

ECOFOX Srl

PROGETTO DEFINITIVO

**REALIZZAZIONE NUOVO SEALINE E CAMPO BOE
PER LO SCARICO OLI VEGETALI E PROPRI DERIVATI
DA NAVI CISTERNA A VASTO (CH)**

RELAZIONE DI CALCOLO

Allegato 2

Commessa n.: 336
Rev. n.: 3
Del: 29/07/2019
Data prima emissione: 30/07/2018
Filename: 336 – Relazione di calcolo – all.2_3

CAPITALE SOCIALE € 65.100 – ISCR. C.C.I.A.A. 708573 – Aut. Trib. Velletri n. 9359/90 Reg. Soc. – P.IVA 03869371009

INDICE

1. NOTE GENERALI
2. CALCOLI IDRAULICI DI DIMENSIONAMENTO DEL SISTEMA
 - 2.1 POMPAGGIO DI DISCARICA
 - 2.2 COLPO D'ARIETE
 - 2.3 SPIAZZAMENTO FINALE
 - 2.4 CIRCOLAZIONE PER PRERISCALDAMENTO
3. CALCOLI MECCANICI TUBAZIONE SEA LINE
 - 3.1 CALCOLI SPESSORE
 - 3.2 CALCOLI DILATAZIONE TERMICHE
4. LIMITI OPERATIVI CAMPO BOE
5. CALCOLI DIMENSIONAMENTO CAMPO BOE
 - 5.1 DATI DI BASE CONSIDERATI
 - 5.2 DESCRIZIONE GENERALE DEL CAMPO BOE
 - 5.3 CALCOLI DI RESISTENZA MECCANICA DEL SISTEMA DI ORMEGGIO
 - 5.4 DIMENSIONAMENTO CORPO MORTO IN C.L.S.
6. DIMENSIONAMENTO IMPIANTO DI PROTEZIONE CATODICA
7. CALCOLI TERMICI
8. CALCOLI POTENZA ELETTRICA NECESSARIA
9. CALCOLI DIMENSIONAMENTO VASCA DI CONTENIMENTO: APPRONTAMENTI PRELIMINARI
10. DIAGRAMMI CAUSA-EFFETTO

1. NOTE GENERALI

La progettazione definitiva del campo boe e del sealine di Vasto, per la scarica diretta di oli vegetali e propri derivati da navi cisterna, come descritto nella relazione tecnica, ha richiesto lo sviluppo di una serie di calcoli di dimensionamento, tutti opportunamente correlati tra di loro.

La relazione tecnica generale riporta la descrizione dell'impianto, dei suoi componenti, le prestazioni, le modalità costruttive e le funzionalità.

I calcoli di dimensionamento, che hanno portato al progetto (come descritto nella relazione tecnica generale), sono riportati nella presente relazione.

2. CALCOLI IDRAULICI DI DIMENSIONAMENTO DEL SISTEMA

2.1. POMPAGGIO DISCARICA

▪ LUNGHEZZA TOTALE SEA LINE (TRATTO A TERRA + TRATTO A MARE)	1350 m
▪ DISLIVELLO GEODETICO 7 + 15	22 m → 30 m
▪ DIAMETRO MANICHETTA	10"
▪ DIAMETRO SEA LINE	12"
▪ VELOCITÀ IN LINEA	2,5 /SEC
▪ PARTITA DA SCARICARE	12.000 m ³
▪ PORTATA	600 m ³ /h
▪ TEMPO DI DISCARICA	20 ORE
▪ VISCOSITÀ'	4,5 cts A 55°C
▪ DENSITÀ	0,87 A 55 °C
▪ MOTO TURBOLENTO	(N. DI REYNOLD > 3000)
▪ PERDITA DI CARICO	1,55 x 1,3 x 13,5 = 27 m
▪ PREVALENZA POMPE NAVE	70 m (+SHUT OFF 20 m)
▪ PREVALENZA NECESSARIA	30 x 27 x 1,3 = 66 M (OK SODDISFA)

2.2. COLPO D'ARIETE

▪ COLPO D'ARIETE TEORICO 10 x 2,5 = 25 BAR	(OLTRE IL RATING: OCCORRE SCENDERE)
--	--

- PER ATTUTIRE:

