



AUTORITA' PORTUALE DI CAGLIARI

**Stazione Marittima - Molo Sanita'
Cagliari**

**COMPLETAMENTO DELLA BANCHINA
SUL LATO NORD-EST DEL PORTO CANALE
(Porto industriale di Cagliari)**

revisione	data	descrizione della modifica

Elaborato :	PROGETTO DEFINITIVO I LOTTO FUNZIONALE	Data :
R014		Febbraio 2014 Rev.01: 21.01.2016
	NOTA TECNICA INTEGRATIVA	

Progetto :

MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI
Provveditorato Interregionale OO.PP. Lazio-Abruzzo-Sardegna
Sede coordinata di Cagliari

Il Progettista

Dott. Ing. Andrea Botti

Collaboratore

D.T. geom. Emanuele Fanni

Consulenti

SEACON S.R.L.
Dott. Ing. Massimo Vitellozzi

DMS Geotechnical Engineering s.r.l.
Prof. Ing. Fabio Soccodato

Dott. Ing. Marco Tartaglini

Il Responsabile del procedimento
dell'Autorità Portuale

Dott. Ing. Alessandro Boggio

AUTORITA' PORTUALE DI CAGLIARI

COMPLETAMENTO DEL BANCHINAMENTO DEL LATO NORD DEL PORTO CANALE DI CAGLIARI

PROGETTO DEFINITIVO I LOTTO FUNZIONALE

NOTA TECNICA INTEGRATIVA

INDICE

1	Premesse	2
2	Punto 3 – Verifiche idrauliche del canale	4
2.1	Calcolo del profilo idrico all'interno del canale principale di scarico a mare in presenza di una nave in stazionamento.....	4
3	Punto 4 – Progetto rete antincendio ai sensi della UNI 10779/2007	6
3.1	Verifiche idrauliche	6
3.2	Caratteristiche impianto di sollevamento.....	9
4	Punto 5 – Progetto acquedotto e fognatura	12
4.1	Considerazioni sul calcolo degli sforzi tangenziali all'interno delle condotte e sul trasporto solido associato alle portate meteoriche.	12
5	Punto 6 – Verifica delle dimensioni dei pozzetti di ispezione	15
6	Punto 7 – Verifica delle sufficienza della classe delle griglie e delle caditoie	15
7	Punto 8 – Impianti di trattamento acque meteoriche e manufatto di intercettazione	15
8	Punto 9 – Tipologie delle opere realizzate o da realizzare in adiacenza alal aree di intervento.....	17
9	Punto 10 – Prezzari di riferimento.....	18
10	Punto 11 – Prezzo unitario n°24.....	18

1 Premesse

Con nota del 28/06/2011 (prot. n.0006206) la Terza Sezione del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici ha comunicato che la Commissione Relatrice ha manifestato la necessità di acquisire la seguente documentazione tecnica integrativa rispetto a quella contenuta negli elaborati del progetto definitivo trasmesso con nota del 13/05/2011 (ns prot. n.3757/11):

- 1) Tavola del PRP vigente contenente le destinazioni d'uso,
- 2) Tavola di raffronto fra le opere previste in progetto ed il PRP vigente,
- 3) Verifiche idrauliche del tratto terminale del canale esistente considerando la presenza di una nave ormeggiata in corrispondenza dello sbocco a mare e parere favorevole dell'Ente preposto alla sua tutela;
- 4) Progetto dell'impianto antincendio redatto ai sensi della norma UNI 10779 con previsione del gruppo elettrogeno per l'alimentazione dell'impianto di sollevamento già nel progetto di I lotto e parere favorevole del competente Comando dei Vigili del Fuoco,
- 5) Profili longitudinali di acquedotto e fognatura, valutazione dell'adeguatezza delle dotazioni assunte per l'acquedotto e verifica delle tensioni tangenziali per le fognature delle acque bianche e nere;
- 6) Valutazioni circa l'opportunità di aumentare le sezioni dei pozzetti di ispezione per facilitare le operazioni di manutenzione;
- 7) Verifica della sufficienza della classe delle griglie e delle caditoie in relazione ai carichi attesi;
- 8) Ulteriori precisazioni circa gli impianti di trattamento delle acque meteoriche di prima pioggia ed al manufatto di immissione previsto nell'intervento di tombamento del tratto terminale del fosso esistente
- 9) Informazioni sulla tipologia delle opere realizzate o da realizzare in adiacenza,
- 10) Indicazione dei prezzi presi a riferimento,
- 11) Motivazioni circa la definizione del prezzo n.24
- 12) Omogeneizzare le denominazioni dei materiali utilizzati ai sensi delle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni con particolare riferimento al calcestruzzo ed ai ferri di armatura,

- 13) Corredare il progetto con lo schema di Contratto ed il Capitolato Speciale d'Appalto per appalto integrato, prevedere l'affidamento delle opere completamente a corpo e inserire tra gli oneri anche quelli delle progettazione esecutiva delle opere.

Nel seguito vengono esaminate e soddisfatte tutte le richieste di cui ai punti da 3 a 11 mentre per i punti 1 e 2 si rimanda alle tavole integrative allegate e per i punti 12 e 13 si rimanda allo Schema di Contratto ed al Capitolato Speciale d'Appalto allegati nei quali tutte le denominazioni dei materiali da utilizzare sono stati uniformati alle denominazioni utilizzate nelle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni del 2008.

2 Punto 3 – Verifiche idrauliche del canale

Nel seguito sono riportate le verifiche idrauliche del deflusso della portata di piena delle opere di tombamento del tratto terminale del fosso esistente che scorre a fianco della recinzione del terminal contenitori esistente, sia nella configurazione del progetto generale che in quella del I lotto funzionale, considerando la presenza in corrispondenza dello sbocco a mare di una nave ormeggiata lunga 250 m che pesca 14 m posta ad 1.50 m dal filo banchina.

Per i valori di portata utilizzati nelle simulazioni e per le caratteristiche idrauliche dei collettori si rimanda all'Elaborato R004 "Calcoli preliminari degli impianti" .

2.1 Calcolo del profilo idrico all'interno del canale principale di scarico a mare in presenza di una nave in stazionamento

L'intervento di tombamento del tratto terminale posto all'interno delle aree di intervento del fosso che d'acqua in cui riversano le portate i due collettori (aventi dimensioni pari a 2,60 x 1,20 m), denominati Collettore Alto e Collettore Basso, che recepiscono le portate pluviali dei piazzali già attualmente operativi e retrostanti l'esistente banchina di attracco, è stato progettato utilizzando tubazioni $\phi 2000$ (V. Elaborati di progetto).

Lo studio del deflusso delle portate di piena, ricavate per i tempi di ritorno stabiliti (vedi relazione idraulica del progetto definitivo del I lotto funzionale), è essenzialmente finalizzato alla determinazione della capacità di deflusso a superficie libera all'interno delle sopra citate tubazioni da utilizzare per dare continuità ai piazzali in conseguenza dell'ampliamento proposto.

Le verifiche eseguite per la configurazione di progetto (tracciamento del profilo di rigurgito corrispondente alla somma delle portate affluenti nei diversi punti di immissione e transitanti nel tratto terminale del tombamento da realizzare) sono state svolte associando come livello di valle il tirante idrico corrispondente ad un livello marino assunto pari a +0,50 m s.l.m. Tale livello idrico rappresenta la condizione di deflusso più sfavorevole e corrispondente ad eventi meteorologici estremi concomitanti alle massime variazioni di marea e quindi i livelli idrici raggiunti nelle sezioni trasversali al defluire delle portate sopra menzionate rappresentano valori di riferimento di una delle condizioni più gravose che si possono presentare.

Oltre alla condizione del sovrizzo del l.m.m. associato ad eventi di moto ondoso (v. Elaborato R004 "Calcoli preliminari degli impianti") sono state eseguite anche due nuove simulazioni integrative della configurazione di progetto (sia nella condizione finale che in una condizione intermedia di I lotto funzionale), considerando anche lo stazionamento di una nave ormeggiata al muro di banchina nell'area antistante lo sbocco del tombamento del canale.

Dall'analisi dei risultati ottenuti, che sono sintetizzati nelle tabelle e nelle figure riportate nell'Allegato 1, si evince come la presenza della nave, ormeggiata dinanzi lo sbocco del tombamento, non comporta particolari problematiche di deflusso, in quanto la presenza dell' "ostacolo" ha poca influenza sulle capacità di scarico delle tubazioni adottate.

Infatti il profilo di rigurgito ottenuto in questa nuova condizione non si differenzia di molto da quello individuato nella simulazione con sbocco libero, mantenendo gradi di riempimento accettabili ed franchi di sicurezza simili a quelli determinati nelle simulazioni precedenti.

Tale conclusione si può estendere alla simulazione che prende in considerazione la configurazione relativa al progetto di I lotto funzionale (tombamento del solo tratto terminale a partire dall'immissione del Collettore Basso).

3 Punto 4 – Progetto rete antincendio ai sensi della UNI 10779/2007

Nel seguito sono riportate le verifiche idrauliche della rete dell'impianto antincendio ed il dimensionamento dell'impianto di sollevamento, redatte ai sensi della norma UNI 10779/2007, sia per la configurazione di I lotto che per quella del progetto generale.

Per quanto riguarda le caratteristiche geometriche dell'impianto si rimanda alla tavola 12 "Planimetria Impianti Idrici e Fognari – Sezioni tipo" emessa in revisione 1

3.1 Verifiche idrauliche

Nel seguito viene riportata la descrizione dell'impianto antincendio della banchina sul lato nord-est del porto canale del porto industriale di Cagliari ed i criteri che verranno utilizzati per la progettazione dell'impianto stesso e la gestione delle emergenze.

La rete antincendio è stata dimensionata e verrà realizzata in conformità alla norma UNI 10779/2007.

L'impianto antincendio interessa la zona adibita a deposito container della banchina ed è costituito da una rete a maglia chiusa di tubazioni in ghisa e da terminali antincendio UNI 70 sottosuolo conformi alla UNI EN 14339 e soprasuolo conformi alla UNI EN 14384, posti ad una distanza reciproca non superiore a 60 m, come previsto dalla suddetta normativa. La rete di idranti viene realizzata con tubazioni DN 200 per la maglia principale e DN 100 per le diramazioni secondarie.

Nella norma UNI 10779 sono individuati tre differenti livelli di pericolosità in base alle caratteristiche dei materiali presenti nelle aree da proteggere ed alle probabilità di sviluppo dell'incendio; per ciascun livello sono state indicate le portate, le pressioni, le contemporaneità e le durate di erogazione minime della rete di idranti antincendio considerate adeguate.

