


## CONVENZIONE ATTUATIVA PER SERVIZI DI ASSISTENZA TECNICA ANCHE DI CARATTERE TECNICO-INGEGNERISTICO PER LA RIQUALIFICAZIONE DEI PORTI E DELLE INFRASTRUTTURE PORTUALI

Interventi previsti dal Piano Nazionale per gli Investimenti Complementari al PNRR di cui al DM n. 330/2021 per l'elettificazione delle banchine dei Porti di Pesaro, Ancona, San Benedetto del Tronto, Pescara ed Ortona



### *Elettificazione delle banchine d'ormeggio per la fornitura di energia alle gru semoventi nel porto di Ortona*

Titolo elaborato			Tavola		
RELAZIONE TECNICA			PFTE-OR-RTE-02-00		
Redatto da:  INGEGNERIA TERRITORIO AMBIENTE  Il Responsabile del Procedimento Ing. Fabio Tamburrino   Project Manager Ing. Linda Rado			Data : Maggio 2023  GRUPPO DI LAVORO:  Prof. Ing. L. MARTIRANO Ing. L. RADO Ing. M. DERI Ing. E. FORESI Dott.ssa N. PATICCHIO Ing. G. BORZI Geom. M. TEMPESTA		
Responsabile della Convenzione e Direttore Tecnico Ing. Enrico BRUGIOTTI					
Rev.	Data	Descrizione modifica	verificato		approvato
0	05/2023	Prima emissione			



## Sommario

1. Premesse .....	2
2. Impianti esistenti.....	2
3. Aree oggetto dell'intervento .....	2
4. Analisi del fabbisogno di potenza elettrica per le gru.....	3
5. Vincolo relativo al limite di potenza disponibile da parte del Distributore .....	7
6. Punti di consegna previsti nel progetto .....	8
7. Problematiche relative all'avvio sincrono di più gru con potenza disponibile limitata da parte del distributore. ....	9
8. Descrizione degli interventi .....	10
9. Impianti elettrici per le gru della Banchina di Riva .....	10
10. Impianti elettrici per le gru del Molo Nord.....	12
11. Caratteristiche generali del sistema elettrico per il servizio di alimentazione delle gru del Molo Nord e della Banchina di Riva .....	13
12. Cabine elettriche .....	15
13. Quadri di media tensione a 20 kV.....	17
14. Quadri di media tensione a 6 kV nelle cabine di trasformazione QMT-BR-6kV e QMT-MN-6kV 19	
15. Trasformatori di potenza 20/6 kV 2,5 MVA .....	21
16. Rete MT a 6 kV.....	21
17. Rete BT per gli ausiliari.....	22
18. Ausiliari di cabina in BT e gruppi soccorritori .....	22
19. Collegamenti MT.....	22
20. Cavi BT e cavi segnale .....	24
21. Cavidotti e scavi.....	25
22. Predisposizione cavidotti per distributori .....	26
23. Impianto di terra generale .....	27
24. Gestione del neutro del sistema .....	27
25. Gestione del sistema elettrico .....	27
26. Punti di connessione delle gru .....	27
27. Sistema di supervisione, telecontrollo e monitoraggio .....	28
28. Modello gestionale del sistema.....	29

## 1. Premesse

La presente relazione si riferisce al progetto per l'elettificazione della zona commerciale del Porto di Ortona nella Provincia di Chieti. Nello specifico gli interventi prevedono:

- l'elettificazione della zona commerciale del Molo Nord al fine di alimentare elettricamente le gru operanti nell'area;
- l'elettificazione della zona commerciale della Banchina di Riva al fine di alimentare elettricamente le gru operanti nell'area.

La necessità è quella di garantire una alimentazione elettrica delle gru che operano nelle aree commerciali del Molo Nord e della Banchina di Riva al fine di contenere le emissioni in atmosfera durante le operazioni di scarico, carico e movimentazione.

## 2. Impianti esistenti

Le infrastrutture che insistono nell'area portuale di Ortona sono alimentate elettricamente da punti di allaccio in bassa tensione con il concessionario (distributore localmente competente) Odoardo Zecca. All'interno del sedime portuale sono presenti alcune cabine MT/BT di proprietà di Zecca, in particolare la Cabina Martello, la Cabina Porto, la Cabina Pasquini e la Cabina Micoperi. Non ci sono attualmente connessioni in MT.

Il porto è costituito da:

- una banchina ad uso commerciale lunga oltre 350 m denominata Molo Nord dove lavorano alcune gru semoventi;
- una banchina ad uso passeggeri lunga circa 130 metri denominata Molo Martello;
- un'area portuale per diportisti delimitata dal Molo Mandracchio;
- una banchina ad uso commerciale lunga circa 590 m denominata Banchina di Riva dove operano gru semoventi.

All'interno dell'area commerciale lavorano attualmente diversi operatori gruisti.

Il porto è dotato di un Piano Regolatore Portuale ormai scaduto e in fase di rinnovo.

Il piano regolatore prevede un intervento di consolidamento della Banchina Martello mantenendo l'attuale sagoma.

## 3. Aree oggetto dell'intervento

Le aree del porto di Ortona oggetto degli interventi sono indicate nella figura seguente:

1. quella relativa alla zona commerciale del Molo Nord;
2. quella relativa alla zona commerciale della Banchina di Riva.



Figura 1. Porto di Ortona, aree interessate agli interventi.

#### 4. Analisi del fabbisogno di potenza elettrica per le gru

All'interno delle aree commerciali oggetto degli interventi lavorano attualmente diversi operatori attraverso l'impiego di gru attualmente non elettrificate.

Gli operatori che operano nelle aree commerciali prevedono nel futuro a breve e medio termine di elettrificare le gru utilizzate all'interno dell'area portuale.

Type of crane	HMK170E	HMK260E	HMK300E	HMK170E	HMK260E	HMK300E	HMK170E	HMK260E	HMK300E	HMK170E	HMK260E	HMK300E	HMK170E	HMK260E	HMK300E
Voltage Supply	3000 V	3000 V	3000 V	3300 V	3300 V	3300 V	4160 V	4160 V	4160 V	6000 V	6000 V	6000 V	6300 V	6300 V	6300 V
Tolerance	+/- 10%	+/- 10%	+/- 10%	+/- 10%	+/- 10%	+/- 10%	+/- 10%	+/- 10%	+/- 10%	+/- 10%	+/- 10%	+/- 10%	+/- 10%	+/- 10%	+/- 10%
Voltage Crane	400 V	400 V	400 V	400 V	400 V	400 V	400 V	400 V	400 V	400 V	400 V	400 V	400 V	400 V	400 V
frequency	50 Hz	50 Hz	50 Hz	50 Hz	50 Hz	50 Hz	50 Hz	50 Hz	50 Hz	50 Hz	50 Hz	50 Hz	50 Hz	50 Hz	50 Hz
cable-reels	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Cable															
Phase	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Cross section	35 mm <sup>2</sup>	35 mm <sup>2</sup>	35 mm <sup>2</sup>	35 mm <sup>2</sup>	35 mm <sup>2</sup>	35 mm <sup>2</sup>	35 mm <sup>2</sup>	35 mm <sup>2</sup>	35 mm <sup>2</sup>	35 mm <sup>2</sup>	35 mm <sup>2</sup>	35 mm <sup>2</sup>	35 mm <sup>2</sup>	35 mm <sup>2</sup>	35 mm <sup>2</sup>
Travelling distance	100 m	100 m	100 m	100 m	100 m	100 m	100 m	100 m	100 m	100 m	100 m	100 m	100 m	100 m	100 m
Current															
Starting 2-3 s	218 A	223 A	231 A	198 A	203 A	210 A	157 A	161 A	167 A	108 A	112 A	116 A	104 A	106 A	110 A
Average	Min	57 A	61 A	64 A	52 A	56 A	58 A	41 A	44 A	46 A	29 A	31 A	32 A	27 A	29 A
Average	Max	95 A	102 A	109 A	87 A	93 A	99 A	69 A	74 A	78 A	48 A	51 A	54 A	45 A	49 A

Figura 2. Datasheet di una gru di riferimento tipo Gottwald HMK170E alimentata a 6 kV.

I datasheet delle gru forniscono valori di corrente nel funzionamento in avvio (starting 2-3 s), average (minimo) e average (massimo).

Le gru previste sono riconducibili alle seguenti tipologie:

- Gru con potenza media di circa 560 kVA (tipo GOTTWALD modello ESP6);



- Gru con potenza media di circa 350 kVA (tipo GOTTWALD modello GHMK4406);
- Gru con potenza media di circa 300 kVA (tipo GOTTWALD modello HMK170);
- Gru con potenza media di circa 500 kVA (tipo ITLAGRU modello IHMC).

Il ciclo di funzionamento di una gru prevede continui ripetersi di fasi di avvio, movimento, stop, salita, discesa che determinano un ciclo di funzionamento con impegno di potenza che può essere definita:

- di potenza media, considerando il ciclo di funzionamento completo;
- di potenza massima, considerando cicli di funzionamento più impegnativi in termini di carico;
- di potenza di avvio, considerando le fasi di avvio della durata di 2-3 secondi che possono ripetersi con una certa frequenza nel corso del funzionamento della gru.

A titolo esemplificativo è riportato un esempio di ciclo di funzionamento di una operazione di carico/scarico merci di altra gru simile che evidenzia la durata del ciclo e l'impiego della potenza di spunto in diverse fasi del ciclo (M. Kermani, E. Shirdare, G. Parise, M. Bongiorno and L. Martirano, "A Comprehensive Technoeconomic Solution for Demand Control in Ports: Energy Storage Systems Integration," in IEEE Transactions on Industry Applications, vol. 58, no. 2, pp. 1592-1601, March-April 2022, doi: 10.1109/TIA.2022.3145769.).

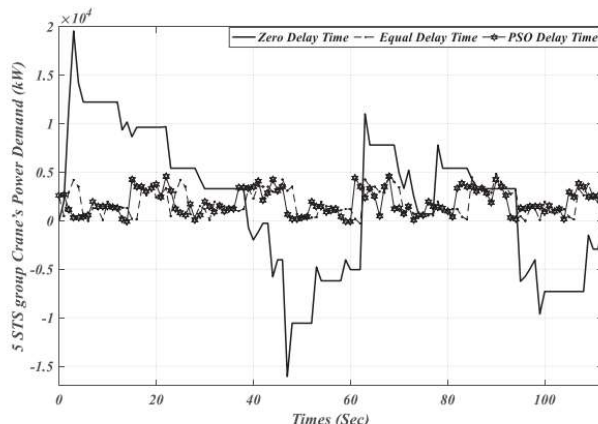


Figura 3. Esempio di ciclo di funzionamento di una gru portuale.