SEQUENZA ARRESTO POMPA
NAVE PROGRESSIVA

TEMPO DI CHIUSURA
VALVOLE MOV IN ARRIVO
STABILIMENTO 45 SEC

SMORZATORE AD AZOTO 5
m³ IN ARRIVO ALLO
STABILIMENTO

2.3. SPIAZZAMENTO FINALE

- DIMENSIONE BATCH DI PRODOTTO DA SPIAZZARE (INVASO SEALINE) ~ 100 M³
- SPIAZZAMENTO CON ACQUA CALDA DA STABILIMENTO
- PORTATA DI SPIAZZAMENTO 200 M³/H
- PREVALENZA NECESSARIA $(5 \times 13,5 + 0,2 \times 13,5) \times 1,5 = 105 \text{ M} \sim 10 \text{ BAR}$
- CARATTERISTICHE POMPE SPIAZZAMENTO $Q = 200 \text{ M}^3/\text{H}$, $H = 10 \text{ BAR}$, SHUT OFF + 25%, NPSH = 5 M
- TEMPO DI SPIAZZAMENTO 0,5 ORE

2.4. PRERISCALDO LINEA

- CIRCOLAZIONE DI ACQUA CALDA (80°C), IN CIRCUITO CHIUSO CON SERBATOIO RISCALDAMENTO
- PORTATA 200 M³/H
- PREVALENZA NECESSARIA 10 BAR (OK SI USA LA POMPA DI SPIAZZAMENTO, INVERTENDO IL PASSAGGIO: ANDATA NEL 12" – CHE SI RISCALDA – RITORNO NEL 6")
- NUMERO PASSAGGI: 40
- TEMPO NECESSARIO: $40 \times 100/200 = 20 \text{ ORE}$

3. CALCOLI MECCANICI TUBAZIONE SEA LINE

3.1. Calcolo spessore

Lo spessore delle tubazioni viene calcolato (a pressione interna) secondo le norme ANSI B31.4 applicando la formula di Boyle come segue:

$$S_p = \frac{p \cdot D_e}{200 \sigma / K}$$

Ove

S_p = spessore in mm

P = pressione massima di esercizio in bar (20 bar)

D_e = Diametro della tubazione (324 mm)

σ = limite di snervamento ammesso per il materiale API 5L X, grado X52 (52 Kg/mm²)

K = coefficiente di sicurezza allo snervamento: 2,5 (giunti saldati radiografati al 100%)

Sulla base di quanto sopra lo spessore risultante risulta

$$S_p = \frac{20 \cdot 324}{200 \cdot 52 / 2,5} = 1,56 \text{ mm}$$

Aggiungendo $D_e = 3$ mm di sovrasspessore di corrosione, si arriva a 4,56.

Occorre ancora aggiungere uno spessore di zavorra S_z per evitare il fenomeno del galleggiamento quando il tubo è vuoto, anche se in pratica questa condizione, operativamente, non si verifica mai.

Considerando una lunghezza unitaria di tubo (1 m), la spinta di galleggiamento, dovuta al principio di Archimede, risulta:

$$S_p = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \times L = 0,0824 \text{ m}^3 = 82,4 \text{ litri} = 82,4 \text{ Kg di acqua spostata.}$$

Lo spessore addizionale necessario per compensare è di $S_z = 11,13$ mm.

Si assume lo spessore commerciale di 12,7 mm (XS).

Si è trascurato di considerare il peso della sabbia sovrastante, andando in favore della stabilità.

3.2. Calcolo dilatazioni termiche

Si considera, in via teorica, il sea line lungo 1350 m, libero completamente di dilatarsi per l'intera lunghezza.

Considerando, cautelativamente, un ΔT di 65°C (80°C – 15°C) ad ogni manovra di preriscaldamento l'allungamento complessivo risulterebbe:

$$\Delta L = \alpha \cdot L \cdot \Delta T = 12 \times 10^{-6} \times 1,35 \times 10^3 \times 65 = 1,06 \text{ m}$$

Questa è una pura assunzione teorica.