Le aree da proteggere consistono in una banchina con a tergo un piazzale operativo che secondo le previsioni del vigente P.R.P. sono destinate alla movimentazione ed allo stoccaggio di containers. Al fine di non limitare la tipologia di merce che potrà essere movimentata nel suddetto piazzale si è deciso di assimilare la zona da proteggere al livello di rischio più elevato previsto nella UNI 10779 (livello 3).

Nella Figura 1 è riportata la planimetria dell'impianto antincendio relativa alla configurazione finale del piazzale con indicato il limite delle opere previste nel progetto di I lotto funzionale.

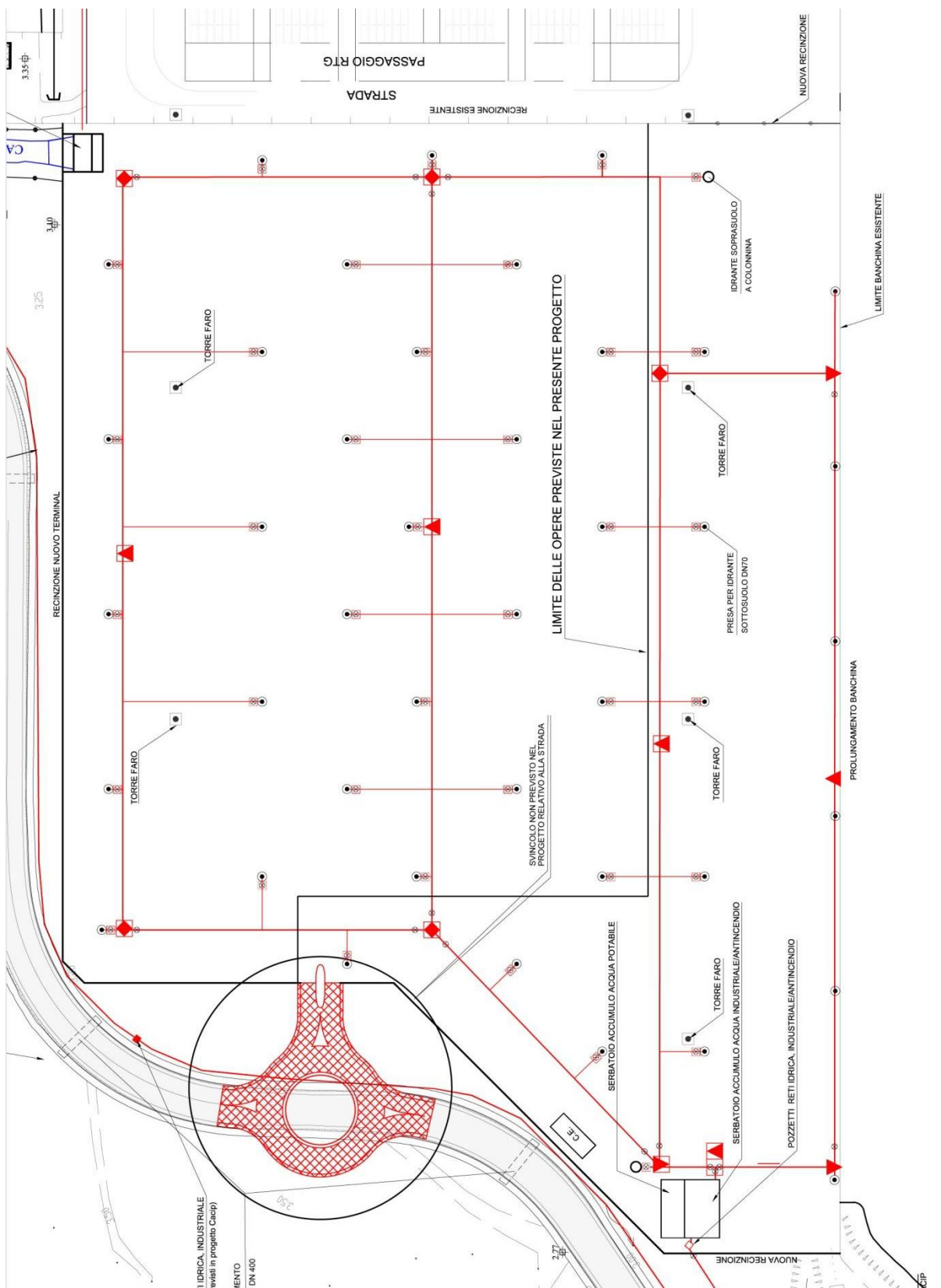


Figura 1: Impianto Antincendio della zona container

La rete di idranti fornisce protezione esterna all'area container. Per protezione esterna s'intende la protezione contro l'incendio che si ottiene mediante idranti a colonna soprasuolo e/o sottosuolo con la relativa attrezzature di corredo, installati in modo da consentire la lotta contro l'incendio quando le dimensioni e le caratteristiche dell'incendio non consentono di operare da vicino ma richiedono un intervento a distanza; la protezione esterna è destinata ad essere utilizzata da personale specificatamente addestrato.

Secondo le indicazioni della norma UNI 10779/2007 l'alimentazione idrica dell'impianto antincendio (Protezione esterna) deve garantire l'erogazione prevista per almeno 120 minuti e l'impianto deve garantire le portate, le pressioni residue ed il numero di idranti simultaneamente operativi nella posizione idraulicamente più sfavorevole riportate in Tabella 1.

Tipo di Protezione	Portata assicurata [l/s]	Pressione erogazione [bar]	Numero di idranti funzionanti simultaneamente
Protezione esterna	5	4	6

Tabella 1: Caratteristiche della rete idrica antincendio secondo norma UNI 10079 per il livello 3

La rete del l'impianto antincendio verrà alimentata con acqua proveniente da un serbatoio dedicato di volume pari a 400 m^3 , mediante un gruppo di sollevamento automatico conforme alla prescrizione della norma UNI 12845, che garantisce una autonomia dell'impianto antincendio superiore al limite di 120 minuti (pari a 216 m^3).

Come indicato negli elaborati progettuali l'alimentazione dell'acqua antincendio alla rete di distribuzione è garantita da un impianto di sollevamento automatico costituito da due elettropompe (una di riserva all'altra) in grado, ciascuna, di erogare le portate richieste oltre una pompa di pressurizzazione (joker), che pescano nel serbatoio dedicato. Nella rete sono inoltre previsti due attacchi di mandata per autopompa per mezzo dei quali può essere immessa acqua nella rete di idranti in caso di emergenza.

La verifica idraulica della rete è stata effettuata sia relativamente alla porzione di rete prevista nel progetto di I lotto funzionale che nella configurazione definitiva completa della rete considerando, come prevista dalla UNI 10779/2007, l'apertura contemporanea di n°6 idranti posizionati in una zona idraulicamente più sfavorevole.

Il calcolo delle perdite di carico distribuite all'interno dell'impianto sono state eseguite (punto c.3 - Appendice C Norma UNI 10779/2007) utilizzando la formula di Hazen Williams considerando una costante C pari a 100 (tubi di ghisa)

Nelle verifiche si è tenuto conto delle perdite di carico localizzate dovute ai raccordi, curve, pezzi a T e raccordi a croce nella rete di idranti in ghisa trasformandole in "lunghezza di tubazione equivalente" secondo le indicazioni della UNI 10779/2007. Nella Tabella 2 sono riportate le lunghezze equivalenti per le tubazioni in ghisa utilizzate nelle verifiche desunte dalla suddetta norma UNI.

	Acciaio C= 120		Ghisa C=100	
	DN100	DN200	DN100	DN200
Curva a 45°	1.2	2.7	0.86	1.93
Curva a 90°	3.0	5.4	2.14	3.85
Curva a 90° a largo raggio	1.8	3.9	1.28	2.78
Pezzo a T o raccordo a croce	6.0	10.5	4.28	7.49
Saracinesca	0.6	1.2	0.43	0.86
Valvola di non ritorno	6.6	13.5	4.71	9.63

Tabella 2: Perdite di carico localizzate espresse in "lunghezza di tubazione equivalente" secondo UNI EN 10799/2007

Al fine del dimensionamento idraulico della rete le perdite di carico concentrate nel corpo dell'idrante (Appendice C Norma UNI 10779/2007) sono state assunte pari a **0,03 MPa (0,3 bar)**; pertanto occorre verificare che in corrispondenza della presa nelle condizioni limite di funzionamento sia assicurata una pressione minima di erogazione pari a **4,3 bar**.

Le verifiche idrauliche della rete nelle due condizioni (configurazione di primo stralcio e configurazione finale della rete) sono state eseguite il modello idraulico EPANET.

I risultati delle elaborazioni sono sintetizzate nelle figure riportate nell'allegato 2 dall'esame delle quali si ricava che in entrambi i casi i requisiti di funzionamento indicati nella norma UNI 10779/2007 sono sempre ampiamente verificati.

3.2 Caratteristiche impianto di sollevamento

Come risulta dai risultati delle simulazioni le perdite di carico totali relative al percorso più sfavorevole necessario a raggiungere l'idrante più lontano ammontano a circa 2 m, per cui

dovendo garantire una pressione minima di erogazione pari a 4,3 bar (42,16 m H₂O), la prevalenza minima delle elettropompe risulta essere di almeno 50 m per tenere conto anche delle perdite concentrate dovute ad innesti a T, valvole, apparecchiature di regolazione e controllo.

Pertanto la potenza che devono possedere le elettropompe da impiegare nell'impianto di sollevamento per garantire il funzionamento dell'intero impianto è pari a:

$$W = \frac{\gamma Q H}{102 \cdot \eta}$$

dove:

- Q è la portata in m^3/s ,
- è la prevalenza in metri,
- è il peso specifico del fluido,
- è il rendimento della pompa.

Assumendo $Q = 0.03 m^3/s$, $H = 50 m$, $\gamma = 1030 kg/m^3$, $\eta = 0.6$ nel caso in esame si ottiene una potenza specifica per il gruppo di sollevamento pari a circa $W = 26kW$.

L'impianto di sollevamento, essendo alimentato da un serbatoio di capacità pari a $400 m^3$, garantisce una autonomia dell'impianto antincendio superiore al limite di 120 minuti (pari a $216 m^3$). Così come previsto dalla normativa attualmente vigente in materia il gruppo di sollevamento che alimenta l'impianto antincendio e l'impianto stesso verranno sottoposti a periodiche ispezioni allo scopo di verificarne lo stato di efficienza (due volte l'anno ad intervalli non inferiori a 5 mesi).

