



**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 :	<b>PROGETTO DEFINITIVO I LOTTO FUNZIONALE</b>	Data :
<b>R004</b>		Febbraio 2011 Rev.01: 21.01.2016
	<b>CALCOLI PRELIMINARI DEGLI INPIANTI</b>	Scala :

**Progetto :**

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

Il Progettista

**Dott. Ing. Andrea Botti**

Consulenti

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

Collaboratore

**D.T. geom. Emanuele Fanni**

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

Il Responsabile del procedimento  
dell'Autorità Portuale

**Dott. Ing. Alessandro Boggio**

**Dott. Ing. Marco Tartaglini**

**AUTORITA' PORTUALE DI CAGLIARI**  
**COMPLETAMENTO DEL BANCHINAMENTO DEL LATO NORD**  
**DEL PORTO CANALE DI CAGLIARI**

**PROGETTO DEFINITIVO I LOTTO FUNZIONALE**

**RELAZIONE TECNICA**

**CALCOLI PRELIMINARI DELLE STRUTTURE E DEGLI IMPIANTI**

**INDICE**

1	PREMESSE .....	3
2	RETE IDRICO-POTABILE .....	5
2.1	Calcoli idraulici .....	7
3	RETE INDUSTRIALE/ANTINCENDIO.....	9
3.1	Stazione di sollevamento anticendio .....	11
3.2	Calcoli idraulici .....	13
4	RETE FOGNARIA.....	14
5	RETE DI DRENAGGIO DEL PIAZZALE TRATTAMENTO ACQUE DI PRIMA PIOGGIA .....	15
5.1	Studio idrologico .....	17
5.2	Metodo cinematico .....	18
5.2.1	Tempo di ritorno e coefficiente di corrivazione .....	18
5.2.2	Determinazione dell'intensità di pioggia (metodo della regionalizzazione) .....	19
5.2.3	Determinazione delle portate di progetto e calcoli idraulici di dimensionamento della rete di drenaggio .....	24
5.3	Trattamento delle acque piovane .....	26
5.4	Calcolo del profilo idrico all'interno delle tubazioni di scarico a mare previste per il tombamento del canale esistente e lo scarico delle acque meteoriche del terminal contenitori esistente .....	28
5.4.1	Definizione delle condizioni al contorno e metodologia di calcolo .....	30
5.4.2	Conclusioni delle verifiche idrauliche eseguite .....	31
6	IMPIANTO ELETTRICO .....	32
6.1	Sistemi di alimentazione .....	32
6.2	Rete di terra .....	33
6.3	Illuminazione piazzali.....	33
6.4	Predisposizione reti fibra ottica e linea telematica .....	34
6.5	Descrizione tecnica e dimensionamento dell'impianto elettrico.....	34
6.5.1	Generalita' .....	35
6.5.2	Riferimenti legislativi e normativi.....	35
6.5.3	Dati progettuali .....	38
6.5.4	Caratteristiche generali dell'impianto .....	39
6.5.5	Protezioni .....	40
6.5.6	Struttura quadri elettrici bassa tensione.....	41
6.5.7	Impianto di illuminazione .....	43
6.5.8	Impianto di terra .....	47
6.5.9	Cabina trasformazione media tensione / bassa tensione .....	47
7	CALCOLI STATICI MANUFATTI .....	56
7.1	Cabina Elettrica .....	56
7.1.1	Premesse .....	56
7.2	Serbatoio acqua potabile e industriale .....	57
7.2.1	Premesse .....	57
7.2.2	Caratteristiche dell'opera .....	59
7.2.3	Caratteristiche dei materiali.....	61
7.2.4	Azioni sulle strutture .....	63
7.2.5	Verifiche di resistenza: solaio di copertura .....	65

7.2.6	Verifiche di resistenza: soletta di fondazione e pareti di contenimento dell'acqua invasata .....	68
7.3	Manufatto di deviazione.....	76
7.3.1	Premesse .....	76
7.3.2	Caratteristiche dell'opera .....	78
7.3.3	Caratteristiche dei materiali.....	80
7.3.4	Azioni sulle strutture.....	82
7.3.5	Verifiche di resistenza degli elementi strutturali.....	83
7.4	Manufatto di intercettazione .....	94
7.4.1	Premesse .....	94
7.4.2	Caratteristiche dell'opera .....	96
7.4.3	Caratteristiche dei materiali.....	98
7.4.4	Azioni sulle strutture.....	100
7.4.5	Verifiche di resistenza degli elementi strutturali.....	101

ALLEGATI: TABULATI DI OUT-PUT CALCOLI IDRAULICI

## 1 PREMESSE

La presente relazione prende in esame le problematiche relative alla progettazione definitiva degli impianti previsti nel progetto definitivo del completamento del banchinamento del lato nord del porto canale di Cagliari, che sono i seguenti:

- idrico potabile;
- industriale-antincendio;
- fognario;
- acque meteoriche;
- elettrico.

Nelle tavole di progetto sono riportati tutti gli impianti del progetto generale del terminal mentre quelle previste nel presente progetto di I stralcio funzionale sono evidenziate con un retino di colore grigio.

La presente relazione è stata rielaborata sulla base delle prescrizioni, osservazioni e raccomandazioni contenute nel parere n°63/2011 reso nella seduta del 14.12.2011 con il della Terza Sezione del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici ha appunto espresso parere favorevole sul presente progetto definitivo, e delle osservazioni del rapporto di verifica ai fini della validazione del progetto da parte del RUP.

Nei paragrafi seguenti per ciascun impianto è riportata una sintetica descrizione ed i calcoli preliminari eseguiti per il dimensionamento e la verifica dei vari componenti.

Per gli impianti idrico-potabile, industriale antincendio, fognario e di raccolta delle acque meteoriche i calcoli e le verifiche ovviamente si riferiscono alla configurazione finale del terminal portuale.

Per quanto riguarda l'impianto elettrico il cavo di alimentazione in media tensione, la cabina di trasformazione ed i cavidotti sono stati dimensionati tenendo conto di tutte le utenze previste nel progetto generale del nuovo terminal, mentre il progetto del trasformatore MT/BT, dei quadri elettrici, dei cavi elettrici di alimentazione hanno

riguardato solo le utenze previste nel presente progetto (torri faro n°1, 2 e 3, impianti di sollevamento acqua potabile ed industriale/antincendio, impianto interno cabina elettrica, impianto di illuminazione recinzione).

## 2 RETE IDRICO-POTABILE

L'acquedotto acqua potabile del CASIC che alimenterà le utenze del nuovo terminal marittimo è in grado solo di assicurare i fabbisogni medi delle varie utenze previste in progetto (2.94 l/s), pertanto per garantire le punte, analogamente all'adiacente terminal contenitori esistente, è stato necessario prevedere un serbatoio di compenso, localizzato nella zona N-W del piazzale a tergo della nuova banchina (capacità utile 200 m<sup>3</sup>) ed un impianto di pressurizzazione automatico.

La portata media di derivazione di progetto è pari a 2.94 l/s che corrisponde al fabbisogno medio giornaliero di 200 addetti fissi (dotazione 150 l/g addetto distribuita su 14 h = 0.595 l/s) + 60 transiti (30 l/g addetto distribuita su 14 h = 0.035 l/s) oltre la portata media oraria necessaria per rifornire una nave all'ormeggio (200 m<sup>3</sup> in 24 h = 2.31 l/s).

La rete di distribuzione, alimentata da un impianto di sollevamento in grado di sollevare la portata di punta di 3.885 l/s (2.50x(0.595+0.035)+2.31) con una prevalenza di 5 atm, è costituita da due maglie, che coprono l'intero piazzale portuale, ed è realizzata con tubi di ghisa sferoidale DN150. Gli stacchi per le utenze civili e per il rifornimento dei natanti (prese di banchina) sono previsti DN80. Tutti le diramazioni e le derivazioni verranno realizzati mediante pezzi speciali di ghisa DN150 con attacchi flangiati inseriti all'interno di pozzetti.

La rete è dotata di tutti i necessari pozzetti (di linea, di diramazione e di derivazione), di tutte le apparecchiature idrauliche (sfiati e scarichi) necessari per un corretto funzionamento della rete e per la sua gestione e di stacchi flangiati ciechi per i collettori dei lotti successivi. Alle estremità di ciascun tronco sono previste saracinesche per il sezionamento in caso di guasti e/o rotture.

Le tubazioni sono interrate con un ricoprimento minimo sulla generatrice superiore della tubazione pari a 80 cm.

Le dimensioni dei pozzetti di linea e di diramazione sono state definite in modo da ospitare sia le tubazioni delle rete idrico potabile che quelle della rete industriale/antincendio.

Il volume del serbatoio di compenso da cui pesca l'impianto di sollevamento che alimenta la rete di distribuzione è stato dimensionato per garantire una autonomia di 14 h anche in assenza di alimentazione da parte della rete consortile.

Pertanto facendo riferimento alla portata media di progetto della rete si ricava un volume utile minimo del serbatoio pari a :

$$Q_{\min} = 0.00294 \cdot 14 \cdot 3600 = 148 \text{ m}^3$$

Considerando una capacità di riserva di 50 m<sup>3</sup> per eventuali futuri ampliamenti si ricava un volume utile del serbatoio di 200 m<sup>3</sup>.

## 2.1 Calcoli idraulici

Le verifiche della rete idrico-potabile portuale sono state eseguite utilizzando la formula di Manning:

$$i = 10,2936 \cdot n^2 \cdot D^{-14/3} \cdot Q^2$$

dove:

$n$  = coefficiente di scabrezza in  $m^{-1/3}s$

$D$  = diametro interno della tubazione in m

$Q$  = portata in  $m^3/s$

Il calcolo delle perdite di carico per la condotta adduttrice  $\phi 150$  di ghisa (rivestimento interno in malta cementizia applicata per centrifugazione => non degradabile), che durante l'esercizio mantengono pressoché invariate le caratteristiche di scabrezza, è stato eseguito utilizzando un coefficiente di scabrezza  $n$  pari a  $0.008 m^{-1/3}s$

Come evidenziato in precedenza la rete di distribuzione dell'acqua potabile è alimentata da un impianto di sollevamento in grado di sollevare una portata di 3.885 l/s, che corrisponde alla portata di punta della rete di distribuzione, con una prevalenza minima di 5 atm.

Le caratteristiche geometriche della tubazione prevista per la rete di distribuzione sono:

- tubazione di ghisa DN150
- diametro interno: 150 mm
- area: 0.01767  $m^2$

Le verifiche idrauliche della rete di distribuzione sono state eseguite facendo riferimento alla configurazione finale del nuovo terminal portuale (progetto generale) sia per le utenze civili (edifici previsti nella porzione orientale del piazzale) sia per le utenze portuali (prese di banchina per rifornimento navi) nell'ipotesi cautelativa che l'intera portata di derivazione di progetto debba alimentare l'utenza più lontana (percorso max).

Pertanto ipotizzando cautelativamente la rete eroghi la portata di punta (3.885 l/s), che per quanto riguarda le prese di banchina l'intera portata di progetto (2.31 l/s) venga erogata dalla presa di banchina situata all'estremità nord e che contemporaneamente il tronco nord della maglia a causa di un intervento di riparazione sia interrotto ( $L = 630$  m di cui 290 m con portata di 3.885 l/s e 340 m con portata 2.31 l/s), e che l'intera portata di punta delle utenze civili (1.575 l/s) venga erogata nel punto di consegna più lontano (720 m di cui 290 m con portata di 3.885 l/s e 430 m con portata 1.575 l/s) relativamente alla presa di banchina, considerando una perdita di carico concentrata alla presa pari al carico cinetico corrispondente alla velocità  $v = 0.13$  m/s, la quota piezometrica minima alla presa è pari a:



$H = 50 - \sqrt[3]{[10,2936 \cdot 0.008^2 \cdot 0.15^{-14/3} \cdot (290 \cdot 0.003885^2 + 340 \cdot 0.00231^2)] + (0.13^2 / 2 \cdot g)} = 49.97 \text{ m}$   
sufficiente per garantire il rifornimento delle navi ormeggiate.

Mentre per quanto riguarda la presa delle utenze civili, considerando una perdita di carico concentrata alla presa pari al carico cinetico corrispondente alla velocità  $v = 0.089 \text{ m/s}$ , la quota piezometrica minima alla presa è pari a:

$$H = 50 - \sqrt[3]{[10,2936 \cdot 0.008^2 \cdot 0.15^{-14/3} \cdot (290 \cdot 0.003885^2 + 430 \cdot 0.001575^2)] + (0.089^2 / 2 \cdot g)} = 49.97 \text{ m}$$

### 3 RETE INDUSTRIALE/ANTINCENDIO

La pressione dell'acquedotto di acqua industriale del CASIC dal quale può essere derivata la portata necessaria per alimentare l'impianto antincendio del nuovo terminal portuale non ha la pressione sufficiente a garantire il corretto funzionamento degli idranti.

Pertanto per l'alimentazione della rete industriale/antincendio in oggetto è stato necessario prevedere la realizzazione di un serbatoio di compenso (capacità utile 400 m<sup>3</sup>), collocato nella zona N-W del piazzale a tergo della nuova banchina, che verrà alimentato da una condotta di ghisa DN200 lunga 120 m che si dirama dall'adduttrice dell'acquedotto prevista nel progetto della strada principale di collegamento del CACIP, derivando una portata media di 5 l/s, e perviene fino al serbatoio in un pozzetto con misuratore posto a fianco della recinzione dell'area portuale.

L'acqua accumulata nel serbatoio è inviata nella rete di distribuzione interna mediante un impianto di sollevamento automatico costituito da n° 2 elettropompe centrifughe ad asse orizzontale monostadio con corpo e girante in bronzo ed albero di acciaio inox (delle quali una di riserva all'altra).

L'impianto di sollevamento è inoltre dotato di una pompa di compensazione (jockey) che mantiene tutta la rete permanentemente in pressione (6 atm) e compensa le inevitabili perdite dell'impianto.

La rete antincendio è stata dimensionata per alimentare contemporaneamente n° 6 bocche di idrante, ciascuna erogante 4.2 l/s, per una portata totale di 25.2 l/s.

Lungo la banchina di attracco ed all'interno di tutta l'area portuale ad una distanza media di circa 80 m sono stati previsti idranti da sottosuolo di ghisa DN100 - PN16 con attacco UNI45.. In prossimità della cabina elettrica e del limite sud del piazzale operativo sono inoltre previsti due idranti soprasuolo a colonnina con due attacchi UNI45 ed un attacco per autopompa.

La rete di distribuzione, analogamente alla rete idrico potabile, è costituita da una maglia, che copre l'intero piazzale portuale, ed è realizzata con tubi di ghisa sferoidale DN200. Tutte le diramazioni/derivazioni previste lungo la rete verranno realizzate con tubazioni di ghisa sferoidale DN100.

La rete è dotata di tutti i necessari pozzetti (di linea e di diramazione), di tutte le apparecchiature idrauliche (sfiati e scarichi) necessari per un corretto funzionamento della rete e per la sua gestione e di stacchi flagiati ciechi per i collettori dei lotti successivi. Alle estremità di ciascun tronco sono previste saracinesche per il sezionamento in caso di guasti e/o rotture.

Analogamente alla rete idrico potabile le tubazioni sono interrato con un ricoprimento minimo sulla generatrice superiore della tubazione pari a 0.80 m.

Come evidenziato nei paragrafi precedenti le dimensioni dei pozzetti di linea e di diramazione sono state definite in modo da ospitare sia le tubazioni delle rete idrico potabile che quelle della rete antincendio.

Il volume del serbatoio di compenso da cui pesca l'impianto di sollevamento che alimenta la rete di distribuzione è stato dimensionato per garantire una autonomia di 4.5 h anche in assenza di alimentazione da parte della rete consortile.

Pertanto facendo riferimento alla portata di progetto si ricava un volume utile minimo pari a :

$$Q_{\min} = 0.0252 \cdot 4.5 \cdot 3600 \sim 400 \text{ m}^3$$

### **3.1 Stazione di sollevamento anticendio**

L'alimentazione dell'impianto automatico antincendio del nuovo terminal del porto canale di Cagliari verrà realizzata mediante un impianto di pompaggio automatico conforme alla norma UNI 12845 che "pesca" nel serbatoio di accumulo previsto al limite N-W del piazzale portuale a fianco della recinzione portuale.

La stazione sarà dotata di due elettropompe (una di riserva all'altra) ad asse orizzontale con corpo e girante in bronzo ed albero motore di acciaio inox, ciascuna in grado di erogare una portata di 91 m<sup>3</sup>/h (25.2 l/s) con una prevalenza manometrica di 60 m (potenza assorbita a fine curva 60 kW). Il motore elettrico trifase è del tipo chiuso autoventilato da 80 HP, tensione di alimentazione 380 V a 50 Hz.

Le due elettropompe sono installate sottobattente, la distanza verticale tra l'asse delle pompe ed il livello minimo dell'acqua nel serbatoio è inferiore a 2 m, mentre la capacità effettiva del serbatoio di alimentazione posta al disopra dell'asse delle pompe è superiore ai 2/3 di quella complessiva (UNI 12845).

Ciascuna pompa è dotata di propria condotta di aspirazione indipendente (DN100 PN16). Le pompe di alimentazione saranno dotate di un dispositivo di avviamento automatico (UNI 9490) composto da valvola di ritegno, due pressostati di avviamento, valvola di intercettazione sul pressostato, manometro e valvola di scarico. I due pressostati saranno tarati in modo da avviare la pompa quando la pressione di valle si riduce ad un valore compreso tra il 75% e l'85% di quella prodotta dal funzionamento della pompa a mandata chiusa. Tale caduta di pressione azionerà anche un segnale di allarme acustico e luminoso posto all'esterno dell'edificio dove è collocato l'impianto.

Completa l'impianto una pompa di compensazione/pressurizzazione, installata in parallelo a quelle 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.

La pompa di compensazione avrà le seguenti caratteristiche:

- portata: 6 m<sup>3</sup>/h (1.66 l/s);
  - prevalenza manometrica: 60 m;
  - motore elettrico trifase chiuso autoventilato da 3 HP, tensione di alim. 380 V a 50 Hz.;
- verrà montata sottobattente e sarà munita di un dispositivo di comando automatico indipendente composto da un polmone con membrana di capacità adeguata, pressostati di minima e di massima, manometro e valvola di scarico. 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 DN200 biflangiato e collegato alla rete antincendio.

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

L'alimentazione di energia elettrica sarà assicurata da un collegamento alla rete di distribuzione portuale e, in caso di interruzione, da un gruppo elettrogeno (non previsto nel presente progetto e da collocare in futuro nell'apposito vano predisposto nella cabina elettrica) azionato da un motore diesel predisposto in materia tale che l'alimentazione dell'impianto sia prioritaria rispetto alle altre utenze. In caso di mancanza di tensione di alimentazione e/o di una fase verrà azionato automaticamente un segnale di allarme acustico e luminoso posizionato all'esterno del locale pompe.

Come evidenziato in precedenza le pompe di alimentazione "pescano" da un serbatoio di accumulo che internamente è suddiviso in due camere mediante un setto interno che in prossimità della parete dove "entrano" le condotte di aspirazione delle pompe si interrompe. Sulla sezione terminale del setto e sulla parete del serbatoio sono previste apposite scanalature che costituiscono i gargami ove inserire i panconi di tura per la messa all'asciutto di una delle camere. In questo modo si potranno eseguire interventi di manutenzione in una delle vasche senza interrompere la funzionalità dell'impianto.

### 3.2 Calcoli idraulici

Le verifiche della rete acqua industriale/antincendio sono state eseguite utilizzando la formula di Manning:

$$i = 10,2936 \cdot n^2 \cdot D^{-14/3} \cdot Q^2$$

dove:

n= coefficiente di scabrezza in  $m^{-1/3}s$

D= diametro interno della tubazione in m

Q= portata in  $m^3/s$

Il calcolo delle perdite di carico per la condotta adduttrice  $\phi 200$  di ghisa (rivestimento interno in malta cementizia applicata per centrifugazione => non degradabile), che durante l'esercizio mantengono pressoché invariate le caratteristiche di scabrezza, è stato eseguito utilizzando un coefficiente di scabrezza n pari a  $0.008 m^{-1/3}s$

Come evidenziato in precedenza la rete antincendio è alimentata da un impianto di pompaggio in grado di sollevare una portata di 25.2 l/s, che corrisponde alla portata di punta della rete di distribuzione, con una prevalenza minima di 6 atm.

Le caratteristiche geometriche della tubazione prevista per la rete di distribuzione sono:

- tubazione di ghisa DN200
- diametro interno: 200 mm
- area:  $0.0314 m^2$

Il calcolo delle perdite di carico è stato eseguito nell'ipotesi di funzionamento contemporaneo di 6 idranti posti nelle posizioni più gravose per l'impianto.

Pertanto ipotizzando che vengano aperti i sei idranti posizionati nella porzione nord-orientale del piazzale portuale, ipotizzando cautelativamente che il tronco nord della maglia a causa di un intervento di riparazione sia interrotto e trascurando la riduzione di portata che si verifica lungo la condotta adduttrice per effetto dell'erogazione delle portate di progetto nei diversi idranti, assumendo che in corrispondenza della presa (UNI45) si verifichi un perdita di carico concentrato pari al carico cinetico ( $v = 0.0042/0.00159 = 2.64 m/s$ ) la quota piezometrica in corrispondenza dell'idrante più lontano è pari a:

- diramazione da condotta adduttrice DN200:

$$H = 60 - (10,2936 \cdot 0.008^2 \cdot 0.0252^2 \cdot 0.20^{-14/3} \cdot 880) = 59.32 \text{ m}$$

- Idrante (diramazione DN100 – L= 20 m):

$$H = 59.32 - [(10,2936 \cdot 0.008^2 \cdot 0.0042^2 \cdot 0.10^{-14/3} \cdot 20) + (2.64^2/2 \cdot g)] = 58.96 \text{ m}$$

#### **4 RETE FOGNARIA**

Nella porzione nord-orientale del piazzale portuale, nel progetto generale, è stata prevista anche la realizzazione di una rete fognaria per la raccolta degli scarichi degli edifici che verranno realizzati in quella porzione del terrapieno a ridosso della recinzione.

In particolare lungo la recinzione è prevista la posa in opera di una condotta di gres ceramico DN300 che termina in un pozzetto dove verrà collocato un impianto di sollevamento che invierà le acque nere raccolte alla condotta prevista nel progetto della strada principale di collegamento del CACIP.

La suddetta rete fognaria è collocata in una porzione di terrapieno portuale posto all'esterno dei limiti del progetto di I lotto funzionale in oggetto e pertanto la sua realizzazione è rimandata ad una fase futura.

## **5 RETE DI DRENAGGIO DEL PIAZZALE TRATTAMENTO ACQUE DI PRIMA PIOGGIA**

Per il drenaggio delle acque meteoriche del nuovo piazzale, vista la considerevole estensione della superficie delle opere in progetto, si è reso necessario prevedere un'apposita rete di raccolta destinata alla restituzione delle acque piovane direttamente a mare mediante una serie di canalette di c.a., poste in opera con un interasse di circa 45 m, adottando, per il piazzale retrostante la nuova banchina di attracco la stessa sagomatura superficiale a falda unica e pendenza media delle falde di circa 0,50 % già impiegata per i piazzali esistenti.

La rete di scarico del nuovo piazzale è costituita da due rami costituiti ciascuno da un collettore principale (denominati Collettore n° 1 e n° 2) con asse longitudinale disposto secondo la massima pendenza del piazzale, in cui riversano le portate di pioggia le cinque + cinque canalette di raccolta primaria disposte ortogonalmente ad essi e collocati ad interasse pressoché regolare.

Nella parte terminale di ciascuna canaletta è, inoltre, prevista la presenza di un impianto di separazione di materiali pesanti portati in sospensione/trascinamento dalle acque meteoriche ed uno per gli olii portati in sospensione e provenienti da eventuali perdite da parte delle macchine operatrici.

Ciascun impianto di trattamento delle acque di prima pioggia che precipitano nel piazzale portuale è costituito 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.

Le quote di scorrimento delle canalette e dei pozzetti e tubazioni degli impianti di trattamento, ed in particolare del pozzetto deviatore, sono state definite in modo che il deflusso delle portate liquide nelle canalette non venga condizionato dal deflusso delle medesime portate nell'impianto di trattamento.

Nei paragrafi seguenti viene preliminarmente riportata la sintesi dello studio idrologico utile per la determinazione dell'intensità di pioggia, necessaria per la successiva determinazione delle portate pluviali di progetto della rete di scarico. Una volta note le portate di progetto delle canalette costituenti la rete di raccolta e scarico si è proceduto al dimensionamento dei vari tronchi con cui verrà realizzata la rete di scarico ed alla verifica idraulica delle tubazioni, individuando tra gli altri parametri il grado di riempimento e la velocità di scorrimento nei differenti tratti esaminati.

Come evidenziato nelle premesse i calcoli idrologici ed idraulici di seguito riportati si riferiscono alla configurazione della rete di raccolta del progetto generale di cui quelli previsti nel presente progetto costituiscono una prima fase funzionale.

## **5.1 Studio idrologico**

Lo studio delle piogge per il dimensionamento della rete scolante è stato limitato all'esame delle cosiddette "precipitazioni intense", con riferimento, cioè, a precipitazioni di notevole intensità e di durata limitata (dell'ordine delle ore o frazioni di ora). Tali precipitazioni sono di particolare interesse nei riguardi del problema del dimensionamento delle opere di raccolta e allontanamento delle acque di pioggia, essendo, in casi di questo tipo, il tempo di corrivazione delle superfici considerate pari al tempo di pioggia. E' pertanto necessaria la raccolta dei dati forniti dalle stazioni pluviometriche più vicine munite di pluviometri registratori.

In passato la procedura per la determinazione delle intensità di pioggia (e quindi delle portate affluite sulle superficie di interesse) si basava sul reperimento e successiva elaborazione delle registrazioni della stazione pluviometrica più vicina alla zona di interesse. Oltre alle normali elaborazioni venivano eseguite anche quelle proprie dell'idrologia statistica, al fine di pervenire alla definizione più attendibile dell'evento più gravoso (associato ad un determinato tempo di ritorno) da assumere per il dimensionamento delle condotte di deflusso delle acque meteoriche. Tale metodologia non sempre riusciva ad individuare quelle piogge brevi ed intense, che sono caratterizzate da una forte concentrazione e una scarsissima uniformità di distribuzione, che hanno una casuale distribuzione territoriale e necessitano di uno studio approfondito.

Per i motivi sopra citati è stato sviluppato un metodo, denominato della regionalizzazione delle piogge intense, che si basa sull'elaborazione sia dei pluviometri registratori (aventi una distribuzione sul territorio abbastanza rada) sia di quelli ordinari che rappresentano la maggioranza degli apparecchi dislocati sul territorio nazionale, ma che non essendo dotati di apparecchi registratori non dispongono dell'informazione pluviometrica del passato. Il metodo della regionalizzazione, che rappresenta un modello probabilistico di interpretazione delle distribuzioni degli eventi di pioggia di varia durata, è riuscito a superare i limiti sulla disponibilità dei dati utilizzabili, avvalendosi in modo coerente di tutta l'informazione pluviometrica disponibile sul territorio, per individuare la distribuzione delle caratteristiche delle precipitazioni in aree vaste (regioni).

## **5.2 Metodo cinematico**

Il metodo cinematico è sicuramente quello che meglio caratterizza le piccole reti di fognatura si può supporre che la pioggia critica sia quella di durata pari al tempo massimo di corrivazione e consiste nel calcolare le portate di piena a partire dalle piogge. Esso si basa sul semplice concetto della distribuzione uniforme della pioggia sulla superficie di interesse (bacino), che produce un colmo di piena in corrispondenza del tempo necessario affinché la particella d'acqua caduta nel punto più lontano dalla sezione di chiusura giunga nella sezione predetta (tempo di corrivazione  $t_c$ ). Pertanto, potendo supporre per le piccole reti scolanti che la pioggia critica coincida con quella di durata pari al tempo massimo di corrivazione, per la stima della massima portata transitante nei collettori di scarico viene quindi assunto un tempo di pioggia ( $t_p$ ) pari al tempo di corrivazione ( $t_c$ ).

### **5.2.1 Tempo di ritorno e coefficiente di corrivazione**

Per la stima del *tempo o coefficiente di corrivazione* si è utilizzato il criterio appena sopra descritto per cui la pioggia critica è identificabile con quella di durata pari al tempo massimo di corrivazione, valutato a priori, tenendo conto della massima lunghezza di percorso idrico nella rete e delle presumibili velocità (tempo di percorrenza) a cui occorre sommare il tempo occorrente all'acqua per raggiungere i collettori di scarico (tempo di ruscellamento superficiale). Inoltre, sulla base di quanto consigliato dalla letteratura tecnica e dalla esperienza maturata in questo campo, occorre individuare il tempo di ritorno assunto per i dimensionamenti degli scarichi che deve essere largamente sufficiente a garantire lo smaltimento delle acque meteoriche sia per gli eventi normali che per quelli intensi e la piena funzionalità della rete scolante.

Per il dimensionamento di una rete di smaltimento delle acque meteoriche viene generalmente utilizzata una intensità di pioggia associata ad un tempo di ritorno  $T_r = 20$  anni, che si ritiene essere sufficiente a garantire lo smaltimento delle portate affluenti al sistema fognario con interruzioni rare e limitate a brevi intervalli di tempo.

D'altra parte, l'adozione di eventi associati ad un più basso periodo di ritorno, pur riducendo sensibilmente il costo delle opere idrauliche, viene a condizionare la funzionalità del suddetto piazzale in modo sensibile, anche in concomitanza di eventi meteorici inconsueti.

Sulla base di quanto appena sopra indicato, considerando un tempo di pioggia pari al tempo di corrivazione (che rappresenta il tempo di percorrenza delle gocce di pioggia per raggiungere, dal punto di caduta, la canalizzazione) il tempo di corrivazione può essere espresso come segue:

$$t_c = \Delta t_c + \frac{L}{V}$$

dove

- $L/V$  rappresenta tempo di vettoriamento o tempo di percorrenza entro le canalizzazioni;
- $\Delta t_c$  tempo di ruscellamento pari al tempo massimo impiegato dalle particelle di pioggia a raggiungere la condotta a partire dal punto di caduta, che risulta variabile fra i 5÷15 min.

Nel caso in esame il valore del tempo di corrivazione per ciascuno dei collettori secondari di raccolta delle piogge è di:

$$t_c = \Delta t_c + \frac{L}{V} = 15 \times 60 + \frac{425}{1} = 1325 \text{ s} = 0,368 \text{ ore}$$

avendo assunto:

$$\Delta t_c = 15 \times 60 = 900 \text{ s} \quad (\text{tempo di accesso alla rete pari a 15 minuti})$$

$$L = 425 \text{ m} \quad (\text{lunghezza del collettore più lungo fino allo scarico in mare})$$

$$V = 1.0 \text{ m/s} \quad (\text{velocità media all'interno dei collettori}).$$

### **5.2.2 Determinazione dell'intensità di pioggia (metodo della regionalizzazione)**

La base di riferimento è costituita dai risultati dell'analisi regionale di frequenza delle precipitazioni intense rilevate nella rete del Servizio Idrografico della Regione Sardegna (\*). In pratica, è stata considerata una serie storica delle altezze di pioggia massima annua rilevate in 200 stazioni pluviometriche dell'isola con almeno 40 anni di osservazioni nel periodo 1922 – 1980. L'analisi delle piogge brevi ed intense è stata condotta su di una base costituita dalle massime piogge annue di durata  $\tau$  pari a 15, 30, 45, 60 minuti e di 3, 6, 9, 12, 24 ore.

Il modello di calcolo delle portate di piena utilizzato è quello probabilistico a due componenti TCEV, indicato nel "Rapporto regionale della Sardegna" facente parte delle

sintesi del VA.PI. (valutazione delle piene) in Italia. Esso è basato sull'ipotesi che i valori estremi delle grandezze idrologiche considerate provengano da due popolazioni differenti di variabili aleatorie, originate da fenomeni meteorici diversi. La prima popolazione comprende eventi ordinari più frequenti e meno intensi e costituisce la *componente base* del processo (valori medi e bassi), mentre la seconda raccoglie gli eventi più rilevanti e rari costituendo la *componente straordinaria*.

Il legame tra la media campionaria (cioè la media dei valori costituenti il campione) e la durata della precipitazione viene descritto da un'espressione monomia del tipo (analoga alla espressione adottata per le curve di crescita pluviometriche):

$$m(\tau) = a\tau^n$$

dove  $m(\tau)$  è espressa in mm e  $\tau$  in ore.

Per i parametri  $a$  ed  $n$  sono state ricavate le relazioni che li legano alla pioggia indice giornaliera della zona oggetto dell'indagine.

Il parametro  $a$  è stato individuato sulla base della correlazione esistente tra l'altezza di pioggia giornaliera annua e quella corrispondente di 24 ore per la Sottozona SZO 2 della Sardegna (vedi Figura 1) che risulta essere definito dall'espressione:

$$a = \frac{m_g}{0,886 \times 24^n}$$

---

(\*) Analisi regionale di frequenza delle precipitazioni intense in Sardegna – R. Deidda, E. Piga, G. M. Sechi; L'Acqua Numero 5/2000

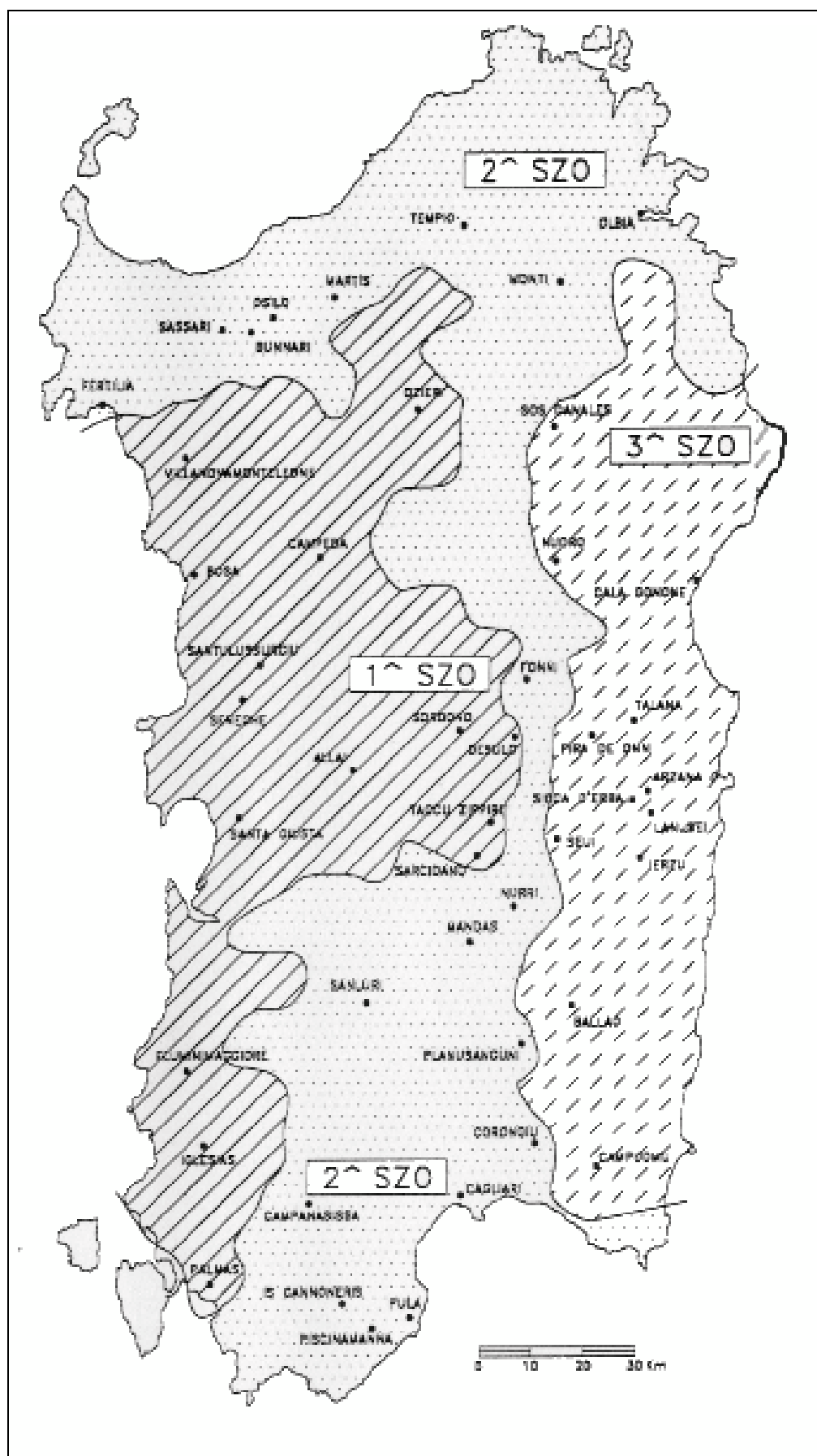


Figura 1 - Sottozone Omogenee per le piogge brevi e intense in Sardegna. (da Deidda ed. al., 1993)

Per quanto riguarda l'esponente  $n$ , la correlazione per la Sottozona SZO 2 in esame è risultata quella relativa al logaritmo decimale della pioggia indice giornaliera  $m_g$ :

$$n = -0,493 + 0,476 \text{ Log}(m_g)$$

L'espressione completa della pioggia indice di durata  $\tau$  risulta pertanto:

$$m(\tau) = \frac{m_g}{0,886 \times 24^{(-0,493+0,476 \text{ Log } m_g) \tau}}^{(-0,493+0,476 \text{ Log } m_g)}$$

ed è funzione della sola pioggia indice giornaliera.

Nella figura 2 vengono riportati i valori delle isoiete (curve ad uguale altezza di pioggia) relative alla pioggia indice giornaliera  $m_g$ . Come si potrà constatare il valore di  $m_g$  per la piccola area presa in esame può essere assunto pari a circa 55 mm.

Assumendo tale valore ed introducendolo nella espressione precedentemente determinata per  $n$  si ottiene:

$$n = 0,335$$

da cui il valore di pioggia indice avente una durata  $\tau = t_c$  (con  $t_c = 0,368$  ore) è:

$$m(t_c) = 15,29 \text{ mm}$$

Una volta determinata l'entità della pioggia indice giornaliera  $m(t_c)$ , è possibile ricavare i valori dell'intensità di pioggia per eventi brevi ed intensi. L'espressione della relativa curva di crescita è stata ricavata in funzione della durata  $\tau$  dell'evento e della variabile

$$h' = h'(T)$$

con  $T$  = tempo di ritorno ed  $h' = \frac{h}{m(t_c)}$ .

Per tempi di ritorno  $T_r > 10$  anni e durate di precipitazione variabili inferiori ad 1 ora (vedi coefficienti delle espressioni monomie 12.7b del "Rapporto regionale VA.PI. per la Sardegna") si ha:

$$h' = a' \tau^{n'}$$

Con:

- $a' = 0,44182 + 1,0817 \text{ Log}T$
- $n' = -0,18676 + 0,24310 \text{ Log}T - 0,35453 \times 10^{-1} (\text{Log}T)^2$

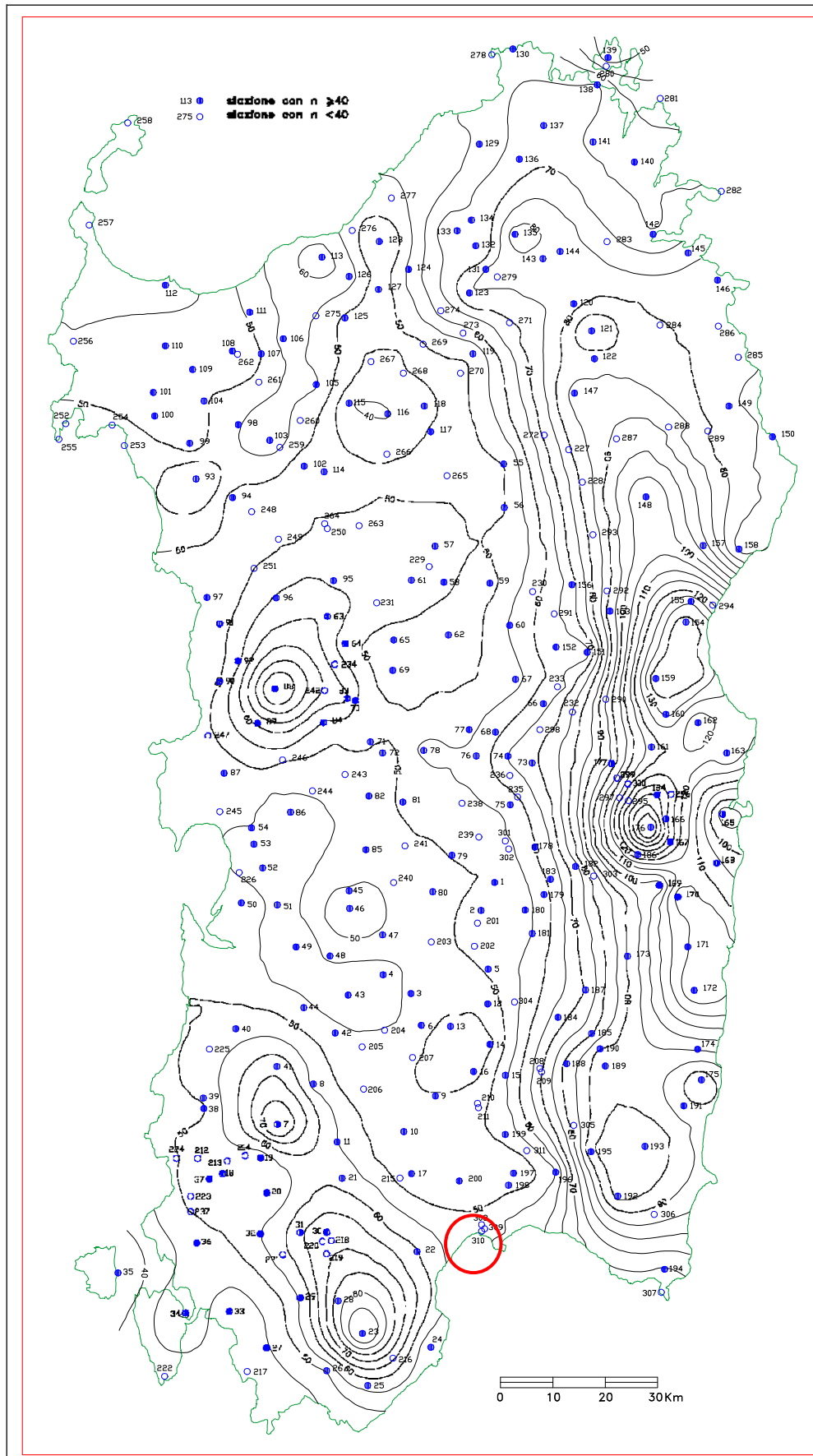


Figura 2 - Distribuzione spaziale dell'altezza di pioggia indice giornaliera  $m_g$  in Sardegna (da Deidda, Piga E., Sechi G. M., tratto da L'Acqua - Maggio 2000).



Nella seguente tabella vengono sintetizzati i risultati del calcolo dell'intensità di pioggia ottenuti considerando eventi con tempo di ritorno  $T_r = 2, 5, 10, 20, 50, 100, 200, 500$  anni.

$T_r$ (anni)	$a'$	$n'$	$h'$	$h$ (mm)	$i (t_c)$ mm/h
2	0.7674	-0.1168	0.8625	13.19	35.83
5	1.1979	-0.0342	1.2395	18.95	51.49
10	1.5235	0.0209	1.4920	22.81	61.98
<b>20</b>	<b>1.8491</b>	<b>0.0695</b>	<b>1.7250</b>	<b>26.37</b>	<b>71.65</b>
30	2.0396	0.0950	1.8549	28.36	77.05
50	2.2796	0.1239	2.0140	30.79	83.66
100	2.6052	0.1576	2.2255	34.03	92.45
200	2.9308	0.1849	2.4363	37.25	101.21
500	3.3613	0.2111	2.7219	41.62	113.07

Per il calcolo delle portate meteoriche, come già accennato in precedenza, verrà utilizzata l'intensità di pioggia corrispondente al tempo di ritorno  $T_r = 20$  anni.

### **5.2.3 Determinazione delle portate di progetto e calcoli idraulici di dimensionamento della rete di drenaggio**

La valutazione delle portate in base alle quali dimensionare le opere di smaltimento è stata eseguita con il metodo cinematico secondo la formula:

$$Q = \Psi \times I \times A$$

nella quale:

- $\psi$  è il cosiddetto "coefficiente di afflusso", rapporto tra volume affluito ai collettori e volume precipitato sul terreno, trattandosi di superficie pavimentata è stato assunto pari a 0,9;
- $A$  è la superficie per la quale si valuta la portata;
- $I$  è l'intensità di precipitazione relativa al tempo di corrivazione caratteristico dell'area  $A$ , ricavata dalle leggi di possibilità climatica determinate come indicato in precedenza. Nel caso in oggetto il tempo di corrivazione è pari a 1325", da cui si è

ottenuta un'intensità di precipitazione di 71.65 mm/h associata al  $T_r = 20$  anni, assunto generalmente quale probabilità di accadimento (rischio di insufficienza della rete) per il dimensionamento di impianti di fognatura come quella presa in esame.

Come accennato in precedenza per il piazzale in oggetto è stata prevista una sagomatura superficiale a falda unica degradante verso la banchina di attracco delle navi e canalette di raccolta (con sottostanti canalette di scarico di dimensioni pari a 0,35 m x 1,35 m con pendenza media pari allo 0,35% da ricavare all'interno dello scatolare) aventi 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 e da posizionare agli estremi laterali del piazzale; ciascuno dei collettori principali viene "alimentato" da alcune canalette secondarie che restituiscono le portate pluviali all'interno di pozzetti di confluenza, ubicati a valle dei previsti impianti di trattamento di prima pioggia e collocati nel tratto terminale di ciascuna canaletta secondaria.

Le dimensioni del piazzale sono di circa 290 m x 265 m. L'area di afflusso complessiva è stata suddivisa in numerose superficie di raccolta, ciascuna servita da una canaletta secondaria che intercetta l'afflusso pluviale mediante un chiusino grigliato di ghisa sferoidale. Per ciascuna delle aree di competenza delle "canalette secondarie" è stato effettuato il calcolo con la portata gradualmente crescente (vedi Allegato I) fino alla sezione di chiusura, ovvero nel punto di restituzione nelle tubazioni principali, ed analogamente è stato effettuato per il condotto principale.

Una sintesi dei risultati ottenuti dai calcoli di dimensionamento e verifica delle portate determinate per ciascun tronco delle canalette costituenti la rete secondaria è riportata nell'Allegato II. Nei grafici è stato riportato il profilo longitudinale del profilo di rigurgito che si verifica all'interno di ciascuna canaletta, mentre nelle tabelle di sintesi vengono riportati i principali parametri per il calcolo delle portate afferenti a ciascun tratto della canaletta (portata, velocità, quota minima di scorrimento, quota raggiunta dal livello idrico, area di deflusso e numero di Froude) relativi alla simulazione eseguita.

Analogamente è stata eseguita la verifica 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. I risultati dei calcoli (vedi Allegato III) sono sintetizzati per ogni tronco delle due tubazioni della rete indicando l'intensità di pioggia, l'area di competenza, il coefficiente di deflusso, 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 (associato come già accennato in precedenza al  $T_r = 20$  anni).

### **5.3 Trattamento delle acque piovane**

Le acque piovane raccolte possono contenere materie inquinanti (come olii minerali e/o gasolio o benzina persi da mezzi operanti nell'area). La normativa prevede che gli scarichi civili, quelli ad essi assimilabili e quelli produttivi sono disciplinati dalla Legge n° 152/2006 e relative norme di applicazione.

La soluzione proposta risponde a criteri di progettazione (Norme DIN e norma europea 858/1) adottate anche all'estero. Si ritiene opportuno, pertanto, trattare le acque di prima pioggia provenienti dal piazzale in oggetto. L'impianto da adottare è costituito da:

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

Per quanto riguarda le portate di prima pioggia da trattare si sono ipotizzate come superfici contribuenti ad acque con carico inquinante non trascurabile tutte le superficie del piazzale oggetto di studio servite dalla rete di drenaggio progettata.

Per la rete drenante precedentemente individuata sono stati previsti quattro punti di recapito al ricettore finale (canalizzazione principali), ubicando opportunamente gli impianti di disoleazione.

La normativa vigente prevede che:

- *“sono considerate acque di prima pioggia quelle corrispondenti, per ogni evento meteorico, ad una precipitazione di 5 mm, uniformemente distribuita sull'intera superficie scolante servita dalla rete di drenaggio.*
- *al fine del calcolo delle portate, si stabilisce che tale valore si verifichi in 15 minuti; i coefficienti di afflusso della rete si assumono pari a 1 per le superfici coperte o lastricate o impermeabilizzate, a 0,3 per quelle permeabili di qualsiasi tipo”.*

La grandezza nominale dei disoleatori GN (l/s) è determinata dalla seguente formula:

$$GN = I_r \times A \times F_d$$

dove si indica con

- $I_r = 0.0055 \text{ l/s} \times \text{m}^2$  – intensità di pioggia di progetto
- A – Superficie dell'area scolante nel disoleatore.
- $F_d = 0.9$  – coefficiente di afflusso alla rete (superfici coperte e lastricate).

Seguendo tali indicazioni per il dimensionamento degli impianti di disoleazione per ciascuna delle aree servite dai collettori secondari di raccolta delle acque meteoriche si dovrà installare un disoleatore adeguato alle esigenze di trattamento.

Le indicazioni sulle portate di trattamento di ciascun collettore secondario sono riportate nella tavola grafica esplicativa in cui è inserita anche la modalità di funzionamento dell'impianto. Verranno installati impianti di capacità di trattamento adeguati alle superfici di raccolta; la dimensione minima con una portata di GN= 5 l/s è quella necessaria per il collettore secondario 2F, mentre quella massima è relativa al collettore secondario 1E con una portata di trattamento pari a GN= 60 l/s a servizio di una superficie di drenaggio di circa 11200 m<sup>2</sup>.

Il trattamento di tutte le acque piovane sarà effettuato fino alla portata di trattamento di prima pioggia calcolata per ciascuna area di raccolta, facendo defluire nel collettore principale (e quindi a mare) le portate eccedenti.

Il meccanismo di funzionamento può essere sintetizzato come segue: l'acqua proveniente dal piazzale confluisce nelle canalette che confluiscono in un 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. 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 garantiscono che in uscita dal separatore oli coalescente l'acqua abbia un contenuto di oli inferiore ai 5 mg/l come richiesto dalle vigenti normative. All'interno del separatore oli potrà essere installato un sistema di allarme che segnalerà la necessità di svuotamento.

#### **5.4 *Calcolo del profilo idrico all'interno delle tubazioni di scarico a mare previste per il tombamento del canale esistente e lo scarico delle acque meteoriche del terminal contenitori esistente***

Oltre al dimensionamento e verifica della rete di raccolta e scarico delle portate pluviali raccolte dal nuovo piazzale retrostante la nuova banchina, si è provveduto anche alla verifica idraulica delle tubazioni  $\phi 2000$  previste per il tombamento del tratto terminale del canale esistente a fianco della recinzione del terminal contenitori esistente nel quale scaricano anche i due collettori principali della rete di raccolta delle acque meteoriche di suddetto terminal. Tale intervento si rende necessario oltre che per garantire la piena operatività del nuovo piazzale anche per consentire lo scarico separato delle portate meteoriche raccolte dai piazzali del terminal contenitori esistenti e contigui a quello retrostante la banchina in esame.

L'impiego delle tre tubazioni in calcestruzzo si rende necessario per effettuare il tombamento dell'esistente corso d'acqua in cui riversano le portate i due scatolari (aventi dimensioni pari a 2,60 x 1,20 m) che recepiscono le portate pluviali dei piazzali già attualmente operativi, retrostanti l'esistente banchina di attracco.

Lo studio della propagazione delle portate di piena, ricavate per i tempi di ritorno stabiliti, 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.

I modelli idraulici di propagazione giocano un ruolo fondamentale, in questo tipo di analisi, fornendo la possibilità di determinare l'andamento dei livelli idrici associati a condizioni di moto permanente.

La sistemazione idraulica proposta nella configurazione di progetto prevede il posizionamento di tre tubazioni che recepiranno:

- le portate riversate, in un punto situato a monte del costruendo piazzale, da due corsi d'acqua che drenano le superfici pianeggianti retrostanti;
- le portate pluviali di due scatolari che raccolgono le piogge dei piazzali esistenti, riversandole all'interno del tombamento in due punti intermedi dello stesso;

e provvederanno a trasferire tutti i citati volumi idrici in mare, nel medesimo punto occupato dall'esistente foce del corso d'acqua naturale.

Le verifiche di deflusso con la determinazione del profilo di rigurgito è stata effettuata con il modello matematico HEC-RAS, (*River Analysis System*) sviluppato dall'*Hydrologic Engineering Center dell'US Army Corps of Engineers* considerato uno standard internazionale nel campo delle verifiche idrauliche. Tale programma è in grado di simulare le condizioni di deflusso, implementato con l'ausilio dell'elaboratore elettronico, sulla base di dati di input provenienti da studi idrologici e valori di portata risultanti dai citati studi idrologici-idraulici e di calcolare il profilo idrico in moto permanente monodimensionale.

Per l'implementazione del modello sono state utilizzate le sezioni delle tubazioni previste in progetto.

Le elaborazioni del citato modello, i cui algoritmi seguono le usuali metodologie di calcolo della letteratura scientifica specializzata, sono state sintetizzate in:

- un profilo longitudinale del tronco investigato dal cui esame è possibile verificare la congruenza del profilo di rigurgito del corso d'acqua per la condizione di deflusso più gravosa,
- nel tracciamento delle sezioni trasversali con l'individuazione dei livelli idrici raggiunti nelle differenti condizioni di calcolo considerate,
- tabulati contenenti numerosi parametri di output ottenuti dalle simulazioni con il citato modello matematico.

Per la simulazione effettuata sono state assunte le seguenti portate:

- $Q_c = 2,5 \text{ m}^3/\text{s}$ , ricavata dal progetto del terminal contenitori, che rappresenta la portata del canale di cui si effettua il tombamento nell'ultimo tratto di 340 m;
- $Q_a = 2,0 \text{ m}^3/\text{s}$ , ricavata dal progetto del terminal contenitori, che rappresenta la portata del corso d'acqua che affluisce a monte del piazzale che si vuole realizzare;
- $Q_{\text{coll Alto}} = 2,94 \text{ m}^3/\text{s}$ , associata al tempo di ritorno  $T_r = 20$  anni, che rappresenta la portata raccolta dalle superfici ubicate a monte dello scatolare situato nella parte centrale dei piazzali esistenti;
- $Q_{\text{coll Basso}} = 3,11 \text{ m}^3/\text{s}$ , associata al tempo di ritorno  $T_r = 20$  anni, che rappresenta la portata raccolta dalle restanti superfici dei piazzali già attualmente utilizzati.

In analogia ai dimensionamenti eseguiti per la nuova rete di scarico a servizio dell'ampliamento dei piazzali proposti, il calcolo delle portate pluviali dei due collettori esistenti (scatolari 2,60 x 1,20 m) sono state eseguite facendo riferimento al  $T_r = 20$  anni,

come indicato e ricavato nell'ambito dello studio idrologico (vedi paragrafo inerente lo studio idrologico).

#### **5.4.1 Definizione delle condizioni al contorno e metodologia di calcolo**

Per la ricostruzione del profilo di rigurgito che si realizza lungo il tratto terminale del corso d'acqua da tombare al defluire delle portate di piena sopra elencati, si è assunta come sezione di controllo (cerniera idraulica) la sezione di immissione delle tre tubazioni in mare. L'asta interessata dalle verifiche è stata discretizzata numericamente per mezzo di numerose sezioni trasversali di calcolo, a cui sono state assegnate appropriate scabrezze<sup>(\*)</sup> del contorno bagnato, caratterizzate da un coefficiente di Manning pari a  $n = 0,020$  (alvei in calcestruzzo).

Sotto queste ipotesi è stato possibile definire le caratteristiche idraulico-cinematiche della corrente idrica (con particolare riferimento a velocità e tirante idrico in corrispondenza delle sezioni trasversali di calcolo) applicando la legge di Bernoulli (o di equilibrio dei carichi totali) risolta alle differenze finite.

Per la configurazione di progetto è stato tracciato il profilo di rigurgito corrispondente alla somma delle portate affluenti nei diversi punti di immissione e transitanti nel tratto terminale del tombamento da realizzare 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 di moto ondoso intensi 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.

Lo studio di dettaglio, realizzato per i diversi tronchi costituenti i tratti principali, ha permesso di verificare la scelta progettuale effettuata e necessaria per consentire il deflusso della portata di piena esaminata.

Lo studio è stato eseguito anche considerando la presenza di una nave ormeggiata alla banchina verificando appunto che la sua presenza non pregiudica il corretto funzionamento dell'intervento di tombamento previsto in progetto.

I risultati delle verifiche di deflusso sono stati sintetizzati, per semplicità di comprensione, sotto forma di grafici e tabelle nell'Allegato IV in cui sono riportati il profilo longitudinale e la tabella sintetica dei principali parametri idraulici (portata, velocità, quota minima di

---

<sup>(\*)</sup> Per la determinazione della scabrezza del thalveg si è fatto riferimento ai valori determinati in base a numerose esperienze pratiche e riportate in "Open channel hydraulics" Ven Te Chow – Mc Graw Hill.

scorrimento, quota raggiunta dal livello idrico, area di deflusso e numero di Froude) relativi alla simulazione eseguita.

#### **5.4.2 Conclusioni delle verifiche idrauliche eseguite**

In base alle considerazioni precedentemente effettuate (vedi tabelle e grafici relativi ai risultati ottenuti per i collettori principali, le canalette secondarie delle rete di scarico del nuovo piazzale e per la canalizzazione principale costituita da tre tubazioni del diametro  $\phi 2000$  utilizzate per il tombamento dell'ultimo tronco del corso d'acqua esistente) si evince come le dimensioni dei manufatti di scarico (canalette e tubazioni), le pendenze assunte e le quote di fondo stabilite in progetto hanno dimostrato di contenere efficacemente il deflusso idrico con le portate simulate, ottenendo, come indicato nei considerata del parere favorevole della Tersi Sezione del C.S. dei LL. PP., richiamato nelle premesse, adeguati franchi di sicurezza ed un grado di riempimento accettabile in quasi tutti i tronchi in cui è stato suddiviso il tombamento. Infatti dall'analisi dei risultati è possibile evincere come nei primi tre tratti tombati il deflusso avviene a superficie libera con un riempimento che raggiunge valori di circa il 70% dell'area di deflusso disponibile (inferiore al limite del 75% indicato nel suddetto parere), sia in presenza che in assenza di navi all'ormeggio.

Si deve invece osservare che nel tratto terminale, nel quale la quota di scorrimento è pari a -1.70 m s.m., nelle condizioni più sfavorevoli assunte nelle simulazioni (ovvero sovrizzo del l.m.m. pari a +0,50 m) il deflusso della portata di progetto, ovviamente, avviene in pressione e quindi non è possibile soddisfare la richiesta del C.S. dei LL. PP.

Infine si deve osservare che dai risultati delle simulazioni condotte risulta che la presenza di una nave all'ormeggio non influisce significativamente al deflusso della portata estrema di progetto all'interno del tombamento proposto.



## 6 IMPIANTO ELETTRICO

### 6.1 Sistemi di alimentazione

L'area portuale verrà alimentata da una linea in M.T. (15 kV) che parte dalla cabina esistente ad ovest delle aree del nuovo terminal.

La cabina elettrica di trasformazione, ubicata lungo il limite N-W del piazzale portuale, a fianco della recinzione, è un corpo di fabbrica ad unico piano nel quale è previsto un locale deposito, un locale misure, un locale destinato ad accogliere il trasformatore delle utenze in BT del terminal e i quadri di B.T., un locale destinato ad accogliere i trasformatori delle utenze in MT del terminal (gru di banchina) e i quadri di M.T., ed un locale destinato ad accogliere il gruppo elettrogeno diesel di emergenza da 200 kVA.

Nel presente progetto la cabina elettrica provvede all'alimentazione dei seguenti servizi di 1<sup>a</sup> fase (MT):

- illuminazione piazzale retro banchina (torri faro da 1 a 3);
- illuminazione viabilità di accesso lungo la porzione di recinzione portuale prevista in progetto;
- stazione di sollevamento antincendio;
- stazione di sollevamento acqua potabile;

Mentre in futuro dovrà garantire l'alimentazione anche dei seguenti servizi in BT:

- illuminazione porzione N-E del piazzale (torri faro 4 e 5)
- illuminazione viabilità di servizio lungo l'intera recinzione portuale;
- portineria di ingresso;
- locali uffici;
- prese per celle frigorifere.

Oltre l'alimentazione delle due gru di banchina in MT

In questa fase nella cabina elettrica è prevista l'installazione del trasformatore MT-BT in resina da 1.250 kVA, che è stato dimensionato anche per garantire l'alimentazione a tutte le utenze di BT previste nel progetto generale, il quadro di MT, il quadro di BT ed il regolatore di flusso luminoso delle torri faro.

