



REGIONE CALABRIA

COMUNE DI TROPEA

PROVINCIA DI VIBO VALENTIA



P.O.R. Calabria FERS - FSE 2014/2020. Asse prioritario 7 - Obiettivo specifico 7.2 - Azione 7.2.2.

Potenziamento, riqualificazione e messa in sicurezza del porto di Tropea

PROGETTO DEFINITIVO

ELAB.

C.1.3

TITOLO

RELAZIONE IDRAULICA

SCALA

Progettazione, Direzione dei lavori e geologia

Il Responsabile Unico del Procedimento

R.T.P. **TEC MED S.r.l.**



Arch. Gabriele CRISAFIO

Tec Med s.r.l.

Ing. Stefano Ponti
Ing. Giovanni Oggiano
Ing. Maurizio Sassu



E3 società cooperativa

Ing. Giuseppe Maradei
dott.ssa Paola Angela Basta



Consultec società cooperativa

Ing. Omero Bassano
Ing. Marco Consella



Ing. Rosario Bruzzaniti



Ing. Francesco Bagnato

Arch. Maria Carmela Giuditta



Responsabile della sicurezza: Ing. Rosario Bruzzaniti

INDICE

1	Descrizione delle aree oggetto di interesse.....	2
2	La descrizione del lay-out progettuale.....	3
3	Il funzionamento idraulico del sistema di drenaggio.....	8
4	Il calcolo idraulico delle condotte	8
4.1	Il calcolo della condotta di accumulo.....	8
4.2	Il calcolo della condotta di espulsione	10
4.3	Il calcolo della condotta di smaltimento	11

1 Descrizione delle aree oggetto di interesse

Una delle problematiche di estremo interesse per la fruibilità dell'area portuale riguarda il frequente allagamento che si manifesta nel tratto di strada adiacente la pineta vicino al cantiere nautico del porto (Figura 1).

L'area in cui è ubicato il porto, infatti, si presenta come una delle zone maggiormente depresse di tutto il territorio comunale, tanto è vero che sono due i corsi d'acqua che vi sfociano (Figura 2).



Figura 1: Ubicazione dell'area frequentemente soggetta ad allagamento.



Figura 2: Reticolo idrografico superficiale principale.

Una parte delle acque che si riversano durante gli eventi piovosi intensi, comunque, non è in grado di confluire all'interno del reticolo idrografico principale e quindi, attraverso le strade, si accumula nelle aree evidenziate, che hanno quote localmente inferiori a quelle delle aree limitrofe.

Una dettagliata analisi del rilievo effettuato e delle osservazioni critiche dell’andamento locale del terreno ha portato a ricostruire le aree che contribuiscono alla generazione e all’andamento dei deflussi.

L’area, quindi, è stata suddivisa in tre distinti bacini che hanno le seguenti dimensioni:

- Bacino 1: 3381 m²;
- Bacino 2: 2420 m²;
- Bacino 3: 11816 m².



Figura 3: Ricostruzione dell'idrografia locale.

2 La descrizione del lay-out progettuale

La problematica del drenaggio delle acque piovane nelle aree prima individuate è stata affrontata considerando la conformazione territoriale in cui le opere si vanno ad inserire.

Il primo problema incontrato è stato la difficoltà di smaltire le portate nel reticolo idrografico naturale senza ricorrere a costosi impianti di accumulo e sollevamento che, allo stato attuale, risultano incompatibili con le risorse finanziarie a disposizione.

Lo scarico nel torrente Lumia, infatti, è impossibile in quanto sono presenti una serie di abitazioni private e zone rocciose praticamente impossibili da attraversare con scarichi a superficie libera.

Allo stesso modo lo scarico nel torrente delle Grazie è altrettanto estremamente difficoltoso in quanto per raggiungere la quota di scarico compatibile con un deflusso a superficie libera sarebbe necessario prevedere scavi a profondità importanti, estremamente difficoltosi da realizzare in un’area in cui sono presenti numerosi sottoservizi.

La soluzione concordata con l'Amministrazione è quindi rimasta quella che prevede lo scarico degli eccessi di pioggia all'interno dello specchio acqueo portuale, nella zona del cantiere navale.