Come accennato precedentemente l'alimentazione dell'impianto antincendio viene realizzata mediante una stazione di sollevamento dotata di due elettropompe (una di riserva all'altra), idonee all'uso di reti antincendio, ciascuna in grado di erogare una portata $30 l/s$ con una prevalenza di almeno $50 m$.

Così come prescritto dalla UNI 12845 ciascuna elettropompa sarà dotata di propria condotta di aspirazione indipendente con vuoto manometrico in prossimità della bocca di aspirazione. Nel punto più basso di ciascuna aspirazione verrà installata una valvola di fondo con filtro di acciaio inox. Le pompe di alimentazione sono dotate di un dispositivo di avviamento automatico (UNI 12845) composto da valvola di non ritorno, pressostato di avviamento, valvola di intercettazione sul pressostato, manometro e valvola di scarico.

Il pressostato sarà tarato in modo da avviare la pompa quando la pressione di valle si riduce ad un valore compreso tra 75% e 85% di quella prodotta dal funzionamento della pompa a mandata chiusa. Tale caduta di pressione aziona anche un segnale di allarme acustico e luminoso da collocare in una posizione ben visibile del porto (e in locali di servizio come ad esempio negli uffici della torre di controllo).

Completa l'impianto una pompa di compensazione/pressurizzazione, installata in parallelo a quella di alimentazione, con la funzione di mantenere in pressione l'impianto in fase non operativa e compensare le inevitabili perdite dell'impianto senza che vengano avviate le pompe di alimentazione.

Sulla mandata è inoltre prevista una valvola di non ritorno per l'esclusione del sistema di pressurizzazione durante il funzionamento delle pompe di alimentazione. Tutte le pompe sono collegate ad un collettore comune collegato a sua volta alla rete antincendio.

Ogni elettropompa disporrà di un proprio quadro elettrico separato, realizzato in cassette metalliche stagne con grado di protezione minimo IP55, così da assicurare il funzionamento dell'impianto in caso di guasto di uno dei quadri elettrici.

L'alimentazione di energia elettrica verrà assicurata da un collegamento alla rete di distribuzione interna e, in caso di interruzione, da un gruppo elettrogeno posizionato all'interno dell'edificio adibito a cabina elettrica. In caso di mancanza di tensione di alimentazione viene azionato automaticamente un segnale di allarme acustico e luminoso.

4 Punto 5 – Progetto acquedotto e fognatura

Nel seguito sono riportate le verifiche delle tensioni tangenziali relative alla fognatura acque bianche mentre per quanto riguarda quelle delle acque nere, non essendo comprese tra le opere previste presente progetto di I stralcio funzionale, queste verranno eseguite in occasione della redazione del progetto delle opere di completamento.

Analogamente, per i profili longitudinali dell'acquedotto e della fognatura, nella tavola R014 allegata sono riportati quelli dell'acquedotto e della fognatura di raccolta delle acque meteoriche mentre per la fognatura delle acque nere si rimanda al futuro progetto delle opere di completamento.

Per quanto riguarda invece l'entità delle dotazioni idrico/potabile assunte in progetto si precisa che sono state definite sulla base di indicazioni dell'Autorità Portuale e che tali dotazioni coincidono con quelle assunte in occasione della redazione del progetto dell'adiacente terminal contenitori la cui adeguatezza è stata confermata anche dal lungo periodo di esercizio del terminal durante il quale non si sono manifestate carenze di alcun genere.

4.1 Considerazioni sul calcolo degli sforzi tangenziali all'interno delle condotte e sul trasporto solido associato alle portate meteoriche.

Nello specifico paragrafo dell'Elaborato R004 "Calcoli preliminari degli impianti" dedicato alla determinazione delle intensità di pioggia, associate a differenti tempi di ritorno, erano stati individuati i valori di riferimento per la determinazione delle relative portate transitanti nei collettori principali.

L'intensità di precipitazione relativa al tempo di corrivazione dell'area in esame ricavata dallo studio idrologico è stata calcolata in circa 36 mm/h per la probabilità di accadimento associata al $T_r = 2$ anni (portata ordinaria), mentre il valore per il $T_r = 20$ anni si è ottenuto un valore di circa 72 mm/h, assunto generalmente quale probabilità di accadimento (rischio di insufficienza della rete) per il dimensionamento di impianti di fognatura come quella in oggetto.

Come descritto ampiamente nel suddetto Elaborato R004 il piazzale in oggetto ha una sagomatura superficiale a falda unica degradante verso la banchina di attracco delle navi con canalette di raccolta (aventi una pendenza media pari allo 0,35%) posizionate ad un

interasse di circa 45 m. La configurazione della rete prevede la realizzazione di due rami principali di scarico da realizzare mediante tubazioni in PeAD collocati agli estremi laterali del piazzale. Ciascuno dei collettori principali viene “alimentato” dalle canalette secondarie che restituiscono le portate pluviali all’interno di pozzetti di confluenza.

Per le due tubazioni (collettori principali) che raccolgono gli apporti meteorici delle canalette secondarie e li fanno confluire in punti di scarico a mare stabiliti sono stati sintetizzati la portata (associata come già accennato in precedenza ai $T_r = 2$ e 20 anni), la dimensione della tubazione assegnata e le conseguenti grandezze di verifica: grado di riempimento del tronco di tubo preso in esame e velocità di scorrimento al suo interno per l’evento di pioggia di progetto.

La progettazione del sistema di drenaggio deve tenere conto anche della necessità di limitare la formazione e l’accumulo dei sedimenti, di particolare importanza ai fini della funzionalità idraulica delle reti e dell’attenuazione dei fenomeni di corrosione dei canali e dei manufatti. L’accumulo di sedimenti in fognatura, infatti, riduce la capacità di portata dei canali e, di conseguenza, aumenta la frequenza delle insufficienze idrauliche e degli allagamenti nelle aree servite.

E’ quindi importante che il progetto della rete contempli la verifica degli sforzi tangenziali sulle pareti delle tubazioni (associati soprattutto alle portate ordinarie) per evitare l’accumulo dei sedimenti. Ciò può essere ottenuto garantendo nelle condotte fognarie (da realizzare secondo pendenze modeste come quelle del piazzale in oggetto) condizioni di autolavaggio, ovvero assicurando, con le portate che si verificano con sufficiente frequenza, valori di velocità (e quindi di sforzo tangenziale al fondo) sufficienti alla rimozione e al nuovo trasporto del materiale che tende a sedimentare quando le tubazioni rimangono asciutte per qualche tempo.

L’obiettivo da perseguire è quindi quello di limitare il più possibile il processo di consolidamento del letto poiché in tal caso sarebbe difficoltoso rimuovere i sedimenti anche con le portate meteoriche più consistenti con il rischio di compromettere la funzionalità idraulica della tubazione.

Va precisato, inoltre, che nei canali destinati al convogliamento delle sole acque meteoriche, il problema del controllo dei sedimenti assume aspetti di modesta criticità, sia per le portate che vi transitano all’interno, sia per la natura dei materiali trasportati (solitamente incoerenti come sabbie e limi), che possono essere rimossi anche con sforzi tangenziali modesti.

La tensione tangenziale media t che si esercita sulla superficie di contatto dell'acqua con le pareti della tubazione è fornita dalla relazione:

$$\tau_0 = \gamma \times R_i \times i$$

dove R_i = raggio idraulico,
 γ = peso specifico dell'acqua
 i = pendenza del canale

In base a studi sul trasporto solido è stato possibile individuare il valore critico τ_{crit} della tensione tangenziale che mobilita un granulo di diametro d e di peso specifico γ in condizioni di regime turbolento

Diametro dei sedimenti d	Tensione tangenziale critica τ_{crit} (N/m²)
60 μ m	0,058
0,2 mm	0,194
0,6 mm	0,583
2 mm	1,943

che rappresentano i valori soglia al di sotto dei quali le particelle di limo, sabbia fine, sabbia media e sabbia grossa non riescono ad essere mobilitate dalla corrente, creando problemi di sedimentazione in condotta.

Quindi, considerate le caratteristiche granulometriche del materiale trasportato nelle reti fognarie, è possibile asserire che uno sforzo tangenziale di $2 \text{ N/m}^2 = 2 \text{ Pa}$ è sufficiente ad evitare la sedimentazione del materiale più grossolano generalmente trasportato dalle acque meteoriche di dilavamento

Nell'allegato 3 sono riportate le verifiche degli sforzi tangenziali sviluppati dalla corrente sul fondo delle condotte per i collettori principali 1 e 2 corrispondenti alle portate Q ($Tr = 2$ anni – condizioni ordinarie) e Q ($Tr = 20$ anni – condizioni di insufficienza delle tubazioni). Dall'esame dei risultati è possibile affermare che in entrambe le condizioni prese in esame gli sforzi tangenziali sono tali da fornire buone garanzie contro la sedimentazione del materiale solido trasportato dalle portate meteoriche provenienti dai piazzali.

5 Punto 6 – Verifica delle dimensioni dei pozzetti di ispezione

Come evidenziato nella nota di trasmissione della presente documentazione tecnica integrativa, le caratteristiche geometriche dei pozzetti di ispezione delle reti di distribuzione degli impianti e dei servizi previsti nel presente progetto sono state definite in analogia con quelli delle analoghe reti realizzate nell'adiacente terminal contenitori i quali, nel lungo periodo di esercizio, non hanno mai condizionato lo svolgimento delle operazioni di manutenzione.

Pertanto non si ravvisa la necessità di doverle modificare.

6 Punto 7 – Verifica delle sufficienza della classe delle griglie e delle caditoie

Come evidenziato negli elaborati progettuali, sia per le griglie che per le caditoie, entrambe di ghisa, è stata prevista una classe F900 idonea ad installazioni in zone con passaggio di mezzi con carichi per asse molto elevati (aeroporti).

Pertanto si ritiene che la classe prevista per i suddetti manufatti è adeguata ai massimi carichi previsti nei nuovi piazzali.