I collegamenti in MT sono realizzati con cavi unipolari tipo RG7H1R 12/20 Kv della sezione di 120 mm<sup>2</sup> corredati alle estremità di appositi terminali di tipo prestampato rispondenti alla norma CEI 20-28 .

I cavi di MT saranno alloggiati in cavidotti di PVC  $\phi$ 200 posti alla profondità di 1.00 m dal p.c., mentre quelli di BT saranno alloggiati in cavidotti di PVC  $\phi$ 200 e  $\phi$ 160 posti alla profondità di 1.00 m dal p.c. I pozzetti di ispezione saranno ogni 25 m circa.

I collegamenti in BT saranno in cavi di rame con isolamento in gomma etilpropilenica (FG7OR).

Tutti i cavi saranno collegati ai rispettivi punti di allaccio mediante capocorda idonei di tipo a compressione

Per maggiori dettagli si rimanda alla relazione tecnica della rete elettrica riportata nel seguito ed agli elaborati grafici di progetto.

## **6.2 Rete di terra**

Per creare una maglia equipotenziale per il sistema elettrico e per la messa a terra di tutte le strutture metalliche e le apparecchiature installate, si prevede una maglia di terra formata da un conduttore nudo di rame da 50 mm<sup>2</sup> interrato alla profondità di 80 cm.

I collegamenti tra la maglia di terra e le apparecchiature o strutture metalliche si prevedono realizzati con conduttore nudo di rame da 50 mm<sup>2</sup>.

Per maggiori dettagli si rimanda alla descrizione tecnica della rete elettrica ed agli elaborati grafici di progetto.

## **6.3 Illuminazione piazzali**

L'illuminazione dei piazzali e delle banchine si prevede che venga realizzata, in analogia al terminal contenitori adiacente, mediante l'installazione di torri-faro dell'altezza di m 30 fuori terra con doppia corona mobile ciascuna dotata di n°15 proiettori disposti su 360° ciascuno con n°2 lampade al sodio ad alta pressione da 400 W.

La posizione ed il numero delle torri faro è stata definita facendo riferimento al progetto illuminotecnico del terminal contenitori adiacente e garantisce un livello di illuminamento medio nelle zone di carico-scarico e nelle zone di movimentazione pari a 50 lux, e nelle zone di deposito, transito e viabilità pari a 25 lux.

Si prevedono 3 tipi di illuminazione:

- illuminazione normale durante le ore notturne di lavoro;
- illuminazione di guardia, pari ad 1/2 della normale per le ore notturne non lavorative;
- illuminazione di emergenza, pari a quella di guardia;

Il flusso luminoso verrà gestito per mezzo di variatori/regolatori di potenza e con controllo automatico crepuscolare ed orario.

Per l'illuminazione di emergenza si prevede l'utilizzo dei circuiti e delle linee di illuminazione normale, ma con alimentazione automatica fornita dal gruppo elettrogeno.

L'illuminazione di sorveglianza lungo il perimetro della recinzione del terminal verrà realizzata mediante punti di luce di tipo stradale.

In particolare lungo la recinzione portuale è prevista l'installazione di pali di vetroresina con altezza fuori terra pari a 12 m con apparecchi illuminanti testa palo stagni adatti per lampade al sodio da 400 W. L'interasse tra i pali, in analogia al terminal contenitori adiacente, è pari a 60 m e garantisce un livello di illuminamento medio orizzontale sulla fascia di 8 m adiacente la recinzione di 20 lux.

Per maggiori dettagli si rimanda ai successivi paragrafi ed agli elaborati grafici di progetto.

#### **6.4 Predisposizione reti fibra ottica e linea telematica**

Nel progetto degli impianti del nuovo terminal è stata prevista anche la realizzazione di una predisposizione delle reti fibra ottica e linea telematica.

In particolare lungo l'intero perimetro del nuovo piazzale portuale è stata prevista la posa in opera di n°2 cavidotti di PVC  $\phi$ 125 posti alla profondità di 1.00 m dal p.c. con pozzetti di ispezione ogni 25 m circa.

Le due reti sono collegate alle analoghe reti previste nel progetto della strada principale di collegamento del CACIP.

Per maggiori dettagli si rimanda agli elaborati grafici di progetto.

#### **6.5 Descrizione tecnica e dimensionamento dell'impianto elettrico**

La presente relazione tecnica si riferisce all'impianto in BT facente parte della cabina di trasformazione da realizzare a servizio di Terminal ubicato nel Porto Canale a Cagliari (CA)

Essa contiene una descrizione tecnica degli impianti ed evidenzia quanto indicato nei seguenti punti:

1. Norme tecniche di riferimento per gli impianti e i componenti;
2. Dati di progetto;
3. Caratteristiche generali dell'impianto elettrico (le condizioni di sicurezza, la disponibilità del servizio e la flessibilità, breve descrizione dei carichi);

4. Protezioni;
5. Quadri elettrici di bassa tensione;
6. Condotture;
7. Impianto di illuminazione generale;
8. Impianto di terra.

Gli impianti elettrici saranno realizzati nel pieno rispetto delle Norme in vigore nel soddisfacimento di precisi requisiti tecnici indispensabili per rendere l'opera sicura ed efficiente nel tempo.

### **6.5.1 Generalità**

Costituiscono oggetto della relazione tutti gli impianti elettrici in BT a servizio del terminal ed in particolare le seguenti opere:

- impianti elettrici di distribuzione forza motrice linea ordinaria;
- impianti di terra ed equipotenziale;
- impianti di illuminazione generale interna e esterna;

L'impianto elettrico a servizio del terminal è un impianto in bassa tensione (400V a 50 Hz), verrà alimentato da contatore Enel posto entro cabina elettrica e posizionata come da elaborati grafici. In adiacenza alla fornitura è installato il Quadro Generale Bassa Tensione che contiene il dispositivo di protezione generale dal quale si deriva l'intero impianto elettrico al servizio dell'utenza. Deve pertanto realizzarsi per le utenze un sistema di tipo TT. Più precisamente tutte le masse dell'impianto e le masse estranee presenti nella struttura sono collegate ad un unico impianto di terra mediante conduttori di protezione PE di colore giallo-verde. La presente tiene conto dei requisiti di sicurezza richiesti per la struttura in questione. Si verificano quindi le condizioni necessarie per garantire: la protezione delle linee dagli effetti termici derivanti da sovracorrenti di sovraccarico e/o corto circuito, la realizzazione di un'efficace protezione contro i contatti diretti e indiretti a mezzo di un impianto di terra coordinato con i dispositivi di protezione.

### **6.5.2 Riferimenti legislativi e normativi**

Per quanto riguarda le caratteristiche dei componenti e materiali, e per quel che concerne l'installazione dovranno essere rispettate le Norme, prescrizioni e regolamentazioni emanate dagli organismi competenti in relazione alle diverse parti dell'impianto stesso, alcune delle quali verranno richiamate, laddove opportuno, nella presente relazione

- Legge del 22/01/2008 n° 37 Disposizioni in materia di attivita' di installazione degli impianti all'interno degli edifici.
- Legge del 5/3/1990 n° 46 Norme per la sicurezza degli impianti
- D.P.R. del 27/4/1955 n° 547 Norme per la prevenzione degli infortuni sul lavoro
- Legge del 1° marzo 1968 n° 186 Regola dell' arte
- Legge del 28/2/1968 n° 41 e D.P.R. del 27/4/1978 n° 384 + Legge del 9/1/1989 n° 13 e D.M. 14/6/89 n° 236 Superamento barriere architettoniche
- D.P.R. 303 Norme per l'igiene sul lavoro
- D.P.R. 698 Determinazione delle aziende e lavorazioni soggette, ai fini della prevenzione incendi, al controllo del Comando Corpo dei V.V.F.F.
- Decreto Ministeriale del 8/3/1985 Direttive urgenti prevenzione incendi
- Legge del 18/10/77 n° 791 Direttiva CEE relativa alle garanzie di sicurezza che deve possedere il materiale elettrico destinato ad essere utilizzato entro certi limiti di tensione .
- D.M del 15/12/78 Designazione del Comitato Elettrotecnico Italiano di Normalizzazione Elettronica ed Elettrotecnica
- Norma CEI 64-8 fasc. n° 1000 , e V3 , V6 Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000 V in c.a. e 1500 V in c.c.
- Norma CEI 11-1 Impianti di produzione trasporto e distribuzione di energia elettrica  
- Norme generali.
- Norma CEI 11-8 Impianti di messa a terra.
- Norma CEI 11-1 Impianti di produzione trasporto e distribuzione di energia elettrica  
- Norme generali.
- Norma CEI 11-17 Impianti di produzione trasporto e distribuzione di energia elettrica – Linee in cavo e relative varianti e/o supplementi.
- Norma CEI 17-5 Interruttori automatici per corrente alternata a tensione nominale non superiore a 1000V.
- Norma CEI 17-13/1 Apparecchiature costruite in fabbrica- (Quadri elettrici) per tensioni non superiori a 1000V
- Norma CEI 20-21 Calcolo delle portate dei cavi elettrici in regime permanente.
- Norma CEI 20-22 Prove di incendio sui cavi elettrici
- Norma CEI 20-35 Prove di resistenza al fuoco dei cavi elettrici.
- Norma CEI 20-38 Cavi isolati in gomma non propaganti l'incendio a basso sviluppo di fumi dei gas tossici e corrosivi. Tensione nominale  $U_0/U$  non superiore a 0.6/1kV.

- Norma CEI 23-8 Tubi protettivi rigidi e accessori.
- Norma CEI 64-8 Variante V1 fasc. n° 1049V Verifiche iniziali , ambienti ed applicazioni particolari
- Norma CEI 64-8 Variante V2 fasc. n° 1257V Ambienti a maggior rischio in caso d' incendio
- Norma CEI 64-2 e 64-2/A fasc. n° 1431-1432 Impianti elettrici nei luoghi con pericolo di esplosione
- CEI EN 62305-1: "Protezione delle strutture contro i fulmini. Parte 1: Principi Generali" Marzo 2006;
- CEI EN 62305-2: "Protezione delle strutture contro i fulmini. Parte 2: Gestione del rischio" Marzo 2006;
- CEI EN 62305-3: "Protezione delle strutture contro i fulmini. Parte 3: Danno fisico e pericolo di vita" Marzo 2006;
- CEI EN 62305-4: "Protezione delle strutture contro i fulmini. Parte 4: Sistemi elettrici ed elettronici interni alle strutture" Marzo 2006;
- CEI 81-3 : "Valori medi del numero dei fulmini a terra per anno e per kilometro quadrato dei Comuni d'Italia, in ordine alfabetico. Elenco dei Comuni." Novembre 1994;

### 6.5.3 Dati progettuali

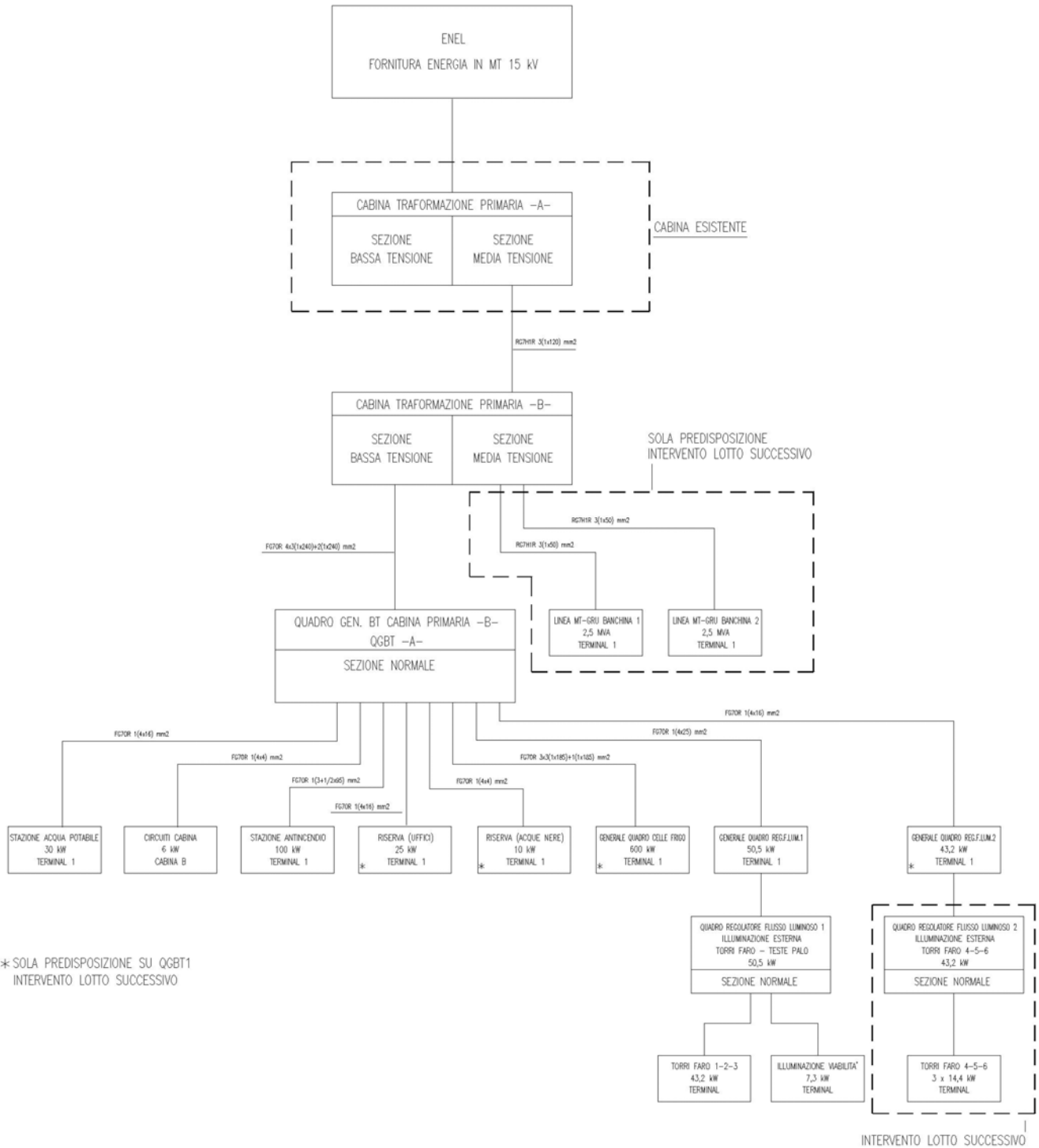
I dati progettuali si possono riassumere come di seguito indicato.

Dati	Descrizione	Note
TIPO DI INTERVENTO Progettazione Impianti elettrici	Vedi tavole ed allegati di progetto	/
LIMITI DI COMPETENZA	Dalla rete ENEL fino ai rispettivi quadri , alle prese a spina ed agli apparecchi di illuminazione relativi alla realizzazione.	/
DATI DELL'ALIMENTAZIONE ELETTRICA 1. Alimentazione ENEL 2. Punto di consegna 3. Tensione nominale e max. variazione 4. Frequenza nominale e max. variazione 5. Icc presunta nel punto di consegna 6. Stato del neutro 7. Sistema di distribuzione 8. Tensione nominale degli utilizzatori e delle apparecchiature BT.	Linea in cavo Contatore Enel Cabina di trasformazione 230/400 V $\pm$ 10% 50 $\pm$ 2% Hz 30 kA A terra TT 230/400 V	
MISURA DELL'ENERGIA		/
MAX. CADUTE DI TENSIONE NELLE CONDUTTURE	Motori a pieno carico:4% Motori in avviamento:4% Illuminazione:2% Prese a spina:4%	/
SEZIONI MINIME AMMESSE	Come da norme CEI	/
PRESCRIZIONI RELATIVE AD APPARECCHI E MOTORI	Norme relative	/

### 6.5.4 Caratteristiche generali dell'impianto

Nella realizzazione degli impianti, in osservanza alle disposizioni normative e di legge, è stata fatta particolare attenzione alla sicurezza delle persone, sia in relazione alla protezione contro i contatti diretti, sia alla protezione contro i contatti indiretti.

La struttura dell'impianto è riportata nel seguente schema a blocchi





Nel presente progetto è previsto solo il trasformatore MT-BT che è stato dimensionato anche per la fornitura delle future utenze di BT previste nel progetto generale.

La disposizione dei carichi all'interno del terminal rispecchia le planimetrie di progetto.

### **6.5.5 Protezioni**

Per la protezione dei contatti indiretti si è attuata la condizione prevista (CEI 64-8 Art. 5.4.07):

$$I_a R_a \leq 50 \text{ V.}$$

- $I_a$  equivale numericamente alla corrente, in Ampere, che provoca il funzionamento automatico del dispositivo di protezione;
- $R_a$  è pari alla somma della resistenza del dispersore dell'utilizzatore e dei conduttori di protezione delle masse;

Con riferimento a  $I_a$ : se si considerano valvole a fusibile o dispositivi a tempo inverso è la corrente d'intervento entro 5s; se si considerano dispositivi di protezione contro le sole sovracorrenti (interruttori di tipo magnetico) è necessario che sia superiore alla corrente d'intervento del dispositivo, in tal caso l'interruzione è pari al tempo d'intervento magnetico.

Se si considerano dispositivi differenziali la  $I_a$  è pari alla  $I_d$ .

Conseguentemente una volta verificate le  $I_{cc}$  minime verso terra, per soddisfare la condizione sopraccitata si è operato separando i circuiti per tutte le utenze tranne per l'impianto di messa a terra comune per tutti e come di seguito descritto:

- Interruttore magnetotermico a quattro poli come dispositivo di protezione generale a monte di tutte le linee in partenza installato nel Quadro Generale Bassa Tensione,  $I_n=1600\text{A}$ , 4P, curva C, e potere d'interruzione pari a 50 kA.

Da notare che i punti sopraccitati consentono di ottenere oltre che un'ottima protezione dai contatti indiretti e diretti sui circuiti anche un'ottima selettività d'intervento garantendo quindi un'ottima continuità di servizio nel caso di eventuali guasti.

### **6.5.6 Struttura quadri elettrici bassa tensione**

Tutte le opere di carpenteria (quadri elettrici) saranno di tipo, dimensione, caratteristiche meccaniche e finitura in accordo a quanto specificato negli elaborati grafici e nella descrizione delle opere della presente relazione.

In generale l'ingombro interno netto di ciascun quadro è atto a contenere tutte le apparecchiature specificate, rendendo inoltre agevole e sicuro l'accesso a tutte le apparecchiature in esso contenute e tutte le operazioni di normale manutenzione.

L'esecuzione è tale da assicurare le protezioni contro contatti con oggetti metallici e piccoli oggetti estranei (grado di protezione IP40 secondo le norme IEC e grado di protezione IP65 per i quadri posti all'esterno della struttura).

I quadri installati nei locali sono equipaggiati con interruttori generali di tipo magnetotermico differenziale, e interruttore magnetotermico a protezione per le singole linee di alimentazione torri faro esterne e impianto illuminazione stradale, stazione acqua potabile, stazione antincendio, circuiti cabina elettrica, quadro celle frigo, riserva uffici, riserva acque nere. L'interruttore di partenza del quadro è di tipo automatico magnetotermico come indicato negli schemi.

I dati tecnici di riferimento per la costruzione del quadro sono:

- tensione e frequenza nominali 220/230-380/400--50Hz
- tensione di riferimento 500 V
- corrente ammissibile di breve durata (vedere schemi di progetto)
- grado di protezione interno IP.40
- grado di protezione esterno IP.65

I quadri sopra descritti saranno forniti completi di :

- indicazione di presenza di tensione;
- indicazione di posizione degli interruttori;
- indicazione per l'allacciamento dei cavi di potenza;
- morsettiere tipo componibile antiallentanti per l'allacciamento dei cavi di comando di segnalazione;
- apparecchi di sezionamento e dispositivi di protezione;
- numerazione dei conduttori, dei morsetti e siglatura degli apparecchi interni al quadro
- calotte isolanti per i morsetti ed i punti di connessione in tensione a pannelli di chiusura asportabili;

- supporti di base per il montaggio a pavimento o relativi accessori di fissaggio a muro;

Per il dimensionamento delle condutture elettriche si è tenuto conto delle condizioni generali di protezione dalle sovracorrenti secondo la Norma CEI 64-8. Al fine di evitare che la temperatura dei cavi superi il valore ammissibile (in condizioni di sovraccarico) sono soddisfatte le condizioni seguenti:

$$(1) I_b \leq I_n \leq I_z$$

$$(2) I_k \leq 1,45 I_z$$

dove con  $I_b$ ,  $I_n$ ,  $I_z$  e  $I_k$  si intendono rispettivamente la corrente d'impiego del conduttore, la corrente nominale dell'apparecchio di protezione, la portata del cavo e la corrente di sicuro intervento dell'interruttore.

Inoltre i conduttori sono protetti anche dal corto circuito e in tal caso si devono rispettare le seguenti condizioni:

- la corrente nominale degli interruttori ( $I_n$ ) deve essere superiore alla corrente d'impiego ( $I_b$ ) della linea elettrica (condizione imposta anche per la protezione da sovraccarico);
- $I_{cs} \geq I_{cc}$  : il potere di interruzione ( $I_{cs}$ ) dell'apparecchiatura di protezione deve essere maggiore o eguale alla corrente presunta di cortocircuito ( $I_{cc}$ ) proprio nel punto in cui è installato l'apparecchio;
- $I^2 t \leq k^2 S^2$  : l'energia specifica passante dell'interruttore ( $I^2 t$ ) deve essere minore o al massimo eguale all'energia sopportabile dal conduttore ( $k^2 S^2$ ).
- Una volta nota la potenza attiva ( $P$ ) assorbita dalle singole utenze, la tensione di esercizio (230V/220V) ed il fattore di potenza ( $\cos\varphi$ ), si ricava la corrente d'impiego per i vari carichi secondo le relazioni seguenti:

$$\text{Circuiti monofasi } I_B = \frac{P}{V \cdot \cos\varphi} \quad (220V/50Hz)$$

$$\text{Circuiti trifase } I_B = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot V \cdot \cos\varphi} \quad (380V/50Hz)$$

Al fine di garantire la protezione da eventuali contatti indiretti sono previsti, in combinazione agli interruttori magnetotermici, gli interruttori differenziali con correnti differenziale ( $I_{dn}$ ) nominale d'intervento di 0,03 A. I relè differenziali costituiscono una protezione addizionale, il loro utilizzo è infatti subordinato alla presenza dell'impianto di terra, tuttavia la loro caratteristica d'intervento accresce notevolmente la sicurezza nella protezione dai contatti diretti.

L'ubicazione e la tipologia dei quadri elettrici è evidenziata nelle relative tavole ed allegati di progetto.

La disposizione dei carichi all'interno dello stabile rispecchia la planimetria di progetto.

Considerando le potenze assorbite stimate per le varie utenze, le lunghezze dei vari tratti di distribuzione, una temperatura media ambiente di 30°C, un sistema di collegamento a terra TT, il tipo di posa dei cavi (in tubi flessibili serie pesante), il tipo di cavi (isolamento in gomma G7, materiale conduttore in rame, una temperatura massima a regime del cavo di 90°C, temperatura massima in corto circuito di 250°C, cavi del tipo multipolare flessibile FG7(0)R (CEI 20-37, CEI 20-22 II/ CEI 20-13 ) e/o unipolari NO7V-K (CEI 20-22 II – Tabella UNEL 35752) non propaganti gli incendi e a ridotta emissione di gas corrosivi], è possibile valutare le cadute di tensione massime ( $\Delta V$ ), la sezioni (S) dei conduttori di fase (F), di neutro (N) e di protezione ( $K^2 S^2$ ) dai conduttori.

Si evidenzia che le sezioni dei conduttori di neutro sono state scelte secondo le indicazioni della Norma CEI 64-8/5 art.524.2 e 524.3, e quelle dei conduttori di protezione della Norma CEI 64-8/5 art.543.1.4. Le sezioni dei conduttori di fase sono conformi alla Norma CEI 64-8/5 per quanto concerne i limiti di caduta di tensione ammissibili.

### **6.5.7 Impianto di illuminazione**

#### **Illuminazione generale**

L'illuminazione ordinaria artificiale è prevista per poter dotare le zone oggetto di intervento del necessario livello di illuminazione, rispettando dove necessario la tonalità e la resa cromatica raccomandata dalle Norme UNI in vigore.

I corpi illuminanti, come indicato nelle relative tavole di progetto, sono:

- Torre faro a doppia corona mobile, ciascuna dotata di n.15 proiettori con n.2 lampade da 400W ciascuno.
- Armatura stradale corredata di lampada SAP da 400W.
- Plafoniere in materiale plastico dotate di tubo fluorescente di potenze come da elaborati planimetrici, per i restanti ambienti interni.

Il grado di illuminamento è calcolato col metodo punto a punto tramite l'equivalenza

$$E_p = \frac{L_p \times klm \times \cos^3 \alpha}{h^2}$$

dove:

- $E_p$  è l'illuminamento in lux in un punto;
- $L_p$  è l'intensità in candele riferite ad 1000 lumen determinata sul solido fotometrico in riferimento al punto in esame;
- $klm$  esprime il flusso luminoso della lampada;
- $\cos^3\alpha$  è la terza potenza del coseno dell'angolo formato dalla verticale dell'apparecchio in esame con la retta che passa per il punto in esame;
- $h^2$  è il quadrato dell'altezza d'installazione dell'apparecchio.

Per la caratterizzazione degli ambienti si è scelto un coefficiente di riflessione caratteristico di pareti e soffitti chiari ed un piano beige chiaro sul pavimento.

Per le aree esterne verranno utilizzati coefficienti tipici delle pavimentazioni stradali.

Nelle aree esterne onde evitare l'alternanza dell'accensione dei corpi illuminanti mezzanotte/tuttanotte si è scelto l'utilizzo di un Quadro Regolatore di flusso elettromeccanico controllato con elettronica a microprocessore tipo ESMA N060 LB/A, in armadio con apparecchiature elettriche per alimentazione, stabilizzazione e regolazione della potenza di impianti di illuminazione.

Il contenitore è un armadio in vetroresina , idoneo anche per l'installazione all'esterno e di dimensioni esterne pari a mm 845x1150x450.

Il sistema di ancoraggio alla fondazione è realizzato con piastre e relativi bulloni di serraggio.

Il quadro elettrico di regolazione del flusso luminoso è realizzato su pannello con le seguenti apparecchiature:

- N°1 interruttore generale magnetotermico curva D completo di sganciatore a lancio di corrente;
- N°1 portafusibile sezionabile unipolare con fusibile di protezione dei circuiti ausiliari;
- N°1 relè differenziale toroidale tipo a doppio intervento autoripristinante, con regolazione della sensibilità e del tempo di intervento;
- N°1 interruttore crepuscolare ritardato;
- N°1 selettore a tre posizioni per l'accensione in automatico o manuale dell'impianto;
- N°3 lampade spia per la segnalazione di: presenza rete, impianto acceso e situazione di regolatore escluso (BY PASS);
- N°4 Interruttori magnetotermici di protezione linee uscita (circuito torre faro 1-2-3 e circuito illuminazione stradale).
- Il regolatore di potenza è composto con i seguenti materiali ed apparecchiature:

- N°3 gruppi di potenza monofasi indipendenti (Variatori motorizzati + trasformatori booster) per la regolazione e stabilizzazione, collegati elettricamente tra di loro a stella in modo da formare un gruppo trifase funzionante a 380 V + neutro;
- N°1 interruttore tripolare magnetotermico curva D per protezione dei circuiti di potenza del regolatore;
- N° 10 morsetti portafusibili e relativi fusibili per la protezione delle tensioni di riferimento;
- N° 1 contattore tripolare per alimentazione impianto;
- N° 1 contattore tripolare di By-Pass per esclusione del regolatore;
- N° 1 contattore tripolare di alimentazione gruppi di regolazione;
- N° 1 temporizzatore elettronico per attivazione sistema di By Pass;
- N° 1 selettore a due posizioni per l'esclusione manuale del regolatore (BY-PASS);
- N° 4 relè 12Vd.c. per gestione funzioni di uscita del controllo elettronico;
- N° 2 relè 230Va.c. per circuiti ausiliari;
- N° 3 trasformatori amperometrici 250/5A;
- N° 1 trasformatore voltmetrico trifase;
- N° 1 trasformatore isolamento toroidale per alimentazione controllore elettronico;
- N° 1 controllore elettronico a Microprocessore, per la gestione ed il controllo continuo delle funzioni del regolatore.

Il controllore elettronico è realizzato in contenitore tipo modulare, costituito da due schede aventi le seguenti funzioni:

- Scheda CPU: dove sono allocati due microcontrollori, adibiti rispettivamente ad analizzatore di rete (misuratore) e alla gestione del controllore attraverso ingressi digitali, analogici, porte seriali RS232 e RS485 e gli stadi di ingresso (voltmetrici e amperometrici) dell'analizzatore di rete.
- Scheda DRIVERS: per il controllo dei variatori motorizzati;

## FUNZIONI PRINCIPALI

- Controllo indipendente delle tre fasi
- Timer interno per la programmazione di 4 diversi cicli di riduzione giornalieri
- By Pass automatico per l'esclusione del regolatore in caso di funzionamento anomalo (mancanza fase o mancata stabilizzazione).

- Funzione No Break automatica per l'esclusione del regolatore senza interruzione del servizio, in caso di funzionamento anomalo momentaneo o manutenzione.
- Analizzatore di rete integrato in grado di misurare e memorizzare le seguenti grandezze elettriche:
  - Tensioni ingresso;
  - Tensioni uscita;
  - Correnti sulle tre fasi;
  - Potenza assorbita sulle tre fasi attiva, reattiva e apparente;
  - Fattore di potenza delle singole fasi;
  - Energia assorbita a partire dall'ultimo reset eseguito
  - Possibilità di impostare un range ammesso per ogni grandezza elettrica.
- Accesso remoto integrato con modem GSM opzionale, con possibilità di gestione del regolatore ed acquisizione delle registrazioni impostate.
- Orologio astronomico integrato: è possibile sincronizzare l'accensione e lo spegnimento dell'impianto con l'alba e il tramonto reali.
- Possibilità di poter variare da tastiera, entro i ranges previsti, sia la durata che il valore delle tensioni di avviamento/stabilizzazione/riduzione in modo da poter modificare a piacimento e per particolari esigenze, i quattro diversi cicli.
- Due ingressi analogici e tre relè di uscita per la gestione di sensori di luminanza (max 2) per applicazioni in galleria o capannoni industriali.
- 3porte seriali RS485 per interfacciamento con sistemi esterni basati sul protocollo MODBUS RTU
- 1porte seriali RS232 rispettivamente per interfacciamento con PC e collegamento modem.

## FUNZIONAMENTO DEL REGOLATORE

Durante la fase di accensione dell' impianto la tensione, e di conseguenza la corrente, viene parzialmente limitata per un tempo di 0÷20'(settabile) al fine di consentire un più regolare riscaldamento delle lampade, dopo l'avviamento la tensione raggiunge il valore previsto nei 4 livelli legati ad orario

In tutte le condizioni di funzionamento (avviamento - stabilizzazione - riduzione), la tensione è stabilizzata entro i limiti del +/- 1 % dei valori di tensione impostati nel programma.

La forma d'onda della tensione non presenta alcuna distorsione aggiuntiva in quanto il sistema si basa sul principio della somma o sottrazione di due tensioni sinusoidali. La stabilizzazione viene ottenuta senza l'ausilio di contatti mobili in serie alla linea di alimentazione, né di induttanze variabili o commutatori e relè nella parte di regolazione della potenza.

### **6.5.8 Impianto di terra**

Il metodo di collegamento a terra degli impianti presenti nelle strutture in esame è subordinato al tipo di sistema di distribuzione che, in questi impianti, è di tipo TT, secondo quanto prescritto dalle Norme CEI 64-8/3 art.312.2.2.

L'impianto di terra di protezione delle masse deve essere unico per l'intero manufatto (CEI 64-8/4 art. 13.1.4.1). Inoltre la resistenza di terra dell'impianto deve soddisfare la relazione seguente:

$$Ra * I_{dn} \leq 50 \quad (\text{CEI 64-8/4 art. 413.1.4.2})$$

dove con  $Ra$  e  $I_{dn}$  si indicano, rispettivamente, la somma delle resistenze dei conduttori di protezione con quelle del dispersore (circa eguale alla resistenza di terra del dispersore) e la più elevata tra le correnti differenziali d'intervento degli interruttori differenziali installati.

Tutti i componenti presenti soddisfano le dimensioni minime al fine di resistere ai fenomeni di corrosione e di avere una adeguata resistenza meccanica (CEI 64-8/5 art. 542.2.3).

I conduttori equipotenziali supplementari dovranno collegare al nodo di terra qualsiasi tubazione o carcassa 'metallica' appartenente alla struttura; il tutto nel rispetto delle norme CEI 64-8/4 art. 413.1.2.1 e 64-8/5 art. 547.1.1.

### **6.5.9 Cabina trasformazione media tensione / bassa tensione**

La cabina elettrica di trasformazione prevista in progetto dovrà possedere le seguenti specifiche realizzative.

Le celle di media tensione e l'intervento nella cabina MT/BT dovranno soddisfare quanto richiesto dal DK 5600 ultima revisione all'atto dell'installazione e CEI 0-16.

In particolare dovranno essere soddisfatte le seguenti leggi o delibere e prescrizioni ENEL legge 81/2008 e successive modifiche

- DM 6/4/2000 CEI 11-1
- DPR n. 462 del 22/10/01 CEI 11-20 DG 10051
- Del. AEEG 04/04 CEI 11-35 DG 10061



- Del. AEEG 247/04 CEI 11-37 DG 2091
- CEI 64-8
- CEI EN 50110 1-2
- CEI EN 50160 DV 1500
- CEI EN 60044-1 DV 1501 A
- CEI EN 60044-2
- CEI EN 60271-200 R EMC 01
- CEI EN 60282-1 R CLI 01
- CEI EN 60309-2
- CEI EN 60947-4-1
- CEI EN 61000-4-30
- CEI EN 61000-6-2
- CEI EN 61000-6-4
- CEI EN 62040-1- 1

La misura dell'energia verrà eseguita in media tensione, rilevando le grandezze nell'impianto di consegna.

In conformità alle disposizioni ENEL in materia, la cavetteria secondaria dei circuiti di misura dovrà essere protetta, nel tratto dal locale di consegna a quello di misura, con tubo flessibile d'acciaio rivestito esternamente con guaina in PVC. Ogni tubo deve avere alle estremità opportuni dispositivi atti ad impedire lo sfilamento dal contenitore a cui è connesso.

All'interno del locale nel quale è ubicato il gruppo di misura, i tubi devono essere fissati a vista sulle pareti.

La tensione di riferimento per l'isolamento delle apparecchiature costituenti la sezione ricevitrice e per l'isolamento del cavo di collegamento è di 24 kV (TV inclusi).

L'impianto deve essere rispondente alla vigente legislazione antinfortunistica ed alle norme del Comitato Elettrotecnico Italiano (CEI).

#### **6.5.9.1 Sistema di Protezione generale**

La linea MT ENEL che alimenta il cliente è dotata in partenza di protezioni di massima corrente e contro i guasti a terra. ENEL non installa alcun dispositivo di protezione presso i clienti.

Al fine di evitare che guasti interni all'impianto del cliente abbiano ripercussioni sull'esercizio della rete ENEL, dovrà essere installato un sistema di protezione generale di massima corrente e contro i guasti a terra.

Il sistema di protezione generale è composto da relé alimentati da riduttori di corrente e di tensione.

Esso, nella sua globalità, deve essere in grado di funzionare correttamente in tutto il campo di variabilità delle correnti e delle tensioni che si possono determinare nelle condizioni di guasto per le quali è stato previsto.

L'esercizio della rete di media tensione di ENEL avviene con neutro connesso a terra tramite impedenza (neutro compensato).

In ogni caso, poiché ENEL, durante il normale esercizio della propria rete a neutro compensato può cambiarne, senza preavviso, lo stato del neutro (ad es. brevi passaggi da neutro compensato a neutro isolato per manutenzione delle impedenze o di altri componenti del sistema di messa a terra del neutro MT, oppure per misura delle correnti capacitive di guasto a terra della rete MT), è necessario che le protezioni per i guasti a terra di cui è dotato l'impianto in oggetto siano sempre in grado di funzionare correttamente, a prescindere dallo stato del neutro.

Il sistema di protezione generale, previsto dalla DK 5600 ultima edizione deve essere costituito da:

- a) un relé di protezione dichiarato conforme all'allegato PG secondo quanto indicato al par. 6.2.3 del DK 5600 alimentato da:
  - o riduttori di corrente (TA di fase) conformi alle prescrizioni riportate al par. 6.3.1 del DK 5600 ;
  - o riduttore di corrente omopolare (TAT) conforme alle prescrizioni riportate par. 6.3.2 del DK 5600 che deve comunque aver superato positivamente la prova funzionale (effettuata presso il costruttore di relé/TAT/quadrante) riportata in alleg. TAT con un qualunque relé dichiarato conforme all'allegato PG) ;
  - o eventuali riduttori di tensione (TV) conformi alle prescrizioni riportate al par. 6.3.3 del DK 5600 ;
- b) un relé di protezione dichiarato conforme all'allegato PG secondo quanto indicato al par. 6.2.3 del DK 5600, alimentato da TA di fase ed omopolari in una precisa configurazione utilizzata nel quadro elettrico (ad es. con un determinato relé dichiarato conforme, TA e/o TAT con prestazioni minori (ma comunque non minore di 1 VA per il TAT abbinato ad una protezione 67 N o 0,5 VA per il TAT abbinato

esclusivamente ad una protezione 51 N) rispetto a quelle indicate nell'allegato TA e/o TAT tenendo conto della lunghezza dei cavi di collegamento). In questo caso è necessario che il costruttore di relé/TA(T)/quadrista, effettui le prove funzionali, da rendere disponibili ad ENEL, e autocertifichi la rispondenza alle presenti prescrizioni del "sistema", identificandolo in maniera inequivocabile;

- c) un relé alimentato da trasformatori di corrente o di tensione anche non tradizionali. In questo caso è necessario che il sistema costituito dal relé e dai trasformatori abbia prestazioni almeno pari (in termini di errore e tempi di eliminazione del guasto) a quelle che si ottengono mediante l'utilizzo di TA e TV prescritti e relé dichiarati conformi. La dichiarazione di conformità alla DK 5600 ed. V, secondo le modalità riportate nell'allegato PG, deve riferirsi esplicitamente a tutto il sistema di protezione (relé e riduttore di corrente ed eventuale riduttori di tensione), deve identificarlo in maniera inequivocabile e deve essere prodotta da un organismo certificato EN 45011 o EN ISO/CEI 17020.

La Protezione Generale è sempre costituita almeno da una protezione 51 (massima corrente ritardabile a due soglie) e da una protezione 51 N (massima corrente omopolare). Poiché una delle due soglie 51 viene utilizzata senza ritardo intenzionale, nel seguito ci si riferirà a tale soglia come 50 ed a quella ritardata come 51.

La protezione 51 N, qualora l'estensione della rete in cavo del cliente sia superiore a 350 m con tensione di alimentazione pari a 20 kV ed a 460 m con tensione di alimentazione pari a 15 kV, sarà integrata da una protezione 67 N (direzionale di terra); in tal caso i guasti monofase a terra all'interno dell'impianto del cliente vengono eliminati dalla protezione 67 N, mentre la 51 N è dedicata alla eliminazione rapida di guasti doppi monofase che coinvolgano l'impianto stesso. La protezione di massima corrente deve essere realizzata mediante relé di tipo bipolare a due soglie di intervento (azionanti l'interruttore).

Le protezioni di massima corrente e di massima corrente omopolare e l'eventuale protezione direzionale di terra devono avere caratteristiche non inferiori a quelle riportate in allegato PG per quanto rispettivamente applicabile. Il relé deve essere dichiarato conforme alla DK 5600 ed. V da un organismo certificato EN 45011 o EN ISO/CEI 17020. Tutte le suddette protezioni devono essere alimentate da trasformatori di corrente e tensione conformi a quanto riportato nel par. 6.3 del DK 5600.

La taratura della protezione generale dipende dalle caratteristiche dell'impianto in oggetto e della rete ENEL di alimentazione. I valori di taratura della protezione generale sono quelli

comunicati da ENEL al cliente ed inseriti nel presente progetto e comunque dovranno essere verificati al momento dell'installazione dall'appaltatore.

#### **6.5.9.2 Trasformatore da 1250 kva – 15000/400 v**

Nelal cabina di trasformazione per l'aleimentazione di tutte le utenze in BT, sia attuali che future, è prevista l'installazione di un trasformatore da 1250 kVA in resina di produzione italiana: IEC 726/CEI 14-8.

##### **NUCLEO**

Il nucleo del trasformatore è costruito con lamierino magnetico a grani orientati ad alta permeabilità magnetica e a perdite specifiche isolati in ambo i lati da un sottile spessore di materiale inorganico (Carlyte).

Il taglio e la composizione è del tipo a 45° a giunti intercalati con metodo "Step Lap" in modo da ridurre le perdite a vuoto, la corrente a vuoto e la rumorosità del trasformatore.

Il numero di gradini e il valore di induzione sono ottimizzati in funzione della potenza del trasformatore.

Il serraggio è ottenuto da profili in acciaio zincato opportunamente dimensionati in grado di garantire robustezza e staticità adeguate per tutte le sollecitazioni derivanti dalle operazioni di trasporto e scarico, dagli sforzi elettrodinamici e dalle installazioni più difficili.

##### **AVVOLGIMENTO DI BASSA TENSIONE**

Gli avvolgimenti di bassa tensione coassiali alla colonna del nucleo sono realizzati mediante lastra di alluminio in classe F impregnato con vernici F o H sotto vuoto ad altissima cementazione che conferisce alla bobina un ottimo isolamento e tenuta meccanica. La connessione tra il foglio di alluminio dall'avvolgimento e la sbarra del terminale viene fatta mediante saldatura automatica.

I terminali degli avvolgimenti ancorati meccanicamente, risultano pratici, compatti e facilmente accessibili.

##### **AVVOLGIMENTO DI MEDIA TENSIONE**

Gli avvolgimenti di media tensione sono costituiti da una serie di bobine sovrapposte e collegate secondo lo schema richiesto.

Utilizzando macchine automatiche che interavvolgono della bandella di alluminio con dei film di isolante in classe F viene garantito l'allineamento, la tensione di tiro dei due componenti e l'esatto numero di spire.

La resina usata per incapsulare gli avvolgimenti è di tipo epossidico con carica di silicio e altri additivi.

Viene preparata con turbo miscelatori sotto vuoto ed in temperatura controllata.

La colata viene fatta a valori di vuoto inferiori ad 1 mBar per eliminare qualsiasi intrusione di gas.

Il ciclo di polimerizzazione, controllato e registrato via software, viene effettuato a due valori diversi di temperatura per garantire una corretta gelificazione e quindi polimerizzazione.

La bobina di alta tensione dei trasformatori deve garantire quindi un'ottima resistenza alle variazioni di carico e sbalzi di temperatura ambiente, un'ottima resistenza a tutte le sostanze aggressive ed un ottimo comportamento al fuoco.

A differenza degli avvolgimenti tradizionali, fatti con avvolgimenti in filo, gli avvolgimenti fatti con bandelle di lastra hanno un livello di scariche parziali inferiore ai 10 pC, e resistono meglio agli sforzi assiali dovuti al corto circuito, con maggiore isolamento fra spire e quindi estrema sicurezza elettrica.

La regolazione della tensione primaria è ottenibile direttamente sulla bobina mediante lo spostamento di una piastra in ottone nichelato secondo lo schema indicato.

Il collegamento fra le bobine può essere fatto in tubo di rame isolato o mediante cavo di media tensione.

### **6.5.9.3 Accessori della cabina**

#### **Pulsante di emergenza**

All'esterno dell'edificio cabina dovrà essere posto un pulsante di apertura dei sistemi elettrici entro cassetta stagna con grado di protezione IP55, con portina di vetro frangibile antiscaglia, serratura a chiave e martelletto di frattura con catenella e supporto fissato a parete.

Tale dispositivo di emergenza a rottura di vetro a disposizione dei VV.FF e sarà comunque ubicato in luogo non accessibile al pubblico.

Pertanto è prevista la fornitura e posa in opera di pulsante di emergenza da parete sottovetro, con grado di protezione IP55, dotato di pulsante 3 A - 250 V, con contatto NA e contatto NC, completo di martello frangi vetro.

Gli sganci elettrici riguarderanno:

- L'alimentazione MT 15 kV dell'ENTE fornitore;
- L'alimentazione BT 400 V dell'ENTE fornitore;
- UPS.

### Barriera tagliafiamma

E' prevista la creazione di barriera tagliafiamma all'uscita della sala gruppo misure Enel. Saranno utilizzati cuscini antincendio formato da sacchetti rettangolari in tessuto minerale riempito con una combinazione di materiali in granuli che si espandono per l'azione del calore e diventano un blocco solido resistente al fuoco REI 120 sul lato di 18 cm (relazione di prova CSI) e REI 180 sul lato 34 cm (relazione di prova CSI). Il prodotto privo di sostanze intumescenti, non si degrada per l'azione dell'umidità.

### Schema elettrico dell'impianto

Secondo quanto previsto dalle norme CEI 11-1 e dal DPR 547/55 e successive varianti nelle cabine elettriche dovranno essere esposti gli schemi dell'impianto elettrico relativo. Tale schema dovrà essere esposto e dovrà essere realizzato in formato non inferiore ad A1 riprodotto su supporto plastificato entro teca in vetro o perspex; il fondo del quadro così ottenuto dovrà essere facilmente removibile e reinseribile onde consentire l'aggiornamento e/o la sostituzione dello schema medesimo.

### Sirena ottico acustica

All'esterno della cabina MT/BT sarà installata una sirena ottico-acustica che dovrà essere comandata dalla centralina termometrica di protezione del trasformatore MT/BT. Tale sistema permetterà l'avviso all'esterno di eventuali segnalazioni di malfunzionamento del trasformatore connessa alla centralina termometrica.

Il sistema di sirena ottico acustica fungerà anche da allarme che evidenzierà immediatamente la mancanza della alimentazione normale ed il passaggio a quella di emergenza al fine di consentire il sollecito avvio degli opportuni interventi per il tempestivo ripristino dell'alimentazione ausiliari.

### Segnaletica antinfortunistica

I segnali di pericolo, divieto, obbligo, etc, dovranno avere le seguenti caratteristiche:

- dovranno essere in materiale resistente all'aggressività dell'ambiente in cui sono esposti (agenti atmosferici, umidità, acidi, etc.);
- porteranno oltre al simbolo (di pericolo, di divieto, di obbligo, etc,) anche la scritta esplicativa;
- dovranno essere conformi al DPR N.524 del 8/6/82 relativo alla segnaletica di sicurezza per tutto quanto in esso è previsto (simboli, colori, dimensioni, etc);
- dovranno essere affissi esclusivamente mediante viti o rivetti; non sono pertanto ammessi i tipi autoadesivi.

- I cartelli saranno:
  - divieto d'ingresso;
  - divieto d'uso di acqua nello spegnimento degli incendi;
  - alta tensione e del livello di tensione;
  - targa nella quale devono essere indicati gli elementi di identificazione della cabina o della sala;
  - cartello su cui siano indicate le misure da adottare in caso di infortuni da elettrolocazione

#### Guanti isolanti

All'interno della cabina dovranno essere collocati guanti in gomma naturale vulcanizzata a 5 dita a forma anatomica senza soluzione di continuità. Che dovranno rispondere alle seguenti caratteristiche:

- misura: 10;
- lunghezza: cm 36;
- tensione prova: kV 30;
- corrente massima di dispersione alla tensione di prova: mA 20;
- tensione minima di perforazione: kV 40.

I guanti dovranno essere di tipo approvato dall'ISPESL e dovranno essere provvisti di marchiatura indelebile. Dovranno essere riposti entro apposita custodia in metallo verniciato, fissata a parete e provvista di scritta esplicitrice del contenuto e di riserva di talco.

#### Pedana isolante per celle e dispositivi mt e trasformatori

Le pedane dovranno essere di tipo per interno costituita da una piattaforma in materiale isolante rinforzato. Dovrà avere le seguenti caratteristiche:

- altezza non inferiore a 0.25m
- tensione di esercizio: 20 kV
- tensione di prova: 40 kV

La pedana per dimensioni e altre caratteristiche dovrà essere del tipo approvato dall'ISPESL e dovrà essere provvista di marchiatura indelebile.

#### Fioretto isolante di salvataggio

Il fioretto isolante, da impiegare in caso di incidente per il recupero della persona folgorata, dovrà essere di tipo per interno, costituito da un tubo in resina poliesteri stratificato o alluminio rinforzato con fibre di vetro. Dovrà essere munito di impugnatura e paramano in gomma nonché di gancio isolante.

Dovrà avere dimensioni non inferiori a:

- diametro: 32 mm
- lunghezza: 2 m

Dovrà essere di tipo approvato dall'ISPESL e dovrà essere provvisto di marchiatura indelebile.

Dovrà essere appeso a parete all'apposito gancio di cui dovrà essere corredato di:

- leve interruttori
- manuali istruzione apparecchiature



## **7 CALCOLI STATICI MANUFATTI**

### **7.1 Cabina Elettrica**

#### **7.1.1 Premesse**

La cabina elettrica prevista in progetto verrà realizzando una struttura prefabbricata in c.a.v. dimensioni interne 15.00 m x 5.90 m x h= 3.00 m costituita da:

- N° 01 LOCALE GRUPPO ELETTROGENO :
- N° 01 LOCALE TRASFORMATORE A QUADRO MT GRU
- N° 01 LOCALE CABINA TRASF . MT-BT
- N° 01 LOCALE RIPOSTIGLIO
- N° 01 LOCALE CONTATORI

Il manufatto dovrà essere dimensionato per resistere all'applicazione, sul piano di pavimentazione, un carico uniformemente distribuito non inferiore a 500 kg/mq + 3000 Kg concentrati in mezzeria.

Il manufatto dovrà essere realizzato in uno stabilimento dotato di sistema produttivo in regime di qualità certificato secondo le norme ISO 9001:2000 con produzione in stabilimento in "serie dichiarata" con attestazione del Servizio Tecnico Centrale del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici, che pertanto dovrà fornire il progetto esecutivo dei manufatti ai sensi della vigente normativa nazionale DM 14.01.2008 - "Norme tecniche per le costruzioni" (NTC2008) - ed alla relativa Circolare esplicativa 2/02/2009, n. 617.

Il carico massimo comunicato dal manufatto sul piano di fondazione è pari a 30 kN/m<sup>2</sup>.

In progetto al fine di adeguare le caratteristiche dei terreni di fondazione ai carichi trasmessi dal manufatto è stata prevista l'esecuzione di un intervento di consolidamento costituito da colonne di ghiaia e rilevato di precarico.

Per maggiori chiarimenti sull'intervento di consolidamento previsto e per le verifiche della fondazione della cabina elettrica si rimanda all'elaborato specialistico di progetto.

## 7.2 Serbatoio acqua potabile e industriale

### 7.2.1 Premesse

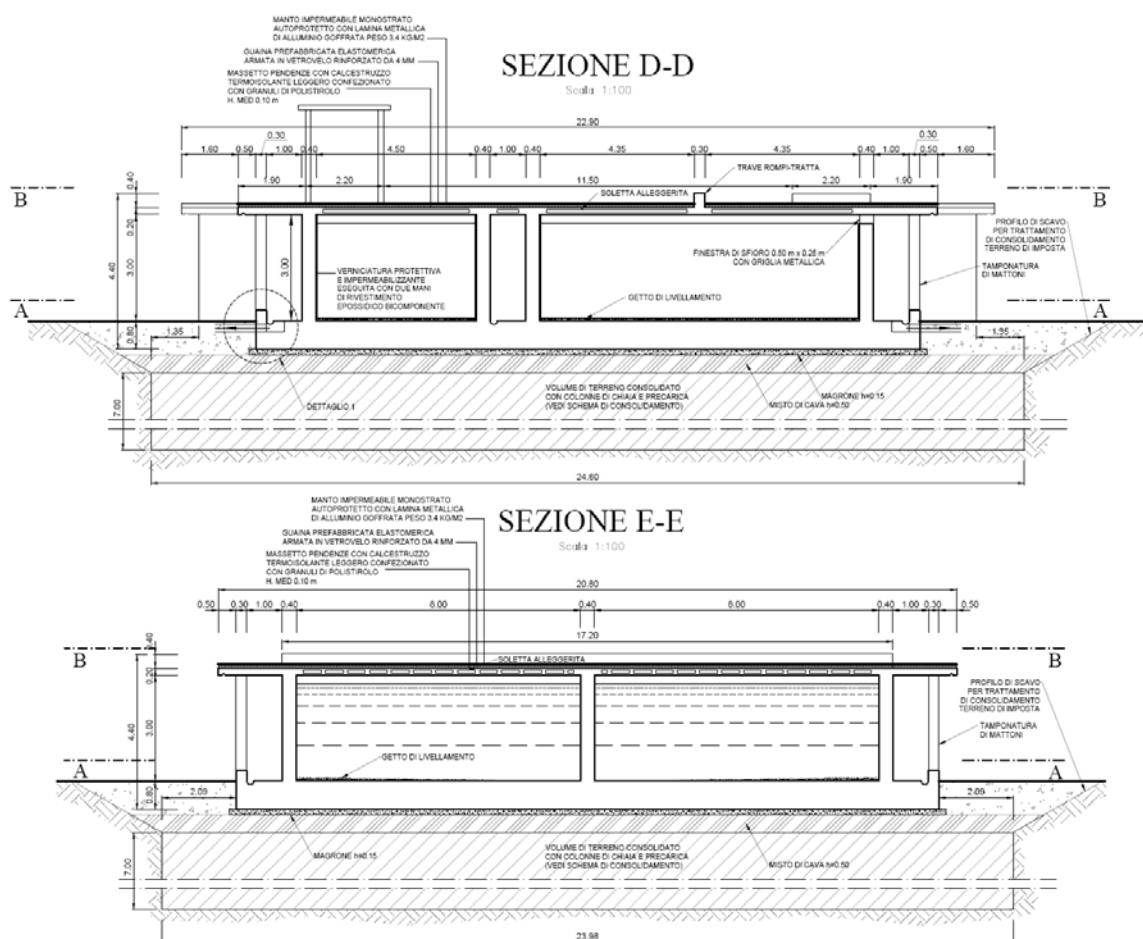
Di seguito sono riportate le verifiche degli elementi strutturali dell'edificio destinato a serbatoio acqua potabile e industriale.

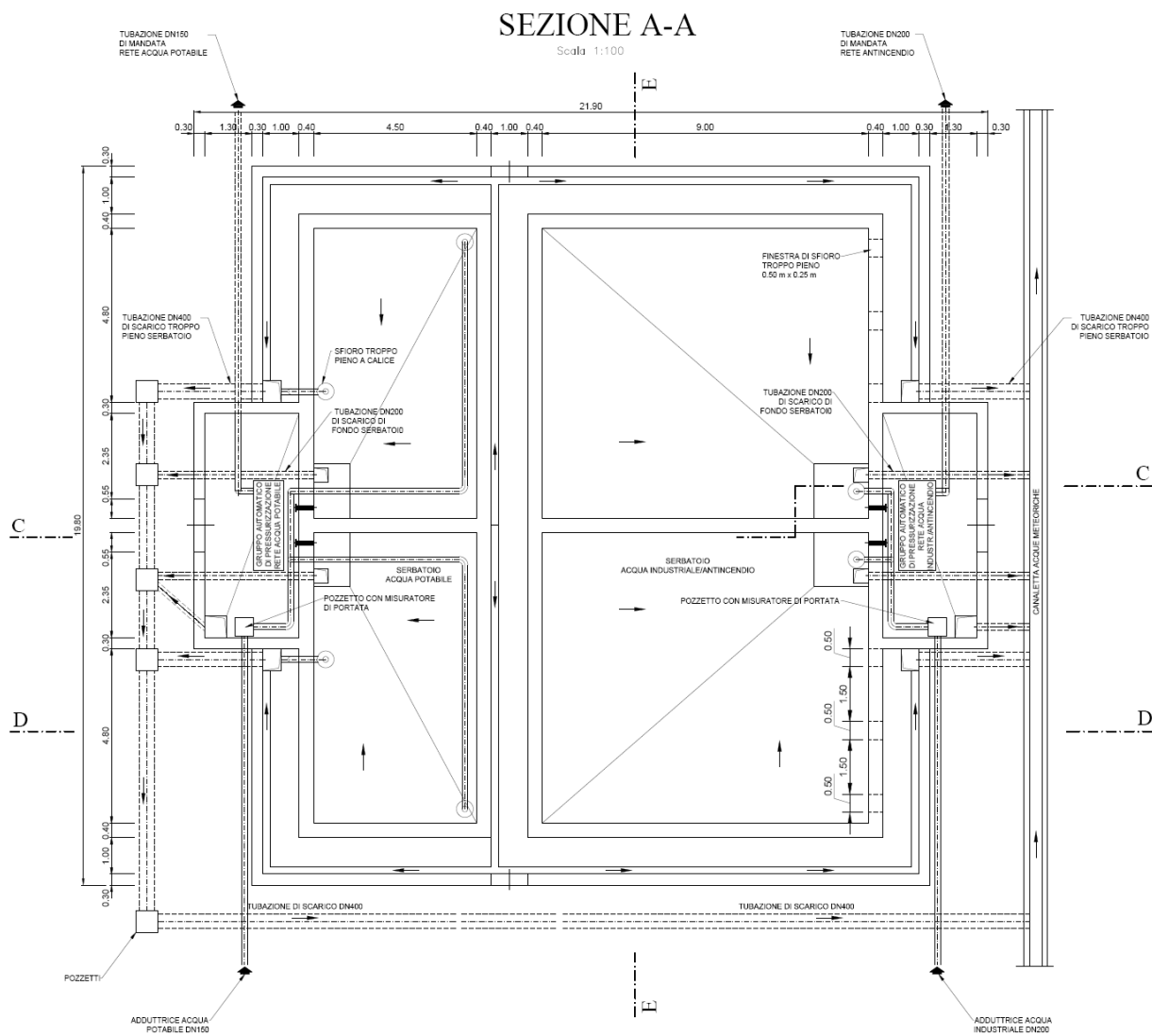
Al fine di migliorare le caratteristiche di portanza dei terreni di fondazione del manufatto è stata prevista la realizzazione di un intervento di consolidamento dello strato superficiale meno consistente con colonne di ghiaia e rilevato di precarico.

Per maggiori chiarimenti sull'intervento di consolidamento previsto e per le verifiche della fondazione si rimanda alla relazione specialistica di progetto.

L'edificio, ad un solo piano, di altezza pari a 4,00 m, sarà realizzato in calcestruzzo armato con elementi strutturali di spessore pari a:

- soletta di fondazione  $s = 80$  cm;
- pareti serbatoio  $s = 40$  cm;
- pareti locale tecnico  $s = 30$  cm;
- solaio piano di copertura alleggerito con pani di polistirolo ad alta densità di altezza  $h = 20$  cm (6+7+7).





Le verifiche sono state eseguite in conformità alla vigente normativa nazionale DM 14.01.2008 - "Norme tecniche per le costruzioni" (NTC2008) - ed alla relativa Circolare esplicativa 2/02/2009, n. 617.

In particolare l'edificio in esame rientra nella definizione di "costruzione semplice", rispettando i requisiti di natura statica di cui al par. 4.5.6.4 delle NTC. Ai fini sismici, il manufatto rispetta le condizioni integrative per le "costruzioni semplici" di cui al par. 7.8.1.9 delle NTC, per cui, ricadendo in zona sismica 4, non è necessario effettuare alcuna analisi e verifica di sicurezza.

## **7.2.2 Caratteristiche dell'opera**

Nei paragrafi seguenti sono specificate la vita nominale e la classe d'uso delle nuove opere nonché il periodo di riferimento per la definizione dell'azione sismica.

### **7.2.2.1 Vita nominale**

La vita nominale dell'opera, intesa come il numero di anni nel quale la struttura, purché soggetta alla manutenzione ordinaria, deve potere essere usata per lo scopo al quale è destinata, è stata assunta pari a  $V_N = 50$  anni (*costruzioni tipo 2: opere ordinarie, ponti, opere infrastrutturali e dighe di dimensioni contenute o di importanza normale*).

### **7.2.2.2 Classe d'uso**

La classe d'uso dell'opera in rapporto alle conseguenze di un'interruzione di operatività o di un eventuale collasso in presenza di azioni sismiche è stata assunta pari a II (*costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali; industrie con attività non pericolose per l'ambiente*).

### **7.2.2.3 Periodo di riferimento per l'azione sismica**

Il periodo di riferimento ( $V_R$ ), in relazione al quale vengono valutate le azioni sismiche sulla struttura, è ottenuto moltiplicando la vita nominale ( $V_N = 50$  anni) per il coefficiente d'uso definito in funzione della classe d'uso ( $C_U = 1$  per classe d'uso II), da cui  $V_R = 50$  anni.