Questa scelta ha comportato una serie di difficoltà, sul piano progettuale, relative alla necessità di accumulare efficacemente il volume di acque di prima pioggia che non è opportuno (né consentito) recapitare nello specchio acqueo portuale senza che ci sia prima un trattamento primario: le acque di prima pioggia saranno quindi sollevate e convogliate in fognatura.

Un'altra difficoltà di progettazione riguarda il fatto che le aree oggetto di interesse sono a quote assolute molto basse, praticamente a ridosso del mare, e di conseguenza si è molto vicini alla quota della falda.

Definito l'obiettivo del progetto, cioè la portata delle acque piovane da smaltire, ed individuati i vincoli che consistono, come prima illustrato, nel punto di recapito scelto all'interno del porto, nell'esigenza di accumulare temporaneamente le acque di prima pioggia da inviare a trattamento e la gestione delle interferenze con i numerosi sotto-servizi esistenti nelle aree di interesse, è stata definita la soluzione successivamente descritta, e sinteticamente illustrata in Figura 4.



Figura 4: Soluzione progettuale per il drenaggio delle acque di pioggia

La soluzione progettuale adottata consta dei seguenti elementi fondamentali:

- le griglie di immissione, ovverosia le caditoie stradali;
- le condotte di accumulo e convogliamento;
- il pozzetto di smistamento;
- la condotta di espulsione.

Le griglie di immissione sono posizionate lungo il tratto stradale interessato dall'intervento (Figura 5 e Figura 6). Esse saranno posizionate sulla cima dei pozzetti di linea, in modo da consentire un'agevole manutenzione nel corso del tempo.

Al fine di garantire un completo drenaggio delle acque stradali, inoltre, è stata prevista la posa in opera di una griglia lunga 11 m, trasversale all'asse stradale, nel punto più depresso dell'area oggetto di interesse. Tale lunga caditoia è idraulicamente connessa con la principale condotta di accumulo e convogliamento delle acque drenate.



Figura 5: Griglie di immissione lato Sud-Ovest.



Figura 6: Griglie di immissione lato Nord-Est con vista del pozzetto di smistamento e della condotta di espulsione.

Le griglie (Figura 7) saranno in ghisa sferoidale, costruite secondo le norme UNI EN124 classe D400, con asole ad ampio deflusso disposte su due file, sistema di fissaggio al telaio "antivandalismo".

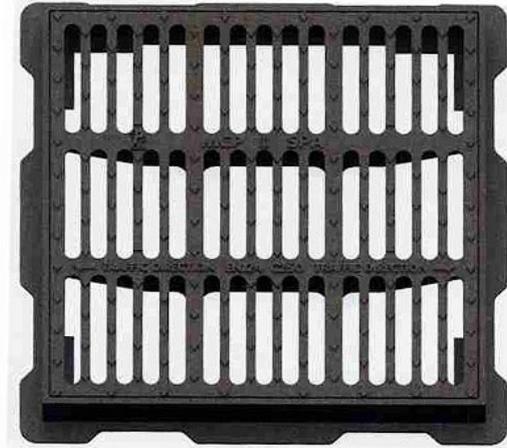


Figura 7: Esempio di griglia in ghisa sferoidale.

I pozzetti avranno sezione interna 1 x 1.5 m e saranno in calcestruzzo armato prefabbricato, in modo da semplificare le operazioni di cantiere; saranno poggiati su platee di fondazione composte in calcestruzzo armato con rete elettrosaldate, in modo da avere una base rigida che assorba eventuali cedimenti differenziati che possono determinare problemi di tenuta e di resistenza.