7 Punto 8 – Impianti di trattamento acque meteoriche e manufatto di intercettazione

Ad integrazione di quanto riportato negli elaborati di progetto si precisa che gli impianti previsti in progetto per il trattamento delle acque di prima pioggia che precipitano nel piazzale portuale sono costituiti da:

- Un pozzetto di raccolta e deviatore
- Un separatore di materiali pesanti (sabbia, fanghi, ecc.)
- Un separatore di oli coalescente

Il meccanismo di funzionamento può essere sintetizzato come segue: l'acqua proveniente dal piazzale viene raccolta dalle canalette e fatta confluire nel pozzetto deviatore; da qui tutte le acque di prima pioggia, e comunque una quota costante nel tempo, vengono convogliate all'impianto di separazione, mentre quelle del troppo pieno defluiscono dal troppopieno direttamente nel collettore di scarico.

Nel separatore il flusso dell'acqua è frenato per mezzo di una lastra in modo da far depositare sul fondo. L'acqua ed il liquido leggero passano quindi nel separatore oli. All'entrata del separatore oli un deviatore di flusso determina un ulteriore acquietamento ed una uniforme distribuzione del flusso nella vasca. Le gocce di liquido leggero di dimensioni maggiori, salgono per gravità in superficie, creando tra il meccanismo di entrata e la lastra posta davanti all'uscita uno strato galleggiante di spessore crescente. Il dispositivo di sicurezza (galleggiante avente una densità pari a quella dell'olio) impedisce che il liquido possa defluire dal separatore. Le particelle di piccola dimensione, restano in sospensione e vengono trattenute dal filtro coalescente, si ingrandiscono aggregandosi e formano una pellicola d'olio. Al raggiungimento di un determinato spessore si staccano secondo il principio di gravità, salgono in superficie. Le certificazioni dell'impianto previsto in progetto garantiscono che in uscita dal separatore oli coalescente l'acqua abbia un contenuto di oli inferiore ai 5 mg/l. All'interno del separatore oli verrà inoltre installato un sistema di allarme che segnala la necessità di svuotamento.

Per quanto riguarda invece le quote di funzionamento si precisa che la quota di scorrimento della tubazione che convoglia le acque da trattare nell'impianto è 5 cm inferiore della quota di scorrimento della sezione terminale delle canalette di raccolta e che la quota di scorrimento della tubazione in uscita dall'impianto, che recapita le acque trattate nel collettore di scarico, è sempre superiore alla quota del cielo del collettore di scarico. In questo modo il funzionamento degli impianti non viene influenzato dalle condizioni di deflusso delle portate di piena nei collettori di scarico.

Per maggiori dettagli sulle caratteristiche degli impianti di trattamento previsti si rimanda alla Tavola 18 di progetto.

Per quanto riguarda invece il comportamento del manufatto di intercettazione previsto nel progetto di I stralcio funzionale nell'ambito dell'intervento di tombamento del tratto terminale del fosso esistente, si precisa che esso svolge la funzione di vasca di raccolta e di disconnessione idraulica tra gli affluenti (fosso e collettore acque basse proveniente dal terminal contenitori) e il nuovo sistema di scarico (n°3 tubazioni ϕ 2.000).

8 Punto 9 – Tipologie delle opere realizzate o da realizzare in adiacenza alla aree di intervento

Le aree circostanti la zona di intervento sono destinate, ed in parte già utilizzate, per la movimentazione dei contenitori. La banchina dell'intervento di cui trattasi costituisce, infatti, il prolungamento del Terminal Contenitori già operativo.

La sezione tipo della banchina esistente è costituita lato mare da un diaframma di elementi a T di c.a. affiancati che inferiormente pervengono fino a quota -33.00 m s.m., ancorato mediante una serie di tiranti metallici ad una struttura di ancoraggio costituita da diaframmi di c.a. isolati che svolgono anche la funzione di struttura di fondazione della rotaia della via di corsa lato terra della gru di banchina. Gli assi delle due vie di corsa della gru di banchina previsti in progetto coincidono con gli analoghi del terminal contenitori esistente e le caratteristiche della porzione lato mare della struttura di coronamento della nuova banchina coincidono con quelle della banchina esistente garantendo quindi anche una uniformità di prospetto.

Sul lato nord del nuovo piazzale è prevista la realizzazione di una viabilità portuale di collegamento tra una sponda e l'altra del canale navigabile.

La suddetta opera, già in fase di appalto, consentirà, tra l'altro, di poter usufruire degli svincoli esistenti per il traffico dei mezzi pesanti diretti o provenienti dal Terminal Contenitori.

La medesima opera, inoltre, collegherà la banchina con l'ingresso sul lato nord est del Porto.

Le ipotesi progettuali prevedono che la banchina possa essere gestita separatamente dall'esistente Terminal contenitori, essendo come sopra evidenziato collegata con i principali accessi all'area portuale e dotata di impianti e servizi autonomi ed indipendenti.

Le aree retrostanti sono destinate dal Piano Regolatore Portuale a "funzioni portuali – industriali e servizi logistici" e la banchina potrà essere funzionale alle medesime.

9 Punto 10 – Prezzari di riferimento

Per i prezzi unitari utilizzati nei computi metrici e per i prezzi elementari della mano d'opera, dei noli e dei materiali utilizzati nelle analisi, si è fatto riferimento al PREZZARIO UFFICIALE DI RIFERIMENTO per le opere di competenza delle Amministrazioni dello Stato e degli Enti Pubblici Nazionali nel territorio regionale della Sardegna, aggiornato al 2009.

Per il prezzo della bonifica bellica, non previsto nel suddetto in suddetto Prezzario, si è fatto riferimento al PREZZARIO REGIONALE per le opere di competenza delle Amministrazioni dello Stato e degli Enti Pubblici Nazionali nel territorio regionale della Toscana aggiornato al 2009.

10 Punto 11 – Prezzo unitario n°24

Per il prezzo unitario n°24, relativo alla realizzazione dei diaframmi di c.a., non è stato possibile far riferimento al Prezzario Ufficiale della Regione Sardegna in quanto la classe del calcestruzzo prevista in progetto differisce da quella prevista nel suddetto prezzario.

Per questo motivo per la definizione del prezzo in oggetto è stato necessario procedere con la redazione di una specifica analisi.

Si fa presente che analoga procedura era già stata adottata dall'Autorità Portuale nell'ambito della redazione dei progetti delle banchine del lato sud del bacino di evoluzione del porto canale di Cagliari, per le quali è stata adottata la stessa tipologia costruttiva della banchina prevista nel presente progetto, ed i cui lavori sono stati già appaltati.

Allegato 1

Risultati della modellazione numerica delle verifiche idrauliche del tombamento del canale

PROFILI LONGITUDINALI E TABULATI DI CALCOLO DELLO SCATOLARE UTILIZZATO PER IL TOMBAMENTO DEL CORSO
D'ACQUA ESISTENTE CON INDICAZIONE DEI LIVELLI IDRICI NELLE SEZIONI TRASVERSALI PIU' SIGNIFICATIVE

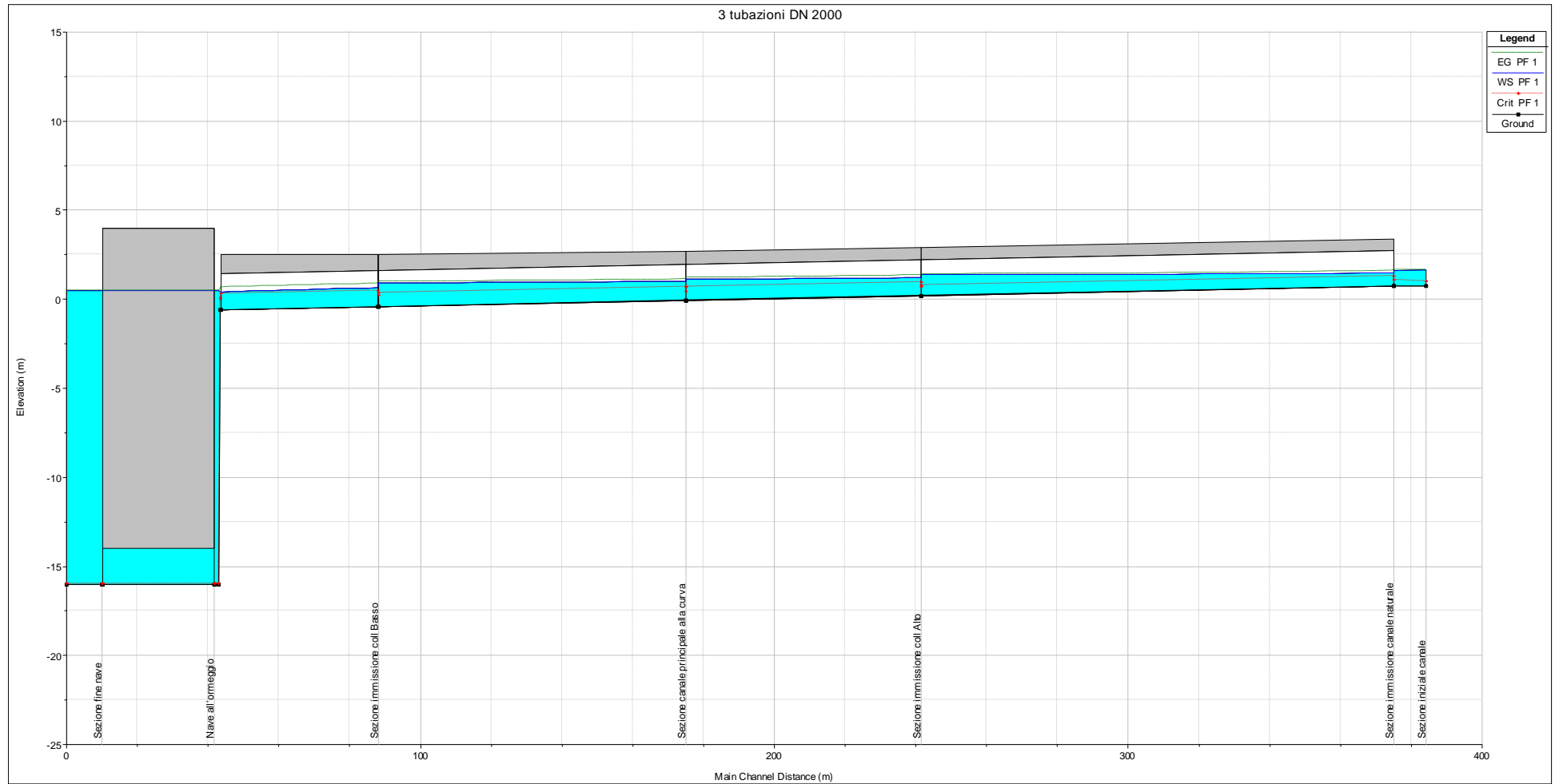
**RISULTATI DELLE SIMULAZIONI NELLE CONFIGURAZIONE PROVVISORIA E FINALE DEL TOMBAMENTO DEL CANALE
IN PRESENZA DI UNA NAVE ALL'ORMEGGIO POSIZIONATA DAVANTI LO SBOCCO A MARE**

CARATTERISTICHE DELLA NAVE ALL'ORMEGGIO:

- LUNGHEZZA L = 250 m;
- LARGHEZZA B = 32 m;
- PESCAGGIO D = -14,0 m s.l.m.

