** mc/s

% riempimento	gradi	rad.	Area defl.	Cont. Bagn.	R idr.	Portata (mc/s)	H riemp	Veloc m/s
5%	51.68	0.90	0.06	0.54	0.10	0.15	0.060	2.662
10%	73.74	1.29	0.11	0.77	0.15	0.38	0.120	3.334
15%	91.15	1.59	0.17	0.95	0.18	0.64	0.180	3.793
20%	106.26	1.85	0.23	1.11	0.20	0.94	0.240	4.149
25%	120.00	2.09	0.28	1.26	0.22	1.26	0.300	4.439
30%	132.84	2.32	0.34	1.39	0.24	1.59	0.360	4.684
35%	145.08	2.53	0.40	1.52	0.26	1.94	0.420	4.895
40%	156.93	2.74	0.45	1.64	0.28	2.30	0.480	5.078
45%	168.52	2.94	0.51	1.76	0.29	2.67	0.540	5.238
50%	180.00	3.14	0.57	1.88	0.30	3.04	0.600	5.378
55%	191.48	3.34	0.62	2.01	0.31	3.42	0.660	5.499
60%	203.07	3.54	0.68	2.13	0.32	3.80	0.720	5.604
65%	214.92	3.75	0.74	2.25	0.33	4.18	0.780	5.692
70%	227.16	3.96	0.79	2.38	0.33	4.56	0.840	5.763
75%	240.00	4.19	0.85	2.51	0.34	4.93	0.900	5.817
80%	253.74	4.43	0.90	2.66	0.34	5.29	0.960	5.851
85%	268.85	4.69	0.96	2.82	0.34	5.64	1.020	5.862
90%	286.26	5.00	1.02	3.00	0.34	5.94	1.080	5.841
95%	308.32	5.38	1.07	3.23	0.33	6.19	1.140	5.763
100%	360.00	6.28	1.13	3.77	0.30	6.08	1.200	5.378

La portata di progetto defluisce con i seguenti dati

70%	226.41	3.95	0.79	2.37	0.33	4.54	0.836	5.759
-----	--------	------	------	------	------	------	-------	-------

Deflusso



$$Y = r \times \left(1 - \cos\left(\frac{\phi}{2}\right)\right)$$

$$A = \frac{r^2}{2} \times (\phi - \sin\phi)$$

$$C = r \times \phi$$

$$R = \frac{A}{C}$$

$$\% = \frac{Y}{2 \times r}$$

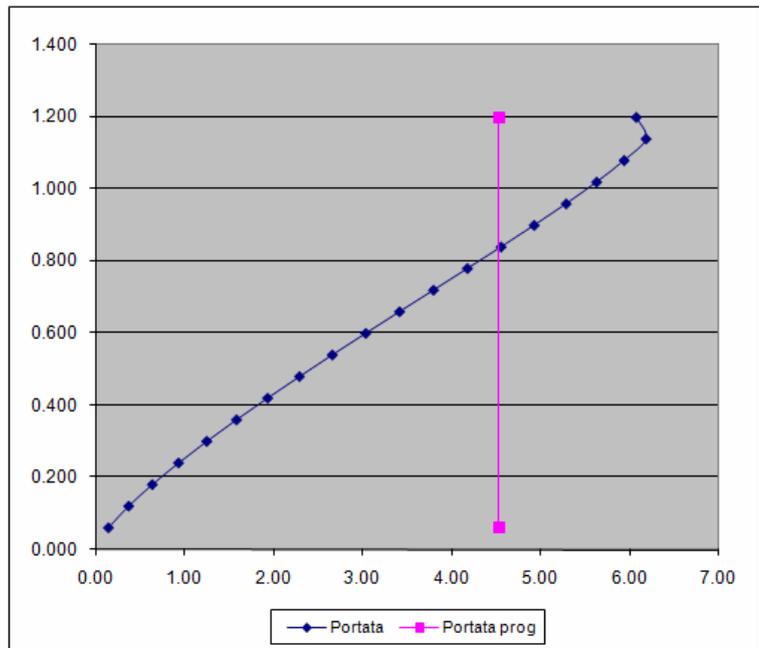


Tabella 5.19 – Verifiche idrauliche per la condotta interrata

Dati della sezione

H=	100	cm	(Altezza sezione)
b=	300	cm	(Base minore sezione)
B=	300	cm	(Base maggiore)
Angolo	0	gradi	
Area=	3.00	mq	
Pendenza	1	%	
K	40	Coefficiente di scabrezza di Gauckler - Strickler	
Portata di progetto	4.54	mc/sec	

H defl (cm)	Contorno bagnato	Area deflusso (mq)	Raggio idraulico	Portata (mc/sec)	Velocità (m/sec)
5	310.00	0.150	0.048	0.079672	0.53114
10	320.00	0.300	0.094	0.247645	0.82548
15	330.00	0.450	0.136	0.476875	1.05972
20	340.00	0.600	0.176	0.75508	1.25847
25	350.00	0.750	0.214	1.074278	1.43237
30	360.00	0.900	0.250	1.428661	1.5874
35	370.00	1.050	0.284	1.813737	1.72737
40	380.00	1.200	0.316	2.225904	1.85492
45	390.00	1.350	0.346	2.662195	1.972
50	400.00	1.500	0.375	3.120126	2.08008
55	410.00	1.650	0.402	3.597582	2.18035
60	420.00	1.800	0.429	4.092745	2.27375
65	430.00	1.950	0.453	4.604036	2.36104
70	440.00	2.100	0.477	5.130075	2.44289
75	450.00	2.250	0.500	5.669645	2.51984
80	460.00	2.400	0.522	6.221668	2.59236
85	470.00	2.550	0.543	6.785185	2.66086
90	480.00	2.700	0.563	7.359338	2.72568
95	490.00	2.850	0.582	7.943356	2.78714
100	500.00	3.000	0.600	8.536544	2.84551