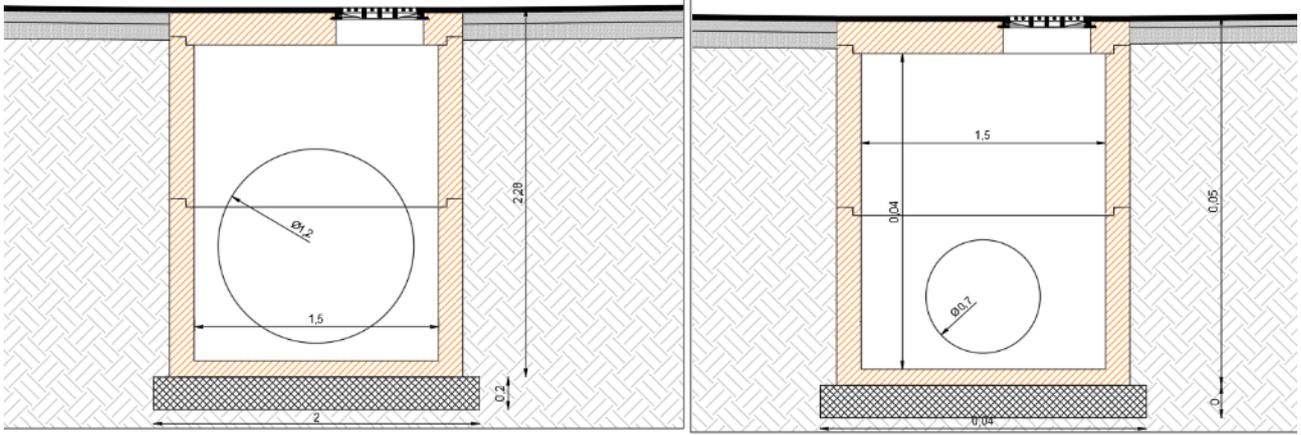


Figura 8: Pozzetti tipo per le condotte di accumulo/transito di acqua pluviale

Il canale sottostante la griglia trasversale sarà realizzato in calcestruzzo armato gettato in opera, e avrà sezione trasversale pari a 50x50 cm (Figura 9). Il canale convoglierà le acque in un pozzetto precedentemente descritto e sarà posato su una platea di calcestruzzo armato con rete elettrosaldata.

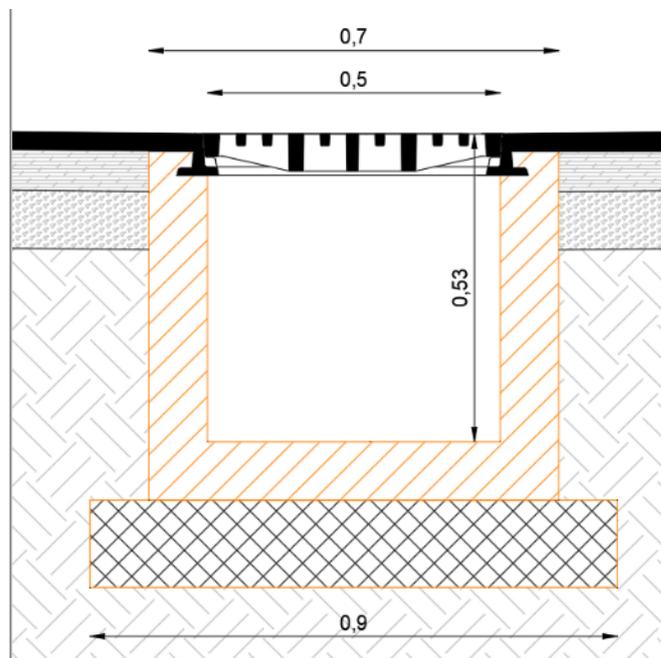


Figura 9: Sezione trasversale della griglia e della condotta trasversale alla strada.

Le condotte di accumulo e convogliamento (Figura 10) poste in opera sotto la strada saranno in calcestruzzo armato vibro-compresso, mentre saranno in PVC quelle poste sotto il marciapiede per il lato Nord-Est della strada.

