



**REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO INDUSTRIALE PER  
LA PRODUZIONE DI SOLFATO DI POTASSIO E  
CLORURO DI SODIO RICRISTALLIZZATO DALLA  
KAINITE**

PROGETTO PRELIMINARE DELLE OPERE DI PRESA ACQUE DI MARE E  
SCARICO SALAMOIE A SERVIZIO DELL'IMPIANTO INDUSTRIALE

**All.1.4. Dimensionamento di massima e verifica delle condotte e  
degli impianti di sollevamento**

Palermo: 18.03.2016

**Codice Elaborato:**  
**ITKSMR\_PS\_PC1.4**

Supervisione per la Italkali - Società  
Italiana Sali Alcalini S.p.A.

Dott. Chim. Francesco Lanzino

Redatto da:



## **Indice**

<b>1.   PREMESSA.....</b>	<b>2</b>
<b>2.   SCELTA DEL TRACCIATO .....</b>	<b>3</b>
<b>3.   DIMENSIONAMENTO DELLE CONDOTTE .....</b>	<b>6</b>
<b>4.   DIMENSIONAMENTO IMPIANTO DI SOLLEVAMENTO – OPERA DI PRESA ACQUA DI MARE.....</b>	<b>11</b>
<b>5.   ORGANI DI ATTENUAZIONE DEI FENOMENI DI MOTO VARIO RELATIVAMENTE ALL’IMPIANTO DI SOLLEVAMENTO OPERA DI PRESA ACQUA DI MARE.....</b>	<b>13</b>
<b>6.   DIMENSIONAMENTO IMPIANTO DI SOLLEVAMENTO – OPERA DI SCARICO SALAMOIA .....</b>	<b>16</b>

## **1. PREMESSA**

La società ITALKALI S.p.a. intende realizzare un impianto industriale per la produzione di solfato di potassio e cloruro di sodio ricristallizzato dalla Kainite, approvvigionamento dalla Miniera di Realmonte.

La scelta del giacimento di Realmonte è stata definita sia per la dislocazione del giacimento vicino al mare e sia per utilizzare le strutture portuali esistenti a Porto Empedocle.

I processi di produzione del solfato di potassio e del cloruro di sodio derivano da un ciclo di separazione della Kainite dal salgemma che la accompagna anziché per flottazione sfruttando la sensibile differenza dimensionale tra il salgemma e la langbeinite in cui viene trasformata la kainite.

Un elemento fondamentale del processo messo a punto da Italkali è l'impiego di acqua di mare, quale acqua di processo.

Si è previsto pertanto la dislocazione in area costiera dell'impianto industriale, che utilizzerà il processo messo a punto potendo scaricare in mare i residui delle lavorazioni, cioè salamoie.

A tal fine è stato predisposto un "Progetto preliminare delle opere di presa acque di mare e scarico salamoie a servizio dell'impianto industriale".

La lavorazione richiesta prevede lo scarico liquido di circa 1.550.000 mc/anno di salamoia limpida.

In definitiva, si è previsto il dimensionamento della condotta di presa acqua di mare e della condotta di scarico salamoia, e dei relativi impianti di sollevamento, con una portata massima pari a 60 l/s.

## 2. SCELTA DEL TRACCIATO

Il tracciato delle due condotte è stato individuato in quello più breve, ottenuto seguendo le strade comunali, trazzera e mulattiere. Tale soluzione è stata realizzata sulla scorta di considerazioni economiche (minimizzazione dei costi di esproprio) ed idrauliche.