La portata di progetto defluisce con i seguenti dati

H defl (cm)	Contorno bagnato	Area deflusso (mq)	Raggio idraulico (m)	Portata (mc/sec)	Velocità (m/sec)
64.38	428.76	1.931	0.450	4.540	2.35056

Deflusso

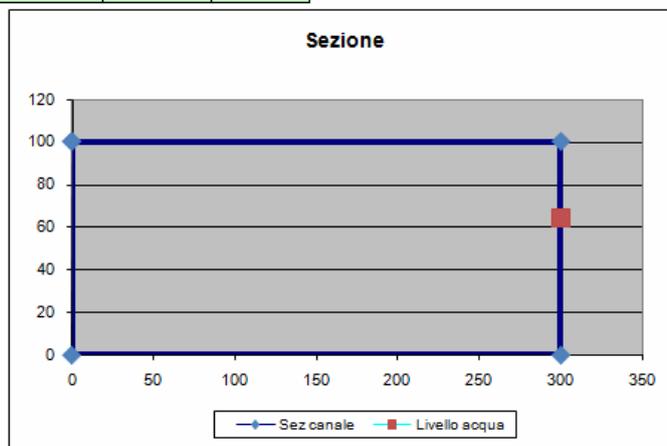


Tabella 5.20 – Verifiche idrauliche per il canale a sezione rettangolare

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA		<i>Codice documento</i> CG1400PRIVCCZC4SD20000001	<i>Rev</i> <i>Data</i> F0 08/06/2012

Dati della sezione

H=	150	cm	(Altezza sezione)
b=	250	cm	(Base minore sezione)
B=	350	cm	(Base maggiore)
Angolo	18.4443	gradi	
Area=	4.50	mq	
Pendenza	5	%	
K	40	Coefficiente di scabrezza di Gauckler - Strickler	
Portata di progetto	4.54	mc/sec	

H defl (cm)	Contorno bagnato	Area deflusso (mq)	Raggio idraulico	Portata (mc/sec)	Velocità (m/sec)
7.5	265.81	0.189	0.071	0.291096	1.53713
15	281.62	0.383	0.136	0.903979	2.36332
22.5	297.44	0.579	0.195	1.741378	3.00557
30	313.25	0.780	0.249	2.76137	3.54014
37.5	329.06	0.984	0.299	3.938343	4.00075
45	344.87	1.193	0.346	5.254822	4.40642
52.5	360.69	1.404	0.389	6.698176	4.76934
60	376.50	1.620	0.430	8.258935	5.0979
67.5	392.31	1.839	0.469	9.929823	5.39823
75	408.12	2.063	0.505	11.70515	5.67494
82.5	423.93	2.289	0.540	13.58041	5.93161
90	439.75	2.520	0.573	15.552	6.17107
97.5	455.56	2.755	0.605	17.61701	6.39561
105	471.37	2.993	0.635	19.7731	6.60711
112.5	487.18	3.235	0.664	22.01836	6.80713
120	503.00	3.480	0.692	24.35127	6.99697
127.5	518.81	3.730	0.719	26.77057	7.17773
135	534.62	3.983	0.745	29.27527	7.35037
142.5	550.43	4.240	0.770	31.86457	7.51568
150	566.24	4.500	0.795	34.53784	7.67438

La portata di progetto defluisce con i seguenti dati

H defl (cm)	Contorno bagnato	Area deflusso (mq)	idraulico (ml)	Portata (mc/sec)	Velocità (m/sec)
41.02	336.49	1.082	0.321	4.540	4.19723

Deflusso

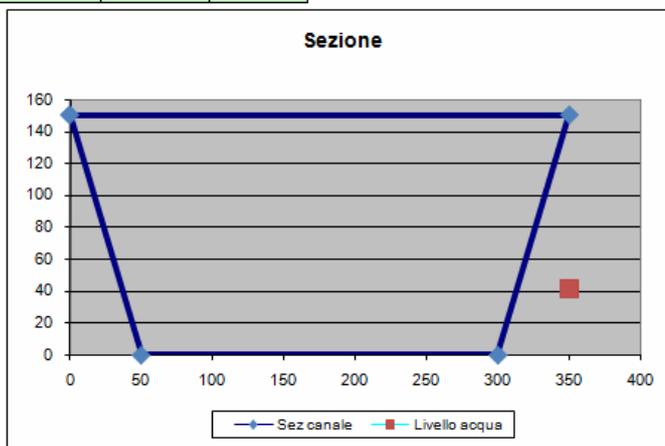


Tabella 5.20 – Verifiche idrauliche per il canale a sezione trapezia da rivestire