Nel calcolo del fabbisogno in termini di potenza elettrica si sono assunti come valori di riferimento:

- potenza assorbita media, per analisi dell'ordine del quarto d'ora;
- potenza assorbita massima, per analisi dell'ordine del quarto d'ora;
- potenza assorbita all'avvio, per analisi dell'ordine dei secondi.

Facendo riferimento alle gru previste impiegate nel porto, la tabella seguente riporta le caratteristiche essenziali delle gru che saranno impiegate nel porto.

Tipo	Modello	Potenza della gru [kVA]		
		Media	Max	Avvio
Konecranes Gottwald	ESP6	556	717	1250
Konecranes Gottwald	GHMK4406	341	544	1322
Konecranes Gottwald	HMK170	301	499	1133
Italgru	IMHC 2120	450	750	900

Nel calcolo di dimensionamento dei circuiti, dei trasformatori e del punto di consegna, si sono assunte combinazioni di potenze sia medie, sia massime, sia di avvio.

Come riferimento nei calcoli a seguire, si sono considerati i casi estremi dichiarati dai costruttori

- una potenza media in assorbimento di circa 560 kVA con  $\cos\phi = 0,9$
- una potenza media massima in assorbimento di circa 750 kVA con  $\cos\phi = 0,9$
- una potenza di avvio in assorbimento di circa 1350 kVA con  $\cos\phi = 0,8$ .

La potenza di avvio in assorbimento è caratterizzata da un  $\cos\phi$  ridotto a causa della corrente di magnetizzazione dei motori in fase di avvio.

Per quanto riguarda le potenze attive i valori di riferimento assunti sono:

- una potenza attiva media in assorbimento di circa 500 kW;
- una potenza media massima in assorbimento di circa 675 kW;
- una potenza di avvio in assorbimento di circa 1000 kW.

Al fine di quantificare il fabbisogno di potenza elettrica da parte del distributore, si è assunto come scenario di riferimento di massimo impiego a breve termine un utilizzo contemporaneo di:

- 3 gru operanti nel Molo Nord;
- 2 gru operanti nella Banchina di Riva.

Lo scenario di massimo impiego nel medio lungo termine potrà prevedere un utilizzo contemporaneo di:

- 4 gru operanti nel Molo Nord;
- 4 gru operanti nella Banchina di Riva.

Lo scenario a medio/lungo termine è assunto per il dimensionamento della rete elettrica (cabine , quadri, circuiti e trasformatori).

Per la richiesta di potenza al distributore si può assumere uno scenario a breve termine anche considerando le eventuali attuali limitazioni in potenza dichiarate dal distributore.



Come detto, per il dimensionamento dell'impianto occorre tenere conto dei cicli di funzionamento delle gru e delle potenze di avvio. Nella valutazione della potenza complessiva è possibile considerare come potenza di progetto la somma delle potenze medie delle gru, pensando ad uno scenario con 8 gru in parallelo e un coefficiente di contemporaneità complessivo pari a 0,9 per tenere conto del funzionamento comunque asincrono dei cicli di funzionamento.

Occorre considerare anche lo scenario in cui per pochi secondi (2-3 secondi) si ha l'avvio di alcune gru con le altre in funzionamento contemporaneo.

Fabbisogno di potenza dal distributore						
Descrizione	Scenario a breve termine			Scenario a medio/lungo termine		
	N.	Potenza max gru	Potenza di progetto	N.	Potenza max gru	Potenza di progetto
		kW	kW		kW	kW
Numero gru steady	1	500	500	4	500	2000
Numero gru in potenza max	2	675	1350	2	675	1350
Numero gru in avvio	2	1040	2080	2	1040	2080
coefficiente contemporaneità			0,9			0,9
Totale			<b>3537</b>			<b>4887</b>

Il dimensionamento dei circuiti di alimentazione delle singole gru in partenza dal quadro di cabina di molo può essere basato sulla potenza di avvio per tenere conto del ciclo di funzionamento delle gru con continui avvii.

Potenza di progetto per un circuito			
	Scenario a breve termine		
	#	Potenza max gru	Potenza di progetto
		kW	kW
Numero gru steady	1	500	500
Numero gru in potenza max	1	675	675
Numero gru in avvio	1	1040	1040

Il dimensionamento della singola cabina è basato sullo scenario di funzionamento a medio/lungo termine considerando a livello cautelativo il funzionamento parallelo di 4 gru nelle fasi di avvio, sincrono.

<b>Potenza di progetto di una cabina</b>			
<b>Scenario a medio/lungo termine</b>			
Descrizione	N.	Potenza max gru	Potenza di progetto
		kW	kW
Numero gru steady	0	500	0
Numero gru in potenza max	0	675	0
Numero gru in avvio	4	1040	4160
coefficiente contemporaneità			0,9
Totale			<b>3744</b>

In sintesi, il progetto assume come fabbisogno di potenza per l'intero sistema una potenza pari a:

- 3,5 MW a breve termine, ipotizzando 5 gru in funzionamento parallelo sulle due banchine;
- 4,8 MW a medio/lungo termine, ipotizzando 8 gru in funzionamento parallelo sulle due banchine.

## 5. Vincolo relativo al limite di potenza disponibile da parte del Distributore

Attraverso una serie di interlocuzioni con il distributore di zona Zecca Distribuzione di Ortona, è stato acquisito un vincolo relativo alla potenza disponibile nell'area a breve termine. Attualmente la disponibilità di potenza è pari a 1,7 MW per ciascuna delle due aree di utenza (Molo Nord e Banchina di Riva) che può essere fornita attraverso due punti di allaccio indipendenti. Non è possibile attualmente pensare ad un unico allaccio di potenza pari a quella di progetto (stimata a breve termine a 3,5 MW). Il distributore ha in previsione interventi di potenziamento della rete al termine dei quali la potenza disponibile su ciascun punto di allaccio potrà essere aumentata a circa 2,1 – 2,5 MW per ciascuno dei punti di allaccio indipendenti.

Tali vincoli sono determinanti nella scelta dell'architettura di rete che in prima ipotesi in fase di progettazione preliminare si era considerata con unico allaccio e rete MT interna e consegna pari a 3,5 MW. Tenendo conto della potenza disponibile dichiarata dal distributore, e tenendo conto della potenza di progetto prevedendo un certo numero di gru in funzionamento contemporaneo, l'architettura di rete realizzabile è stata impostata prevedendo due punti di allaccio indipendenti:

- uno per la zona Banchina di Riva
- uno per la zona Molo Nord

Il sistema progettato quindi è realizzato pensando a due punti di allaccio separati che alimenteranno due cabine separate:

- Cabina Banchina di Riva, alimentata dal punto di allaccio Banchina di Riva
- Cabina Molo Nord, alimentata dal punto di allaccio Molo Nord



## 6. Punti di consegna previsti nel progetto

Tenendo conto dei limiti del distributore e del fabbisogno di potenza stimato, il progetto prevede la realizzazione da parte del distributore di zona di due punti di consegna in media tensione a 20 kV con Potenza Disponibile pari a 1,7 MW ciascuno espandibili fino a 2,4 MW nel medio/lungo termine.

I punti di consegna sono previsti ubicati all'interno dell'area portuale nei punti indicati nella figura sottostante.

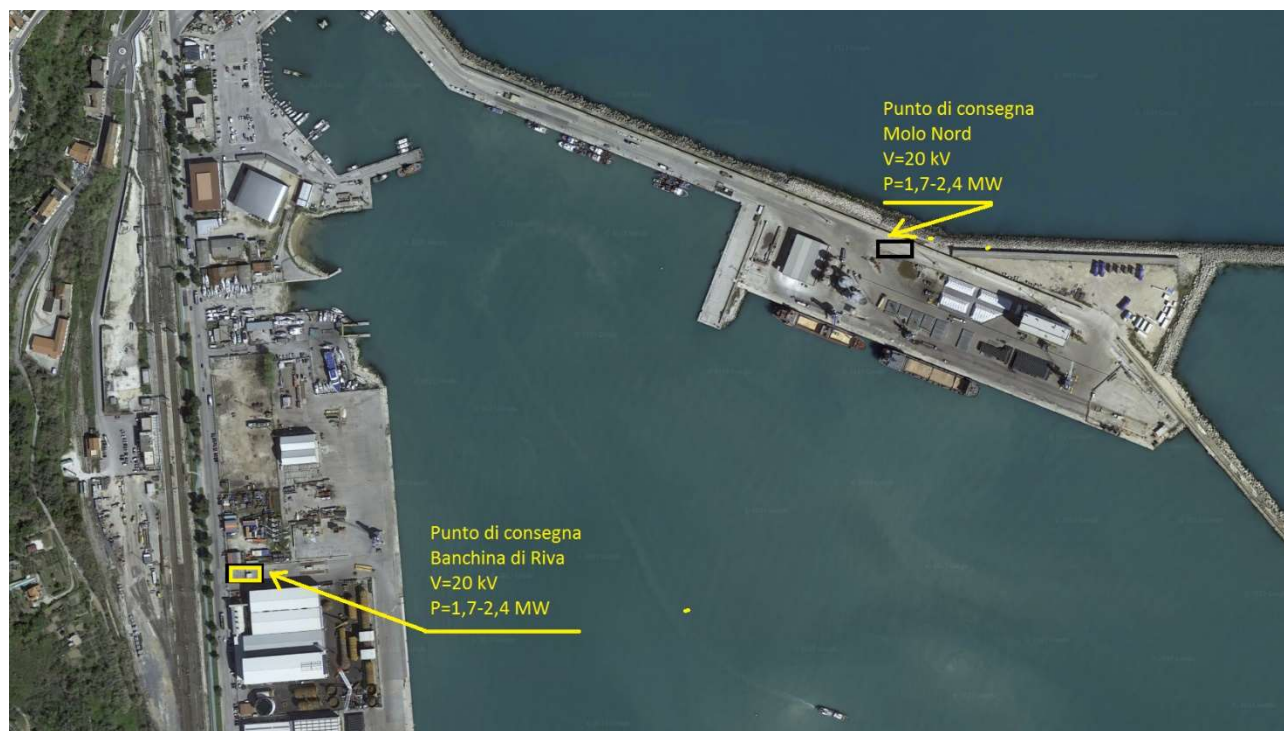


Figura 4. Porto di Ortona, ubicazione dei punti di consegna.

Il sistema si integrerà in modo efficace con l'infrastruttura di rete del distributore Zecca, offrendo l'opportunità di collegamenti ridondanti nella rete di Zecca e utilizzerà le ridondanze e le riconfigurazioni, garantendo quindi una ottima continuità del servizio.

