

C0	04/09/14	Emissione per approvazione	BB	AC	YE
REVISIONE		DESCRIZIONE	EL	CON.	APP.

MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI
PROVVEDITORATO INTERREGIONALE PER LE OPERE PUBBLICHE
VENETO – TRENTINO ALTO ADIGE – FRIULI VENEZIA GIULIA

NUOVI INTERVENTI PER LA SALVAGUARDIA DI VENEZIA

CONVENZIONE REP. 7191 DEL 04-10-1991

ATTO ATTUATIVO A VALERE SU 10^a ASSEGNAZIONE CIPE PER IL “SISTEMA MOSE”

INTERVENTI ALLE BOCCHE LAGUNARI PER LA REGOLAZIONE DEI FLUSSI DI MAREA




CUP: D51B02000050AD1 (CIPE 10B)

PROGETTO ESECUTIVO

WBS: CH.E1.14


WBE: CH.E1.14.PE.01B

BOCCA DI CHIOGGIA CONCHE: PORTE E OPERE ELETTROMECCANICHE PORTE, PASSERELLE, PANCONI ED IMPIANTI AFFERENTI RELAZIONE TECNICA PROTEZIONE CATODICA PORTE

ELABORATO B.  Bazzoni	CONTROLLATO A.  Chiarelli	APPROVATO Y.  Eprim
N. ELABORATO MV048P-PE-CER-6039-C0	CODICE FILE MV048P-PE-CER-6039-C0.doc	DATA 04 Settembre 2014

CONSORZIO “VENEZIA NUOVA”

<p>COORDINAMENTO PROGETTAZIONE</p> <p>VERIFICATO  V. Esposito</p> <p>CONTROLLATO  H. Redi V. Ardane</p> <p> CONSORZIO VENEZIA NUOVA Ing. H. Redi</p>	<p> DOTT. ING. ALBERTO SCOTTI Spz. A. Settori: a) civile, ambientale b) industriale c) dell'informazione IL RESPONSABILE Ing. A. SCOTTI CONSULENZA SPECIALISTICA  CESCOR Srl</p>
---	--

 PROVVEDITORATO	Rev.	Data:	El. MV048P-PE-CER-6039	Pag. n. 2
	Rev. C0	Data:04/09/2014	RELAZIONE TECNICA PROTEZIONE CATODICA PORTE	

MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI

**PROVVEDITORATO INTERREGIONALE PER LE OPERE PUBBLICHE
VENETO – TRENTINO ALTO ADIGE – FRIULI VENEZIA GIULIA**

NUOVI INTERVENTI PER LA SALVAGUARDIA DI VENEZIA

CONVENZIONE REP. N° 7191 DEL 04-10-1991


ATTO ATTUATIVO A VALERE SU 10^a ASSEGNAZIONE CIPE PER IL “SISTEMA MOSE”

CONSORZIO VENEZIA NUOVA

**INTERVENTI ALLE BOCCHE LAGUNARI PER LA
REGOLAZIONE DEI FLUSSI DI MAREA**


**BOCCA DI CHIOGGIA
CONCHE: PORTE E OPERE ELETTROMECCANICHE
PORTE, PASSERELLE, PANCONI ED IMPIANTI AFFERENTI**

RELAZIONE TECNICA PROTEZIONE CATODICA PORTE


 PROTEZIONE	Rev.	Data:	El. MV048P-PE-CER-6039	Pag. n. 3
	Rev. C0	Data:04/09/2014	RELAZIONE TECNICA PROTEZIONE CATODICA PORTE	

INDICE

PARTE A - DESCRIZIONE GENERALE	5
1. INTRODUZIONE	5
1.1. Premessa	5
1.2. Vita di progetto delle opere	5
1.3. Normativa di riferimento	6
1.4. Elaborati di progetto per la protezione catodica della porta	6
2. ELEMENTI STRUTTURALI OGGETTO DELLA PROTEZIONE CATODICA	7
2.1. Porte cilindriche	7
3. TIPOLOGIA DEL SISTEMA DI PROTEZIONE CATODICA AD ANODI GALVANICI	9
3.1. Porte cilindriche a contatto con acqua di mare	9
PARTE B - DIMENSIONAMENTO DEL SISTEMA	11
4. GENERALITÀ	11
4.1. Premessa	11
4.2. Acronimi e abbreviazioni	11
5. STRUTTURE DA PROTEGGERE E IMPIANTI DI PROTEZIONE CATODICA AD ANODI GALVANICI	12
5.1. Premessa	12
5.2. Strutture da proteggere catodicamente	12
5.2.1. Altre superfici	12
5.3. Rivestimenti protettivi	13
5.4. Continuità elettrica	13
6. REQUISITI GENERALI DI PROGETTO	14
6.1. Vita di progetto	14
6.2. Sistema di protezione catodica	14
6.3. Condizioni di protezione	14
6.4. Densità di corrente di protezione	15
6.4.1. Fattore di degrado del rivestimento	15

 PROTEZIONE	Rev.	Data:	El. MV048P-PE-CER-6039	Pag. n. 4
	Rev. C0	Data:04/09/2014	RELAZIONE TECNICA PROTEZIONE CATODICA PORTE	