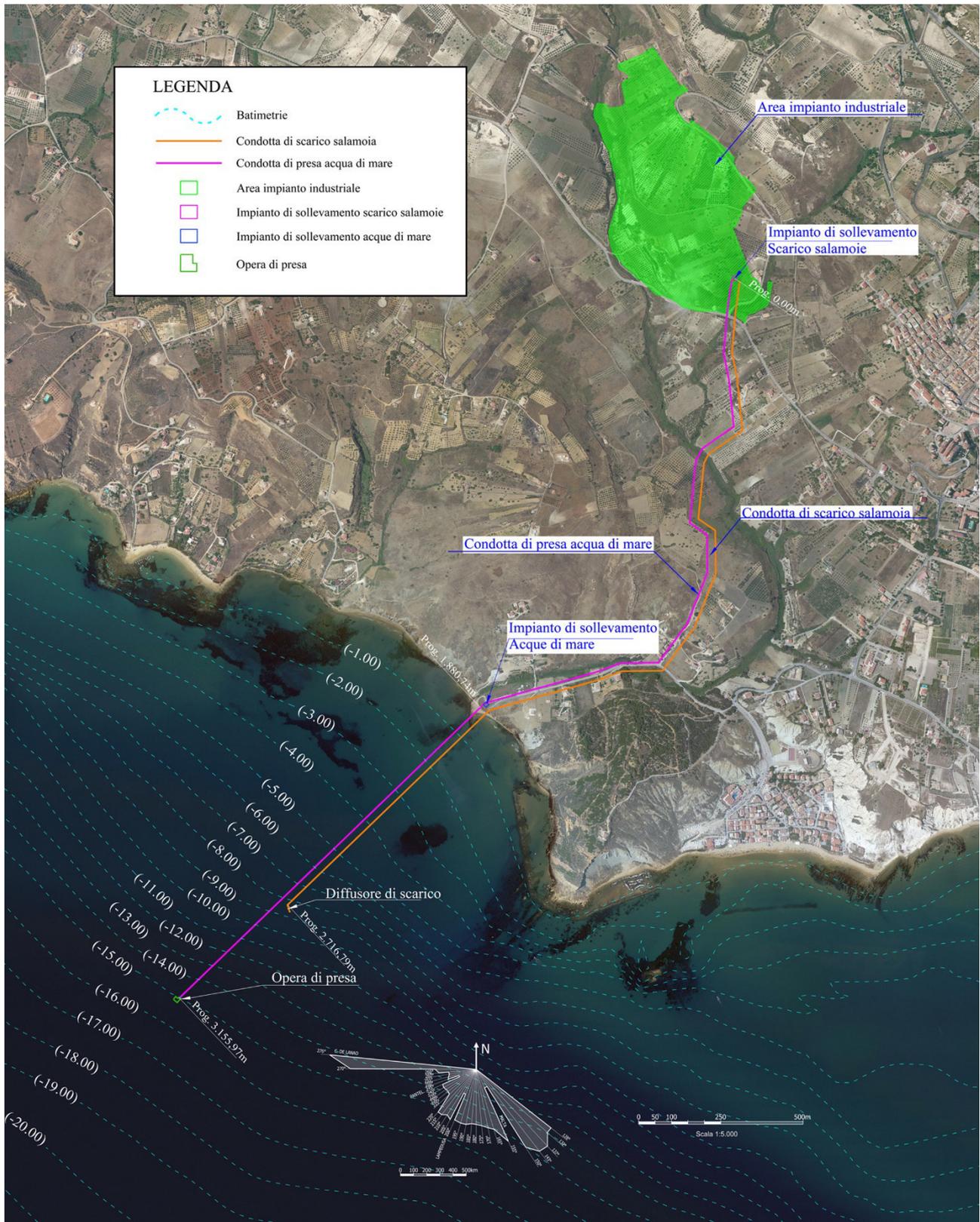
Il funzionamento idraulico della condotta di scarico, delle acque di salamoia, verrà principalmente a gravità. La salamoia sarà immessa nella condotta di scarico a mezzo di un impianto di sollevamento.

Le acque di mare, verranno aggettate con una condotta di presa all'impianto industriale posta in vicinanza della costa a ponente di Capo Rossello nel Comune di Realmonte.

Il tracciato delle due condotte prevede le seguenti caratteristiche (**Figura 1**):

• <i>Massima quota topografica dell'impianto industriale</i>	72,00	m s.l.m.m.
• <i>Lunghezza del tracciato delle condotte a terra</i>	2524.15	m
• <i>Lunghezza del tracciato della condotta di scarico sottomarina</i>	840.84	m
• <i>Quota opera di scarico</i>	-8,00	m s.l.m.m.
• <i>Lunghezza del tracciato della condotta di presa sottomarina</i>	1285.35	m
• <i>Quota opera di presa</i>	-15,00	m s.l.m.m.

Per il dimensionamento del diametro delle condotte si è tenuto conto di diversi aspetti idraulici ed economici. Si è posto che la velocità della condotta di scarico e della condotta di presa devono rispettare due limiti: non troppo bassa per evitare un ristagno nelle tubazioni che provoca un riscaldamento (soprattutto nei mesi estivi), generando bolle d'aria; non troppo elevata, allo scopo di preservare le condotte da eccessivi fenomeni di vibrazione e di limitare gli effetti del colpo d'ariete.



**Figura 1 – Tracciato delle condotte**

Inoltre, si è scelto di realizzare le due condotte in progetto con tubazioni in PEAD conforme alla norma UNI 7611, riguardante le caratteristiche del materiale. Inoltre,

garantiscono: un elevata resistenza agli urti (es. colpi d'ariete); elevata resistenza alla corrosione; buona resistenza meccanica alle basse temperature (0°); atossicità e facilità di giunzione.

Questo materiale presenta sugli altri i seguenti vantaggi:

a) leggerezza, hanno peso specifico  $0.945+0.65 \text{ g/cm}^3$  contro i  $7.8 \text{ g/cm}^3$  dell'acciaio.