In realtà. Il sealine è interrato, quindi la completa dilatazione tecnica è in buona parte impedita dall'attrito tra tubo e sabbia.

Per assorbire si può ipotizzare di ripartirlo come segue:

- In parte affidare lo sforzo assiale alla resistenza meccanica del sea line a carico di punta
- Il rimanente affidarlo ad idonei giunti di dilatazione, piazzati strategicamente

In sede di progettazione esecutiva, il calcolo dello stress verrà affidato ad un o specialista, per il dimensionamento della soluzione ottimale di ripartizione tra:

- Attrito radente
- Idonei giunti di dilatazione
- Resistenza meccanica del tubo



4. LIMITI OPERATIVI CAMPO BOE

I seguenti limiti di operabilità vengono fissati per i campo boe:

- fino a vento forza 4 della scala di Beaufort: ingresso nave, ormeggio, scarica, uscita
- da forza 4 a forza 5: la nave resta all'ormeggio, però le operazioni di scarica vengono sospese e la manichetta scollegata
- oltre forza 5: la nave abbandona il campo boe e sosta in rada, in attesa di miglioramento delle condizioni metereologiche.

Con questi limiti, in accordo con la documentazione e le statistiche dell'Istituto Idrografico della Marina, la disponibilità operativa del campo boe, per la scarica, risulta comunque dell'85% (310 giorni/anno).



5. CALCOLI DI DIMENSIONAMENTO CAMPO BOE

5.1. Dati di base considerati

- | | |
|--------------------------------------|----------------------------------|
| ▪ Dimensione nave da ormeggiare: | 35.000 tons |
| ▪ Quantità di prodotto da scaricare: | 12.000 tons |
| ▪ Tipo di prodotto: | (oli vegetali e propri derivati) |
| ▪ Dimensioni geometriche della nave: | |
| • Lunghezza: | 217 mt |
| • Larghezza: | 27 mt |
| ▪ Altezza totale dello scafo: | 16 mt |
| ▪ Pescaggio a pieno carico: | 10,5 mt |
| ▪ Altezza fuori acqua a vuoto: | 11 mt |

5.1.1. Principali parametri di dimensionamento

- | | |
|----------------------------|--|
| ▪ Intensità max del vento: | 115 km/h da Nord Ovest (63 nodi) |
| ▪ Tipologia ormeggio: | prua controvento nella direzione del vento dominante |
| ▪ Campo boe: | n. 5 boe opportunamente disposte |

Il calcolo delle boe è stato effettuato in via cautelativa, considerando la nave esposta al vento con un angolo di 30° rispetto al vento dominante (e non controvento come sarà effettivamente ormeggiata).

Si è inoltre considerata una situazione di tiro come se l'ormeggio fosse effettuato su due boe (come se gli altri cavi non lavorassero).

In tal modo il sistema delle catene di ancoraggio ai rispettivi corpi morti risulta sovradimensionato, come pure le catene di ormeggio di ciascun corpo morto alle rispettive ancore di bloccaggio in posizione sul fondo marino.

5.1.2. Condizioni meteomarine

- | | |
|----------------------------|------------------------|
| ▪ Fondale: | circa 13,5 mt sabbioso |
| ▪ Velocità della corrente: | 0,6 nodi da Nord Ovest |
| ▪ Escursione marea: | 1,2 mt |
| ▪ Altezza onde: | 3 mt |

5.1.3. Fonti di informazione e reperimento dati

I dati sono stati ricavati dalle pubblicazioni di seguito elencate, e sono stati incrementati con fattori peggiorativi, al fine di aumentare i fattori di sicurezza dei calcoli.

- Il vento e lo stato del mare (Istituto Idrografico della Marina) - Genova
- Atlanti delle correnti superficiali dei mari italiani (Istituto Idrografico Della Marina) Genova
- Design and construction of ports and marine structures (Mc Graw Hill – New York)
- Carte nautiche dell'Istituto Idrografico della Marina di Genova
- The Tanker Register



5.2. Descrizione generale del campo boe

L'impianto a mare è costituito da:

- Un campo boe idoneo all'ormeggio della nave
- Un oleodotto sottomarino, da 12"
- Una manichetta da 10", permanentemente collegata all'oleodotto sottomarino: questa manichetta consentirà di effettuare il collegamento tra manifold nave ed oleodotto

La posizione del campo boe si trova a circa 1160 m dalla costa, la nave si posizionerà con la propria mezzeria circa in prossimità del terminale libero della manichetta, segnalato da un apposito gavittello galleggiante collegato con un cavo alla stessa.

