



Autorità Portuale di Augusta

**LAVORI DEL PRIMO STRALCIO E DEL SECONDO STRALCIO
DELLA TERZA FASE DEL PORTO COMMERCIALE DI AUGUSTA
- BANCHINE CONTAINERS -**

IMPRESE:



Condotte S.p.A.

Fondata il 7 aprile 1880

(MANDATARIA)



**PIACENTINI
COSTRUZIONI** spa



Cosedil spa

(MANDANTI)

PROGETTO ESECUTIVO DI FUSIONE ED INTEGRAZIONE DEL I E II STRALCIO

3	<input type="text"/>				
2	<input type="text"/>				
1	<input type="text"/>				
0	<input type="text" value="081114"/>	PRIMA EMISSIONE		A. AMATUZZO	F. GIORDANO
REV.	DATA	EMISSIONE		RED.	VER. APPR.
	PROGETTO	OPERA	TIPO ELAB.	N° ELAB.	REV.
	<input type="text" value="1073"/>	<input type="text" value="IE02"/>	<input type="text" value="C"/>	<input type="text" value="004"/>	<input type="text" value="A"/>
					SCALA:

TITOLO ELABORATO:
**CALCOLO ESECUTIVO DELLE STRUTTURE E DEGLI IMPIANTI
RELAZIONE DEL SISTEMA DI PROTEZIONE CATODICA**

PROGETTAZIONE:

INCO



(MANDATARIA)



SIGMA INGEGNERIA s.r.l.
Via della Libertà, 201/A
90143 PALERMO
Tel. 091/6254742 - Fax 091/307909
C.F. e P.IVA 02639310826
e-mail: sigmaingsrl@gmail.com

[Handwritten signature]
Ing. GIORDANO
P. GIORDANO
R. 3152
(MANDANTE)

RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO:
Geom. Venerando Toscano



Sommario

1.	PROTEZIONE CATODICA E NORMATIVE DI RIFERIMENTO	2
2.	CARATTERISTICHE DELLE STRUTTURE DA PROTEGGERE	3
3.	DURABILITÀ.....	5
3.1	Misure di prevenzione della corrosione	5
4.	SISTEMI DI PROTEZIONE CATODICA PER IL PALANCOLATO LATO MARE.....	6
4.1	Configurazione del sistema di protezione catodica	7
4.2	Sistema di monitoraggio per il palancolato	9
4.3	Sistema di monitoraggio per i tiranti	9



1. PROTEZIONE CATODICA E NORMATIVE DI RIFERIMENTO

La prevenzione della corrosione di strutture metalliche a contatto con un elettrolita, quale acqua e/o terreno è realizzata mediante la protezione catodica (P.C.), che permette di ridurre la velocità di corrosione a valori trascurabili. La protezione catodica è una tecnica basata su regole elettrochimiche per proteggere o prevenire dalla corrosione le strutture metalliche inserite in ambienti aggressivi.

Il sistema di protezione catodica scelto è il sistema ad anodi galvanici. Tale sistema ha il principale vantaggio di non utilizzare nessun alimentatore di energia esterno. Quando due diversi tipi di metallo collegati tra di loro, sono annegati in un adeguato elettrolita il metallo con il potenziale elettrico più negativo ossiderà proteggendo il metallo con il potenziale meno negativo.

Le normative di riferimento sono:

- DNV RP B401 Cathodic Protection
- 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 di strutture metalliche interrate o immerse. Principi generali e applicazione per condotte
- Eurocodice 3 Progettazione delle strutture in acciaio. Parte 5: Pali e palancole – UNI EN 1993-5:2007



2. CARATTERISTICHE DELLE STRUTTURE DA PROTEGGERE

La realizzazione dell'intervento prevede l'ampliamento dei piazzali esistenti, che andranno ad occupare l'area ubicata a ridosso dell'area portuale del Porto commerciale di Augusta, delimitata a sud-est dal mare Jonio e a nord-ovest l'area dell'ex sede dell'idroscalo della Marina Militare di proprietà di quest'ultima.

Nell'ambito della realizzazione della nuova cassa di colmata nel porto commerciale di Augusta, è prevista l'installazione di elementi di chiusura in acciaio di lunghezza complessiva pari a circa 930 m.

La vasca di colmata è stata suddivisa e nominata in Banchina operativa Sud, Testata provvisoria, Banchina operativa Nord e Confinamento vasca di colmata (Fig. 1).

