

PROGETTO DEFINITIVO **COLD IRONING**

LIVORNO

Titolo Elaborato:

COLLEGAMENTO SOTTOMARINO SGARALLINO

REV.	DATA	DESCRIZIONE	REDDATO:
02			
01	Mar. 2023	Seconda emissione	
00	Dic. 2022	Prima emissione	
<u>Progettista:</u> Ing. Davide Sciutto		<u>Gruppo di progettazione:</u> Ing. Giorgio Mainardi Ing. Barbara Bottoni Ing. David Zanobetti Geol. Dario D'Avino Progetec s.n.c.	
Coordinatore della progettazione:		Organismo di verifica	IL RUP
Ing. Davide Sciutto		Malvezzi & Partners	Ing. Sandra Muccetti
			Ing. Sandra Muccetti



Sommario

1	Premessa	3
1.1	Normativa di riferimento.....	3
1.2	Valutazioni da punto di vista della sicurezza delle persone	4
1.3	Descrizione fenomeno fisico contatto fra ancora e parte attiva del cavo	5
1.4	Valutazioni dal punto di vista della affidabilità elettrica del collegamento	6
2	Analisi comparativa tecnico / economica con altre soluzioni.....	8
2.1	Confronto affidabilità collegamento elettrico.....	8
2.2	Confronto economicità collegamento elettrico	8
2.3	Conclusioni.....	9
3	Specifiche tecniche conduttore sottomarino	9
4	Protezione elettrica del cavo.....	10
5	Installazione	10



1 Premessa

Il collegamento fra la cabina di conversione del terminal Traghetti e gli accosti di molo capitaneria è realizzato utilizzando un conduttore sottomarino in considerazione della minore distanza “via acqua” tra le due cabine rispetto al percorso via terra.

1.1 Normativa di riferimento

Ai sensi della norma CEI 11-1 art 1.1 comma c la linea di collegamento in oggetto rientra nel campo di applicazione della norma in quanto si tratta di cavo di collegamento all'interno di un unico stabilimento industriale collocato nel medesimo sito. L'area porto viene intesa come un unico sito industriale.

Ai sensi dell'art. 5.2.9.5 della CEI 11-1 i cavi sottomarini e sotterranei devono essere protetti meccanicamente quando affiorano dall'acqua o dal terreno. Non è pertanto necessario provvedere alla protezione del cavo nella parte sottomarina.

Cautelativamente si considera necessario proteggere meccanicamente l'intero tratto verticale del cavo dal piano banchina al fondale. Dal punto di vista normativo non è necessario provvedere alla protezione meccanica della parte di cavo posato sul fondale marino.

Sulla norma CEI 11-17 non vengono “tenuti in particolare considerazione le soluzioni speciali quali ad esempio la posa di cavi sottomarini” ma viene contemplata la posa di cavi: R1 cavo in acqua posato sul fondo e R2 cavo in acqua interrato sul fondo. Risultano essere di particolare importanza le indicazioni riportate al punto 4.3.13 circa le modalità di posa di cavi in acqua per brevi collegamenti subacquei quali la nostra applicazione. Vengono di seguito riportate le principali prescrizioni:

- il cavo deve essere adeguato al tipo di posa secondo le indicazioni del costruttore
- qualora il cavo possa essere soggetto a danneggiamenti meccanici esterni deve essere protetto il cavo con uno dei metodi indicati dal paragrafo 4.3.11. Tra questi si è scelto il metodo punto b) ovvero quello di dotare il cavo di una armatura metallica. Nel caso in esame si precisa che non si prevedono danneggiamenti esterni dovuti ad ancore di nave in quanto il cavo sottomarino si trova in una posizione non compatibile con tale evento in quanto fuori dalla area di “getto” dell'ancora anche in caso di ancoraggio di emergenza così come condiviso con ASP mar Tirreno Settentrionale nelle fasi di valutazione progettuale.
- Il cavo si andrà ad inserire nei fanghi che ricoprono il fondale marino. Tale “interramento naturale” evita il pericolo di movimenti del cavo sul fondo. Si precisa che l'area oggetto della posa è all'interno di un bacino di calma portuale dove non sono presenti campi di corrente significative e moto ondoso di particolare rilevanza.
- Lo specchio acqueo è soggetto al passaggio di imbarcazioni di piccola stazza e pertanto si dovrà provvedere ad una adeguata segnalazione ovvero cartelli monitori e indicazione sulle cartine nautiche dell'area oltre alla emissione di apposita ordinanza