Il campo boe è costituito da n.5 boe galleggianti, sistemato come indicato nel disegno 4D.18.336.003G.

La nave utilizzerà una imbarcazione degli ormeggiatori del porto di Vasto per ormeggiare al campo boe, a cui porgerà i cavi in apposita sequenza, secondo le normali pratiche e manovre nautiche.

Ciascuna boa sarà ormeggiata ad un proprio corpo morto, giacente sul fondo marino, a cui sarà collegata con una catena di idonea sezione, munita di giunto di rotazione (swivel joint).

A sua volta il corpo morto sarà trattenuto in posizione, nella direzione del tiro, da due ancore distanziate da esso, a cui è collegato con catene di idonee sezioni.

Le boe saranno di tipo speciale (Langmar o similare), e disporranno di idonei ganci a scocco.

Tutte le boe saranno predisposte con riflettori radar, illuminazione segnaletica regolamentare, alimentata con pannelli solari, una boa disporrà anche di asta e manica a vento.

Al momento dell'ormeggio, gli ormeggiatori collegheranno anche i cavi di manovra dei ganci a scocco (le cosiddette "ghie").

In caso di emergenza, da bordo nave sarà pertanto possibile sganciare autonomamente i ganci a scocco, e la nave potrà immediatamente prendere il mare.

La manichetta di collegamento, all'estremità collegata al manifold nave, sarà dotata di connessione a chiusura automatica (tipo "flipflop") per evitare qualsiasi forma di sgocciolamento, anche in caso di sgancio in emergenza.

5.3. Calcoli di resistenza meccanica del sistema di ormeggio

Forze dovute al vento

Considerando vento spirante a 22 nodi, pari a 40 Km/ora (vento dominante) la pressione sulla superficie esposta dalla nave risulta:

$$P_V = 0,0128 \cdot V^2 \cdot K = 0,0128 \times 22^2 \cdot 1,3 = 8,1 \text{ Kg/m}^2 \quad (\text{NB: velocità espressa in nodi})$$

La spinta esercitata sulla nave risulta pertanto:

- di prua o poppa: $8,1 \times 300 = 2430 \text{ Kg (2,4 Ton)}$
- di lato (sulla fiancata): $66 \times 1870 = 15200 \text{ Kg (15,2 Ton)}$

Considerando la spinta di lato, il tiro su di un solo cavo risulta 15,2 Ton (molto cautelativamente).

Poiché in realtà la nave è ormeggiata su due cavi: $15,2 / 2 = 7,6 \text{ Ton}$.

Forze dovute alle correnti

Le forze dovute alle correnti, sulla chiglia della nave, sono composte da due parti:

- spinta dinamica della corrente, che investe la proiezione verticale della parte sommersa della chiglia stessa
- resistenza per attrito della zona perimetrale bagnata

I valori di queste forze vengono calcolati con le seguenti formule:

$$\begin{cases} P_d = A_d \cdot K_s \cdot 2,86 \cdot V^2 \\ P_f = A_f \cdot K_2 \cdot V^2 \end{cases}$$

Dove:

P_d = forza dinamica

P_f = forza di attrito

A_d = area della proiezione verticale della chiglia, immersa

A_f = area della superficie perimetrale bagnata

K_s = costante, variabile da 0,75 ad 1, in funzione della forma della chiglia

K_2 = costante dipendente dalla lunghezza della nave (normalmente si considera 0,01)

V = velocità della corrente, espressa in nodi

Applicando i dati relativi al nostro caso, i risultati sono i seguenti:

- Tiro dovuto al carico dinamico: 5 Ton
- Tiro dovuto alla resistenza frizionale: 3 Ton
- Tiro complessivo dovuto alla corrente: 8 Ton

Questo tiro si ripartisce almeno su due cavi, tenendo conto degli angoli diventa 3,5 Ton per cavo.