A tal fine il progetto prevede come interventi di integrazione con la rete di Zecca la predisposizione alla richiusura in anello della dorsale MT del Molo nord consistente nella posa di un doppio tubo corrugato f 160mm in uno scavo dalla cabina ubicata nello stabilimento Fassa Bortolo fino ad arrivare alla cabina di consegna "cabina nord" e proseguire fino alla "cabina zecca" ubicata sotto il faro bianco nero alla base del molo nord, come rappresentato in figura.

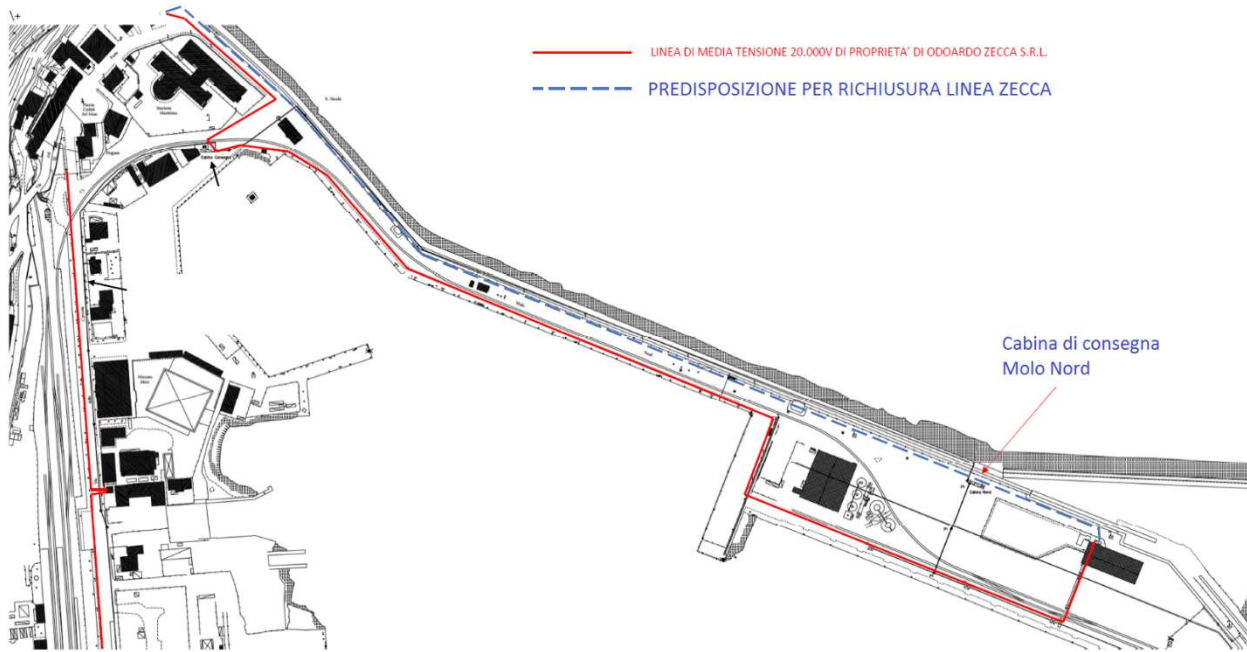


Figura 5. Punto di consegna Molo Nord e richiusura anello rete Zecca.

## 7. Problematiche relative all'avvio sincrono di più gru con potenza disponibile limitata da parte del distributore.

La potenza di progetto stimata come fabbisogno medio per ciascuna cabina è stimata pari a:

- 1,7 MW a breve termine;
- 2,4 MW a medio/lungo termine.

Il sistema progettato è capace di tollerare il funzionamento di 4 gru per cabina in parallelo anche in avviamento sincrono, che è una condizione gravosa in termini di corrente totale assorbita e di potenza reattiva assorbita anche se per un tempo limitato a 1 - 2 secondi, e comunque con basso livello di probabilità di accadimento. Il valore di potenza attiva così valutato è di circa 3,7 MW per cabina, che comunque si mantiene per un tempo estremamente limitato.

Il funzionamento contemporaneo in avvio di più gru è uno scenario con livello di probabilità modesto. In fase di progettazione esecutiva occorrerà valutare in accordo con il distributore eventuali impatti sulla rete di distribuzione a monte soprattutto nel caso in cui a lungo termine la potenza disponibile da parte del distributore sia limitata.

Si potranno valutare in fase di progettazione esecutiva, accorgimenti per evitare il funzionamento in avvio parallelo di più gru attraverso un sistema di controllo basato su logica SCADA di comunicazione con le gru per il controllo dei cicli di funzionamento e della potenza massima assorbita dal sistema.

Si potrà valutare anche come intervento migliorativo opzionale l'installazione di un sistema di compensazione della potenza reattiva tramite banchi di capacitori ad intervento e controllo ultrarapido. Tali accorgimenti potranno essere realizzati successivamente per garantire il funzionamento contemporaneo di più gru.

In ogni caso in fase di progettazione esecutiva occorrerà valutare con attenzione la taratura delle protezioni sia generale sia di trasformatore al fine di limitare il sovraccarico durante le fasi di avvio combinato delle gru.

## 8. Descrizione degli interventi

Gli interventi oggetto del presente progetto consistono in un sistema elettrico per l'alimentazione delle gru del Molo Nord e delle gru della Banchina di Riva avente un doppio punto di consegna con l'ente distributore concessionario di zona a livello di media tensione a 20 kV e un sistema di distribuzione a valle di ciascuna cabina realizzato alla tensione di 6 kV.

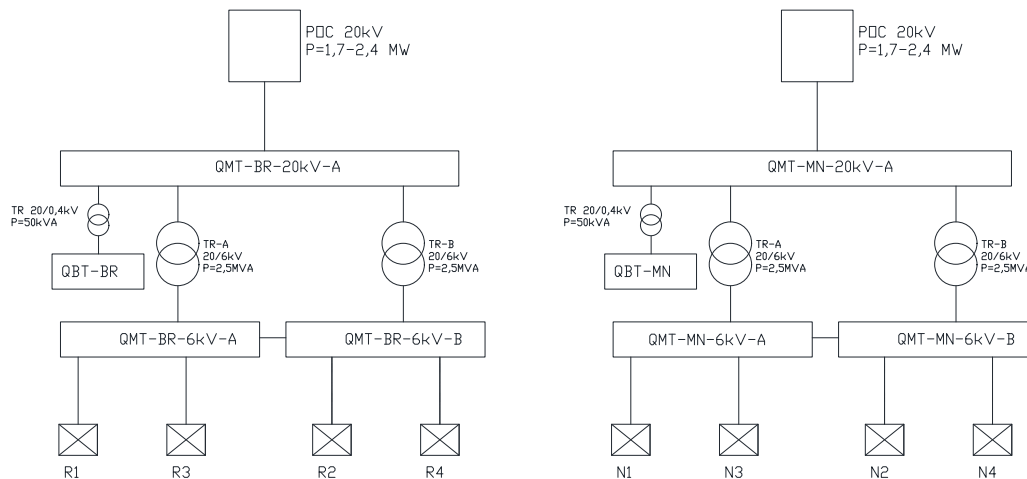


Figura 6. Schema a blocchi degli impianti

## 9. Impianti elettrici per le gru della Banchina di Riva

L'impianto elettrico per l'alimentazione delle gru della Banchina di Riva è costituito da:

- una cabina elettrica definita “cabina consegna banchina riva”, di dimensioni 6,70 x 2,50 x 2,60 m e suddivisione conforme alla regola tecnica di connessione norma CEI 0-16, in particolare conforme alla tipologia del tipo unificato DG2061/4 ed.9 costituita da:
- un “locale consegna” contenente il punto di consegna in MT a 20 kV;
- un “locale misure” contenente il gruppo misure;
- una cabina elettrica definita “cabina d'utenza banchina riva” contenente:

- il quadro elettrico generale di media tensione a 20 kV definito QMT-BR-20kV, costituito dall'arrivo con protezione generale, un'unità misure, due protezioni con interruttori automatici per i trasformatori di potenza 20/6 kV da 2,5 MVA, una protezione con fusibili per il trasformatore ausiliari di cabina;
- due trasformatori MT/MT 20/6 kV ciascuno di potenza nominale pari a 2,5 MVA dedicati all'alimentazione della rete elettrica alla tensione di 6 kV,;
- il sistema di messa a terra del neutro del secondario di ciascun trasformatore 20/6 kV al fine di realizzare un sistema con neutro a terra tramite resistenza;
- il quadro elettrico di media tensione a 6 kV, definito "QMT-BR-6kV", suddiviso in due sezioni A e B, con congiuntore e contenente gli arrivi dai trasformatori A e B e le partenze delle quattro alimentazioni, due per sezione, per le quattro colonnine di allaccio delle gru;
- un trasformatore MT/BT 20/0,4kV avente potenza nominale pari a 50 kVA per l'alimentazione degli ausiliari, definiti TR-AUX;
- un quadro di bassa tensione definito QBT-BR, contenente le protezioni per i circuiti ausiliari di servizio alla cabina consegna e ai sistemi di supervisione, misura e monitoraggio;
- il gruppo soccorritore di cabina;
- gli impianti ausiliari di cabina;
- il quadro rack per il sistema di controllo e supervisione del sistema.
- collegamenti a partire dal punto di consegna fino al quadro QMT-BR-20 kV, realizzati con cavi MT unipolari posati a trifoglio, con conduttori in alluminio isolati in mescola elastomerica, di sezione pari a 150 mm<sup>2</sup>, completi di giunti di connessione;
- collegamenti a partire dal quadro QMT-BR-20 kV fino ai trasformatori 20/6 kV, realizzati con cavi MT unipolari con conduttori in rame isolati in mescola elastomerica di sezione pari a 95 mm<sup>2</sup>, completi di giunti di connessione;
- collegamenti a partire dal quadro QMT-BR-20 kV fino al trasformatore 20/0,4 kV degli ausiliari, realizzati con cavi MT unipolari con conduttori in rame isolati in mescola elastomerica di sezione pari a 35 mm<sup>2</sup>, completi di giunti di connessione;
- collegamenti dai secondari dei trasformatori 20/6 kV fino al quadro QMT-BR-6 kV, con cavi MT unipolari con conduttori in rame isolati in EPR di sezione pari a 150 mm<sup>2</sup>, completi di giunti di connessione;
- collegamenti in cavo MT a 6 kV a partire dai quadri QMT-BR-6kV fino ai pozzetti di allaccio delle gru, con cavi MT unipolari armati con conduttori in alluminio isolati in EPR di sezione pari a 50 mm<sup>2</sup>;

- sistema di cavidotti a doppia parete interrati entro apposito scavo e dotati di pozzetti rompitratta e di ispezione secondo le specifiche riportate nelle tavole allegate, per i percorsi dalla cabina fino ai punti di allaccio delle gru, opportunamente suddivisi per le alimentazioni MT, le alimentazioni BT e i cavi di segnale;
- sistema di pozzetti di allaccio delle gru, nel numero di 4 denominati R1, R2, R3 e R4, posizionati ad una interdistanza di circa 100 m, costituite da pozzetto stagno avente grado di protezione idoneo e contenente una presa speciale MT per la connessione del cordone MT della gru;
- Sistema di supervisione, telecontrollo e monitoraggio degli impianti.