6.5.	Dati di resistività	16
7.	SISTEMA DI PROTEZIONE CATODICA AD ANODI GALVANICI DELLE PORTE CILINDRICHE ESPOSTE ALL'ACQUA DI MARE	17
7.1.	Descrizione generale	17
7.2.	Calcolo delle superfici da proteggere	17
7.3.	Corrente di protezione	18
7.4.	Scelta del tipo di anodo	19
7.5.	Procedura per il calcolo del numero minimo di anodi	19
7.6.	Numero minimo di anodi	22
7.7.	Sistema di monitoraggio	23
8.	PREDISPOSIZIONE DEL SISTEMA DI PROTEZIONE CATODICA A CORRENTE IMPRESSA DELLE PORTE CILINDRICHE ESPOSTE ALL'ACQUA DI MARE	24

 PERCHERECCI	Rev.	Data:	El. MV048P-PE-CER-6039	Pag. n. 5
	Rev. C0	Data: 04/09/2014	RELAZIONE TECNICA PROTEZIONE CATODICA PORTE	

PARTE A - DESCRIZIONE GENERALE

1. INTRODUZIONE

1.1. Premessa

Nelle Conche per Pescherecci della bocca di Chioggia verranno installate n. 8 porte cilindriche per consentire il transito dei pescherecci durante i periodi di funzionamento delle barriere per la regolazione dei flussi di marea.

Gli interventi progettuali adottati per garantire la durabilità di tali porte sono:

- impiego di un sovrassessore di corrosione nella verifica di resistenza delle sezioni (nei calcoli strutturali si è previsto un sovrassessore di corrosione di 1 mm);
- applicazione di un rivestimento mediante verniciatura;
- messa in opera di un sistema di protezione catodica ad anodi galvanici;
- predisposizione per un sistema di protezione catodica a corrente impressa.


Nel presente documento sono definiti il dimensionamento ed i requisiti del sistema di protezione catodica adottato per la protezione dalla corrosione delle strutture in acciaio delle porte.

Più precisamente sono trattati i seguenti punti:

- definizione di dettaglio delle strutture da proteggere catodicamente;
- definizione dei sistemi di protezione catodica, comprendente: tipo, se ad anodi galvanici o a corrente impressa; tipo di materiale anodico; tipologia dei sistemi di fissaggio;
- definizione delle attività di monitoraggio.

1.2. Vita di progetto delle opere

La vita delle opere civili è pari a 100 anni. Tuttavia i sistemi di protezione catodica non potranno essere dimensionati per garantire una vita di progetto così estesa, poiché i singoli componenti del sistema non possono garantire questo obiettivo.

 PROVINCIA DI VENEZIA	Rev.	Data:	El. MV048P-PE-CER-6039	Pag. n. 6
	Rev. C0	Data:04/09/2014	RELAZIONE TECNICA PROTEZIONE CATODICA PORTE	

La progettazione e la fornitura dei sistemi è stata effettuata considerando vite di progetto massime pari a 20 anni. La progettazione ha tuttavia previsto soluzioni per consentire l'accessibilità dei componenti dove possibile e la loro sostituibilità durante interventi di ripristino parziali o totali futuri.


Nel caso in cui non si riuscisse ad attivare i sistemi di protezione catodica delle strutture entro 4 (quattro) anni dalla posa degli stessi, dovrà essere installato un sistema temporaneo di protezione catodica con vita di progetto di 3 anni fino all'attivazione del sistema definitivo.

1.3. Normativa di riferimento

UNI EN 12473	Principi generali di protezione catodica in acqua di mare
UNI EN 12495	Protezione catodica di strutture fisse offshore di acciaio.
UNI EN 13174	Protezione catodica per installazioni portuali.
UNI EN 12954	Protezione catodica di strutture metalliche interrate o immerse. Principi generali e applicazione per condotte.
DNV RP B401	Recommended practice. Cathodic protection design.
NACE RP 0169	Control of External Corrosion of Underground or Submerged Metallic Piping System.

1.4. Elaborati di progetto per la protezione catodica della porta

MV048P-PE-CAD-6052	BOCCA DI CHIOGGIA – CONCHE : PORTE ED OPERE ELETTROMECCANICHE – PORTE CONCHE PER PESCHERECCI – PROTEZIONE CATODICA AD ANODI GALVANICI – LAYOUT E TIPICI DI INSTALLAZIONE
--------------------	--

 PROTEZIONE	Rev.	Data:	El. MV048P-PE-CER-6039	Pag. n. 7
	Rev. C0	Data:04/09/2014	RELAZIONE TECNICA PROTEZIONE CATODICA PORTE	

2. ELEMENTI STRUTTURALI OGGETTO DELLA PROTEZIONE CATODICA

Le porte cilindriche installate nella Conche per Pescherecci della Bocca di Chioggia dovranno essere protetti con sistemi di protezione catodica.

La protezione catodica dovrà essere applicata per tutta la vita di esercizio delle opere.

La protezione catodica non deve sostituire altri provvedimenti, quali sovrassessori di corrosione e applicazione di rivestimenti protettivi, ma deve essere intesa come un sistema complementare a questi.

La protezione catodica fornisce completa protezione dalla corrosione alle superfici delle strutture che risultano a contatto con acqua mare, fango marino e materiali granulari intrisi d'acqua. Non è invece applicabile nei confronti delle superfici metalliche a contatto con l'atmosfera.