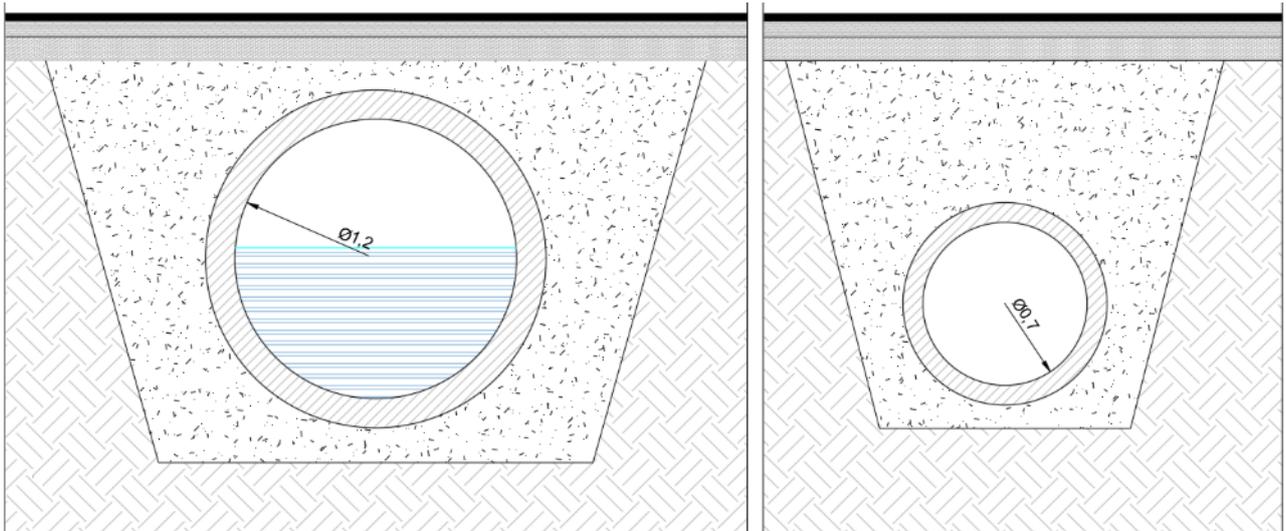


Figura 10: Sezioni tipo delle condotte in calcestruzzo armato vibrocompresso.

Il pozzetto di smistamento è il vero cuore del sistema di smaltimento idraulico delle acque pluviali ed è composto da due camere attigue:

- il primo pozzetto accoglie le acque provenienti dalla condotta di accumulo da Sud-Ovest e da esso si diparte la condotta di espulsione verso il porto;
- il pozzetto di sollevamento, idraulicamente connesso col primo, riceve le acque della condotta di collettamento dall'area Nord della strada e contiene la pompa di sollevamento per le acque di prima pioggia.

Una rappresentazione in sezione del pozzetto di smistamento è riportata nella successiva Figura 11.