## **10. Impianti elettrici per le gru del Molo Nord**

L'impianto elettrico per l'alimentazione delle gru del Molo Nord è costituito da:

- una cabina elettrica definita “cabina consegna molo nord”, di dimensioni 6,70 x 2,50 x 2,60 m e suddivisione conforme alla regola tecnica di connessione norma CEI 0-16, in particolare conforme alla tipologia del tipo unificato DG2061/4 ed.9 costituita da:
  - un “locale consegna” contenente il punto di consegna in MT a 20 kV;
  - un “locale misure” contenente il gruppo misure;
- una cabina elettrica definita “cabina d'utenza molo nord” contenente:
  - il quadro elettrico generale di media tensione a 20 kV definito QMT-MN-20kV, costituito dall'arrivo con protezione generale, un'unità misure, due protezioni con interruttori automatici per i trasformatori di potenza 20/6 kV da 2,5 MVA, una protezione con fusibili per il trasformatore ausiliari di cabina;
  - due trasformatori MT/MT 20/6 kV ciascuno di potenza nominale pari a 2,5 MVA dedicati all'alimentazione della rete elettrica alla tensione di 6 kV,;
  - il sistema di messa a terra del neutro del secondario di ciascun trasformatore 20/6 kV al fine di realizzare un sistema con neutro a terra tramite resistenza;
  - il quadro elettrico di media tensione a 6 kV, definito “QMT-MN-6kV”, suddiviso in due sezioni A e B, con congiuntore e contenente gli arrivi dai trasformatori A e B e le partenze delle quattro alimentazioni, due per sezione, per le quattro colonnine di allaccio delle gru;
- un trasformatore MT/BT 20/0,4kV avente potenza nominale pari a 50 kVA per l'alimentazione degli ausiliari, definiti TR-AUX;
- un quadro di bassa tensione definito QBT-MN, contenente le protezioni per i circuiti ausiliari di servizio alla cabina consegna e ai sistemi di supervisione, misura e monitoraggio;



- il gruppo soccorritore di cabina;
- gli impianti ausiliari di cabina;
- il quadro rack per il sistema di controllo e supervisione del sistema.
- collegamenti a partire dal punto di consegna fino al quadro QMT-MN-20 kV, realizzati con cavi MT unipolari posati a trifoglio, con conduttori in alluminio isolati in mescola elastomerica, di sezione pari a  $150 \text{ mm}^2$ , completi di giunti di connessione;
- collegamenti a partire dal quadro QMT-MN-20 kV fino ai trasformatori 20/6 kV, realizzati con cavi MT unipolari con conduttori in rame isolati in mescola elastomerica di sezione pari a  $95 \text{ mm}^2$ , completi di giunti di connessione;
- collegamenti a partire dal quadro QMT-MN-20 kV fino al trasformatore 20/0,4 kV degli ausiliari, realizzati con cavi MT unipolari con conduttori in rame isolati in mescola elastomerica di sezione pari a  $35 \text{ mm}^2$ , completi di giunti di connessione;
- collegamenti dai secondari dei trasformatori 20/6 kV fino al quadro QMT-MN-6 kV, con cavi MT unipolari con conduttori in rame isolati in EPR di sezione pari a  $150 \text{ mm}^2$ , completi di giunti di connessione;
- collegamenti in cavo MT a 6 kV a partire dai quadri QMT-MN-6kV fino ai pozzetti di allaccio delle gru, con cavi MT unipolari armati con conduttori in alluminio isolati in EPR di sezione pari a  $50 \text{ mm}^2$ ;
- sistema di cavidotti a doppia parete interrati entro apposito scavo e dotati di pozzetti rompitratta e di ispezione secondo le specifiche riportate nelle tavole allegate, per i percorsi dalla cabina fino ai punti di allaccio delle gru, opportunamente suddivisi per le alimentazioni MT, le alimentazioni BT e i cavi di segnale;
- sistema di pozzetti di allaccio delle gru, nel numero di 4 denominati N1, N2, N3 e N4, posizionati ad una interdistanza di circa 100 m, costituite da pozzetto stagno avente grado di protezione idoneo e contenente una presa speciale MT per la connessione del cordone MT della gru;
- Sistema di supervisione, telecontrollo e monitoraggio degli impianti.

## **11. Caratteristiche generali del sistema elettrico per il servizio di alimentazione delle gru del Molo Nord e della Banchina di Riva**

Il sistema di alimentazione progettato dovrà essere in grado di distribuire le potenze necessarie all'alimentazione delle gru che lavoreranno nelle aree della Banchina di Riva e del Molo Nord.

Le gru che saranno alimentate sono previste elettrificate mediante sistema di motorizzazione alimentato in bassa tensione e dotati di trasformatore di gru alla frequenza di 50 Hz con ingresso da 6 kV e uscita alla tensione di 440V.

Lo studio preliminare della rete ha valutato diverse ipotesi di architettura. Dopo una analisi di diverse configurazioni di impianto, con architetture radiali, ad anello e doppio radiale e considerando le varie opzioni di trasformazione sia centralizzata nella cabina smistamento sia distribuita nelle cabine di molo, sia con allaccio unico che con allacci indipendenti, è stato deciso di assumere una configurazione caratterizzata da:

- Punti di allaccio indipendenti per le due reti Molo Nord e Banchina di Riva.
- Una cabina di trasformazione per ciascun molo, ubicata in posizione favorevole per l'alimentazione delle gru e comunque coordinata con la rete del Distributore Zecca.
- Livello di tensione pari a 6 kV per il sistema di distribuzione terminale fino alle gru di banchina, per evitare l'alimentazione delle gru direttamente con la tensione di 20 kV del distributore limitando il livello di corto circuito e garantendo un sistema con trasformatori di proprietà e gestione del neutro ottimizzata.
- Doppio trasformatore per ciascuna cabina, ciascuno di potenza pari a 2,5 MVA, per aumentare la continuità del servizio del sistema e per attutire i fenomeni di sovracorrente per in rush delle gru.
- Gestione del neutro del sistema a 6 kV a terra tramite resistenza al fine di garantire il corretto coordinamento delle protezioni.
- Suddivisione del quadro a 6 kV in due sezioni A e B (arancio e blu) con congiuntore, e ulteriore suddivisione della rete MT a valle a 6 kV in due sezioni A e B riconfigurabili con congiuntori, per garantire il massimo livello di continuità del servizio possibile anche nel caso di eventi indesiderati e manutentivi riferibili a componenti di impianto;

La possibilità di richiudere con congiuntore le due cabine tramite linea apposita è stata scartata per evitare diseconomie, avendo a disposizione già l'infrastruttura della rete del Distributore Zecca che attraverso accorgimenti concordati consentirà richiusure con doppie alimentazioni da concordare tramite apposito regolamento d'esercizio che sarà dettagliato in fase di progettazione esecutiva e successiva direzione lavori.

La distribuzione dei punti di allaccio in banchina è pensata in modo tale che in caso di disservizio su una delle due sezioni di impianto, ci sia disponibile la seconda sezione di impianto per l'alimentazione delle altre due postazioni in banchina.

## 12. Cabine elettriche

Le cabine elettriche sono previste realizzate in strutture in calcestruzzo armato prefabbricato per apparecchiature elettriche aventi le seguenti dimensioni:

Cabina Consegna Banchina Riva	lxpxh 6,7x2,5x2,6 m (DG2061/4)
Cabina d'utenza Banchina Riva:	lxpxh 18x2,5x3,2 m (3 cabine da circa 6m ciascuna)
Cabina Consegna Molo Nord:	lxpxh 6,7x2,5x2,6 m (DG2061/4)
Cabina d'utenza Molo Nord:	lxpxh 18x2,5x3,2 m (3 cabine da circa 6m ciascuna)

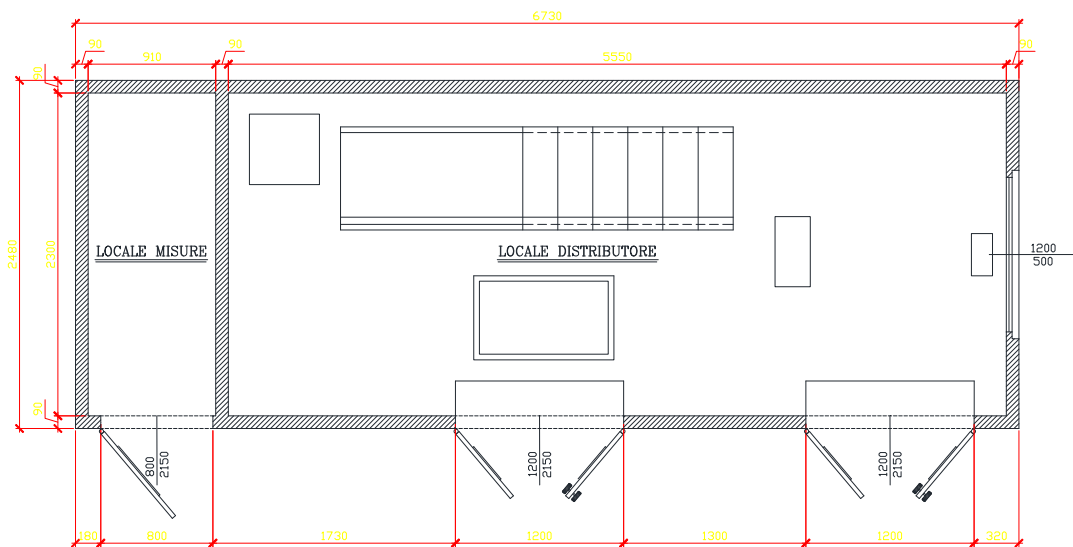


Figura 7. Planimetria della cabina consegna (cabina consegna Banchina Riva e cabina consegna Molo Nord)

Le cabine sono previste realizzate in strutture in calcestruzzo armato prefabbricato per apparecchiature elettriche con le seguenti caratteristiche.

Le cabine d'utenza sono costituite da tre strutture indipendenti ciascuna di larghezza pari a circa 6 metri come rappresentato in dettaglio nella tavola.

Nel locale 1 sono contenuti il quadro MT a 20kV e Trasformatore ausiliari opportunamente separati da parete divisorie.

Nel locale 2 sono contenuti vano BT (con quadri, scala e altri ausiliari) e trasformatori di potenza opportunamente separati da parete divisorie.