2.1. Porte cilindriche


Nelle Conche per Pescherecci di Chioggia verranno installate n. 8 porte cilindriche identiche tra loro.

Tali porte sono costituite da una struttura a telaio ed un fasciame nella parte esterna per consentire la tenuta. La forma risultante di ciascuna porta corrisponde ad un quarto di cilindro.

Le porte vengono movimentate utilizzando pistoni oleodinamici mediante la rotazione attorno ad un perno incernierato alla due estremità. Quando aperte, le porte verranno alloggiate in recessi ricavati a ridosso dei terrapieni costituenti la conca di navigazione.

Costituiscono l'oggetto del sistema di protezione catodica i tubi di acciaio, il mantello in lamiera con i relativi elementi di sostegno e lo snodo inferiore. Quest'ultimo in particolare è costituito da diversi materiali quali: bronzo, grafite, acciaio duplex e acciaio al carbonio ed è pertanto suscettibile a corrosione per contatto galvanico in acqua di mare.

Per le strutture in acciaio costituenti le porte è previsto un sovrassessore di corrosione di 1 mm.

 PROVVEDITORATO	Rev.	Data:	El. MV048P-PE-CER-6039	Pag. n. 8
	Rev. C0	Data:04/09/2014	RELAZIONE TECNICA PROTEZIONE CATODICA PORTE	


Le porte sono inoltre provviste di rivestimento protettivo, in particolare: la zona immersa ha un rivestimento di tipo epossidico con spessore nominale a secco di 600 μm + uno strato protettivo antivegetativo a distacco meccanico, mentre quella da + 1.00 slmm è un rivestimento di tipo epossidico con spessore nominale a secco di 600 μm .

I rivestimenti protettivi verranno ripristinati almeno ogni 30 anni in corrispondenza degli interventi di manutenzione delle porte stesse.

Le superfici interne ed esterne delle porte cilindriche saranno a contatto con acqua di mare durante l'intero periodo di esercizio.

I dettagli costruttivi delle porte indicano la presenza della continuità elettrica tra le porte e le altre strutture metalliche delle conche per pescherecci, tra cui palancolati e armature presenti nel calcestruzzo.

Nel dimensionamento del sistema di protezione catodica pertanto sono stati introdotti opportuni fattori di sicurezza al fine di limitare eventuali effetti negativi dovuti al drenaggio della corrente di protezione da parte di strutture che non costituiscono l'oggetto del presente sistema di protezione catodica.

 TRENTINO ALTO ADIGE	Rev.	Data:	El. MV048P-PE-CER-6039	Pag. n. 9
	Rev. C0	Data:04/09/2014	RELAZIONE TECNICA PROTEZIONE CATODICA PORTE	

3. TIPOLOGIA DEL SISTEMA DI PROTEZIONE CATODICA AD ANODI GALVANICI

Dall'analisi degli elementi strutturali e delle condizioni di esposizione agli ambienti corrosivi, si individuano le seguenti zone di intervento, sulle quali applicare sistemi di protezione catodica:

- Telaio, fasciame e snodi costituenti le porte cilindriche a contatto con acqua di mare.

La vita di progetto delle opere civili è pari a 100 anni. Tuttavia i sistemi di protezione catodica non potranno essere dimensionati per garantire una vita di progetto così estesa, poiché i componenti principali, quali anodi e cavi, solo per citare i più importanti, non sono in grado di garantire questo obiettivo.

La progettazione dovrà essere necessariamente effettuata considerando vite di progetto inferiori a 100 anni, prevedendo la sostituzione dei componenti e l'accessibilità, quando possibile, agli elementi costituenti gli impianti di protezione catodica, per interventi di ripristino parziali o totali futuri.

Per quanto sopra esposto, le attività di monitoraggio diventano un elemento essenziale, sia per la verifica del raggiungimento delle condizioni di protezione catodica, sia per la valutazione della fine della vita del sistema stesso e la pianificazione delle attività di rifacimento. I sistemi di protezione catodica devono essere integrati ad attività di monitoraggio delle condizioni di protezione tramite elettrodi di riferimento portatili.


I sistemi di protezione catodica sono progettati per raggiungere i criteri di protezione della normativa vigente al fine di ottenere totale protezione.

3.1. Porte cilindriche a contatto con acqua di mare

La protezione catodica delle superfici interne ed esterne delle porte esposte all'acqua di mare è del tipo ad anodi galvanici.

Il sistema di protezione catodica ad anodi galvanici è preferito ad un impianto a corrente impressa per la sua facilità di installazione e per il minore impegno richiesto per le ispezioni periodiche e la manutenzione ordinaria.

Gli anodi sono in lega di alluminio e vengono collocati nella parte immersa. Gli anodi galvanici, installati sui tubi del telaio e sul fasciame, sia internamente che


 PROTEZIONE	Rev.	Data:	El. MV048P-PE-CER-6039	Pag. n. 10
	Rev. C0	Data:04/09/2014	RELAZIONE TECNICA PROTEZIONE CATODICA PORTE	

esternamente, vengono collegati elettricamente mediante saldatura e sono distribuiti uniformemente in funzione delle superfici da proteggere. Per la protezione dello snodo inferiore gli anodi saranno installati sui tubi adiacenti allo snodo stesso.