- L'armatura esterna del cavo dovrà essere isolata dal mare con una guaina esterna isolante ad esempio in PE

1.2 Valutazioni da punto di vista della sicurezza delle persone

Nonostante quanto indicato dalla normativa di settore, l'installazione del cavo sottomarino della lunghezza indicativa di circa 300 mt è da valutare con attenzione dal punto di vista della sicurezza delle persone seppur l'area è soggetta a scarse attività marittime così come sottoindicato:

- 1) navigazione di navi che possono dar fondo all'ancora in condizioni di emergenza
- 2) navigazione di piccole e medie imbarcazioni da diporto che possono dare fondo all'ancora per i motivi più vari
- 3) attività subacquee di sommozzatori intenti nella posa di corpi morti, riparazione di scafi od organi di manovra di navi, recupero di ancore incagliate, ecc
- 4) attività connesse alla nautica da diporto.

Tali condizioni di utilizzo sono particolarmente importanti nella valutazione dei rischi associati all'esercizio di un conduttore di media tensione posato sul fondale marino.

Ritenendo trascurabili altri tipi di rischio da ricondursi alla presenza del cavo, analizziamo nel dettaglio il rischio di folgorazione associato alla messa in tensione di un conduttore sottomarino nell'area delle riparazioni navali:

evento	probabilità	Magnitudo	Rischio	Protezione collettiva da adottare
Ancora di nave che danneggia il cavo	bassa (***)	Bassa (*)	basso	A
Tentativo di furto del cavo	Bassa	Alta	Medio	B
Urto di nave per mancanza di adeguato fondale	Bassa	Bassa (*)	Basso	C
Folgorazione sommozzatore	Basso (**)	Basso	Basso	D
Sollevare del cavo fuori dall'acqua mentre si salpa una ancora e successivo	Bassa (***)	Alta	Medio	E



danneggiamento del cavo				
Posa di un corpo morto per ormeggiare un pontile galleggiante	Bassa	Bassa	basso	E

(*) se una ancora dovesse entrare in contatto con il cavo e lo dovesse danneggiare si verificherebbe un corto circuito fra la parte attiva del cavo e la calza. Il guasto sarebbe rilevato dal sistema di protezione che provvederebbe alla rapida rimozione del guasto mediante l'apertura dell'interruttore di protezione. Particolare cura sarà riposta nella scelta delle protezioni del cavo. La nave è un collegamento equipotenziale e non vi sono potenziali pericolosi a bordo della nave come spiegato nel dettaglio nei paragrafi successivi.

(**) i sommozzatori possono essere impegnati nella riparazione di chiglie e organi di manovra di navi nei pressi della superficie. È raro che si avventurino sul fondale marino e/o entrino in contatto con il cavo per le più svariate ragioni.

(***) le navi danno fondo all'ancora nel porto solo in rari casi di emergenza per evitare urti contro moli e banchine per problemi di manovrabilità dovuti prevalentemente a vento forte o gravi danneggiamenti agli organi di manovra. Nelle aree oggetto della posa non si prevede tale condizione

Per limitare il corrispondente rischio di folgorazione si adotteranno le seguenti protezioni collettive in fase di gestione del cavo:

- A) Indicazione della posizione del cavo su tutte le carte nautiche del porto di Genova; emissione di apposita ordinanza da parte della Capitaneria di Porto
- B) aumento dei controlli da parte della Capitaneria di Porto a conoscenza dell'elevato valore del cavo
- C) accurato confronto fra pescaggio della nave e fondale da parte dei piloti prima dell'ingresso della nave in porto
- D) ordinanza della Capitaneria di Porto che vieta operazioni subacquee nelle immediate vicinanze del cavo
- E) ampia informazione (ordinanza della Capitaneria di Porto ed adeguata cartellonistica)
- F) procedura di comunicazione a tutti gli operatori dell'eventuale danneggiamento del cavo