Forze dovute al movimento delle onde

Queste forze normalmente sono trascurabili, se ne sviluppa comunque la verifica per completezza di calcolo.

L'altezza cautelativamente considerata per le onde è di 3 m, pertanto la nave si solleverà e si abbasserà rispetto al livello medio, di 1,5 m (in realtà l'altezza delle onde, con vento forza 5, non supera 2 m).

La geometria del campo boe, rispetto al livello medio del mare, impone ai cavi un angolo di 5°, rispetto all'orizzontale, quando la nave è vuota e completamente emersa.

Pertanto questo angolo varierà da 7,5° (nave sollevata) a 2,5° (nave abbassata).

Il cavo di ormeggio, sulla distanza di 60 m dalla boa, avrà una lunghezza geometrica teorica calcolata come segue:

$$c = B / \cos \alpha = 60 / 0,996 = 60,24 \text{ m}$$

Con l'oscillazione, variando l'angolo da $\alpha_1 = 7,5^\circ$ ad $\alpha_2 = 2,5^\circ$, la lunghezza dovrebbe modificarsi come segue:

$$C_1 = B / \cos \alpha_1 = 60 / 0,991 = 60,55 \text{ m}$$

$$C_2 = B / \cos \alpha_2 = 60 / 0,999 = 60,06 \text{ m}$$

In realtà il cavo di ormeggio non si dispone rigidamente secondo una retta, ma, avendo un peso proprio, si disporrà secondo una catenaria.

Dalle equazioni della catenaria, tenendo conto del peso e delle caratteristiche del cavo, si determina, sulle dimensioni considerate, una freccia di 2,2 m ed una lunghezza effettiva pari a:

$$l = C + (8 f^2 / 3c) = 60,24 + 0,214 = 60,454 \text{ m}$$

In conclusione il movimento delle onde produce tiri trascurabili (praticamente uguali a zero) sui cavi di ormeggio, in quanto i movimenti della nave vengono compensati:

- dall'estensione della catenaria
- dalla flessibilità del sistema di ormeggio
- delle boe ai rispettivi corpi morti

Quanto sopra è confermato anche dalle pubblicazioni della Princeton University (Conference on Berthing and Cargo handling in Exposed Location).

Tiro totale su di una boa

Il tiro totale su di un cavo risulta pertanto (nel caso più gravoso, vento forza 5):

$$15,2 + 3,5 = 18,7 \text{ Ton}$$

Tutto il sistema (boa, gancio di ormeggio, catena di ancoraggio della boa al corpo morto, catene ed ancoraggi del corpo morto) vengono sviluppati per un tiro di 50 Ton.

Esiste un notevole margine di dimensionamento.

5.4. Dimensionamento corpo morto in c.l.s.

Materiale:	calcestruzzo armato
Dimensioni:	4m x 4m x 2,5m
Volume:	40 mc
Peso specifico calcestruzzo:	2.300 kg/mc
Peso totale del corpo morto (in aria):	92 ton
Peso totale del corpo morto (in acqua)	52 ton



6. DIMENSIONAMENTO IMPIANTO DI PROTEZIONE CATODICA

I seguenti limiti di operabilità vengono fissati per il campo boe:

6.1. Condotte sottomarine interrate

La protezione catodica delle condotte verrà realizzata con anodi sacrificali a bracciale, sistemati all'esterno delle condotte ed opportunamente distanziati in modo uniforme.

Gli anodi saranno di tipo commerciale, il materiale sarà alluminio.

Ogni anodo sarà collegato elettricamente alla condotta. Verrà messo in opera anche un sistema di misura del potenziale, per monitorare lo stato di protezione del tubo.

La superficie complessiva della condotta da proteggere è di circa 4.200 mq.

Tenendo conto di predisporre una protezione per almeno 25 anni, il peso complessivo di anodi sacrificali in alluminio sarà di 1500 Kg.