Per la progettazione del sistema è stato preso in considerazione il fatto che le superfici delle porte sono in continuità elettrica con i palancolati e le pareti di calcestruzzo armato adiacenti, che possono drenare parte della corrente di protezione.

La vita di progetto del sistema è di 20 anni circa, passati i quali si dovranno prevedere interventi di sostituzione degli anodi. La sostituzione degli anodi potrà pertanto essere realizzata agevolmente in concomitanza con gli interventi di riverniciatura previsti.

La scelta di sistemi di protezione catodica con vita di progetto superiore a 20 anni avrebbe portato ad un eccessivo appesantimento iniziale delle porte.

 PROVVEDITORATO INTERREGIONALE	Rev.	Data:	El. MV048P-PE-CER-6039	Pag. n. 11
	Rev. C0	Data:04/09/2014	RELAZIONE TECNICA PROTEZIONE CATODICA PORTE	

PARTE B - DIMENSIONAMENTO DEL SISTEMA


4. GENERALITÀ

4.1. Premessa

Questa parte di relazione illustra le attività svolte per il dimensionamento del sistema di protezione catodica delle porte cilindriche delle Conche per Pescherecci della Bocca di Chioggia.

4.2. Acronimi e abbreviazioni

Ag/AgCl	Elettrodo di riferimento in argento/cloruro di argento
L	Lunghezza anodo
a, b	Dimensioni anodo
ΔE	Spunto di potenziale
I_{aF}	Corrente massima finale erogabile dall'anodo
I_{aI}	Corrente massima iniziale erogabile dall'anodo
I_F	Corrente protezione finale
I_I	Corrente protezione iniziale
I_M	Corrente mantenimento
M_T	Massa anodica totale
M_A	Massa anodica netta
$N_{a/IP}$	Numero anodi galvanici in base alla corrente iniziale di protezione
$N_{a/IR}$	Numero anodi galvanici in base alla corrente di ripolarizzazione di protezione
$N_{a/M}$	Numero anodi galvanici in base alla richiesta di massa
C	Consumo pratico anodico
D_L	Vita di progetto
u	Fattore di utilizzo
R_A	Resistenza anodica
R_I	Resistenza iniziale anodo galvanico
ρ	Resistività dell'acqua di mare o del terreno

 PROTEZIONE	Rev.	Data:	El. MV048P-PE-CER-6039	Pag. n. 12
	Rev. C0	Data:04/09/2014	RELAZIONE TECNICA PROTEZIONE CATODICA PORTE	

5. STRUTTURE DA PROTEGGERE E IMPIANTI DI PROTEZIONE CATODICA AD ANODI GALVANICI

5.1. Premessa

Nel presente capitolo sono riassunte sinteticamente le principali caratteristiche delle strutture metalliche oggetto della protezione catodica. Per una descrizione completa dell'opera e delle fasi di realizzazione si rimanda ai disegni di progetto.

5.2. Strutture da proteggere catodicamente

Gli elementi metallici che costituiscono le porte delle Conche per Pescherecci della Bocca di Chioggia dovranno essere protetti con sistemi di protezione catodica.

In particolare si individuano i seguenti elementi:


- telaio costituito da tubi di diametro e lunghezza variabili;
- mantello in lamiera;
- travi HEB 200 e 1/2 HEB 240 di sostegno del mantello;
- snodo inferiore.

Tutti gli elementi citati sono in acciaio ad eccezione dello snodo inferiore, che è costituito da diversi materiali quali: bronzo, grafite, acciaio duplex e acciaio al carbonio.

Le superfici considerate saranno esposte all'acqua di mare durante la loro vita operativa.

5.2.1. Altre superfici

Nel dimensionamento dei sistemi di protezione catodica è stato tenuto conto del fatto che le strutture oggetto di protezione sono in contatto elettrico con strutture che non sono di per sé oggetto del presente sistema di protezione catodica, ma che possono drenare parte della corrente di protezione, ad esempio i palancolati e le armature immerse nel calcestruzzo possono drenare parte della corrente dedicata alla protezione delle porte.

 CONSORZIO VENEZIA NUOVA	Rev.	Data:	El. MV048P-PE-CER-6039	Pag. n. 13
	Rev. C0	Data:04/09/2014	RELAZIONE TECNICA PROTEZIONE CATODICA PORTE	

5.3. Rivestimenti protettivi

Le superfici metalliche oggetto della protezione catodica sono provviste di rivestimento, in particolare:


- zona immersa + spruzzi: rivestimento epossidico con spessore nominale a secco di 600 μm + strato superficiale antivegetativo siliconico per distacco meccanico con spessore nominale a secco di 150 μm ;
- zona sopra +1.00 slmm: rivestimento epossidico con spessore nominale a secco di 600 μm ;

Per le caratteristiche del rivestimento si rimanda alla relazione MV048P-PE-CAC-6033 “Specificazione di fabbricazione e montaggio delle porte”.

5.4. Continuità elettrica

Al fine della realizzazione dei sistemi di protezione catodica, le strutture oggetto di protezione devono essere elettricamente continue.

È importante per il funzionamento del sistema di protezione catodica l'esecuzione corretta dei dettagli di connessione e la verifica, in fase di esecuzione, del conseguimento dell'obiettivo di continuità elettrica.