### **7.2.2.4 Classificazione sismica**

La Giunta della Regione Sardegna con *Delib. n. 15/31 del 30 marzo 2004*, ha adottato la classificazione sismica stabilendo che di tutti i Comuni della Regione Sardegna ricadono in zona sismica 4.

### **7.2.2.5 Pericolosità sismica del sito e parametri sismici di progetto**

I parametri sismici da utilizzare per la definizione dell'azione sismica sono ricavati dalla normativa vigente a partire dalla "pericolosità sismica di base" del sito di costruzione.

La pericolosità sismica nazionale è fornita dai dati pubblicati sul sito <http://esse1.mi.ingv.it/> e riportati in allegato al DM 14/1/2008 in corrispondenza dei nodi di un reticolo di riferimento con passo di 0,05°. In corrispondenza di ogni nodo del reticolo di riferimento, per ciascuna delle probabilità di superamento ( $P_{VR}$ ) nel periodo di riferimento ( $V_R$ ) sono assegnati i valori dei parametri  $a_g$  (accelerazione orizzontale massima del terreno),  $F_0$  (valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale) e  $T_C^*$  (periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale).

Le probabilità di superamento ( $P_{VR}$ ) nel periodo di riferimento ( $V_R$ ), cui riferirsi per individuare l'azione sismica, sono definite in relazione al tipo di stato limite sismico considerato, così come indicato nella tabella 3.2.I del DM 2008.

Nel caso specifico è stato preso in esame lo stato limite ultimo di salvaguardia della vita (SLV), al quale corrisponde una probabilità di superamento ( $P_{VR}$ ) nel periodo di riferimento ( $V_R$ ) pari al 10 %. Pertanto il periodo di ritorno ( $T_R = -V_R / \ln[1-P_{VR}]$ ) è pari a 475 anni.

Per Cagliari i valori dei parametri sismici di progetto  $a_g$ ,  $F_0$  e  $T_C^*$ , relativamente al periodo di ritorno considerato, sono i seguenti:

$$a_g = 0,05 \text{ g} \qquad F_0 = 2,88 \qquad T_C^* = 0,34 \text{ sec}$$

### 7.2.3 Caratteristiche dei materiali

Le caratteristiche meccaniche dei materiali impiegati nella realizzazione della struttura in oggetto, a cui si è fatto riferimento per le verifiche, sono sinteticamente riportate nel seguito.

#### 7.2.3.1 Calcestruzzo classe di resistenza C35/45

*Resistenza di calcolo a compressione del calcestruzzo*

$$\begin{aligned}R_{ck} &= 45 \text{ MPa} \\f_{ck} &= 0,83 \times R_{ck} = 37,35 \text{ MPa} \\f_{cm} &= f_{ck} + 8 = 45,35 \text{ MPa} \\f_{cd} &= \alpha_{cc} f_{ck} / \gamma_c = 21,17 \text{ MPa}\end{aligned}$$

*Resistenza di calcolo a trazione del calcestruzzo*

$$\begin{aligned}f_{ctm} &= 0,30 \times f_{ck}^{2/3} = 3,35 \text{ MPa} \\f_{ctk} &= 0,7 \times f_{ctm} = 2,35 \text{ MPa} \\f_{ctd} &= f_{ctk} / \gamma_c = 1,56 \text{ MPa}\end{aligned}$$

$$E_{cm} = 22000 \times [f_{cm}/10]^{0,3} = 34625 \text{ MPa}$$

*Tensione massima di compressione del calcestruzzo nelle condizioni di esercizio*

$$\begin{aligned}\sigma_c &= 0,60 \times f_{ck} = 22,41 \text{ MPa} && \text{per combinazione caratteristica (rara)} \\ \sigma_c &= 0,45 \times f_{ck} = 16,81 \text{ MPa} && \text{per combinazione quasi permanente}\end{aligned}$$

#### 7.2.3.2 Acciaio per cemento armato B450C

*Valori nominali delle tensioni caratteristiche di snervamento e rottura*

$$\begin{aligned}f_{yk} &= 450 \text{ MPa} \\f_{tk \text{ nom}} &= 540 \text{ MPa}\end{aligned}$$

*Resistenza di calcolo dell'acciaio*

$$f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s = 391 \text{ MPa}$$

*Allungamento caratteristico*

$$A_{gtk} = 7,5\%$$

*Tensione massima dell'acciaio in condizioni di esercizio*

$$\sigma_s = 0,80 \times f_{yk} = 360 \text{ MPa} \quad \text{per combinazione caratteristica (rara)}$$

*Valore massimo di apertura delle fessure*

$$w_1 = 0,20 \text{ mm}$$

## **7.2.4 Azioni sulle strutture**

Sulla base delle indicazioni di cui al par. 2.5.1.3 del DM/08, le azioni considerate ai fini della progettazione e verifica delle opere in oggetto possono essere assegnate alle seguenti famiglie di carico:

- $G_1$  = carichi permanenti – peso proprio di tutti gli elementi strutturali;
- $G_2$  = carichi permanenti – peso proprio di tutti gli elementi non strutturali;
- $Q$  = carichi variabili – sovraccarico accidentale; carico neve;
- $E$  = carichi sismici – azioni derivanti dai terremoti.

### **7.2.4.1 Carichi variabili**

#### **Azione della neve**

L'azione della neve sulla copertura è stata valutata come indicato nel par. 3.4.1. del DM/08:

$$q_s = \mu_i \cdot q_{sk} \cdot c_e \cdot c_t = 0,48 \text{ kN / mq}$$

dove

- $q_s$  è il carico della neve sulla copertura;
- $\mu_i$  è il coefficiente di forma della copertura, pari a 0,80 per copertura piana;
- $q_{sk}$  è il valore caratteristico di riferimento del carico neve al suolo, che per il sito in esame (zona III di cui al par. 3.4.2. del DM/08), vale 0,60 kN/mq;
- $c_e$  è il coefficiente di esposizione assunto pari ad 1,00;
- $c_t$  è il coefficiente termico, assunto pari ad 1,00.

#### **Sovraccarico accidentale**

Ai fini del dimensionamento del solaio è stato considerato un carico variabile ( $q_k$ ) uniformemente distribuito di intensità pari a 2,00 kN/m<sup>2</sup>.

#### **Spinta idrostatica dell'acqua contenuta nel serbatoio**

Ai fini del dimensionamento degli elementi strutturali di contenimento dell'acqua ( $\gamma = 10,00$  kN/m<sup>3</sup>) contenuta nel serbatoio è stato considerato, in sicurezza, il livello di capacità massima corrispondente all'altezza delle pareti  $h = 3,00$  m.



#### **7.2.4.2 Azione sismica**

Come già detto in premessa, trattandosi di costruzione semplice e ricadendo in zona sismica 4, non è obbligatorio effettuare alcuna analisi e verifica di sicurezza (par. 7.8 delle NTC).

## 7.2.5 Verifiche di resistenza: solaio di copertura

Nel seguito si riportano i calcoli statici e le relative verifiche di resistenza strutturali (STR) del solaio di copertura, effettuate agli stati limite ultimi (SLU) e di esercizio (SLE).

Ai fini delle suddette verifiche sono state prese in esame le seguenti combinazioni delle azioni :

- *Combinazione fondamentale per le verifiche agli SLU*

$$\text{STR-1: } \gamma_{G1} \times G_{1k} + \gamma_{G2} \times G_{2k} + \gamma_Q \times Q_k$$

- *Combinazione caratteristica (rara) per le verifiche agli SLE irreversibili*

$$\text{RARA-1: } G_{1k} + G_{2k} + Q_k$$

Le verifiche sono state condotte secondo l'Approccio 1 utilizzando per le azioni i coefficienti parziali sui carichi del gruppo (A1) :

- $\gamma_G = 1,30$  per i carichi permanenti sfavorevoli;  $\gamma_G = 1,00$  per i carichi permanenti favorevoli;
- $\gamma_Q = 1,50$  per i carichi variabili sfavorevoli;  $\gamma_Q = 0$  per i carichi variabili favorevoli.

### 7.2.5.1 Solaio di copertura

Il solaio in c.a. alleggerito ha un'altezza complessiva di 20 cm ed una luce netta massima di 4,50 m. E' composto da predalle prefabbricate di c.a. aventi spessore  $s = 6$  cm, da alleggerimenti in polistirolo ad alta densità di altezza pari a 7 cm e da una caldana di c.a. avente spessore di 7 cm.

#### 7.2.5.1.1 Analisi dei carichi

##### Carichi permanenti

Peso proprio solaio 3,67 kN/mq

Peso permanente 1,33 kN/mq

**Totale carichi permanenti 5,00 kN/mq**

##### Carichi accidentali

Ai fini del dimensionamento del solaio è stato considerato un carico variabile ( $q_k$ ) uniformemente distribuito di intensità pari a 2,00 kN/m<sup>2</sup>. Non è stato applicato il carico neve, risultando inferiore.

Sovraccarico accidentale : 2,00 kN/mq

**Totale carichi accidentali 2,00 kN/mq**

### 7.2.5.1.2 Calcolo delle sollecitazioni

Il calcolo delle sollecitazioni è stato svolto facendo riferimento ad una fascia di solaio di larghezza pari a  $B = 1,00$  m in cui ricadono n. 2 travetti.

Lo schema di calcolo utilizzato è quello di trave semplice su 2 appoggi.

Le massime sollecitazioni, ottenute dall'involuppo degli schemi di cui sopra, per le combinazioni di carico esaminate risultano:

- *Combinazione fondamentale per le verifiche agli SLU di tipo STR*

$$\text{STR-1: } \gamma_{G1} \times G_{1k} + \gamma_{G2} \times G_{2k} + \gamma_Q \times Q_k$$

$$\text{Mezzeria: } M_{Ed \max}^+ = + 24,05 \text{ kNm/m}$$

$$\text{Appoggio : } V_{Ed \max} = + 21,38 \text{ kN/m}$$

- *Combinazione caratteristica (rara) per le verifiche agli SLE*

$$\text{RARA-1: } G_{1k} + G_{2k} + Q_k$$

$$\text{Mezzeria: } M_{Ed \max}^+ = + 17,72 \text{ kNm/m}$$

### 7.2.5.1.3 Verifiche strutturali

Considerando una striscia di solaio di 1,00 m, la sezione resistente è composta da n. 2 travetti aventi ognuno sezione a doppio T con anima di  $b=12$  cm, altezza totale di 20 cm, con piattabande di larghezza 50 cm e spessore  $s_{inf} = 6$  cm e  $s_{sup} = 7$  cm.

Ogni travetto è armato inferiormente con n.  $2\phi 12$  e  $2\phi 12$  aggiunti e superiormente con n.  $1\phi 14$  e  $2\phi 10$  aggiunti.

#### ➤ Stati limite ultimi : Resistenza a flessione

##### Sezione di mezzeria

Il momento resistente del singolo travetto è pari a  $M_{Rd}^+ = +26,30$  kNm e risulta pertanto soddisfatta la condizione  $M_{Rd}^+ \geq M_{Ed}^+ = +(24,06/2)$  kNm = +12,03 kNm.

#### ➤ Stati limite ultimi : Resistenza al taglio

Per un elemento sprovvisto di armature resistenti a taglio, la relativa verifica di resistenza viene effettuata controllando che  $V_{Rd} \geq V_{Ed}$  essendo  $V_{Ed}$  il valore di calcolo del taglio agente e  $V_{Rd}$  la resistenza a taglio :

$$V_{Rd} = v_{min} \times b_w \times d$$

con:

$k = 1 + (200/d)^{1/2} = 2,05$ . Poichè  $k$  deve essere al massimo pari a 2,00, si assume  $k=2,00$ .

$$v_{\min} = 0,035 \times k^{3/2} \times f_{ck}^{1/2} = 0,53$$

d = 180 mm - altezza utile della sezione

b<sub>w</sub> = 120 mm - larghezza minima della sezione

da cui si ottiene il valore della resistenza a taglio del singolo travetto  $V_{Rd} = 11,53$  kN.

Pertanto la verifica di resistenza a taglio risulta soddisfatta essendo  $V_{Rd} \geq V_{Ed}$  con  $V_{Ed} = 21,38/2$  kN = 10,69 kN.

➤ Stato limite di esercizio : Verifica delle tensioni di esercizio

Le massime tensioni di compressione del calcestruzzo e di trazione dell'acciaio, calcolate per la combinazione rara, risultano per il singolo travetto pari a:

Sezione di mezzeria :

- Tensioni di compressione del calcestruzzo:  
RARA-1:  $\sigma_c = 5,14 \text{ N/mm}^2 < 0,60 \times f_{ck} = 22,41 \text{ N/mm}^2$
- Tensioni di trazione dell'acciaio:  
RARA-1:  $\sigma_s = 147,80 \text{ N/mm}^2 < 0,80 \times f_{yk} = 360 \text{ N/mm}^2$

### **7.2.6 Verifiche di resistenza: soletta di fondazione e pareti di contenimento dell'acqua invasata**

Nel seguito si riportano i calcoli statici e le relative verifiche di resistenza strutturale (STR) degli elementi caratteristici del serbatoio, effettuate agli stati limite ultimi (SLU) e di esercizio (SLE).

Per la determinazione delle caratteristiche di sollecitazione si procede all'analisi strutturale del manufatto utilizzando un modello monodimensionale agli elementi finiti implementato con codice di calcolo MASTERSAP.

Il modello è realizzato con elementi di tipo beam posizionati nel baricentro degli elementi strutturali (soletta di fondo e muri per le due sezioni verticali D-D ed E-E). Si trascura, a favore della sicurezza, la presenza della copertura.

Gli elementi utilizzati hanno le seguenti caratteristiche geometriche:

- soletta di fondazione: elementi tipo "beam" con sezione resistente 100x80 cm vincolata al terreno con elementi tipo "spring" che rappresentano l'interazione elastica con il terreno di fondazione ipotizzato alla Winkler  $k_z = 20000 \text{ kN/m}^3$ ;
- muri di conterminazione del serbatoio: elementi tipo "beam" con sezione resistente 100x40 cm vincolati rigidamente alla soletta di fondazione.

Le azioni agenti sugli elementi strutturali sono:

- peso proprio ( $G_1$ ): tenuto in conto automaticamente dal modello numerico associando un peso specifico di 25 kN/m<sup>3</sup> al c.a.;
- carico permanente ( $G_2$ ): peso della copertura corrispondente a 5 kN/m<sup>2</sup>;
- carico accidentale ( $Q_1$ ): spinta idrostatica di una colonna d'acqua di 3 m contenuta nel serbatoio acqua potabile;
- carico accidentale ( $Q_2$ ): spinta idrostatica di una colonna d'acqua di 3 m contenuta nel serbatoio acqua industriale;
- carico accidentale ( $Q_3$ ): sovraccarico sulla copertura corrispondente a 2 kN/m<sup>2</sup>.

Ai fini delle suddette verifiche sono state prese in esame le seguenti combinazioni delle azioni :

combinazioni di carico SLU

	COMB_1	COMB_2	COMB_3	COMB_4
G <sub>1</sub>	1.3	1.3	1.3	1.3
G <sub>2</sub>	1.3	1.3	1.3	1.3
Q <sub>1</sub>	1.5		1.5	
Q <sub>2</sub>		1.5	1.5	
Q <sub>3</sub>				1.5

combinazioni di carico SLE

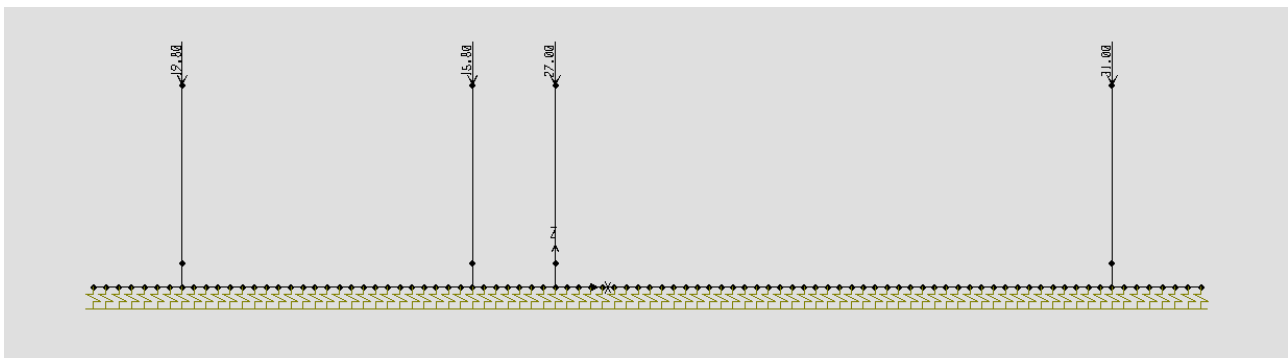
	COMB_1	COMB_2	COMB_3	COMB_4
G <sub>1</sub>	1	1	1	1
G <sub>2</sub>	1	1	1	1
Q <sub>1</sub>	0.9		0.9	
Q <sub>2</sub>		0.9	0.9	
Q <sub>3</sub>				0.7

I coefficienti riportati in tabella sono il prodotto tra i coefficienti parziali con quelli di correlazione.

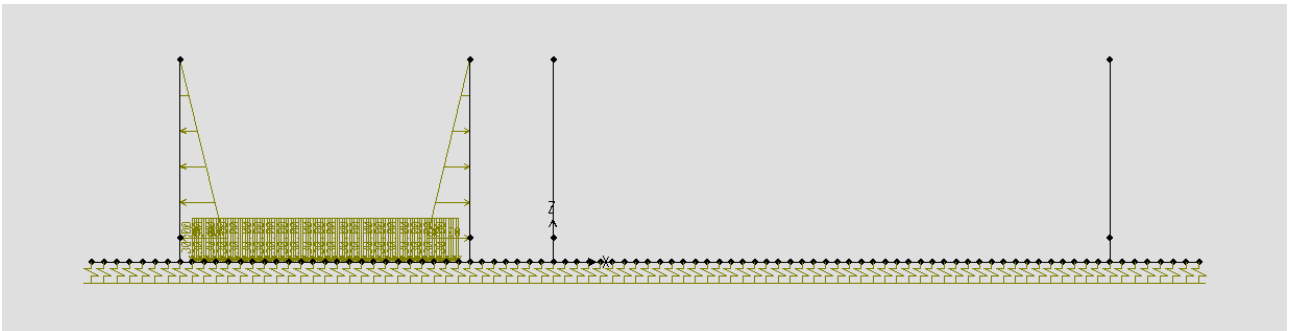
#### 7.2.6.1.1 Calcolo delle sollecitazioni

Il calcolo delle sollecitazioni è stato svolto facendo riferimento ad una fascia di larghezza 1,00 m analizzando due modelli corrispondenti rispettivamente alle sezioni C-C e D-D.

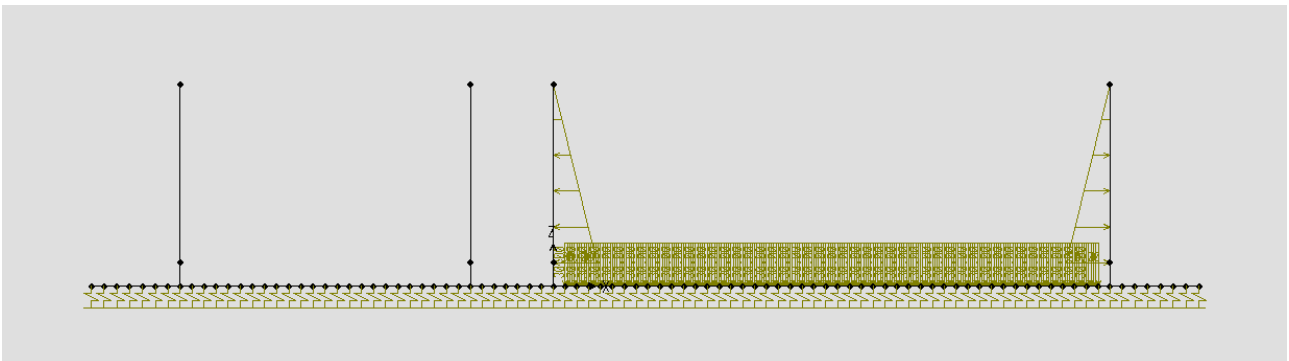
Di seguito sono riportati in forma grafica gli schemi di carico e i risultati delle sollecitazioni relativi al modello corrispondente alla sezione verticale C-C.



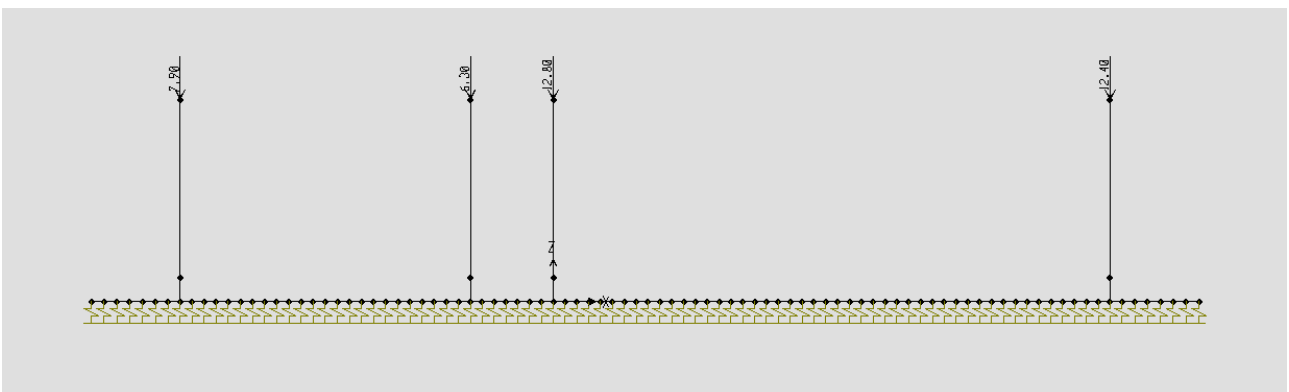
Modello sez C-C: "Carico permanente G2"



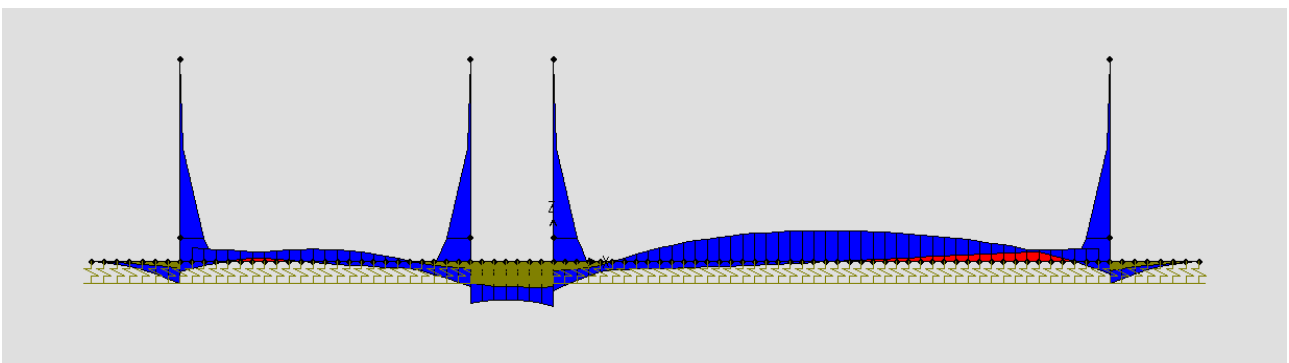
Modello sez C-C: "Carico accidentale Q1"



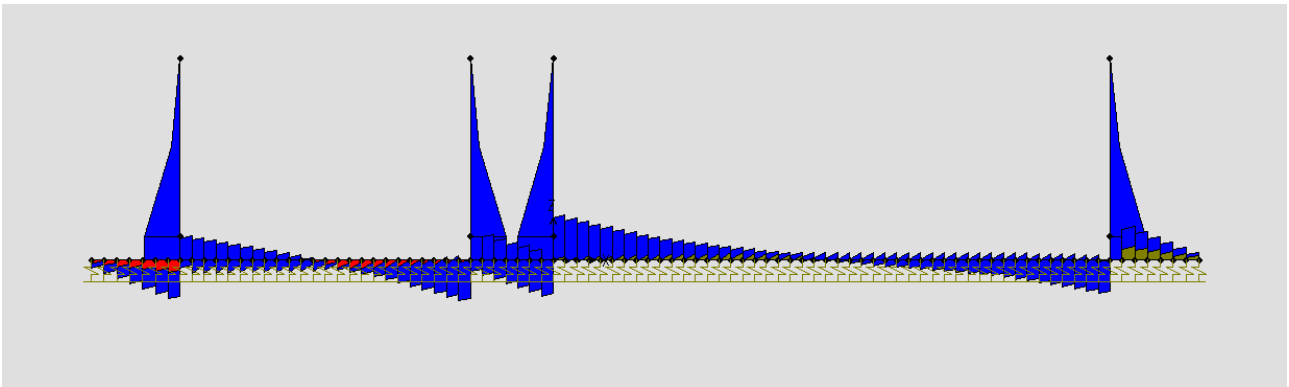
Modello sez C-C: "Carico accidentale Q2"



Modello sez C-C: "Carico accidentale Q3"

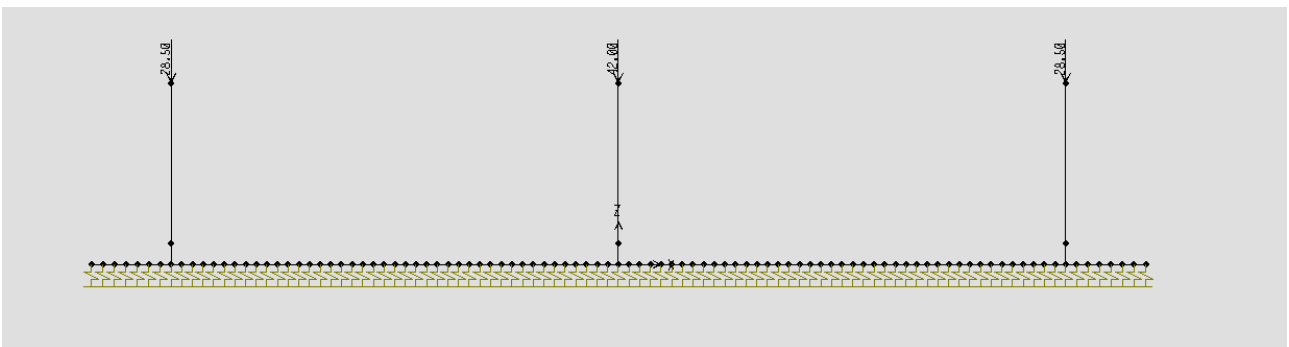


Modello sez C-C: "SLU – Involuppo qualitativo dei diagrammi dei momenti"

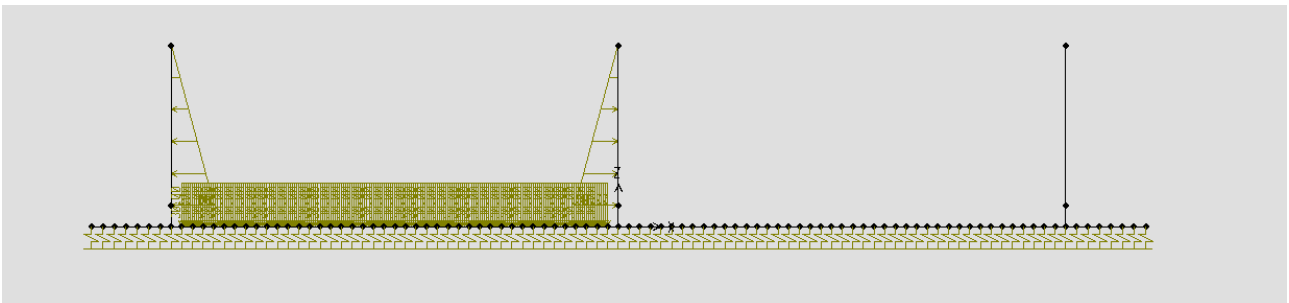


Modello sez C-C: "SLU – Involuppo qualitativo dei diagrammi dei tagli"

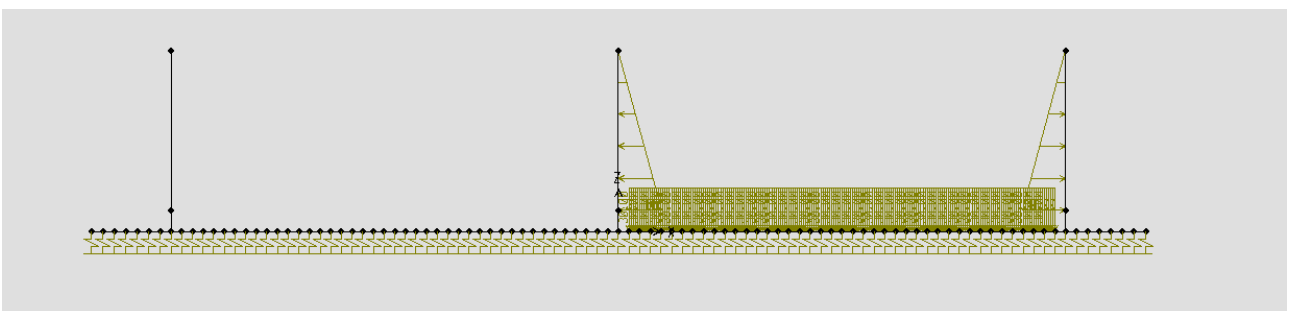
Di seguito sono riportati in forma grafica gli schemi di carico e i risultati delle sollecitazioni relativi al modello corrispondente alla sezione verticale E-E.



Modello sez E-E: "Carico permanente G2"

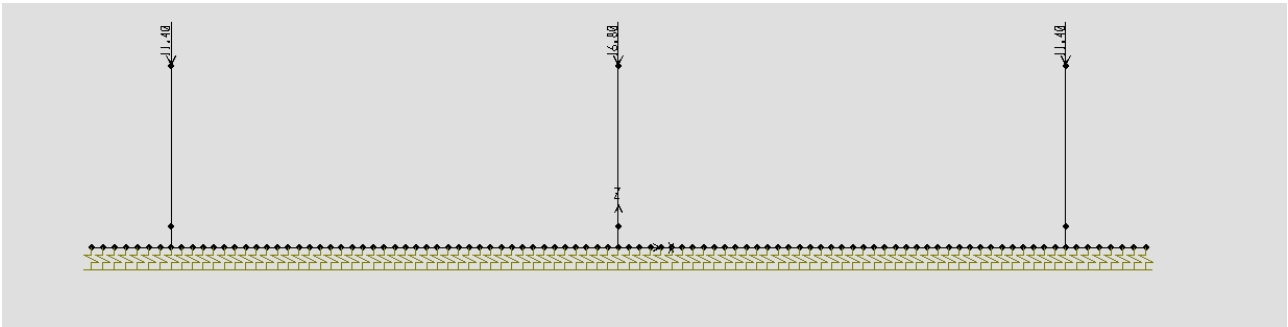


Modello sez E-E: "Carico accidentale Q1"

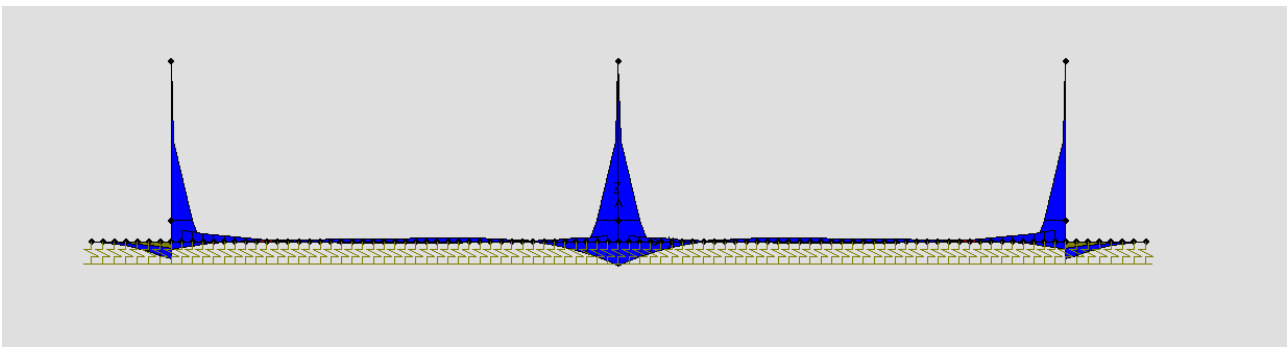


Modello sez E-E: "Carico accidentale Q2"

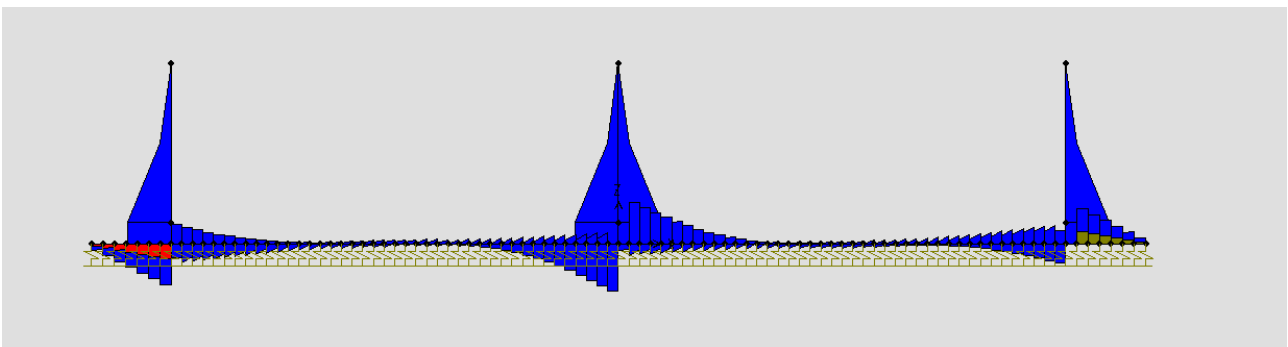




Modello sez E-E: "Carico accidentale Q3"



Modello sez E-E: "SLE – Involuppo qualitativo dei diagrammi dei momenti"



Modello sez E-E: "SLE – Involuppo qualitativo dei diagrammi dei tagli"

#### 7.2.6.1.2 Verifiche strutturali della soletta di fondazione

Considerando una striscia di soletta di 1,00 m, la sezione resistente è rettangolare 100 x 80 cm armata con 5 $\phi$ 20 superiormente e 5 $\phi$ 20 inferiormente. Il copriferro è di 4 cm.

Di seguito sono riportate le verifiche delle sezioni maggiormente sollecitate (modello sez C-C)

### SLU - Verifica a flessione

Momento di calcolo:

$$M_{sd} = 124.5 \text{ KNm}$$

Momento limite:

$$M_{lim} = 425.1 \text{ KNm}$$

$$M/M_{lim} = 0.2929$$

Deformazioni:

$$\epsilon_{c \text{ sup}} = 0.0009$$

$$\epsilon_{s \text{ inf}} = -0.0100$$

$$\text{asse neutro } x = 6.5 \text{ cm}$$

Sezione verificata

### SLU - Verifica a taglio

Taglio di calcolo:

$$V = 85.0 \text{ kN}$$

Taglio limite per calcestruzzo:

$$\text{Senza armatura: } 309.6 \text{ kN}$$

$$\text{Con armatura: } 5252.3 \text{ kN}$$

$$V_{cd} = 672.5 \text{ kN}$$

Non occorre armatura (vedi valori minimi)

Sezione verificata

### SLE - Verifica a fessurazione

Caratteristiche di sollecitazione:

$$M = 85.6 \text{ kN}$$

$$N = 0.0 \text{ kN}$$

Valori di fessurazione:

$$M_{fess} = 322.6 \text{ kN}$$

Verifica imposta: stato limite di apertura delle fessure

Sezione verificata

### 7.2.6.1.3 Verifiche strutturali del muro di conterminazione del serbatoio

Considerando una striscia di muro di 1,00 m, la sezione resistente è rettangolare 100 x 40 cm armata con 5 $\varnothing$ 16 internamente e 5 $\varnothing$ 16 esternamente. Il copriferro è di 4 cm.

Di seguito sono riportate le verifiche delle sezioni maggiormente sollecitate (modello sezz C-C e E-E)

#### SLU - Verifica a flessione

Momento di calcolo:

$$M_{sd} = 67.5 \text{ KNm}$$

Momento limite:

$$M_{lim} = 128.0 \text{ KNm}$$

$$M/M_{lim} = 0.5275$$

Deformazioni:

$$\epsilon_{c \text{ sup}} = 0.0014$$

$$\epsilon_{s \text{ inf}} = -0.0100$$

$$\text{asse neutro } x = 4.2 \text{ cm}$$

Sezione verificata

#### SLU - Verifica a taglio

Taglio di calcolo:

$$V = 67.5 \text{ kN}$$

Taglio limite per calcestruzzo:

$$\text{Senza armatura: } 186.9 \text{ kN}$$

$$\text{Con armatura: } 2451.1 \text{ kN}$$

$$V_{cd} = 313.8 \text{ kN}$$

Non occorre armatura (vedi valori minimi)

Sezione verificata

#### SLE - Verifica a fessurazione

Caratteristiche di sollecitazione:

$$M = 40.5 \text{ kN}$$

$$N = 0.0 \text{ kN}$$

Valori di fessurazione:

$$M_{fess} = 80.4 \text{ kN}$$

Verifica imposta: stato limite di apertura delle fessure

Sezione verificata

## 7.3 Manufatto di deviazione

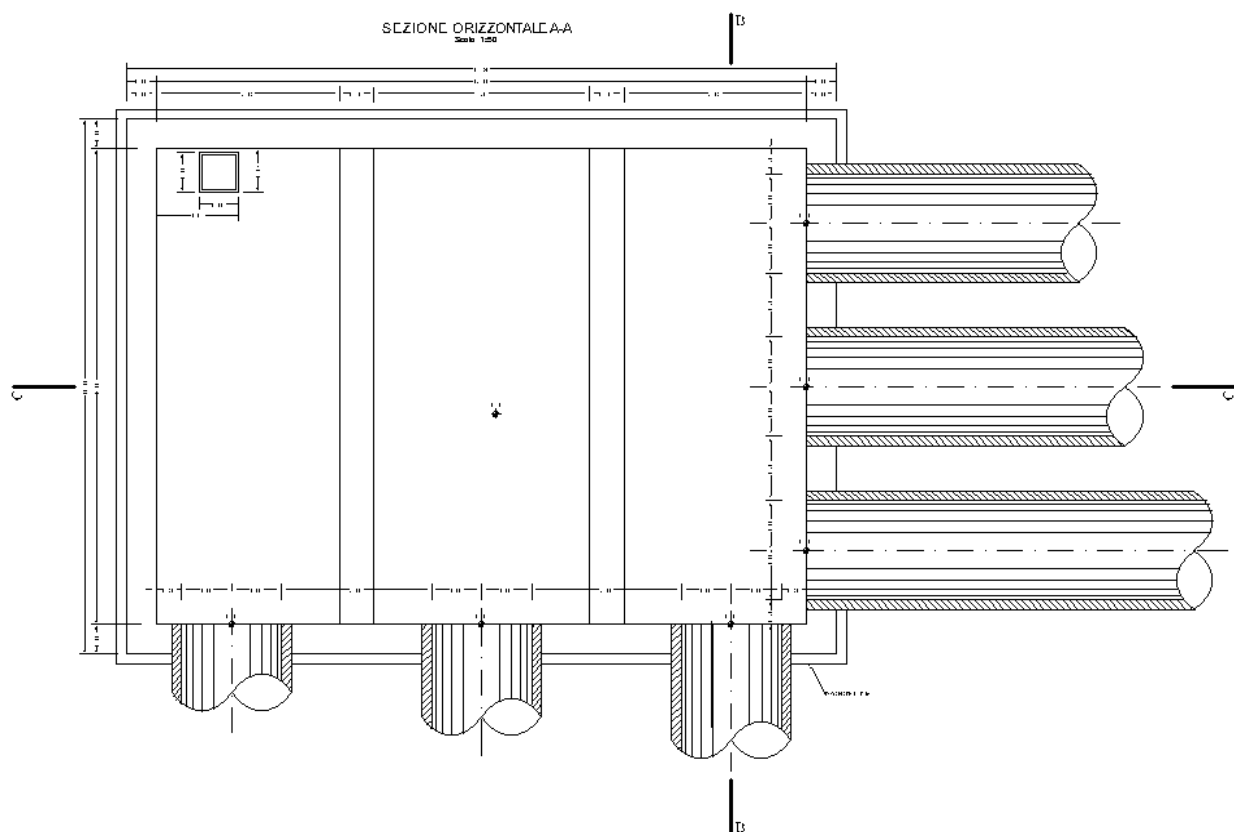
### 7.3.1 Premesse

Di seguito sono riportate le verifiche degli elementi strutturali del manufatto di deviazione eseguite in conformità alla vigente normativa nazionale DM 14.01.2008 - “Norme tecniche per le costruzioni” (NTC2008) - ed alla relativa Circolare esplicativa 2/02/2009, n. 617.

Il manufatto, ad un solo piano totalmente interrato di altezza pari a 5,00 m, sarà realizzato in calcestruzzo armato con elementi strutturali di dimensioni caratteristiche pari a:

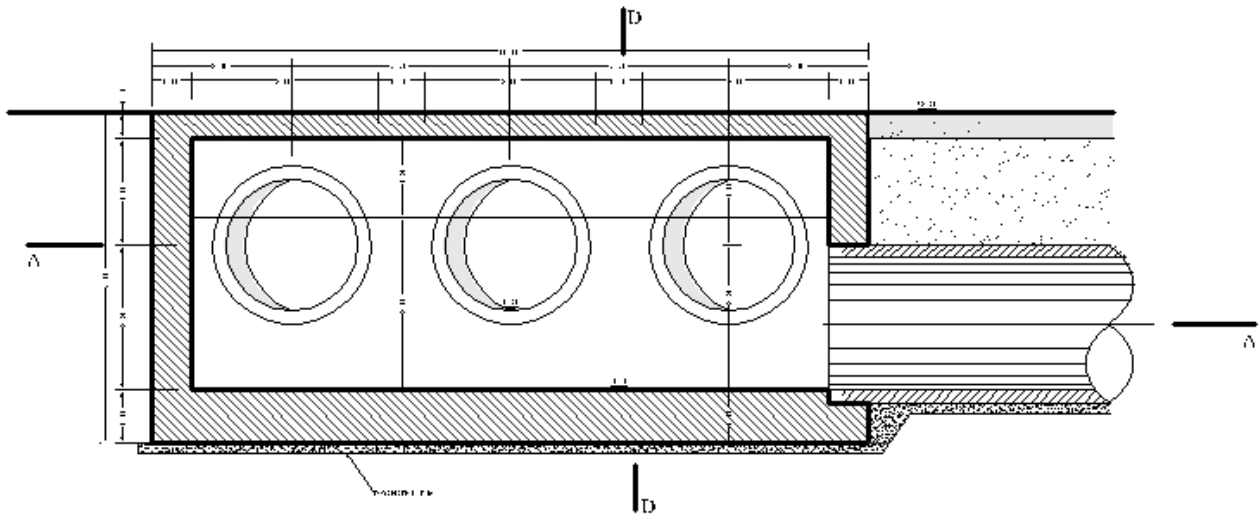
- soletta di fondazione  $s = 80$  cm;
- travi di copertura  $H = 160$  cm ( $h = 120 + 40$  cm di soletta);
- pareti perimetrali  $s = 60$  cm.

Nelle figure seguenti sono riportate le sezioni tipo del manufatto estratte dagli elaborati grafici ai quali si rimanda per maggiori dettagli.



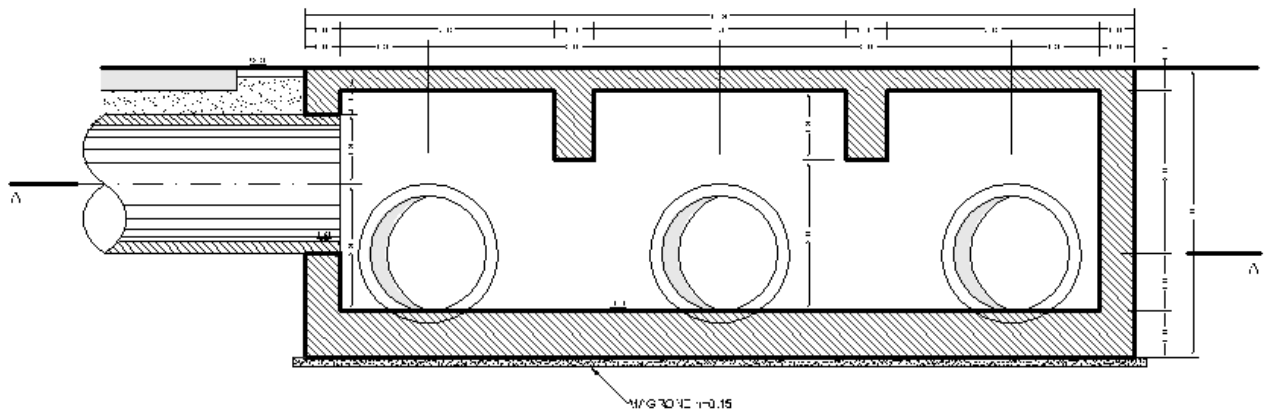
Pianta del manufatto di deviazione

SEZIONE VERTICALE B-B  
Scala 1:50



Sezione B-B del manufatto di deviazione

SEZIONE VERTICALE C-C  
Scala 1:50



Sezione C-C del manufatto di deviazione

### **7.3.2 Caratteristiche dell'opera**

Nei paragrafi seguenti sono specificate la vita nominale e la classe d'uso delle nuove opere nonché il periodo di riferimento per la definizione dell'azione sismica.

#### **7.3.2.1 Vita nominale**

La vita nominale dell'opera, intesa come il numero di anni nel quale la struttura, purché soggetta alla manutenzione ordinaria, deve potere essere usata per lo scopo al quale è destinata, è stata assunta pari a  $V_N = 50$  anni (*costruzioni tipo 2: opere ordinarie, ponti, opere infrastrutturali e dighe di dimensioni contenute o di importanza normale*).

#### **7.3.2.2 Classe d'uso**

La classe d'uso dell'opera in rapporto alle conseguenze di un'interruzione di operatività o di un eventuale collasso in presenza di azioni sismiche è stata assunta pari a II (*costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali; industrie con attività non pericolose per l'ambiente*).

#### **7.3.2.3 Periodo di riferimento per l'azione sismica**

Il periodo di riferimento ( $V_R$ ), in relazione al quale vengono valutate le azioni sismiche sulla struttura, è ottenuto moltiplicando la vita nominale ( $V_N = 50$  anni) per il coefficiente d'uso definito in funzione della classe d'uso ( $C_U = 1$  per classe d'uso II), da cui  $V_R = 50$  anni.

#### **7.3.2.4 Classificazione sismica**

La Giunta della Regione Sardegna con *Delib. n. 15/31 del 30 marzo 2004*, ha adottato la classificazione sismica stabilendo che di tutti i Comuni della Regione Sardegna ricadono in zona sismica 4.

### **7.3.2.5 Pericolosità sismica del sito e parametri sismici di progetto**

I parametri sismici da utilizzare per la definizione dell'azione sismica sono ricavati dalla normativa vigente a partire dalla "pericolosità sismica di base" del sito di costruzione.

La pericolosità sismica nazionale è fornita dai dati pubblicati sul sito <http://esse1.mi.ingv.it/> e riportati in allegato al DM 14/1/2008 in corrispondenza dei nodi di un reticolo di riferimento con passo di 0,05°. In corrispondenza di ogni nodo del reticolo di riferimento, per ciascuna delle probabilità di superamento ( $P_{VR}$ ) nel periodo di riferimento ( $V_R$ ) sono assegnati i valori dei parametri  $a_g$  (accelerazione orizzontale massima del terreno),  $F_0$  (valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale) e  $T_C^*$  (periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale).

Le probabilità di superamento ( $P_{VR}$ ) nel periodo di riferimento ( $V_R$ ), cui riferirsi per individuare l'azione sismica, sono definite in relazione al tipo di stato limite sismico considerato, così come indicato nella tabella 3.2.I del DM 2008.

Nel caso specifico è stato preso in esame lo stato limite ultimo di salvaguardia della vita (SLV), al quale corrisponde una probabilità di superamento ( $P_{VR}$ ) nel periodo di riferimento ( $V_R$ ) pari al 10 %. Pertanto il periodo di ritorno ( $T_R = -V_R / \ln[1-P_{VR}]$ ) è pari a 475 anni.

Per Cagliari i valori dei parametri sismici di progetto  $a_g$ ,  $F_0$  e  $T_C^*$ , relativamente al periodo di ritorno considerato, sono i seguenti:

$$a_g = 0,05 \text{ g} \qquad F_0 = 2,88 \qquad T_C^* = 0,34 \text{ sec}$$



### 7.3.3 Caratteristiche dei materiali

Le caratteristiche meccaniche dei materiali impiegati nella realizzazione della struttura in oggetto, a cui si è fatto riferimento per le verifiche, sono sinteticamente riportate nel seguito.

#### 7.3.3.1 Calcestruzzo classe di resistenza C35/45

*Resistenza di calcolo a compressione del calcestruzzo*

$$\begin{aligned}R_{ck} &= 45 \text{ MPa} \\f_{ck} &= 0,83 \times R_{ck} = 37,35 \text{ MPa} \\f_{cm} &= f_{ck} + 8 = 45,35 \text{ MPa} \\f_{cd} &= \alpha_{cc} f_{ck} / \gamma_c = 21,17 \text{ MPa}\end{aligned}$$

*Resistenza di calcolo a trazione del calcestruzzo*

$$\begin{aligned}f_{ctm} &= 0,30 \times f_{ck}^{2/3} = 3,35 \text{ MPa} \\f_{ctk} &= 0,7 \times f_{ctm} = 2,35 \text{ MPa} \\f_{ctd} &= f_{ctk} / \gamma_c = 1,56 \text{ MPa}\end{aligned}$$

$$E_{cm} = 22000 \times [f_{cm}/10]^{0,3} = 34625 \text{ MPa}$$

*Tensione massima di compressione del calcestruzzo nelle condizioni di esercizio*

$$\begin{aligned}\sigma_c &= 0,60 \times f_{ck} = 22,41 \text{ MPa} && \text{per combinazione caratteristica (rara)} \\ \sigma_c &= 0,45 \times f_{ck} = 16,81 \text{ MPa} && \text{per combinazione quasi permanente}\end{aligned}$$

#### 7.3.3.2 Acciaio per cemento armato B450C

*Valori nominali delle tensioni caratteristiche di snervamento e rottura*

$$\begin{aligned}f_{yk} &= 450 \text{ MPa} \\f_{tk \text{ nom}} &= 540 \text{ MPa}\end{aligned}$$

*Resistenza di calcolo dell'acciaio*

$$f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s = 391 \text{ MPa}$$

*Allungamento caratteristico*

$$A_{gtk} = 7,5\%$$

*Tensione massima dell'acciaio in condizioni di esercizio*

$$\sigma_s = 0,80 \times f_{yk} = 360 \text{ MPa} \quad \text{per combinazione caratteristica (rara)}$$

*Valore massimo di apertura delle fessure*

$$w_1 = 0,20 \text{ mm}$$

### **7.3.4 Azioni sulle strutture**

Sulla base delle indicazioni di cui al par. 2.5.1.3 del DM/08, le azioni considerate ai fini della progettazione e verifica delle opere in oggetto possono essere assegnate alle seguenti famiglie di carico:

- $G_1$  = carichi permanenti – peso proprio di tutti gli elementi strutturali;
- $Q$  = carichi variabili – sovraccarico accidentale; carico neve;
- $E$  = carichi sismici – azioni derivanti dai terremoti.

#### **7.3.4.1 Carichi permanenti**

- Peso proprio degli elementi strutturali

Il peso proprio degli elementi strutturali di c.a. è stato calcolato assumendo per il calcestruzzo un peso dell'unità di volume pari a  $25 \text{ kN/m}^3$ .

- Spinta delle terre

La spinta delle terre è stata valutata nelle condizioni di riposo assumendo le seguenti caratteristiche geo-meccaniche del riempimento a tergo:

- peso di volume:  $\gamma = 20,0 \text{ kN/m}^3$ ;
- peso di volume immerso:  $\gamma = 9,7 \text{ kN/m}^3$ ;
- angolo di attrito caratteristico:  $\varphi_k = 40^\circ$ ;
- angolo di attrito di progetto (coeff. M1):  $\varphi_d = \arctan(\tan \varphi_k / \gamma_{M1}) = 40^\circ$ ;
- coefficiente di spinta a riposo:  $k_0 = 1 - \sin \varphi_d = 0,36$

#### **7.3.4.2 Carichi variabili**

Ai fini del dimensionamento della struttura è stato considerato un carico variabile ( $Q_k$ ) uniformemente distribuito di intensità pari a  $40 \text{ kN/m}^2$ .

#### **7.3.4.3 Azione sismica**

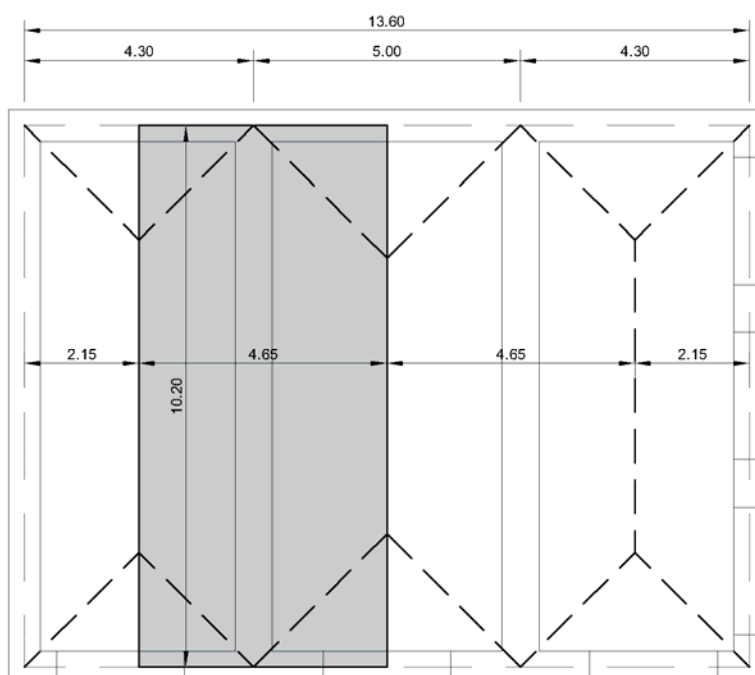
Come già detto in premessa, trattandosi di costruzione semplice e ricadendo in zona sismica 4, non è obbligatorio effettuare alcuna analisi e verifica di sicurezza (par. 7.8 delle NTC).

### 7.3.5 Verifiche di resistenza degli elementi strutturali

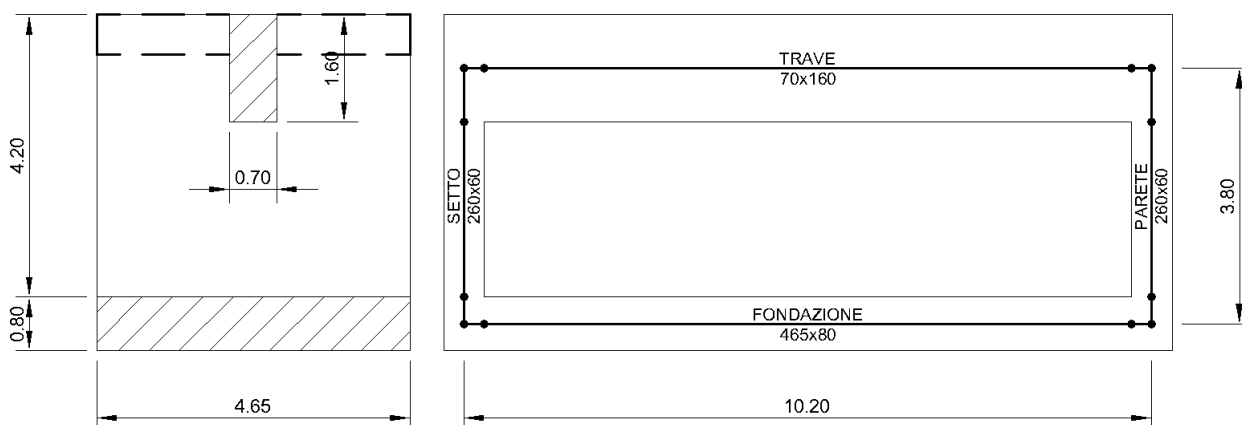
Nel seguito si riportano i calcoli statici e le relative verifiche agli stati limite ultimi (SLU) nei confronti della resistenza degli elementi strutturali ed agli stati limite di esercizio (SLE) nei confronti delle tensioni dei materiali e dello stato limite di apertura delle fessure.

Il calcolo della struttura è stato eseguito con l'ausilio del programma agli elementi finiti SAP2000Plus schematizzando l'opera come un telaio chiuso rettangolare disegnato sulle linee medie degli elementi resistenti e vincolato alla base con molle elastiche lineari alla Winkler ( $k_z = 20000 \text{ kN/m}^3$ ).

Gli elementi resistenti del telaio sono stati scelti in corrispondenza della massima area di influenza dei carichi assunta a vantaggio di sicurezza di forma rettangolare.



Individuazione delle strutture resistenti sulla base dell'area di influenza dei carichi



Schema geometrico della struttura

Gli elementi utilizzati hanno le seguenti caratteristiche geometriche:

- *soletta di fondazione*: elementi tipo “beam” con sezione resistente 465x80 cm vincolata al terreno con elementi tipo “spring” che rappresentano l’interazione elastica con il terreno di fondazione ipotizzato alla Winkler  $k_z = 20000 \text{ kN/m}^3$ ;
- *trave di copertura*: elementi tipo “beam” con sezione resistente 70x160;
- *setto tra i tubi*: elementi tipo “beam” con sezione resistente 260x60 cm;
- *parete lato opposto ai tubi*: elementi tipo “beam” con sezione resistente 465x60 cm.