1.3 Descrizione fenomeno fisico contatto fra ancora e parte attiva del cavo

Solitamente l'ancora è collegata alla nave con una catena in acciaio di notevoli dimensioni che messa in trazione rappresenta un ottimo collegamento equipotenziale. Nel caso in cui l'ancora danneggiasse il cavo entrando in contatto con le parti attive del cavo, il potenziale del volume di acqua nelle immediate vicinanze al guasto salirebbe al valore nominale e si avrebbe un campo di potenziale con distribuzione a simmetria semisferica. La resistività dell'acciaio è di



circa $0,12 \cdot 10^{-6} \text{ Ohm} \cdot \text{m}$ mentre quella dell'acqua di mare è inferiore a $0,2 \text{ Ohm} \cdot \text{m}$. Pertanto si creerebbe una alterazione del campo di distribuzione emisferico dovuto alla maggiore conduttività della catena rispetto all'acqua di mare. Tale alterazione è tuttavia limitata in considerazione della elevata superficie del mare rispetto alla limitata sezione della catena. La nave, costituita prevalentemente in acciaio, è una "massa estranea" equipotenziale secondo la definizione della normativa CEI 11-1. Tale fattore risulta di fondamentale importanza per la sicurezza del personale di bordo che non può essere soggetto a tensioni di passo a bordo della nave. In considerazione del buon contatto elettrico fra la catena della nave ed il tamburo dell'argano di sollevamento dell'ancora si prevedono tensioni di contatto particolarmente basse e pertanto non pericolose per l'uomo.

1.4 Valutazioni dal punto di vista della affidabilità elettrica del collegamento

L'installazione del cavo sottomarino della lunghezza indicativa di circa 1000 m è da valutare con attenzione anche dal punto di vista della affidabilità della alimentazione in quanto l'area è soggetta a diverse attività marittime così come indicato negli altri paragrafi.

Nella valutazione della affidabilità si devono tenere in considerazione le possibili cause di danneggiamento del cavo sotto riportate.

evento	probabilità	Magnitudo	Rischio	Accorgimenti per ridurre il rischio in fase di progettazione
Ancora di nave che danneggia il cavo	Media	Alta	Media	A
Tentativo di furto del cavo	Bassa	Alta	Medio	B
Urto di nave per mancanza di adeguato fondale	Bassa	Bassa	Basso	C
Sollevare fuori dall'acqua il cavo mentre si salpa una ancora e successivo danneggiamento del cavo	Bassa	Media	Medio	D
Posa di un corpo morto per ormeggiare un pontile galleggiante	Bassa	Bassa	Basso	E



A) nessuno.

B) nessuno.

C) nessuno.

D) potrebbe sembrare utile posare un cavo più lungo del necessario per ridurre la tensione sul cavo a valori inferiori alla tensione di rottura nella speranza che il comandante della nave si accorga dell'anomalia durante le fasi di salpamento (ricordiamo che tale caso è da escludersi). In realtà tale accorgimento potrebbe rivelarsi controproducente in quanto sarebbero molto complesso liberare il cavo dall'ancora che è in una posizione di difficile accesso. Si sceglie pertanto la soluzione di "lasciare teso" il cavo nella speranza che si rompa prima di uscire dall'acqua privilegiando la protezione delle persone piuttosto che l'affidabilità del collegamento elettrico. È importante la posa del cavo in cavidotto fra la cabina traghetti ed il tratto in mare ed il dispenser ed il tratto in mare in modo tale che se il cavo fosse "tirato" per errore da una ancora (caso che si esclude), l'attrito fra cavidotto e cavo determini la rottura del cavo evitando che la trazione arrivi al dispenser ed ai quadri di cabina. In fase di progettazione esecutiva dovranno essere presi adeguati accorgimenti per evitare tale condizione quali ad esempio curve a 90° del percorso del conduttore.