Nel locale 3 è contenuto il quadro MT a 6 kV.

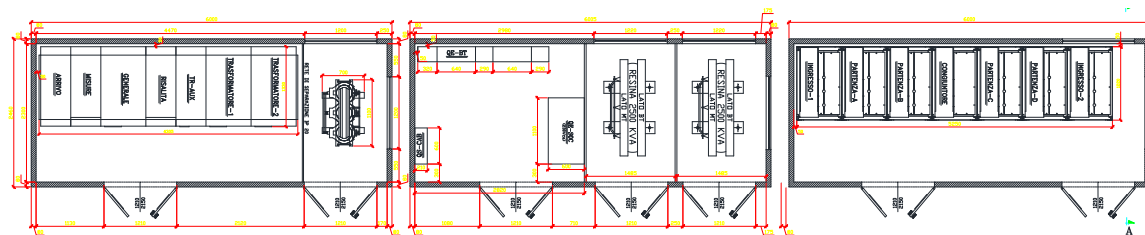


Figura 8. Planimetria delle cabine Molo Nord e Banchina Riva.

I manufatti prefabbricati devono essere realizzati da elementi componibili prefabbricati in calcestruzzo armato vibrato o a struttura monoblocco, tali da garantire pareti interne lisce senza nervature e una superficie interna costante lungo tutte le sezioni orizzontali.

Il calcestruzzo utilizzato per la realizzazione degli elementi costituenti i box deve essere additivato con fluidificanti-impermeabilizzanti al fine di ottenere adeguata protezione contro le infiltrazioni d'acqua per capillarità.

I manufatti realizzati devono assicurare verso l'esterno un grado di protezione IP 33 Norme CEI EN 60529. A tale scopo le porte e le finestre utilizzate devono essere del tipo omologato e-distribuzione. Tutte le cabine, indipendentemente dalla tipologia costruttiva, devono poter essere sollevate complete di apparecchiature ad eccezione del trasformatore.

Il calcestruzzo utilizzato deve essere conforme alla Norma Europea UNI-EN 206-1 con i requisiti sottoelencati:

- classe di resistenza a compressione C32/40;
- classe di esposizione (UNI11104) XC4;
- diametro massimo inerte 20 mm;
- classe di contenuto in cloruri CI 0,40.
- Rapporto acqua/cemento max 0.60

Le armature devono avere i requisiti sottoelencati:

- barre ad aderenza migliorata B450C saldabile;
- rete e tralicci elettrosaldati B450A o B450C.

La copertura deve essere opportunamente ancorata alla struttura e garantire un coefficiente medio di trasmissione del calore minore di  $3,1 \text{ W/}^\circ\text{C m}^2$ . La copertura sarà a due falde - lati corti - ed avrà un pendenza del 2% su ciascuna falda e dovrà essere dotata per la raccolta e l'allontanamento dell'acqua piovana, sui lati lunghi, di due canalette in VTR di spessore di 3 mm.

La copertura deve essere inoltre protetta da un idoneo manto impermeabilizzante prefabbricato costituito da membrana bitume-polimero, flessibilità a freddo -10° C, armata in filo di poliestere e rivestita superiormente con ardesia, spessore 4 mm (esclusa ardesia), che sormonta la canaletta.

La copertura stessa, fermo restando le altre caratteristiche geometriche e meccaniche, potrà essere fornita a una/due falde con pendenza come richiesto dalle Autorità competenti – Comuni, Sovrintendenze Beni Culturali ed ambientali etc. - prevedendo un rivestimento in cotto o laterizio (coppi o tegole) oppure in pietra naturale o ardesia.

La ventilazione all'interno della cabina è ottenuta in modo naturale tramite l'impiego di aspiratori eolici installati in copertura e di griglie di aerazione installate in parete sul fianco della cabina.

Gli aspiratori eolici in acciaio AISI 304 hanno un diametro di 250 mm. e sono dotati di rete di protezione antinsetto, removibile a maglia 10/10 mm. con sistema di bloccaggio dall'interno.

Le cabine saranno conformi alle norme:

- Legge 5 Novembre 1971 n. 1086: “Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica”
- Legge 2 Febbraio 1974 n. 64: “Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche”
- D.P.R. 6 giugno 2001, n. 380: “Testo unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia edilizia”
- D.M. 17 gennaio 2018: NTC 2018 “Norme tecniche per le costruzioni”
- D.M. 22 gennaio 2008, n.37: “Disposizioni in materia di attività di installazione degli impianti all'interno di edifici”
- D.M. 19 maggio 2010: modifica degli allegati al D.M. 22 gennaio 2008, n.37
- Regolamento Europeo UE 305/2011 – Regolamento prodotti da costruzione - CPR
- Norma UNI EN ISO 1461: “Zincatura a caldo”
- Norma CEI EN 60529: “Gradi di protezione degli involucri (Codice IP)”
- Norma UNI EN 12504-2:2001: “Prove non distruttive su cls”
- Norma EN 10088-1: 2005: “Lista degli acciai inossidabili”
- Norma CEI EN 50522:2011-07: “Messa a terra di impianti con tensione superiore a 1 kV”

### **13. Quadri di media tensione a 20 kV**

Per ciascun impianto, subito a valle del punto di consegna in MT a 20 kV da parte dell'ente distributore è previsto installato il quadro elettrico generale di media tensione QMT-MN-20kV e QMT-BR-20-kV,



Il quadro è previsto realizzato mediante unità funzionali con isolamento in SF6 del tipo Schneider Electric o equivalenti.

Il QMT-MN-20-kV (e QMT-BR-20-kV) è previsto costituito dalle seguenti unità:

- arrivo generale con risalita sbarre, del tipo Schneider Electric GAM2 o equivalente;
- misure, del tipo Schneider Electric CM o equivalente;
- protezione generale di impianto PG, costituita da interruttore automatico con sezionatore e risalita, del tipo Schneider Electric DM1G o equivalente;
- protezione trasformatore sezione A 20/6 kV da 2,5 MVA, costituita da interruttore automatico con sezionatore, del tipo Schneider Electric DM1-A o equivalente;
- protezione trasformatore ausiliari 20/0,4 kV da 50 kVA, costituita da sezionatore sotto carico con fusibile, del tipo Schneider Electric QM o equivalente.

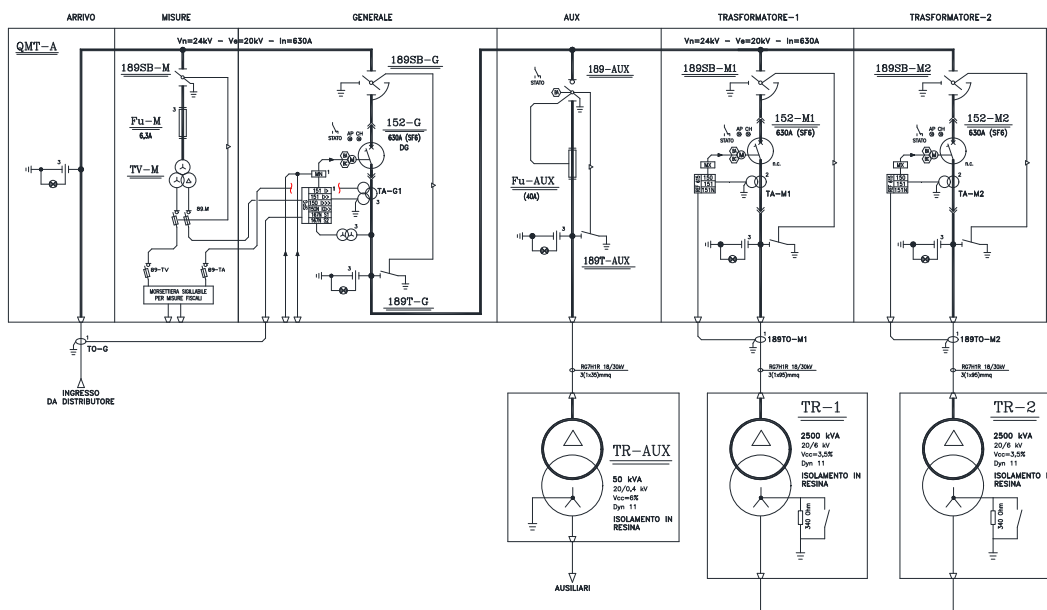


Figura 9. Schema unifilare del QMT-BR-20kV e QMT-MN-20kV

La protezione generale è prevista dotata di uno sganciatore del tipo Schneider Electric Sepam S41 o equivalente, conforme alla norma CEI 0-16, dotata dei relè codice ANSI protez.50/51 50N/51N 50BF 46 67N/67NC 32P 27 27S 59 59N 47 81H 81L.

La protezione del trasformatore ausiliari è prevista dotata di fusibile.

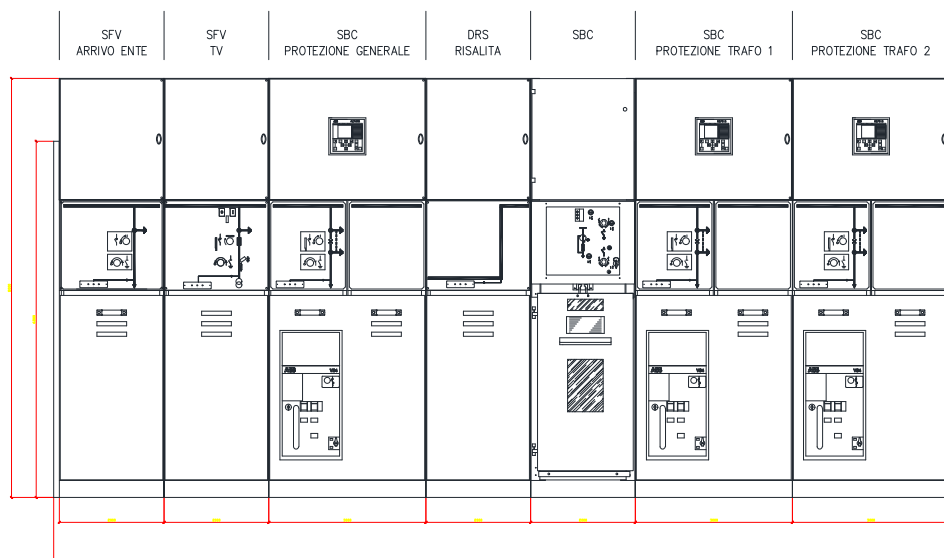


Figura 10. Fronte quadro del QMT-MN-20kV e QMT-BR-20kV

Il quadro di media tensione QMT-MN-20kV (QMT-BR-20kV) è costituito da unità funzionali del tipo Schneider SM6, isolate in SF6, con tensione nominale pari a 24 kV, tensione di esercizio pari a 20 kV, a tenuta ad arco interno.