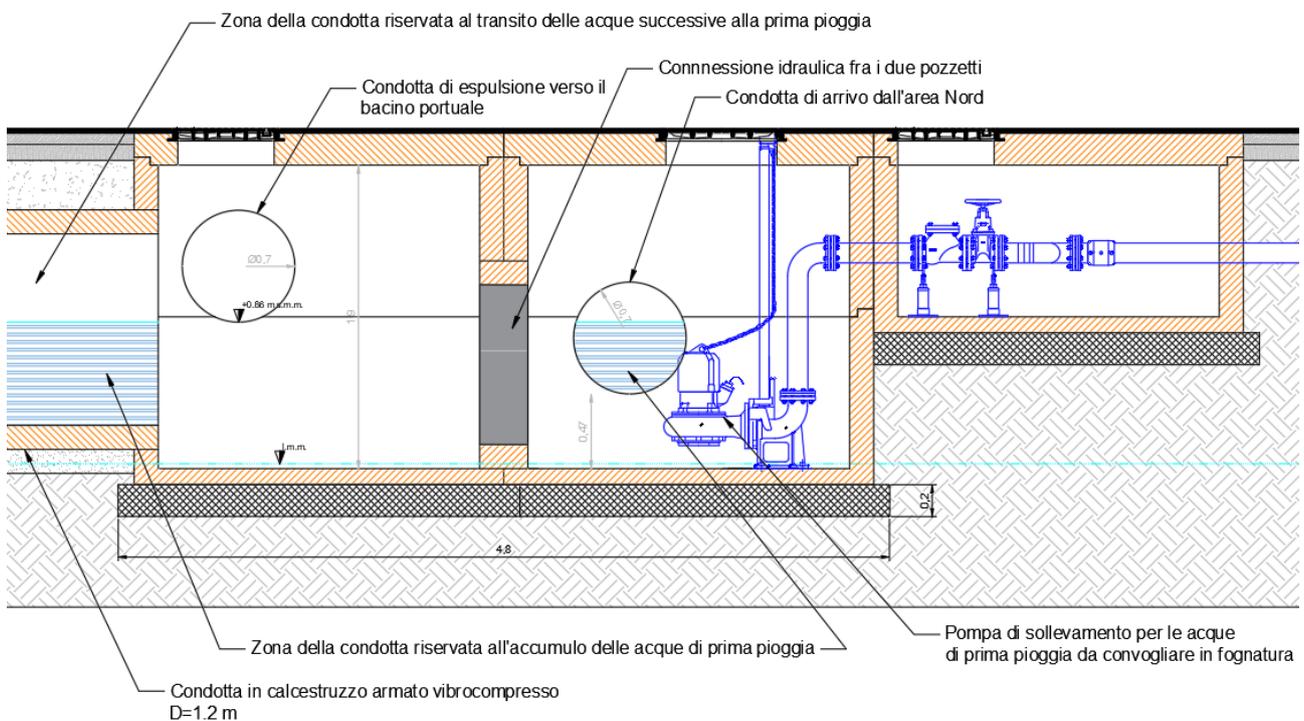


Figura 11 – Sezione trasversale del pozzetto di smistamento.

Il funzionamento idraulico delle condotte e l'attivazione delle varie parti del sistema meccanico di drenaggio e sollevamento dipende dai livelli idraulici nei pozzetti, secondo la logica operativa che è descritta nel seguito del presente rapporto tecnico.

L'ultimo elemento del sistema è rappresentato dalla condotta di espulsione che, partendo dal pozzetto di smistamento, convoglia le acque pluviali (escluse quelle di prima pioggia) all'interno del bacino portuale.

3 Il funzionamento idraulico del sistema di drenaggio

Il sistema di drenaggio è concepito per consentire la raccolta e lo smaltimento delle acque di pioggia ed evitare che si accumulino nell'area retrostante il porto turistico. Il sistema idraulico progettato opera con la seguente modalità di funzionamento idraulico.

Nel momento in cui inizia una precipitazione le acque raccolte dalle griglie caditoie e convogliate all'interno delle condotte (a Sud-Ovest la condotta di accumulo e a Nord-Est la condotta di smaltimento) fluiscono nel pozzetto di smistamento.

L'arrivo progressivo delle acque comporta il riempimento dei volumi predisposti per l'accoglimento delle acque di prima pioggia.

Appena il livello del pozzetto giunge alla quota di accensione della pompa, questa inizia a sollevare le acque all'interno del vicino pozzetto di fognatura. La portata pompata è esigua, pari a 1 l/s, in modo da evitare di mettere in crisi il sistema fognario.

Se la precipitazione prosegue nel tempo e si riempie tutto il volume relativo alle acque di prima pioggia, inizia ad attivarsi la condotta di espulsione, in modo che le acque, ormai liberate dai principali carichi inquinanti presenti nelle acque di prima pioggia, possono essere convogliate nel porto senza creare problemi di inquinamento.

Quando smette di piovere, grazie al continuo funzionamento della pompa, il livello idrico all'interno delle condotte di accumulo scende progressivamente.

4 Il calcolo idraulico delle condotte

4.1 Il calcolo della condotta di accumulo

La condotta di accumulo, ubicata nel lato Sud-Ovest del sistema di drenaggio, è stata dimensionata non solo per il deflusso della massima portata di drenaggio ad essa competente, ma anche per poter accogliere il volume minimo delle acque di prima pioggia.

Quando i livelli idrici sono tali per cui è raggiunto il corretto volume di accumulo della prima pioggia, la condotta esplica quindi la funzione di convogliamento degli ulteriori deflussi che sono smaltiti verso il recapito finale nel porto dalla condotta di espulsione.

Come è stato calcolato nella relazione idrologica, il volume necessario all'accumulo delle acque di prima pioggia è pari a 97 m³.

La condotta è stata dimensionata in modo che la parte bassa consenta l'accumulo delle acque e la parte alta permetta lo smaltimento delle portate in eccesso rispetto a quelle accumulate: è stato quindi necessario trovare la dimensione e le quote adatte per poter fare in modo che siano svolte con efficacia entrambe le funzioni sopra indicate.

La portata al colmo per il bacino complessivo dato dalla somma del bacino 2 e del bacino 3, che alimentano la condotta di accumulo, è pari a 550 l/s. Si fa riferimento a questo valore per verificare che, una volta completato l'accumulo, la condotta sia in grado di smaltire la portata in arrivo.