Le azioni agenti sugli elementi strutturali sono:

- peso proprio ( $G_{1k}$ ), calcolato automaticamente dal modello numerico per gli elementi resistenti sopra definiti;
- spinta del terreno in condizioni di riposo ( $G_{1k}$ ) agente sulla parete lato opposto ai tubi e pari a:
  - o pressione intradosso della trave:  $g_{1k} = 0,36 \times 20,0 \times 1,60 \times 4,65 = 53,6 \text{ kN/m}$
  - o pressione livello medio mare:  $g_{1k} = 0,36 \times 20,0 \times 2,50 \times 4,65 = 83,7 \text{ kN/m}$ ;
  - o pressione estradosso fondazione:  $g_{1k} = 83,7 + 0,36 \times 9,7 \times 1,70 \times 4,65 = 111,3 \text{ kN/m}$
- carico permanente strutturale ( $G_{2k}$ ) agente e dovuto al peso proprio della soletta di copertura compresa all’interno dell’area di influenza e pari al netto della porzione in corrispondenza della trave a:
 
$$g_{2k} = 25,00 \times (4,65 - 0,70) \times 0,40 = 39,50 \text{ kN/m}$$
- carico accidentale ( $Q_{1k}$ ) uniformemente distribuito agente direttamente sulla trave e pari a:
 
$$q_{2k} = 40,00 \times 4,65 = 186 \text{ kN/m}$$
- spinta del terreno in condizioni di riposo dovuta al sovraccarico accidentale di cui sopra presente sulla banchina ( $Q_{2k}$ ), agente sulla parete lato opposto ai tubi e pari a:

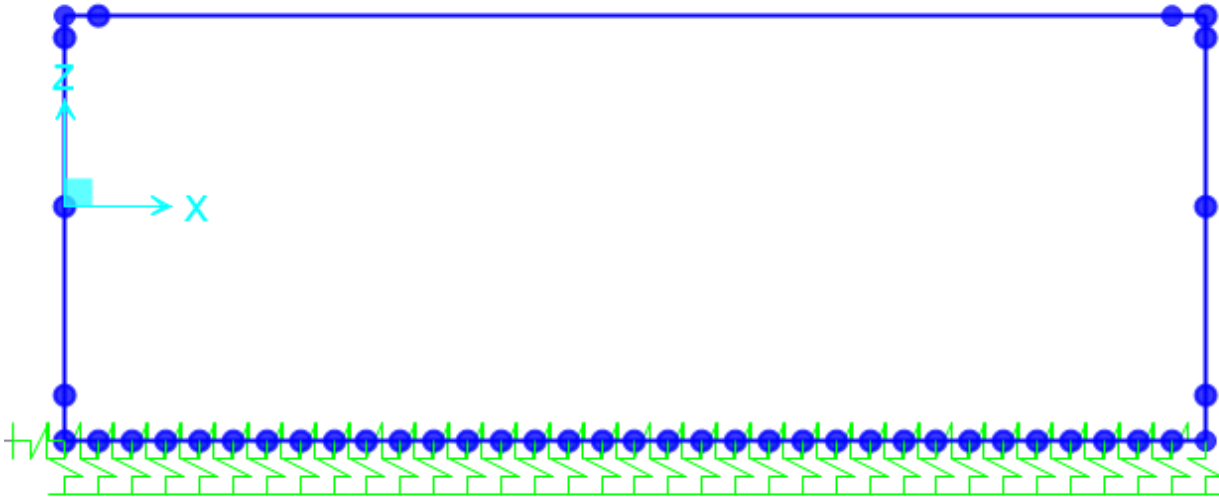
$$q_{2k} = 0,36 \times 40,00 \times 4,65 = 67,0 \text{ kN/m}$$

Le azioni sono state combinate come segue:

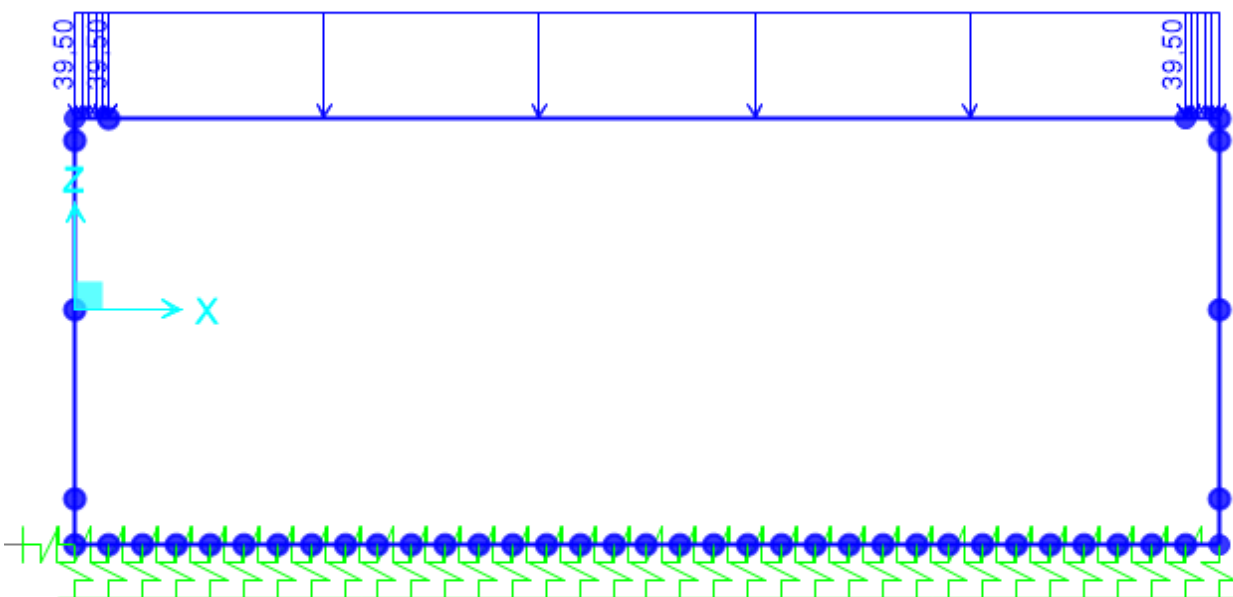
- Combinazioni allo stato limite ultimo (SLU) di tipo strutturale (STR):
  - STR-1:  $1,3xG_{1k} + 1,3xG_{2k}$
  - STR-2:  $1,3xG_{1k} + 1,3xG_{2k} + 1,5xQ_{1k}$
  - STR-3:  $1,3xG_{1k} + 1,3xG_{2k} + 1,5xQ_{2k}$
  - STR-4:  $1,3xG_{1k} + 1,3xG_{2k} + 1,5xQ_{1k} + 1,5xQ_{2k}$
  
- Combinazioni allo stato limite di esercizio (SLE) di tipo caratteristico (RAR):
  - RAR-1:  $G_{1k} + G_{2k}$
  - RAR-2:  $G_{1k} + G_{2k} + 1,0xQ_{1k}$
  - RAR-3:  $G_{1k} + G_{2k} + 1,0xQ_{2k}$
  - RAR-4:  $G_{1k} + G_{2k} + 1,0xQ_{1k} + 1,0xQ_{2k}$
  
- Combinazioni allo stato limite di esercizio (SLE) di tipo frequente (FRE):
  - FRE-1:  $G_{1k} + G_{2k}$
  - FRE-2:  $G_{1k} + G_{2k} + 0,7xQ_{1k}$
  - FRE-3:  $G_{1k} + G_{2k} + 0,7xQ_{2k}$
  - FRE-4:  $G_{1k} + G_{2k} + 0,7xQ_{1k} + 0,7xQ_{2k}$
  
- Combinazioni allo stato limite di esercizio (SLE) di tipo quasi permanente (QPE):
  - QPE-1:  $G_{1k} + G_{2k}$
  - QPE-2:  $G_{1k} + G_{2k} + 0,6xQ_{1k} + 0,6xQ_{2k}$

### 7.3.5.1.1 Calcolo delle sollecitazioni

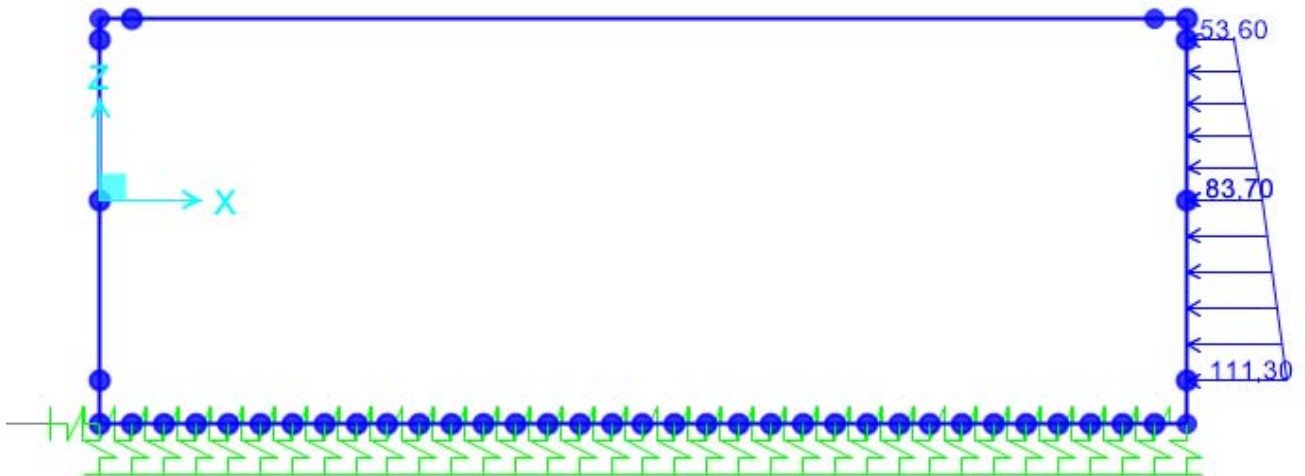
Nelle figure seguenti sono riportati il modello di calcolo implementato, i carichi assegnati agli elementi strutturali e gli involuipi delle sollecitazioni per ciascuna famiglia di combinazioni di carico.



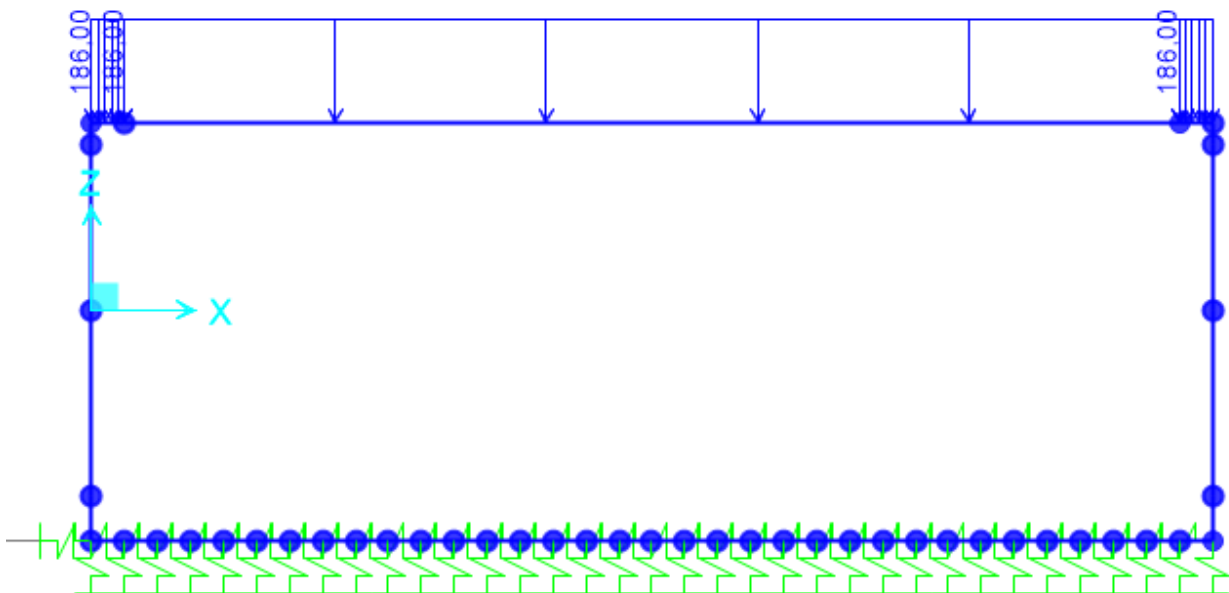
Modello di calcolo



Carico permanente agente sulla trave di copertura dovuto al p.p. della soletta

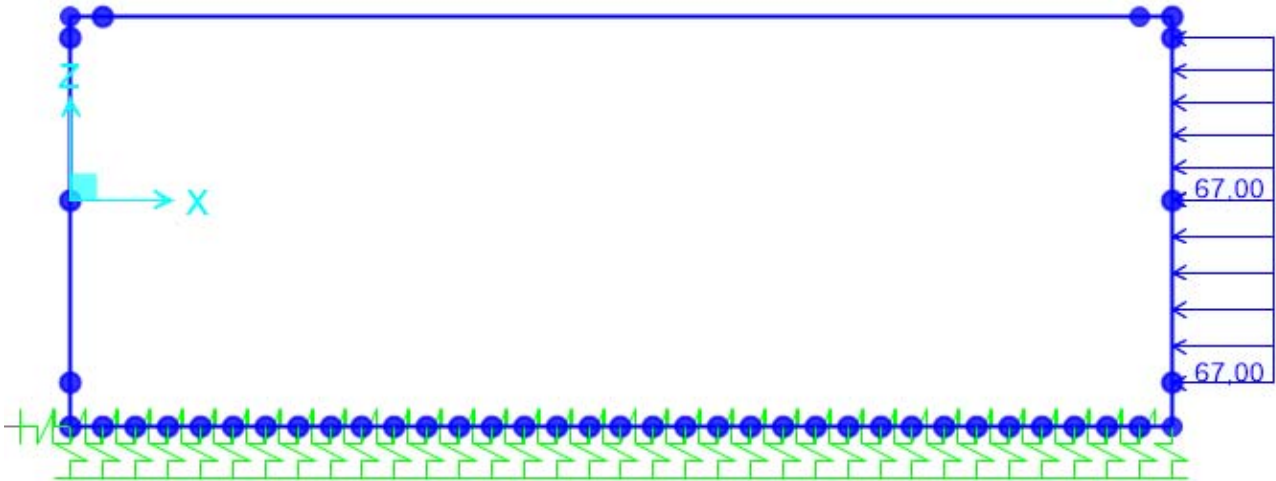


Spinta del terreno in condizioni di riposo agente sulla parete opposta ai tubi

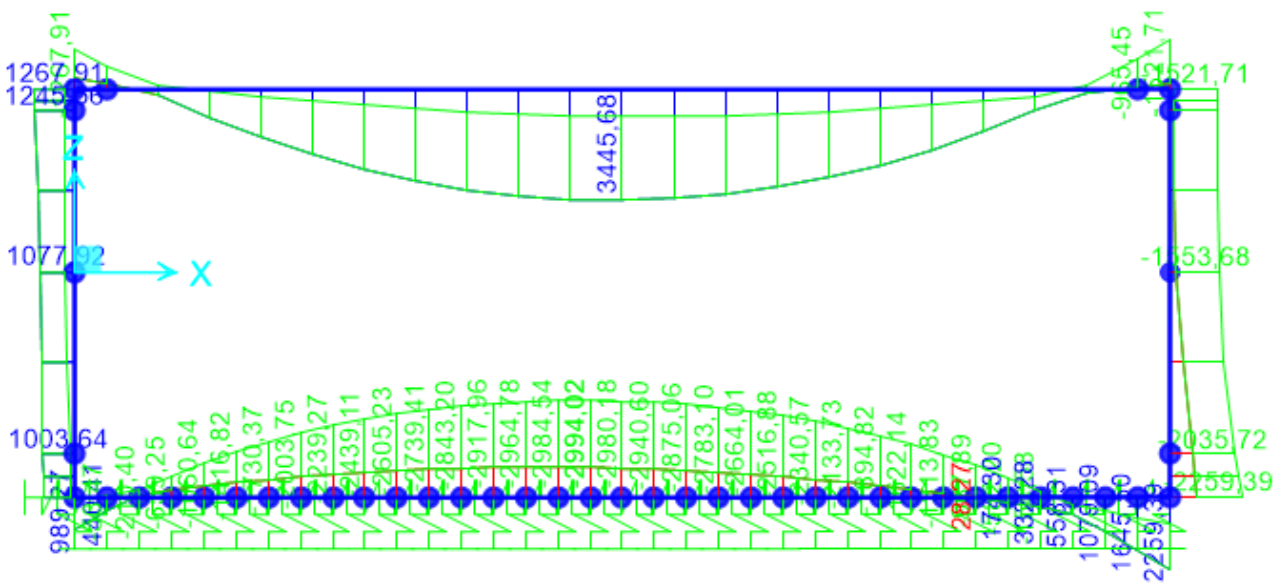


Carico variabile agente sulla trave di copertura dovuto al sovraccarico stradale

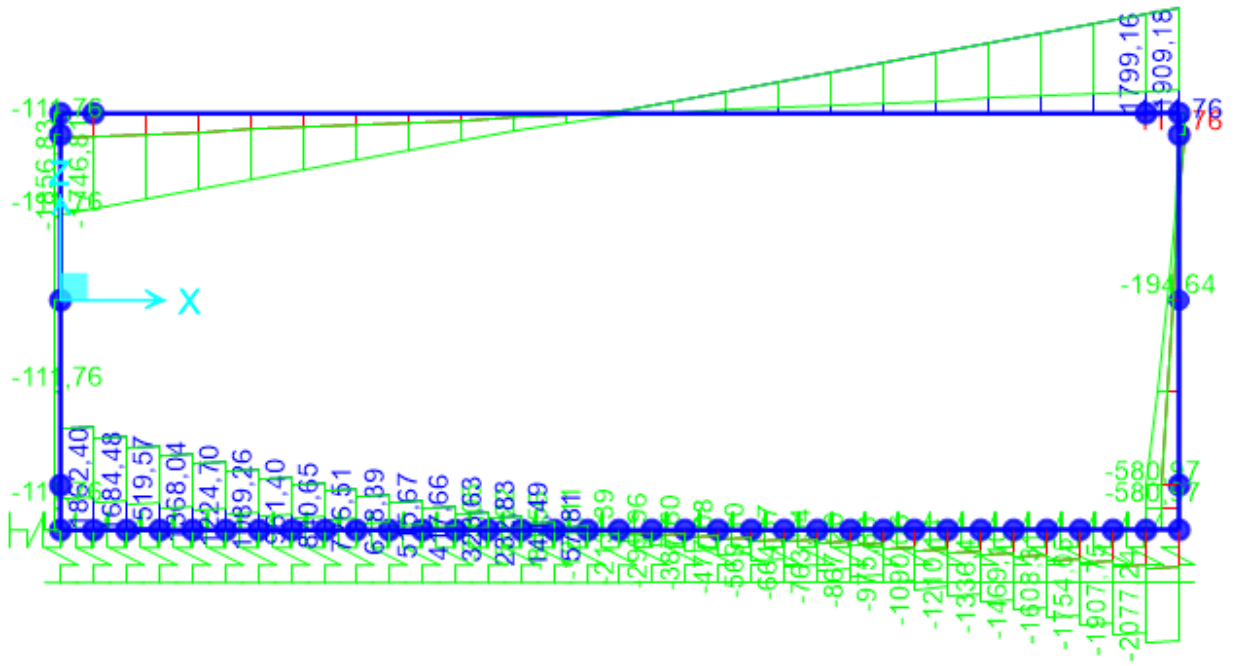




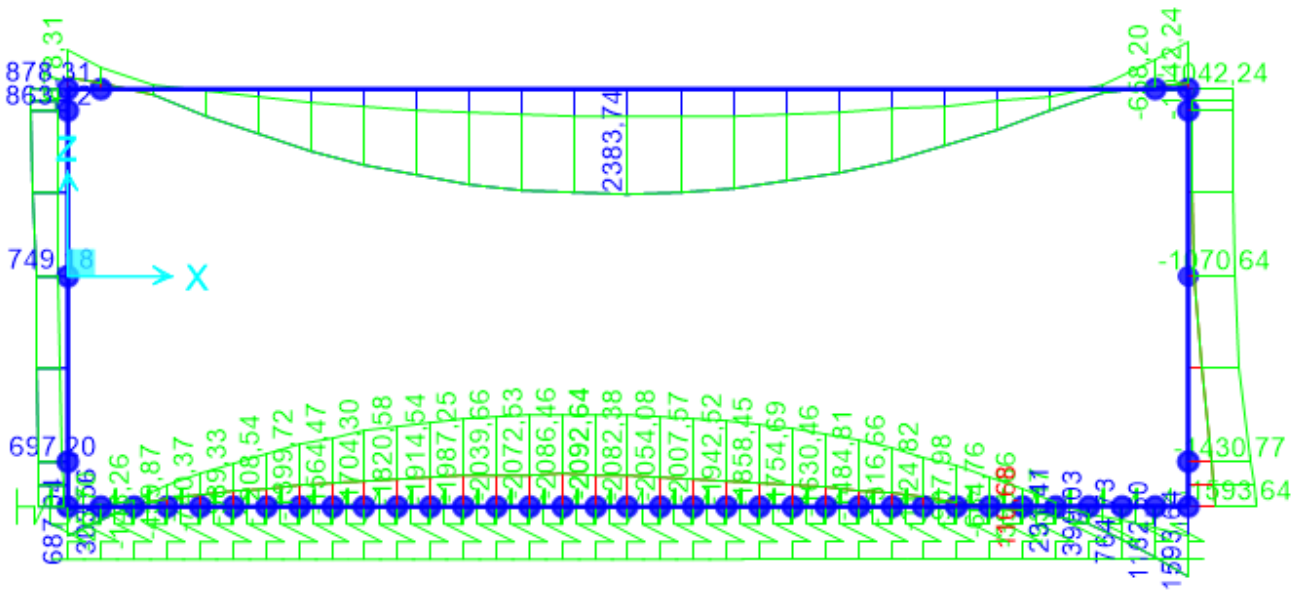
Spinta del terreno dovuta al sovraccarico in condizioni di riposo agente sulla parete opposta ai tubi



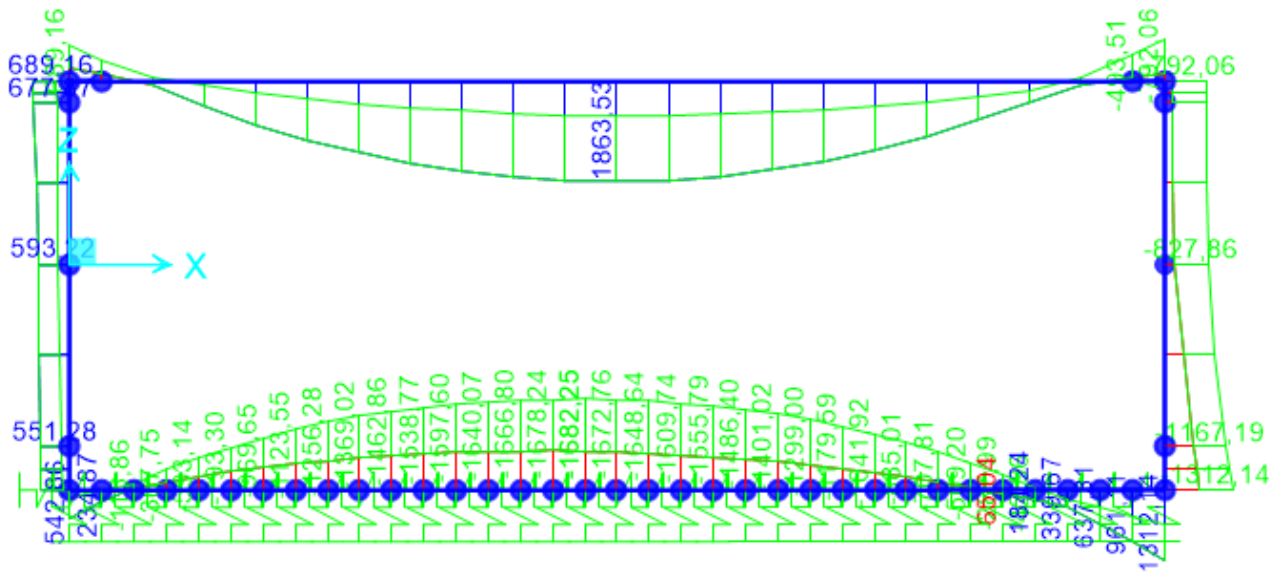
Combinazioni SLU-STR – Involuppo momenti flettenti



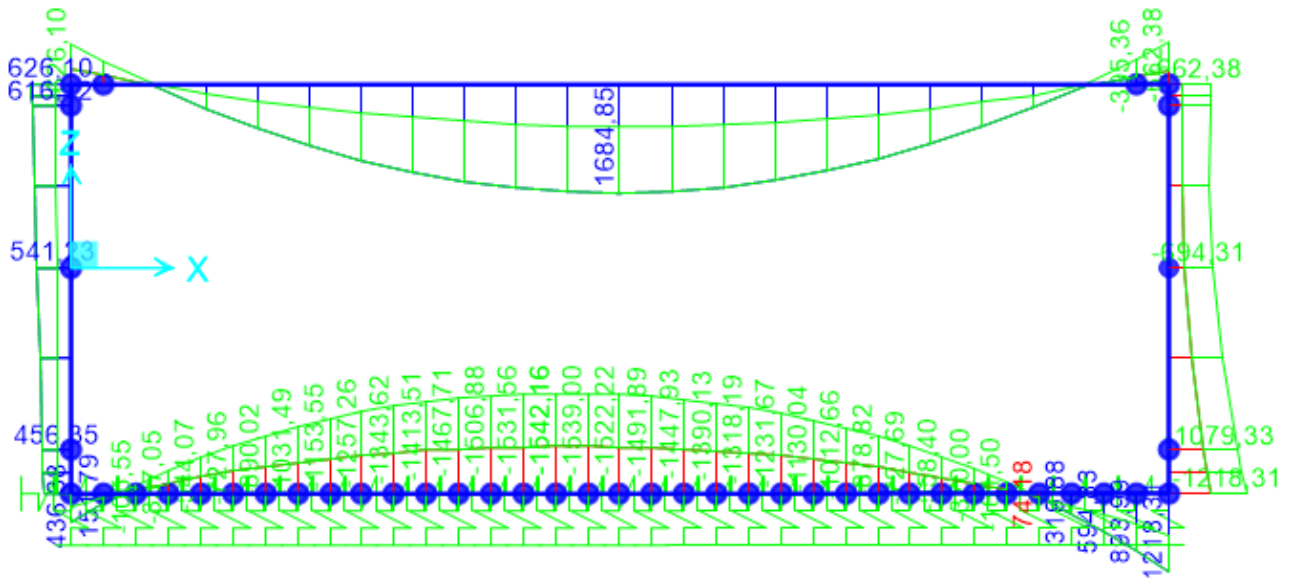
Combinazioni SLU-STR – Involuppo azioni taglianti



Combinazioni SLE-RAR – Involuppo momenti flettenti



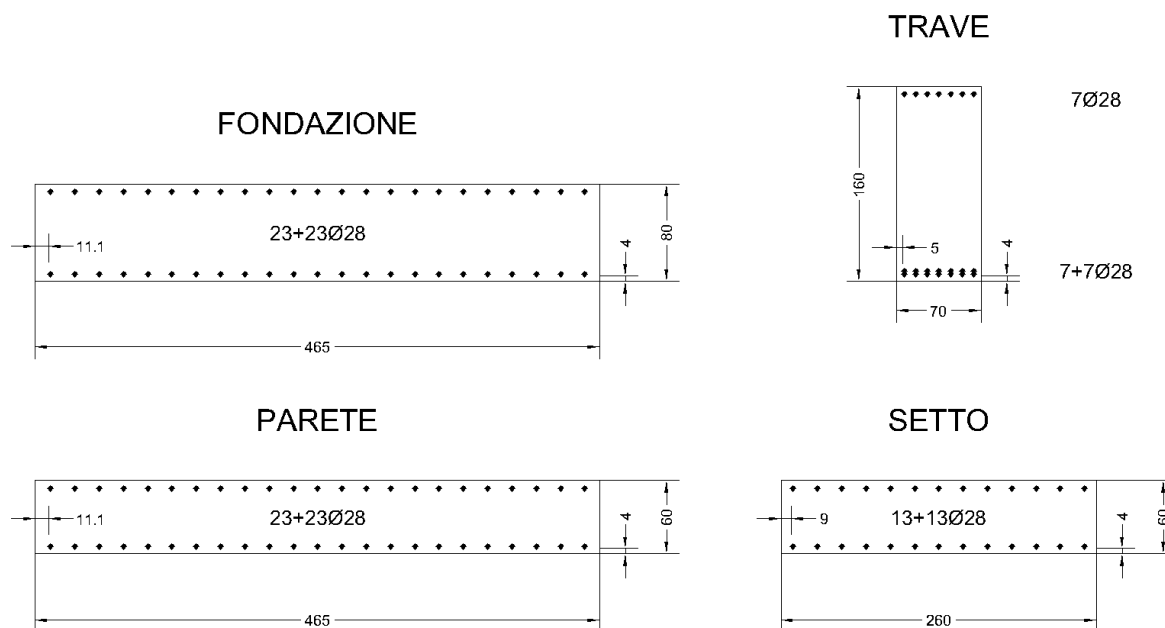
Combinazioni SLE-FRE – Involuppo momenti flettenti



Combinazioni SLE-QPE – Involuppo momenti flettenti

### 7.3.5.1.2 Verifiche strutturali della soletta di fondazione

Nelle figure seguenti sono riportate le sezioni resistenti degli elementi strutturali del modello considerate ai fini delle verifiche agli stati limite ultimi e di esercizio.



Sezioni resistenti

Nelle tabelle seguenti sono riportate le verifiche delle sezioni in corrispondenza delle massime caratteristiche della sollecitazione.

Le verifiche agli stati limite ultimi (SLU) di resistenza delle elementi strutturali nei confronti delle sollecitazioni flettenti e taglianti risultano soddisfatte se è verificata la condizione:

$$R_d/E_d \geq 1,00$$

dove  $R_d$  rappresenta la sollecitazione resistente della sezione ed  $E_d$  la sollecitazione di calcolo agente nella sezione.

Le verifiche agli stati limite di esercizio (SLE) nei confronti dello stato tensionale dei materiali e dell'apertura delle fessure sono invece soddisfatte se si verificano le seguenti condizioni:

- Combinazione Rara:

$$\sigma_c \leq 0,60 \times f_{ck} = 224,1 \text{ daN/cm}^2$$

$$\sigma_a \leq 0,80 \times f_{yk} = 3600 \text{ daN/cm}^2$$

- Combinazione Frequente:

$$w_k \leq 0,2 \text{ mm}$$

- Combinazione Quasi permanente:

$$\sigma_c \leq 0,45 \times f_{ck} = 168,1 \text{ daN/cm}^2$$

$$w_k \leq 0,2 \text{ mm}$$

Verifiche agli stati limite ultimi (SLU) nei confronti delle sollecitazioni flettenti

	B	H	c	Armatura sup./est.			Armatura inf./int.			M <sub>Ed</sub>	M <sub>Rd</sub>	M <sub>Rd</sub> /M <sub>Ed</sub>
	[mm]	[mm]	[mm]		Φ			Φ		kNm	kNm	-
FONDAZIONE CAMPATA	4650	800	40	23	Φ	28	23	Φ	28	-2994,00	3973,3	1,33
FONDAZIONE ESTREMITA'	4650	800	40	23	Φ	28	23	Φ	28	2259,00	3973,3	1,76
TRAVE CAMPATA	700	1600	68	7	Φ	28	14	Φ	28	3446,00	4876,0	1,41
TRAVE ESTREMITA'	700	1600	40	7	Φ	28	14	Φ	28	-1522,00	2537,5	1,67
PARETE LATO OPPOSTO TUBI	4650	600	40	23	Φ	28	23	Φ	28	-2259,00	2865,0	1,27
SETTO LATO TUBI	2600	600	40	13	Φ	28	13	Φ	28	-1268,00	1618,5	1,28

Verifiche agli stati limite ultimi (SLU) nei confronti delle sollecitazioni taglianti (elementi privi di armatura resistente a taglio)

Descrizione	b <sub>w</sub>	h	c	n <sub>Φ</sub>	v <sub>min</sub>	V <sub>Rd</sub>	V <sub>Rd,0</sub>	V <sub>Rd</sub>	V <sub>Ed</sub>	η
-	mm	mm	mm	-		kN	kN	kN	kN	-
Parete	4650	600	40	24Φ28	0,44	1364,95	1104,50	1364,95	581,00	2,35
Setto	2600	600	40	12Φ28	0,44	735,28	617,57	735,28	112,00	6,57

Verifiche agli stati limite ultimi (SLU) nei confronti delle sollecitazioni taglianti (elementi con armatura resistente a taglio)

Descrizione	b <sub>w</sub>	h	c	Φ <sub>sw</sub>	n <sub>b</sub>	s	α	V <sub>Rd</sub>	V <sub>Ed</sub>	η
-	mm	mm	mm	mm		mm	°	kN	kN	-
Trave <sup>1</sup>	700	1600	40	16	2,00	200	90	2735,92	1909,00	1,43
Fondazione <sup>2</sup>	4650	800	40	16	11,00	400	45	2401,03	2077,00	1,16

**Nota 1:** La trave di copertura è armata con staffe Φ16/20.

**Nota 2:** La fondazione è armata in corrispondenza delle estremità con ferri piegati a 45° di diametro Φ16 disposti trasversalmente ad interasse di 40 cm (numero di bracci pari a n<sub>b</sub> = 465/40 = 11) ed in direzione longitudinale con passo di 40 cm. I ferri piegati sono disposti per una distanza pari a 2 m dalle estremità.

Verifiche agli stati limite di esercizio (SLE) nei confronti delle tensioni nei materiali e dell'apertura delle fessure

Rara	B	H	c	Armatura sup./est.			Armatura inf./int.			M <sub>Ed</sub>	σ <sub>c</sub>	σ <sub>s,sup</sub>	σ <sub>s,inf</sub>	w <sub>k</sub>
	[mm]	[mm]	[mm]		Φ			Φ		[kNm]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[mm]
FONDAZIONE CAMPATA	4650	800	40	23	Φ	28	23	Φ	28	-2092	7,98	-211,4	29,6	-
FONDAZIONE ESTREMITA'	4650	800	40	23	Φ	28	23	Φ	28	1594	6,08	22,5	-161,1	-
TRAVE CAMPATA	700	1600	68	7	Φ	28	14	Φ	28	2384	11,03	52,6	-198,1	-
TRAVE ESTREMITA'	700	1600	40	7	Φ	28	14	Φ	28	-1042	5,40	-164,4	25,9	-
PARETE LATO OPPOSTO TUBI	4650	600	40	23	Φ	28	23	Φ	28	-1594	9,96	-222,9	32,4	-
SETTO LATO TUBI	2600	600	40	13	Φ	28	13	Φ	28	-878	9,76	-217,3	31,9	-

Frequente	B	H	c	Armatura sup./est.			Armatura inf./int.			M <sub>Ed</sub>	σ <sub>c</sub>	σ <sub>s,sup</sub>	σ <sub>s,inf</sub>	w <sub>k</sub>
	[mm]	[mm]	[mm]		Φ			Φ		[kNm]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[mm]
FONDAZIONE CAMPATA	4650	800	40	23	Φ	28	23	Φ	28	-1682	-	-	-	0,172
FONDAZIONE ESTREMITA'	4650	800	40	23	Φ	28	23	Φ	28	1312	-	-	-	0,134
TRAVE CAMPATA	700	1600	68	7	Φ	28	14	Φ	28	1864	-	-	-	0,167
TRAVE ESTREMITA'	700	1600	40	7	Φ	28	14	Φ	28	-792	-	-	-	0,086
PARETE LATO OPPOSTO TUBI	4650	600	40	23	Φ	28	23	Φ	28	-1312	-	-	-	0,186
SETTO LATO TUBI	2600	600	40	13	Φ	28	13	Φ	28	-689	-	-	-	0,172

Quasi perm.	B	H	c	Armatura sup./est.			Armatura inf./int.			M <sub>Ed</sub>	σ <sub>c</sub>	σ <sub>s,sup</sub>	σ <sub>s,inf</sub>	w <sub>k</sub>
	[mm]	[mm]	[mm]		Φ			Φ		[kNm]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[mm]
FONDAZIONE CAMPATA	4650	800	40	23	Φ	28	23	Φ	28	-1542	3,73	-	-	0,158
FONDAZIONE ESTREMITA'	4650	800	40	23	Φ	28	23	Φ	28	1218	2,95	-	-	0,125
TRAVE CAMPATA	700	1600	68	7	Φ	28	14	Φ	28	1685	5,14	-	-	0,145
TRAVE ESTREMITA'	700	1600	40	7	Φ	28	14	Φ	28	-662	1,99	-	-	0,072
PARETE LATO OPPOSTO TUBI	4650	600	40	23	Φ	28	23	Φ	28	-1218	4,82	-	-	0,173
SETTO LATO TUBI	2600	600	40	13	Φ	28	13	Φ	28	-626	4,41	-	-	0,156

Come si vede dalla tabelle le verifiche risultano soddisfatte.

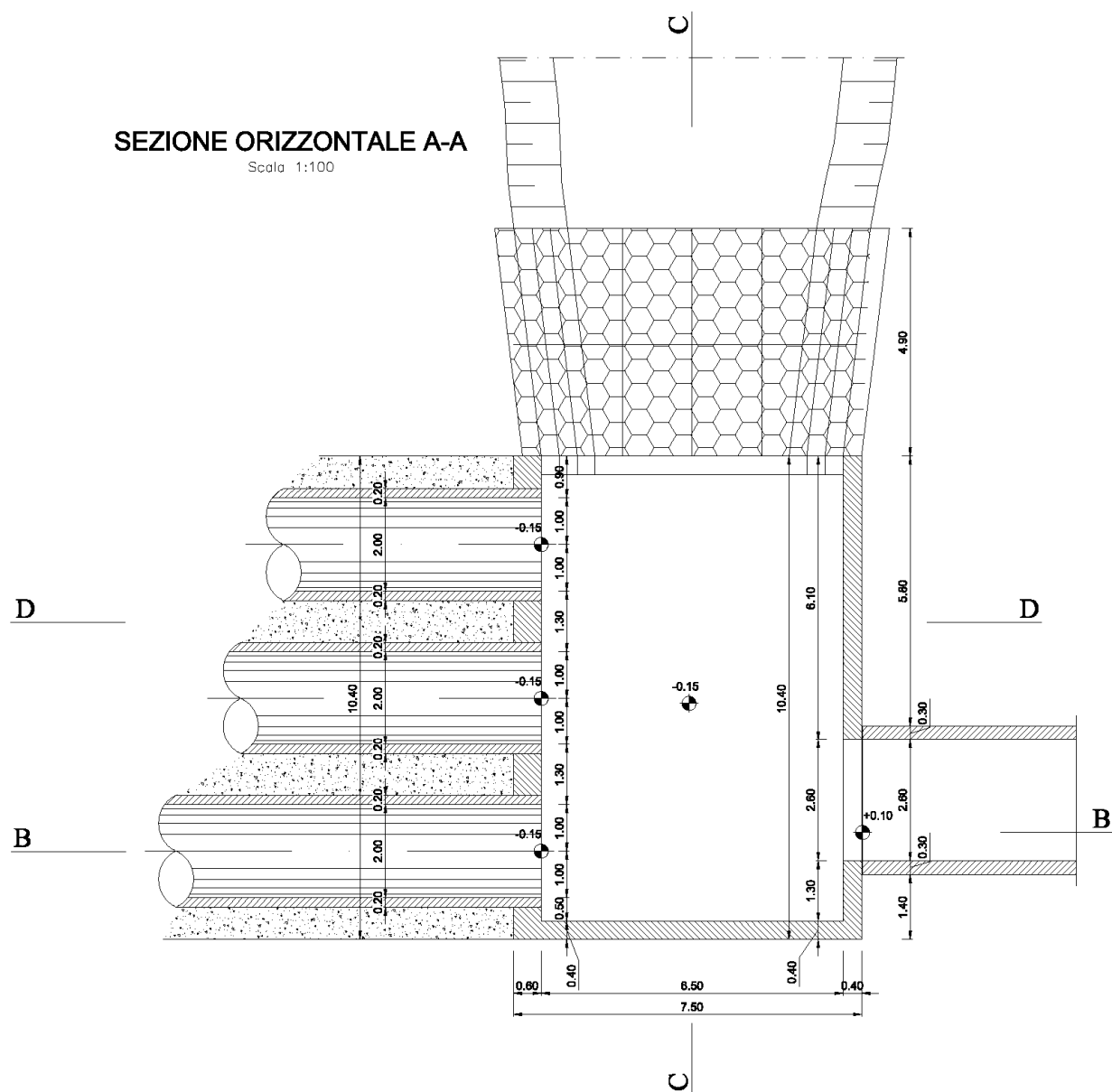
## 7.4 Manufatto di intercettazione

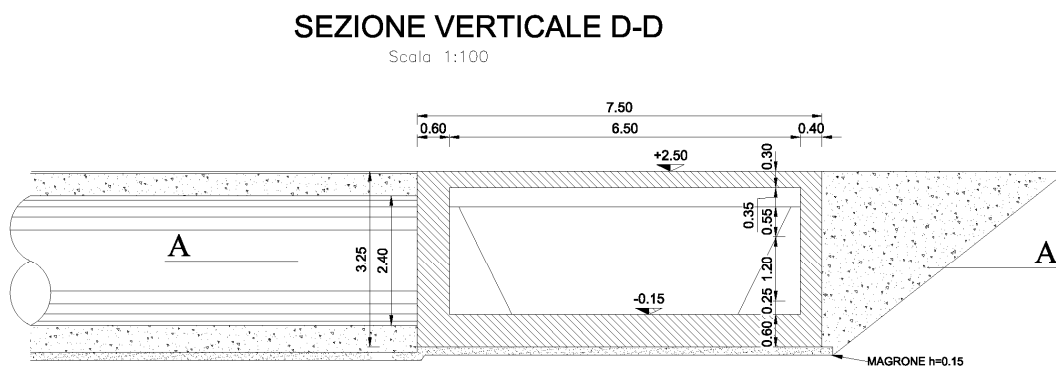
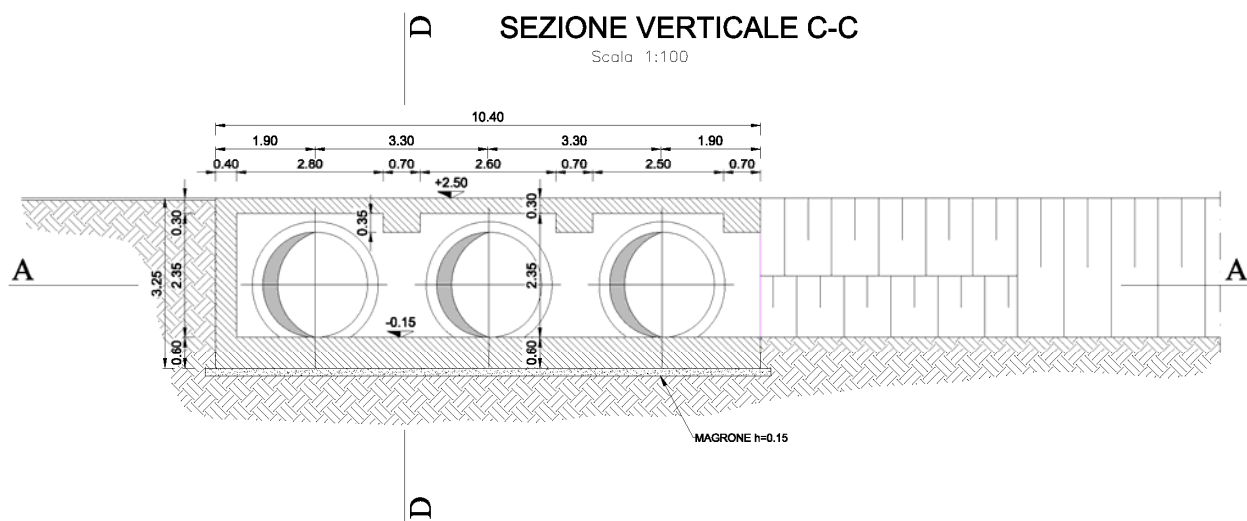
### 7.4.1 Premesse

Di seguito sono riportate le verifiche degli elementi strutturali del manufatto di intercettazione.

Il manufatto, ad un solo piano totalmente interrato di altezza pari a 3,25 m, sarà realizzato in calcestruzzo armato con elementi strutturali di dimensioni caratteristiche pari a:

- soletta di fondazione  $s = 60$  cm;
- travi di copertura estradossate  $H = 65$  cm ( $h = 35 + 30$  cm di soletta);
- pareti parallele alle travi di copertura  $s = 40$  cm;
- parete perpendicolare alle travi di copertura  $s = 40$  cm;
- pareti/colonna perpendicolari alle travi di copertura  $90 \times 60$  cm





Le verifiche sono state eseguite in conformità alla vigente normativa nazionale DM 14.01.2008 - “Norme tecniche per le costruzioni” (NTC2008) - ed alla relativa Circolare esplicativa 2/02/2009, n. 617.

In particolare l’edificio in esame rientra nella definizione di “costruzione semplice”, rispettando i requisiti di natura statica di cui al par. 4.5.6.4 delle NTC. Ai fini sismici, il manufatto rispetta le condizioni integrative per le “costruzioni semplici” di cui al par. 7.8.1.9 delle NTC, per cui, ricadendo in zona sismica 4, non è necessario effettuare alcuna analisi e verifica di sicurezza.



## **7.4.2 Caratteristiche dell'opera**

Nei paragrafi seguenti sono specificate la vita nominale e la classe d'uso delle nuove opere nonché il periodo di riferimento per la definizione dell'azione sismica.

### **7.4.2.1 Vita nominale**

La vita nominale dell'opera, intesa come il numero di anni nel quale la struttura, purché soggetta alla manutenzione ordinaria, deve potere essere usata per lo scopo al quale è destinata, è stata assunta pari a  $V_N = 50$  anni (*costruzioni tipo 2: opere ordinarie, ponti, opere infrastrutturali e dighe di dimensioni contenute o di importanza normale*).

### **7.4.2.2 Classe d'uso**

La classe d'uso dell'opera in rapporto alle conseguenze di un'interruzione di operatività o di un eventuale collasso in presenza di azioni sismiche è stata assunta pari a II (*costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali; industrie con attività non pericolose per l'ambiente*).

### **7.4.2.3 Periodo di riferimento per l'azione sismica**

Il periodo di riferimento ( $V_R$ ), in relazione al quale vengono valutate le azioni sismiche sulla struttura, è ottenuto moltiplicando la vita nominale ( $V_N = 50$  anni) per il coefficiente d'uso definito in funzione della classe d'uso ( $C_U = 1$  per classe d'uso II), da cui  $V_R = 50$  anni.

### **7.4.2.4 Classificazione sismica**

La Giunta della Regione Sardegna con *Delib. n. 15/31 del 30 marzo 2004*, ha adottato la classificazione sismica stabilendo che di tutti i Comuni della Regione Sardegna ricadono in zona sismica 4.

#### **7.4.2.5 Pericolosità sismica del sito e parametri sismici di progetto**

I parametri sismici da utilizzare per la definizione dell'azione sismica sono ricavati dalla normativa vigente a partire dalla "pericolosità sismica di base" del sito di costruzione.

La pericolosità sismica nazionale è fornita dai dati pubblicati sul sito <http://esse1.mi.ingv.it/> e riportati in allegato al DM 14/1/2008 in corrispondenza dei nodi di un reticolo di riferimento con passo di 0,05°. In corrispondenza di ogni nodo del reticolo di riferimento, per ciascuna delle probabilità di superamento ( $P_{VR}$ ) nel periodo di riferimento ( $V_R$ ) sono assegnati i valori dei parametri  $a_g$  (accelerazione orizzontale massima del terreno),  $F_0$  (valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale) e  $T_C^*$  (periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale).

Le probabilità di superamento ( $P_{VR}$ ) nel periodo di riferimento ( $V_R$ ), cui riferirsi per individuare l'azione sismica, sono definite in relazione al tipo di stato limite sismico considerato, così come indicato nella tabella 3.2.I del DM 2008.

Nel caso specifico è stato preso in esame lo stato limite ultimo di salvaguardia della vita (SLV), al quale corrisponde una probabilità di superamento ( $P_{VR}$ ) nel periodo di riferimento ( $V_R$ ) pari al 10 %. Pertanto il periodo di ritorno ( $T_R = -V_R / \ln[1-P_{VR}]$ ) è pari a 475 anni.

Per Cagliari i valori dei parametri sismici di progetto  $a_g$ ,  $F_0$  e  $T_C^*$ , relativamente al periodo di ritorno considerato, sono i seguenti:

$$a_g = 0,05 \text{ g} \qquad F_0 = 2,88 \qquad T_C^* = 0,34 \text{ sec}$$

### 7.4.3 Caratteristiche dei materiali

Le caratteristiche meccaniche dei materiali impiegati nella realizzazione della struttura in oggetto, a cui si è fatto riferimento per le verifiche, sono sinteticamente riportate nel seguito.

#### 7.4.3.1 Calcestruzzo classe di resistenza C35/45

*Resistenza di calcolo a compressione del calcestruzzo*

$$\begin{aligned}R_{ck} &= 45 \text{ MPa} \\f_{ck} &= 0,83 \times R_{ck} = 37,35 \text{ MPa} \\f_{cm} &= f_{ck} + 8 = 45,35 \text{ MPa} \\f_{cd} &= \alpha_{cc} f_{ck} / \gamma_c = 21,17 \text{ MPa}\end{aligned}$$

*Resistenza di calcolo a trazione del calcestruzzo*

$$\begin{aligned}f_{ctm} &= 0,30 \times f_{ck}^{2/3} = 3,35 \text{ MPa} \\f_{ctk} &= 0,7 \times f_{ctm} = 2,35 \text{ MPa} \\f_{ctd} &= f_{ctk} / \gamma_c = 1,56 \text{ MPa}\end{aligned}$$

$$E_{cm} = 22000 \times [f_{cm}/10]^{0,3} = 34625 \text{ MPa}$$

*Tensione massima di compressione del calcestruzzo nelle condizioni di esercizio*

$$\begin{aligned}\sigma_c &= 0,60 \times f_{ck} = 22,41 \text{ MPa} && \text{per combinazione caratteristica (rara)} \\ \sigma_c &= 0,45 \times f_{ck} = 16,81 \text{ MPa} && \text{per combinazione quasi permanente}\end{aligned}$$

#### 7.4.3.2 Acciaio per cemento armato B450C

*Valori nominali delle tensioni caratteristiche di snervamento e rottura*

$$\begin{aligned}f_{yk} &= 450 \text{ MPa} \\f_{tk \text{ nom}} &= 540 \text{ MPa}\end{aligned}$$

*Resistenza di calcolo dell'acciaio*

$$f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s = 391 \text{ MPa}$$

*Allungamento caratteristico*

$$A_{gtk} = 7,5\%$$

*Tensione massima dell'acciaio in condizioni di esercizio*

$$\sigma_s = 0,80 \times f_{yk} = 360 \text{ MPa} \quad \text{per combinazione caratteristica (rara)}$$

*Valore massimo di apertura delle fessure*

$$w_1 = 0,20 \text{ mm}$$

#### **7.4.4 Azioni sulle strutture**

Sulla base delle indicazioni di cui al par. 2.5.1.3 del DM/08, le azioni considerate ai fini della progettazione e verifica delle opere in oggetto possono essere assegnate alle seguenti famiglie di carico:

- $G_1$  = carichi permanenti – peso proprio di tutti gli elementi strutturali;
- $Q$  = carichi variabili – sovraccarico accidentale; carico neve;
- $E$  = carichi sismici – azioni derivanti dai terremoti.

##### **7.4.4.1 Carichi variabili**

###### **- Azione della neve**

L'azione della neve sulla copertura è stata valutata come indicato nel par. 3.4.1. del DM/08:

$$q_s = \mu_i \cdot q_{sk} \cdot c_e \cdot c_t = 0,48 \text{ kN/mq}$$

dove

- $q_s$  è il carico della neve sulla copertura;
- $\mu_i$  è il coefficiente di forma della copertura, pari a 0,80 per copertura piana;
- $q_{sk}$  è il valore caratteristico di riferimento del carico neve al suolo, che per il sito in esame (zona III di cui al par. 3.4.2. del DM/08), vale 0,60 kN/mq;
- $c_e$  è il coefficiente di esposizione assunto pari ad 1,00;
- $c_t$  è il coefficiente termico, assunto pari ad 1,00.

###### **- Sovraccarico accidentale**

Ai fini del dimensionamento del solaio è stato considerato un carico variabile ( $Q_k$ ) uniformemente distribuito di intensità pari a 40,00 kN/m<sup>2</sup> di tipo stradale.

##### **7.4.4.2 Azione sismica**

Come già detto in premessa, trattandosi di costruzione semplice e ricadendo in zona sismica 4, non è obbligatorio effettuare alcuna analisi e verifica di sicurezza (par. 7.8 delle NTC).

#### **7.4.5 Verifiche di resistenza degli elementi strutturali**

Nel seguito si riportano i calcoli statici e le relative verifiche di resistenza strutturale (STR) degli elementi caratteristici del serbatoio, effettuate agli stati limite ultimi (SLU) e di esercizio (SLE).

Per la determinazione delle caratteristiche di sollecitazione si procede all'analisi strutturale del manufatto utilizzando un modello monodimensionale agli elementi finiti implementato con codice di calcolo MASTERSAP.

Il modello è realizzato con elementi di tipo beam posizionati nel baricentro degli elementi strutturali resistenti.

Gli elementi utilizzati hanno le seguenti caratteristiche geometriche:

- soletta di fondazione: elementi tipo "beam" con sezione resistente 330x60 cm vincolata al terreno con elementi tipo "spring" che rappresentano l'interazione elastica con il terreno di fondazione ipotizzato alla Winkler  $k_z = 20000 \text{ kN/m}^3$ ;
- trave di copertura: elementi tipo "beam" con sezione resistente a T con  $h_{\text{tot}} = 125 \text{ cm}$ ,  $s_{\text{anima}} = 70 \text{ cm}$ ,  $s_{\text{ala}} = 30 \text{ cm}$  e larghezza ala = 330 cm;
- parete/pilastro lato tubi: elementi tipo "beam" con sezione resistente 90x60 cm;
- parete: elementi tipo "beam" con sezione resistente 330x40 cm.

Le azioni agenti sugli elementi strutturali sono:

- peso proprio ( $G_1$ ): tenuto in conto automaticamente dal modello numerico associando un peso specifico di  $25 \text{ kN/m}^3$  al c.a.;
- carico permanente ( $G_2$ ): spinta, a tergo della parete verticale, del terreno di rinfiacco di caratteristiche geotecniche pari a  $\gamma = 20 \text{ kN/m}^3$ , e  $\phi = 40^\circ$  e coefficiente di spinta  $k_0 = 0.36$ ;
- carico accidentale ( $Q_1$ ): carico uniformemente distribuito di tipo stradale di intensità pari a  $40 \text{ kN/m}^3$ ;
- carico accidentale ( $Q_2$ ): spinta, a tergo della parete verticale, del terreno di rinfiacco di caratteristiche geotecniche pari a  $\gamma = 20 \text{ kN/m}^3$ , e  $\phi = 40^\circ$  e coefficiente di spinta  $k_0 = 0.36$  generata dal carico accidentale  $Q_1$  di  $40 \text{ kN/m}^3$ .

Ai fini delle suddette verifiche sono state prese in esame le seguenti combinazioni delle azioni :

combinazioni di carico SLU

	COMB_1	COMB_2	COMB_3
G <sub>1</sub>	1.3	1.3	1.3
G <sub>2</sub>		1.3	1.3
Q <sub>1</sub>	1.5	1.5	1.5
Q <sub>2</sub>			1.5

combinazioni di carico SLE

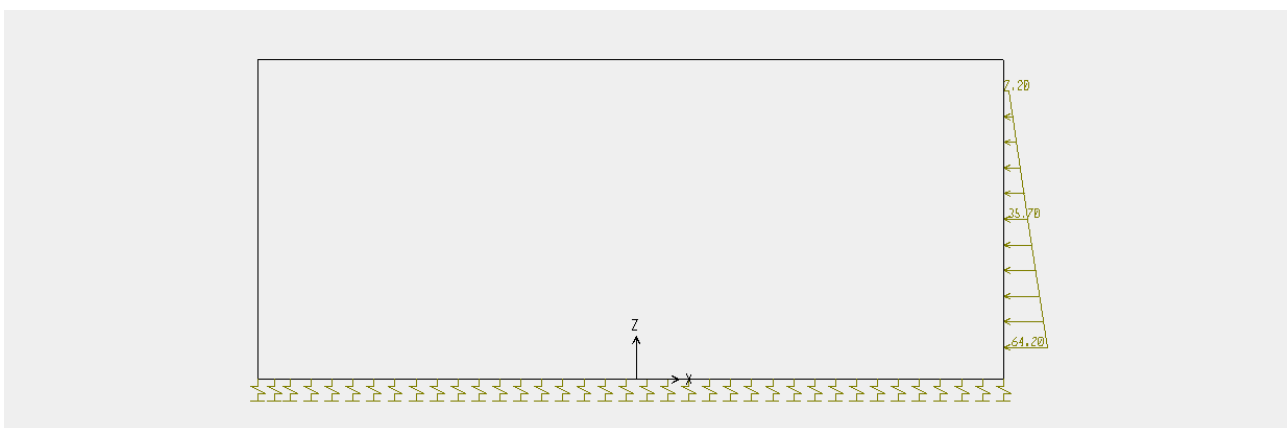
	COMB_1	COMB_2	COMB_3
G <sub>1</sub>	1	1	1
G <sub>2</sub>		1	1
Q <sub>1</sub>	0.7	0.7	0.7
Q <sub>2</sub>			0.7

I coefficienti riportati in tabella sono il prodotto tra i coefficienti parziali e quelli di correlazione.

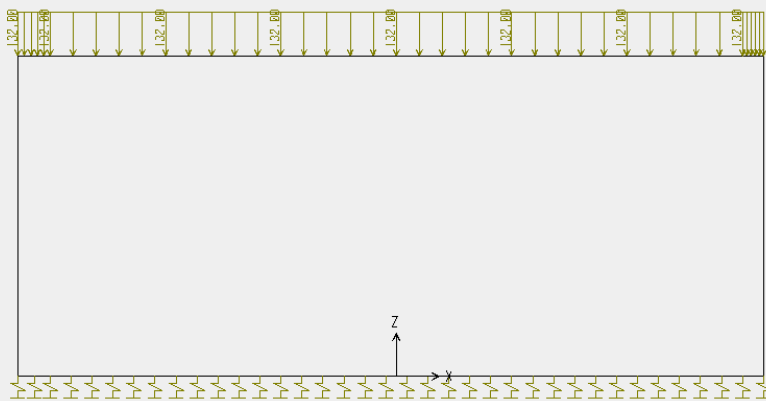
#### 7.4.5.1.1 Calcolo delle sollecitazioni

Il calcolo delle sollecitazioni è stato svolto facendo riferimento ad una fascia di larghezza 3,30 m analizzando un modello corrispondente alla sezione D-D rappresentante la sezione resistente della struttura in oggetto.

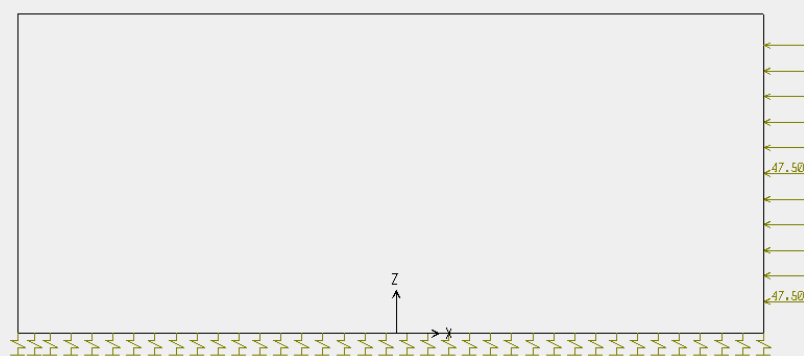
Di seguito sono riportati in forma grafica gli schemi di carico e i risultati delle sollecitazioni.



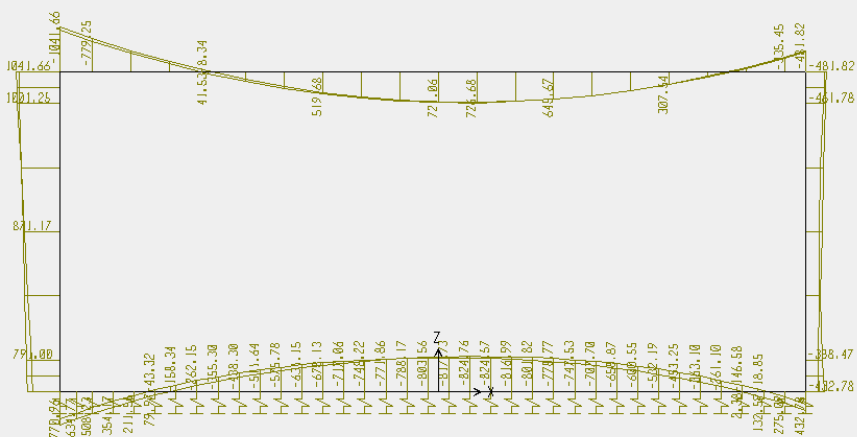
Modello sez D-D: "Carico permanente G2"



Modello sez D-D: "Carico accidentale Q1"

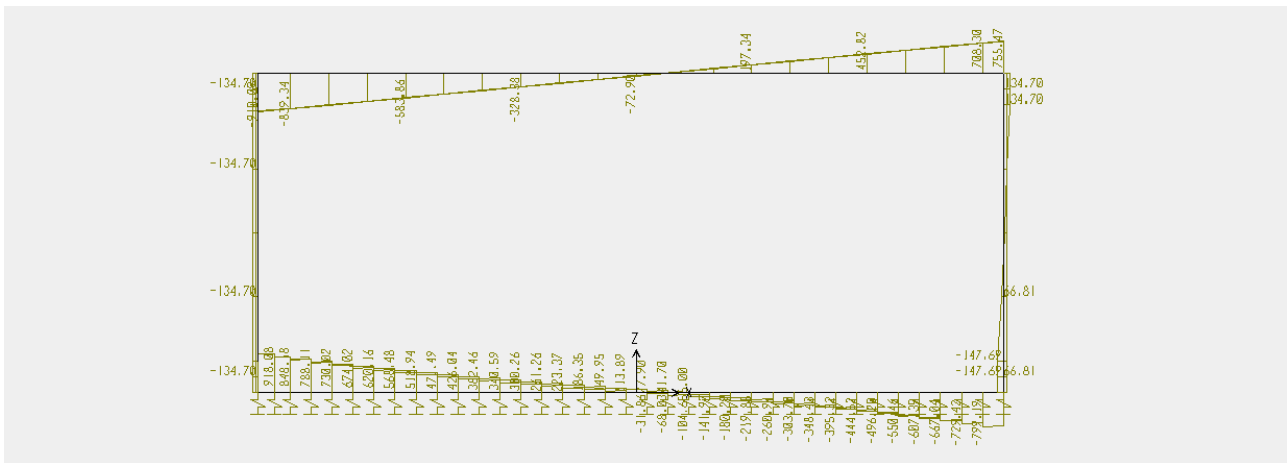


Modello sez D-D: "Carico accidentale Q2"

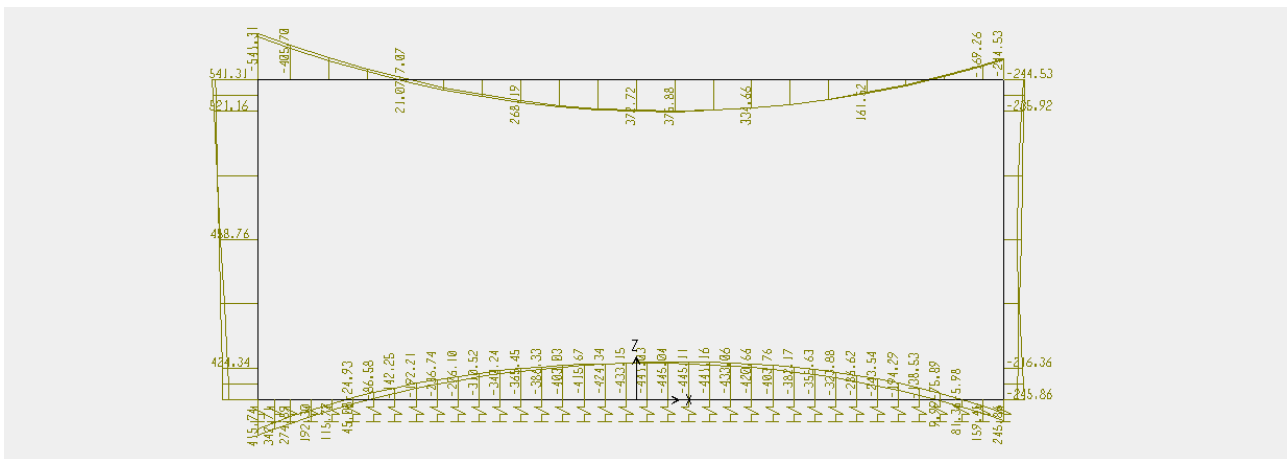


Modello sez D-D: "SLU – Involuppo dei diagrammi dei momenti"





Modello sez D-D: "SLU – Inviluppo dei diagrammi dei tagli"



Modello sez D-D: "SLE – Inviluppo dei diagrammi dei momenti"

#### 7.4.5.1.2 Verifiche strutturali della soletta di fondazione

Considerando una striscia di soletta di 3,30 m, la sezione resistente è rettangolare 330 x 60 cm armata con 16 $\phi$ 26 superiormente e 16 $\phi$ 26 inferiormente. Armaturatura integrativa cavallotti  $\phi$ 16 maglia 80x80 cm. Il copriferro è di 4 cm.