La leggerezza comporta una seconda economia nelle spese di trasporto e di posa e semplifica le tecnologie di movimentazione.

b) facilità e conseguente rapidità di posa in opera: dovute alla maneggevolezza dei tubi e alla loro lunghezza di fabbricazione (fino 12m) generalmente maggiore di quella di altri materiali; alla facilità di collegare per saldatura i tubi fra loro o con tubi di altro materiale; alla facile lavorabilità con poche attrezzature;

c) eccellente resistenza chimica in condizioni ambientali largamente variabili. d) basso coefficiente di scabrezza che influisce favorevolmente sulla perdita di carico e rende difficile la formazione di incrostazioni e di depositi solidi lungo le pareti;

e) ottimi isolanti

f) elevata resistenza alla abrasione provocata da sostanze abrasivi presenti in elevate concentrazioni nelle acque di scarico.

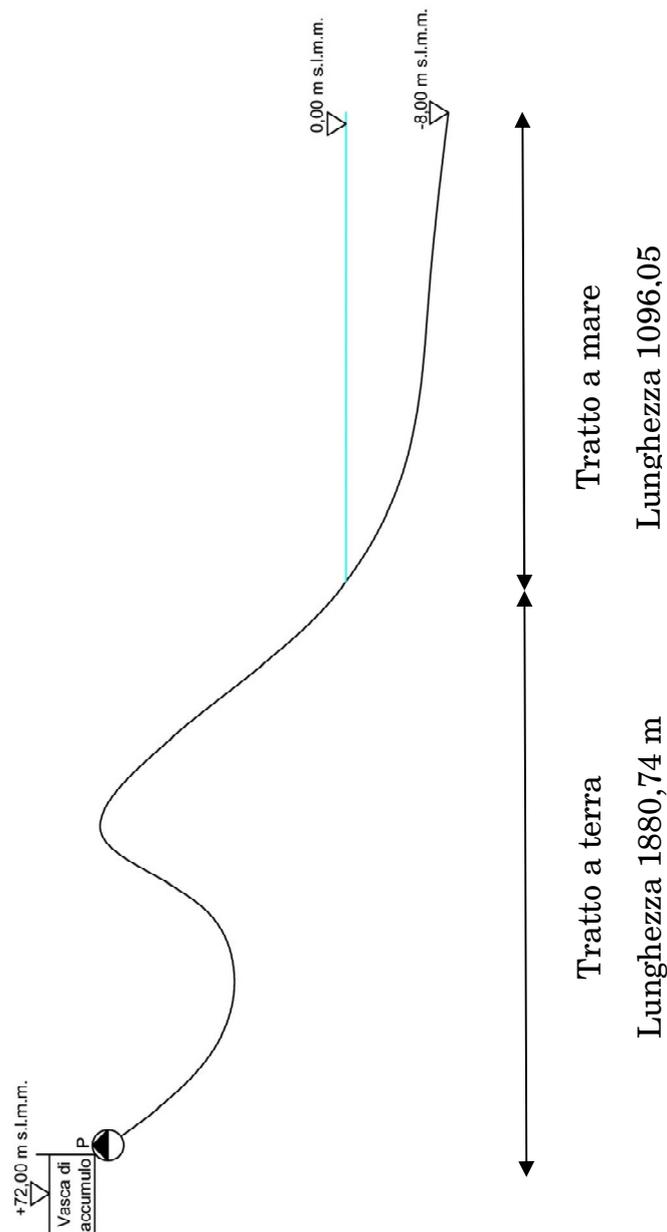
g) proprietà meccaniche soddisfacenti per il normale impiego dei tubi.

### 3. DIMENSIONAMENTO DELLE CONDOTTE

Definita la quota a cui posizionare la vasca di scarico pari a +72,00 m s.l.m.m., per quanto riguarda la condotta di scarico, e la quota finale di scarico pari a -8,00 m s.l.m.m. si è individuato il tracciato più breve e si è fatto uso del seguente schema idraulico (**Figura 2**).