Le dimensioni del quadro sono:

larghezza      4305 mm  
 profondità    1330 mm  
 altezza        2000 mm

#### 14. Quadri di media tensione a 6 kV nelle cabine di trasformazione QMT-BR-6kV e QMT-MN-6kV

All'interno di ciascuna delle due cabine di trasformazione è previsto installato il quadro elettrico di media tensione QMT-6kV per la protezione dei circuiti di distribuzione fino alle colonnine di allaccio delle gru:

- QMT-BR-6kV, suddiviso in sezione A e sezione B per la banchina riva
- QMT-MN-6kV, suddiviso in sezione A e sezione B per il molo nord

Ciascun quadro è previsto realizzato mediante unità funzionali con isolamento in SF6 del tipo.

Il QMT-6kV è previsto costituito dalle seguenti unità:

- arrivo generale dal trasformatore A 20/6 kV da 2,5 MVA, costituito da interruttore automatico con sezionatore, del tipo Schneider Electric DM1-A o equivalente;

- 2 protezioni circuiti di distribuzione MT, costituiti da interruttore automatico con sezionatore, del tipo Schneider Electric DM1-P o equivalente;
- Congiuntore,
- arrivo generale dal trasformatore B 20/6 kV da 2,5 MVA, costituito da interruttore automatico con sezionatore, del tipo Schneider Electric DM1-A o equivalente.
- 2 protezioni circuiti di distribuzione MT, costituiti da interruttore automatico con sezionatore, del tipo Schneider Electric DM1-P o equivalente.

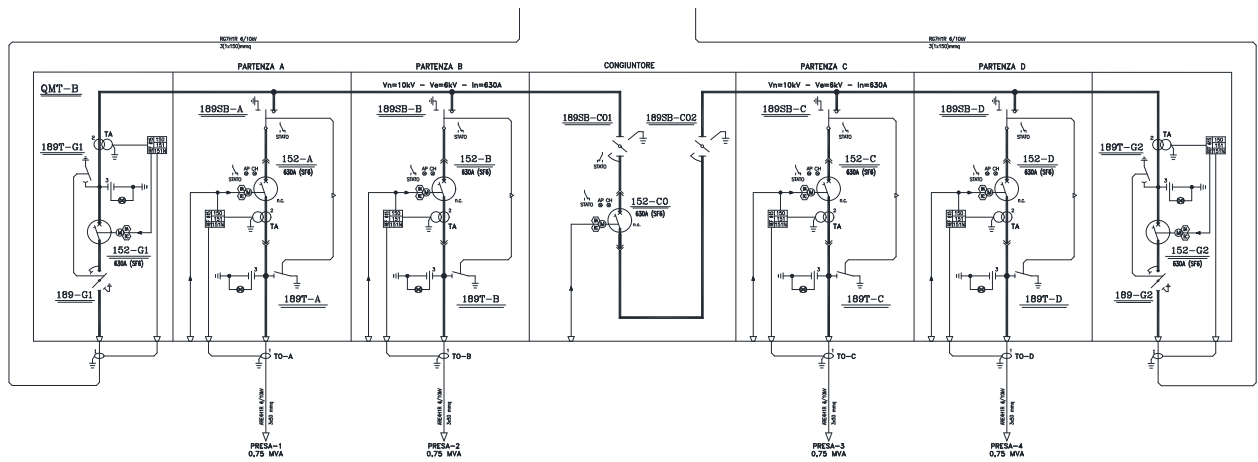


Figura 11. Schema unifilare del QMT-BR-6kV e QMT-MN-6kV.

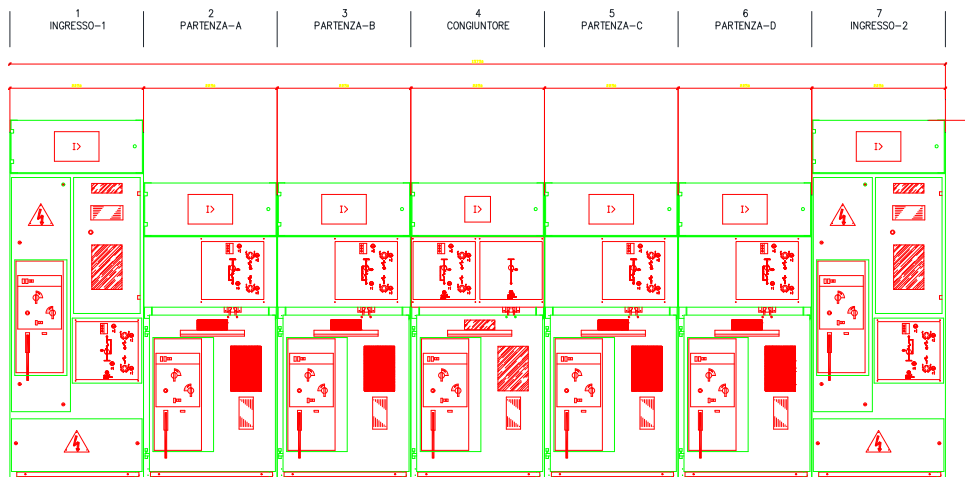


Figura 12. Fronte quadro del QMT-BR-6kV e QMT-MN-6kV.

Il quadro di media tensione QMT-BR-6kV e QMT-MN-6kV è costituito da unità funzionali del tipo Schneider SM6, isolate in SF6, con tensione nominale pari a 12 kV, tensione di esercizio pari a 6,6 kV, a tenuta ad arco interno, ed è caratterizzato dalle seguenti dimensioni:



larghezza: 5250 mm

altezza: 2015 mm

profondità: 1220 mm

### **15. Trasformatori di potenza 20/6 kV 2,5 MVA**

Per l'alimentazione del sistema di distribuzione in banchina a 50 Hz sono previsti impiegati per ciascuna cabina due trasformatori di potenza TR1 e TR2, per ciascuna sezione del sistema, del tipo a secco isolati in resina con avvolgimenti in alluminio, del tipo Tesar EU548/2014 - Eco Design: FASE 2 -  $PEI \geq 99,387$  o equivalente aventi le seguenti caratteristiche generali:

Potenza nominale: 2500 kVA

Frequenza nominale: 50 Hz

Tensione primaria: 20 kV

Tensione secondaria a vuoto: 6 kV

Campo di regolazione tensione %  $\pm 2 \times 2,5$

Livello di isolamento primario kV 24/50/125

Livello di isolamento secondario kV 6

Gli avvolgimenti adottati sono triangolo per il primario e stella con neutro accessibile per il secondario. Il punto di neutro del secondario è disponibile per la connessione all'impianto di terra tramite resistore di valore noto.

Il trasformatore è completo di centralina per il termocolloro del tipo Tesar TSX1 x PT100 o equivalente e di 3+3 termoresistenze PT100 cablate in cassetta.

### **16. Rete MT a 6 kV**

A partire dai quadri MT a 6 kV delle cabine Banchina Riva e Molo Nord è prevista la distribuzione verso i pozzetti di allaccio delle gru.

Per la banchina riva sono previsti 4 punti di allaccio denominati da R1 a R4. I punti di allaccio sono dislocati ad una interdistanza di circa 200 metri in modo ordinato da R1 a R4.

La sezione A dell'impianto alimenterà i punti di allaccio dispari R1 a R3.

La sezione B dell'impianto alimenterà i punti di allaccio pari R2 a R4.

Per la banchina molo nord sono previsti 4 punti di allaccio denominati da N1 a N4. I punti di allaccio sono dislocati ad una interdistanza di circa 100 metri in modo ordinato da N1 a N4.

La sezione A dell'impianto alimenterà i punti di allaccio dispari N1 e N3.

La sezione B dell'impianto alimenterà i punti di allaccio pari N2 e N4.

In questo modo sarà possibile alimentare le gru in modo tale da distribuire ordinatamente la potenza sulle due sezioni al fine di equilibrare il carico e aumentare la continuità del servizio in caso di esercizio con le due sezioni A e B aperte oppure nello scenario con un solo trasformatore in funzione.

### **17. Rete BT per gli ausiliari**

A valle dei trasformatori ausiliari è previsto un quadro generale BT denominato QBT-BR e QBT-MN per l'alimentazione di:

- impianti di servizio di cabina, luce, EI/FM;
- un quadro dedicato all'alimentazione dei soccorritori, per i circuiti di sicurezza;
- sistema di telecontrollo e supervisione
- eventuali ausiliari delle gru a bandiera di banchina;

E' prevista la predisposizione di cavidotti aggiunti per eventuali circuiti BT fino ai punti di allaccio delle gru.

### **18. Ausiliari di cabina in BT e gruppi soccorritori**

Gli ausiliari di sicurezza all'interno della cabina sono previsti alimentati tramite un quadro elettrico dedicato alimentato da un sistema di gruppi soccorritori 110Vcc ubicati nel locale ausiliari della cabina.

### **19. Collegamenti MT**

I collegamenti MT dal punto di consegna fino al quadro "QMT-20kV" sono del tipo ARG16H1NM16 unipolari con isolante G16 (Mescola isolante a base di gomma etilenpropilenica ad alto modulo a basso sviluppo di fumi ed acidità avente temperatura caratteristica di 90°C per utilizzo nei cavi secondo le classi di reazione al fuoco previste dal Regolamento Prodotti da Costruzione (CPR)), tensione 18/30 kV, schermatura H1, armatura a nastri N, conduttore in alluminio, avente sezione 1 x 150 mm<sup>2</sup> per fase.

I collegamenti MT dai quadri MT 20kV fino ai trasformatori sono del tipo RG7H1M1 unipolari con isolante G7 (Mescola a base di gomma etilenpropilenica ad alto modulo avente temperatura caratteristica di 90°C), tensione 18/30 kV, schermatura in fili di rame, conduttore in rame, avente sezione

- 1 x 95 mm<sup>2</sup> per i trasformatori 20/6kV da 2,5 MVA;
- 1 x 35 mm<sup>2</sup> per i trasformatori 20/0,4kV da 50 kVA.



I collegamenti MT dai trasformatori 20/6kV fino ai quadri MT a 6 kV, sono del tipo RG7H1M1 unipolari con isolante G7 (Mescola a base di gomma etilenpropilenica ad alto modulo avente temperatura caratteristica di 90°C), tensione 6/10 kV, schermatura in fili di rame, conduttore in rame, avente sezione

- 1 x 150 mm<sup>2</sup> per i secondari dei trasformatori 20/6kV da 2,5 MVA;

I collegamenti MT dai quadri MT a 6 kV fino ai punti di allaccio in banchina saranno realizzati in cavo del tipo ARG16H1NM16 unipolari G16 (Mescola isolante a base di gomma etilenpropilenica ad alto modulo a basso sviluppo di fumi ed acidità avente temperatura caratteristica di 90°C per utilizzo nei cavi secondo le classi di reazione al fuoco previste dal Regolamento Prodotti da Costruzione (CPR)), tensione 6/10kV, schermatura H1, armatura a nastri N, conduttore in alluminio, avente sezione 1 x 150 mm<sup>2</sup> per fase.