Di seguito sono riportate le verifiche delle sezioni maggiormente sollecitate (modello sez D-D)

#### SLU - Verifica a flessione

Momento di calcolo:

$$M_{sd} = -824.8 \text{ KNm}$$

Momento limite:

$$M_{lim} = -1649.9 \text{ KNm}$$

$$M/M_{lim} = 0.4999$$

Deformazioni:

$\epsilon_s \text{ sup} = -0.0100$

$\epsilon_c \text{ inf} = 0.0014$

asse neutro  $x = 6.9$  cm

Sezione verificata

#### SLU - Verifica a taglio

Taglio di calcolo:

$V = 918.1$  kN

Taglio limite per calcestruzzo:

Senza armatura: 1405.8 kN

Con armatura: 12710.7 kN

$V_{cd} = 2603.9$  kN

Non occorre armatura (vedi valori minimi)

Sezione verificata

#### SLE - Verifica a fessurazione

Caratteristiche di sollecitazione:

$M = 445.1$  kN

$N = 0.0$  kN

Valori di fessurazione:

$M_{fess} = 629.1$  kN

Verifica imposta: stato limite di apertura delle fessure

Sezione verificata

#### *7.4.5.1.3 Verifiche strutturali della parete/pilastro tra i tubi*

Considerando una striscia di struttura di 3,30 m, la sezione resistente è rettangolare 90 x 60 cm armata con 14 $\emptyset$ 26 esternamente e 5 $\emptyset$ 20 internamente. Il copriferro è di 4 cm.

Di seguito sono riportate le verifiche delle sezioni maggiormente sollecitate (modello sez D-D)

#### SLU - Verifica a flessione

Momento di calcolo:

Msd= 1001.3 KNm

Momento limite:

Mlim = 1360.2 KNm

M/Mlim = 0.7361

Deformazioni:

eps c sup = 0.0035

eps s inf = -0.0093

asse neutro x =15.1 cm

Sezione verificata

#### SLU - Verifica a taglio

Taglio di calcolo:

V = 134.7 kN

Taglio limite per calcestruzzo:

Senza armatura: 544.0 kN

Con armatura: 3466.5 kN

Vcd: 710.2 kN

Non occorre armatura (vedi valori minimi)

Sezione verificata

#### SLE - Verifica a fessurazione

Caratteristiche di sollecitazione:

M = 521.2 kN

N = 0.0 kN

Valori di fessurazione:

Mfess = 195.6 kN

srm = 12.49 cm

eps sm = 0.0006

wk = 0.13 mm < wlim = 0.2 mm

Verifica imposta: stato limite di apertura delle fessure

Sezione verificata

#### *7.4.5.1.4 Verifiche strutturali della parete perpendicolare alla trave di copertura*

Considerando una striscia di struttura di 3,30 m, la sezione resistente è rettangolare 330 x 40 cm armata con 16 $\varnothing$ 26 esternamente e 16 $\varnothing$ 26 internamente. Il copriferro è di 4 cm. Di seguito sono riportate le verifiche delle sezioni maggiormente sollecitate (modello sez D-D)

### SLU - Verifica a flessione

Momento di calcolo:

$$M_{sd} = -461.8 \text{ KNm}$$

Momento limite:

$$M_{lim} = -1025.0 \text{ KNm}$$

$$M/M_{lim} = 0.4505$$

Deformazioni:

$$\epsilon_{s \text{ sup}} = -0.0100$$

$$\epsilon_{c \text{ inf}} = 0.0020$$

$$\text{asse neutro } x = 5.9 \text{ cm}$$

Sezione verificata

### SLU - Verifica a taglio

Taglio di calcolo:

$$V = 147.7 \text{ kN}$$

Taglio limite per calcestruzzo:

$$\text{Senza armatura: } 1180.4 \text{ kN}$$

$$\text{Con armatura: } 8088.6 \text{ kN}$$

$$V_{cd}: 1657.1 \text{ kN}$$

Non occorre armatura (vedi valori minimi)

Sezione verificata

### SLE - Verifica a fessurazione

Caratteristiche di sollecitazione:

$$M = -235.9 \text{ kN}$$

$$N = 0.0 \text{ kN}$$

Valori di fessurazione:

$$M_{fess} = -285.4 \text{ kN}$$

Verifica imposta: stato limite di apertura delle fessure

Sezione verificata

#### 7.4.5.1.5 Verifiche strutturali della trave di copertura

Considerando una striscia di struttura di 3,30 m, la sezione resistente è a T con  $h_{tot} = 65$  cm,  $s_{anima} = 70$  cm,  $s_{ala} = 30$  cm e larghezza ala = 330 cm armata con 14 $\phi$ 26 inferiormente, 16 $\phi$ 26 superiormente e staffe  $\phi$ 16/20 cm a due bracci . Il copriferro è di 4 cm.

Di seguito sono riportate le verifiche delle sezioni maggiormente sollecitate (modello sez D-D)

#### SLU - Verifica a flessione

Momento di calcolo:

$$M_{sd} = 726.7 \text{ KNm}$$

Momento limite:

$$M_{lim} = 1487.4 \text{ KNm}$$

$$M/M_{lim} = 0.4885$$

Deformazioni:

$$\epsilon_{c \text{ sup}} = 0.0018$$

$$\epsilon_{s \text{ inf}} = -0.0100$$

$$\text{asse neutro } x = 8.3 \text{ cm}$$

Sezione verificata

#### SLU - Verifica a taglio

Taglio di calcolo:

$$V = 839.3 \text{ kN}$$

Taglio limite per calcestruzzo:

$$\text{Senza armatura: } 474.9 \text{ kN}$$

$$\text{Con armatura: } 2696.2 \text{ kN}$$

$$V_{cd} = 552.4 \text{ kN}$$

$$\text{armatura: } 893.1 \text{ kN}$$

Sezione verificata

#### SLE - Verifica a fessurazione

Caratteristiche di sollecitazione:

$$M = 375.9 \text{ kN}$$

$$N = 0.0 \text{ kN}$$

Valori di fessurazione:

$$M_{fess} = 243.0 \text{ kN}$$

$$s_{rm} = 21.78 \text{ cm}$$

$$\epsilon_{s,rm} = 0.0004$$

$$w_k = 0.14 \text{ mm} < w_{lim} = 0.2 \text{ mm}$$

Verifica imposta: stato limite di apertura delle fessure

Sezione verificata

ALLEGATO I

CALCOLO DELLE PORTATE DI AFFLUSSO NELLE CANALIZZAZIONI OGGETTO DI  
VERIFICA CORRISPONDENTE AL  $T_r = 20$  anni

<b>CANALETTA 1A</b>									
Lunghezza L(m)	AREA Tombino A(m <sup>2</sup> )	COEF. AFFLUSSO Φ	Φ x A	Somma Incrementale Φ x A	TEMPO ACCESSO Ta (s)	TEMPO DI RETE Tr (s)	TEMPO DI CORRVAZIONE Tc (s)	INTENSITA' DI PIOGGIA I(mm/h)	PORTATA Q(l/s)
0	500.0	0.9	450.0	450.0	900	0.0	900.0	72.91	<b>9.11</b>
20	1424.0	0.9	1281.6	1731.6	900	24.8	924.8	71.60	<b>34.44</b>
40	2136.0	0.9	1922.4	3654.0	900	35.2	935.2	71.07	<b>72.14</b>
60	2848.0	0.9	2563.2	6217.2	900	43.9	943.9	70.64	<b>121.99</b>
80	3560.0	0.9	3204.0	9421.2	900	53.3	953.3	70.17	<b>183.63</b>
100	4272.0	0.9	3844.8	13266.0	900	58.7	958.7	69.91	<b>257.60</b>
130	4793.0	0.9	4313.7	17579.7	900	69.4	969.4	69.39	<b>338.86</b>
<b>CANALETTA 1B</b>									
Lunghezza L(m)	AREA Tombino A(m <sup>2</sup> )	COEF. AFFLUSSO Φ	Φ x A	Somma Incrementale Φ x A	TEMPO ACCESSO Ta (s)	TEMPO DI RETE Tr (s)	TEMPO DI CORRVAZIONE Tc (s)	INTENSITA' DI PIOGGIA I(mm/h)	PORTATA Q(l/s)
0	500.0	0.9	450.0	450.0	900	0.0	900.0	72.91	<b>9.11</b>
20	930.0	0.9	837.0	1287.0	900	25.2	925.2	71.58	<b>25.59</b>
40	1860.0	0.9	1674.0	2961.0	900	37.8	937.8	70.94	<b>58.35</b>
60	2790.0	0.9	2511.0	5472.0	900	47.4	947.4	70.46	<b>107.10</b>
80	3720.0	0.9	3348.0	8820.0	900	54.0	954.0	70.13	<b>171.83</b>
100	4650.0	0.9	4185.0	13005.0	900	59.4	959.4	69.87	<b>252.42</b>
120	5580.0	0.9	5022.0	18027.0	900	64.2	964.2	69.64	<b>348.72</b>
130	6251.0	0.9	5625.9	23652.9	900	63.4	963.4	69.68	<b>457.81</b>
<b>CANALETTA 1C</b>									
Lunghezza L(m)	AREA Tombino A(m <sup>2</sup> )	COEF. AFFLUSSO Φ	Φ x A	Somma Incrementale Φ x A	TEMPO ACCESSO Ta (s)	TEMPO DI RETE Tr (s)	TEMPO DI CORRVAZIONE Tc (s)	INTENSITA' DI PIOGGIA I(mm/h)	PORTATA Q(l/s)
0	500.0	0.9	450.0	450.0	900	0.0	900.0	72.91	<b>9.11</b>
20	1030.0	0.9	927.0	1377.0	900	25.2	925.2	71.58	<b>27.38</b>
40	2060.0	0.9	1854.0	3231.0	900	37.3	937.3	70.97	<b>63.69</b>
60	3090.0	0.9	2781.0	6012.0	900	47.0	947.0	70.48	<b>117.70</b>
80	4120.0	0.9	3708.0	9720.0	900	53.4	953.4	70.16	<b>189.44</b>
100	5150.0	0.9	4635.0	14355.0	900	58.4	958.4	69.92	<b>278.80</b>
120	6180.0	0.9	5562.0	19917.0	900	63.0	963.0	69.70	<b>385.61</b>
130	6921.0	0.9	6228.9	26145.9	900	62.6	962.6	69.72	<b>506.35</b>
<b>CANALETTA 1D</b>									
Lunghezza L(m)	AREA Tombino A(m <sup>2</sup> )	COEF. AFFLUSSO Φ	Φ x A	Somma Incrementale Φ x A	TEMPO ACCESSO Ta (s)	TEMPO DI RETE Tr (s)	TEMPO DI CORRVAZIONE Tc (s)	INTENSITA' DI PIOGGIA I(mm/h)	PORTATA Q(l/s)
0	500.0	0.9	450.0	450.0	900	0.0	900.0	72.91	<b>9.11</b>
20	900.0	0.9	810.0	1260.0	900	25.2	925.2	71.58	<b>25.05</b>
40	1800.0	0.9	1620.0	2880.0	900	38.0	938.0	70.93	<b>56.74</b>
60	2700.0	0.9	2430.0	5310.0	900	47.6	947.6	70.45	<b>103.92</b>
80	3600.0	0.9	3240.0	8550.0	900	54.3	954.3	70.12	<b>166.54</b>
100	4500.0	0.9	4050.0	12600.0	900	59.8	959.8	69.86	<b>244.50</b>
120	5400.0	0.9	4860.0	17460.0	900	64.8	964.8	69.61	<b>337.61</b>
130	6043.0	0.9	5438.7	22898.7	900	63.7	963.7	69.67	<b>443.13</b>
<b>CANALETTA 1E</b>									
Lunghezza L(m)	AREA Tombino A(m <sup>2</sup> )	COEF. AFFLUSSO Φ	Φ x A	Somma Incrementale Φ x A	TEMPO ACCESSO Ta (s)	TEMPO DI RETE Tr (s)	TEMPO DI CORRVAZIONE Tc (s)	INTENSITA' DI PIOGGIA I(mm/h)	PORTATA Q(l/s)
0	500.0	0.9	450.0	450.0	900	0.0	900.0	72.91	<b>9.11</b>
20	2330.0	0.9	2097.0	2547.0	900	25.2	925.2	71.58	<b>50.64</b>
50	4787.0	0.9	4308.3	6855.3	900	40.0	940.0	70.83	<b>134.88</b>
75	7137.0	0.9	6423.3	13278.6	900	47.2	947.2	70.47	<b>259.94</b>
95	11192.0	0.9	10072.8	23351.4	900	50.6	950.6	70.30	<b>456.03</b>



<b>CANALETTA 2A</b>									
Lunghezza L(m)	AREA Tombino A(m <sup>2</sup> )	COEF. AFFLUSSO $\Phi$	$\Phi \times A$	Somma Incrementale $\Phi \times A$	TEMPO ACCESSO Ta (s)	TEMPO DI RETE Tr (s)	TEMPO DI CORRVAZIONE Tc (s)	INTENSITA' DI PIOGGIA I(mm/h)	PORTATA Q(l/s)
0	500.0	0.9	450.0	450.0	900	0.0	900.0	72.91	<b>9.11</b>
20	1424.0	0.9	1281.6	1731.6	900	24.8	924.8	71.60	<b>34.44</b>
40	2136.0	0.9	1922.4	3654.0	900	35.2	935.2	71.07	<b>72.14</b>
60	2848.0	0.9	2563.2	6217.2	900	43.9	943.9	70.64	<b>121.99</b>
80	3560.0	0.9	3204.0	9421.2	900	53.3	953.3	70.17	<b>183.63</b>
100	4272.0	0.9	3844.8	13266.0	900	58.7	958.7	69.91	<b>257.60</b>
130	5202.0	0.9	4681.8	17947.8	900	69.4	969.4	69.39	<b>345.96</b>
<b>CANALETTA 2B</b>									
Lunghezza L(m)	AREA Tombino A(m <sup>2</sup> )	COEF. AFFLUSSO $\Phi$	$\Phi \times A$	Somma Incrementale $\Phi \times A$	TEMPO ACCESSO Ta (s)	TEMPO DI RETE Tr (s)	TEMPO DI CORRVAZIONE Tc (s)	INTENSITA' DI PIOGGIA I(mm/h)	PORTATA Q(l/s)
0	500.0	0.9	450.0	450.0	900	0.0	900.0	72.91	<b>9.11</b>
20	930.0	0.9	837.0	1287.0	900	25.2	925.2	71.58	<b>25.59</b>
40	1860.0	0.9	1674.0	2961.0	900	37.8	937.8	70.94	<b>58.35</b>
60	2790.0	0.9	2511.0	5472.0	900	47.4	947.4	70.46	<b>107.10</b>
80	3720.0	0.9	3348.0	8820.0	900	54.0	954.0	70.13	<b>171.83</b>
100	4650.0	0.9	4185.0	13005.0	900	59.4	959.4	69.87	<b>252.42</b>
120	5580.0	0.9	5022.0	18027.0	900	64.2	964.2	69.64	<b>348.72</b>
130	6865.0	0.9	6178.5	24205.5	900	63.4	963.4	69.68	<b>468.51</b>
<b>CANALETTA 2C</b>									
Lunghezza L(m)	AREA Tombino A(m <sup>2</sup> )	COEF. AFFLUSSO $\Phi$	$\Phi \times A$	Somma Incrementale $\Phi \times A$	TEMPO ACCESSO Ta (s)	TEMPO DI RETE Tr (s)	TEMPO DI CORRVAZIONE Tc (s)	INTENSITA' DI PIOGGIA I(mm/h)	PORTATA Q(l/s)
0	500.0	0.9	450.0	450.0	900	0.0	900.0	72.91	<b>9.11</b>
20	1030.0	0.9	927.0	1377.0	900	25.2	925.2	71.58	<b>27.38</b>
40	2060.0	0.9	1854.0	3231.0	900	37.3	937.3	70.97	<b>63.69</b>
60	3090.0	0.9	2781.0	6012.0	900	47.0	947.0	70.48	<b>117.70</b>
80	4120.0	0.9	3708.0	9720.0	900	53.4	953.4	70.16	<b>189.44</b>
100	5150.0	0.9	4635.0	14355.0	900	58.4	958.4	69.92	<b>278.80</b>
120	6180.0	0.9	5562.0	19917.0	900	63.0	963.0	69.70	<b>385.61</b>
130	6670.0	0.9	6003.0	25920.0	900	62.6	962.6	69.72	<b>501.98</b>
<b>CANALETTA 2D</b>									
Lunghezza L(m)	AREA Tombino A(m <sup>2</sup> )	COEF. AFFLUSSO $\Phi$	$\Phi \times A$	Somma Incrementale $\Phi \times A$	TEMPO ACCESSO Ta (s)	TEMPO DI RETE Tr (s)	TEMPO DI CORRVAZIONE Tc (s)	INTENSITA' DI PIOGGIA I(mm/h)	PORTATA Q(l/s)
0	500.0	0.9	450.0	450.0	900	0.0	900.0	72.91	<b>9.11</b>
20	900.0	0.9	810.0	1260.0	900	25.2	925.2	71.58	<b>25.05</b>
40	1800.0	0.9	1620.0	2880.0	900	38.0	938.0	70.93	<b>56.74</b>
60	2700.0	0.9	2430.0	5310.0	900	47.6	947.6	70.45	<b>103.92</b>
80	3600.0	0.9	3240.0	8550.0	900	54.3	954.3	70.12	<b>166.54</b>
100	4500.0	0.9	4050.0	12600.0	900	59.8	959.8	69.86	<b>244.50</b>
120	5400.0	0.9	4860.0	17460.0	900	64.8	964.8	69.61	<b>337.61</b>
130	5850.0	0.9	5265.0	22725.0	900	63.7	963.7	69.67	<b>439.77</b>

<b>CANALETTA 2E</b>									
Lunghezza L(m)	AREA Tombino A(m <sup>2</sup> )	COEF. AFFLUSSO $\Phi$	$\Phi \times A$	Somma Incrementale $\Phi \times A$	TEMPO ACCESSO Ta (s)	TEMPO DI RETE Tr (s)	TEMPO DI CORRVAZIONE Tc (s)	INTENSITA' DI PIOGGIA I(mm/h)	PORTATA Q(l/s)
0	500.0	0.9	450.0	450.0	900	0.0	900.0	72.91	<b>9.11</b>
20	2350.0	0.9	2115.0	2565.0	900	25.2	925.2	71.58	<b>51.00</b>
48	4807.0	0.9	4326.3	6891.3	900	37.8	937.8	70.94	<b>135.79</b>
74	7157.0	0.9	6441.3	13332.6	900	46.1	946.1	70.53	<b>261.19</b>
85	7862.0	0.9	7075.8	20408.4	900	45.2	945.2	70.57	<b>400.05</b>
<b>CANALETTA 2F</b>									
Lunghezza L(m)	AREA Tombino A(m <sup>2</sup> )	COEF. AFFLUSSO $\Phi$	$\Phi \times A$	Somma Incrementale $\Phi \times A$	TEMPO ACCESSO Ta (s)	TEMPO DI RETE Tr (s)	TEMPO DI CORRVAZIONE Tc (s)	INTENSITA' DI PIOGGIA I(mm/h)	PORTATA Q(l/s)
0	500.0	0.9	450.0	450.0	900	0.0	900.0	72.91	<b>9.11</b>
37	1150.0	0.9	1035.0	1485.0	900	45.8	945.8	70.54	<b>29.10</b>
<b>CANALETTA 2G</b>									
Lunghezza L(m)	AREA Tombino A(m <sup>2</sup> )	COEF. AFFLUSSO $\Phi$	$\Phi \times A$	Somma Incrementale $\Phi \times A$	TEMPO ACCESSO Ta (s)	TEMPO DI RETE Tr (s)	TEMPO DI CORRVAZIONE Tc (s)	INTENSITA' DI PIOGGIA I(mm/h)	PORTATA Q(l/s)
0	500.0	0.9	450.0	450.0	900	0.0	900.0	72.91	<b>9.11</b>
30	1010.0	0.9	909.0	909.0	900	29.9	929.9	71.34	<b>18.01</b>
55	1893.0	0.9	1703.7	2612.7	900	57.3	957.3	69.97	<b>50.78</b>
65	2720.0	0.9	2448.0	5060.7	900	52.5	952.5	70.21	<b>98.70</b>
<b>CANALETTA 2H</b>									
Lunghezza L(m)	AREA Tombino A(m <sup>2</sup> )	COEF. AFFLUSSO $\Phi$	$\Phi \times A$	Somma Incrementale $\Phi \times A$	TEMPO ACCESSO Ta (s)	TEMPO DI RETE Tr (s)	TEMPO DI CORRVAZIONE Tc (s)	INTENSITA' DI PIOGGIA I(mm/h)	PORTATA Q(l/s)
0	500.0	0.9	450.0	450.0	900	0.0	900.0	72.91	<b>9.11</b>
10	1265.0	0.9	1138.5	1588.5	900	12.6	912.6	72.24	<b>31.87</b>
35	3585.0	0.9	3226.5	4815.0	900	31.0	931.0	71.29	<b>95.34</b>
60	5920.0	0.9	5328.0	10143.0	900	41.0	941.0	70.78	<b>199.42</b>
85	8377.0	0.9	7539.3	17682.3	900	49.4	949.4	70.36	<b>345.61</b>
95	10012.0	0.9	9010.8	26693.1	900	48.0	948.0	70.43	<b>522.22</b>

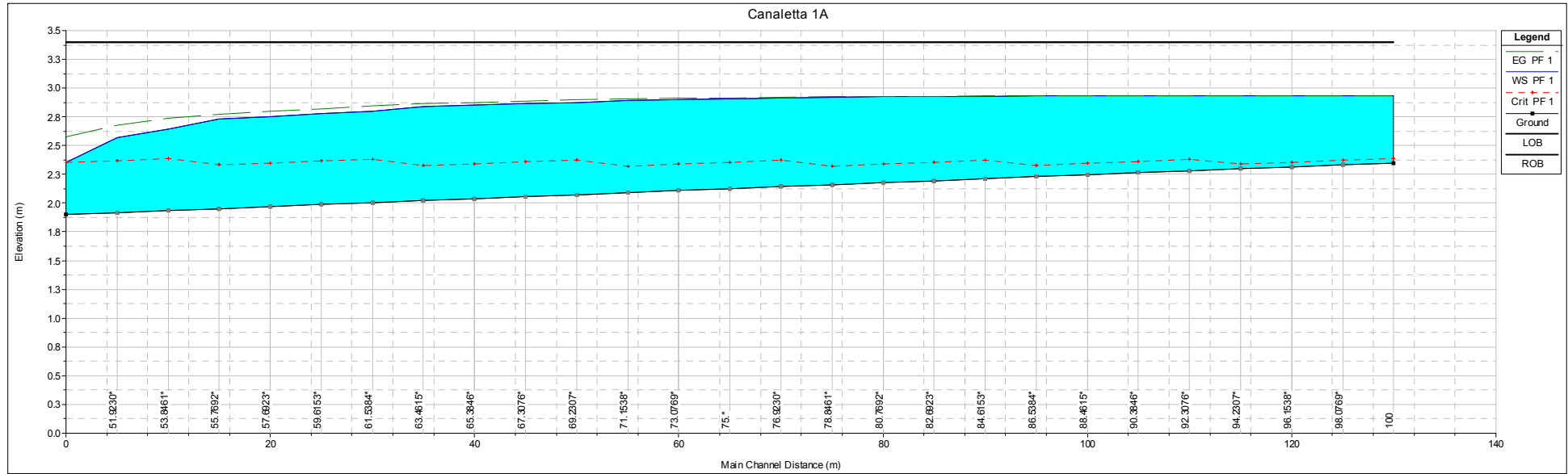
**ALLEGATO II**  
**CALCOLO DELLE PORTATE CORRISPONDENTI ALLA PORTATA Q (Tr = 20 anni) E DIMENSIONAMENTO DEI COLLETTORI DI SCARICO DELLE PORTATE PLUVIALI PROVENIENTI DALLE CANALETTE**

COLLETTORE 1														a tubo pieno				
	Lunghezza L(m)	AREA Tombino A(m <sup>2</sup> )	COEF. AFFLUSSO Φ	Φ <sub>xA</sub>	Somma Incrementale Φ <sub>xA</sub>	TEMPO ACCESSO Ta (s)	TEMPO DI RETE Tr (s)	TEMPO DI CORRIVAZIONE Tc (s)	INTENSITA' DI PIOGGIA I(mm/h)	PORTATA Q(l/s)	DIMENSIONE TUBAZIONE DN (mm)	DIAMETRO INTERNO Di (mm)	pendenza fondo i(m/m)	portata Qo (l/s)	Velocità V(m/s)	Qr	Riempimento (%)	Velocità V(m/s)
<b>imm. Coll 1A</b>	130.0	4793.0	0.9	4313.7	4313.7	900	0.0	900.0	72.91	<b>87.36</b>	630	535	0.005	<b>394.94</b>	1.76	22.12%	32%	1.41
<b>imm. Coll 1B</b>	176.5	11044.0	0.9	9939.6	14253.3	900	125.0	1025.0	66.87	<b>264.74</b>	800	678	0.005	<b>742.80</b>	2.06	35.64%	41%	1.89
<b>imm. Coll 1C</b>	228.0	17965.0	0.9	16168.5	30421.8	900	120.6	1020.6	67.06	<b>566.66</b>	800	678	0.005	<b>742.80</b>	2.06	76.29%	65%	2.27
<b>imm. Coll 1D</b>	273.0	24008.0	0.9	21607.2	52029.0	900	120.4	1020.4	67.06	<b>969.25</b>	1000	852	0.005	<b>1365.94</b>	2.40	70.96%	63%	2.60
<b>imm. Coll 1E</b>	383.0	35200.0	0.9	31680.0	83709.0	900	147.1	1047.1	65.92	<b>1532.92</b>	1200	1170	0.005	<b>3182.40</b>	2.96	48.17%	49%	2.93
	427.6	35200.0	0.9	31680.0	83709.0	900	145.7	1045.7	65.98	<b>1534.28</b>	1200	1170	0.005	<b>3182.40</b>	2.96	48.21%	49%	2.93

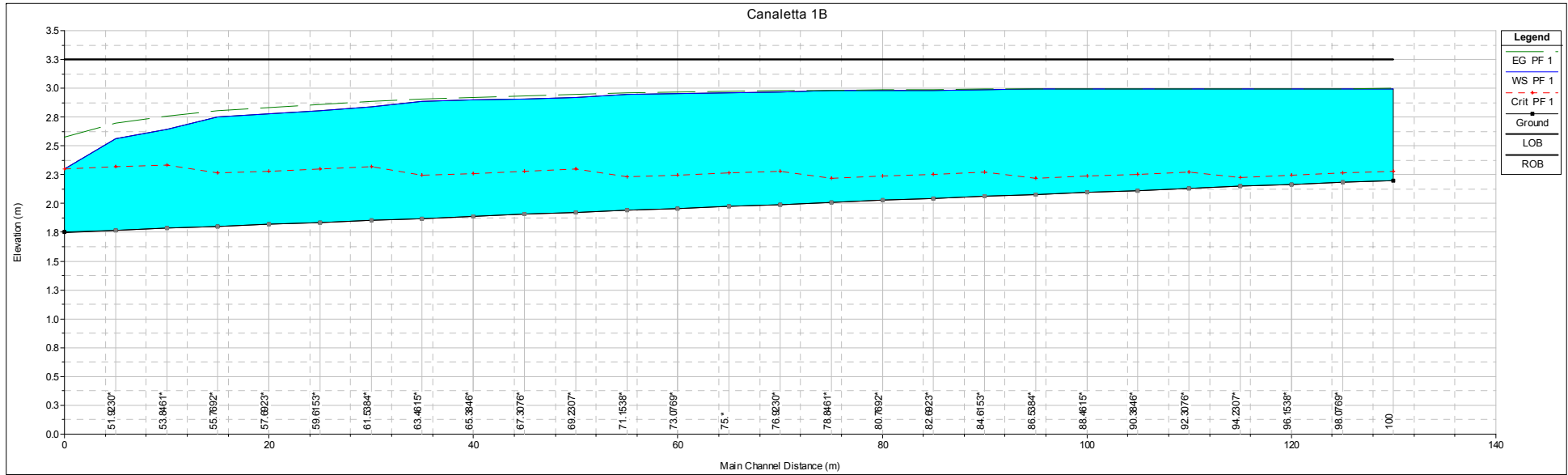
COLLETTORE 2														a tubo pieno				
	Lunghezza L(m)	AREA Tombino A(m <sup>2</sup> )	COEF. AFFLUSSO Φ	Φ <sub>xA</sub>	Somma Incrementale Φ <sub>xA</sub>	TEMPO ACCESSO Ta (s)	TEMPO DI RETE Tr (s)	TEMPO DI CORRIVAZIONE Tc (s)	INTENSITA' DI PIOGGIA I(mm/h)	PORTATA Q(l/s)	DIMENSIONE TUBAZIONE DN (mm)	DIAMETRO INTERNO Di (mm)	pendenza fondo i(m/m)	portata Qo (l/s)	Velocità V(m/s)	Qr	Riempimento (%)	Velocità V(m/s)
<b>imm. Coll 2A</b>	130.00	5202.0	0.9	4681.8	4681.8	900	0.0	900.0	72.91	<b>94.82</b>	630	535	0.005	<b>394.94</b>	1.76	24.01%	34%	1.45
<b>imm. Coll 2B</b>	176.50	12067.0	0.9	10860.3	15542.1	900	122.0	1022.0	67.00	<b>289.25</b>	800	678	0.005	<b>742.80</b>	2.06	38.94%	44%	1.93
<b>imm. Coll 2C e 2F</b>	228.00	19887.0	0.9	17898.3	33440.4	900	118.0	1018.0	67.17	<b>623.97</b>	800	678	0.005	<b>742.80</b>	2.06	84.00%	70%	2.31
<b>imm. Coll 2D e 2G</b>	273.00	28457.0	0.9	25611.3	59051.7	900	118.3	1018.3	67.16	<b>1101.61</b>	1000	852	0.005	<b>1365.94</b>	2.40	80.65%	69%	2.67
<b>imm. Coll 2E e 2H</b>	318.00	46331.0	0.9	41697.9	100749.6	900	119.1	1019.1	67.12	<b>1878.51</b>	1200	1170	0.005	<b>3182.40</b>	2.96	59.03%	56%	3.09
	362.60	46331.0	0.9	41697.9	100749.6	900	117.5	1017.5	67.20	<b>1880.53</b>	1200	1170	0.005	<b>3182.40</b>	2.96	59.09%	56%	3.09

ALLEGATO III

PROFILI LONGITUDINALI E TABULATI DI CALCOLO DELLE CANALETTE OGGETTO DI VERIFICA CON  
INDICAZIONE DEL LIVELLO IDRICO CORRISPONDENTI ALLA PORTATA Q (Tr = 20 anni) GRADUALMENTE  
CRESCENTI COME RISULTANTE DAI CALCOLI RIPORTATI NELL'ALLEGATO I

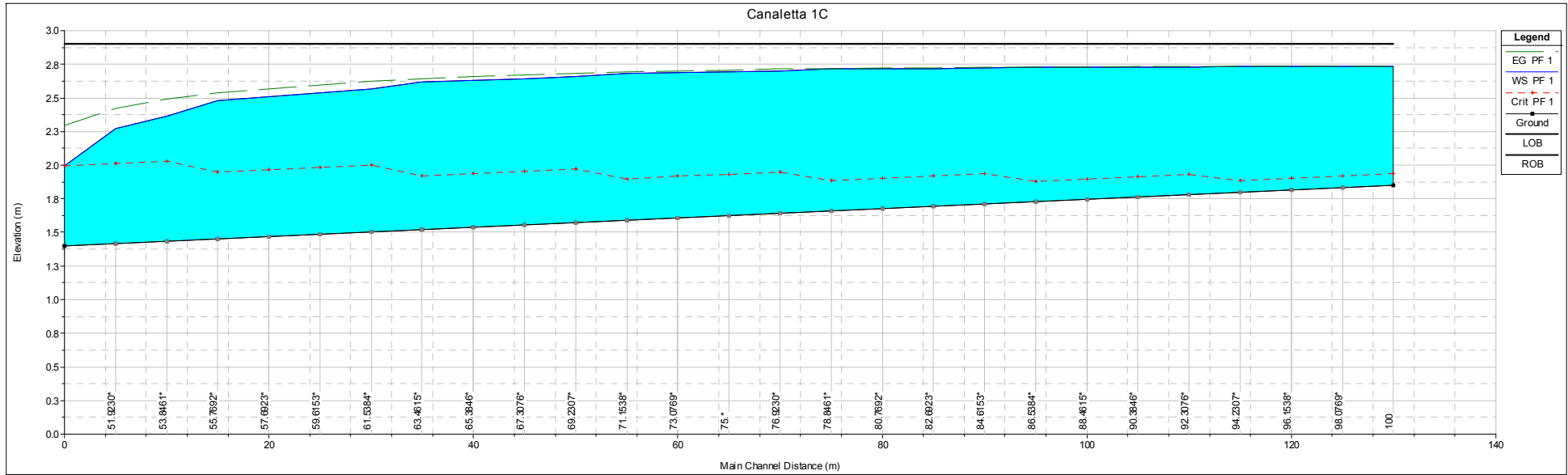


Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
secundario	100	PF 1	0.01	2.35	2.94	2.39	2.94	0.000011	0.04	0.21	0.35	0.02
secundario	98.0769*	PF 1	0.01	2.33	2.94	2.37	2.94	0.000010	0.04	0.21	0.35	0.02
secundario	96.1538*	PF 1	0.01	2.31	2.94	2.36	2.94	0.000010	0.04	0.22	0.35	0.02
secundario	94.2307*	PF 1	0.01	2.30	2.94	2.34	2.94	0.000009	0.04	0.22	0.35	0.02
secundario	92.3076*	PF 1	0.03	2.28	2.93	2.38	2.94	0.000124	0.15	0.23	0.35	0.06
secundario	90.3846*	PF 1	0.03	2.26	2.93	2.36	2.93	0.000117	0.14	0.23	0.35	0.06
secundario	88.4615*	PF 1	0.03	2.25	2.93	2.34	2.93	0.000111	0.14	0.24	0.35	0.05
secundario	86.5384*	PF 1	0.03	2.23	2.93	2.33	2.93	0.000105	0.14	0.25	0.35	0.05
secundario	84.6153*	PF 1	0.07	2.21	2.93	2.37	2.93	0.000452	0.29	0.25	0.35	0.11
secundario	82.6923*	PF 1	0.07	2.19	2.93	2.36	2.93	0.000430	0.28	0.26	0.35	0.10
secundario	80.7692*	PF 1	0.07	2.18	2.92	2.34	2.93	0.000411	0.28	0.26	0.35	0.10
secundario	78.8461*	PF 1	0.07	2.16	2.92	2.32	2.93	0.000393	0.27	0.27	0.35	0.10
secundario	76.9230*	PF 1	0.12	2.14	2.91	2.37	2.92	0.001105	0.45	0.27	0.35	0.17
secundario	75.*	PF 1	0.12	2.13	2.91	2.36	2.92	0.001067	0.45	0.27	0.35	0.16
secundario	73.0769*	PF 1	0.12	2.11	2.90	2.34	2.91	0.001031	0.44	0.28	0.35	0.16
secundario	71.1538*	PF 1	0.12	2.09	2.90	2.32	2.91	0.000994	0.43	0.28	0.35	0.15
secundario	69.2307*	PF 1	0.18	2.07	2.87	2.38	2.90	0.002262	0.65	0.28	0.35	0.23
secundario	67.3076*	PF 1	0.18	2.06	2.86	2.36	2.89	0.002224	0.65	0.28	0.35	0.23
secundario	65.3846*	PF 1	0.18	2.04	2.85	2.34	2.87	0.002181	0.64	0.29	0.35	0.23
secundario	63.4615*	PF 1	0.18	2.02	2.84	2.32	2.86	0.002144	0.64	0.29	0.35	0.22
secundario	61.5384*	PF 1	0.26	2.00	2.80	2.38	2.84	0.004516	0.92	0.28	0.35	0.33
secundario	59.6153*	PF 1	0.26	1.99	2.78	2.37	2.82	0.004599	0.93	0.28	0.35	0.33
secundario	57.6923*	PF 1	0.26	1.97	2.75	2.35	2.80	0.004677	0.94	0.27	0.35	0.34
secundario	55.7692*	PF 1	0.26	1.95	2.73	2.33	2.78	0.004780	0.94	0.27	0.35	0.34
secundario	53.8461*	PF 1	0.33	1.93	2.64	2.39	2.74	0.009983	1.35	0.25	0.35	0.51
secundario	51.9230*	PF 1	0.33	1.92	2.57	2.37	2.68	0.011963	1.46	0.23	0.35	0.58
secundario	50	PF 1	0.33	1.90	2.35	2.35	2.58	0.028316	2.12	0.16	0.35	1.01

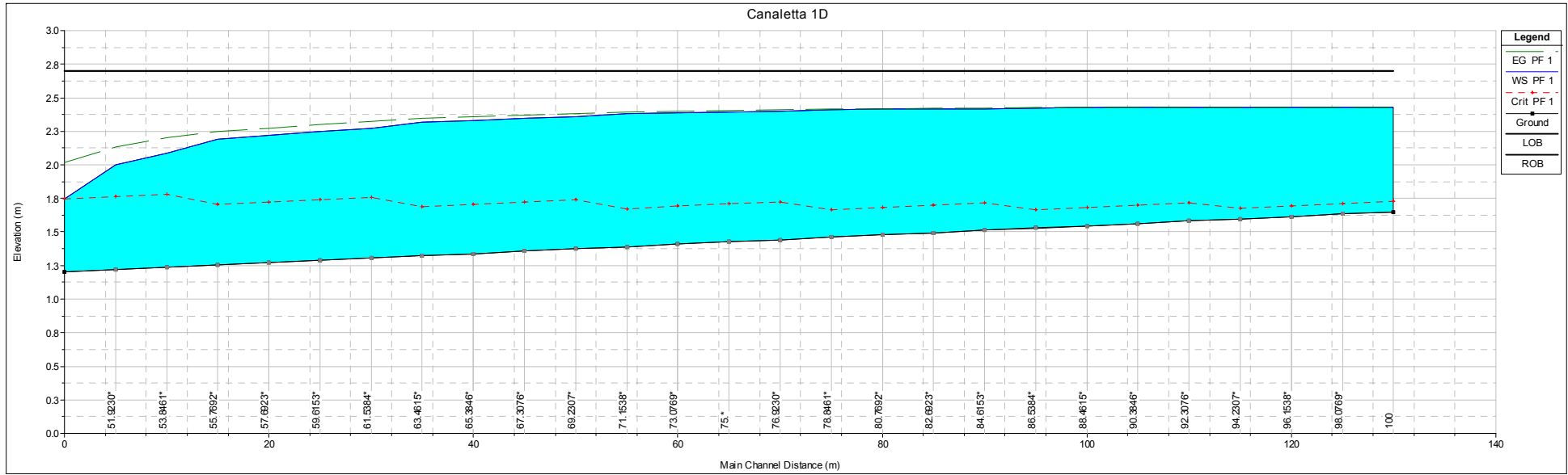


Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
secundario	100	PF 1	0.03	2.20	3.00	2.28	3.00	0.000043	0.09	0.28	0.35	0.03
secundario	98.0769*	PF 1	0.03	2.18	3.00	2.26	3.00	0.000041	0.09	0.28	0.35	0.03
secundario	96.1538*	PF 1	0.03	2.16	3.00	2.25	3.00	0.000039	0.09	0.29	0.35	0.03
secundario	94.2307*	PF 1	0.03	2.15	3.00	2.23	3.00	0.000037	0.08	0.30	0.35	0.03
secundario	92.3076*	PF 1	0.06	2.13	2.99	2.27	3.00	0.000193	0.19	0.30	0.35	0.07
secundario	90.3846*	PF 1	0.06	2.11	2.99	2.25	3.00	0.000184	0.19	0.31	0.35	0.06
secundario	88.4615*	PF 1	0.06	2.10	2.99	2.24	2.99	0.000177	0.18	0.31	0.35	0.06
secundario	86.5384*	PF 1	0.06	2.08	2.99	2.22	2.99	0.000170	0.18	0.32	0.35	0.06
secundario	84.6153*	PF 1	0.11	2.06	2.99	2.27	2.99	0.000564	0.33	0.32	0.35	0.11
secundario	82.6923*	PF 1	0.11	2.04	2.98	2.26	2.99	0.000544	0.33	0.33	0.35	0.11
secundario	80.7692*	PF 1	0.11	2.03	2.98	2.24	2.99	0.000526	0.32	0.33	0.35	0.10
secundario	78.8461*	PF 1	0.11	2.01	2.98	2.22	2.98	0.000509	0.32	0.34	0.35	0.10
secundario	76.9230*	PF 1	0.17	1.99	2.97	2.28	2.98	0.001284	0.50	0.34	0.35	0.16
secundario	75.*	PF 1	0.17	1.98	2.96	2.26	2.97	0.001253	0.50	0.34	0.35	0.16
secundario	73.0769*	PF 1	0.17	1.96	2.95	2.25	2.97	0.001223	0.49	0.35	0.35	0.16
secundario	71.1538*	PF 1	0.17	1.94	2.95	2.23	2.96	0.001191	0.49	0.35	0.35	0.15
secundario	69.2307*	PF 1	0.25	1.92	2.92	2.30	2.95	0.002632	0.72	0.35	0.35	0.23
secundario	67.3076*	PF 1	0.25	1.91	2.91	2.28	2.94	0.002608	0.72	0.35	0.35	0.23
secundario	65.3846*	PF 1	0.25	1.89	2.90	2.26	2.92	0.002579	0.71	0.35	0.35	0.23
secundario	63.4615*	PF 1	0.25	1.87	2.88	2.24	2.91	0.002555	0.71	0.35	0.35	0.23
secundario	61.5384*	PF 1	0.35	1.85	2.84	2.32	2.89	0.005218	1.01	0.34	0.35	0.33
secundario	59.6153*	PF 1	0.35	1.84	2.81	2.30	2.86	0.005343	1.02	0.34	0.35	0.33
secundario	57.6923*	PF 1	0.35	1.82	2.78	2.28	2.83	0.005470	1.03	0.34	0.35	0.34
secundario	55.7692*	PF 1	0.35	1.80	2.75	2.27	2.81	0.005626	1.05	0.33	0.35	0.34
secundario	53.8461*	PF 1	0.45	1.78	2.65	2.34	2.76	0.011650	1.49	0.30	0.35	0.51
secundario	51.9230*	PF 1	0.45	1.77	2.56	2.32	2.69	0.014000	1.62	0.28	0.35	0.58
secundario	50	PF 1	0.45	1.75	2.30	2.30	2.58	0.032145	2.33	0.19	0.35	1.00

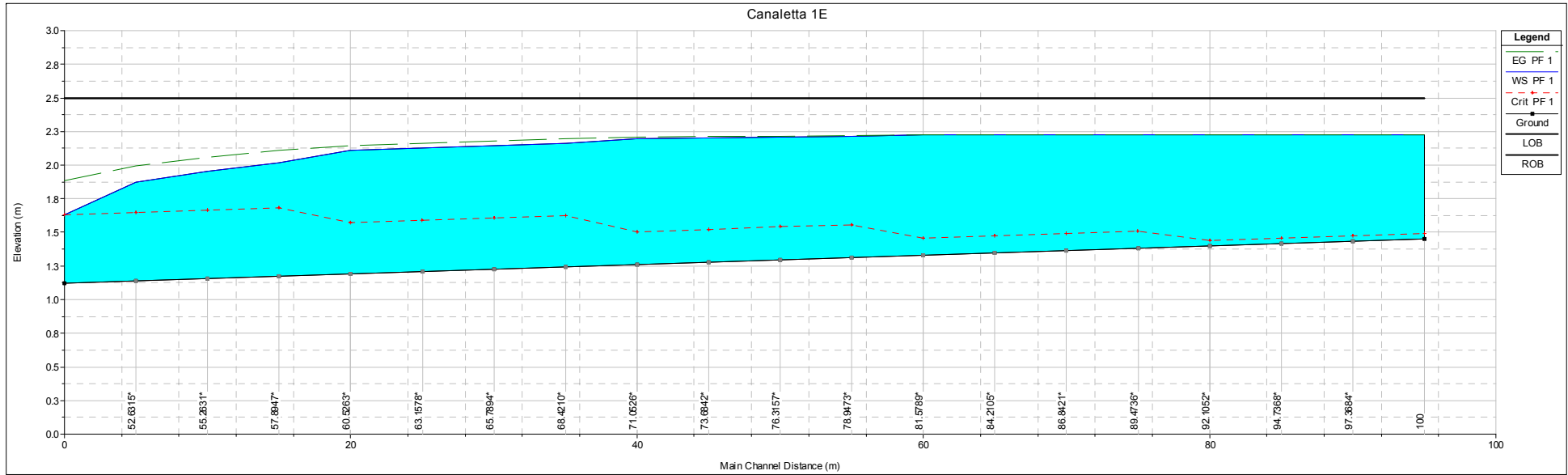




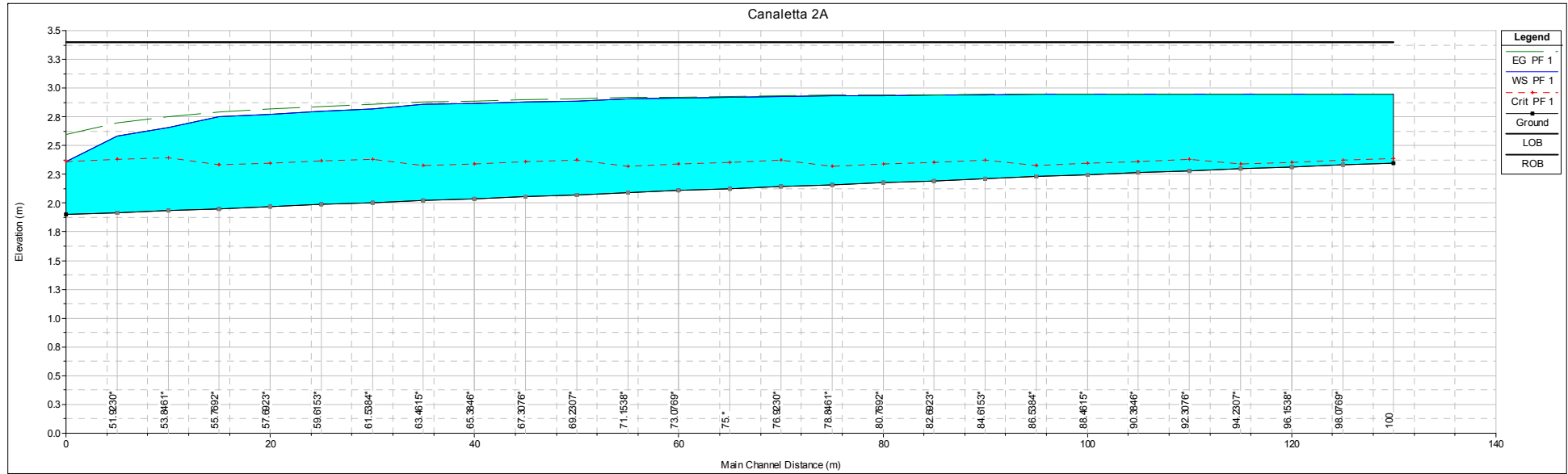
Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
secundario	100	PF 1	0.03	1.85	2.73	1.93	2.73	0.000040	0.09	0.31	0.35	0.03
secundario	98.0769*	PF 1	0.03	1.83	2.73	1.92	2.73	0.000038	0.09	0.31	0.35	0.03
secundario	96.1538*	PF 1	0.03	1.82	2.73	1.90	2.73	0.000036	0.08	0.32	0.35	0.03
secundario	94.2307*	PF 1	0.03	1.80	2.73	1.88	2.73	0.000035	0.08	0.33	0.35	0.03
secundario	92.3076*	PF 1	0.06	1.78	2.73	1.93	2.73	0.000184	0.19	0.33	0.35	0.06
secundario	90.3846*	PF 1	0.06	1.76	2.73	1.91	2.73	0.000177	0.19	0.34	0.35	0.06
secundario	88.4615*	PF 1	0.06	1.75	2.73	1.89	2.73	0.000171	0.18	0.34	0.35	0.06
secundario	86.5384*	PF 1	0.06	1.73	2.73	1.88	2.73	0.000165	0.18	0.35	0.35	0.06
secundario	84.6153*	PF 1	0.12	1.71	2.72	1.94	2.73	0.000555	0.33	0.35	0.35	0.11
secundario	82.6923*	PF 1	0.12	1.69	2.72	1.92	2.72	0.000537	0.33	0.36	0.35	0.10
secundario	80.7692*	PF 1	0.12	1.68	2.72	1.90	2.72	0.000520	0.32	0.36	0.35	0.10
secundario	78.8461*	PF 1	0.12	1.66	2.71	1.88	2.72	0.000505	0.32	0.37	0.35	0.10
secundario	76.9230*	PF 1	0.19	1.64	2.70	1.95	2.71	0.001304	0.51	0.37	0.35	0.16
secundario	75.*	PF 1	0.19	1.62	2.69	1.93	2.71	0.001275	0.50	0.37	0.35	0.16
secundario	73.0769*	PF 1	0.19	1.61	2.69	1.92	2.70	0.001248	0.50	0.38	0.35	0.15
secundario	71.1538*	PF 1	0.19	1.59	2.68	1.90	2.70	0.001218	0.49	0.38	0.35	0.15
secundario	69.2307*	PF 1	0.28	1.57	2.66	1.97	2.68	0.002682	0.73	0.38	0.35	0.22
secundario	67.3076*	PF 1	0.28	1.56	2.64	1.96	2.67	0.002661	0.73	0.38	0.35	0.22
secundario	65.3846*	PF 1	0.28	1.54	2.63	1.94	2.66	0.002635	0.73	0.38	0.35	0.22
secundario	63.4615*	PF 1	0.28	1.52	2.62	1.92	2.64	0.002614	0.72	0.38	0.35	0.22
secundario	61.5384*	PF 1	0.39	1.50	2.57	2.00	2.62	0.005356	1.03	0.37	0.35	0.32
secundario	59.6153*	PF 1	0.39	1.49	2.54	1.98	2.60	0.005486	1.05	0.37	0.35	0.33
secundario	57.6923*	PF 1	0.39	1.47	2.51	1.96	2.57	0.005614	1.06	0.36	0.35	0.33
secundario	55.7692*	PF 1	0.39	1.45	2.48	1.95	2.54	0.005770	1.07	0.36	0.35	0.34
secundario	53.8461*	PF 1	0.51	1.43	2.37	2.03	2.49	0.012391	1.55	0.33	0.35	0.51
secundario	51.9230*	PF 1	0.51	1.42	2.27	2.01	2.42	0.014896	1.69	0.30	0.35	0.58
secundario	50	PF 1	0.51	1.40	2.00	2.00	2.30	0.034035	2.43	0.21	0.35	1.01



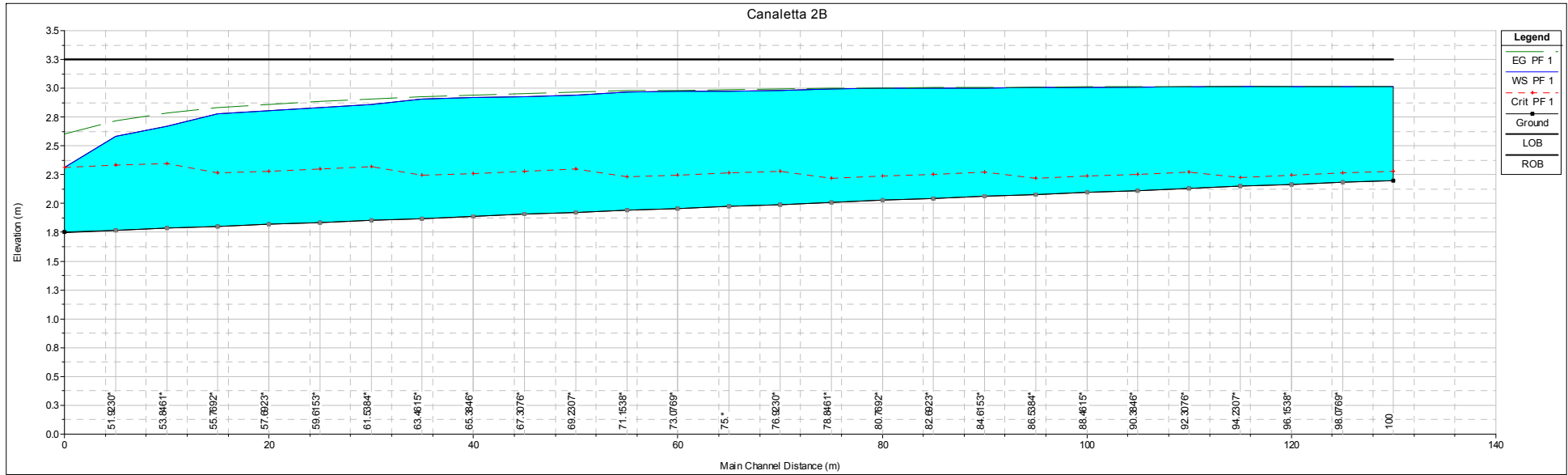
Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
secundario	100	PF 1	0.03	1.65	2.43	1.73	2.43	0.000045	0.09	0.27	0.35	0.03
secundario	98.0769*	PF 1	0.03	1.63	2.43	1.71	2.43	0.000043	0.09	0.28	0.35	0.03
secundario	96.1538*	PF 1	0.03	1.62	2.43	1.70	2.43	0.000041	0.09	0.28	0.35	0.03
secundario	94.2307*	PF 1	0.03	1.60	2.43	1.68	2.43	0.000039	0.09	0.29	0.35	0.03
secundario	92.3076*	PF 1	0.06	1.58	2.43	1.72	2.43	0.000188	0.19	0.30	0.35	0.07
secundario	90.3846*	PF 1	0.06	1.56	2.43	1.70	2.43	0.000180	0.19	0.30	0.35	0.06
secundario	88.4615*	PF 1	0.06	1.55	2.43	1.68	2.43	0.000172	0.18	0.31	0.35	0.06
secundario	86.5384*	PF 1	0.06	1.53	2.42	1.67	2.43	0.000166	0.18	0.31	0.35	0.06
secundario	84.6153*	PF 1	0.10	1.51	2.42	1.72	2.42	0.000545	0.32	0.32	0.35	0.11
secundario	82.6923*	PF 1	0.10	1.49	2.42	1.70	2.42	0.000525	0.32	0.32	0.35	0.11
secundario	80.7692*	PF 1	0.10	1.48	2.41	1.68	2.42	0.000507	0.31	0.33	0.35	0.10
secundario	78.8461*	PF 1	0.10	1.46	2.41	1.67	2.42	0.000490	0.31	0.33	0.35	0.10
secundario	76.9230*	PF 1	0.17	1.44	2.40	1.73	2.41	0.001257	0.50	0.33	0.35	0.16
secundario	75.*	PF 1	0.17	1.42	2.39	1.71	2.41	0.001225	0.49	0.34	0.35	0.16
secundario	73.0769*	PF 1	0.17	1.41	2.39	1.69	2.40	0.001195	0.48	0.34	0.35	0.16
secundario	71.1538*	PF 1	0.17	1.39	2.38	1.67	2.39	0.001162	0.48	0.35	0.35	0.15
secundario	69.2307*	PF 1	0.24	1.37	2.36	1.74	2.38	0.002553	0.71	0.34	0.35	0.23
secundario	67.3076*	PF 1	0.24	1.36	2.34	1.72	2.37	0.002527	0.71	0.35	0.35	0.23
secundario	65.3846*	PF 1	0.24	1.34	2.33	1.70	2.36	0.002496	0.70	0.35	0.35	0.22
secundario	63.4615*	PF 1	0.24	1.32	2.32	1.69	2.34	0.002470	0.70	0.35	0.35	0.22
secundario	61.5384*	PF 1	0.34	1.30	2.27	1.76	2.32	0.005027	0.99	0.34	0.35	0.32
secundario	59.6153*	PF 1	0.34	1.29	2.25	1.74	2.30	0.005136	1.00	0.34	0.35	0.33
secundario	57.6923*	PF 1	0.34	1.27	2.22	1.72	2.27	0.005243	1.01	0.33	0.35	0.33
secundario	55.7692*	PF 1	0.34	1.25	2.19	1.71	2.25	0.005382	1.02	0.33	0.35	0.34
secundario	53.8461*	PF 1	0.44	1.24	2.09	1.78	2.20	0.011557	1.48	0.30	0.35	0.51
secundario	51.9230*	PF 1	0.44	1.22	2.00	1.76	2.13	0.013889	1.61	0.27	0.35	0.58
secundario	50	PF 1	0.44	1.20	1.75	1.75	2.02	0.031870	2.32	0.19	0.35	1.00



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
secundario	100	PF 1	0.01	1.45	2.23	1.49	2.23	0.000006	0.03	0.27	0.35	0.01
secundario	97.3684*	PF 1	0.01	1.43	2.23	1.47	2.23	0.000006	0.03	0.28	0.35	0.01
secundario	94.7368*	PF 1	0.01	1.41	2.23	1.46	2.23	0.000005	0.03	0.28	0.35	0.01
secundario	92.1052*	PF 1	0.01	1.40	2.23	1.44	2.23	0.000005	0.03	0.29	0.35	0.01
secundario	89.4736*	PF 1	0.05	1.38	2.23	1.51	2.23	0.000157	0.17	0.30	0.35	0.06
secundario	86.8421*	PF 1	0.05	1.36	2.22	1.49	2.23	0.000150	0.17	0.30	0.35	0.06
secundario	84.2105*	PF 1	0.05	1.35	2.22	1.47	2.23	0.000144	0.17	0.31	0.35	0.06
secundario	81.5789*	PF 1	0.05	1.33	2.22	1.46	2.22	0.000137	0.16	0.31	0.35	0.05
secundario	78.9473*	PF 1	0.14	1.31	2.21	1.56	2.22	0.000949	0.43	0.32	0.35	0.14
secundario	76.3157*	PF 1	0.14	1.29	2.21	1.54	2.22	0.000920	0.42	0.32	0.35	0.14
secundario	73.6842*	PF 1	0.14	1.28	2.20	1.52	2.21	0.000891	0.42	0.32	0.35	0.14
secundario	71.0526*	PF 1	0.14	1.26	2.20	1.51	2.21	0.000865	0.41	0.33	0.35	0.14
secundario	68.4210*	PF 1	0.26	1.24	2.16	1.62	2.20	0.003388	0.81	0.32	0.35	0.27
secundario	65.7894*	PF 1	0.26	1.22	2.15	1.61	2.18	0.003379	0.81	0.32	0.35	0.27
secundario	63.1578*	PF 1	0.26	1.21	2.13	1.59	2.16	0.003378	0.81	0.32	0.35	0.27
secundario	60.5263*	PF 1	0.26	1.19	2.11	1.57	2.14	0.003368	0.81	0.32	0.35	0.27
secundario	57.8947*	PF 1	0.40	1.17	2.02	1.68	2.11	0.009649	1.36	0.30	0.35	0.47
secundario	55.2631*	PF 1	0.40	1.15	1.95	1.66	2.06	0.010948	1.43	0.28	0.35	0.51
secundario	52.6315*	PF 1	0.40	1.14	1.87	1.65	2.00	0.013140	1.56	0.26	0.35	0.58
secundario	50	PF 1	0.40	1.12	1.63	1.63	1.89	0.030519	2.24	0.18	0.35	1.00