CONFIGURAZIONE FINALE DEL TOMBAMENTO

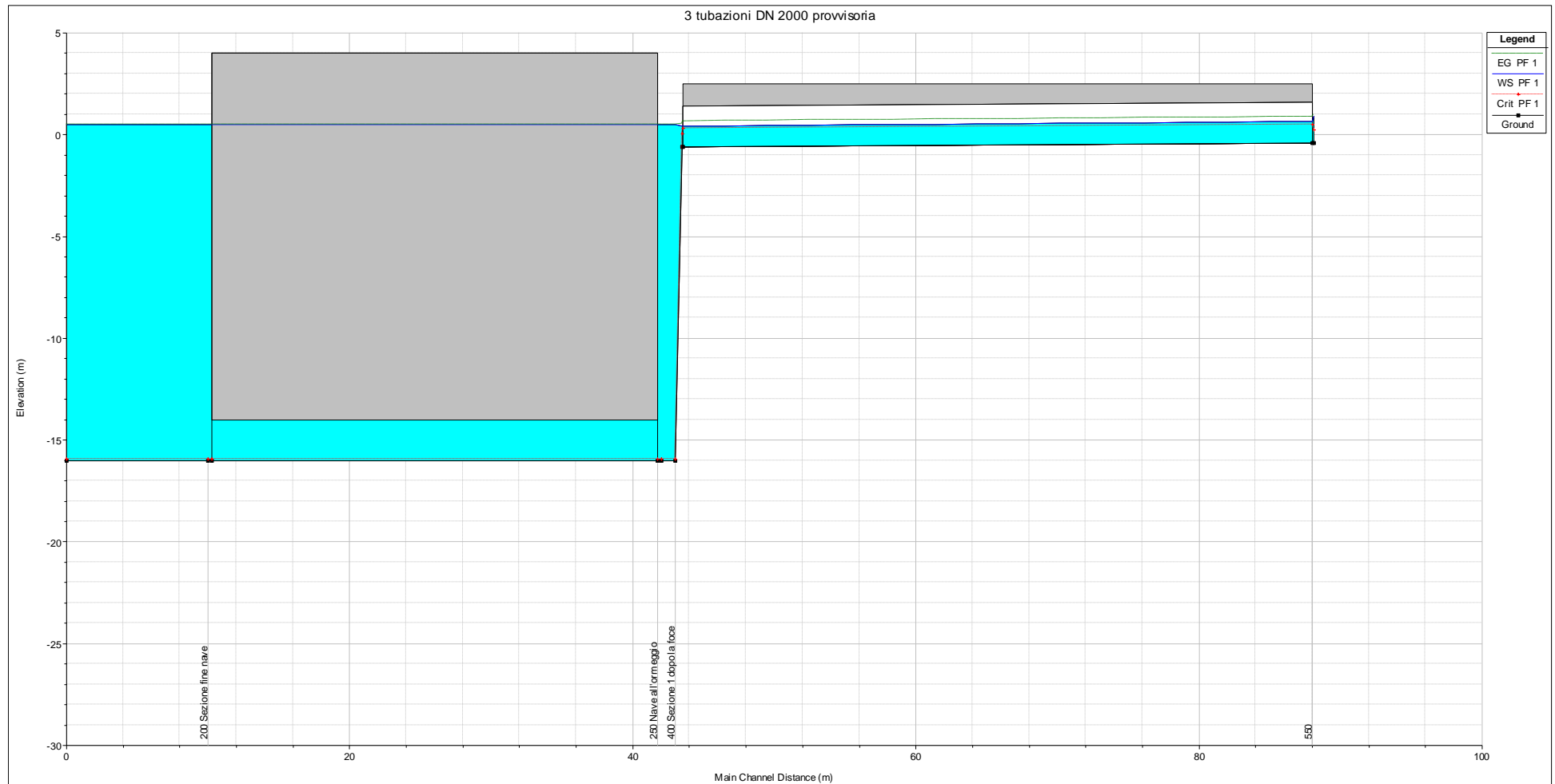
Tombamento corso d'acqua esistente mediante 3 tubazioni in calcestruzzo di dimensioni pari a $\phi 2000$ e presenza di una nave all'ormeggio posizionata davanti lo sbocco dello scatolare in mare



Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
Collettore n°1	1000	PF 1	2.50	0.76	1.64	1.01	1.65	0.000198	0.44	5.69	6.50	0.15
Collettore n°1	900	PF 1	4.50	0.73	1.61	1.09	1.64	0.000622	0.78	5.75	6.50	0.27
Collettore n°1	850		Culvert									
Collettore n°1	800	PF 1	7.45	0.19	1.36	0.70	1.41	0.000743	0.98	7.57	6.50	0.29
Collettore n°1	750		Culvert									
Collettore n°1	700	PF 1	7.45	-0.07	1.12	0.44	1.17	0.000682	0.96	7.79	6.50	0.28
Collettore n°1	650		Culvert									
Collettore n°1	600	PF 1	10.55	-0.42	0.91	0.22	0.99	0.001000	1.22	8.66	6.50	0.34
Collettore n°1	550		Culvert									
Collettore n°1	500	PF 1	10.55	-0.60	0.41	0.04	0.54	0.002298	1.61	6.55	6.50	0.51
Collettore n°1	400	PF 1	10.55	-16.00	0.50	-15.95	0.50	0.000000	0.00	5774.92	350.00	0.00
Collettore n°1	300	PF 1	10.55	-16.00	0.50	-15.95	0.50	0.000000	0.00	5774.92	350.00	0.00
Collettore n°1	250		Bridge									
Collettore n°1	200	PF 1	10.55	-16.00	0.50	-15.95	0.50	0.000000	0.00	5774.91	350.00	0.00
Collettore n°1	100	PF 1	10.55	-16.00	0.50	-15.95	0.50	0.000000	0.00	5774.91	350.00	0.00

CONFIGURAZIONE PROVVISORIA DEL TOMBAMENTO

Tombamento corso d'acqua esistente mediante 3 tubazioni in calcestruzzo di dimensioni pari a $\phi 2000$ e presenza di una nave all'ormeggio davanti allo sbocco dello scatolare in mare nella configurazione provvisoria