 REGIONE DEL VENETO	Rev.	Data:	El. MV048P-PE-CER-6039	Pag. n. 14
	Rev. C0	Data:04/09/2014	RELAZIONE TECNICA PROTEZIONE CATODICA PORTE	

6. REQUISITI GENERALI DI PROGETTO

6.1. Vita di progetto

La vita delle opere civili è pari a 100 anni. Tuttavia i sistemi di protezione catodica non potranno essere dimensionati per garantire una vita di progetto così estesa, poiché i singoli componenti del sistema non possono garantire questo obiettivo.

La progettazione e la fornitura dei sistemi è stata effettuata considerando una vita di progetto minima pari a 20 anni, prevedendo soluzioni per consentire l'accessibilità dei componenti dove possibile e la loro sostituibilità durante interventi di ripristino parziali o totali futuri.

6.2. Sistema di protezione catodica

Item	Descrizione	Tipo di sistema
1	Porte cilindriche	Anodi galvanici


6.3. Condizioni di protezione

La progettazione del sistema di protezione catodica deve essere basata sul raggiungimento dei seguenti potenziali di protezione per strutture metalliche esposte all'acqua di mare o nel fango marino.

Superfici esposte all'acqua di mare e fango marino (secondo UNI EN 12473)

	Potenziali massimi (V)		Potenziali minimi (V)	
	vs Ag/AgCl	vs Zn	vs Ag/AgCl	vs Zn
Acciaio al carbonio (condizioni aerobiche)	-0,80	+0,25	-1,1	-0,05
Acciaio al carbonio (condizioni anaerobiche) ⁽¹⁾	-0,90	+0,15	-1,1	-0,05

⁽¹⁾ Condizioni di assenza di ossigeno possono presentarsi nel fango marino o in corrispondenza di sedimenti marini.

 TECNOITAL	Rev.	Data:	El. MV048P-PE-CER-6039	Pag. n. 15
	Rev. C0	Data:04/09/2014	RELAZIONE TECNICA PROTEZIONE CATODICA PORTE	

6.4. Densità di corrente di protezione

Le seguenti densità di corrente sono applicate alle superfici da proteggere.

Superfici esposte all'acqua di mare e fango marino

Superfici	Densità di Corrente (mA/m ²)		
	Iniziale	Mantenimento	Ripolarizzazione
Acciaio al carbonio non rivestito esposto all'acqua di mare ⁽¹⁾	110	60	80
Acciaio al carbonio non rivestito in corrispondenza di fango marino ⁽¹⁾	25	20	20
Armature in calcestruzzo ⁽²⁾	1,5	1,5	1,5

⁽¹⁾ Dati in accordo a UNI EN 12495 per il Mare Adriatico.


⁽²⁾ Valori rispetto alla superficie metallica delle armature nel calcestruzzo (da DNV RP B401).

I valori sopra riportati si riferiscono a condizioni di esposizione in mare aperto e potranno essere opportunamente ridotti nel caso di superfici formanti ambienti chiusi a contatto con acqua di mare stagnante.

Per i sistemi di protezione catodica temporanei, aventi l'obiettivo di una polarizzazione parziale, le densità di corrente potranno essere ridotte.


6.4.1. Fattore di degrado del rivestimento

Per il calcolo del fattore di degrado del rivestimento, funzione delle condizioni di esposizione delle strutture, del tipo di rivestimento considerato e delle attività di ripristino che verranno eseguite, è stato assunto un valore di degrado iniziale del rivestimento pari al 2%, che cresce nel tempo fino ad arrivare al 20% in corrispondenza dei 20 anni.

 CONSORZIO VENEZIA NUOVA	Rev.	Data:	El. MV048P-PE-CER-6039	Pag. n. 16
	Rev. C0	Data: 04/09/2014	RELAZIONE TECNICA PROTEZIONE CATODICA PORTE	

6.5. Dati di resistività

Per la resistività dell'acqua di mare è stato utilizzato un valore pari a 0,25 ohm.m.

 CONSORZIO VENEZIA NUOVA	Rev.	Data:	El. MV048P-PE-CER-6039	Pag. n. 17
	Rev. C0	Data:04/09/2014	RELAZIONE TECNICA PROTEZIONE CATODICA PORTE	

7. SISTEMA DI PROTEZIONE CATODICA AD ANODI GALVANICI DELLE PORTE CILINDRICHE ESPOSTE ALL'ACQUA DI MARE

7.1. Descrizione generale

La protezione catodica delle superfici esposte all'acqua di mare è ad anodi galvanici.

Gli anodi sono collocati nella parte immersa e vengono saldati, previa rimozione locale del rivestimento, sui tubi del traliccio e sul mantello, sia internamente che esternamente. Effettuato il collegamento il rivestimento deve essere ripristinato.

Gli anodi vengono installati uniformemente, in modo da garantire una corretta distribuzione del potenziale sulle strutture oggetto della protezione catodica.

Il sistema di protezione catodica è stato dimensionato per una vita di progetto pari a 20 anni, al termine della quale si dovrà verosimilmente procedere alla sostituzione degli anodi galvanici.


I calcoli di seguito riportati sono riferiti a N. 1 porta.