E) nessuna.

Il costo conseguente al danneggiamento del cavo risulta essere abbastanza elevato soprattutto se si considerano i costi associati al disservizio della alimentazione su tutto il pontile delle riparazioni navali. È altresì vero che l'alimentazione è prettamente necessaria per garantire l'alimentazione della nave da terra. In caso di disservizio, la nave, come viene attualmente, può mettere in esercizio i generatori di bordo per garantire l'illuminazione della nave e con gruppi elettrogeni di terra dove e quando necessario per l'esecuzione di eventuali altre lavorazioni.

Per aumentare l'affidabilità dell'impianto si può tenere a magazzino un conduttore di riserva per un pronto intervento di sostituzione in caso di danneggiamento. Tale soluzione è da ritenersi la preferita in quanto consente gli stessi tempi di intervento/sostituzione del cavo della precedente con minori problematiche. È da considerare che la matassa del cavo avvolto e pronto per la sostituzione ha un peso di sole 6 tonnellate ed è facilmente trasportabile su barche chiatte di piccole dimensioni movimentate da piccole imbarcazioni facilmente disponibili nell'area portuale.



2 Analisi comparativa tecnico / economica con altre soluzioni

Le soluzioni alternative per l'alimentazione da cabina traghetti a molo capitaneria sono 3:

1. posa in opera del cavo in un cavidotto da almeno 4 tubazioni in previsione di future necessità
2. posa in opera del conduttore interrato ad una adeguata profondità con nastro sopra al tracciato del cavo per indicare l'installazione in caso di futuri scavi.
3. Posa conduttore sottomarino

2.1 Confronto affidabilità collegamento elettrico

L'affidabilità dei collegamenti 1 e 2 è particolarmente elevata. L'affidabilità della soluzione 1 è leggermente superiore all'affidabilità della soluzione 2 in quanto vi è una protezione meccanica maggiore del cavo in caso di lavori di scavo successivi per la posa di altri sottoservizi.

L'affidabilità del cavo sottomarino è inferiore a quella delle altre 2 soluzioni.

2.2 Confronto economicità collegamento elettrico

I costi diretti dell'installazione sono di facile computazione. Risulta di difficile valutazione il costo di risoluzione delle possibili interferenze che si andranno a trovare sulla viabilità portuale e cittadina ad alta densità di sottoservizi e non particolarmente ampia da poter considerare trascurabile l'ingombro dell'area di cantiere necessaria per la posa del cavo. La soluzione 2 con cavo interrato senza cavidotto risulta poco lungimirante in quanto non consente l'utilizzo del cavidotto per altre installazioni. Nel caso 3 è più facile prevedere i costi di posa del cavo. Il "raffreddamento ad acqua" del cavo sottomarino consente di ridurre notevolmente la sezione del conduttore nei tratti in mare a parità di potenza trasmessa rispetto ad un collegamento eseguito in cavidotto. Nel caso in esame utilizzeremo il cavo sottomarino anche nei tratti in cavidotto per semplificare la posa ed evitare 2 cabine "giunto" di difficile realizzazione nelle vicinanze della banchina per mancanza di spazi disponibili. La fortuna è che ai traghetti alimentati a 11 kV servono al massimo 5 MVA che corrispondono a circa 250 A.

Il calcolo dei costi indiretti dell'installazione ovvero i costi da sostenersi a breve/medio termine per garantire l'esercizio dell'impianto sono di più difficile previsione. Si è proceduto solamente ad alcune considerazioni sopra e sotto riportate. Nel caso 3 si deve tenere in considerazione che gli eventuali costi di danneggiamento del cavo da parte di una ancora di nave (caso da escludere) sono a totale carico dell'armatore. Resterebbero a carico del committente gli oneri di movimentazione del cavo ad oggi non prevedibili dovuti alle eventuali opere di dragaggio nell'area ad oggi non previste. Si ricorda a tale proposito che il tratto di cavo è interessata dalla navigazione di piccoli natanti con modesto pescaggio.