Con una serie di calcoli idraulici iterativi si è stabilito che la quota massima di riempimento della condotta deve essere pari a 0.65 m (corrispondente a un grado di riempimento della condotta pari a 0.54). L'area della sezione trasversale della condotta corrispondente a questa quota è di 0.62 m² che, moltiplicata per la lunghezza complessiva della condotta di 156 m, consente di ottenere il volume di 97 mc necessario per accumulare le acque di prima pioggia di tutti e tre i bacini scolanti in cui è suddivisa l'area drenata.

Dal momento che i primi 65 cm della condotta sono riservati all'accumulo delle acque di prima pioggia, occorre che la parte rimanente di condotta sia in grado di smaltire la portata di picco che può presentarsi sui bacini 2 e 3 e che, come indicato in precedenza, ammonta a 550 l/s.

Disponendo la condotta con una pendenza pari a 0.105%, considerando che la scabrezza del contorno bagnato può assumersi, con la notazione di Gauckler-Strickler, pari a 75 m^{1/3}s⁻¹ per il calcestruzzo, si ottiene la scala di deflusso riportata in Tabella 1, in cui:

- h/d è il grado di riempimento della condotta;
- β è l'angolo al centro della condotta
- A è l'area della sezione trasversale
- PB è il perimetro bagnato;
- RH è il raggio idraulico
- h è la quota idrica
- v è la velocità dell'acqua
- Q è la portata liquida.

Il calcolo è stato eseguito con la relazione di Gauckler-Strickler:

$$v = K * R^{\frac{2}{3}} * j^{1/2} \text{ e } Q = v * A,$$

dove j è la pendenza della linea dell'energia e K è il coefficiente di Gauckler-Strickler.

Per verificare se la condotta è sufficiente a smaltire tutta la portata di colmo in arrivo, considerando che una parte è già occupata dal volume di accumulo, si è ragionato come segue:

- è stata calcolata la portata corrispondente al grado di riempimento occupato dall'acqua accumulata, pari a 700 l/s;
- a questa portata è stata sommata la portata di picco in ingresso, ottenendo (700+550 l/s) il deflusso totale di 1250 l/s;
- si è quindi verificato che la condotta è in grado di smaltire la portata totale.

Osservando la tabella si vede che la portata di 1250 l/s si verifica per un grado di riempimento compreso fra 0.8 e 0.85, quindi pienamente compatibile con la condotta considerata.

Tabella 1: Scala di deflusso della condotta di accumulo.

h/D	b	b	A	PB	RH	h	v	Q
	rad	gradi	m ²	m	m	m	m/s	m ³ /s
0	0	0	0	0	0	0	0	0
0,05	0,90	51,68	0,02	0,54	0,04	0,06	0,28	0,01
0,1	1,29	73,74	0,06	0,77	0,08	0,12	0,44	0,03

h/D	b	b	A	PB	RH	h	v	Q
0,15	1,59	91,15	0,11	0,95	0,11	0,18	0,56	0,06
0,2	1,85	106,26	0,16	1,11	0,14	0,24	0,67	0,11
0,25	2,09	120,00	0,22	1,26	0,18	0,30	0,76	0,17
0,3	2,32	132,84	0,29	1,39	0,21	0,36	0,85	0,24
0,35	2,53	145,08	0,35	1,52	0,23	0,42	0,92	0,32
0,4	2,74	156,93	0,42	1,64	0,26	0,48	0,98	0,42
0,46	2,98	170,82	0,51	1,79	0,28	0,55	1,05	0,53
0,5	3,14	180,00	0,57	1,88	0,30	0,60	1,09	0,62
0,54	3,30	189,18	0,62	1,98	0,31	0,65	1,12	0,70
0,6	3,54	203,07	0,71	2,13	0,33	0,72	1,17	0,83
0,65	3,75	214,92	0,78	2,25	0,35	0,78	1,20	0,93
0,7	3,96	227,16	0,85	2,38	0,36	0,84	1,22	1,03
0,75	4,19	240,00	0,91	2,51	0,36	0,90	1,23	1,12
0,8	4,43	253,74	0,97	2,66	0,37	0,96	1,24	1,20
0,85	4,69	268,85	1,02	2,82	0,36	1,02	1,24	1,27
0,9	5,00	286,26	1,07	3,00	0,36	1,08	1,22	1,31
0,91	5,06	290,17	1,08	3,04	0,36	1,09	1,22	1,32
0,92	5,14	294,28	1,09	3,08	0,35	1,10	1,21	1,32
0,93	5,21	298,63	1,10	3,13	0,35	1,12	1,21	1,32
0,94	5,29	303,28	1,10	3,18	0,35	1,13	1,20	1,32
0,95	5,38	308,32	1,11	3,23	0,34	1,14	1,19	1,32
1	6,28	360,00	1,13	3,77	0,30	1,20	1,09	1,23