7.2. Calcolo delle superfici da proteggere

Per il calcolo delle superfici da proteggere sono state considerate le superfici immerse da quota piede porta alla quota +2,00 m, conservativamente assunta come quota di massima marea.

Le superfici da proteggere sono le seguenti (per interno si intende la zona dove è presente il telaio):

Superfici	Interno (m ²)	Esterno (m ²)
Tubi e nodi telaio interno	49.2	-
Mantello ed elementi di tenuta	90.7	89.5
Travi sostegno mantello	128.5	-
Snodo inferiore	7.8	-
Totale	276.2	89.5

	Rev.	Data:	EI. MV048P-PE-CER-6039	Pag. n. 18
	Rev. C0	Data:04/09/2014	RELAZIONE TECNICA PROTEZIONE CATODICA PORTE	

La superficie del calcestruzzo costituente la nicchia all'interno della quale la porta viene alloggiata quando rimane aperta è riportata nella tabella seguente. Tale superficie viene conteggiata in quanto può drenare parte della corrente di protezione delle porte.

Superfici	Interno (m ²)	Esterno (m ²)
Recesso in calcestruzzo ⁽¹⁾	77	155

⁽¹⁾ Le porte saranno resteranno chiuse per gran parte della loro vita operativa, per cui sarà la parte esterna ad essere prevalentemente esposta alle superfici in calcestruzzo.


7.3. Corrente di protezione

Le correnti di protezione riportate nella tabella sottostante sono state calcolate sulla base delle superfici riportate al par. 4.2, delle densità di corrente definite al par. 3.4 e del fattore di degrado del rivestimento (par. 3.4.1).

Superfici	Rif.	Corrente Iniziale (A)	Corrente Mantenimento (A)	Corrente Ripolarizzazione (A)
Superfici immerse	Interno	0.6	1.9	4.5
	Esterno	0.2	0.6	1.5
Superfici armature nel calcestruzzo ⁽¹⁾	Interno	0.2	0.2	0.2
	Esterno	0.5	0.5	0.5
Totale Interno		0.8	2.1	4.7
Totale Esterno		0.7	1.1	2.0
Totale		1.5	3.2	6.7

⁽¹⁾ Si ipotizza un rapporto tra le superfici delle armature e le superfici in calcestruzzo pari a 2.

I palancolati delle Conche di Chioggia risultano sprovvisti di un sistema di protezione catodica ad essi dedicati.

 TRENTINO	Rev.	Data:	El. MV048P-PE-CER-6039	Pag. n. 19
	Rev. C0	Data:04/09/2014	RELAZIONE TECNICA PROTEZIONE CATODICA PORTE	

Non potendo essere garantito l'isolamento elettrico tra le porte ed i palancolati, parte della corrente di protezione erogata dagli anodi verrà assorbita dai palancolati stessi, a scapito della protezione delle porte. Per ovviare a tale inconveniente è stato introdotto un fattore di sicurezza del 50 % nel calcolo della corrente di protezione.

La corrente di protezione utilizzata per il dimensionamento del sistema risulta pertanto:

	Corrente Iniziale (A)	Corrente Mantenimento (A)	Corrente Ripolarizzazione (A)
Corrente di protezione porta	1.5	3.2	6.7
Fattore di sicurezza	50 %	50 %	50 %
Totale	2.3	4.8	10.0

7.4. Scelta del tipo di anodo

Gli anodi dovranno essere a forma trapezoidale in lega alluminio-zinco-indio con le caratteristiche definite nel Capitolato.


Le caratteristiche del materiale dell'anodo sono:

capacità teorica:	2.500	Ah/kg;
consumo considerato:	4,12	kg/A-anno;
potenziale a circuito chiuso:	-1,05	V vs Ag/AgCl;
fattore di utilizzo:	85 %.	

7.5. Procedura per il calcolo del numero minimo di anodi

Il numero degli anodi dovrà essere calcolato come massimo tra i seguenti valori:

- numero di anodi minimo per garantire la polarizzazione iniziale;
- numero di anodi per garantire la protezione alla fine della vita di progetto, quando l'anodo risulta in parte consumato;

 REGIONE VENETO	Rev.	Data:	El. MV048P-PE-CER-6039	Pag. n. 20
	Rev. C0	Data:04/09/2014	RELAZIONE TECNICA PROTEZIONE CATODICA PORTE	

- numero di anodi che abbiano una massa totale sufficiente al mantenimento della corrente di protezione per la vita di progetto.

Numero di anodi in base alla corrente iniziale di protezione

Il numero di anodi richiesto calcolato in base alla corrente iniziale di protezione, ($N_{a/IP}$), è dato dalla seguente formula:

$$N_{a/IP} = \frac{I_I}{I_{al}}$$

dove:

I_I corrente iniziale di protezione (A);

I_{al} corrente iniziale erogabile dall'anodo (A).

La corrente di protezione erogabile inizialmente dall'anodo è funzione dello spunto di potenziale, ΔE , che la lega anodica può fornire e della resistenza dell'anodo stesso R_I , secondo la seguente formula:

$$I_{al} = \frac{\Delta E}{R_I}$$

La resistenza dell'anodo dipende dalla resistività dell'elettrolita, dal tipo e dalle dimensioni dell'anodo ed è stata calcolata utilizzando la formula di Lloyds:

$$R_A = \frac{\rho}{a + b}$$

dove:

ρ resistività dell'acqua di mare (ohm.m);

a lunghezza dell'anodo (m);

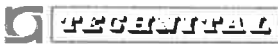
b larghezza dell'anodo (m).