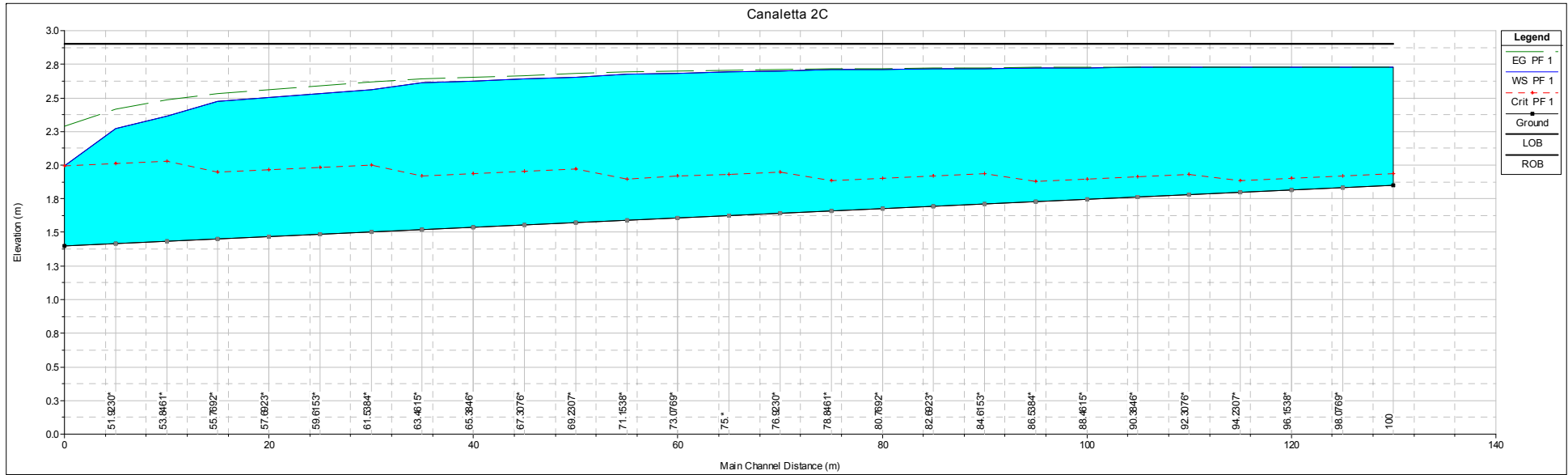


Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
secondario	100	PF 1	0.01	2.35	2.95	2.39	2.95	0.000011	0.04	0.21	0.35	0.02
secondario	98.0769*	PF 1	0.01	2.33	2.95	2.37	2.95	0.000010	0.04	0.22	0.35	0.02
secondario	96.1538*	PF 1	0.01	2.31	2.95	2.36	2.95	0.000009	0.04	0.22	0.35	0.02
secondario	94.2307*	PF 1	0.01	2.30	2.95	2.34	2.95	0.000009	0.04	0.23	0.35	0.02
secondario	92.3076*	PF 1	0.03	2.28	2.95	2.38	2.95	0.000119	0.15	0.23	0.35	0.06
secondario	90.3846*	PF 1	0.03	2.26	2.95	2.36	2.95	0.000112	0.14	0.24	0.35	0.06
secondario	88.4615*	PF 1	0.03	2.25	2.95	2.34	2.95	0.000106	0.14	0.24	0.35	0.05
secondario	86.5384*	PF 1	0.03	2.23	2.94	2.33	2.95	0.000101	0.14	0.25	0.35	0.05
secondario	84.6153*	PF 1	0.07	2.21	2.94	2.37	2.94	0.000435	0.28	0.25	0.35	0.11
secondario	82.6923*	PF 1	0.07	2.19	2.94	2.36	2.94	0.000414	0.28	0.26	0.35	0.10
secondario	80.7692*	PF 1	0.07	2.18	2.94	2.34	2.94	0.000396	0.27	0.27	0.35	0.10
secondario	78.8461*	PF 1	0.07	2.16	2.93	2.32	2.94	0.000379	0.27	0.27	0.35	0.10
secondario	76.9230*	PF 1	0.12	2.14	2.92	2.37	2.93	0.001065	0.45	0.27	0.35	0.16
secondario	75.*	PF 1	0.12	2.13	2.92	2.36	2.93	0.001029	0.44	0.28	0.35	0.16
secondario	73.0769*	PF 1	0.12	2.11	2.91	2.34	2.92	0.000995	0.43	0.28	0.35	0.15
secondario	71.1538*	PF 1	0.12	2.09	2.91	2.32	2.92	0.000959	0.43	0.29	0.35	0.15
secondario	69.2307*	PF 1	0.18	2.07	2.89	2.38	2.91	0.002177	0.64	0.29	0.35	0.23
secondario	67.3076*	PF 1	0.18	2.06	2.88	2.36	2.90	0.002139	0.64	0.29	0.35	0.22
secondario	65.3846*	PF 1	0.18	2.04	2.87	2.34	2.89	0.002095	0.63	0.29	0.35	0.22
secondario	63.4615*	PF 1	0.18	2.02	2.86	2.32	2.88	0.002059	0.63	0.29	0.35	0.22
secondario	61.5384*	PF 1	0.26	2.00	2.82	2.38	2.86	0.004308	0.90	0.29	0.35	0.32
secondario	59.6153*	PF 1	0.26	1.99	2.80	2.37	2.84	0.004370	0.91	0.28	0.35	0.32
secondario	57.6923*	PF 1	0.26	1.97	2.77	2.35	2.82	0.004425	0.91	0.28	0.35	0.32
secondario	55.7692*	PF 1	0.26	1.95	2.75	2.33	2.79	0.004499	0.92	0.28	0.35	0.33
secondario	53.8461*	PF 1	0.35	1.93	2.66	2.40	2.75	0.010162	1.36	0.25	0.35	0.51
secondario	51.9230*	PF 1	0.35	1.92	2.59	2.38	2.70	0.012181	1.48	0.23	0.35	0.58
secondario	50	PF 1	0.35	1.90	2.36	2.36	2.60	0.028748	2.14	0.16	0.35	1.01

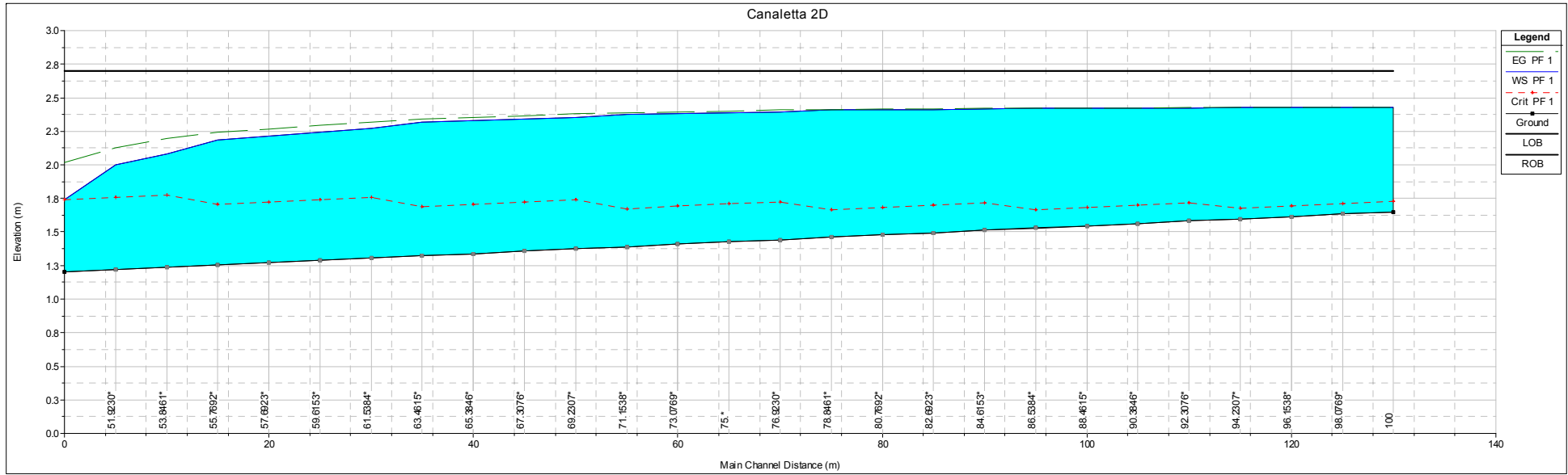




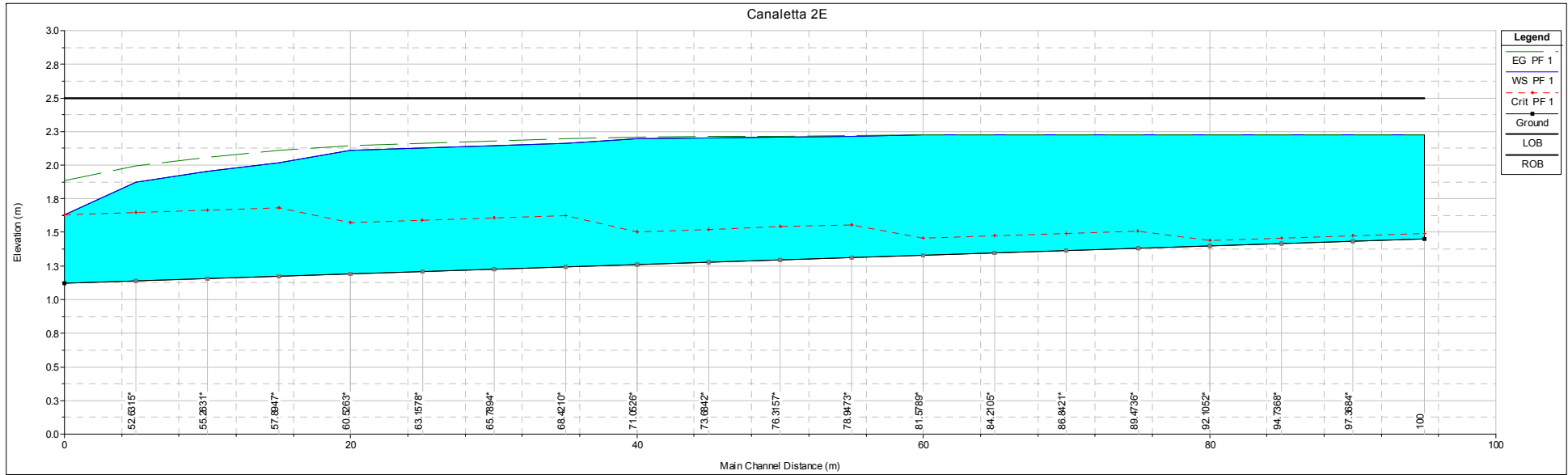
Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
secundario	100	PF 1	0.03	2.20	3.01	2.28	3.01	0.000041	0.09	0.28	0.35	0.03
secundario	98.0769*	PF 1	0.03	2.18	3.01	2.26	3.01	0.000039	0.09	0.29	0.35	0.03
secundario	96.1538*	PF 1	0.03	2.16	3.01	2.25	3.01	0.000037	0.08	0.30	0.35	0.03
secundario	94.2307*	PF 1	0.03	2.15	3.01	2.23	3.01	0.000036	0.08	0.30	0.35	0.03
secundario	92.3076*	PF 1	0.06	2.13	3.01	2.27	3.01	0.000185	0.19	0.31	0.35	0.06
secundario	90.3846*	PF 1	0.06	2.11	3.01	2.25	3.01	0.000177	0.18	0.31	0.35	0.06
secundario	88.4615*	PF 1	0.06	2.10	3.01	2.24	3.01	0.000170	0.18	0.32	0.35	0.06
secundario	86.5384*	PF 1	0.06	2.08	3.01	2.22	3.01	0.000164	0.18	0.33	0.35	0.06
secundario	84.6153*	PF 1	0.11	2.06	3.00	2.27	3.01	0.000542	0.32	0.33	0.35	0.11
secundario	82.6923*	PF 1	0.11	2.04	3.00	2.26	3.01	0.000523	0.32	0.33	0.35	0.10
secundario	80.7692*	PF 1	0.11	2.03	3.00	2.24	3.00	0.000506	0.31	0.34	0.35	0.10
secundario	78.8461*	PF 1	0.11	2.01	3.00	2.22	3.00	0.000489	0.31	0.34	0.35	0.10
secundario	76.9230*	PF 1	0.17	1.99	2.98	2.28	3.00	0.001234	0.49	0.35	0.35	0.16
secundario	75.*	PF 1	0.17	1.98	2.98	2.26	2.99	0.001205	0.49	0.35	0.35	0.16
secundario	73.0769*	PF 1	0.17	1.96	2.97	2.25	2.98	0.001175	0.48	0.35	0.35	0.15
secundario	71.1538*	PF 1	0.17	1.94	2.97	2.23	2.98	0.001144	0.48	0.36	0.35	0.15
secundario	69.2307*	PF 1	0.25	1.92	2.94	2.30	2.97	0.002523	0.71	0.36	0.35	0.22
secundario	67.3076*	PF 1	0.25	1.91	2.93	2.28	2.95	0.002498	0.70	0.36	0.35	0.22
secundario	65.3846*	PF 1	0.25	1.89	2.92	2.26	2.94	0.002468	0.70	0.36	0.35	0.22
secundario	63.4615*	PF 1	0.25	1.87	2.91	2.24	2.93	0.002442	0.70	0.36	0.35	0.22
secundario	61.5384*	PF 1	0.35	1.85	2.86	2.32	2.91	0.004954	0.99	0.35	0.35	0.31
secundario	59.6153*	PF 1	0.35	1.84	2.83	2.30	2.88	0.005051	1.00	0.35	0.35	0.32
secundario	57.6923*	PF 1	0.35	1.82	2.81	2.28	2.86	0.005147	1.01	0.35	0.35	0.32
secundario	55.7692*	PF 1	0.35	1.80	2.78	2.27	2.83	0.005265	1.02	0.34	0.35	0.33
secundario	53.8461*	PF 1	0.47	1.78	2.67	2.35	2.79	0.011889	1.51	0.31	0.35	0.51
secundario	51.9230*	PF 1	0.47	1.77	2.58	2.33	2.72	0.014287	1.64	0.29	0.35	0.58
secundario	50	PF 1	0.47	1.75	2.31	2.31	2.60	0.032807	2.37	0.20	0.35	1.00



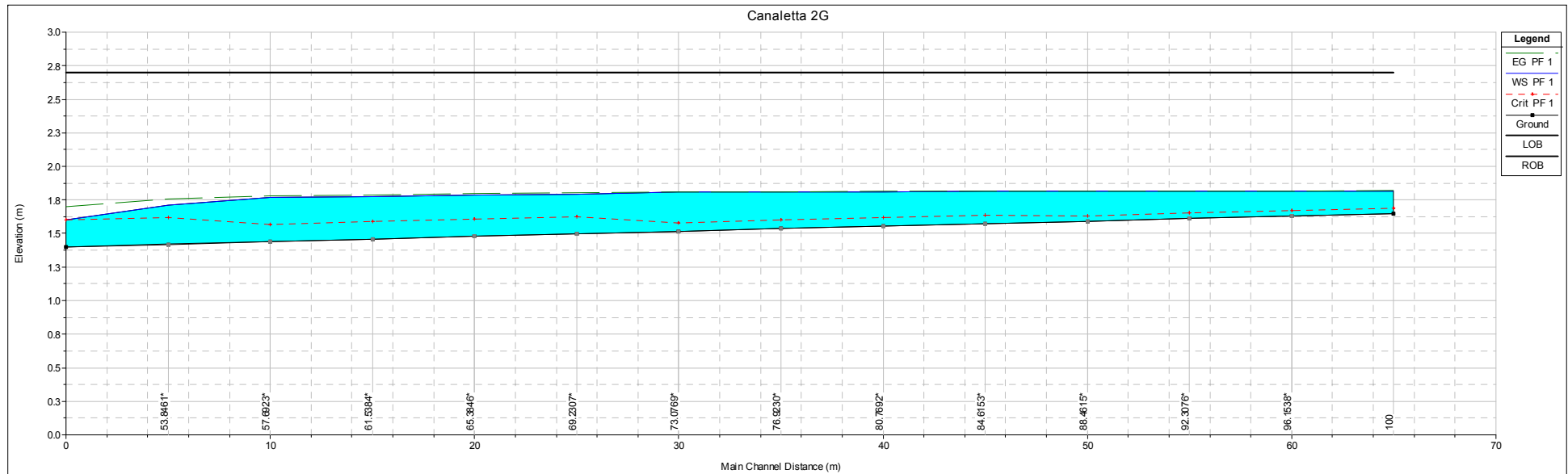
Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
secundario	100	PF 1	0.03	1.85	2.73	1.93	2.73	0.000040	0.09	0.31	0.35	0.03
secundario	98.0769*	PF 1	0.03	1.83	2.73	1.92	2.73	0.000038	0.09	0.31	0.35	0.03
secundario	96.1538*	PF 1	0.03	1.82	2.73	1.90	2.73	0.000037	0.08	0.32	0.35	0.03
secundario	94.2307*	PF 1	0.03	1.80	2.73	1.88	2.73	0.000035	0.08	0.33	0.35	0.03
secundario	92.3076*	PF 1	0.06	1.78	2.73	1.93	2.73	0.000186	0.19	0.33	0.35	0.06
secundario	90.3846*	PF 1	0.06	1.76	2.73	1.91	2.73	0.000179	0.19	0.34	0.35	0.06
secundario	88.4615*	PF 1	0.06	1.75	2.73	1.89	2.73	0.000172	0.18	0.34	0.35	0.06
secundario	86.5384*	PF 1	0.06	1.73	2.72	1.88	2.73	0.000166	0.18	0.35	0.35	0.06
secundario	84.6153*	PF 1	0.12	1.71	2.72	1.94	2.72	0.000559	0.33	0.35	0.35	0.11
secundario	82.6923*	PF 1	0.12	1.69	2.72	1.92	2.72	0.000541	0.33	0.36	0.35	0.10
secundario	80.7692*	PF 1	0.12	1.68	2.71	1.90	2.72	0.000524	0.32	0.36	0.35	0.10
secundario	78.8461*	PF 1	0.12	1.66	2.71	1.88	2.72	0.000508	0.32	0.37	0.35	0.10
secundario	76.9230*	PF 1	0.19	1.64	2.70	1.95	2.71	0.001314	0.51	0.37	0.35	0.16
secundario	75.*	PF 1	0.19	1.62	2.69	1.93	2.70	0.001285	0.51	0.37	0.35	0.16
secundario	73.0769*	PF 1	0.19	1.61	2.68	1.92	2.70	0.001258	0.50	0.38	0.35	0.15
secundario	71.1538*	PF 1	0.19	1.59	2.68	1.90	2.69	0.001228	0.50	0.38	0.35	0.15
secundario	69.2307*	PF 1	0.28	1.57	2.65	1.97	2.68	0.002704	0.74	0.38	0.35	0.23
secundario	67.3076*	PF 1	0.28	1.56	2.64	1.96	2.67	0.002684	0.73	0.38	0.35	0.22
secundario	65.3846*	PF 1	0.28	1.54	2.63	1.94	2.65	0.002658	0.73	0.38	0.35	0.22
secundario	63.4615*	PF 1	0.28	1.52	2.61	1.92	2.64	0.002638	0.73	0.38	0.35	0.22
secundario	61.5384*	PF 1	0.39	1.50	2.56	2.00	2.62	0.005412	1.04	0.37	0.35	0.32
secundario	59.6153*	PF 1	0.39	1.49	2.53	1.98	2.59	0.005548	1.05	0.37	0.35	0.33
secundario	57.6923*	PF 1	0.39	1.47	2.50	1.96	2.56	0.005683	1.06	0.36	0.35	0.33
secundario	55.7692*	PF 1	0.39	1.45	2.47	1.95	2.53	0.005848	1.08	0.36	0.35	0.34
secundario	53.8461*	PF 1	0.50	1.43	2.36	2.03	2.48	0.012339	1.55	0.32	0.35	0.51
secundario	51.9230*	PF 1	0.50	1.42	2.27	2.01	2.41	0.014832	1.68	0.30	0.35	0.58
secundario	50	PF 1	0.50	1.40	1.99	1.99	2.29	0.033909	2.42	0.21	0.35	1.01



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
secundario	100	PF 1	0.03	1.65	2.43	1.73	2.43	0.000045	0.09	0.27	0.35	0.03
secundario	98.0769*	PF 1	0.03	1.63	2.43	1.71	2.43	0.000043	0.09	0.28	0.35	0.03
secundario	96.1538*	PF 1	0.03	1.62	2.43	1.70	2.43	0.000041	0.09	0.28	0.35	0.03
secundario	94.2307*	PF 1	0.03	1.60	2.43	1.68	2.43	0.000039	0.09	0.29	0.35	0.03
secundario	92.3076*	PF 1	0.06	1.58	2.42	1.72	2.43	0.000190	0.19	0.29	0.35	0.07
secundario	90.3846*	PF 1	0.06	1.56	2.42	1.70	2.42	0.000181	0.19	0.30	0.35	0.06
secundario	88.4615*	PF 1	0.06	1.55	2.42	1.68	2.42	0.000174	0.18	0.31	0.35	0.06
secundario	86.5384*	PF 1	0.06	1.53	2.42	1.67	2.42	0.000167	0.18	0.31	0.35	0.06
secundario	84.6153*	PF 1	0.10	1.51	2.42	1.72	2.42	0.000550	0.33	0.32	0.35	0.11
secundario	82.6923*	PF 1	0.10	1.49	2.41	1.70	2.42	0.000530	0.32	0.32	0.35	0.11
secundario	80.7692*	PF 1	0.10	1.48	2.41	1.68	2.42	0.000512	0.32	0.33	0.35	0.10
secundario	78.8461*	PF 1	0.10	1.46	2.41	1.67	2.41	0.000494	0.31	0.33	0.35	0.10
secundario	76.9230*	PF 1	0.17	1.44	2.40	1.73	2.41	0.001268	0.50	0.33	0.35	0.16
secundario	75.*	PF 1	0.17	1.42	2.39	1.71	2.40	0.001236	0.49	0.34	0.35	0.16
secundario	73.0769*	PF 1	0.17	1.41	2.38	1.69	2.40	0.001205	0.49	0.34	0.35	0.16
secundario	71.1538*	PF 1	0.17	1.39	2.38	1.67	2.39	0.001173	0.48	0.35	0.35	0.15
secundario	69.2307*	PF 1	0.24	1.37	2.35	1.74	2.38	0.002577	0.71	0.34	0.35	0.23
secundario	67.3076*	PF 1	0.24	1.36	2.34	1.72	2.37	0.002552	0.71	0.34	0.35	0.23
secundario	65.3846*	PF 1	0.24	1.34	2.33	1.70	2.35	0.002521	0.70	0.35	0.35	0.23
secundario	63.4615*	PF 1	0.24	1.32	2.32	1.69	2.34	0.002495	0.70	0.35	0.35	0.22
secundario	61.5384*	PF 1	0.34	1.30	2.27	1.76	2.32	0.005086	1.00	0.34	0.35	0.32
secundario	59.6153*	PF 1	0.34	1.29	2.24	1.74	2.29	0.005201	1.01	0.33	0.35	0.33
secundario	57.6923*	PF 1	0.34	1.27	2.21	1.72	2.27	0.005316	1.02	0.33	0.35	0.33
secundario	55.7692*	PF 1	0.34	1.25	2.19	1.71	2.24	0.005463	1.03	0.33	0.35	0.34
secundario	53.8461*	PF 1	0.44	1.24	2.08	1.78	2.19	0.011496	1.48	0.30	0.35	0.51
secundario	51.9230*	PF 1	0.44	1.22	2.00	1.76	2.13	0.013811	1.61	0.27	0.35	0.58
secundario	50	PF 1	0.44	1.20	1.74	1.74	2.01	0.031856	2.32	0.19	0.35	1.00

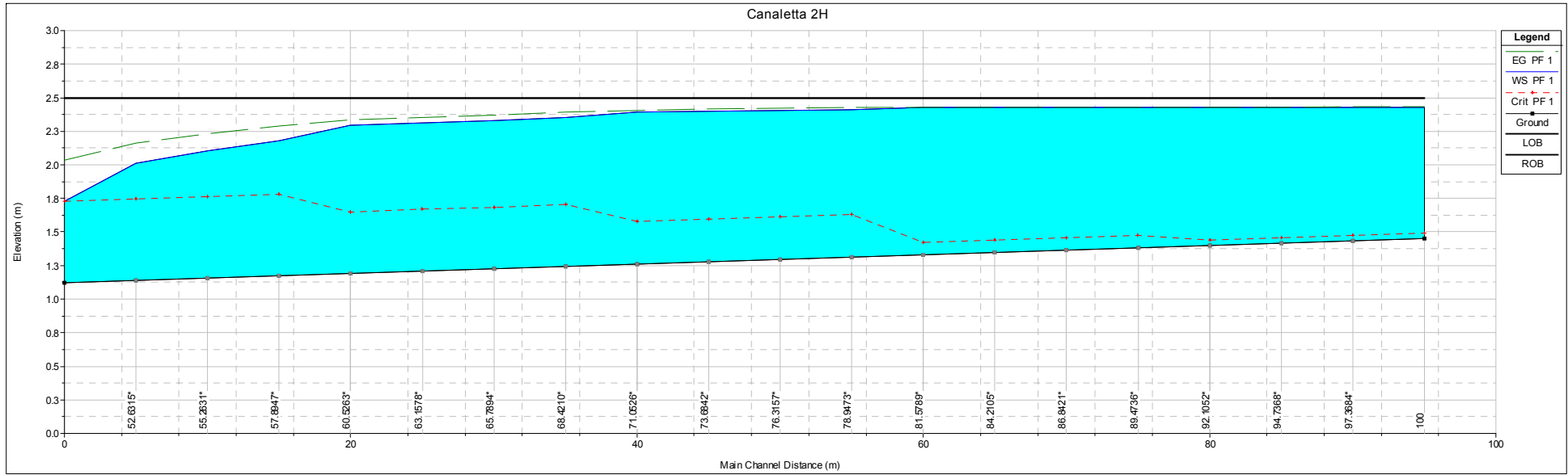


Reach	River Sta.	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
secundario	100	PF 1	0.01	1.45	2.23	1.49	2.23	0.000006	0.03	0.27	0.35	0.01
secundario	97.3684*	PF 1	0.01	1.43	2.23	1.47	2.23	0.000006	0.03	0.28	0.35	0.01
secundario	94.7368*	PF 1	0.01	1.41	2.23	1.46	2.23	0.000005	0.03	0.28	0.35	0.01
secundario	92.1052*	PF 1	0.01	1.40	2.23	1.44	2.23	0.000005	0.03	0.29	0.35	0.01
secundario	89.4736*	PF 1	0.05	1.38	2.23	1.51	2.23	0.000157	0.17	0.30	0.35	0.06
secundario	86.8421*	PF 1	0.05	1.36	2.22	1.49	2.23	0.000150	0.17	0.30	0.35	0.06
secundario	84.2105*	PF 1	0.05	1.35	2.22	1.47	2.23	0.000144	0.17	0.31	0.35	0.06
secundario	81.5789*	PF 1	0.05	1.33	2.22	1.46	2.22	0.000137	0.16	0.31	0.35	0.05
secundario	78.9473*	PF 1	0.14	1.31	2.21	1.56	2.22	0.000949	0.43	0.32	0.35	0.14
secundario	76.3157*	PF 1	0.14	1.29	2.21	1.54	2.22	0.000920	0.42	0.32	0.35	0.14
secundario	73.6842*	PF 1	0.14	1.28	2.20	1.52	2.21	0.000891	0.42	0.32	0.35	0.14
secundario	71.0526*	PF 1	0.14	1.26	2.20	1.51	2.21	0.000865	0.41	0.33	0.35	0.14
secundario	68.4210*	PF 1	0.26	1.24	2.16	1.62	2.20	0.003388	0.81	0.32	0.35	0.27
secundario	65.7894*	PF 1	0.26	1.22	2.15	1.61	2.18	0.003379	0.81	0.32	0.35	0.27
secundario	63.1578*	PF 1	0.26	1.21	2.13	1.59	2.16	0.003378	0.81	0.32	0.35	0.27
secundario	60.5263*	PF 1	0.26	1.19	2.11	1.57	2.14	0.003368	0.81	0.32	0.35	0.27
secundario	57.8947*	PF 1	0.40	1.17	2.02	1.68	2.11	0.009649	1.36	0.30	0.35	0.47
secundario	55.2631*	PF 1	0.40	1.15	1.95	1.66	2.06	0.010948	1.43	0.28	0.35	0.51
secundario	52.6315*	PF 1	0.40	1.14	1.87	1.65	2.00	0.013140	1.56	0.26	0.35	0.58
secundario	50	PF 1	0.40	1.12	1.63	1.63	1.89	0.030519	2.24	0.18	0.35	1.00



Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch EI (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
secondario	100	PF 1	0.01	1.65	1.82	1.69	1.82	0.000249	0.15	0.06	0.35	0.12
secondario	96.1538*	PF 1	0.01	1.63	1.82	1.67	1.82	0.000190	0.14	0.06	0.35	0.10
secondario	92.3076*	PF 1	0.01	1.61	1.82	1.65	1.82	0.000149	0.13	0.07	0.35	0.09
secondario	88.4615*	PF 1	0.01	1.59	1.82	1.63	1.82	0.000117	0.12	0.08	0.35	0.08
secondario	84.6153*	PF 1	0.02	1.57	1.81	1.64	1.81	0.000393	0.22	0.08	0.35	0.14
secondario	80.7692*	PF 1	0.02	1.55	1.81	1.62	1.81	0.000328	0.20	0.09	0.35	0.13
secondario	76.9230*	PF 1	0.02	1.53	1.81	1.60	1.81	0.000277	0.19	0.10	0.35	0.11
secondario	73.0769*	PF 1	0.02	1.51	1.81	1.58	1.81	0.000234	0.18	0.10	0.35	0.10
secondario	69.2307*	PF 1	0.05	1.50	1.79	1.63	1.80	0.001837	0.49	0.10	0.35	0.29
secondario	65.3846*	PF 1	0.05	1.48	1.78	1.61	1.80	0.001681	0.47	0.11	0.35	0.27
secondario	61.5384*	PF 1	0.05	1.46	1.78	1.59	1.79	0.001532	0.46	0.11	0.35	0.26
secondario	57.6923*	PF 1	0.05	1.44	1.77	1.57	1.78	0.001387	0.44	0.12	0.35	0.24
secondario	53.8461*	PF 1	0.10	1.42	1.71	1.62	1.76	0.006954	0.95	0.10	0.35	0.56
secondario	50	PF 1	0.10	1.40	1.60	1.60	1.70	0.018718	1.41	0.07	0.35	1.01





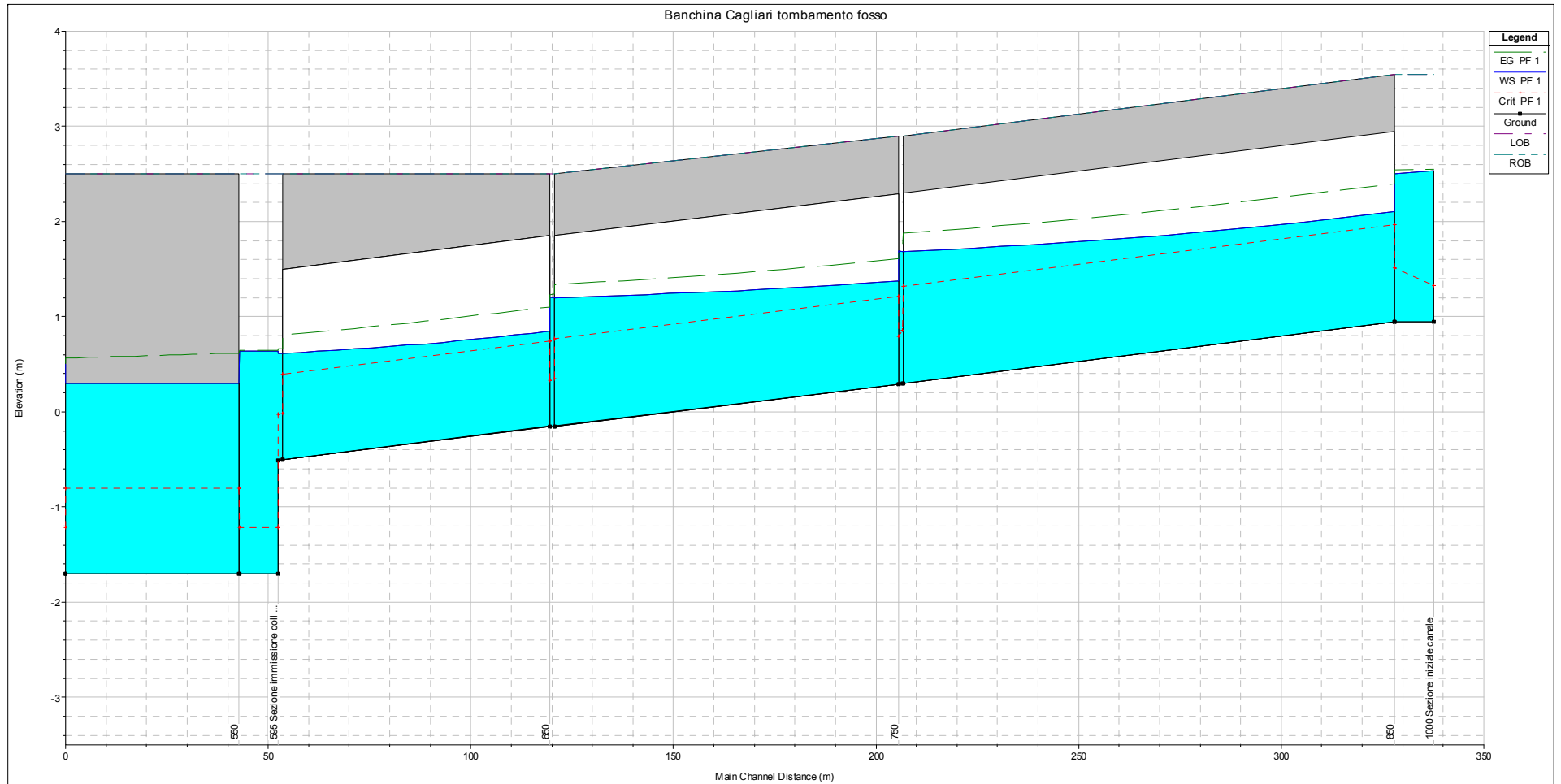
Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
secundario	100	PF 1	0.01	1.45	2.43	1.49	2.43	0.000003	0.03	0.34	0.35	0.01
secundario	97.3684*	PF 1	0.01	1.43	2.43	1.47	2.43	0.000003	0.03	0.35	0.35	0.01
secundario	94.7368*	PF 1	0.01	1.41	2.43	1.46	2.43	0.000003	0.03	0.36	0.35	0.01
secundario	92.1052*	PF 1	0.01	1.40	2.43	1.44	2.43	0.000003	0.02	0.36	0.35	0.01
secundario	89.4736*	PF 1	0.03	1.38	2.43	1.47	2.43	0.000036	0.08	0.37	0.35	0.03
secundario	86.8421*	PF 1	0.03	1.36	2.43	1.46	2.43	0.000035	0.08	0.37	0.35	0.03
secundario	84.2105*	PF 1	0.03	1.35	2.43	1.44	2.43	0.000033	0.08	0.38	0.35	0.03
secundario	81.5789*	PF 1	0.03	1.33	2.43	1.42	2.43	0.000032	0.08	0.39	0.35	0.02
secundario	78.9473*	PF 1	0.20	1.31	2.41	1.63	2.43	0.001325	0.52	0.39	0.35	0.16
secundario	76.3157*	PF 1	0.20	1.29	2.41	1.61	2.42	0.001298	0.51	0.39	0.35	0.15
secundario	73.6842*	PF 1	0.20	1.28	2.40	1.59	2.41	0.001268	0.51	0.39	0.35	0.15
secundario	71.0526*	PF 1	0.20	1.26	2.39	1.58	2.41	0.001242	0.50	0.40	0.35	0.15
secundario	68.4210*	PF 1	0.35	1.24	2.35	1.70	2.39	0.003920	0.89	0.39	0.35	0.27
secundario	65.7894*	PF 1	0.35	1.22	2.33	1.68	2.37	0.003934	0.89	0.39	0.35	0.27
secundario	63.1578*	PF 1	0.35	1.21	2.31	1.67	2.35	0.003956	0.89	0.39	0.35	0.27
secundario	60.5263*	PF 1	0.35	1.19	2.29	1.65	2.33	0.003972	0.89	0.39	0.35	0.27
secundario	57.8947*	PF 1	0.52	1.17	2.18	1.78	2.29	0.011085	1.48	0.35	0.35	0.47
secundario	55.2631*	PF 1	0.52	1.15	2.11	1.76	2.23	0.012592	1.57	0.33	0.35	0.51
secundario	52.6315*	PF 1	0.52	1.14	2.01	1.74	2.16	0.015134	1.70	0.31	0.35	0.58
secundario	50	PF 1	0.52	1.12	1.73	1.73	2.03	0.034530	2.46	0.21	0.35	1.01

ALLEGATO IV

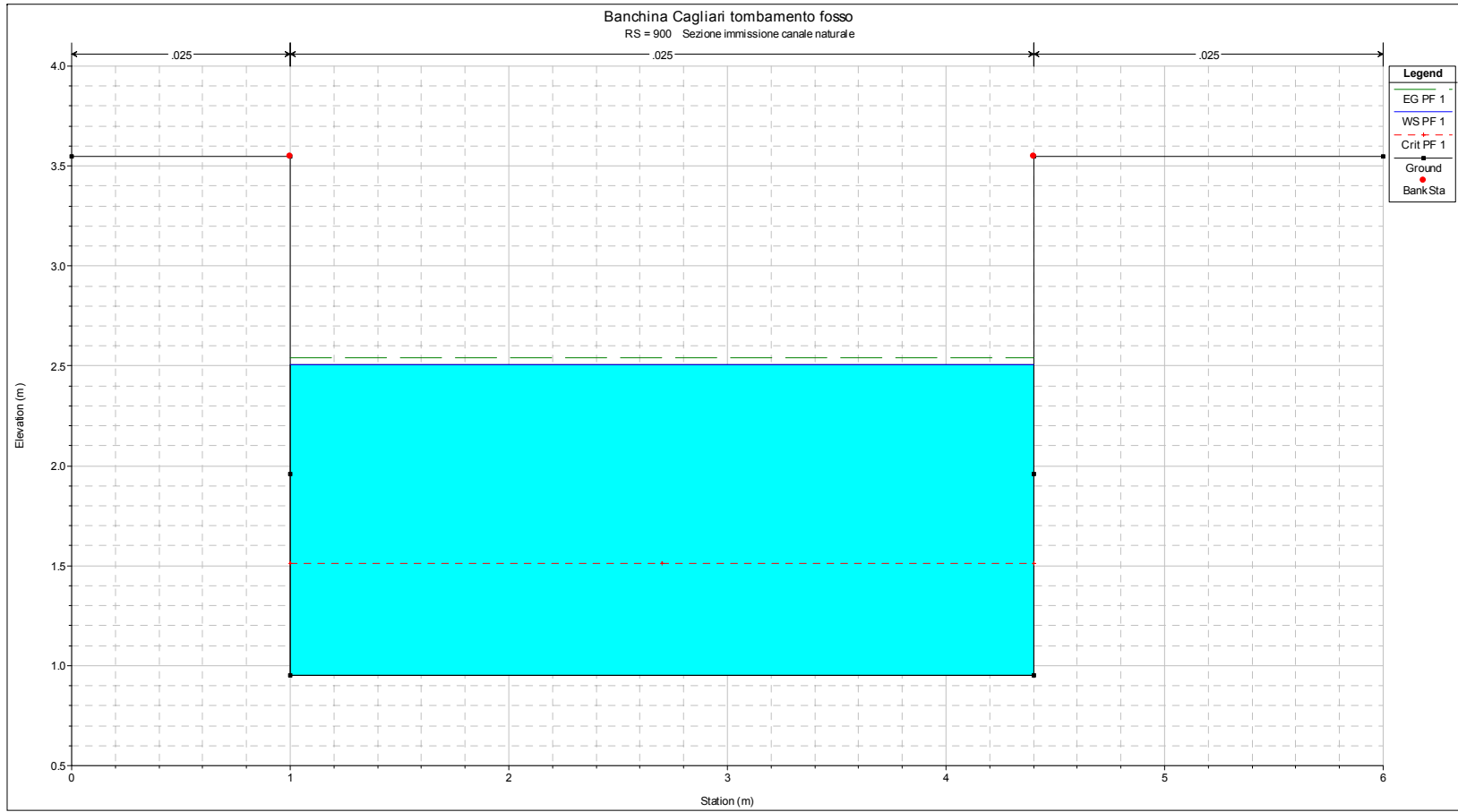
PROFILO LONGITUDINALE E TABULATO DI CALCOLO DELLO SCATOLARE UTILIZZATO PER IL TOMBAMENTO  
DEL CORSO D'ACQUA ESISTENTE CON INDICAZIONE DEI LIVELLI IDRICI NELLE SEZIONI TRASVERSALI PIU'  
SIGNIFICATIVE

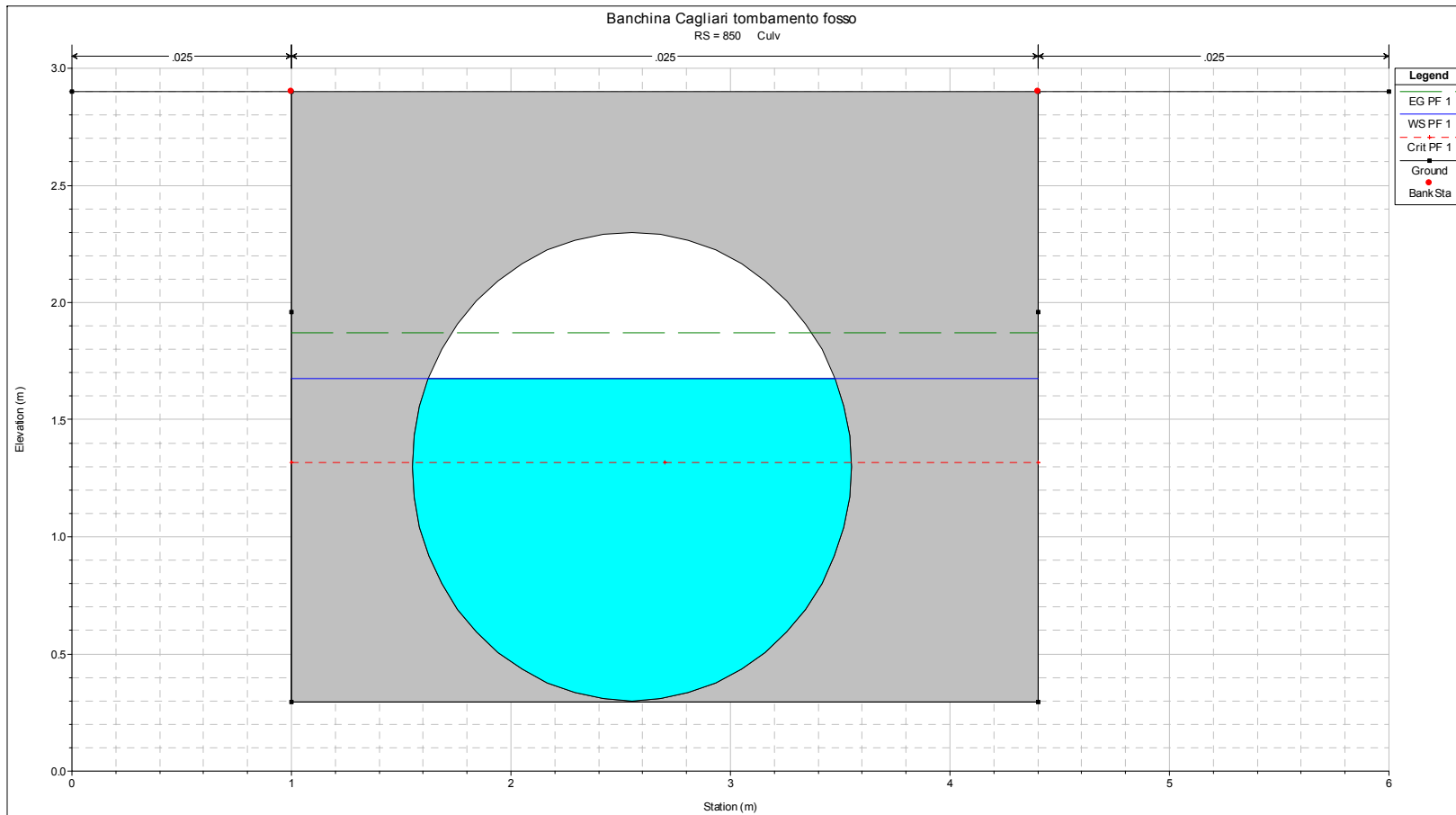
Tombamento corso d'acqua esistente mediante 3 tubazioni in calcestruzzo di dimensioni pari a  $\phi 2000$

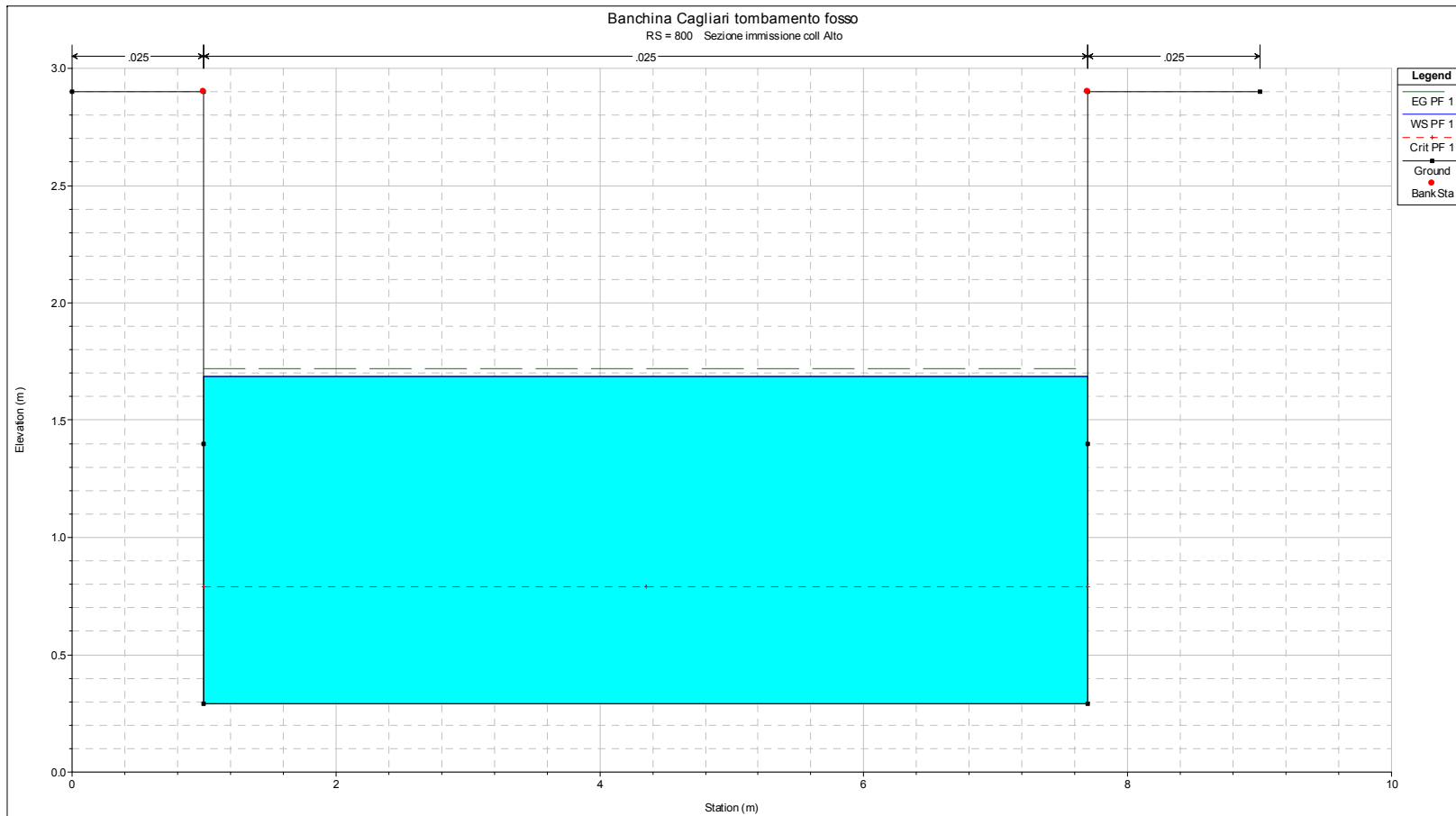
Simulazione in assenza di nave all'ormeggio in banchina



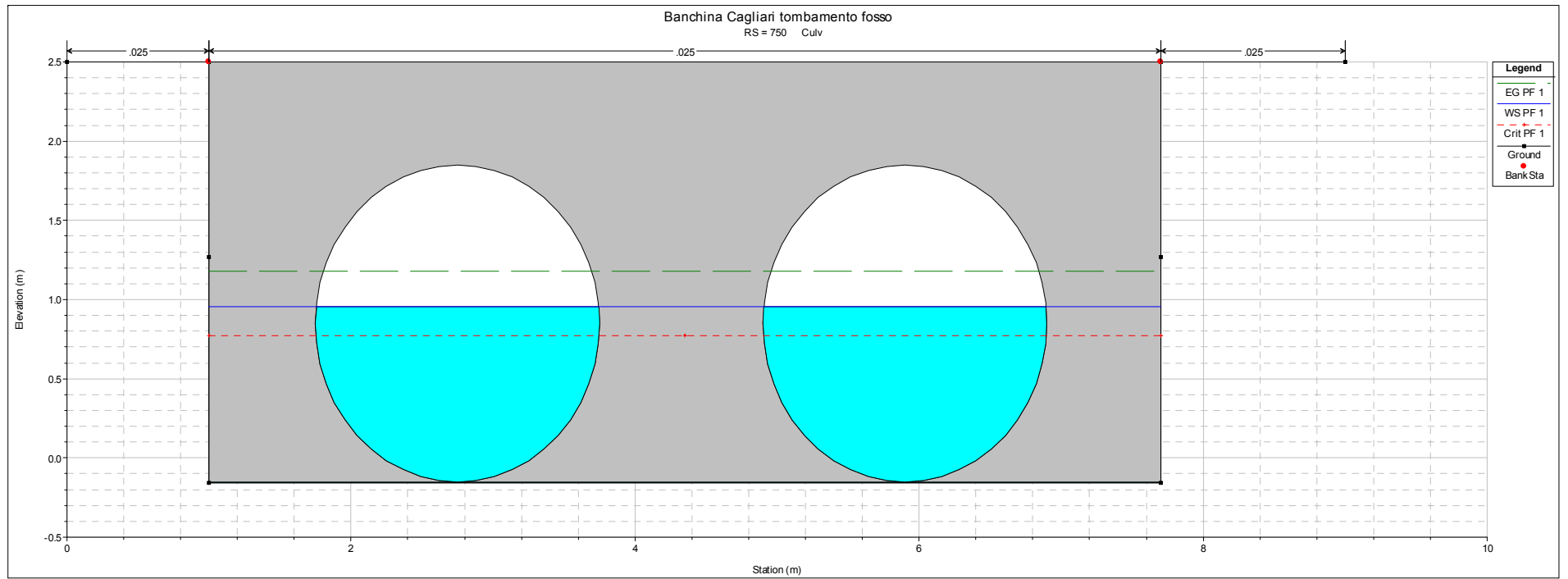
Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
Collettore n*1	1000	PF 1	2.50	0.95	2.54	1.33	2.55	0.000174	0.46	5.40	3.40	0.12
Collettore n*1	900	PF 1	4.50	0.95	2.51	1.51	2.54	0.000597	0.85	5.29	3.40	0.22
Collettore n*1	850		Culvert									
Collettore n*1	810	PF 1	4.50	0.30	1.68	0.86	1.73	0.000813	0.95	4.72	3.40	0.26
Collettore n*1	800	PF 1	7.45	0.29	1.69	0.79	1.73	0.000398	0.79	9.40	6.70	0.21
Collettore n*1	750		Culvert									
Collettore n*1	710	PF 1	7.45	-0.16	1.20	0.34	1.23	0.000442	0.82	9.08	6.70	0.23
Collettore n*1	700	PF 1	10.55	-0.16	1.20	0.33	1.23	0.000346	0.78	13.57	10.00	0.21
Collettore n*1	650		Culvert									
Collettore n*1	610	PF 1	10.55	-0.50	0.62	-0.02	0.66	0.000631	0.95	11.16	10.00	0.29
Collettore n*1	600	PF 1	10.55	-0.51	0.62	-0.03	0.66	0.000614	0.94	11.26	10.00	0.28
Collettore n*1	595	PF 1	10.55	-1.70	0.64	-1.22	0.65	0.000068	0.45	23.40	10.00	0.09
Collettore n*1	590	PF 1	10.55	-1.70	0.64	-1.22	0.65	0.000068	0.45	23.39	10.00	0.09
Collettore n*1	550		Culvert									
Collettore n*1	500	PF 1	10.55	-1.70	0.50	-1.22	0.51	0.000082	0.48	22.00	10.00	0.10

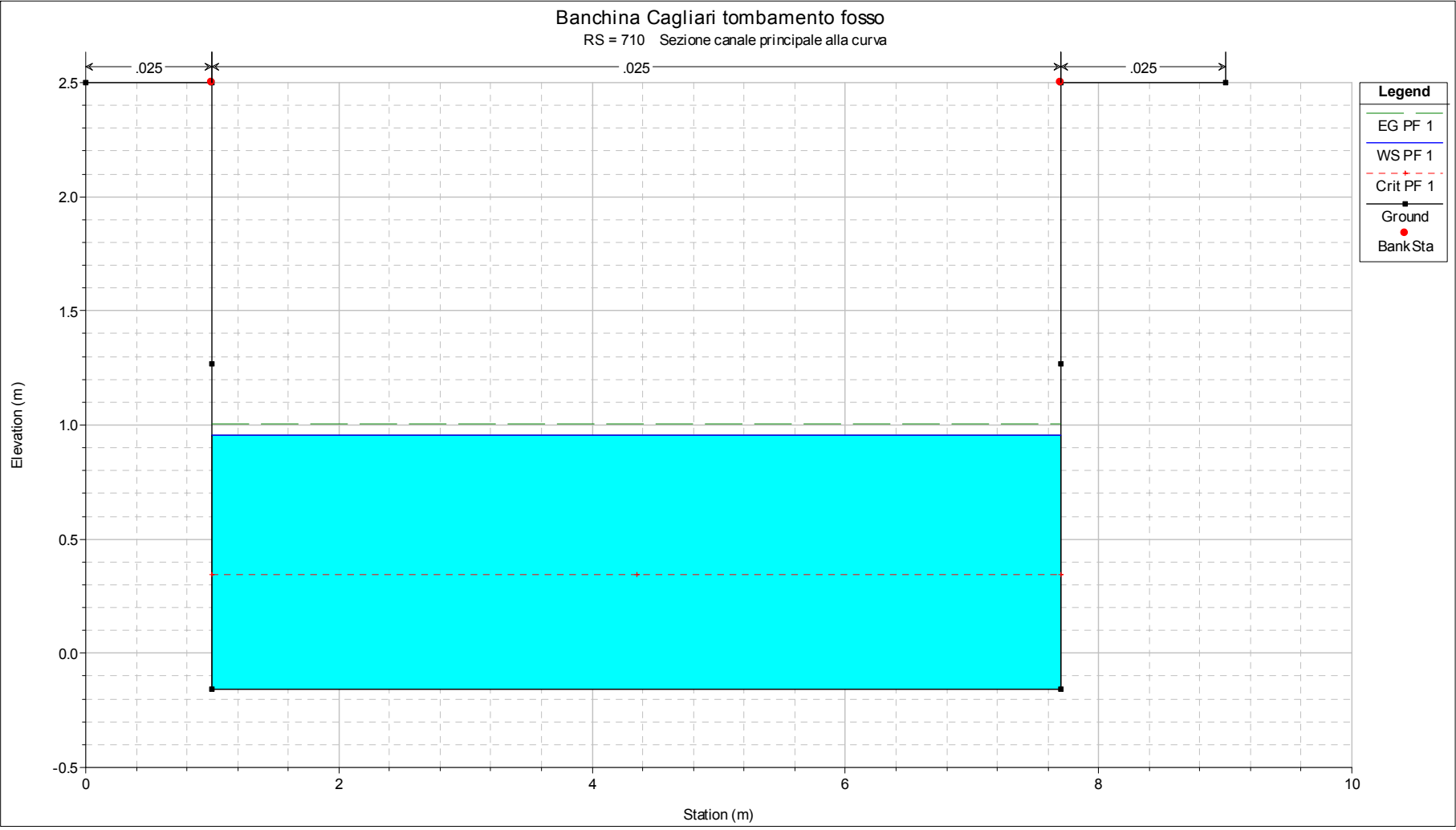


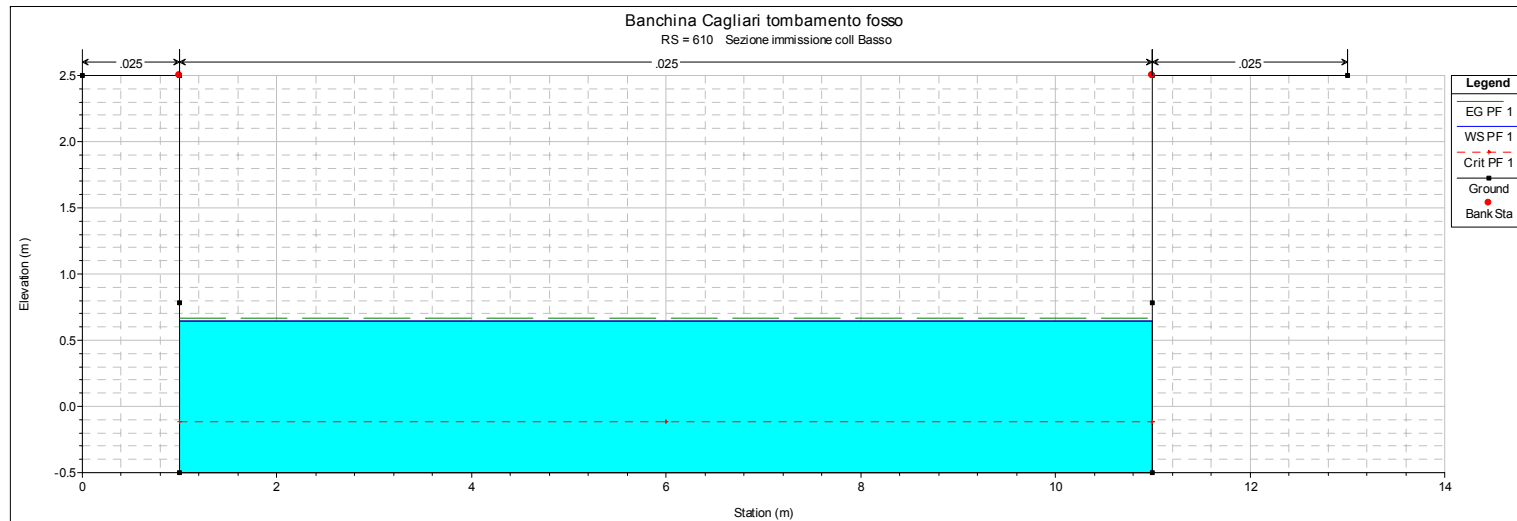
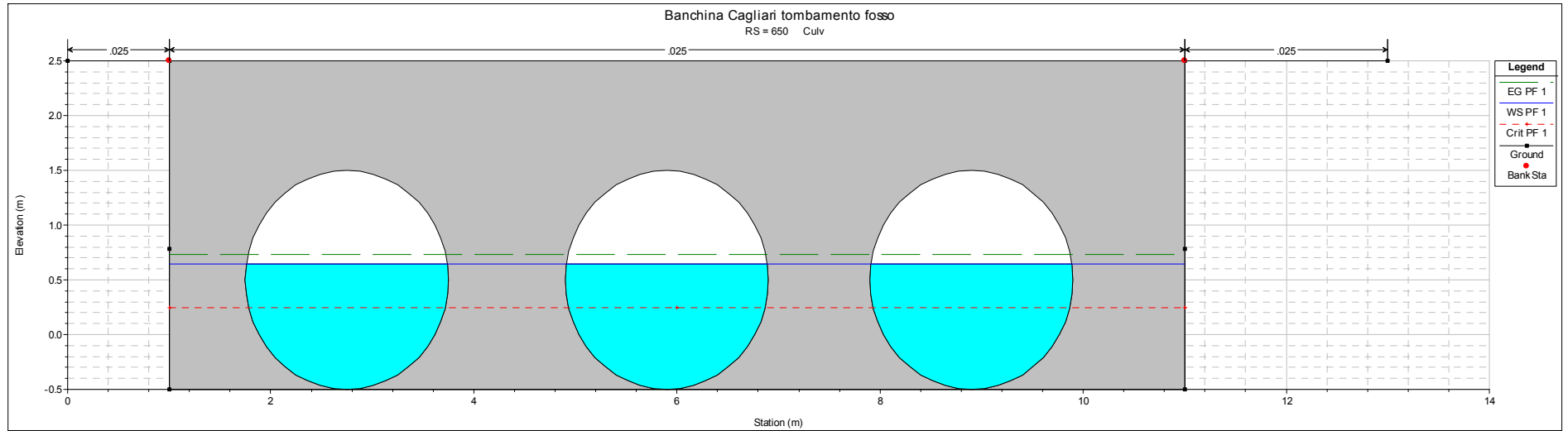