2.3 Conclusioni

In considerazione dei costi e della affidabilità della connessione il collegamento sottomarino è una ottima soluzione di collegamento.

3 Specifiche tecniche conduttore sottomarino

RG7H1OEFE

COSTRUZIONE

1. CONDUTTORE: CORDA A FILI DI RAME in accordo alla norma CEI EN 60228, classe 2
2. STRATO SEMICONDUCTORE: MESCOLA ESTRUSA
3. ISOLANTE: HEPR
4. STRATO SEMICONDUCTORE: MESCOLA ESTRUSA
5. SCHERMO METALLICO: NASTRI DI RAME
6. RIUNIONE DI TRE ANIME DI FASE, UNA DI NEUTRO, UNA DI TERRA E CAVO OTTICO
7. RIEMPITIVI: MESCOLA ESTRUSA PENETRANTE
8. GUAINA DI SEPARAZIONE: PE
9. ARMATURA: FILI DI ACCIAIO ZINCATO
10. GUAINA ESTERNA: PE colore nero

identificazione delle anime mediante nastri colorati (marrone, nero, grigio)

applicati longitudinalmente sotto gli schermi metallici di fase

stampigliatura sulla guaina esterna

RG7H1OEFE 12/20 KV (vedi CME)

Dati costruttivi

Tensione nominale kV 12/20 (24)

Sezione nominale vedi CME

Tipo di conduttore corda compatta

Numero dei fili nel conduttore minimo 34 ; 6

Spessore isolante nominale mm 5,5 ; 5,5

Spessore di ogni nastro di schermo nominale mm 0,10 ; 0,10

Spessore della guaina di separazione nominale mm 2,0

Diametro di ogni filo di armatura nominale mm 3,5

Spessore della guaina esterna nominale mm 3,9

Diametro esterno circa mm 94

Massa del cavo circa kg/km

Pezzature di spedizione m 1000



Dati elettrici ed informativi

Resist. del conduttore in corr. cont. a 20 °C massima ohm/km 0,0754 ; 0,727

Resist. degli schermi in corr. cont. a 20 °C massima ohm/km 3,0

Reattanza at 50 Hz circa ohm/km 0,0938

Capacità circa microF/km 0,328

Portata di corrente in acqua

Portata di corrente in aria

Profondità di posa massima m 30

4 Protezione elettrica del cavo

Per limitare il rischio di folgorazione si dovrà procedere ad una attenta taratura delle protezioni del cavo. In particolare, dovranno essere previste le seguenti protezioni: 50, 51, 50N, 51N, 67N e la protezione differenziale di cavo (simile a quella fornita dalla Areva) con tarature in valore e tempo particolarmente conservative a discapito delle selettività ma a vantaggio della sicurezza delle persone. Per essere più selettivi si adotta la 67N che consente di tarare la protezione a valori più bassi di quelli della corrente di terra richiamata dall'impianto a valle del cavo sottomarino.

5 Installazione

Per limitare il rischio di tirare fuori dall'acqua il cavo si decide di posizionare il cavo sul fondale marino in modo rettilineo e con adeguati ancoraggi presso i basamenti dei cassoni in corrispondenza dei punti di immersione.

Tali ancoraggi saranno realizzati con robuste omega in acciaio AISI 316 ancora alla banchina. Il carico di rottura del rame è di circa 25 kg/mm² che per un cavo sottomarino come quello in esame corrispondono ad un carico di rottura del cavo di circa 10000 kg. Il teorema della scomposizione delle forze contribuisce a "facilitare" la rottura del cavo prima che esca dall'acqua in considerazione della quasi ortogonalità del conduttore rispetto alla forza esercitata dall'ancora (caso che si esclude in considerazione della posizione della posa sottomarina). Tuttavia, vista la tipologia di installazione, visto che l'installazione non sarà perfettamente rettilinea, e visti i cavidotti con curve a 90 gradi appositamente realizzati si ritiene probabile la rottura del cavo nella curva del cavidotto appositamente realizzata per evitare che la trazione del cavo venga applicata ai conduttori in cabina con pericolo per le persone.