Il calcolo effettuato è sicuramente a vantaggio di sicurezza in quanto è stato eseguito considerando che il deflusso sia a contatto con tutto il contorno bagnato: in realtà la portata massima defluisce avendo come unico contatto solo una piccola parte del contorno bagnato e, quindi, la resistenza al moto, nella condizione reale di funzionamento, è molto ridotta.

Avendo considerato questa cautela nella modalità di calcolo e verifica, comunque, si ottengono sufficienti riserve di sicurezza per compensare eventuali difetti di manutenzione della condotta che dovessero manifestarsi in futuro.

4.2 Il calcolo della condotta di espulsione

La condotta di espulsione verso il porto è stata dimensionata con un classico calcolo a moto uniforme, verificando che la portata di picco che può essere generata dall'insieme dei tre bacini, pari a 620 l/s, possa essere smaltita dalla condotta, date le condizioni geometriche al contorno.

La quota iniziale del fondo della condotta è 0.86 m s.m.m.. Essa sbocca nel porto a una quota di +0.3 m s.m.m., per evitare problemi di interferenza con la marea. Lo sviluppo longitudinale è di 85 m e la pendenza è dello 0.66 %.

È stata considerata una tubazione in calcestruzzo armato vibrocompresso del diametro interno di 700 mm, con una scabrezza di parete pari a $75 \text{ m}^{1/3} \text{ s}^{-1}$ ottenendo la scala di deflusso riportata in Tabella 2.

Il grado di riempimento corrispondente alla portata da smaltire è compreso fra 0.7 e 0.75, quindi perfettamente compatibile per un funzionamento ottimale.

Tabella 2: Scala di deflusso per la condotta di espulsione

h/D	β rad	β gradi	A m ²	PB m	RH m	h m	v m/s	Q m ³ /s
0	0	0	0	0	0	0	0	0
0,05	0,9020536	51,683866	0,0072	0,3157	0,0228	0,0350	0,4893	0,0035
0,1	1,2870022	73,739795	0,0200	0,4505	0,0445	0,0700	0,7640	0,0153
0,15	1,5907977	91,145992	0,0362	0,5568	0,0650	0,1050	0,9843	0,0356
0,2	1,8545904	106,2602	0,0548	0,6491	0,0844	0,1400	1,1714	0,0642
0,25	2,0943951	120	0,0752	0,7330	0,1026	0,1750	1,3345	0,1004
0,3	2,318559	132,84364	0,0971	0,8115	0,1197	0,2100	1,4782	0,1435
0,35	2,5322073	145,08479	0,1200	0,8863	0,1354	0,2450	1,6055	0,1927
0,4	2,7388768	156,92608	0,1438	0,9586	0,1500	0,2800	1,7183	0,2470
0,46	2,9814215	170,82287	0,1728	1,0435	0,1656	0,3220	1,8361	0,3174
0,5	3,1415927	180	0,1924	1,0996	0,1750	0,3500	1,9046	0,3665
0,55	3,3419275	191,47834	0,2169	1,1697	0,1854	0,3850	1,9795	0,4293
0,6	3,5443085	203,07392	0,2411	1,2405	0,1944	0,4200	2,0425	0,4924
0,65	3,750978	214,91521	0,2648	1,3128	0,2017	0,4550	2,0937	0,5544
0,7	3,9646263	227,15636	0,2877	1,3876	0,2074	0,4900	2,1327	0,6137
0,75	4,1887902	240	0,3096	1,4661	0,2112	0,5250	2,1588	0,6684
0,8	4,4285949	253,7398	0,3301	1,5500	0,2129	0,5600	2,1708	0,7165
0,85	4,6923876	268,85401	0,3486	1,6423	0,2123	0,5950	2,1663	0,7553
0,9	4,9961831	286,2602	0,3648	1,7487	0,2086	0,6300	2,1414	0,7812
0,91	5,0644147	290,16959	0,3677	1,7725	0,2074	0,6370	2,1332	0,7844
0,92	5,1361591	294,28024	0,3704	1,7977	0,2061	0,6440	2,1238	0,7867
0,93	5,212132	298,63317	0,3730	1,8242	0,2045	0,6510	2,1128	0,7881
0,94	5,2933171	303,28473	0,3754	1,8527	0,2026	0,6580	2,1002	0,7884
0,95	5,3811317	308,31613	0,3777	1,8834	0,2005	0,6650	2,0855	0,7876
1	6,2831853	360	0,3848	2,1991	0,1750	0,7000	1,9046	0,7330