Assumendo una resistività dell'acqua di mare pari a 0,25 ohm.m, si ottiene un valore di resistenza anodica pari a 0,27 ohm.

Numero di anodi in base alla corrente finale

Il numero di anodi richiesto, calcolato in base alla corrente di ripolarizzazione, ($N_{a/IR}$), è dato dalla seguente formula:

$$N_{a/IR} = \frac{I_F}{I_{aF}}$$

	Rev.	Data:	El. MV048P-PE-CER-6039	Pag. n. 21
	Rev. C0	Data:04/09/2014	RELAZIONE TECNICA PROTEZIONE CATODICA PORTE	

dove:

I_F corrente finale (A), assunta alla fine della vita di progetto;

I_{aF} corrente finale erogabile dall'anodo (A).

La corrente finale erogabile dall'anodo deve essere calcolata considerando la resistenza dell'anodo, utilizzando sempre la formula di Lloyds, nelle dimensioni ridotte a seguito del consumo.

Il calcolo delle dimensioni finali è eseguito con le seguenti modalità:

- la lunghezza finale viene stimata al 90% di quella iniziale;
- la massa finale è calcolata in base al fattore di utilizzo, che nel presente caso è pari a 85%;
- si assume che l'anodo a seguito del consumo assuma una forma semicilindrica.

Il valore di resistività finale calcolato con la suddetta procedura risulta pari a 0,32 ohm.

Numero di anodi in base alla massa per il mantenimento della corrente di protezione per la vita di progetto

Il numero di anodi basato sulla massa anodica richiesta, $N_{a/M}$, è calcolato come:

$$N_{a/M} = \frac{M_T}{M_A}$$


dove:

M_A massa del singolo anodo (kg);

M_T massa anodica totale (kg).

La massa anodica totale necessaria per la vita di progetto è calcolata utilizzando la seguente formula:

$$M_T = \frac{I_M \cdot C \cdot D_L}{u}$$

 PROVVEDITORATO INTERREGIONALE	Rev.	Data:	El. MV048P-PE-CER-6039	Pag. n. 22
	Rev. C0	Data:04/09/2014	RELAZIONE TECNICA PROTEZIONE CATODICA PORTE	

dove:

- I_M corrente di mantenimento (A);
- D_L vita di progetto, pari a 20 anni;
- C consumo dell'anodo, 4,12 kg/A-anno;
- u fattore di utilizzo, 85%.

7.6. Numero minimo di anodi

Il numero degli anodi dovrà essere calcolato con la procedura del paragrafo 4.5 in funzione delle dimensioni e del peso dell'anodo.

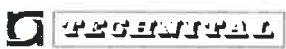
Il numero di anodi necessario alla protezione delle porte della Conca di Chioggia è stato calcolato nel caso di un anodo in lega di alluminio di dimensioni indicative come di seguito elencate:

- lunghezza: 800 mm;
- larghezza: 140 mm;
- altezza: 70 mm;
- peso netto: 22,7 kg;
- peso lordo: 27,7 kg.

Potranno essere proposti anodi di dimensioni differenti, previa approvazione da parte della Direzione Lavori dei calcoli di dimensionamento del sistema di protezione catodica che tengano conto delle diverse dimensioni degli anodi.

In base alla procedura di calcolo e ai dati dimensionali dell'anodo galvanico scelto, la tabella seguente riporta il numero minimo di anodi da installare per garantire l'erogazione della corrente iniziale, di mantenimento e finale.

Nel calcolo si è tenuto conto della diversa distribuzione di superfici tra il lato interno e quello esterno della porta, in modo da distribuire gli anodi galvanici in funzione della effettiva richiesta di corrente da parte delle strutture.

	Rev.	Data:	El. MV048P-PE-CER-6039	Pag. n. 23
	Rev. C0	Data:04/09/2014	RELAZIONE TECNICA PROTEZIONE CATODICA PORTE	

Numero di anodi	Iniziale	Mantenimento	Finale
Lato interno	2	14	9
Lato esterno	2	8	4
TOTALE	4	22	13

Si prevede pertanto l'installazione di n. **22** anodi per porta, n. 14 sul lato interno e n. 8 sul mantello esterno, per un peso complessivo di **610 kg**.


Per le n. 8 porte presenti nelle Conche per Pescherecci della Bocca di Chioggia verranno installati n. **176** anodi.

I disegni di progetto riportano le posizioni degli anodi.

7.7. Sistema di monitoraggio

Per il sistema di protezione catodica delle porte delle Conche per Pescherecci della Bocca di Chioggia non è previsto un sistema di monitoraggio di tipo permanente.

La verifica del raggiungimento del potenziale di protezione come indicato nel Par. 6.3 dovrà essere effettuata mediante periodiche misure del potenziale delle strutture rispetto ad un elettrodo di riferimento portatile per acqua di mare (zinco o Ag/AgCl).