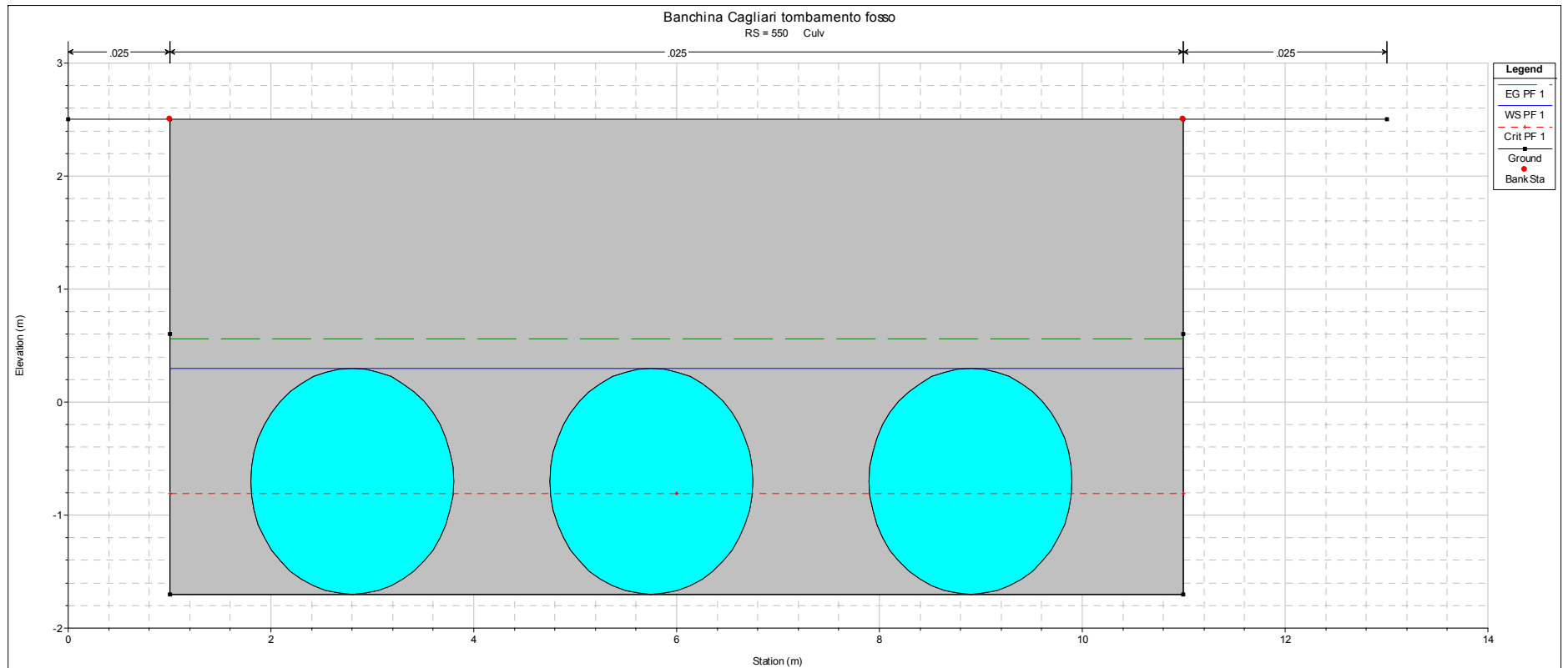






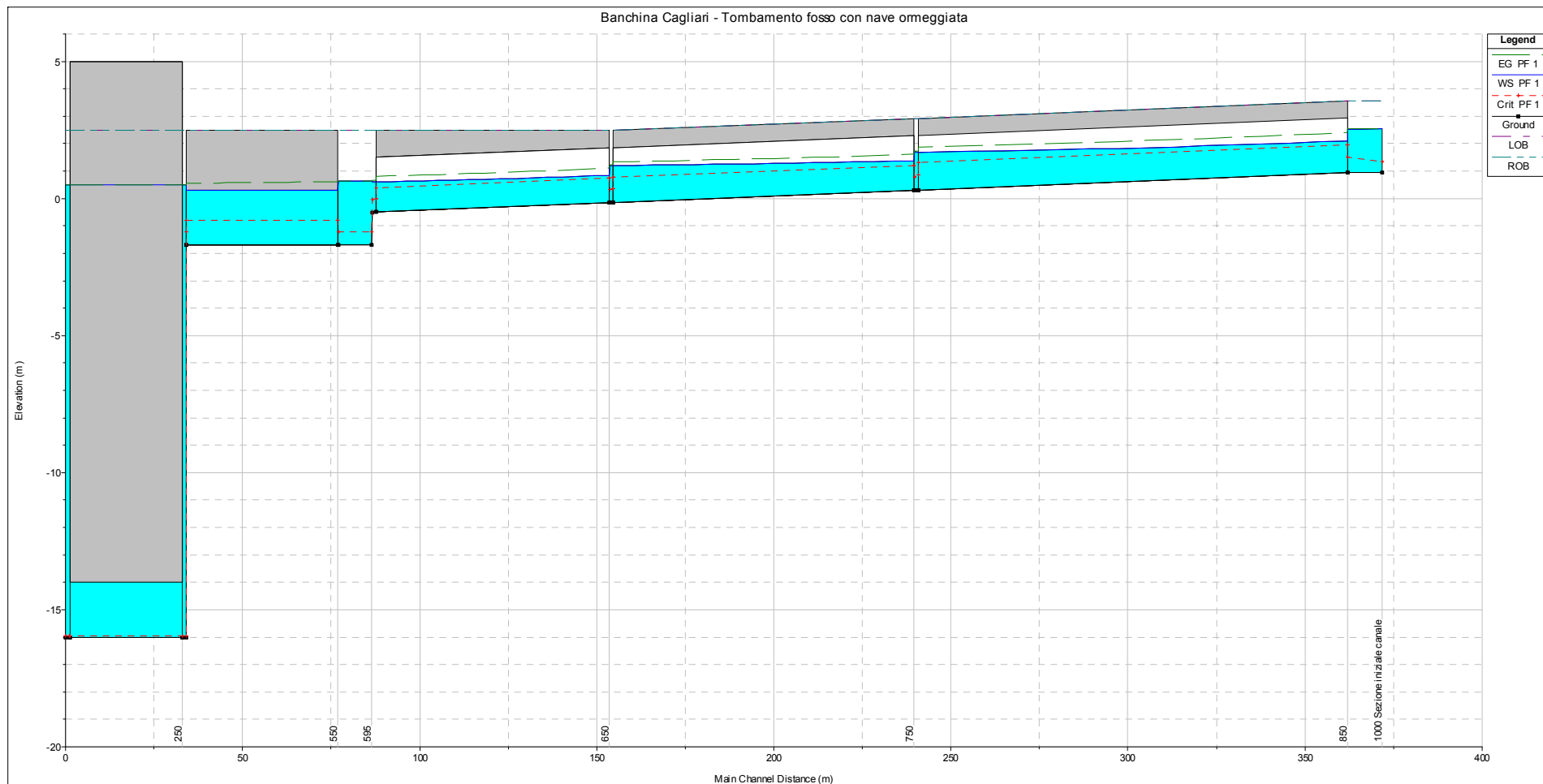






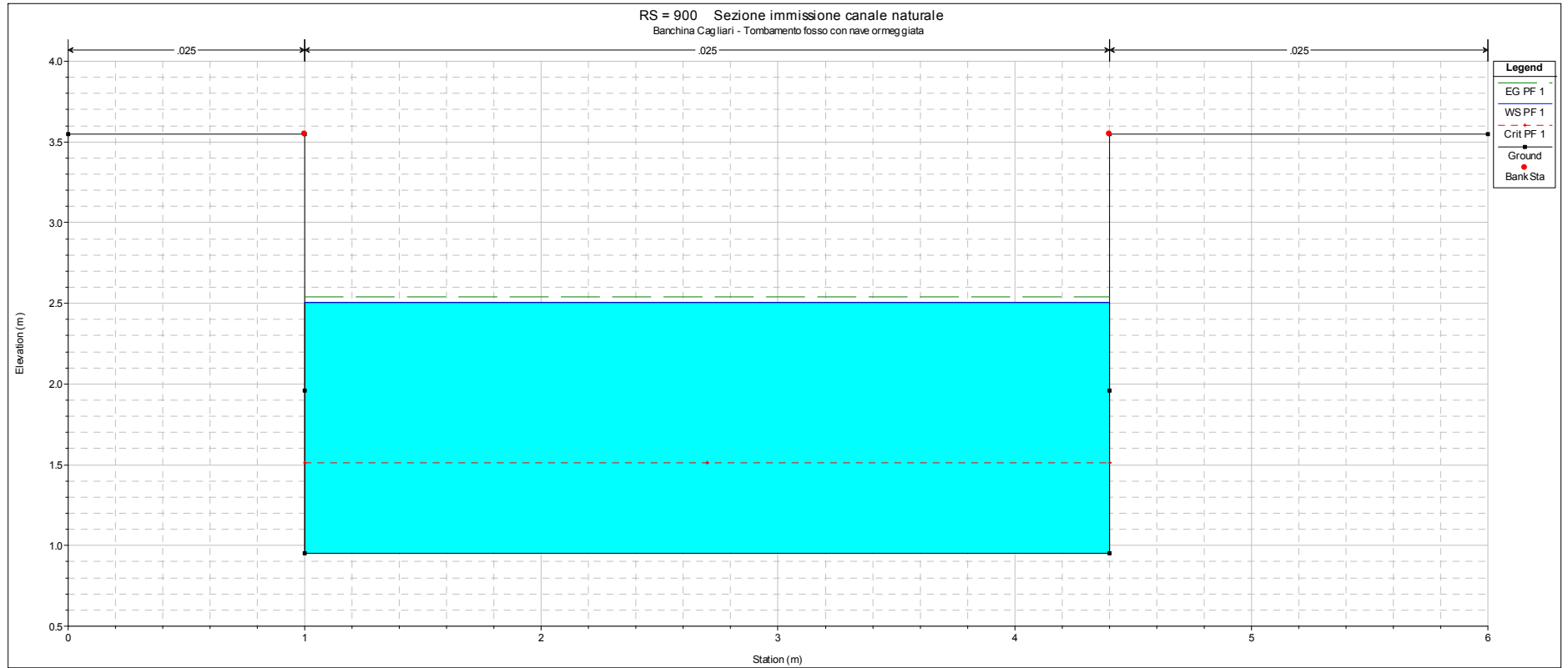
Tombamento corso d'acqua esistente mediante 3 tubazioni in calcestruzzo di dimensioni pari a  $\phi 2000$

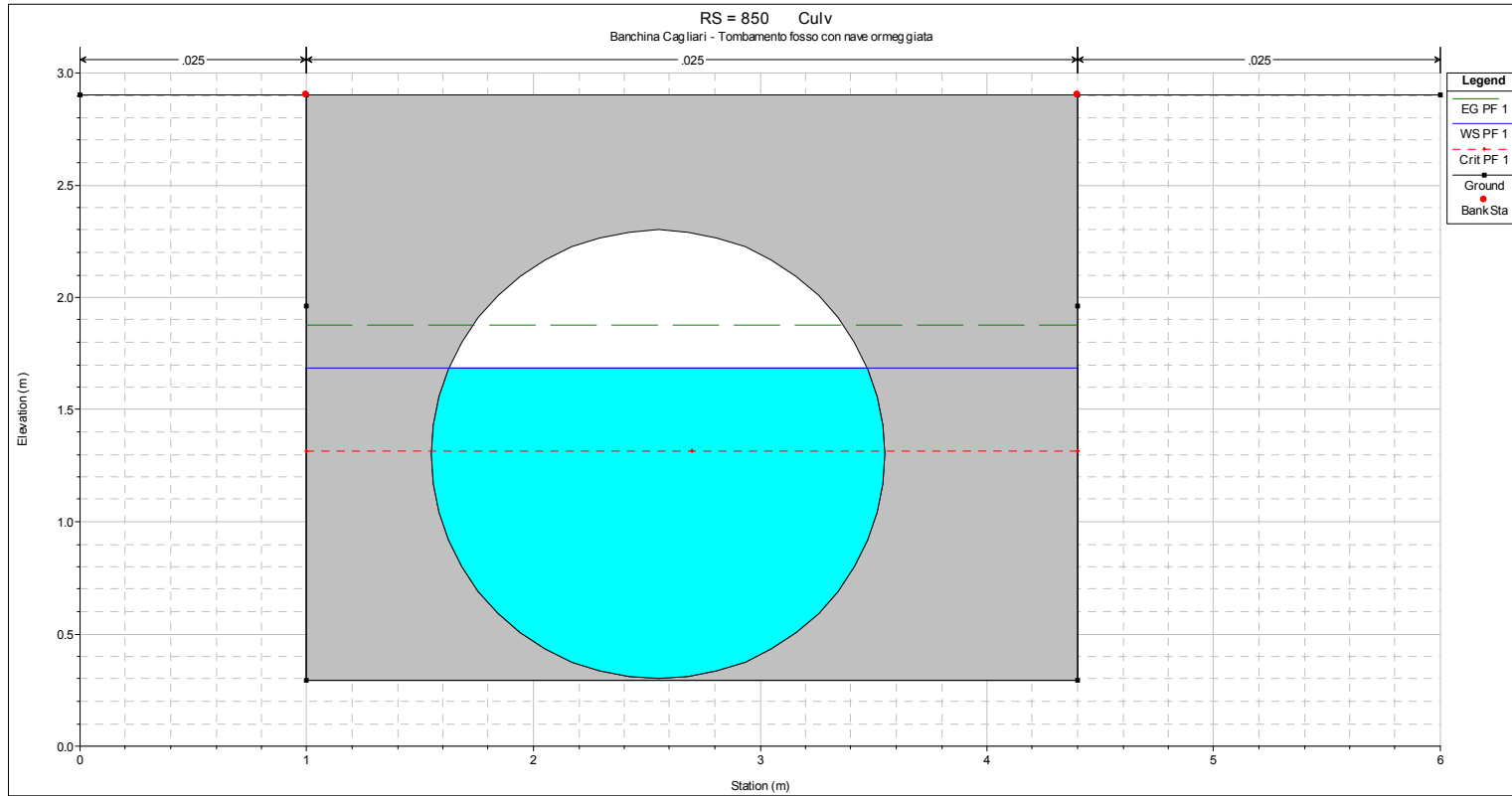
Simulazione in presenza di nave all'ormeggio in banchina



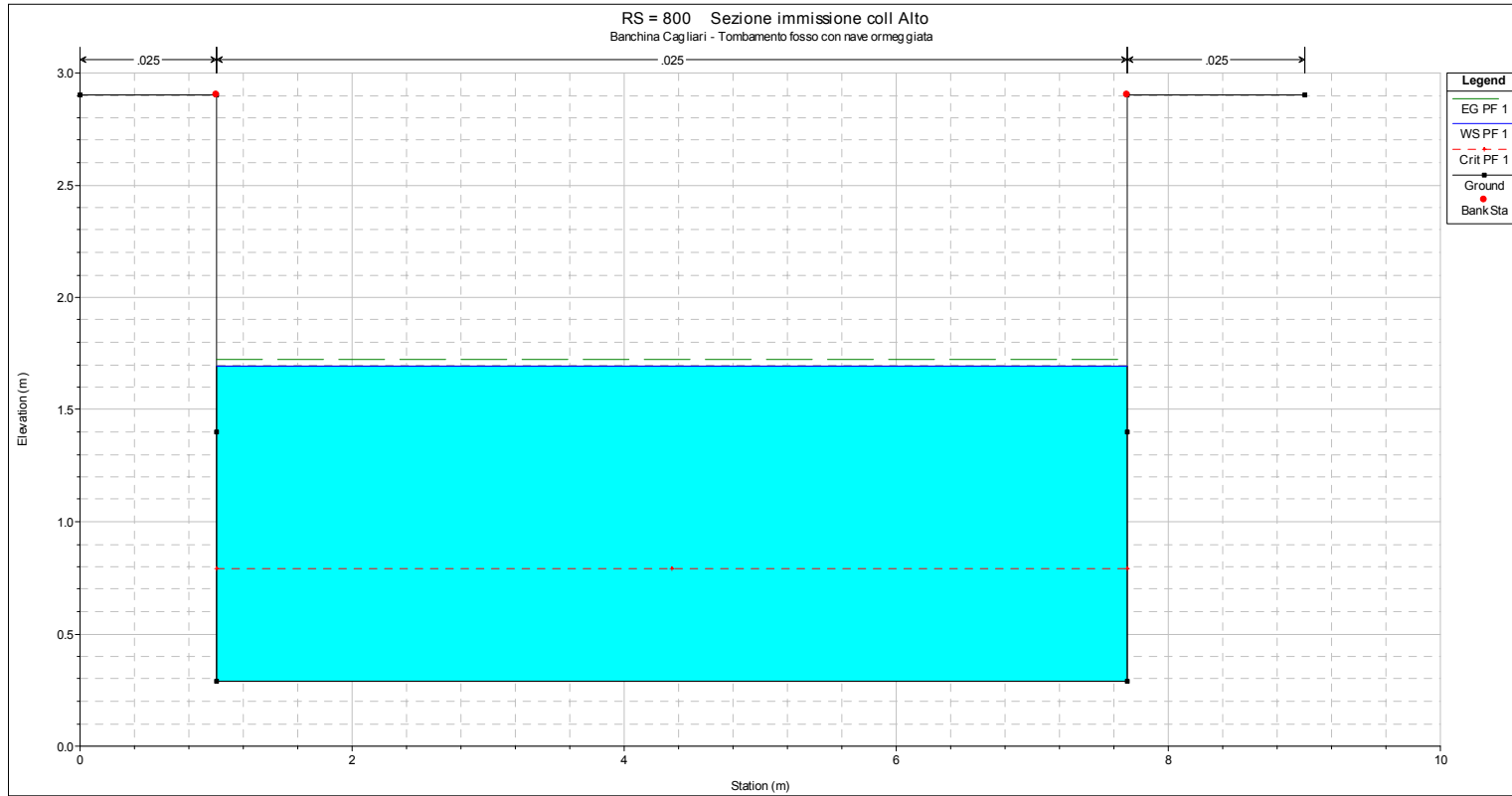
Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
Collettore n°1	1000	PF 1	2.50	0.95	2.54	1.33	2.55	0.000174	0.46	5.40	3.40	0.12
Collettore n°1	900	PF 1	4.50	0.95	2.51	1.51	2.54	0.000597	0.85	5.29	3.40	0.22
Collettore n°1	850		Culvert									
Collettore n°1	810	PF 1	4.50	0.30	1.68	0.86	1.73	0.000813	0.95	4.72	3.40	0.26
Collettore n°1	800	PF 1	7.45	0.29	1.69	0.79	1.73	0.000398	0.79	9.40	6.70	0.21
Collettore n°1	750		Culvert									
Collettore n°1	710	PF 1	7.45	-0.16	1.20	0.34	1.23	0.000442	0.82	9.08	6.70	0.23
Collettore n°1	700	PF 1	10.55	-0.16	1.20	0.33	1.23	0.000346	0.78	13.57	10.00	0.21
Collettore n°1	650		Culvert									
Collettore n°1	610	PF 1	10.55	-0.50	0.61	-0.02	0.65	0.000647	0.95	11.07	10.00	0.29
Collettore n°1	600	PF 1	10.55	-0.51	0.61	-0.03	0.65	0.000629	0.94	11.17	10.00	0.29
Collettore n°1	595	PF 1	10.55	-1.70	0.63	-1.22	0.64	0.000069	0.45	23.31	10.00	0.09
Collettore n°1	590	PF 1	10.55	-1.70	0.63	-1.22	0.64	0.000069	0.45	23.31	10.00	0.09
Collettore n°1	550		Culvert									
Collettore n°1	500	PF 1	10.55	-1.70	0.49	-1.22	0.50	0.000083	0.48	21.91	10.00	0.10
Collettore n°1	400	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	300	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	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

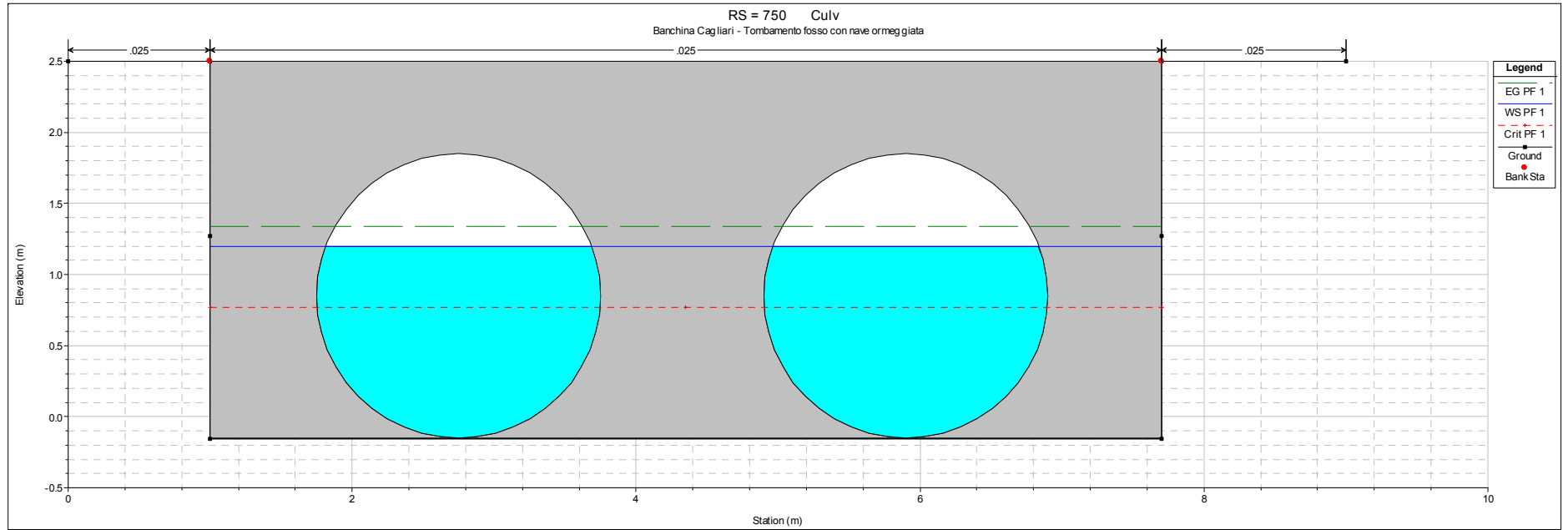
Reach	River Sta	Profile	E.G. US. (m)	W.S. US. (m)	E.G. IC (m)	E.G. OC (m)	Min El Weir Flow (m)	Q Culv Group (m3/s)	Q Weir (m3/s)	Delta WS (m)	Culv Vel US (m/s)	Culv Vel DS (m/s)
Collettore n°1	850 Culvert 2	PF 1	2.54	2.51	2.43	2.54	3.55	4.50		0.82	2.40	1.94
Collettore n°1	750 Culvert 1	PF 1	1.73	1.69	1.60	1.73	2.90	3.73		0.49	2.13	1.65
Collettore n°1	750 Culvert 3	PF 1	1.73	1.69	1.60	1.73	2.90	3.73		0.49	2.13	1.65
Collettore n°1	650 Culvert 1	PF 1	1.23	1.20	1.12	1.23	2.50	3.52		0.59	2.25	1.97
Collettore n°1	650 Culvert 2	PF 1	1.23	1.20	1.12	1.23	2.50	3.52		0.59	2.25	1.97
Collettore n°1	650 Culvert 3	PF 1	1.23	1.20	1.12	1.23	2.50	3.52		0.59	2.25	1.97
Collettore n°1	550 Culvert 1	PF 1	0.64	0.63	-0.42	0.64	2.50	3.52		0.14	1.12	1.12
Collettore n°1	550 Culvert 2	PF 1	0.64	0.63	-0.42	0.64	2.50	3.52		0.14	1.12	1.12
Collettore n°1	550 Culvert 3	PF 1	0.64	0.63	-0.42	0.64	2.50	3.52		0.14	1.12	1.12

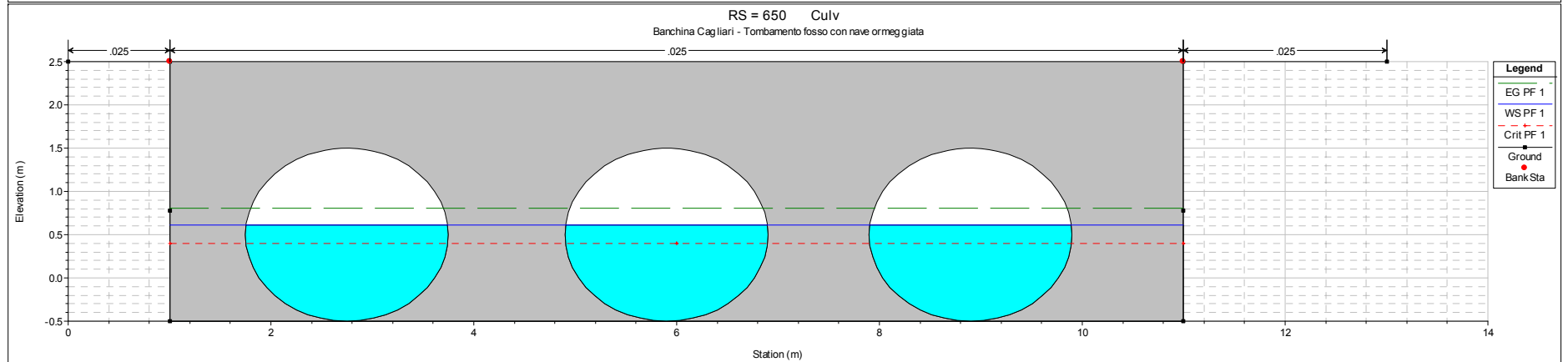
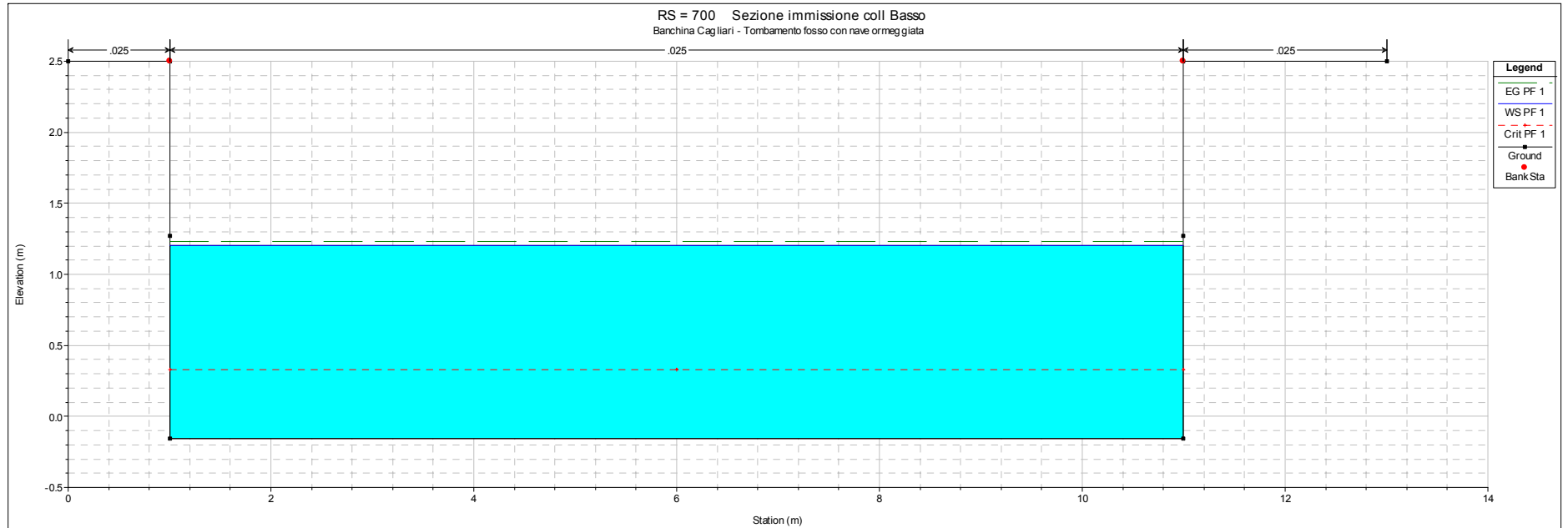


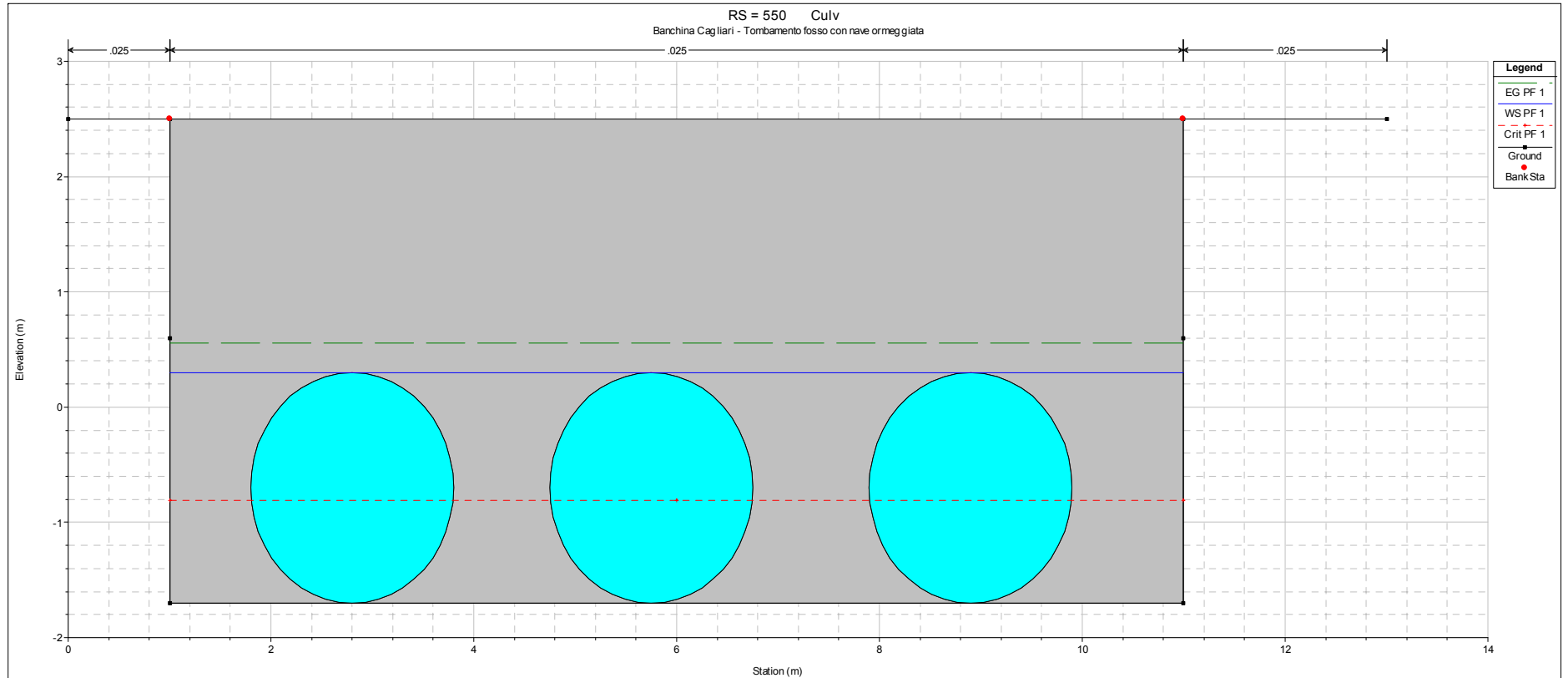


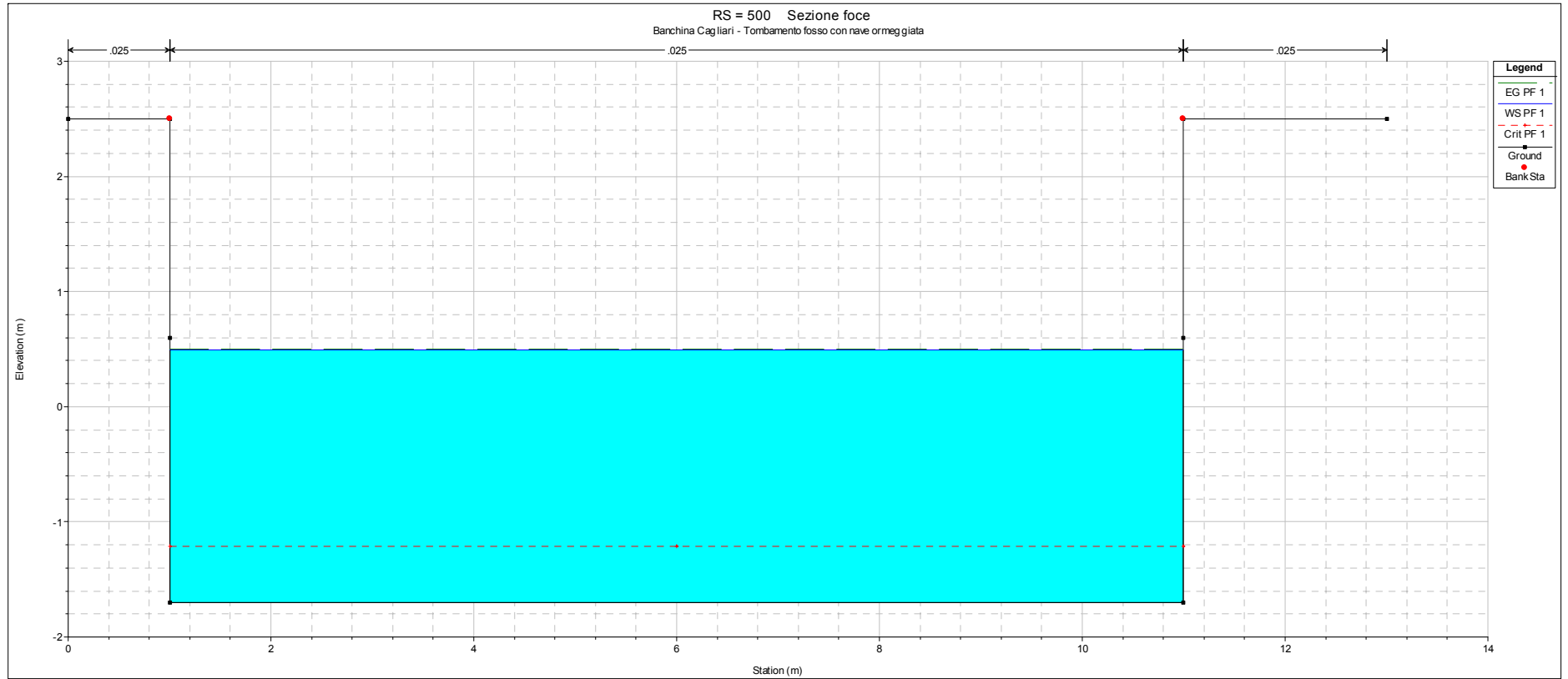












**AUTORITA' PORTUALE DI CAGLIARI**

**COMPLETAMENTO DEL BANCHINAMENTO DEL LATO NORD  
DEL PORTO CANALE DI CAGLIARI**

**PROGETTO DEFINITIVO I LOTTO FUNZIONALE**

**CALCOLI PRELIMINARI DELLE STRUTTURE E DEGLI IMPIANTI**

**ADDENDUM**

**INDICE**

PREMESSA.....	2
GENERALITA' .....	3
RIFERIMENTI LEGISLATIVI E NORMATIVI .....	4
DATI PROGETTUALI .....	8
CARATTERISTICHE GENERALI DELL'IMPIANTO .....	11
PRESCRIZIONI PER CAVI MT .....	11
PRESCRIZIONI PER LA SICUREZZA .....	12
IMPIANTO DI TERRA.....	14
STRUTTURA DEL SISTEMA ELETTRICO .....	15
IMPIANTO DI ILLUMINAZIONE .....	18
COMANDO DI EMERGENZA.....	19
SORGENTE AUSILIARIA -UPS .....	19
DIMENSIONAMENTO COMPONENTI ELETTRICI .....	20
IMPIANTO DI TERRA.....	28
RELAZIONE TECNICA PROTEZIONE SCARICHE ATMOSFERICHE .....	32

## **PREMESSA**

La presente relazione tecnica costituisce una integrazione alla relazione tecnica – calcoli preliminari delle strutture e degli impianti ed è stata redatta per superare le non conformità emerse durante il processo di verifica del progetto finalizzato alla sua validazione da parte del RUP.

In particolare il documento si riferisce all'impianto in MT/BT facente parte di cabina di trasformazione da realizzare a servizio del nuovo Terminal ubicato nel Porto Canale a Cagliari (CA)

Essa contiene una descrizione tecnica degli impianti ed evidenzia quanto indicato nei seguenti punti:

1. Norme tecniche di riferimento per gli impianti e i componenti;
2. Dati di progetto;
3. Caratteristiche generali dell'impianto elettrico (le condizioni di sicurezza, la disponibilità del servizio e la flessibilità, breve descrizione dei carichi);
4. Protezioni;
5. Quadri elettrici di bassa tensione;
6. Condotture;
7. Impianto di illuminazione generale;
8. Impianto di terra.

Gli impianti elettrici saranno realizzati nel pieno rispetto delle Norme in vigore nel soddisfacimento di precisi requisiti tecnici indispensabili per rendere l'opera sicura ed efficiente nel tempo.

## **GENERALITA'**

Costituiscono oggetto della relazione tutti gli impianti elettrici in BT a servizio del terminal ed in particolare le seguenti opere:

- impianti elettrici di distribuzione forza motrice linea ordinaria;
- impianti di terra ed equipotenziale;
- impianti di illuminazione generale interna e esterna;

L'impianto elettrico a servizio del terminal è un impianto in bassa tensione (400V a 50 Hz), verrà alimentato da contatore Enel posto entro cabina elettrica e posizionata come da elaborati grafici. In adiacenza alla fornitura è installato il Quadro Generale Bassa Tensione che contiene il dispositivo di protezione generale dal quale si deriva l'intero impianto elettrico al servizio dell'utenza. Deve pertanto realizzarsi per le utenze un sistema di tipo TN-S. Più precisamente tutte le masse dell'impianto e le masse estranee presenti nella struttura sono collegate ad un unico impianto di terra mediante conduttori di protezione PE di colore giallo-verde. La presente tiene conto dei requisiti di sicurezza richiesti per la struttura in questione. Si verificano quindi le condizioni necessarie per garantire: la protezione delle linee dagli effetti termici derivanti da sovracorrenti di sovraccarico e/o corto circuito, la realizzazione di un'efficace protezione contro i contatti diretti e indiretti a mezzo di un impianto di terra coordinato con i dispositivi di protezione.



## **RIFERIMENTI LEGISLATIVI E NORMATIVI**

Per quanto riguarda le caratteristiche dei componenti e materiali, e per quel che concerne l'installazione dovranno essere rispettate le Norme, prescrizioni e regolamentazioni emanate dagli organismi competenti in relazione alle diverse parti dell'impianto stesso, alcune delle quali verranno richiamate, laddove opportuno, nella presente relazione

Legge del 22/01/2008 n° 37

Disposizioni in materia di attivita' di installazione degli impianti all'interno degli edifici.

Legge del 5/3/1990 n° 46

Norme per la sicurezza degli impianti

D.P.R. del 27/4/1955 n° 547

Norme per la prevenzione degli infortuni sul lavoro

Legge del 1° marzo 1968 n° 186

Regola dell' arte

Legge del 28/2/1968 n° 41 e D.P.R. del 27/4/1978 n° 384

+Legge del 9/1/1989 n° 13 e D.M. 14/6/89 n° 236

Superamento barriere architettoniche

D.P.R. 303

Norme per l'igiene sul lavoro

D.P.R. 698

Determinazione delle aziende e lavorazioni soggette, ai fini della prevenzione incendi, al controllo del Comando Corpo dei V.V.F.F.

Decreto Ministeriale del 8/3/1985

Direttive urgenti prevenzione incendi

Legge del 18/10/77 n° 791

Direttiva CEE relativa alle garanzie di sicurezza che deve possedere il materiale elettrico destinato ad essere utilizzato entro certi limiti di tensione

D.M del 15/12/78

Designazione del Comitato Elettrotecnico Italiano di Normalizzazione Elettronica ed Elettrotecnica

Norma CEI 64-8 fasc. n° 1000 , e V3 , V6

Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000 V in c.a. e 1500 V in c.c.

EN 61936-1 (CEI 99-2): Impianti elettrici a tensione > 1 kV c.a.

EN 50522 (CEI 99-3): Messa a terra degli impianti elettrici a tensione > 1 kV c.a.

14 - Trasformatori

CEI 14-4/1 CEI EN 60076-1:2012-06 (Inglese) Trasformatori di potenza - Parte 1: Generalità

Norma CEI 11-8

Impianti di messa a terra.

CEI UNEL 35027

Cavi di energia per tensione nominale U da 1 kV a 30 kV

Portate di corrente in regime permanente - Posa in aria ed interrata

Norma CEI 11-17

Impianti di produzione trasporto e distribuzione di energia elettrica – Linee in cavo e relative varianti e/o supplementi.

Norma CEI 17-5

Interruttori automatici per corrente alternata a tensione nominale non superiore a 1000V.

Norma CEI 17-13/1

Apparecchiature costruite in fabbrica- (Quadri elettrici) per tensioni non superiori a 1000V

Norma CEI 20-21

Calcolo delle portate dei cavi elettrici in regime permanente.

Norma CEI 20-22

Prove di incendio sui cavi elettrici

Norma CEI 20-35

Prove di resistenza al fuoco dei cavi elettrici.

Norma CEI 20-38

Cavi isolati in gomma non propaganti l'incendio a basso sviluppo di fumi dei gas tossici e corrosivi. Tensione nominale  $U_0/U$  non superiore a 0.6/1kV.

Norma CEI 23-8

Tubi protettivi rigidi e accessori.

Norma CEI 64-8 Variante V1 fasc. n° 1049V

Verifiche iniziali , ambienti ed applicazioni particolari

Norma CEI 64-8 Variante V2 fasc. n° 1257V

Ambienti a maggior rischio in caso d' incendio

Norma CEI 64-2 e 64-2/A fasc. n° 1431-1432  
Impianti elettrici nei luoghi con pericolo di esplosione

CEI EN 62305-1: "Protezione delle strutture contro i fulmini.  
Parte 1: Principi Generali" Marzo 2006;

CEI EN 62305-2: "Protezione delle strutture contro i fulmini.  
Parte 2: Gestione del rischio" Marzo 2006;

CEI EN 62305-3: "Protezione delle strutture contro i fulmini.  
Parte 3: Danno fisico e pericolo di vita" Marzo 2006;

CEI EN 62305-4: "Protezione delle strutture contro i fulmini.  
Parte 4: Sistemi elettrici ed elettronici interni alle strutture"  
Marzo 2006;

CEI 81-3 : "Valori medi del numero dei fulmini a terra per anno  
e per kilometro quadrato dei Comuni d'Italia, in ordine alfabetico.  
Elenco dei Comuni." Novembre 1994;

Quadro:

CEI 17-6  
CEI EN 62271-200  
CEI 17-21  
CEI EN 60694

Interruttori:

CEI 17-1  
CEI EN 62271-100  
Contattori: CEI 17-80    CEI EN 60470

Interruttore manovra-sezionatore:

CEI 17-9  
CEI EN 60265.1

Sezionatori e sezionatori di terra:

CEI 17-4  
CEI EN 62271-102

Ims combinato con fusibili:

CEI 17-46  
CEI EN 62271- 105

Trasf. di corrente :

CEI 38-1  
CEI EN 60044-1

Trasf. di corrente elettronici :

CEI 38-8  
CEI EN 60044-8

Trasf. di tensione :

CEI 38-2

CEI EN 60044-2

Fusibili:

CEI 32-3

CEI EN 60282-1

Grado di protezione degli involucri:

CEI 70-1

CEI EN 60529

Compatibilità elettromagnetica:

IEC 801-4

**DATI PROGETTUALI**

I dati progettuali si possono riassumere come di seguito indicato.

***Dati di carattere generale***

<b><i>Dati</i></b>	<b><i>Descrizione</i></b>	<b><i>Note</i></b>
Committente	Autorità Portuale	/
Denominazione dell'opera	Prolungamento della banchina sul lato nord est del Porto Canale	/
Oggetto	Progettazione impianti elettrici	/
Vincoli da rispettare	Norme e leggi sopra elencate	/

***Dati relativi all'utilizzazione dell'opera***

<b><i>Dati</i></b>	<b><i>Descrizione</i></b>	<b><i>Note</i></b>
Destinazione d'uso		/
Barriere architettoniche	/	Valutazione a carico del progettista della struttura

***Dati relativi all'impianto elettrico***

<b><i>Dati</i></b>	<b><i>Descrizione</i></b>	<b><i>Note</i></b>
TIPO DI INTERVENTO 1. Progettazione Impianti elettrici	Vedi tavole ed allegati di progetto	/
LIMITI DI COMPETENZA	Dalla rete ENEL fino ai rispettivi quadri , alle prese a spina ed agli apparecchi di illuminazione relativi alla realizzazione.	/

<p><b>DATI DELL'ALIMENTAZIONE ELETTRICA</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Alimentazione ENEL</li> <li>2. Punto di consegna</li> <li>3. Tensione nominale e max. variazione</li> <li>4. Frequenza nominale e max. variazione</li> <li>5. Icc TRIFASE presunta nel punto di consegna</li> <li>6. Stato del neutro</li> <li>7. MASSIMA CORRENTE DI GUASTO A TERRA</li> <li>8. TEMPO ELIM GUASTO</li> <li>9. Sistema di distribuzione</li> <li>10. Tensione nominale degli utilizzatori e delle apparecchiature BT.</li> <li>11. SEZIONE CAVO DI COLLEGAMENTO</li> <li>12. PG (PROTEZIONE GENERALE MT) CON I<sub>&gt;&gt;</sub>(51) 2<sup>A</sup> SOGLIA  I<sub>&gt;&gt;&gt;</sub> (50) 3<sup>A</sup> SOGLIA  I<sub>0</sub>&gt;(51N) 1<sup>A</sup> SOGLIA  I<sub>0</sub>&gt;&gt;(51N) 2<sup>A</sup> SOGLIA</li> </ol>	<p>Linea in cavo CABINA MT ENEL 15 kV ±10% 50 ± 1% Hz(95% DELL'ANNO) +4% Hz -6 % (5% DELL'ANNO)</p> <p>12.5 kA</p> <p>COMPENSATO 40 A &gt;10 S TN-S 230/400 V</p> <p>95 mm<sup>2</sup> (DA MODIFICARE NEL II LOTTO)</p> <p>≤ 250 A, TEMPO ELIM GUASTO ≤ 0.5 S</p> <p><b>≤ 600 A TEMPO ELIM GUASTO ≤ 0.120 S</b></p> <p>≤ 2 A, TEMPO ELIM GUASTO ≤ 0.12 S</p> <p>≤ 150 A, TEMPO ELIM GUASTO ≤ 0.12 S</p>	
---	---	--

MISURA DELL'ENERGIA	REALIZZATA CON EGX SCHNEIDER VD SPECIFICHE TECNICHE	/
ALIMENTAZIONE DI EMERGENZA	GRUPPO ELETTOGENO SULLE UTENZE PREFERENZIALI 200 kVA	/
ALIMENTAZIONE DI CONTINUITA'	UPS PER BOBINE DI APERTURA DEGLI INTERRUTTORI PRINCIPALI IN CABINA UPS PER BOBINA DI MINIMA SGANCIATORE MT	/

MAX. CADUTE DI TENSIONE NELLE CONDUTTURE	Motori a pieno carico:4% Motori in avviamento:4% Illuminazione:2% Prese a spina:4%	/
SEZIONI MINIME AMMESSE	Come da norme CEI	/
PRESCRIZIONI RELATIVE AD APPARECCHI E MOTORI	Norme relative	/
ILLUMINAZIONE	Secondo le indicazioni di progetto	/

## **CARATTERISTICHE GENERALI DELL'IMPIANTO**

Nella realizzazione degli impianti, in osservanza alle disposizioni normative e di legge, è stata fatta particolare attenzione alla sicurezza delle persone, sia in relazione alla protezione contro i contatti diretti, sia alla protezione contro i contatti indiretti.

L'impianto al servizio dell'utenza si articola nelle seguenti due parti principali:

- Alimentazione generale da gruppo di misura Enel;
- Alimentazione quadro regolatore flusso luminoso 1 posto nel locale cabina di trasformazione mt - bt;

La disposizione dei carichi all'interno del terminal rispecchia le planimetrie di progetto.

## **PRESCRIZIONI PER CAVI MT**

SIGLA: RG7H1R 12/20 KV

Cavo unipolare per linee di media tensione

Conformità normativa:

CEI 20-13

CEI 20-29

CEI 20-35

Dati tecnici:

Tensione nominale U: 12 kV Tensione massima Um: 20 kV

Temperatura funzionamento: max. 90°C

Temperatura cortocircuito: max. 250°C Conduttore: corda rotonda compatta di rame rosso rigido

Semiconduttivo interno: elastometrico estruso Isolamento: miscela di gomma ad alto modulo G7

Semiconduttore esterno: elastomerico estruso pelabile a freddo Schermatura: a filo di rame rosso

Guaina: in PVC di qualità Rz colore rosso

Temperatura minima di posa: 0°C

Condizioni di posa:

canale interrato

tubo interrato

direttamente interrato

aria libera

interrato con protezione

## **POSA DEI CAVI MT**

Durante la posa dei cavi MT si dovranno prevedere le seguenti prescrizioni di posa al fine di garantire il corretto funzionamento.

I cavi unipolari collegati fra loro in parallelo, allo scopo di assicurare una corretta suddivisione della corrente, saranno posati nella seguente modalità:

Cavi posati a trifoglio:

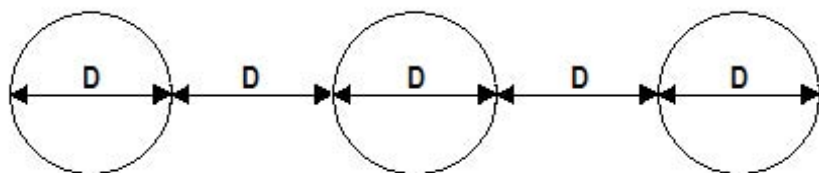
**T**  
**R**                      **S**  
**oppure**  
**T**  
**S**                      **R**

Cavi posati in orizzontale o in verticale:

**RST**                      **TSR**

Per quanto riguarda i cavi posati in orizzontale, qualora le dimensioni delle canaline lo consentano, si prescrive che vengano posati come segue:





**POSA CAVI MT: LA DISTANZA TRA UN CAVO E L'ALTRO DEVE ESSERE PARI AL DIAMETRO DEL CAVO STESSO**

In caso di posa piana dovranno essere previste nella tratta in questione n.2 trasposizioni a 1/3 e a 2/3 del percorso.

La portata dei cavi MT si intende quella desunta dalle tabelle CEI UNEL 35027

## **PRESCRIZIONI PER LA SICUREZZA**

### **PROTEZIONI CONTRO I CONTATTI DIRETTI**

La protezione è effettuata mediante l'utilizzo di quadri elettrici ( in MT e in Bt) di tipo prefabbricato (realizzati in accordo alle rispettive norme CEI di prodotto) e per quanto riguarda i trasformatori di potenza con barriere fisse (apribili solo a mezzo di serratura a chiave interbloccata); inoltre i trasformatori sono alloggiati in appositi locali, per i quali si rispettano le distanze di isolamento e di guardia.

Per i sistemi di I categoria la protezione è realizzata mediante l'utilizzo di involucri o barriere tali da impedire il contatto, anche accidentale, con parti normalmente in tensione. La rimozione di dette barriere potrà avvenire solo con l'ausilio di un attrezzo. A questo proposito tutte le apparecchiature accessibili hanno un grado di protezione minimo pari a IP2X se a portata di mano.

### **PROTEZIONI CONTRO I CONTATTI INDIRETTI**

Per le protezioni realizzate contro i contatti indiretti nei sistemi di II categoria, fare riferimento all'apposito studio coordinamento protezioni .

Nei sistemi di I categoria, con tensione superiore a 50 V verso terra, si è adottato il sistema di protezione con interruzione automatica del circuito.

Le protezioni sono coordinate con l'impianto di terra in modo da assicurare l'interruzione del circuito guasto entro i tempi indicati sulla tabella 41A della norma CEI 64-8 per la tensione nominale verso terra di 230V (0.4 s).

Tale coordinamento è valido se sarà verificata la seguente condizione (CEI 64-8 art. 413.1.3.3):

**$Z_s \times I_a < U_0$**

dove:

$Z_s$ : impedenza dell'anello di guasto che comprende la sorgente, il conduttore attivo fino al punto di guasto ed il conduttore di protezione tra il punto di guasto e la sorgente

$I_a$ : è il valore, in ampere, della corrente che provoca l'intervento automatico entro il tempo stabilito (CEI 64-8 art. 413.1.3.3) del dispositivo di protezione (di massima corrente a tempo inverso o dispositivi differenziali)

### **PROTEZIONI CONTRO LE SOVRACORRENTI**

Per la verifica delle portate dei cavi e per la verifica del coordinamento con i dispositivi di protezione vedere il relativo documento. Nella scelta dei dispositivi di protezione sono state osservate le sotto elencate condizioni:

Protezione contro i sovraccarichi

$$(1) I_b \leq I_n \leq I_z$$

$$(2) I_k \leq 1,45 I_z$$

dove con  $I_b$ ,  $I_n$ ,  $I_z$  e  $I_k$  si intendono rispettivamente la corrente d'impiego del conduttore, la corrente nominale dell'apparecchio di protezione, la portata del cavo e la corrente di sicuro intervento dell'interruttore.

Protezione contro i cortocircuiti ovvero si devono rispettare le seguenti condizioni:

- la corrente nominale degli interruttori ( $I_n$ ) deve essere superiore alla corrente d'impiego ( $I_b$ ) della linea elettrica (condizione imposta anche per la protezione da sovraccarico);
- $I_{cs} \geq I_{cc}$  : il potere di interruzione ( $I_{cs}$ ) dell'apparecchiatura di protezione deve essere maggiore o eguale alla corrente presunta di cortocircuito ( $I_{cc}$ ) proprio nel punto in cui è installato l'apparecchio;
- $I^2 t \leq k^2 S^2$  : l'energia specifica passante dell'interruttore ( $I^2 t$ ) deve essere minore o al massimo eguale all'energia sopportabile dal conduttore ( $k^2 S^2$ ).

$K$ : coefficiente dipendente dal tipo di isolamento dei conduttori:

115 per cavi in rame isolati in PVC 135 per cavi in rame isolati in gomma naturale e

butilica 143 per cavi in rame isolati in gomma etilenpropilenica e poliprolene reticolato

- Una volta nota la potenza attiva ( $P$ ) assorbita dalle singole utenze, la tensione di esercizio (230V/220V) ed il fattore di potenza ( $\cos\phi$ ), si ricava la corrente d'impiego per i vari carichi secondo le relazioni seguenti:

$$\text{Circuiti trifase } I_B = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot V \cdot \cos\phi} \text{ (380V/50Hz); Circuiti monofase } I_B = \frac{P}{V \cdot \cos\phi} \text{ (220V/50Hz)}$$

Al fine di garantire la protezione da eventuali contatti indiretti sono previsti, in combinazione agli interruttori magnetotermici, gli interruttori differenziali con correnti differenziale ( $I_{dn}$ ) nominale d'intervento di 0,03 A. I relè differenziali costituiscono una protezione addizionale, il loro utilizzo è infatti subordinato alla presenza dell'impianto di terra, tuttavia la loro caratteristica d'intervento accresce notevolmente la sicurezza nella protezione dai contatti diretti.

L'ubicazione e la tipologia dei quadri elettrici è evidenziata nelle relative tavole ed allegati di progetto.

## **IMPIANTO DI TERRA**

### **DIMENSIONAMENTO DELL'IMPIANTO DI TERRA**

Il dimensionamento dell'impianto dispersore di terra è stato effettuato in conformità alle prescrizioni della norma CEI 99-3 che sostituisce la norma CEI 11-1.

### **DIMENSIONAMENTO MECCANICO**

I dispersori hanno dimensioni non inferiori a quelle riportate nelle tabelle estratte da CEI 99-ALL.C-D e ALL. A.

Le sezioni minime come da CEI 99 non saranno inferiori a : 25 mm<sup>2</sup> per corda in rame nudo o stagnato, 90x3 mm<sup>2</sup> per piattina (nastro) di acciaio zincato a caldo, idem per picchetti in profilato di acciaio zincato a caldo.

Tali sezioni minime sono in grado di resistere a fenomeni di corrosione ed alle sollecitazioni meccaniche che si avranno sia in fase d'installazione, sia nel servizio ordinario.

### **DIMENSIONAMENTO TERMICO**

Il conduttore collegato alla massa in bassa tensione per la protezione contro i contatti indiretti si chiama conduttore di protezione; lo stesso conduttore in media e bassa tensione (CEI 99-3 art.3.4.4) si chiama conduttore di terra.

Il conduttore di terra qualora costituito da una corda di rame, in base a quanto su esposto , deve avere almeno una sezione 25 mm<sup>2</sup>; 50 mm<sup>2</sup> se acciaio

I conduttori di terra saranno dimensionati con riferimento al comportamento termico, conformemente alle prescrizioni della norma CEI 99-3 che sostituisce la norma CEI 11-1 e conformemente alla CEI 64-8/5 art.543.1.2. Ovvero  $S \geq \sqrt{I^2 t / K}$  dove I è la corrente di guasto che il conduttore deve portare, t il tempo d'intervento della protezione (interruttore generale BT) e K=228 per il rame nudo.

Le sezioni su menzionate sono sufficienti anche ai fini delle sollecitazioni termiche prodotte dalla corrente del doppio guasto a terra.

La rete di media tensione a 15 kV di distribuzione primaria viene esercita con neutro a terra con corrente di guasto monofase a terra di 40 A.

### **DIMENSIONAMENTO PER TENSIONI DI PASSO E CONTATTO**

Un impianto utilizzatore alimentato in media tensione è unico per la media e la bassa tensione.

A tale impianto di terra si collega anche il conduttore di neutro principale in uscita dal trasformatore creando così un sistema TN-S.

In base ai dati forniti dall'Enel (dati tipici da richiedere prima dell'esecuzione dei lavori) la massima corrente di guasto è  $I_E = 40$  A con tensione di esercizio 15 kV.

In queste condizioni un impianto di terra è considerato sicuro nei confronti di un guasto in media tensione, se la tensione di contatto  $U_T$ , in qualsiasi punto dell'impianto, è inferiore alla tensione di contatto ammissibile  $U_{tp}$ .