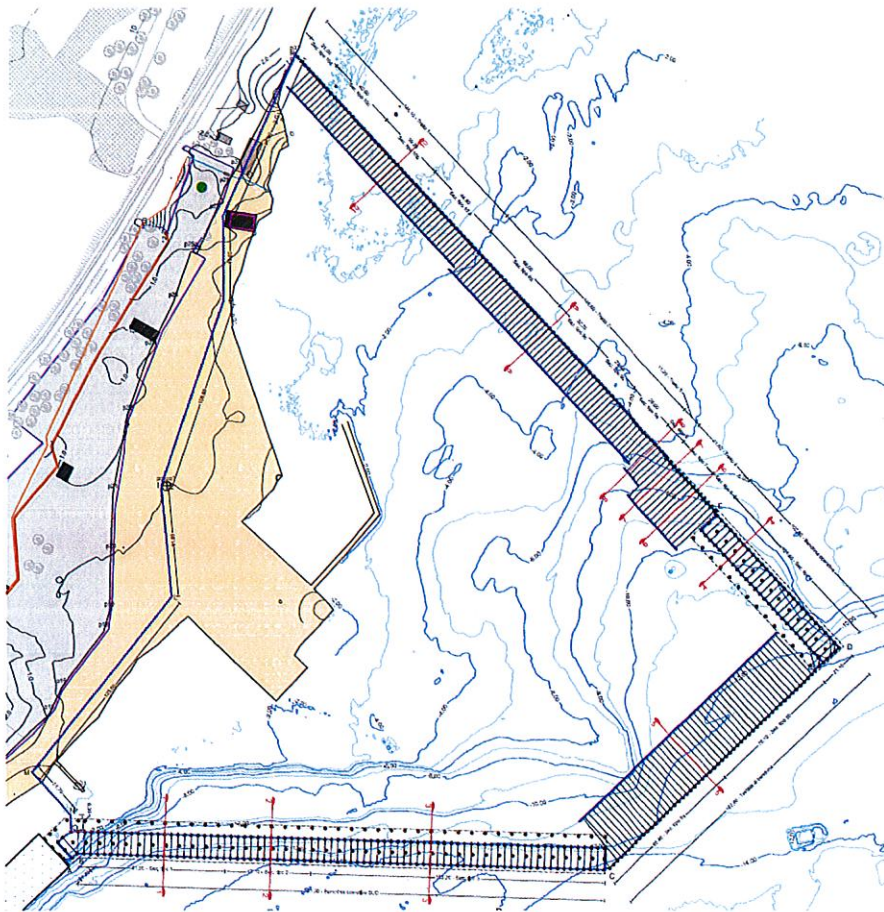


Figura 1 – Planimetria generale con indicazione delle sezioni tipo

Nelle banchine operative Sud e Nord la configurazione strutturale è di tipo Cofferdam realizzato con pareti Combi-wall composti da palo \varnothing 1,524 m e n. 3 palancole tipo Larssen 716 uniti tramite saldatura o punzonatura. Le due pareti che compongono il Cofferdam sono ancorati tra loro mediante dei tiranti in corrispondenza dei pali con interasse pari a 3,70 m.

Nella testata provvisoria la chiusura della vasca di colmata e nel tratto 4 che riguarda il confinamento vasca di colmata, esteso per una lunghezza pari a 41,60 m, verrà realizzato il sistema Combi-wall composto da palo \varnothing



1,524 m e palanca tipo AZ18-700 uniti tramite saldatura o punzonatura. In corrispondenza di ciascun palo verrà predisposto un sistema di tiranti ancorati ad un palancolato di contrasto (lato cassa di colmata) con interasse pari a 3,00 m.

Per i successivi tratti del confinamento vasca di colmata dalla prog.625,10 m fino alla 928,70 m la chiusura sarà realizzata con il sistema di solo palanca con tipologie differenti. Il palancolato principale (lato mare), sarà ancorato ad un palancolato di contrasto (lato cassa di colmata) mediante un sistema di tiranti.

Le caratteristiche principali del palancolato lato mare sono riportate nella Tabella 1. Per l'identificazione delle diverse sezioni, si faccia riferimento alla planimetria, riportata nella Figura 1.