Il consumo medio sarà di $1500/25 = 68$ Kg/anno (pari a circa 0,2 Kg/giorno): considerando la lunghezza della condotta (1.350 m), il materiale disperso sarà, mediamente, $0,2/1350 = 0,00015$ Kg/m (0,15 g/m). Questa situazione si verifica in condizioni normali di protezione delle condotte. Qualora si riscontrino situazioni localizzate di carenza di protezione, verranno messe in atto ispezioni subacquee di controllo degli anodi (con sostituzione di quelli consumati) e dei rivestimenti (con eventuale ripristino delle zone ammalorate).

6.2. Boe ed accessori

Le boe di cui è prevista l'installazione (Resinex a catamarano) sono realizzate con corpo in resina epossidica e riempimento in poliuretano, pertanto non è prevista alcuna protezione corrosiva.

Ancore, catene etc. sono in acciaio, ma non vanno protette catodicamente, in quanto soggette ad ispezioni subacquee visive periodiche, con sostituzione delle parti eventualmente ammalorate.

7. CALCOLI TERMICI

Nella operazione di preriscaldamento sea line (prima della scarica del prodotto) è necessario preriscaldare il sea line e farlo trovare pieno di acqua calda al termine della circolazione dell'acqua.

I dati di impostazione del calcolo sono i seguenti:

- Temperatura da raggiungere 60°C (sull'acciaio del tubo)
- Peso complessivo acciaio da riscaldare: 133 Ton (sealine 12")
- Temperatura media ambiente marino 15°C
- $\Delta T = 45^\circ C$
- Temperatura acqua di circolazione per preriscaldamento 80°C
- Capacità volumetrica serbatoio acqua di preriscaldamento 200 m³
- Invaso sea line 100 m³
- Portata della pompa di preriscaldamento 200 m³/h
200.000 Kg/h
- Tempo di spostamento invaso 30'
- Tempo complessivo di preriscaldamento 12 ore

Ogni 30' circolano 100.000 Kg di acqua calda (80°C).

Le Kcal trasportate (ogni 30') sono $20 \times 100000 = 2 \times 10^6$.

In 12 ore si possono trasportare $2 \times 24 = 48 \times 10^6$ Kcal

Il calore da cedere all'acciaio è $0,12 \cdot 45 \cdot 135000 = 729.000$ Kcal. (C'è notevole margine per le dispersioni termiche)