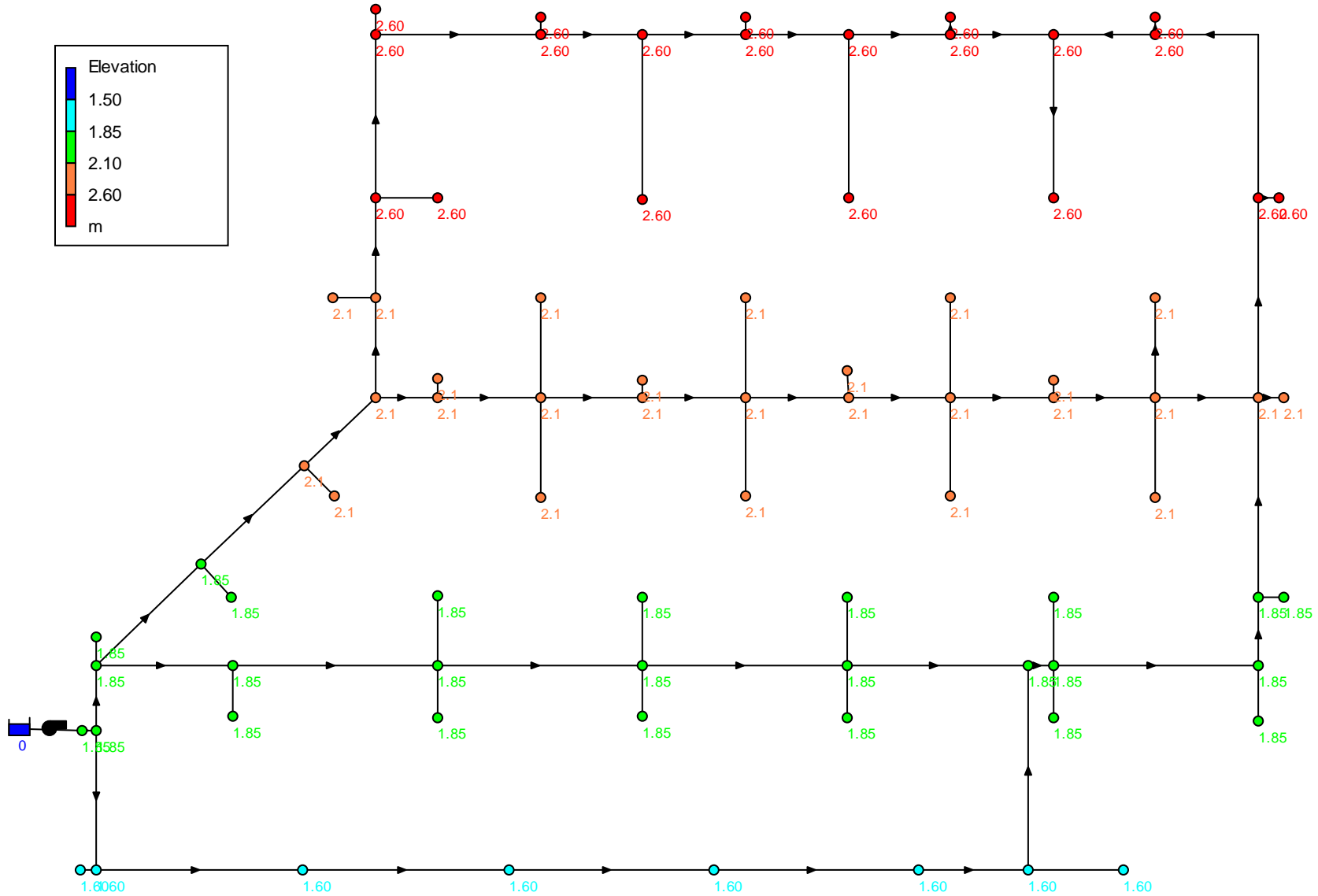


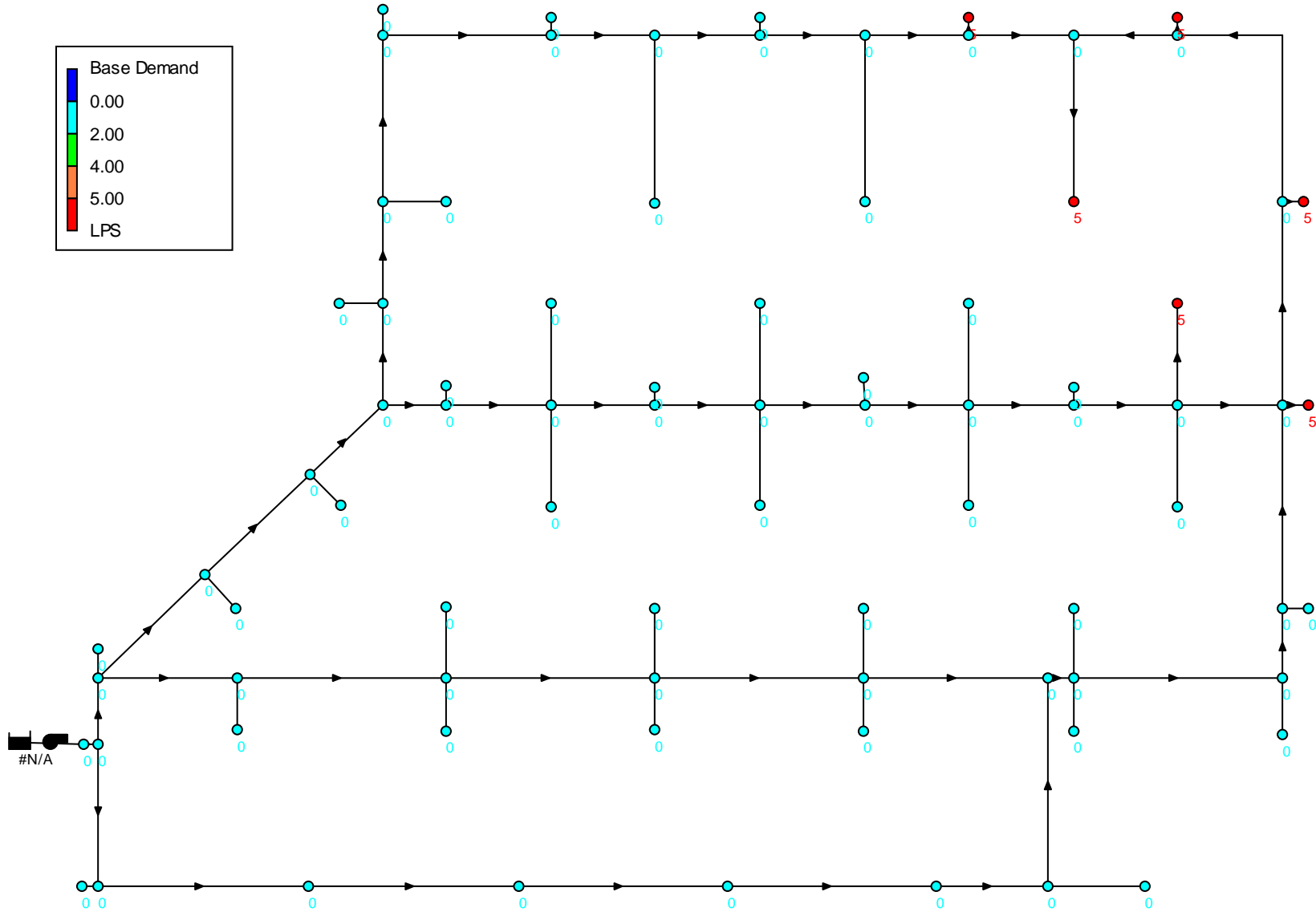
Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
Collettore n°1	600	PF 1	10.55	-0.42	0.91	0.22	0.99	0.001000	1.22	8.66	6.50	0.34
Collettore n°1	550		Culvert									
Collettore n°1	500	PF 1	10.55	-0.60	0.41	0.04	0.54	0.002298	1.61	6.55	6.50	0.51
Collettore n°1	400	PF 1	10.55	-16.00	0.50	-15.95	0.50	0.000000	0.00	5774.92	350.00	0.00
Collettore n°1	300	PF 1	10.55	-16.00	0.50	-15.95	0.50	0.000000	0.00	5774.92	350.00	0.00
Collettore n°1	250		Bridge									
Collettore n°1	200	PF 1	10.55	-16.00	0.50	-15.95	0.50	0.000000	0.00	5774.91	350.00	0.00
Collettore n°1	100	PF 1	10.55	-16.00	0.50	-15.95	0.50	0.000000	0.00	5774.91	350.00	0.00

Allegato 2

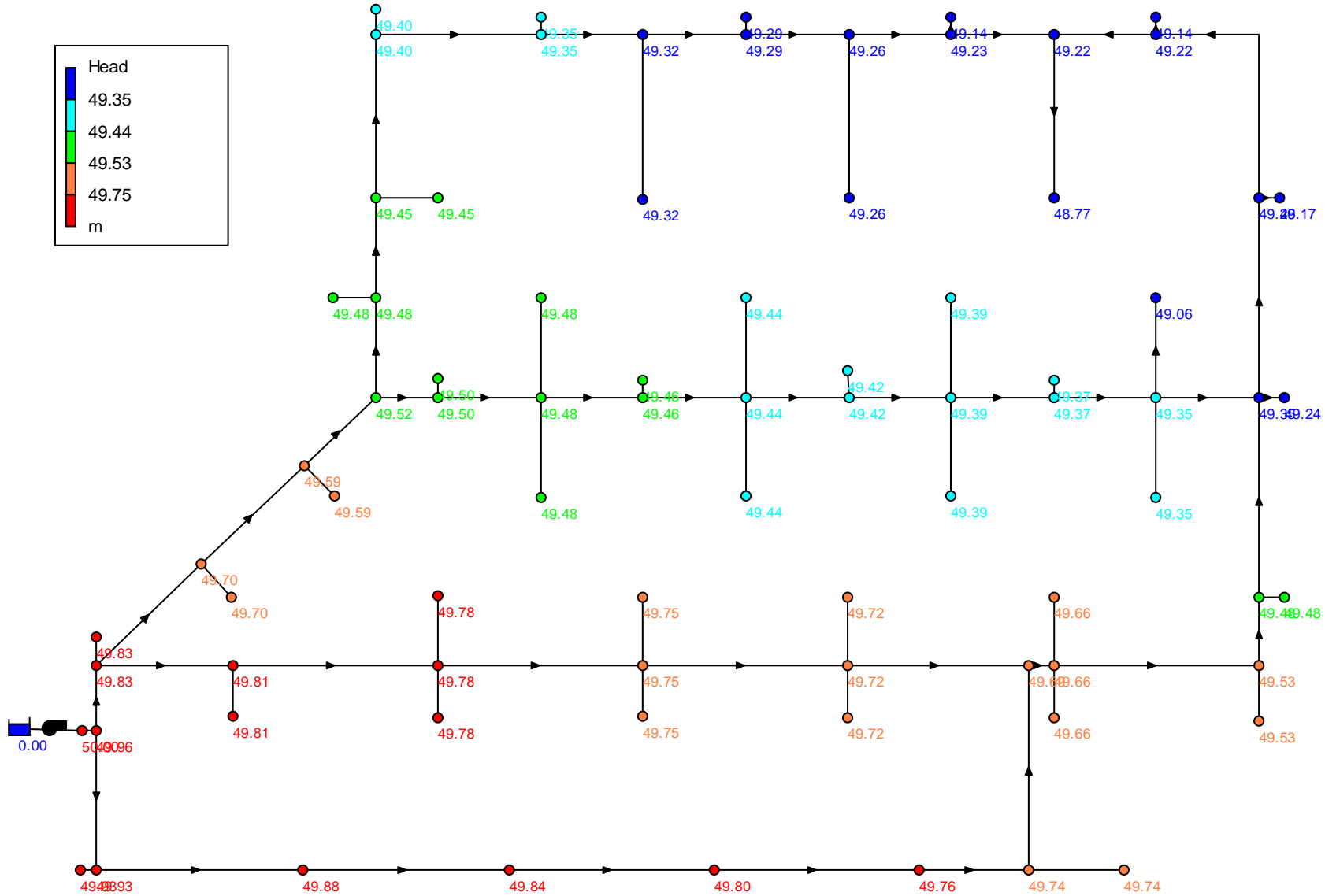
Risultati della modellazione numerica delle verifiche idrauliche dell'impianto antincendio