Le sezioni scelte soddisfano i criteri di dimensionamento per caduta di tensione, verifica termica e verifica di tenuta al corto circuito. A livello di progettazione esecutiva saranno svolti i calcoli di dettaglio per la verifica delle sezioni e della tenuta dei cavi elettrici alle condizioni anomale di funzionamento per sovraccarico e corto circuito.

La tabella seguente riporta i risultati dei calcoli relativi alla verifica dei circuiti MT a 20 kV e a 6 kV.

**Circuiti in partenza dal Quadro Elettrico QMT-20kV**

*Funzionamento a breve termine*

	P <sub>B</sub>	V	I <sub>B</sub>	lunghezza	conduttori	S	I <sub>Z</sub>	cosφ	r	x	R	X	Z	DV/V
	kVA	kV	A	m		mm <sup>2</sup>	A		ohm/km	ohm/km	ohm	ohm	ohm	%
GENERALE	2100	20	61	20	al	150	270	0,9	0,27	0,18	0,0054	0,0036	0,00649	0,01%
TR 20/6 SEZIONE A	1050	20	30	20	cu	95	277	0,9	0,248	0,18	0,00496	0,0036	0,006129	0,01%
TR 20/6 SEZIONE B	1050	20	30	20	cu	95	277	0,9	0,248	0,18	0,00496	0,0036	0,006129	0,01%

*Funzionamento a medio lungo termine*

	P	V	I	lunghezza		S	I <sub>Z</sub>	cosφ	r	x	R	X	Z	DV/V
	kVA	kV	A	m		mm <sup>2</sup>	A		ohm/km	ohm/km	ohm	ohm	ohm	%
GENERALE	3744	20	108	20	al	150	270	0,9	0,27	0,18	0,0054	0,0036	0,00649	0,02%
TR 20/6 SEZIONE A	1872	20	54	20	cu	95	277	0,9	0,248	0,18	0,00496	0,0036	0,006129	0,01%
TR 20/6 SEZIONE B	1872	20	54	20	cu	95	277	0,9	0,248	0,18	0,00496	0,0036	0,006129	0,02%

*Tabella 1. Calcolo dei circuiti MT a 20 kV*

**Circuiti in partenza dal Quadro Elettrico QMT Cabina Riva Sezione A**

	Sigla	P	V	I	lunghezza	S	I <sub>Z</sub>	cosφ	r	x	R	X	Z	DV/V
		kVA	kV	A	m	mm <sup>2</sup>	A		ohm/km	ohm/km	ohm	ohm	ohm	%
Linea GRU 1	R1	560	6	54	200	50	157	0,9	0,495	0,17	0,099	0,034	0,104676	0,2%
Linea GRU 1 avvio	R1	1350	6	130	200	50	157	0,9	0,495	0,17	0,099	0,034	0,104676	0,4%
Linea GRU 3	R3	560	6	54	400	50	157	0,9	0,495	0,17	0,198	0,068	0,209351	0,3%
Linea GRU 3 avvio	R3	1350	6	130	400	50	157	0,9	0,495	0,17	0,198	0,068	0,209351	0,8%

**Circuiti in partenza dal Quadro Elettrico QMT Cabina Riva Sezione B**

	Sigla	P	V	I	lunghezza	S	I <sub>Z</sub>	cosφ	r	x	R	X	Z	DV/V
		kVA	kV	A	m	mm <sup>2</sup>	A		ohm/km	ohm/km	ohm	ohm	ohm	%
Linea GRU 2	R2	560	6	54	300	50	157	0,9	0,495	0,17	0,1485	0,051	0,157014	0,2%
Linea GRU 2 avvio	R2	1350	6	130	300	50	157	0,9	0,495	0,17	0,1485	0,051	0,157014	0,6%
Linea GRU 4	R4	560	6	54	500	50	157	0,9	0,495	0,17	0,2475	0,085	0,261689	0,4%
Linea GRU 4 avvio	R4	1350	6	130	500	50	157	0,9	0,495	0,17	0,2475	0,085	0,261689	1,0%

*Tabella 2. Calcolo dei circuiti MT a 6 kV – Cabina Riva*

Circuiti in partenza dal Quadro Elettrico QMT Cabina Molo Nord Sezione A

	Sigla	P	V	I	condutt	lunghe	S	IZ	cosf	r	x	R	X	Z	DV/V
		kVA	kV	A		m	mm <sup>2</sup>	A		ohm/km	ohm/km	ohm	ohm	ohm	%
Linea GRU 1	N1	560	6	54	al	240	50	157	0,9	0,495	0,17	0,1188	0,0408	0,125611	0,2%
Linea GRU 1 avvio	N1	1350	6	130	al	240	50	157	0,9	0,495	0,17	0,1188	0,0408	0,125611	0,5%
Linea GRU 3	N3	560	6	54	al	140	50	157	0,9	0,495	0,17	0,0693	0,0238	0,073273	0,1%
Linea GRU 3 avvio	N3	1350	6	130	al	140	50	157	0,9	0,495	0,17	0,0693	0,0238	0,073273	0,3%

Circuiti in partenza dal Quadro Elettrico QMT Cabina Molo Nord Sezione B

	Sigla	P	V	I	condutt	lunghe	S	IZ	cosf	r	x	R	X	Z	DV/V
		kVA	kV	A		m	mm <sup>2</sup>	A		ohm/km	ohm/km	ohm	ohm	ohm	%
Linea GRU 2	N2	560	6	54	al	190	50	157	0,9	0,495	0,17	0,09405	0,0323	0,099442	0,2%
Linea GRU 2 avvio	N2	1350	6	130	al	190	50	157	0,9	0,495	0,17	0,09405	0,0323	0,099442	0,4%
Linea GRU 4	N4	560	6	54	al	290	50	157	0,9	0,495	0,17	0,14355	0,0493	0,15178	0,2%
Linea GRU 4 avvio	N4	1350	6	130	al	290	50	157	0,9	0,495	0,17	0,14355	0,0493	0,15178	0,6%

Tabella 3. Calcolo dei circuiti MT a 6 kV – Cabina Molo Nord

## 20. Cavi BT e cavi segnale

Per i collegamenti in bassa tensione è previsto l'impiego di cavi del tipo multipolare flessibile isolato in EPR sotto guaina di PVC, conforme ai requisiti previsti dalla Normativa Europea Regolamento UE 305/2011 - Prodotti da Costruzione CPR, con classe di reazione al fuoco Cca-s3,d1,a3, sigla di designazione FG16OR16 0,6/1kV.

Per la realizzazione dei collegamenti ausiliari all'interno della cabina saranno impiegati:

- cavo 4 coppie con conduttori in rame tipo AWG24 conforme ISO-IEC 11801 UTP non schermato guaina in pvc cat. 5E con impedenza caratteristica di 120  $\Omega$ , resistenza lineare inferiore a 100  $\Omega$ /km e capacità tra conduttori inferiore a 60 pF/m e tra conduttori e schermo inferiore a 100 pF/m.
- Cavo FTG10(O)M1 conforme CEI 20-45 a bassissima emissione di fumi e gas tossici conforme CEI 20-37 e 20-38, isolato con miscela elastomerica reticolata con sottoguaina di speciale miscela termoplastica, non propagante l'incendio conforme CEI 20-22 III per i comandi di emergenza.
- Cavo FG16(O)M16 0,6/1kV conforme alle norme CPR e CEI 20-13- CEI 20-38, con conduttore flessibile isolato in gomma G7, sotto guaina in materiale termoplastico, non propagante incendio (CEI 20-22/3) e a ridottissima emissione di gas tossici e a totale assenza di gas corrosivi (CEI 20-37/ parti 2-5-7, CEI 20-38/1): per i circuiti ausiliari, prese, alimentazione componenti elettronici e resistenze anticondensa.

I cavi sono previsti posati in tubazioni rigide, ovvero flessibili, pesanti, colore grigio RAL 7035, autoestinguenti ed autorinvenenti, in materiale a basso contenuto di alogeni, diametro 25 mm.

Per i collegamenti dati è previsto l'impiego di cavi in fibra ottica a 12 fibre ottiche multimodali OM4, 50/125 $\mu$ m con guaina antiroditore. Con classe di reazione al fuoco Cca-s1a,d1,a1.

## 21. Cavidotti e scavi

Sono previsti cavidotti incassati nei terreni stradali, nei piazzali e nelle banchine. Tutte le vie cavi saranno realizzate con passaggi ex-novo interrati.

I cavi di media tensione a 6 kV dalle cabine di molo ai punti di allaccio in banchina per le gru, sono previsti del tipo unipolare armato antiroditore con conduttori in alluminio e saranno posati entro cavidotti in polietilene a doppia parete interrati interrotti circa ogni 50 m da pozzetti di ispezione.

Oltre ai cavi unipolari MT, per ogni banchina è previsto un circuito elettrico BT per gli ausiliari di gru e un circuito di segnale in fibra ottica per il collegamento al sistema SCADA.

In definitiva, ogni punto di allaccio di gru è servito dai seguenti tubi a doppia parete posati interrati :

- 1 tubo f 160 mm “MT” per la posa dei tre cavi unipolari armati MT;
- 1 tubo f 110 mm “BT” per la posa del cavo multipolare BT per gli ausiliari della gru;
- 1 tubo f 110 mm “BT-riserva” per la predisposizione di riserva;
- 1 tubo f 110 mm “DATI” per i collegamenti dato;

E’ prevista la posa di ulteriori tubi di riserva.

I tubi sono posati entro scavo eseguito a sezione obbligata avente quota di fondo scavo pari a – 1200 mm.

La dimensione della larghezza dello scavo dipende dal tratto e ha una dimensione minima di 710 mm per i tratti che servono un solo punto di allaccio.

Nella planimetria allegata è riportato il dettaglio delle sezioni di tutti i tratti che si riporta di seguito nelle tabelle seguenti.

Sezione	f 160 mm	f 110 mm	f 110 mm	f 110 mm	f 110 mm	sezione
	MT	BT	RIS Riserva	AS altri servizi	FO fibra ottica	
AA	4	4	2	1	1	1340x1200mm
BB	3	2	2	1	1	1200x1200mm
CC	2	2	2	1	1	1200x1200mm
DD	1	1	1	1	1	710x1200mm

*Tabella 4. Abaco delle vie cavi per sezione*

Per l’infilaggio dei cavi e la manutenzione dei circuiti sono previsti pozzetti di ispezione separati tra circuiti di media tensione e circuiti di bassa tensione.