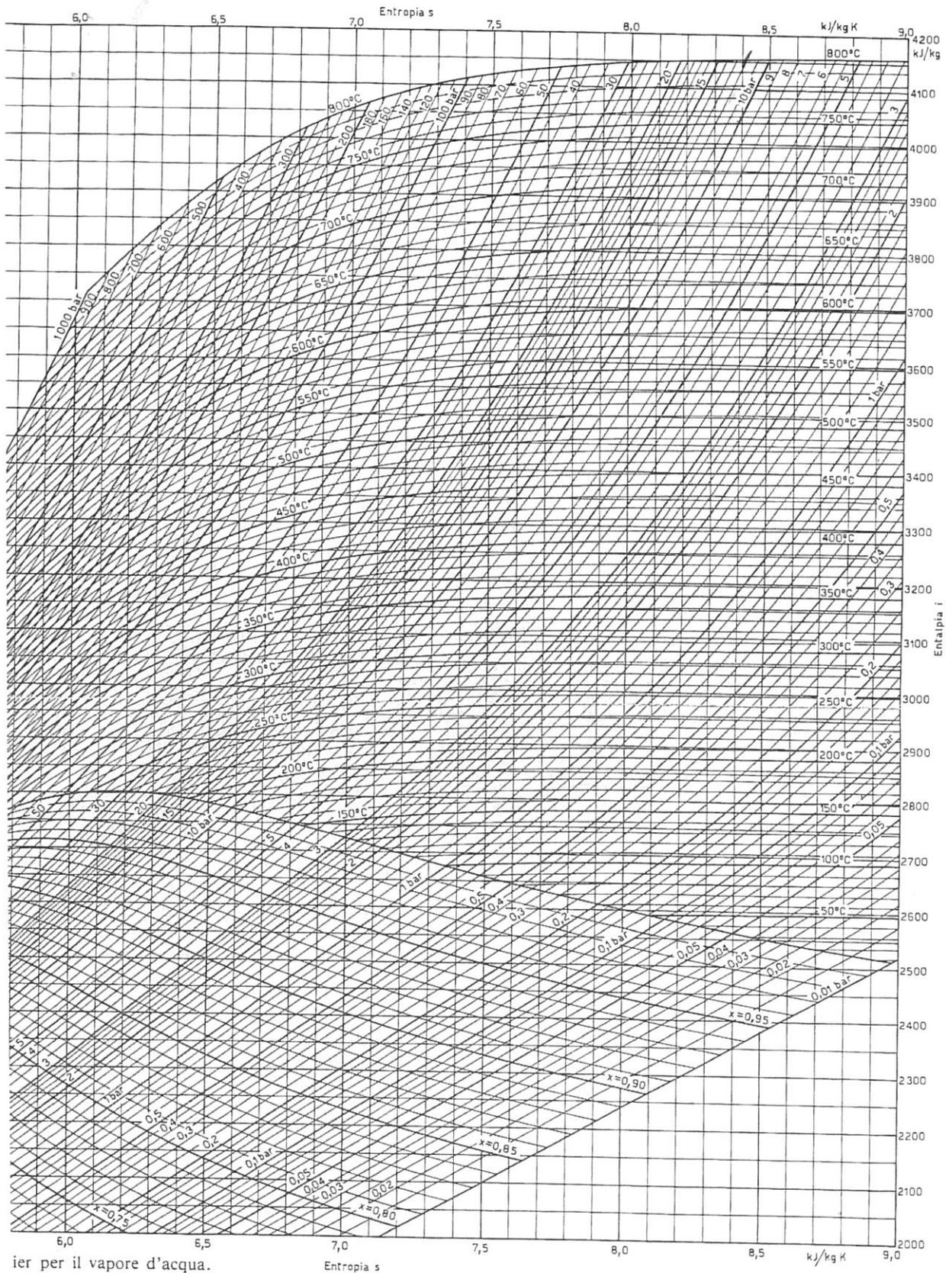
Le Kcal necessarie saranno fornite all'acqua (nel serbatoio di preriscaldamento) tramite idonei serpentini, alimentati dalla rete vapore dello stabilimento Ecofox.

Il vapore sarà prelevato dalla rete a media pressione e restituito alla rete a bassa pressione dello stabilimento.

In base ai dati ricavati dal diagramma di Mollier, la quantità di vapore da prelevare può essere stimata in +circa 0,5 ton/ora.

La temperatura del metallo del tubo sarà misurata da un controllore di temperatura, che provvederà per l'arresto del ricircolo non appena verrà raggiunta la desiderata temperatura di 60°C.

Il calcolo termico di dettaglio verrà sviluppato in fase di progetto esecutivo.



ier per il vapore d'acqua.

Entropia s

kJ/kg K

8. CALCOLI POTENZA ELETTRICA NECESSARIA

Lo schema elettrica unifilare di alimentazione delle valvole MOV aggiunte in stabilimento è il disegno 4D.18.336-001E.

Vengono aggiunte complessivamente n. 9 valvole MOV elettriche, da alimentare a 380 V 50 Hz Trifase (3 kW ogni MOV = 27 kW).

Viene inoltre aggiunta la pompa per l'acqua di preriscaldamento linea preliminare e spiazzamento, la cui potenza è P=11 kW.

La potenza installata è complessivamente 38 kW.