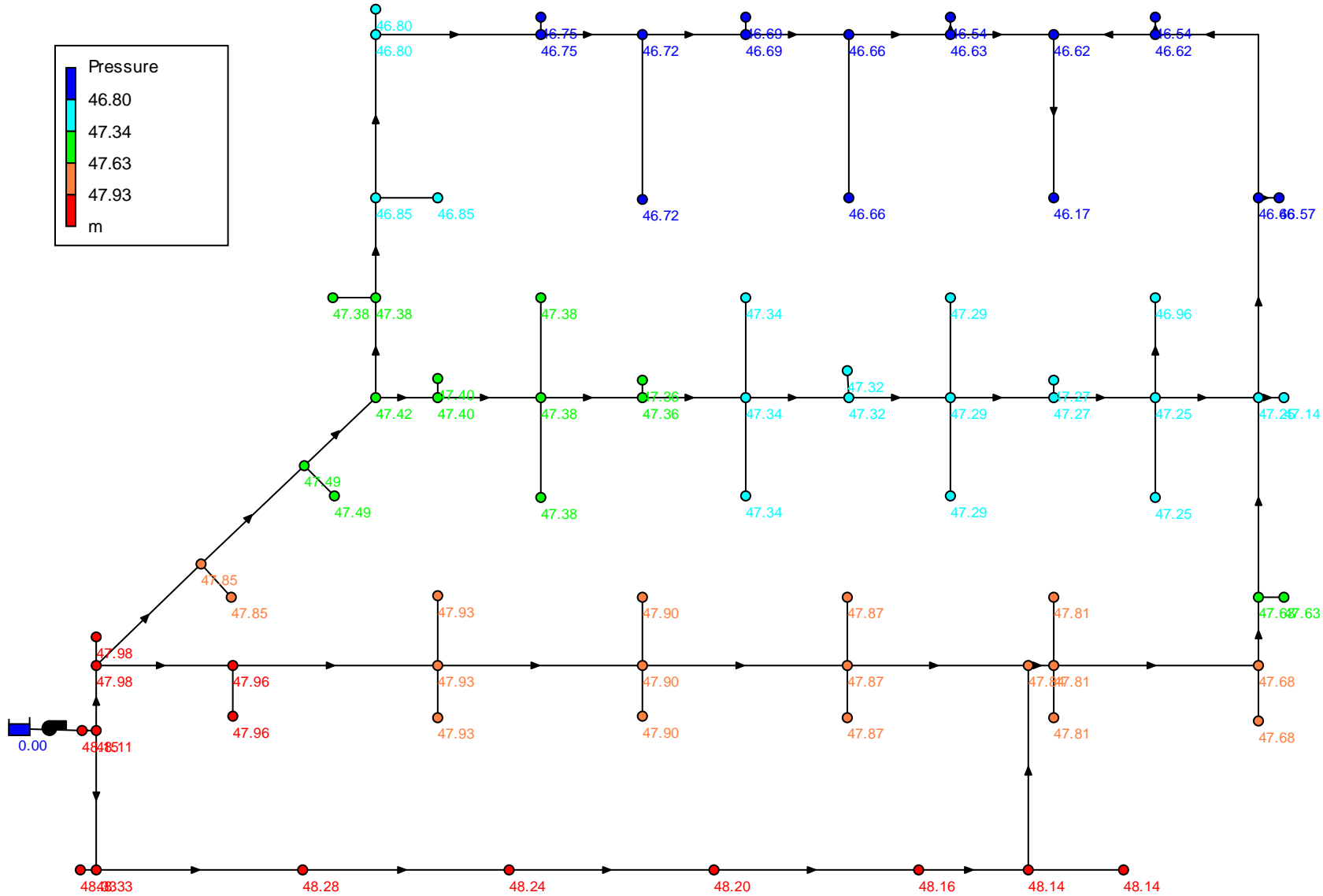
CONFIGURAZIONE PROGETTO GENERALE





Impianto Antincendio Cagliari

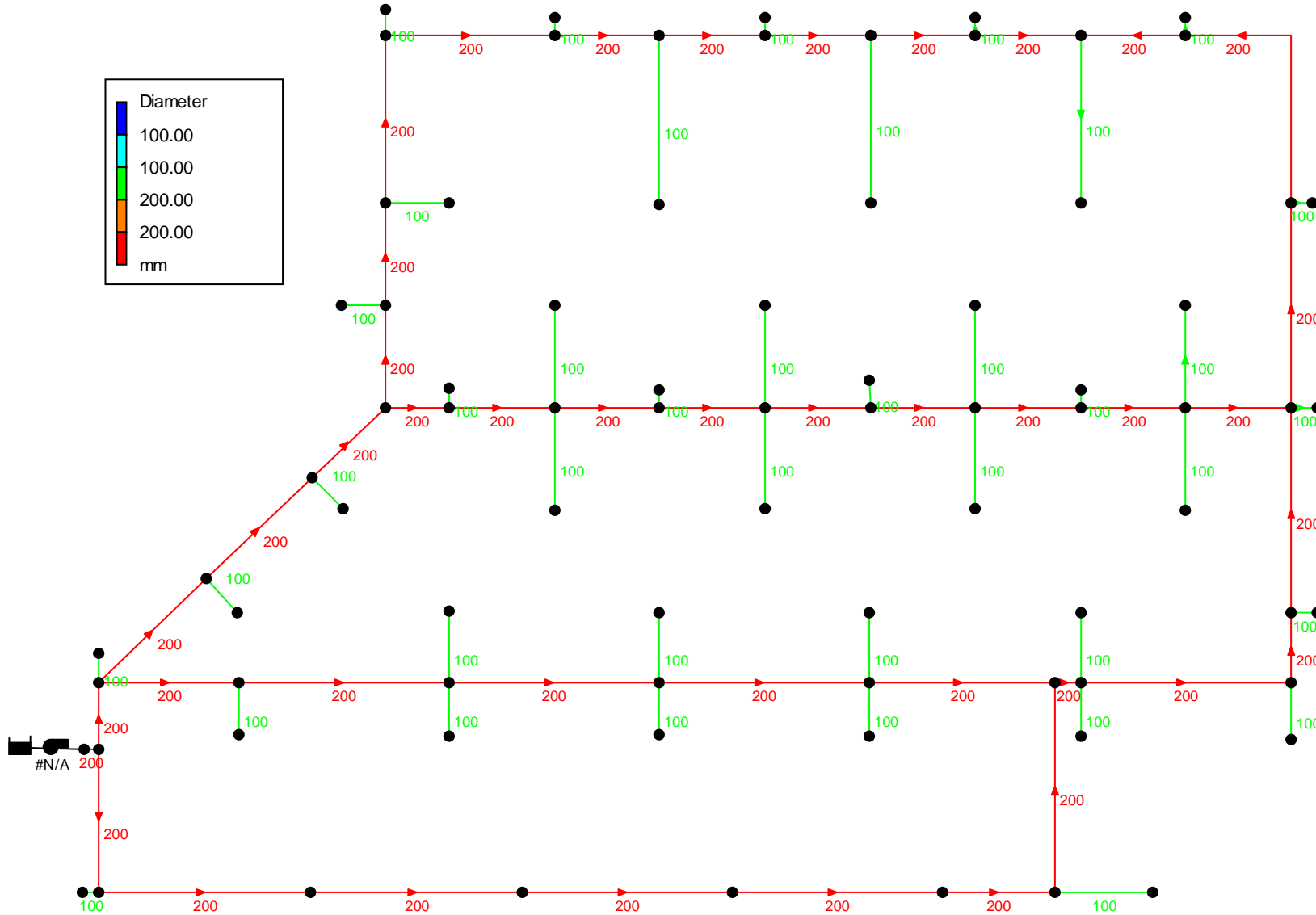




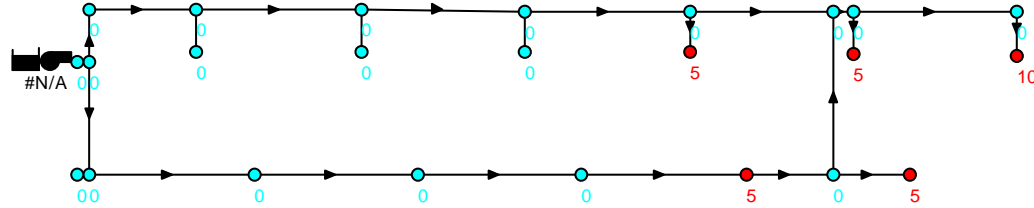
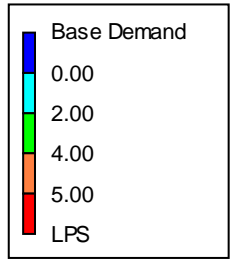
Valore minimo di pressione di 4,3 bar pari a 42,16 m H2O

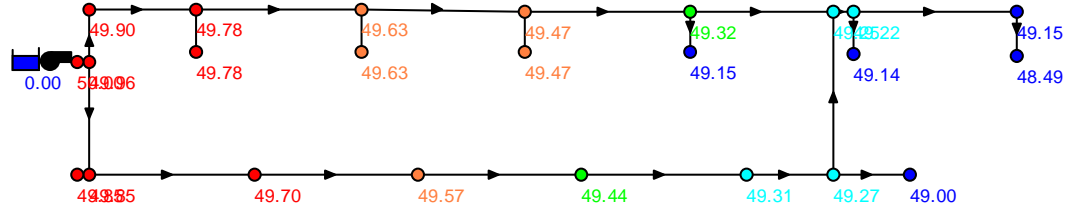
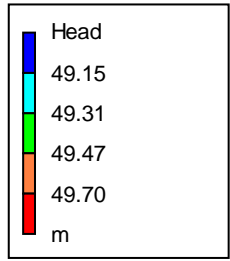
Valore minimo di pressione dal modello pari a **46,17 m > 42,16 m**

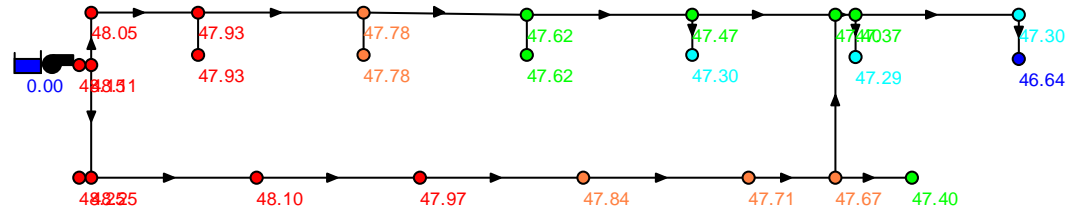
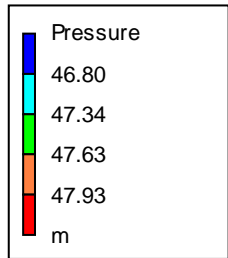
Impianto Antincendio Cagliari



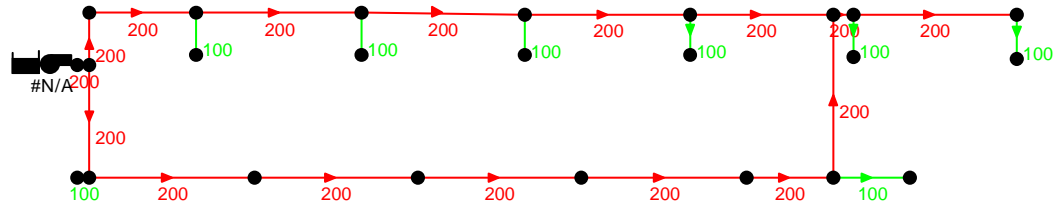
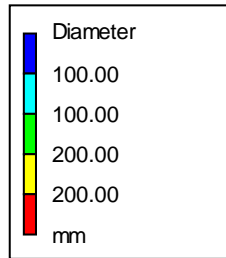
CONFIGURAZIONE PROGETTO I STRALCIO FUNZIONALE