La tabella seguente riporta tutti i tratti di vie cavi con il riepilogo delle lunghezze e delle dotazioni di tubi.

Tratto	Da	A	lunghezza	SEZ	f160	f110	f160	f110	sezione verticale	volume	superficie
			m		N	N	m	m	m2	m3	m2
CN-PSN	Cabina Nord	Pozz. Smistam. MN	100	AA	4	8	400	800	1,608	160,8	134
PSN-N2	Pozz. Smistam. MN	Presa N2	40	CC	2	6	80	240	1,44	57,6	48
N2-N1	Presa N2	Presa N1	100	DD	1	4	100	400	0,852	85,2	85,2
PSN-N3	Pozz. Smistam. MN	Presa N3	70	CC	2	6	140	420	1,44	100,8	84
N3-N4	Presa N3	Presa N4	100	DD	1	4	100	400	0,852	85,2	85,2
Tratto	Da	A	lunghezza	SEZ	f160	f110	f160	f110	sezione verticale	volume	superficie
CR-PSR	Cabina Riva	Pozz. Smistam. BR/R1	200	AA	4	8	800	1600	1,608	321,6	268
R1-R2	Presa R1	Presa R2	100	BB	3	6	300	600	1,44	144	120
R7-R6	Presa R2	Presa R3	100	CC	2	6	200	600	1,44	144	120
R6-R5	Presa R3	Presa R4	100	DD	1	4	100	400	0,852	85,2	85,2
Totale			910				2220	5460		1184,4	1029,6

Tabella 5. Riepilogo delle caratteristiche e delle sezioni delle vie cavi

I pozzetti sono completi di chiusino carrabile in ghisa e sono ubicati circa ogni 50 metri e nei cambi di direzione come riportato nella tavola planimetrica.

Per ogni cambio di direzione o rompitratto è previsto un sistema di due pozzetti separati uno dedicato ai circuiti MT e uno dedicato ai circuiti BT e ausiliari.

## 22. Predisposizione cavidotti per distributori

E' prevista la posa di un doppio cavidotto f 160 mm nel tratto indicato in planimetria per la posa di cavi MT da parte del Distributore Zecca per collegamenti di integrazione con la rete di Zecca la predisposizione alla richiusura in anello della dorsale MT del Molo nord consistente nella posa di un doppio tubo corrugato f 160mm in uno scavo dalla cabina ubicata nello stabilimento Fassa Bortolo fino ad arrivare alla cabina di consegna "cabina nord" e proseguire fino alla "cabina zecca" ubicata sotto il faro bianco nero alla base del molo nord, come rappresentato in figura.

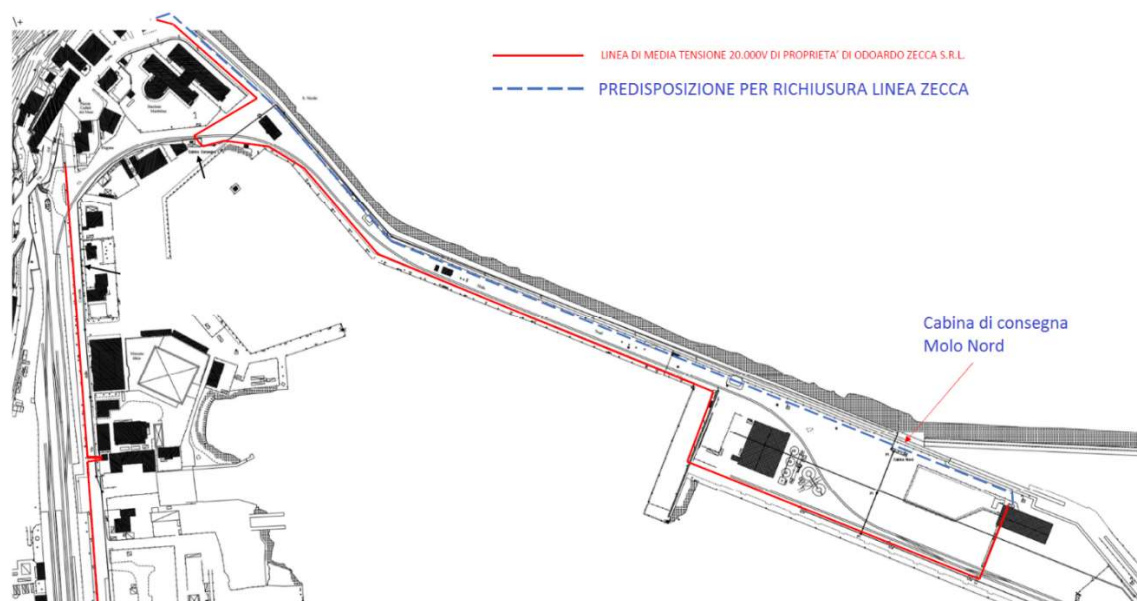


Figura 13. Punto di consegna Molo Nord e richiusura anello rete Zecca.

### 23. Impianto di terra generale

E' prevista la realizzazione di un impianto di terra generale costituito da dispersori verticali interrati all'interno delle cabine elettriche per un totale di 12 dispersori a impianto, e dispersori orizzontali costituiti da corda di rame nuda avente sezione pari a  $95 \text{ mm}^2$ , interrata lungo i percorsi di distribuzione dei cavidotti. All'interno dello scavo per ogni tratto di percorso è prevista la posa di una corda interrata per uno sviluppo totale per ciascun impianto di circa 500 m. All'impianto di terra sono collegate tutte le masse e le masse estranee dell'impianto.

### 24. Gestione del neutro del sistema

Il neutro del sistema a 20 kV è gestito isolato. Il neutro del sistema di alimentazione a 6 kV è gestito con collegamento a terra tramite impedenza nota.

### 25. Gestione del sistema elettrico

L'architettura del sistema progettato consente una riconfigurazione degli impianti sul lato a 6 KV tramite operazioni di apertura e chiusura del sezionatore di sbarra sotto carico IMS telecomandato per riconfigurare l'impianto per eventi di manutenzione e di guasto. L'esercizio e la manutenzione degli impianti tecnologici adottati nel sistema di alimentazione delle gru progettato comporta la necessità di impiego di personale specializzato e formato per gestione di reti di media tensione. Si tratta di attività specialistiche che non trovano molto riscontro nel personale portuale normalmente impiegato. Anche le operazioni di allaccio delle gru alla rete a 6 kV, sebbene prevista tramite sistema con presa e spina speciali, trattandosi di parti a media tensione, necessita di definire opportune procedure di lavoro e impiego di personale formato e specializzato.

### 26. Punti di connessione delle gru

Ciascuna banchina sarà equipaggiata con una infrastruttura di alimentazione elettrica costituita da punti di allaccio per le gru previsti ubicati entro appositi pozzetti.

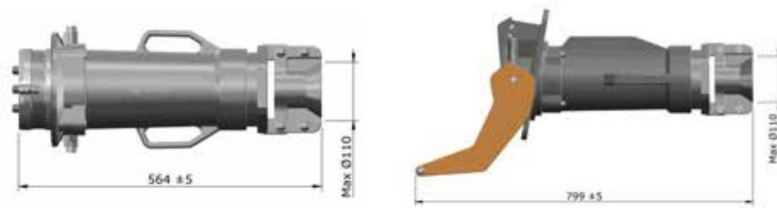




Il progetto prevede il posizionamento di un punto di allaccio ogni 100 m, secondo lo schema riportato nella tavola planimetrica.

Il punto di allaccio è previsto dotato di staffa di sostegno di un connettore a 6 kV del tipo Cavotech PC6 push & pull o equivalente aventi caratteristiche di isolamento fino a 15 kV e correnti fino a 400 A. Il grado di protezione quando connesso è pari a IP66.

Le prese e le spine saranno del tipo per cavi da 50 mm<sup>2</sup>, con corrente massima di 200A.



## 27. Sistema di supervisione, telecontrollo e monitoraggio

E' prevista la fornitura e posa in opera di un sistema completo di supervisione, telecontrollo e monitoraggio degli impianti sul modello SCADA. Per la parte hardware si è fatto riferimento ad ABB per la componentistica. Si potranno impiegare soluzioni equivalenti di primaria casa costruttrice.

Il sistema SCADA sarà in grado di fornire le seguenti funzioni:

- Monitoraggio energetico completo generale
- Monitoraggio energetico di ogni circuito per ogni gru
- Supervisione dello stato di funzionamento degli impianti
- Telecontrollo dei sezionatori sottocarico IMS per la riconfigurazione dell'impianto

Il sistema è previsto predisposto per una espansione che consente di gestire il funzionamento delle gru, al fine di ottimizzare i cicli di funzionamento per limitare le potenze massime transianti sui circuiti e sul punto di consegna.

Il sistema di supervisione sarà composto da mappe grafiche e pagine dedicate ai trend e allarmi. Il sistema avrà anche il compito di storicizzare tutte le grandezze e gli eventi elettrici. Grazie all'utilizzo del protocollo IEC 61850, anche la marcatura temporale degli eventi e delle grandezze sarà sincronizzata con tutte le apparecchiature della rete IEC 61850. Il sistema di supervisione verrà installato su Panel PC e si potrà agire direttamente sullo schermo senza utilizzare tastiera e mouse.

Il PLC avrà il compito di dialogare con tutti i relè MT acquisendo le grandezze elettriche e gestendo diversi scenari che verranno forniti dal cliente. Gli I/O fisici fungeranno da sistema di backup alla rete IEC61850 e Modbus TCP/IP, grazie ad una rete ethernet dedicata.

## **28. Modello gestionale del sistema**

La gestione amministrativa del servizio erogato comporta la necessità in fase di esecuzione di definire il miglior modello gestionale tenendo conto non solo di aspetti tecnici ed economici ma anche di natura regolatoria.

Al fine di rendere flessibile il modello gestionale sono state adottate le seguenti azioni:

- punto di fornitura dell'energia elettrica dedicato al servizio di alimentazione delle gru che rende possibile l'adozione di modelli gestionali full service con voltura della fornitura elettrica;
- centralizzazione della ubicazione degli apparati scada di monitoraggio e telecontrollo del sistema in una unica cabina generale;
- soluzioni tecnologiche standard sebbene raffinate e avanzate che possano agevolare la formazione specifica del personale tecnico che deve operare sugli impianti quotidianamente;
- realizzazione di un sistema di supervisione, telecontrollo e monitoraggio integrato che consente l'esercizio e la gestione del sistema mediante una piattaforma integrata user friendly predisposta anche per le azioni operative di movimentazione delle gru.
- Realizzazione di un sistema di monitoraggio energetico per ciascuna gru.