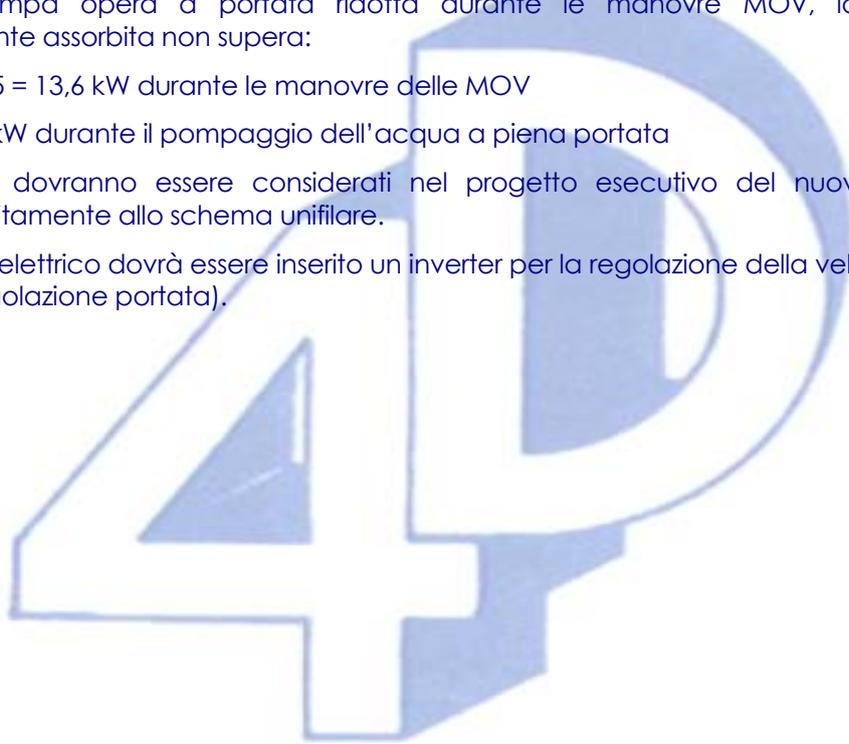
Applicando i coefficienti di contemporaneità alle operazioni delle MOV, e tenendo conto che la pompa opera a portata ridotta durante le manovre MOV, la potenza effettivamente assorbita non supera:

$27 \times 0,3 + 5,5 = 13,6$ kW durante le manovre delle MOV

Oppure 11 kW durante il pompaggio dell'acqua a piena portata

Questi dati dovranno essere considerati nel progetto esecutivo del nuovo quadro elettrico, unitamente allo schema unifilare.

Nel quadro elettrico dovrà essere inserito un inverter per la regolazione della velocità della pompa (regolazione portata).



9. CALCOLI DIMENSIONAMENTO VASCA DI CONTENIMENTO: APPONTAMENTI PRELIMINARI

- Area 10 x 80m = 800 m²
- Altezza utile barriera AR/100 (panne galleggianti): 31 cm
- Volume teorico contenuto: 800 x 0,31 = 248 mc
- Coeff. di riduzione cautelativo considerato: 0,65
- Volume effettivo considerato: 248 x 0,61 = 160 mc

Quantità teoricamente "sversabili" in caso di malfunzionamento (difettoso serraggio flangia di accoppiamento).

Tempo di intervento	Portata ridotta iniziale (avviamento)	Volume raccolto in vasca	Portata piena (caso teorico)	Volume raccolto in vasca (caso teorico)
60 sec	120 m ³ /h	4 m ³	600 (1)	20 m ³
5 min	120 m ³ /h	10 m ³	600 (1)	100 m ³
8 min	120 m ³ /h	16 m ³	600 (1)	160 m ³
10 min	120 m ³ /h	20 m ³	-	-
20 min	120 m ³ /h	40 m ³	-	-

(1) In realtà, il presidio locale presente al manifold al momento dell'avviamento (sempre a portata ridotta) controllerà l'assenza di perdite, e solamente dopo autorizzerà il progressivo aumento di portata. Senza autorizzazione, la portata non verrà aumentata.

10. DIAGRAMMI CAUSA EFFETTO

Per quanto riguarda i diagrammi causa effetto, fare riferimento ai seguenti disegni allegati alla relazione tecnica:

- Dis. 4D.18.336-002Sf1
- Dis. 4D.18.336-002Sf2
- Dis. 4D.18.336-002Sf3
- Dis. 4D.18.336-002Sf4
- Dis. 4D.18.336-002Sf5
- Dis. 4D.18.336-002Sf6
- Dis. 4D.18.336-002Sf7
- Dis. 4D.18.336-002Sf8
- Dis. 4D.18.336-002Sf9
- Dis. 4D.18.336-002Sf10