4.3 Il calcolo della condotta di smaltimento

La condotta di smaltimento sarà in PVC con diametro interno di 0.375 m.

Essa raccoglie le acque che provengono dal bacino 1 che copre la porzione Nord-Est della strada. La portata al colmo di tutto il bacino è di 130 l/s, come è stato calcolato nella relazione idrologica.

La condotta ha una pendenza pari a quella del terreno, dello 0.55 %.

Considerando un coefficiente di scabrezza pari a $85 \text{ m}^{1/3}\text{s}^{-1}$ per materiale plastico non pulito, si ottiene la scala di deflusso riportata in Tabella 3.

Come è possibile verificare, il grado di riempimento previsto per la portata di riferimento è compreso fra 0.7 e 0.75, quindi compatibile per un funzionamento ottimale.

Tabella 3: Scala di deflusso per la condotta di smaltimento

h/D	β rad	β gradi	A m ²	PB m	RH m	h m	v m/s	Q m ³ /s
0	0	0	0	0	0	0	0	0
0,05	0,9020536	51,683866	0,0021	0,1691	0,0122	0,0188	0,3342	0,0007
0,1	1,2870022	73,739795	0,0057	0,2413	0,0238	0,0375	0,5219	0,0030
0,15	1,5907977	91,145992	0,0104	0,2983	0,0348	0,0563	0,6723	0,0070
0,2	1,8545904	106,2602	0,0157	0,3477	0,0452	0,0750	0,8001	0,0126
0,25	2,0943951	120	0,0216	0,3927	0,0550	0,0938	0,9115	0,0197
0,3	2,318559	132,84364	0,0279	0,4347	0,0641	0,1125	1,0097	0,0281
0,35	2,5322073	145,08479	0,0345	0,4748	0,0726	0,1313	1,0966	0,0378
0,4	2,7388768	156,92608	0,0413	0,5135	0,0803	0,1500	1,1736	0,0484
0,46	2,9814215	170,82287	0,0496	0,5590	0,0887	0,1725	1,2541	0,0622
0,5	3,1415927	180	0,0552	0,5890	0,0938	0,1875	1,3009	0,0718
0,55	3,3419275	191,47834	0,0622	0,6266	0,0993	0,2063	1,3521	0,0842
0,6	3,5443085	203,07392	0,0692	0,6646	0,1041	0,2250	1,3951	0,0965
0,65	3,750978	214,91521	0,0760	0,7033	0,1081	0,2438	1,4301	0,1087
0,7	3,9646263	227,15636	0,0826	0,7434	0,1111	0,2625	1,4567	0,1203
0,75	4,1887902	240	0,0889	0,7854	0,1131	0,2813	1,4745	0,1310
0,8	4,4285949	253,7398	0,0947	0,8304	0,1141	0,3000	1,4827	0,1404
0,85	4,6923876	268,85401	0,1001	0,8798	0,1137	0,3188	1,4797	0,1481
0,9	4,9961831	286,2602	0,1047	0,9368	0,1118	0,3375	1,4626	0,1531
0,91	5,0644147	290,16959	0,1055	0,9496	0,1111	0,3413	1,4571	0,1538
0,92	5,1361591	294,28024	0,1063	0,9630	0,1104	0,3450	1,4506	0,1542
0,93	5,212132	298,63317	0,1070	0,9773	0,1095	0,3488	1,4431	0,1545
0,94	5,2933171	303,28473	0,1077	0,9925	0,1086	0,3525	1,4345	0,1546
0,95	5,3811317	308,31613	0,1084	1,0090	0,1074	0,3563	1,4245	0,1544
1	6,2831853	360	0,1104	1,1781	0,0938	0,3750	1,3009	0,1437