Se la tensione totale di terra vale  $U_E = R_E \times I_E$

$U_E < U_{tp}$  e  $I_E = 0,7 \times 40 = 28$  A;  $U_{tp} = 80$  V

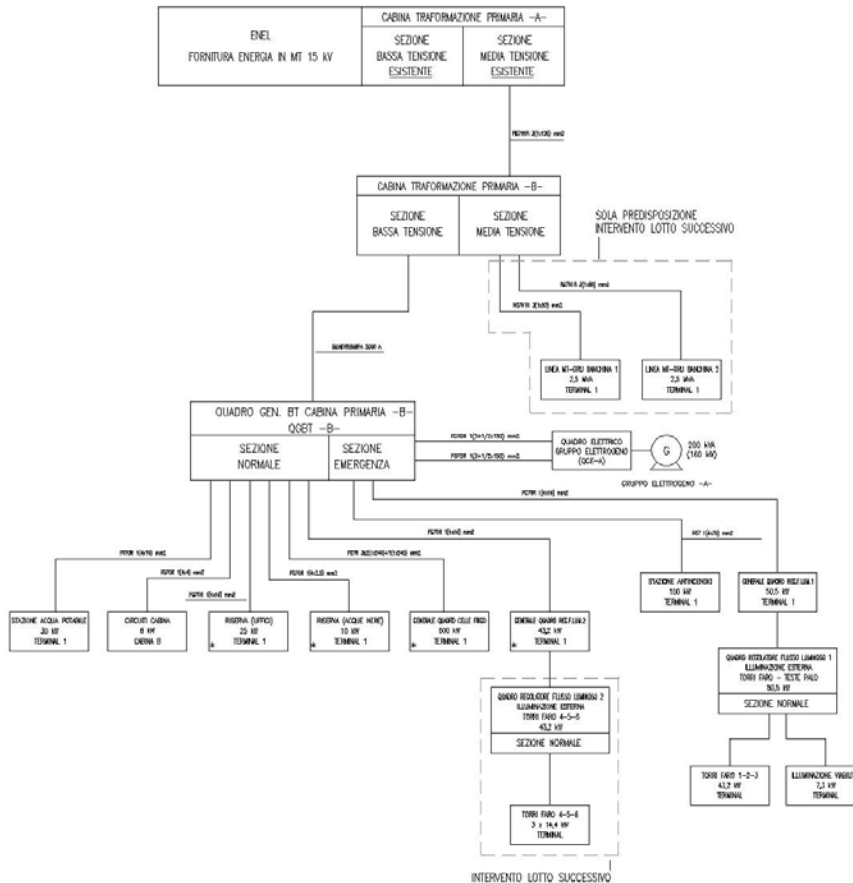
deve essere  $R_E < U_{tp} / I_E$  perciò dovrà essere

$R_E < 2,85 \Omega$  a 15 kV

## STRUTTURA DEL SISTEMA ELETTRICO

La struttura del sistema elettrico è rappresentata nello schema a blocchi denominato schema MT-BT.

STRUTTURA IMPIANTI MT/BT



Tutte le opere di carpenteria (quadri elettrici) saranno di tipo, dimensione, caratteristiche meccaniche e finitura in accordo a quanto specificato negli elaborati grafici e nella descrizione delle opere della presente relazione.

In generale l'ingombro interno netto di ciascun quadro è atto a contenere tutte le apparecchiature specificate, rendendo inoltre agevole e sicuro l'accesso a tutte le apparecchiature in esso contenute e tutte le operazioni di normale manutenzione.

L'esecuzione è tale da assicurare le protezioni contro contatti con oggetti metallici e piccoli oggetti estranei (grado di protezione IP40 secondo le norme IEC e grado di protezione IP65 per i quadri posti all'esterno della struttura).

I quadri installati nei locali sono equipaggiati con interruttori generali di tipo magnetotermico differenziale, e interruttore magnetotermico a protezione per le singole linee di alimentazione torri faro esterne e impianto illuminazione stradale, stazione acqua potabile, stazione antincendio, circuiti cabina elettrica, quadro celle frigo, riserva uffici, riserva acque nere. L'interruttore di partenza del quadro è di tipo automatico magnetotermico come indicato negli schemi.

I dati tecnici di riferimento per la costruzione del quadro sono:

- |                                       |                             |
|---------------------------------------|-----------------------------|
| -tensione e frequenza nominali        | 220/230-380/400--50Hz       |
| -tensione di riferimento              | 500 V                       |
| -corrente ammissibile di breve durata | (vedere schemi di progetto) |
| -grado di protezione interno          | IP.40                       |

-grado di protezione esterno

IP.65

I quadri sopra descritti saranno forniti completi di :

- indicazione di presenza di tensione;
- indicazione di posizione degli interruttori;
- indicazione per l'allacciamento dei cavi di potenza;
- morsettiere tipo componibile antiallertanti per l'allacciamento dei cavi di comando di segnalazione;
- apparecchi di sezionamento e dispositivi di protezione;
- numerazione dei conduttori, dei morsetti e siglatura degli apparecchi interni al quadro
- calotte isolanti per i morsetti ed i punti di connessione in tensione a pannelli di chiusura asportabili;
- supporti di base per il montaggio a pavimento o relativi accessori di fissaggio a muro;

Per il dimensionamento delle condutture elettriche si è tenuto conto delle condizioni generali di protezione dalle sovracorrenti secondo la Norma CEI 64-8. Al fine di evitare che la temperatura dei cavi superi il valore ammissibile (in condizioni di sovraccarico) sono soddisfatte le condizioni seguenti:

$$(3) \quad I_b \leq I_n \leq I_z$$

$$(4) \quad I_k \leq 1,45 I_z$$

dove con  $I_b$ ,  $I_n$ ,  $I_z$  e  $I_k$  si intendono rispettivamente la corrente d'impiego del conduttore, la corrente nominale dell'apparecchio di protezione, la portata del cavo e la corrente di sicuro intervento dell'interruttore.

Inoltre i conduttori sono protetti anche dal corto circuito e in tal caso si devono rispettare le seguenti condizioni:

- la corrente nominale degli interruttori ( $I_n$ ) deve essere superiore alla corrente d'impiego ( $I_b$ ) della linea elettrica (condizione imposta anche per la protezione da sovraccarico);
- $I_{cs} \geq I_{cc}$  : il potere di interruzione ( $I_{cs}$ ) dell'apparecchiatura di protezione deve essere maggiore o eguale alla corrente presunta di cortocircuito ( $I_{cc}$ ) proprio nel punto in cui è installato l'apparecchio;
- $I^2 t \leq k^2 S^2$  : l'energia specifica passante dell'interruttore ( $I^2 t$ ) deve essere minore o al massimo eguale all'energia sopportabile dal conduttore ( $k^2 S^2$ ).
- Una volta nota la potenza attiva ( $P$ ) assorbita dalle singole utenze, la tensione di

esercizio (230V/220V) ed il fattore di potenza ( $\cos\varphi$ ), si ricava la corrente d'impiego per i vari carichi secondo le relazioni seguenti:

$$\text{Circuiti monofasi } I_B = \frac{P}{V \cdot \cos\varphi} \quad (230V/50Hz) \quad \text{Circuiti trifase } I_B = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot V \cdot \cos\varphi} \quad (400V/50Hz)$$

Al fine di garantire la protezione da eventuali contatti indiretti sono previsti, in combinazione agli interruttori magnetotermici, gli interruttori differenziali con correnti differenziale ( $I_{dn}$ ) nominale d'intervento di 0,03 A. I relè differenziali costituiscono una protezione addizionale, il loro utilizzo è infatti subordinato alla presenza dell'impianto di terra, tuttavia la loro caratteristica d'intervento accresce notevolmente la sicurezza nella protezione dai contatti diretti.

L'ubicazione e la tipologia dei quadri elettrici è evidenziata nelle relative tavole ed allegati di progetto.

La disposizione dei carichi all'interno dello stabile rispecchia la planimetria allegata.

## **IMPIANTO DI ILLUMINAZIONE**

### **Illuminazione generale**

L'illuminazione ordinaria artificiale è prevista per poter dotare le zone oggetto di intervento del necessario livello di illuminazione, rispettando dove necessario la tonalità e la resa cromatica raccomandata dalle Norme UNI in vigore.

I corpi illuminanti, come indicato nelle relative tavole di progetto, sono:

- Torre faro a corona mobile, dotato di n.15 proiettori dotati di n.2 lampade da 400W.
- Armatura stradale corredata di lampada SAP da 400W.
- Plafoniere in materiale plastico dotate di tubo fluorescente di potenze come da elaborati planimetrici, per i restanti ambienti interni.

Il grado di illuminamento è calcolato col metodo punto a punto tramite l'equivalenza

$$E_p = \frac{L_p \times klm \times \cos^3 \alpha}{h^2} \quad \text{dove:}$$

- $E_p$  è l'illuminamento in lux in un punto;
- $L_p$  è l'intensità in candele riferite ad 1000 lumen determinata sul solido fotometrico in riferimento al punto in esame;
- $klm$  esprime il flusso luminoso della lampada;
- $\cos^3 \alpha$  è la terza potenza del coseno dell'angolo formato dalla verticale dell'apparecchio in esame con la retta che passa per il punto in esame;
- $h^2$  è il quadrato dell'altezza d'installazione dell'apparecchio.

Per la caratterizzazione degli ambienti si è scelto un coefficiente di riflessione caratteristico di pareti e soffitti chiari ed un piano beige chiaro sul pavimento.

Per le aree esterne verranno utilizzati coefficienti tipici delle pavimentazioni stradali.

Nelle aree esterne onde evitare l'alternanza dell'accensione dei corpi illuminanti mezzanotte/tuttanotte si è scelto l'utilizzo di un Quadro Regolatore di flusso elettromeccanico controllato con elettronica a microprocessore tipo ESMA N060 LB/A, in armadio con apparecchiature elettriche per alimentazione, stabilizzazione e regolazione della potenza di impianti di illuminazione.

## **COMANDO DI EMERGENZA**

All'esterno dell'edificio cabina e dovrà essere posto un pulsante di apertura dei sistemi elettrici entro cassetta stagna con grado di protezione IP55, con portina di vetro frangibile antischeggia, serratura a chiave e martelletto di frattura con catenella e supporto fissato a parete.

Tale dispositivo di emergenza a rottura di vetro a disposizione dei VV.FF e sarà comunque ubicato in luogo non accessibile al pubblico.

Pertanto è prevista la fornitura e posa in opera di pulsante di emergenza da parete sottovetro, con grado di protezione IP55, dotato di pulsante 3 A - 250 V, con contatto NA e contatto NC, completo di martello frangi vetro. .

Il comando di apertura sarà a mancanza di tensione e deve intervenire sia sul DG della protezione MT sia sull'interruttore generale bassa tensione.

Verrà inoltre installato un pulsante di sgancio (con comando in apertura anch'esso) che agirà sulla sezione privilegiata alimentata dal gruppo elettrogeno.

Il monitoraggio dello stato degli interruttori sarà effettuato mediante software ( e quindi con pc collegati in rete) con l'utilizzo di strumenti di misura -sistemi SMART- sia nella bassa tensione che nella media tensione (per particolari vedere specifica tecnica MT).

Lo strumento di misura deve comunicare via seriale RS-485 Modbus o Jbus.

Inoltre deve poter comunicare in Ethernet con protocollo Modbus TCP a 10/100Mbaud utilizzando UTP ( PM53xx e PM5500)

Lo strumento di misura fornisce due porte Ethernet per consentire il cablaggio in daisy-chain e deve avere la capacità di rendere disponibili i dati tramite la rete Ethernet attraverso un browser web standard. (PM5500)

La memoria deve contenere pagine predefinite dalla fabbrica. Lo strumento di misura deve poter spedire i dati storici registrati attraverso la porta di comunicazione Ethernet (PM5500)

## **SORGENTE AUSILIARIA -UPS**

I servizi ausiliari di cabina MT-BT come: alimentazione relè di protezione della PG in media tensione, bobina di minima tensione dell'interruttore MT e dell'interruttore generale BT, centralina termometrica del trasformatore verranno garantiti in continuità da un UPS posto in cabina.

Tale ups sarà monofase 2100 Watt / 3000 VA della durata di 3 ore.

Vedere data sheet per i particolari tecnici.



## **DIMENSIONAMENTO COMPONENTI ELETTRICI**

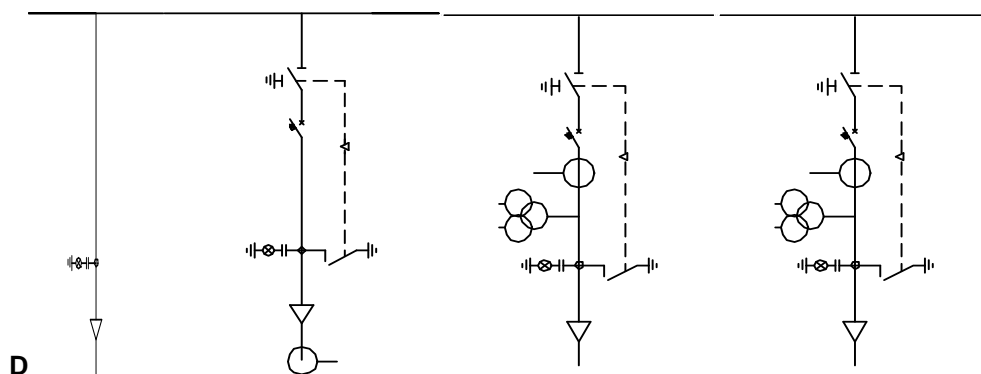
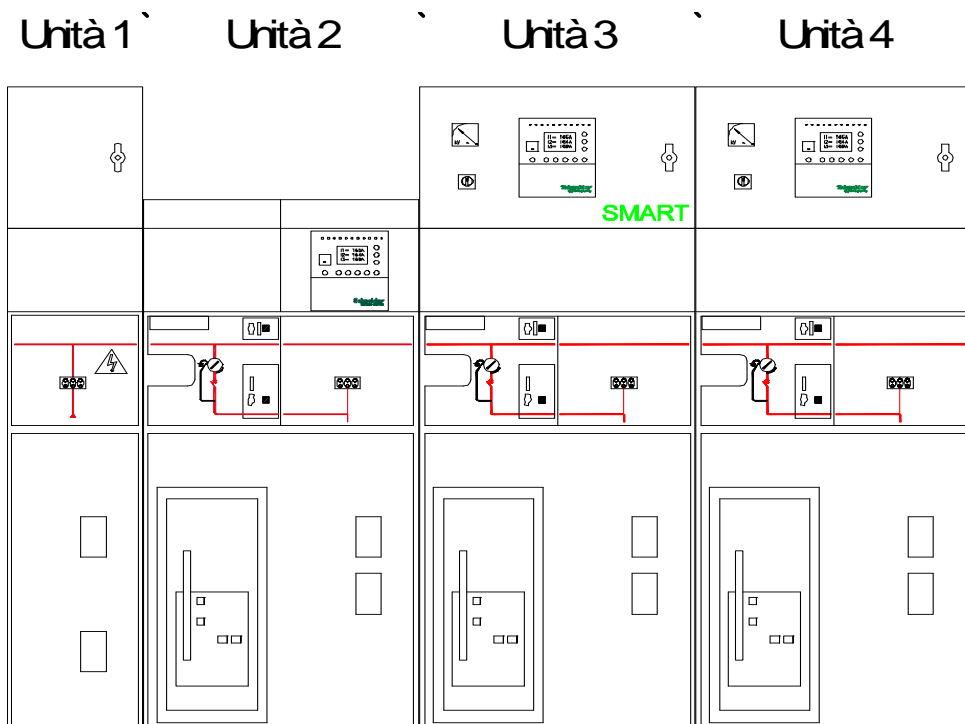
### *CAVO DI COLLEGAMENTO DA QMT ENEL CARATTERISTICHE TECNICHE*

TIPO POSA A TRIFOGLIO  $I_z=379$  A

LA SEZIONE POSATA E' PARI A  $95 \text{ mm}^2$  COME IMPOSTO DAL DISTRIBUTORE  
 MA DOVRA' ESSERE AUMENTATA ( $150 \text{ mm}^2$ ) IN SEGUITO ALL'ESECUZIONE DEL  
 SECONDO LOTTO DI LAVORI

### *QUADRO MT CARATTERISTICHE TECNICHE*

Quadro: **BANCHINA MT (01)**



D

**Quadro: BANCHINA MT (01) cabina primaria B**

**Caratteristiche Elettriche Principali:**

**Quadro SM6 con protezione arco interno sui 4 lati IAC AFLR 12,5 kA x 1s sfogo gas dal basso**

Tensione nominale	kV	17,5
Tensione nominale di tenuta a frequenza industriale 50Hz / 1min valore efficace	kV	38
Tensione nominale di tenuta a impulso atmosferico 1,2 / 50 microS valore di picco	kV	95
Tensione di esercizio	kV	15
Frequenza nominale	Hz	50 / 60
N° fasi		3
Corrente nominale delle sbarre principali	A	630
Corrente nominale max delle derivazioni	A	630
Corrente nominale ammissibile di breve durata	kA	20
Corrente nominale di picco	kA	50
Potere di interruzione degli interruttori alla tensione nominale	kA	20
Durata nominale del corto circuito	s	1
Tensione nominale degli ausiliari	V	
Larghezza	mm	2695
Altezza	mm	2050
Profondità	mm	1230

**Composizione quadro:**

Il quadro in oggetto sarà composto inizialmente da 2 celle per una lunghezza totale pari a 1125 mm

Infine con il completamento del primo lotto sarà composto da 4 unità per una lunghezza totale di 2695 mm.

**Quadro: BANCHINA MT (01) CABINA B**

Codice	Descrizione	Qtà
<b>Accessori</b>		
NHJKM_Q_SM6_SOC_L	Riferimento interno quadro SM6	1
LEVA_MANOVRA	Leva di manovra per Unita' SM6	1
PANNELLO_FINALE	Pannello finale di chiusura del quadro in acciaio zincato (solo x SM6)	2
<b>Quadro</b>		
<b>GAM2</b>		
NHJKM12889_AI280_L	Riferimento interno Unita' GAM2	1
GAM2_17_20_630	Unita' SM6 tipo GAM2 17.5kV-20kA-630A - IAC AFLR 12.5kA 1s	1
U_ESERCIZIO_15	Tensione di esercizio 15kV	1
PDV_US_10_20	Presenza di tensione US da 10 a 20 kV	1
CELLA_BT_375	Cella bassa tensione da 375 x 450mm	1
RES_ANTICONDENSA	Res anticondensa 50W 220V 50Hz regolata da termostato e protetta da interruttore	1
<b>DM1A_SF1</b>		
NHJKM12889_AI110_L	Riferimento interno Unita' DM1-A SF1	1
DATA_LOGGER_NO	Unita' SM6 senza dispositivo Data Logger	1
DM1A_SF1_17_20_630	Unita' SM6 tipo DM1-A SF1 17.5kV-20kA-630A - IAC AFLR 12.5kA 1s	1
U_ESERCIZIO_15	Tensione di esercizio 15kV	1
PDV_US_10_20	Presenza di tensione US da 10 a 20 kV	1
U_AUX_220VCA	Tensione alimentazione circuiti aux 220Vca	1
TA3_LPCT_TLP130_SM6	3LPCT tipo TLP130 da 5 a 1250A rapp. Iprimaria 100A = Vsecondario 22.5mV per SM6	1
SF1_MAN	SF1 O-3min-CO-3min-CO, manuale + sganc. ap, contatti aux, blocco chiave, contam	1
CIRCUITO_BT_MAN	Circuito BT comando manuale. (Interruttore protezione circuito aux)	1
BOBINA_MIN_RIAR_MAN	Bobina minima tens + riarmo meccanico per alim. a valle interruttore per SF1 man	1
SEPAM_S20_LPCT	Sepam S20 CEI 0-16 con visore con scheda CCA670 per LPCT 50/51-50N/51N-46	1
PANN_SEPAM_750	Pannello BT per SEPAM serie 20/40 Unita' senza arrivo cavi alto	1
ACE949	Comunicazione seriale Sepam S20-T20-S41 (ACE949-2 con cavetto CCA612 + inter.)	1
RES_ANTICONDENSA	Res anticondensa 50W 220V 50Hz regolata da termostato e protetta da interruttore	1
CONT_AUX_6	Contatti aux su IMS/sez. (2NA+1NC+1CO) + Contatti aux sul sez. terra (1NA+1NC)	1
BLOCCHI_CHIAVE_4	Blocchi chiave su Sez. terra (AP+CH) + blocchi chiave su Sez. linea (AP+CH)	1
TOROIDE_CSH120	Toroide omopolare chiuso tipo CSH 120. Diam=120mm	1
<b>DM1P_SF1</b>		
<b>SCOMPARTI MT DA AGGIUNGERE NEL SECONDO LOTTO</b>		
<b>DM1P_SF1</b>		
NHJKM12889_AI111_L	Riferimento interno Unita' DM1-P SF1	1
SMART_SI	Gateway Ethernet EGX300 + alimentatore + interruttore di protezione	1
DATA_LOGGER_NO	Unita' SM6 senza dispositivo Data Logger	1
DM1P_SF1_17_20_630	Unita' SM6 tipo DM1-P SF1 17.5kV-20kA-630A - IAC AFLR 12.5kA 1s	1
U_ESERCIZIO_15	Tensione di esercizio 15kV	1
PDV_US_10_20	Presenza di tensione US da 10 a 20 kV	1
U_AUX_220VCA	Tensione alimentazione circuiti aux 220Vca	1
TV3_VRQ2_15	3 TV f/m VRQ2/S2. Rapporto 15000:r3/100:r3/100:3 15VA cl05/50VA cl05-3P	1
RES_ANTIFERR	Resistenza antiferrorisonanza cablata	1
TA3_ARM3_25A	3 TA ARM3/N1F 25/5A 16kAx1s 7,5VA 5P10 - cl.1	1
SF1_MAN	SF1 O-3min-CO-3min-CO, manuale + sganc. ap, contatti aux, blocco chiave, contam	1
CIRCUITO_BT_MAN	Circuito BT comando manuale. (Interruttore protezione circuito aux)	1
BOBINA_MIN_RIAR_MAN	Bobina minima tens + riarmo meccanico per alim. a valle interruttore per SF1 man	1
SEPAM_S20	Sepam S20 CEI 0-16 con visore 50/51-50N/51N-46	1
CIRCUITO_BT_V1	Circuito voltmetrico (Voltmetro 90°+ Commutatore voltmetrico+interr.protezz.TV)	1
CELLA_BT_750	Cella bassa tensione da 750 x 450mm	1
ACE949	Comunicazione seriale Sepam S20-T20-S41 (ACE949-2 con cavetto CCA612 + inter.)	1
RES_ANTICONDENSA	Res anticondensa 50W 220V 50Hz regolata da termostato e protetta da interruttore	1
CONT_AUX_6	Contatti aux su IMS/sez. (2NA+1NC+1CO) + Contatti aux sul sez. terra (1NA+1NC)	1
BLOCCHI_CHIAVE_4	Blocchi chiave su Sez. terra (AP+CH) + blocchi chiave su Sez. linea (AP+CH)	1
TOROIDE_CSH120	Toroide omopolare chiuso tipo CSH 120. Diam=120mm	1
<b>DM1P_SF1</b>		
NHJKM12889_AI111_L	Riferimento interno Unita' DM1-P SF1	1
DATA_LOGGER_NO	Unita' SM6 senza dispositivo Data Logger	1
DM1P_SF1_17_20_630	Unita' SM6 tipo DM1-P SF1 17.5kV-20kA-630A - IAC AFLR 12.5kA 1s	1
U_ESERCIZIO_15	Tensione di esercizio 15kV	1

Codice	Descrizione	Qtà
PDV_US_10_20	Presenza di tensione US da 10 a 20 kV	1
U_AUX_220VCA	Tensione alimentazione circuiti aux 220Vca	1
TV3_VRQ2_15	3 TV f/m VRQ2/S2. Rapporto 15000:r3/100:r3/100:3 15VA cl05/50VA cl05-3P	1
RES_ANTIFERR	Resistenza antiferrisonanza cablata	1
TA3_ARM3_25A	3 TA ARM3/N1F 25/5A 16kAx1s 7,5VA 5P10 - cl.1	1
SF1_MAN	SF1 O-3min-CO-3min-CO, manuale + sganc. ap, contatti aux, blocco chiave, contam	1
CIRCUITO_BT_MAN	Circuito BT comando manuale. (Interruttore protezione circuito aux)	1
BOBINA_MIN_RIAR_MAN	Bobina minima tens + riarmo meccanico per alim. a valle interruttore per SF1 man	1
SEPAM_S20	Sepam S20 CEI 0-16 con visore 50/51-50N/51N-46	1
CIRCUITO_BT_V1	Circuito voltmetrico (Voltmetro 90°+ Commutatore voltmetrico+interr.protezz.TV)	1
CELLA_BT_750	Cella bassa tensione da 750 x 450mm	1
ACE949	Comunicazione seriale Sepam S20-T20-S41 (ACE949-2 con cavetto CCA612 + inter.)	1
RES_ANTICONDENSA	Res anticondensa 50W 220V 50Hz regolata da termostato e protetta da interruttore	1
CONT_AUX_6	Contatti aux su IMS/sez. (2NA+1NC+1CO) + Contatti aux sul sez. terra (1NA+1NC)	1
BLOCCHI_CHIAVE_4	Blocchi chiave su Sez. terra (AP+CH) + blocchi chiave su Sez. linea (AP+CH)	1
TOROIDE_CSH120	Toroide omopolare chiuso tipo CSH 120. Diam=120mm	1

### *CAVO DI COLLEGAMENTO DA QMT UTENTE A TRAFI CARATTERISTICHE TECNICHE*

SIGLA: RG7H1R 12/20 KV

Cavo unipolare per linee di media tensione

Conformità normativa:

CEI 20-13

CEI 20-29

CEI 20-35

TIPO POSA ADDOSSATO A PARETE -B3  $I_z=242$  A

LA SEZIONE POSATA E' PARI A  $50 \text{ mm}^2$

### *TRASFORMATORE*

IL TRASFORMATORE INSTALLATO E' IN RESINA DI POTENZA APPARENTE

$S_R=1250$  kVA

è EQUIPAGGIATO CON LE SEGUENTI PROTEZIONI INTERNE:

- 3 sonde termometriche PT100 supplementari installate sugli avvolgimenti BT (una per colonna) e cablate in cassetta di centralizzazione;
- 1 sonda termometrica PT100 installata sul nucleo e cablata in cassetta di centralizzazione;
- centralina termometrica munita di:
  - visualizzazione della temperatura delle 3 fasi e del nucleo, se previsto;
  - determinazione del "set point" d'allarme e sgancio;
  - contatto ausiliario per l'azionamento dei ventilatori di raffreddamento;
  - tensione alimentazione  $24 \div 220$  V cc-ca.

$I_r = 1804$  A ;  $U_{cc} = 6\%$

Vd specifica trasformatore

### Caratteristiche elettriche

Dati comuni a tutte le potenze nominali														
tensione primaria (kV)	3 - 4,16 - 6	10 - 9/10	13,8 - 15 - 10/15	20 - 22 - 23 - 8,4/20	9/20 - 10/20	15/20 - 15/22								
livello d'isolamento (kV)	7,2	12	17,5		24									
tensione secondaria a vuoto (V)	400 (a richiesta: 231 - 231/400)													
regolazione MT (%)	± 2 x 2,5 % (a richiesta +2 -3 % - ± 3 x 2,5%)													
collegamenti	Triangolo/stella con neutro - Dyn11													
sovratemperatura avvolgimenti MT/BT	classe F/F (a richiesta classe B/F - classe B/B)													
Dati relativi alle diverse potenze nominali														
potenza nominale kVA <sup>(1)</sup>	100	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500
perdite (W) a vuoto	460	660	800	880	1000	1200	1400	1650	2000	2300	2700	3100	4000	5000
a carico														
75 C°	1950	2550	3050	3250	3900	4700	5700	6600	8000	9400	11200	13700	16200	19700
120 C°	2300	3000	3600	3800	4600	5500	6700	7800	9400	11000	13000	16000	19000	23000
tensione di c.to c.to Ucc% <sup>(2)</sup>	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
corrente a vuoto Io%	2,2	1,9	1,7	1,5	1,4	1,3	1,2	1,2	1,1	1	1	0,9	0,9	0,8
corrente valore d'inserzione di cresta Ii/In	11	11	10,5	10,5	10,5	10	10	9	9	9	8,5	8,5	8	8
costante di tempo (s)	0,1	0,1	0,15	0,15	0,2	0,2	0,25	0,25	0,3	0,3	0,35	0,4	0,5	0,6
caduta di tensione a 120°C (%)														
carico 100%														
cosφ 1	2,48	2,06	1,98	1,7	1,64	1,56	1,52	1,42	1,38	1,28	1,22	1,18	1,13	1,1
cosφ 0,8	5,5	5,17	5,11	4,89	4,85	4,78	4,75	4,67	4,64	4,57	4,52	4,49	4,45	4,43
rendimento a 120°C (%)														
carico 100%														
cosφ 1	97,31	97,76	97,85	98,16	98,25	98,35	98,41	98,52	98,57	98,69	98,76	98,82	98,86	98,89
cosφ 0,8	96,67	97,22	97,32	97,71	97,83	97,95	98,02	98,16	98,22	98,36	98,45	98,53	98,58	98,62
carico 75%														
cosφ 1	97,72	98,08	98,15	98,42	98,50	98,59	98,64	98,74	98,78	98,88	98,94	99,00	99,03	99,05
cosφ 0,8	97,16	97,61	97,70	98,03	98,14	98,24	98,31	98,43	98,48	98,61	98,68	98,76	98,79	98,82
rumore (dB) pressione acustica Lpa a 1 m	50	51	52	54	55	56	56	57	58	59	60	62	64	65
potenza acustica Lwa	61	63	63	65	67	68	69	70	71	73	74	76	79	80

<sup>(1)</sup> La potenza nominale è riferita a circolazione naturale dell'aria (AN).  
Può essere aumentata del 30% con l'applicazione di ventilatori di raffreddamento forzato (AF).

<sup>(2)</sup> A richiesta: 4% - 5% - 7% - 8%.

Nota: Per caratteristiche differenti consultare Schneider Electric

### BOX DI CONTENIMENTO TRASFORMATORE

IL box di contenimento metallico con grado di protezione IP31 (escluso il fondo IP21) nella seguente esecuzione:


- protezione anticorrosiva standard di colore bianco RAL 7031;
- golfari di sollevamento;
- pannello imbullonato per accesso ai terminali MT e alle prese di regolazione,
- predisposto per ricevere una serratura di sicurezza tipo ELP1 e corredato di targa segnalazione pericolo folgorazione;
- piastre isolanti lato MT e BT poste sul tetto dell'armadio per il passaggio dei conduttori mediante passacavi;
- flangia situata nella parte inferiore destra lato MT per l'eventuale arrivo dei cavi dal basso;
- flangia situata nella parte inferiore sinistra lato BT per l'eventuale arrivo dei cavi dal basso.

### CAVI TRA TRASFORMATORE E QGBT

La condotta dal trasformatore al quadro QGBT è costituita da condotto sbarre avente una  $I_r=2000$  A e una  $I_{cw} = 36$  kA

### QGBT - QUADRO GENERALE BASSA TENSIONE

Il quadro generale BT ha un grado di protezione IP65, forma di segregazione 4,  $I_{cw}= 36$  kA.

Utenze banchina 
  
PRIVILEGIATE
   
NON PRIVILEGIATE

### SERVIZI AUSILIARI

Sono costituiti da

- protezioni 50,51, 51N
- sganciatore MT (con bobina di minima tensione)
- rele' differenziali interruttori principali
- bobina apertura interruttore generale BT comandata da II soglia termometro a contatti del trasformatore

La sorgente di alimentazione ausiliaria è costituita da UPS 1200 VA durata 3h

### PROTEZIONI

TARATURE PROTEZIONI MT IN CABINA "B"  
51 I SOGLIA NON RICHIESTA

51 II SOGLIA  $I_{TR51}$  rif. CEI 0-16 art. 8.5.14 (**limite ENEL 250 A 0.5 s**)

Affinchè il rele' ritardato 51 non intervenga all'inserzione del trasformatore deve essere  $I_{TR51}>0,7 I_{0i}$  o deve essere impostato un ritardo intenzionale da calcolare così:

$I_r = 408$  A CORRENTE DI SPUNTO

$I_r^i = 48,1$  A CORRENTE DI SPUNTO RIPORTATA AL PRIMARIO CON  $K_i= 9$  e  $T_i= 0,35$  s

posto  $I_{TR51} > 285,6$  A PER ESEMPIO = 286 A

si ha  $286/408=0,7$

quindi  $t_r/T_i = 0,7$  ovvero  $t_r = 0,35 \times 0,7 = 0,245$  s

$I_{tr50}$  terza soglia  $\leq 600$  A TEMPO ELIM GUASTO  $\leq 0.120$  S

$I_{0i}>(51N)$  1A SOGLIA  $\leq 2$  A, TEMPO ELIM GUASTO  $\leq 0.120$  S

$I_{0i}>>(51N)$  2A SOGLIA  $\leq 150$  A, TEMPO ELIM GUASTO  $\leq 0.120$  S

### TARATURA TERMOMETRO TRASFORMATORE

80 °c Allarme attivazione estrattori

100 °c Scatto interruttore generale BT

## TARATURA INTERRUOTTORE GENERALE BT

$I_r$  TERMICA PARI A 1800 A

$I_m$  MAGNETICA PARI A  $6 \times I_r = 10800$  A

## PROTEZIONE TRASFORMATORE

Il trasformatore è protetto dal sovraccarico dal termometro a contatti (allarme e scatto)

È inoltre protetto dall'interruttore generale BT.

Il trasformatore è protetto dal cortocircuito sul primario dalla 50:  $I_{tr50}$  terza soglia  $\leq 600$  A  $> 0,7 I_{0i}$

Il trasformatore è protetto dal cortocircuito sul secondario dalla 51 perché  $I_{TR51} = 240$  A  $< I_{K2min}^i = 286$  A

Con ritardo intenzionale **0,13 s per consentire inserzione del trasformatore**

## PROTEZIONE CAVI MT (DA QMT A TRAF0)

$$S \geq (I \sqrt{t}) / K$$

DOVE  $I = 12,5$  kA valore unificato dell'ENEL

$t = 0,12$  tempo eliminazione del guasto della protezione 50;

$K = 143$  per cavi in gomma G7

Per cui  $S_{min} = 30,3$  mm<sup>2</sup>

**E' STATO POSATO INVECE 50 mm<sup>2</sup>**

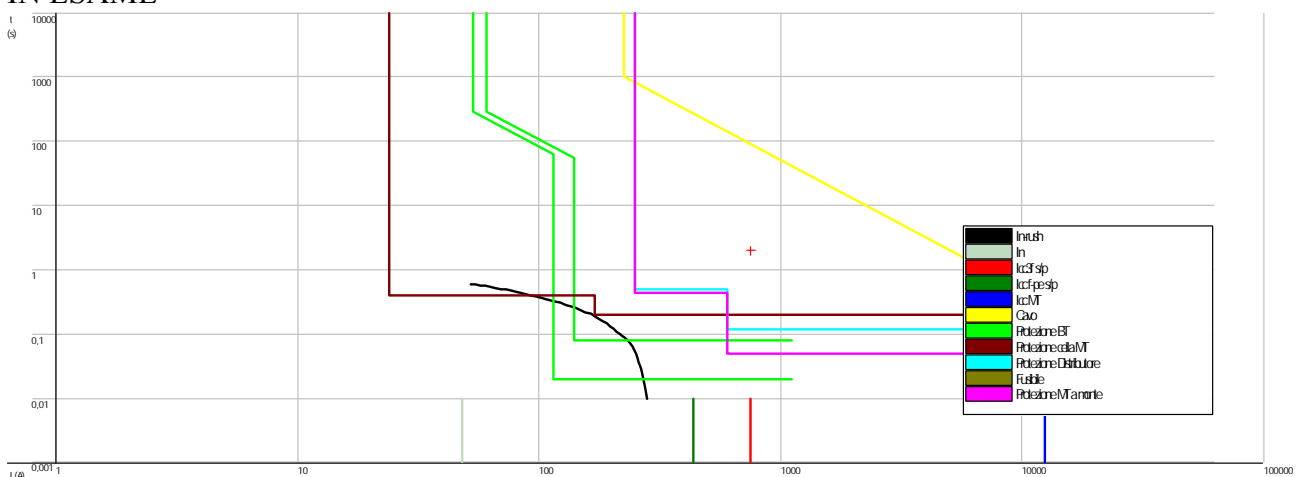
**TIPO POSA A TRIFOGLIO  $I_z = 379$  A**

IL Cavo MT POSA B3

Ha portata  $I_z$  pari a 242 A è protetto dal sovraccarico dall'interruttore generale BT che ha  $I_r = 2000$  A, con  $I_{th} = 1600$  A e  $I_{mg}$  che riportata sul primario vale  $45$  A  $< I_z = 242$  A

## SELETTIVITA' MT-BT

QUI DI SOTTO LA SCHERMATA DELLE CURVE DI SELETTIVITA' RELATIVA AL CASO IN ESAME



## RIFASAMENTO

Nell'impianto in questione verrà installato un banco di condensatori fissi all'interno del quadro generale bassa tensione per rifasare esclusivamente il trasformatore a vuoto della potenza reattiva pari a 35 kVAR ed inoltre verrà predisposto un interruttore per un eventuale quadro di rifasamento automatico della potenza apparente di 600 kVAR.

## *VENTILAZIONE LOCALE CABINA*

La ventilazione sarà di tipo forzato e di tipo naturale con finestre contrapposte.

Una sarà disposta in basso in prossimità del trasformatore e l'altra in alto dalla parte opposta al fine di massimizzare l'effetto camino.

In tal caso la superficie di apertura di ventilazione sarà:

$A = 0,238 \times (P_t) / \sqrt{h}$  dove  $h$  è la differenza di quota tra le 2 finestre.

Le perdite del trasformatore (considerando 10 % di sovraccarico) da smaltire sono al massimo

$P_t = 1,15(P_p)$  dove  $P_p = P_0 + P_k$  ovvero perdite a vuoto sommate a perdite a carico

$P_t = 1,15(2,7 + 11,2 \times 1,1^2) = 18,7 \text{ kW}$

$A = 0,238 \times (18,7) / \sqrt{1,91} = 3,2 \text{ m}^2$

Le finestre in progetto hanno una sezione di  $0,9 \times 0,54 \text{ m}^2$  inoltre poiché le griglie di protezione occupano il 15 % della superficie di ogni apertura di ventilazione in realtà la sezione netta sarebbe pari a  $0,4 \text{ m}^2$ .

La ventilazione naturale non è sufficiente.

Quindi si ricorre anche ad una ventilazione forzata: la portata d'aria espressa in  $\text{m}^3/\text{h}$   $Q_v = 346 \times 18,7 = 6470 \text{ m}^3/\text{h}$

La portata dell'estrattore deve essere  $> 6500 \text{ m}^3/\text{h}$ .



## **IMPIANTO DI TERRA**

La presente relazione di calcolo riguarda la rete di messa a terra della cabina primaria "B" e dell'impianto sotteso ad essa.

Le installazioni elettriche con tensioni superiori ad 1 kV richiedono che l'impianto dispersore di terra sia realizzato in modo tale da:

- avere sufficiente resistenza meccanica e resistenza alla corrosione;
- essere in grado di sopportare le più elevate correnti di guasto prevedibili;
- evitare danni a componenti elettrici e beni;
- garantire la sicurezza delle persone contro le tensioni che si manifestano sugli impianti di terra per effetto delle correnti di guasto.

I parametri principali da considerare sono i seguenti:

- valore della corrente di guasto a terra;
- durata del guasto a terra;
- caratteristiche del terreno.

### **CARATTERISTICHE DELL'IMPIANTO E DELLA RETE**

#### **CARATTERISTICHE DELL'IMPIANTO**

La rete di terra è costituita da un dispersore orizzontale realizzato con una corda di rame nudo interrata secondo quanto rappresentato sulla tavola impianto di terra.

#### **CARATTERISTICHE DELLA RETE MT**

La rete di media tensione a 15 kV di distribuzione primaria ha le seguenti caratteristiche:

- Tensione nominale:  $U_n = 15 \text{ kV}$ ;
- Frequenza:  $f = 50 \text{ Hz}$
- Massima corrente di guasto a terra: 40 A
- Tempo di eliminazione del guasto:  $>10 \text{ s}$

La rete di bassa tensione a 400 V ha le seguenti caratteristiche:

- Tensione nominale:  $U_n = 0,4 \text{ kV}$ ;
- Frequenza:  $f = 50 \text{ Hz}$
- Sistema di distribuzione TN-S
- Stato del neutro: compensato
- Tensione di contatto:  $\leq 75 \text{ V}$

### **RESISTIVITA' DEL SUOLO VALORE IPOTIZZATO**

Per la resistività del terreno è stata ipotizzato un valore di:

$$\rho_E = 500 \Omega \text{m}$$

assimilabile a quella di un terreno costituito da sabbia e ghiaia.

Per la determinazione della resistenza equivalente "R" si calcolano i contributi dei vari componenti della rete di terra, tutti collegati tra loro:

1. Treccia interrata dei locali cabina:

$$L = 120 \text{ m};$$

$$R = 1,5 * \rho_E / L$$

Con  $\rho_E = 500 \Omega \text{ m}$  si ottiene

$$R_{1B} = 6,25 \Omega$$

2. 4 picchetti da 3 m infissi nel terreno:  $L = 1,5 * 3 \text{ m} = 18 \text{ m}$ ;  $R = \rho_E / L$

perciò

$$R_{2B} = 27,7 \Omega$$

3. treccia da 95 mm<sup>2</sup> dalla cabina lungo lo scavo che alimenta tutte le torri faro e i corpi illuminanti:

$L = 1400 \text{ m};$   
 $R = 1,5 * \rho_E / L$   
Con  $\rho_E = 500 \Omega \text{ m}$  si ottiene  
 $R_{IC} = 0,53 \Omega$

INFINE CONSIDERANDO LA RESISTENZA RISULTANTE DAL PARALLELO  
 $R_p = 0,48 \Omega$  AMPIAMENTE MINORE DEL VALORE LIMITE IMPOSTO DALLE TENSIONI  
DI PASSO E CONTATTO  $2,85 \Omega$ .

#### SEZIONE MESSA A TERRA DEL NEUTRO

La corrente di guasto più elevata si verifica per un corto circuito fase terra sul secondario del trasformatore dove  $I_{k1} = I_k = 30,1 \text{ kA}$  tale corrente riportata al primario vale  $I'_{k1} = 747 \text{ A}$ , essa provoca l'intervento della protezione 51 in  $0,45 \text{ s}$ .

Pertanto la sezione del conduttore di terra S isolato in PVC sarà:

$$S = I_k \times \sqrt{t} / K = 30.100 \times \sqrt{0,45} / 228 = 88,56 \text{ mm}^2$$

La sezione minima dei conduttori di terra deve essere minimo  $95 \text{ mm}^2$ .

Inoltre tutti i collettori (locale MT/ BT, locale misure, locale gruppo elettrogeno, locale Gru 1 e Gru 2) hanno sezioni maggiori di quelle imposte dalla normativa ovvero pari a  $60 \times 5 \text{ mm}^2$ .

#### SEZIONE MESSA A TERRA DEL TRASFORMATORE

La corrente di guasto più elevata si verifica per un corto circuito fase terra sul secondario del trasformatore dove  $I_{k1} = I_k = 30,1 \text{ kA}$ .

La sezione minima dei conduttori di terra deve essere minimo  $95 \text{ mm}^2$

#### SEZIONE CONDUTTORI DI PROTEZIONE PE

Il conduttore di protezione del QGBT deve avere sezione

$$S > 30.100 \sqrt{0,05} / 228 = 29,52 \text{ mm}^2$$

Quindi la sezione minima sarebbe  $35 \text{ mm}^2$  anche se in realtà tutti i PE in uscita dal collettore principale hanno sezioni maggiori di quelle imposte dalla normativa ovvero pari a  $50 \text{ mm}^2$ .

#### SEZIONE CONDUTTORI DI TERRA

Il conduttore di terra isolato in PVC deve avere una sezione minima di  $25 \text{ mm}^2$  come desumibile dalla CEI 99-3

In realtà il dispersore interrato avrà una sezione pari a  $50 \text{ mm}^2$ .

#### DISPERSORE

Il dispersore verrà realizzato come da elaborato progettuale impianto di terra cabina con un doppio anello di treccia di rame pari a  $50 \text{ mm}^2$  intorno alla cabina interrato a  $0,8 \text{ m}$  il primo anello e l'altro a  $2,8 \text{ metri}$  con in aggiunta  $4$  picchetti verticali di lunghezza pari a  $3 \text{ m}$ .

#### QUADRO REGOLAZIONE FLUSSO

Il contenitore è un armadio in vetroresina, idoneo anche per l'installazione all'esterno e di dimensioni esterne pari a  $845 \times 1150 \times 450$ .

Il sistema di ancoraggio alla fondazione è realizzato con piastre e relativi bulloni di serraggio.

Il quadro elettrico di regolazione del flusso luminoso è realizzato su pannello con le seguenti

apparecchiature:

- N°1 interruttore generale magnetotermico curva D completo di sganciatore a lancio di corrente;
- N°1 portafusibile sezionabile unipolare con fusibile di protezione dei circuiti ausiliari;
- N°1 relè differenziale toroidale tipo a doppio intervento autoripristinante, con regolazione della sensibilità e del tempo di intervento;
- N°1 interruttore crepuscolare ritardato;
- N°1 selettore a tre posizioni per l'accensione in automatico o manuale dell'impianto;
- N°3 lampade spia per la segnalazione di: presenza rete, impianto acceso e situazione di regolatore escluso (BY PASS);
- N°4 Interruttori magnetotermici di protezione linee uscita (circuito torre faro 1-2-3 e circuito illuminazione stradale).

Il regolatore di potenza è composto con i seguenti materiali ed apparecchiature:

- N°3 gruppi di potenza monofasi indipendenti (Variatori motorizzati + trasformatori booster) per la regolazione e stabilizzazione, collegati elettricamente tra di loro a stella in modo da formare un gruppo trifase funzionante a 380 V + neutro;
- N°1 interruttore tripolare magnetotermico curva D per protezione dei circuiti di potenza del regolatore;
- N° 10 morsetti portafusibili e relativi fusibili per la protezione delle tensioni di riferimento;
- N° 1 contattore tripolare per alimentazione impianto;
- N° 1 contattore tripolare di By-Pass per esclusione del regolatore;
- N° 1 contattore tripolare di alimentazione gruppi di regolazione;
- N° 1 temporizzatore elettronico per attivazione sistema di By Pass;
- N° 1 selettore a due posizioni per l'esclusione manuale del regolatore (BY-PASS);
- N° 4 relè 12Vd.c. per gestione funzioni di uscita del controllo elettronico;
- N° 2 relè 230Va.c. per circuiti ausiliari;
- N° 3 trasformatori amperometrici 250/5A;
- N° 1 trasformatore voltmetrico trifase;
- N° 1 trasformatore isolamento toroidale per alimentazione controllore elettronico;
- N° 1 controllore elettronico a Microprocessore, per la gestione ed il controllo continuo delle funzioni del regolatore.

Il controllore elettronico è realizzato in contenitore tipo modulare, costituito da due schede aventi le seguenti funzioni:

Scheda CPU: dove sono allocati due microcontrollori, adibiti rispettivamente ad analizzatore di rete (misuratore) e alla gestione del controllore attraverso ingressi digitali, analogici, porte seriali RS232 e RS485 e gli stadi di ingresso (voltmetrici e amperometrici) dell'analizzatore di rete.

Scheda DRIVERS: per il controllo dei variatori motorizzati;

## FUNZIONI PRINCIPALI

Controllo indipendente delle tre fasi

Timer interno per la programmazione di 4 diversi cicli di riduzione giornalieri

By Pass automatico per l'esclusione del regolatore in caso di funzionamento anomalo (mancanza fase o mancata stabilizzazione).

Funzione No Break automatica per l'esclusione del regolatore senza interruzione del servizio, in caso di funzionamento anomalo momentaneo o manutenzione.

Analizzatore di rete integrato in grado di misurare e memorizzare le seguenti grandezze elettriche:

Tensioni ingresso;

Tensioni uscita;

Correnti sulle tre fasi;

Potenza assorbita sulle tre fasi attiva, reattiva e apparente;

Fattore di potenza delle singole fasi;

Energia assorbita a partire dall'ultimo reset eseguito

Possibilità di impostare un range ammesso per ogni grandezza elettrica.

Accesso remoto integrato con modem GSM opzionale, con possibilità di gestione del regolatore ed acquisizione delle registrazioni impostate.

Orologio astronomico integrato: è possibile sincronizzare l'accensione e lo spegnimento dell'impianto con l'alba e il tramonto reali.

Possibilità di poter variare da tastiera, entro i ranges previsti, sia la durata che il valore delle tensioni di avviamento/stabilizzazione/riduzione in modo da poter modificare a piacimento e per particolari esigenze, i quattro diversi cicli.

Due ingressi analogici e tre relè di uscita per la gestione di sensori di luminanza (max 2) per applicazioni in galleria o capannoni industriali.

3porte seriali RS485 per interfacciamento con sistemi esterni basati sul protocollo MODBUS RTU

1porte seriali RS232 rispettivamente per interfacciamento con PC e collegamento modem.

#### FUNZIONAMENTO DEL REGOLATORE

Durante la fase di accensione dell' impianto la tensione, e di conseguenza la corrente, viene parzialmente limitata per un tempo di 0÷20'(settabile) al fine di consentire un più regolare riscaldamento delle lampade, dopo l'avviamento la tensione raggiunge il valore previsto nei 4 livelli legati ad orario

In tutte le condizioni di funzionamento (avviamento - stabilizzazione - riduzione), la tensione è stabilizzata entro i limiti del +/- 1 % dei valori di tensione impostati nel programma.

La forma d'onda della tensione non presenta alcuna distorsione aggiuntiva in quanto il sistema si basa sul principio della somma o sottrazione di due tensioni sinusoidali. La stabilizzazione viene ottenuta senza l'ausilio di contatti mobili in serie alla linea di alimentazione, né di induttanze variabili o commutatori e relè nella parte di regolazione della potenza.

## **RELAZIONE TECNICA PROTEZIONE SCARICHE ATMOSFERICHE**

### **1. CONTENUTO DEL DOCUMENTO**

Questo documento contiene:

- la relazione sulla valutazione dei rischi dovuti al fulmine;
- la scelta delle misure di protezione da adottare ove necessarie.

### **2. NORME (GIA' CITATE)**

### **3. INDIVIDUAZIONE DELLA STRUTTURA DA PROTEGGERE**

L'individuazione della struttura da proteggere è essenziale per definire le dimensioni e le caratteristiche da utilizzare per la valutazione dell'area di raccolta.

La struttura che si vuole proteggere coincide con un intero edificio a sé stante, fisicamente separato da altre costruzioni.

Pertanto, ai sensi dell'art. A.2.2 della norma CEI EN 62305-2, le dimensioni e le caratteristiche della struttura da considerare sono quelle dell'edificio stesso.

### **4. DATI INIZIALI**

#### **4.1 Densità annua di fulmini a terra**

La densità annua di fulmini a terra per kilometro quadrato nel comune di CAGLIARI in cui è ubicata la struttura valeva 2,5 per la norma 81-3 : a fine cautelativo il valore di densità preso in considerazione per il calcolo è pari a :

$$N_t = 4,0 \text{ fulmini/km}^2 \text{ anno}$$

#### **4.2 Dati relativi alla struttura**

Le dimensioni massime della struttura sono:

A (m): 17    B (m): 7    H (m): 3    Hmax (m): 4

La destinazione d'uso prevalente della struttura è: servizio - elettricità

In relazione anche alla sua destinazione d'uso, la struttura può essere soggetta a:

- perdita di vite umane
- perdita di servizio pubblico
- perdita economica

In accordo con la norma CEI EN 62305-2 per valutare la necessità della protezione contro il fulmine, deve pertanto essere calcolato:

- rischio R1;
- rischio R2;

Le valutazioni di natura economica, volte ad accertare la convenienza dell'adozione delle misure di protezione, non sono state condotte perché espressamente non richieste dal Committente.

L'edificio ha copertura metallica e struttura portante metallica o in cemento armato con ferri d'armatura continui.

La struttura è dotata di uno schermo a maglia con lato di magliatura  $w = 1 \text{ m}$ .

I circuiti degli impianti elettrici ed elettronici interni si trovano ad una distanza dallo schermo inferiore al lato di magliatura  $w$ .

#### 4.3 Dati relativi alle linee elettriche esterne

La struttura è servita dalle seguenti linee elettriche:

- Linea di energia: LINEA MT

Le caratteristiche delle linee elettriche sono riportate nell'Appendice *Caratteristiche delle linee elettriche*.

#### 4.4 Definizione e caratteristiche delle zone

Tenuto conto di:

- compartimenti antincendio esistenti e/o che sarebbe opportuno realizzare;
- eventuali locali già protetti (e/o che sarebbe opportuno proteggere specificamente) contro il LEMP (impulso elettromagnetico);
- i tipi di superficie del suolo all'esterno della struttura, i tipi di pavimentazione interni ad essa e l'eventuale presenza di persone;
- le altre caratteristiche della struttura e, in particolare il lay-out degli impianti interni e le misure di protezione esistenti;

sono state definite le seguenti zone:

Z1: CABINA DI PROGETTO

Le caratteristiche delle zone, i valori medi delle perdite, i tipi di rischio presenti e le relative componenti sono riportate nell'Appendice *Caratteristiche delle Zone*.

### 5. CALCOLO DELLE AREE DI RACCOLTA DELLA STRUTTURA E DELLE LINEE ELETTRICHE ESTERNE

L'area di raccolta AD dei fulmini diretti sulla struttura è stata valutata analiticamente come indicato nella norma CEI EN 62305-2, art. A.2.

L'area di raccolta AM dei fulmini a terra vicino alla struttura, che ne possono danneggiare gli impianti interni per sovratensioni indotte, è stata valutata analiticamente come indicato nella norma CEI EN 62305-2, art. A.3.

Le aree di raccolta AL e AI di ciascuna linea elettrica esterna sono state valutate analiticamente come indicato nella norma CEI EN 62305-2, art. A.4 e A.5.

I valori delle aree di raccolta (A) e i relativi numeri di eventi pericolosi all'anno (N) sono riportati nell'Appendice *Aree di raccolta e numero annuo di eventi pericolosi*.

I valori delle probabilità di danno (P) per il calcolo delle varie componenti di rischio considerate sono riportate nell'Appendice *Valori delle probabilità P per la struttura non protetta*.

### 6. VALUTAZIONE DEI RISCHI

#### 6.1 Rischio R1: perdita di vite umane

##### 6.1.1 Calcolo del rischio R1

I valori delle componenti ed il valore del rischio R1 sono di seguito indicati.

Z1: CABINA DI PROGETTO

RA: 1,84E-13

RB: 1,84E-12

RU(IMPIANTO FM E ILLUMINAZIONE): 0,00E+00

RV(IMPIANTO FM E ILLUMINAZIONE): 0,00E+00

Totale: 2,02E-12

Valore totale del rischio R1 per la struttura: 2,02E-12

### 6.1.2 Analisi del rischio R1

Il rischio complessivo  $R1 = 2,02E-12$  è inferiore a quello tollerato  $RT = 1E-05$

## 6.2 Rischio R2: perdita di servizi pubblici essenziali

### 6.2.1 Calcolo del rischio R2

I valori delle componenti ed il valore del rischio R2 sono di seguito indicati.

Z1: CABINA DI PROGETTO

RB: 8,05E-08

RC: 0,00E+00

RM: 3,41E-09

RV(IMPIANTO FM E ILLUMINAZIONE): 0,00E+00

RW(IMPIANTO FM E ILLUMINAZIONE): 0,00E+00

RZ(IMPIANTO FM E ILLUMINAZIONE): 0,00E+00

Totale: 8,39E-08

Valore totale del rischio R2 per la struttura: 8,39E-08

### 6.2.2 Analisi del rischio R2

Il rischio complessivo  $R2 = 8,39E-08$  è inferiore a quello tollerato  $RT = 1E-03$

## 7. SCELTA DELLE MISURE DI PROTEZIONE

Poiché il rischio complessivo  $R1 = 2,02E-12$  è inferiore a quello tollerato  $RT = 1E-05$ , non occorre adottare alcuna misura di protezione per ridurlo.

Poiché il rischio complessivo  $R2 = 8,39E-08$  è inferiore a quello tollerato  $RT = 1E-03$ , non occorre adottare alcuna misura di protezione per ridurlo.

Tuttavia nel quadro generale di bassa tensione verranno installati SPD di classe I come specificato negli schemi unifilari ai quali si rimanda per ulteriori particolari tecnici.

## 8. CONCLUSIONI

Rischi che non superano il valore tollerabile: R1 R2

SECONDO LA NORMA CEI EN 62305-2 LA STRUTTURA E' PROTETTA CONTRO LE FULMINAZIONI.

In forza della legge 1/3/1968 n.186 che individua nelle Norme CEI la regola dell'arte, si può ritenere assolto ogni obbligo giuridico, anche specifico, che richieda la protezione contro le scariche atmosferiche.

### APPENDICE - Caratteristiche della struttura

Dimensioni: A (m): 17 B (m): 7 H (m): 3 Hmax (m): 4

Coefficiente di posizione: in area con oggetti di altezza uguale o inferiore ( $CD = 0,5$ )

Schermo esterno alla struttura: maglia - lato:  $w = 1$  m (Impianti interni a distanza inferiore a  $w$ )

Densità di fulmini a terra (fulmini/km<sup>2</sup> anno)  $Nt = 4$

### APPENDICE - Caratteristiche delle linee elettriche

Caratteristiche della linea: LINEA MT

La linea ha caratteristiche uniformi lungo l'intero percorso

Tipo di linea: energia - interrata con trasformatore MT/BT

Lunghezza (m)  $L = 350$

Resistività (ohm x m)  $\rho = 400$

Coefficiente ambientale (CE): suburbano

Linea sotto fitta rete di terra magliata

Schermo collegato alla stessa terra delle apparecchiature alimentate:  $R \leq 1$  ohm/km

SPD ad arrivo linea: livello I (PEB = 0,01)

### **APPENDICE - Caratteristiche delle zone**

Caratteristiche della zona: CABINA DI PROGETTO

Tipo di zona: interna

Tipo di pavimentazione: asfalto ( $r_t = 0,00001$ )

Rischio di incendio: ridotto ( $r_f = 0,001$ )

Pericoli particolari: ridotto rischio di panico ( $h = 2$ )

Protezioni antincendio: manuali ( $r_p = 0,5$ )

Schermatura di zona: maglia - lato:  $w = 1$  m (Impianti interni a distanza inferiore a  $w$ )

Protezioni contro le tensioni di contatto e di passo: cartelli monitori isolamento barriere

Impianto interno: IMPIANTO FM E ILLUMINAZIONE

Alimentato dalla linea LINEA MT

Tipo di circuito: Cond. attivi e PE con stesso percorso (spire fino a  $10 \text{ m}^2$ ) ( $K_{s3} = 0,2$ )

Tensione di tenuta: 2,5 kV

Interfaccia isolante

Tensione indotta trascurabile

Sistema di SPD - livello: I (PSPD = 0,01)

Valori medi delle perdite per la zona: CABINA DI PROGETTO

Rischio 1

Numero di persone nella zona: 2

Numero totale di persone nella struttura: 2

Tempo per il quale le persone sono presenti nella zona (ore all'anno): 10

Perdita per tensioni di contatto e di passo (relativa a R1)  $LA = LU = 1,14E-10$

Perdita per danno fisico (relativa a R1)  $LB = LV = 1,14E-09$

Rischio 2

Numero di utenti serviti dalla zona: 10

Numero totale di utenti serviti dalla struttura: 10

Perdita per danno fisico (relativa a R4)  $LB = LV = 5,00E-05$

Perdita per avaria di impianti interni (relativa a R2)  $LC = LM = LW = LZ = 1,00E-02$

Rischio 4

Valore dei muri (€): 30000

Valore del contenuto (€): 70000

Valore degli impianti interni inclusa l'attività (€): 80000

Valore totale della struttura (€): 150000

Perdita per avaria di impianti interni (relativa a R4)  $LC = LM = LW = LZ = 5,33E-05$

Perdita per danno fisico (relativa a R4)  $LB = LV = 6,00E-05$

Rischi e componenti di rischio presenti nella zona: CABINA DI PROGETTO

Rischio 1: Ra Rb Ru Rv

Rischio 2: Rb Rc Rm Rv Rw Rz

Rischio 4: Rb Rc Rm Rv Rw Rz



## **APPENDICE - Aree di raccolta e numero annuo di eventi pericolosi**

### Struttura

Area di raccolta per fulminazione diretta della struttura  $AD = 8,05E-04 \text{ km}^2$

Area di raccolta per fulminazione indiretta della struttura  $AM = 4,02E-01 \text{ km}^2$

Numero di eventi pericolosi per fulminazione diretta della struttura  $ND = 1,61E-03$

Numero di eventi pericolosi per fulminazione indiretta della struttura  $NM = 1,61E+00$

### Linee elettriche

Area di raccolta per fulminazione diretta (AL) e indiretta (AI) delle linee:

LINEA MT

$AL = 0,014000 \text{ km}^2$

$AI = 1,400000 \text{ km}^2$

Numero di eventi pericolosi per fulminazione diretta (NL) e indiretta (NI) delle linee:

LINEA MT

$NL = 0,000056$

$NI = 0,005600$

## **APPENDICE - Valori delle probabilità P per la struttura non protetta**

Zona Z1: CABINA DI PROGETTO

$PA = 1,00E+00$

$PB = 1,0$

$PC$  (IMPIANTO FM E ILLUMINAZIONE) =  $0,00E+00$

$PC = 0,00E+00$

$PM$  (IMPIANTO FM E ILLUMINAZIONE) =  $2,12E-07$

$PM = 2,12E-07$

$PU$  (IMPIANTO FM E ILLUMINAZIONE) =  $0,00E+00$

$PV$  (IMPIANTO FM E ILLUMINAZIONE) =  $0,00E+00$

$PW$  (IMPIANTO FM E ILLUMINAZIONE) =  $0,00E+00$

$PZ$  (IMPIANTO FM E ILLUMINAZIONE) =  $0,00E+00$