Tabella 1 – Configurazione palancolato lato mare

	Composizione moduli palancolato	Altezze elementi palanca	Profondità fondale	Estensione sezione
Sezione Tipo 1	Palo Ø1,524m + n. 3 palancole tipo Larssen 716	Palo: 29 m Palanca: 23 m	-13,50 m	81,00 m
Sezione Tipo 2	Palo Ø1,524m + n. 3 palancole tipo Larssen 716	Palo: 29 m Palanca: 23 m	-14,00 m	47,10 m
Sezione Tipo 3	Palo Ø1,524m + n. 3 palancole tipo Larssen 716	Palo: 29 m Palanca: 23 m	-14,00 m	163,20 m
Sezione Tipo 4	Palo Ø1,524m + n. 3 palancole tipo Larssen 716	Palo: 29 m Palanca: 23 m	-9,00 m	102,30 m
Sezione Tipo 5	Palo Ø1,524m + n. 1 palanca tipo AZ18-700	Palo: 30 m Palanca: 24 m	-12,00 m	182,60 m
Sezione Tipo 6	Palo Ø1,524m + n. 1 palanca tipo AZ18-700	Palo: 28,5 m Palanca: 19,5 m	-8,00 m	17,78 m
Sezione Tipo 7	Palo Ø1,524m + n. 1 palanca tipo AZ18-700	Palo: 24 m Palanca: 19,50 m	-7,00 m	23,87 m
Sezione Tipo 8	Palanca tipo AZ38-700	18,00 m	-6,00 m	12,60 m
Sezione Tipo 9	Palanca tipo AZ28-700	14,00 m	-4,00 m	145,60 m
Sezione Tipo 10	Palanca tipo AZ20-700	11,00 m	-2,00 m	146,10 m

Il presente documento include la descrizione delle misure preventive da attuare per garantire la durabilità della struttura nel corso della vita di servizio dell'opera (50 anni), inclusa l'installazione di sistemi di protezione catodica.



3. DURABILITÀ

La durabilità della struttura definitiva in precedenza è stata fissata in almeno 50 anni. Alcune porzioni della struttura hanno però una funzione temporanea, per queste strutture si assume una vita di servizio di 5 anni:

- Tiranti installati in corrispondenza delle sezioni 1, 2, 3 e 5;
- Palancolato installati in corrispondenza della sezione 5.

Per assicurare la durata della struttura per l'intera vita di servizio è necessario individuare le principali cause del degrado delle strutture metalliche (palancolato e tiranti) e le conseguenti contromisure da attuare.

La velocità di corrosione delle strutture metalliche varia a seconda delle condizioni di esposizione. I valori di perdita di spessore del palancolato, in funzione delle condizioni di esposizione e della vita di servizio, sono indicati dall'Eurocodice 3.

Nel caso in esame si presentano le seguenti situazioni:

- Superfici del palancolato a contatto con acqua di mare;
- Superfici del palancolato e dei tiranti a contatto con terreno naturale aggressivo.

3.1 MISURE DI PREVENZIONE DELLA CORROSIONE

Per le superfici del palancolato a contatto con acqua di mare, considerando le elevate velocità di corrosione di tali superfici e una vita di servizio di 50 anni, si suggerisce l'attuazione della seguente misura preventiva:

- Installazione di un sistema di protezione catodica ad anodi galvanici, comprensivo di elettrodi di riferimento per il monitoraggio

Il sistema di protezione catodica sarà dimensionata per una vita di servizio di 20 anni, trascorsi i quali, dovranno essere eseguite ispezioni subacquee, per valutare il consumo degli anodi e quindi procedere ad un'estensione della loro vita di servizio oppure alla loro sostituzione.

Per il palancolato in corrispondenza della testata provvisoria, considerando la moderata perdita di spessore nell'arco dei 5 anni previsti per la durata della struttura, non si prevede l'attuazione di alcuna misura preventiva.

Per le superfici del palancolato a contatto con il terreno, considerando le basse velocità di corrosione generalizzata e le conseguenze trascurabili di eventuali attacchi localizzati non sarà prevista nessuna misura preventiva.

Per le superfici dei tiranti a contatto con il terreno nei tratti di banchina operativa Nord e Sud, considerando la moderata perdita di spessore nell'arco dei 5 anni previsti per la durata delle strutture, non si prevede l'attuazione di alcuna misura preventiva. Per i restanti tiranti installati nella testata provvisoria e nei tratti del confinamento vasca di colmata considerando le basse velocità di corrosione generalizzata e le conseguenze non trascurabili di eventuali attacchi corrosivi, si suggerisce l'attuazione di un sistema per il monitoraggio della velocità di corrosione e predisposizioni per l'eventuale futura installazione di sistemi di protezione catodica.