 TEGENTAL	Rev.	Data:	El. MV048P-PE-CER-6039	Pag. n. 24
	Rev. C0	Data:04/09/2014	RELAZIONE TECNICA PROTEZIONE CATODICA PORTE	

8. PREDISPOSIZIONE DEL SISTEMA DI PROTEZIONE CATODICA A CORRENTE IMPRESSA DELLE PORTE CILINDRICHE ESPOSTE ALL'ACQUA DI MARE

Oltre al sistema di protezione passiva, sarà anche possibile, nel caso in cui in futuro lo si ritenesse opportuno, collegare la porta stessa con il sistema di protezione attivo già realizzato per i palancolati di spalla nord.

Il cunicolo di conduit passanti all'interno di polifore ricavati nei getti di testata che collegano i pozzetti posti in prossimità degli snodi superiori di ogni porta permette infatti il collegamento diretto con i quadri elettrici della protezione catodica posti sulla spalla nord.

La figura 8.1 mostra l'intervento progettato nel corso della WBE CH.E1.14.PE.01A:

 CONSORZIO	Rev.	Data:	El. MV048P-PE-CER-6039	Pag. n. 25
	Rev. C0	Data:04/09/2014	RELAZIONE TECNICA PROTEZIONE CATODICA PORTE	

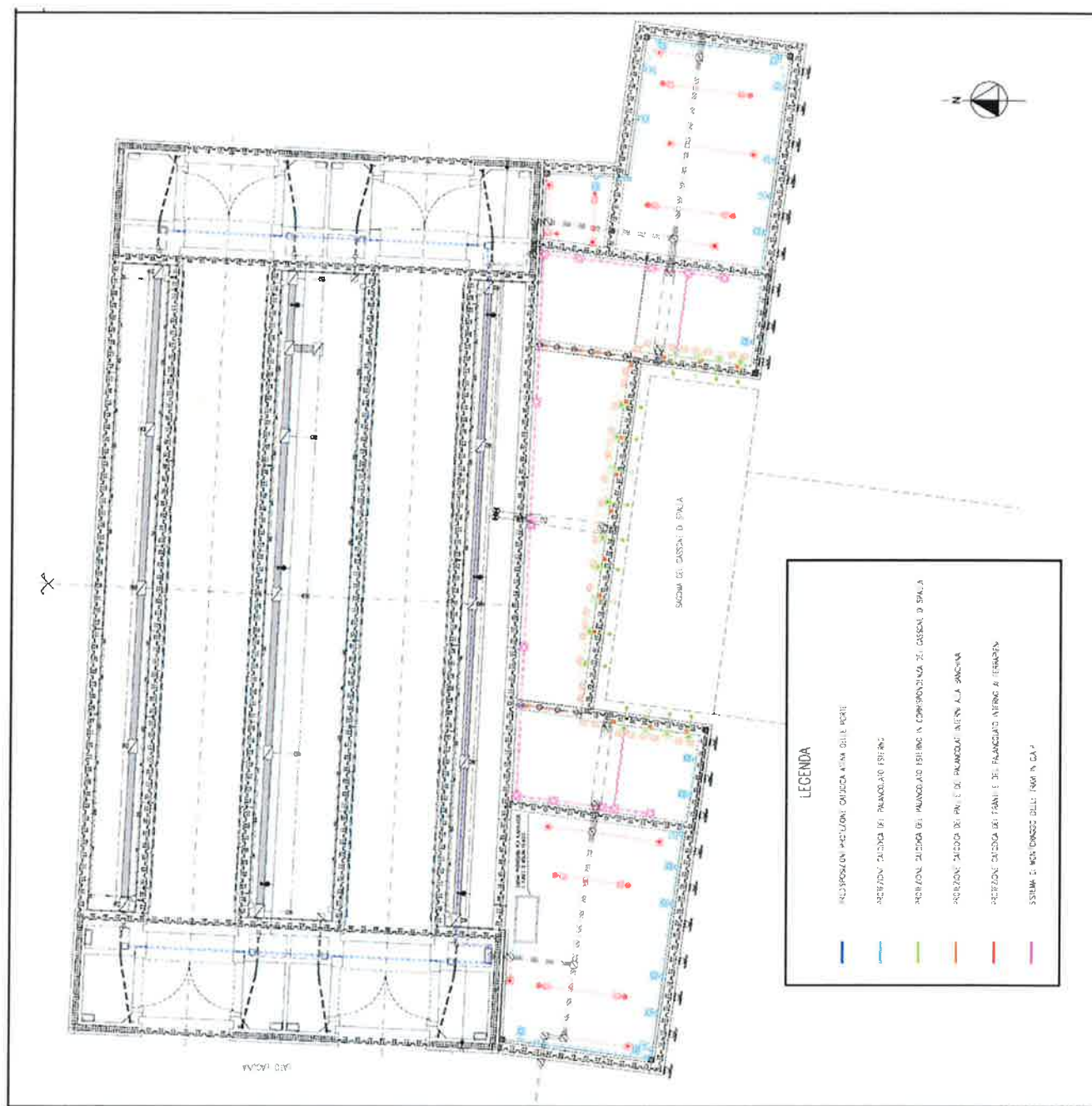


FIG. 8.1 - PLANIMETRIA DELLE OPERE - PREDISPOSIZIONI PER LA PROTEZIONE CATODICA