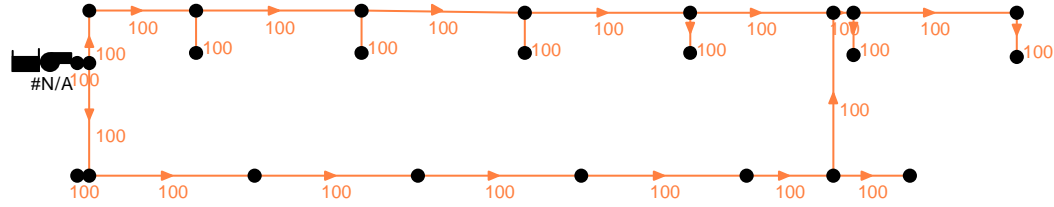
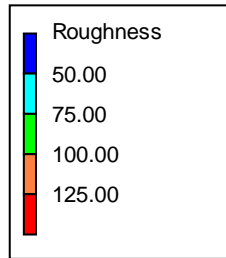


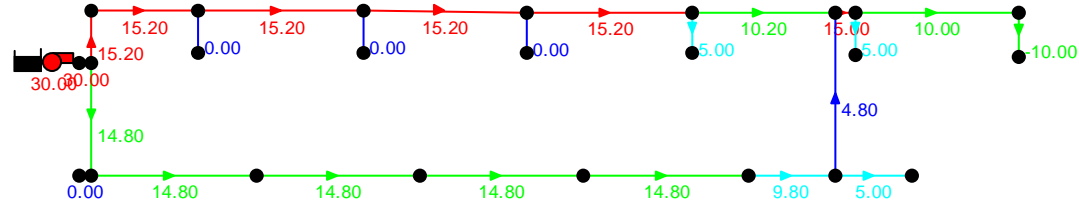
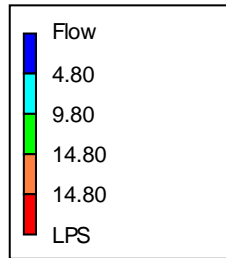




Valore minimo di pressione di 4,3 bar pari a 42,16 m H₂O
 Valore minimo di pressione dal modello pari a **46,17 m -> 42,16 m**







Allegato 3

Verifiche delle tensioni tangenziali della fognatura acque bianche

**CALCOLO DELLE PORTATE PER IL COLLETTORE 1 CORRISPONDENTI ALLA PORTATA Q (Tr = 2 e 20 anni)
E VERIFICA DEGLI SFORZI TANGENZIALI SVILUPPATI DALLA CORRENTE SUL FONDO DELLA CONDOTTA**

COLLETTORE 1 - Portate transitanti associate al Tr = 2 anni

PORTATA Q(l/s)	DIMENSIONE TUBAZIONE DN (mm)	DIAMETRO INTERNO Di (mm)	pendenza fondo i (m/m)	a tubo pieno		Qr	Riempimento (%)	Velocità V(m/s)	Altezza riempimento h (mm)	Grado riempimento Gr	Angolo α riferito a Gr	Raggio interno tubazione R _{int} (m)	Contorno bagnato C (m)	Area bagnata A (m ²)	Raggio idraulico Ri (m)	Peso specifico acqua (Pa)	Tensione tangenziale τ (Pa)	Tensione tangenziale τ_{amm}	Verifica tensione $\tau > \tau_{amm}$ (Pa)	
				portata Qo (l/s)	Velocità V(m/s)															
imm. Coll 1A	42.96	630	535	0.005	394.94	1.76	10.88%	✓ 22%	1.16	120.37	0.22	114	0.27	0.53	0.04	0.07	10000	3.62	2.00	VERIFICATO
imm. Coll 1B	127.92	800	678	0.005	742.80	2.06	17.22%	✓ 28%	1.55	193.23	0.28	130	0.34	0.77	0.09	0.11	10000	5.61	2.00	VERIFICATO
imm. Coll 1C	273.97	800	678	0.005	742.80	2.06	36.88%	✓ 43%	1.91	288.15	0.43	148	0.34	0.88	0.12	0.13	10000	6.74	2.00	VERIFICATO
imm. Coll 1D	469.78	1000	852	0.005	1365.94	2.40	34.39%	✓ 41%	2.17	345.06	0.41	158	0.43	1.17	0.22	0.18	10000	9.20	2.00	VERIFICATO
imm. Coll 1E	740.20	1200	1170	0.005	3182.40	2.96	23.26%	✓ 33%	2.42	386.10	0.33	140	0.59	1.43	0.31	0.22	10000	10.78	2.00	VERIFICATO

COLLETTORE 1 - Portate transitanti associate al Tr = 20 anni

PORTATA Q(l/s)	DIMENSIONE TUBAZIONE DN (mm)	DIAMETRO INTERNO Di (mm)	pendenza fondo i (m/m)	a tubo pieno		Qr	Riempimento (%)	Velocità V(m/s)	Altezza riempimento h (mm)	Grado riempimento Gr	Angolo α riferito a Gr	Raggio interno tubazione R _{int} (m)	Contorno bagnato C (m)	Area bagnata A (m ²)	Raggio idraulico Ri (m)	Peso specifico acqua (Pa)	Tensione tangenziale τ (Pa)	Tensione tangenziale τ_{amm}	Verifica tensione $\tau > \tau_{amm}$ (Pa)	
				portata Qo (l/s)	Velocità V(m/s)															
imm. Coll 1A	87.36	630	535	0.005	394.94	1.76	22.12%	✓ 32%	1.41	171.20	0.32	138	0.27	0.64	0.06	0.10	10000	4.83	2.00	VERIFICATO
imm. Coll 1B	264.74	800	678	0.005	742.80	2.06	35.64%	✓ 41%	1.89	281.37	0.41	160	0.34	0.95	0.14	0.15	10000	7.44	2.00	VERIFICATO
imm. Coll 1C	566.66	800	678	0.005	742.80	2.06	76.29%	✓ 65%	2.27	444.09	0.65	216	0.34	1.28	0.25	0.20	10000	9.80	2.00	VERIFICATO
imm. Coll 1D	969.25	1000	852	0.005	1365.94	2.40	70.96%	✓ 63%	2.60	532.50	0.63	210	0.43	1.56	0.38	0.24	10000	12.10	2.00	VERIFICATO
imm. Coll 1E	1532.92	1200	1170	0.005	3182.40	2.96	48.17%	✓ 49%	2.93	573.30	0.49	178	0.59	1.82	0.53	0.29	10000	14.46	2.00	VERIFICATO

**CALCOLO DELLE PORTATE PER IL COLLETTORE 2 CORRISPONDENTI ALLA PORTATA Q (Tr = 2 e 20 anni)
E VERIFICA DEGLI SFORZI TANGENZIALI SVILUPPATI DALLA CORRENTE SUL FONDO DELLA CONDOTTA**

COLLETTORE 2 - Portate transitanti associate al Tr = 2 anni

	PORTATA Q(l/s)	DIMENSIONE TUBAZIONE DN (mm)	DIAMETRO INTERNO Di (mm)	pendenza fondo i (m/m)	a tubo pieno		Qr	Riempimento (%)	Velocità V(m/s)	Altezza riempimento h (mm)	Grado riempiment o Gr	Angolo α riferito a Gr	Raggio interno tubazione R _{int} (m)	Contorno bagnato C (m)	Area bagnata A (m ²)	Raggio idraulico Ri (m)	Peso specifico acqua (Pa)	Tensione tangenzial e τ (Pa)	Tensione tangenzial e τ_{amm}	Verifica tensione $\tau > \tau_{amm}$ (Pa)
					portata Qo (l/s)	Velocità V(m/s)														
imm. Coll 2A	46.62	630	535	0.005	394.94	1.76	11.80%	23%	1.19	125.72	0.23	116	0.27	0.54	0.04	0.07	10000	3.72	2.00	VERIFICATO
imm. Coll 2B	139.82	800	678	0.005	742.80	2.06	18.82%	29%	1.58	200.01	0.29	132	0.34	0.78	0.09	0.11	10000	5.74	2.00	VERIFICATO
imm. Coll 2C e 2F	301.69	800	678	0.005	742.80	2.06	40.62%	44%	1.95	301.71	0.44	168	0.34	0.99	0.16	0.16	10000	7.87	2.00	VERIFICATO
imm. Coll 2D e 2G	534.23	1000	852	0.005	1365.94	2.40	39.11%	44%	2.25	370.62	0.44	166	0.43	1.23	0.24	0.20	10000	9.76	2.00	VERIFICATO
imm. Coll 2E e 2H	910.58	1200	1170	0.005	3182.40	2.96	28.61%	37%	2.57	432.90	0.37	150	0.59	1.53	0.36	0.24	10000	11.83	2.00	VERIFICATO

COLLETTORE 2 - Portate transitanti associate al Tr = 20 anni

	PORTATA Q(l/s)	DIMENSIONE TUBAZIONE DN (mm)	DIAMETRO INTERNO Di (mm)	pendenza fondo i (m/m)	a tubo pieno		Qr	Riempimento (%)	Velocità V(m/s)	Altezza riempimento h (mm)	Grado riempiment o Gr	Angolo α riferito a Gr	Raggio interno tubazione R _{int} (m)	Contorno bagnato C (m)	Area bagnata A (m ²)	Raggio idraulico Ri (m)	Peso specifico acqua (Pa)	Tensione tangenzial e τ (Pa)	Tensione tangenzial e τ_{amm}	Verifica tensione $\tau > \tau_{amm}$ (Pa)
					portata Qo (l/s)	Velocità V(m/s)														
imm. Coll 2A	94.82	630	535	0.005	394.94	1.76	24.01%	34%	1.45	179.23	0.34	142	0.27	0.66	0.07	0.10	10000	5.03	2.00	VERIFICATO
imm. Coll 2B	289.25	800	678	0.005	742.80	2.06	38.94%	44%	1.93	294.93	0.44	166	0.34	0.98	0.15	0.16	10000	7.77	2.00	VERIFICATO
imm. Coll 2C e 2F	623.97	800	678	0.005	742.80	2.06	84.00%	70%	2.31	477.99	0.70	228	0.34	1.35	0.27	0.20	10000	10.06	2.00	VERIFICATO
imm. Coll 2D e 2G	1101.61	1000	852	0.005	1365.94	2.40	80.65%	69%	2.67	583.62	0.69	224	0.43	1.67	0.42	0.25	10000	12.54	2.00	VERIFICATO
imm. Coll 2E e 2H	1878.51	1200	1170	0.005	3182.40	2.96	59.03%	56%	3.09	649.35	0.56	192	0.59	1.96	0.61	0.31	10000	15.53	2.00	VERIFICATO