4. SISTEMI DI PROTEZIONE CATODICA PER IL PALANCOLATO LATO MARE

Il palancolato lato mare interessato dal sistema di protezione catodica riguarda i tratti di banchina operativa Nord e Sud e del confinamento della vasca di colmata, ad esclusione del palancolato in corrispondenza della testata provvisoria.

Le superfici da proteggere sono state suddivise in base alla sezione tipo e alla sua estensione, il dettaglio delle superfici sono riportate nella tabella seguente.

Tabella 2 – Superfici da proteggere

	Superfici nude a contatto con acqua di mare (m²)	Superfici nude a contatto con fango marino (m²)
Sezione Tipo 1	967	270
Sezione Tipo 2	646	141
Sezione Tipo 3	2.285	490
Sezione Tipo 4	980	308
Sezione Tipo 6	147	54
Sezione Tipo 7	146	72
Sezione Tipo 8	62	38
Sezione Tipo 9	584	437
Sezione Tipo 10	325	433
Totale	6.142	2.243

Nota: per le superfici a contatto con il fango marino, sono state considerate solo le superfici della parete combinata fino ad una profondità di 3 m al di sotto del fondale marino. Al di sotto di tale profondità, la ridotta concentrazione di ossigeno porta la velocità di corrosione a valori praticamente trascurabili.

Le tabelle che seguono riportano:

- Tabella 3: i valori di progetto per le densità di corrente di protezione, in accordo alla norma EN 12495
- Tabella 4: i valori della corrente di protezione, calcolati a partire dalle superfici e dalle densità di corrente di protezione.

Tabella 3 – Valori di densità di corrente di protezione in accordo a EN 12495

Condizioni di esposizione	Iniziale (mA/m²)	Mantenimento (mA/m²)	Ripolarizzazione (mA/m²)
Acciaio a contatto con acqua di mare	110	60	80
Acciaio a contatto con fango marino	25	20	20

Tabella 4 – Valori calcolati della corrente di protezione

Condizioni di esposizione	Iniziale A	Mantenimento A	Ripolarizzazione A
Acciaio a contatto con acqua di mare	1.179	643	857



Acciaio a contatto con fango marino	76	60	60
Totale	1.225	703	917

4.1 CONFIGURAZIONE DEL SISTEMA DI PROTEZIONE CATODICA

Gli elementi di calcolo per l'installazione di protezione catodica con anodi superficiali comportano la definizione di:

- Peso globale degli anodi da installare, tenendo conto dell'estensione della superficie da proteggere, della densità di corrente di protezione, del tempo di protezione e del consumo pratico di materiale.
- Distanza massima a cui si devono installare gli anodi per mantenere le cadute chimiche entro i limiti prefissati.
- Forma geometrica degli anodi e rapporto superficie volume tali da mantenere la densità di corrente anodica entro i limiti prefissati e promuovere la corrosione dell'anodo.

Sulla base dei conti sopra riportati, per garantire la durabilità della struttura nel corso della vita di servizio, dovrà essere installato un sistema di protezione catodica costituito da anodi galvanici in lega di alluminio-zinco-indio.

Dati di progetto:

Superficie della struttura in acciaio da proteggere.

Tipo di rivestimento impiegato.

Densità di corrente catodica

Tempo di protezione.

PESO DELL'ANODO DA INSTALLARE.

$$W = \frac{i_{av} \cdot A \cdot L \cdot 8760}{C}$$

dove:

A = superficie da proteggere (superficie rivestita più difettosità coating (variabile nel tempo).

i_{av} = densità di corrente richiesta (A/m^2).

L = vita richiesta (anni).

8760 = ore in un anno.

C = capacità anodica (Ah/Kg).

OUTPUT DELL'ANODO.

E' la corrente disponibile calcolata con la formula seguente:



$$I = \frac{E_r - E_1}{R}$$

dove:

E_r = Potenziale di protezione [V].

E_1 = Potenziale dell'anodo [V].

R = Resistenza dell'anodo [Ω].

R è calcolata con le formule disponibili in funzione dell'applicazione e della geometria degli anodi. Per il calcolo è stato necessario conoscere la resistività del mezzo [ρ].

VITA DELL'ANODO.

Si calcola con la seguente relazione:

$$L = \frac{M \cdot v}{I \cdot E}$$

dove:

M = massa del singolo anodo.

E = Velocità di consumo [Kg/Ay]; inverso della capacità.

I = output dell'anodo.

v = fattore di utilizzazione.

NUMERO DEGLI ANODI.

Si valuta con la relazione seguente:

$$N = \frac{A \cdot i_{av}}{I}$$

In definitiva, si prevede l'installazione di n° 360 anodi da 152 kg netti, per una massa anodica complessiva pari a 54.7 t.

Gli anodi galvanici verranno fissati a gruppi su strutture di supporto in acciaio, che saranno saldate al palancolato, in modo che gli anodi siano collocati nella parte immersa ed uniformemente distribuiti.

La figura seguente mostra un esempio di struttura di supporto per gli anodi.

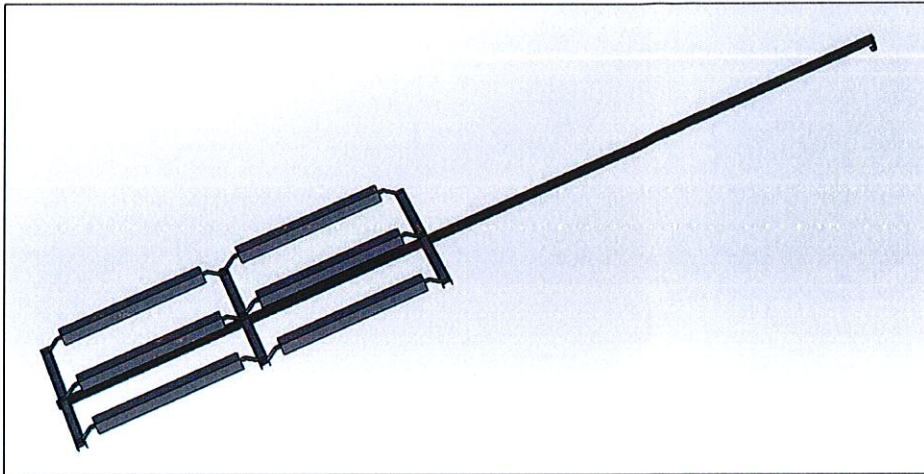


Figura 2 – Esempio di Anodi su struttura di supporto in acciaio

4.2 SISTEMA DI MONITORAGGIO PER IL PALANCOLATO

Per il monitoraggio delle condizioni di protezione del palancolato, si propone l'installazione di n° 7 elettrodi di riferimento in zinco.

Gli elettrodi di riferimento vengono fissati alla parete del palancolato, nella parte immersa, tramite telai in materiale polimerico; gli elettrodi di riferimento saranno completi di cavo elettrico di collegamento resistente all'acqua di mare.

Il cavo di ogni elettrodo sarà collegato all'interno di una cassetta di monitoraggio, installata in superficie, in corrispondenza dell'elettrodo stesso.

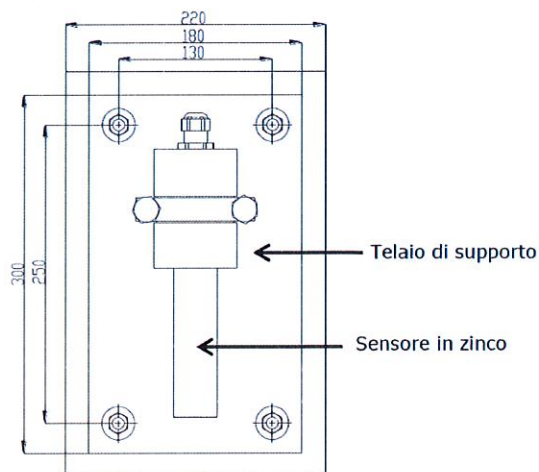


Figura 3 – Elettrodo di riferimento permanente in zinco

4.3 SISTEMA DI MONITORAGGIO PER I TIRANTI

Il sistema di monitoraggio proposto si basa sull'installazione di n° 4 postazioni di misura, ciascuna costituita dai seguenti componenti



- un sensore per la misura della velocità di corrosione;
- una cassetta per il collegamento dei cavi di monitoraggio;
- tondini/barre in acciaio per collegamento alla struttura;
- cavo di monitoraggio HEPR/PVC 1x10 mm²

In aggiunta al sistema di monitoraggio verrà previsto la messa in opera di predisposizione necessarie per l'eventuale installazione di un sistema di protezione catodica nel corso della vita di servizio della struttura. Tali predisposizione consistono in:

- realizzazione del collegamento tra tiranti e palancolato in maniera tale da garantire la continuità elettrica dei tiranti e palancolato;
- realizzazione dei collegamenti elettrici negativi alla struttura. Ogni collegamento negativo sarà realizzato tramite saldatura al palancolato di una barra in acciaio di lunghezza sufficiente a raggiungere un pozzetto in superficie;
- realizzazione di cavidotti.