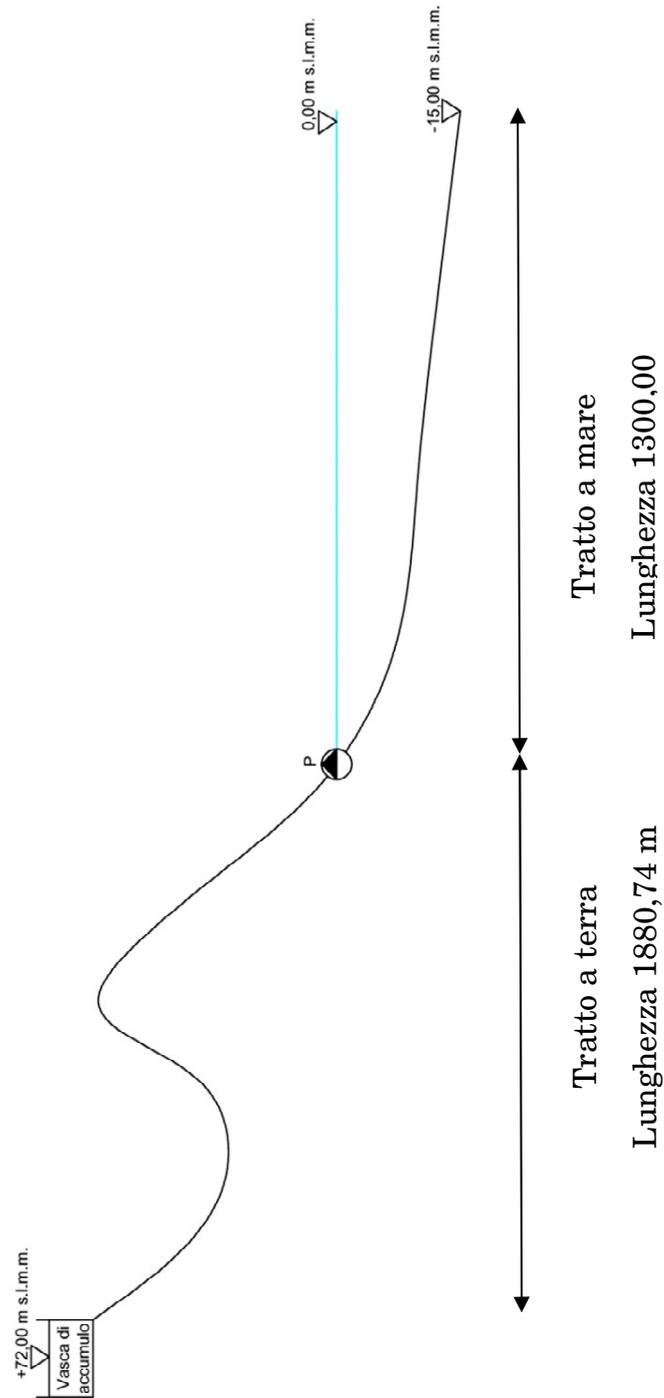
Si è previsto di installare un impianto di sollevamento, ricadente all'interno dell'area di produzione, avente la funzione di agevolare il deflusso delle salamoie verso il punto di scarico a mare aperto su una batimetria di circa -8,00 m s.l.m.m..

Lo schema idraulico di riferimento della condotta di scarico è il seguente:



**Figura 2** – Schema idraulico della condotta di scarico

Per la condotta di presa, definita la quota di presa a largo sulle batimetriche a -15,00 m s.l.m.m. è stato messo il tracciato della condotta sottomarina di aspirazione e della condotta di mandata all'impianto di produzione dove sarà realizzato, ed è stato adoperato il seguente schema idraulico di riferimento della condotta di scarico (**Figura 3**):



**Figura 3** – Schema idraulico della condotta di presa

Fissate le quote relativamente alle due condotte si è determinato il diametro della condotta, tracciando la piezometrica e verificando il corretto funzionamento idraulico della condotta sia per la condotta di scarico sia per la condotta di presa. Nella figura sottostante è rappresentato il profilo longitudinale

La scelta del diametro per le due condotte è stato determinato a seguito di calcoli riguardanti le perdite di carico e il corretto funzionamento idraulico. Il diametro scelto della condotta di scarico e della condotta di presa è un tubo in PEAD DN 450.

Con tale diametro la piezometrica non interseca il tracciato ed è molto distante dal profilo garantendo il corretto funzionamento in termini di sovrappressioni e di velocità del fluido all'interno della condotta, sia per la condotta di presa sia per la condotta di scarico.

Per la valutazione delle perdite di carico  $J$  si utilizza la formula di *Darcy – Weisbach* con coefficiente  $\lambda$  calcolato mediante la formula di *Colebrook – White* con valore di  $\epsilon$  pari a 0,004 mm, determinato in funzione delle caratteristiche della tubazione scelta in PEAD.

L	lunghezza della tubazione	[m]
D	diametro della tubazione	[m]
$v^2$	velocità del fluido	[m/s]
Re	numero di Reynolds	
J	perdite di carico unitarie	[m/m]
$\Delta H$	perdite di carico totali	$\Delta H = J \cdot L$

$$J = \frac{\lambda v^2}{2g D} \quad (\text{Darcy – Weisbach})$$

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = -2 \log \left( \frac{2.51}{Re \sqrt{\lambda}} + \frac{\epsilon/D}{3.71} \right) \quad (\text{Colebrook – White})$$

D[mm]	$\lambda$	J[m/m]
450	0,0156	0,000687

*Determinazione di  $\beta$  e J*

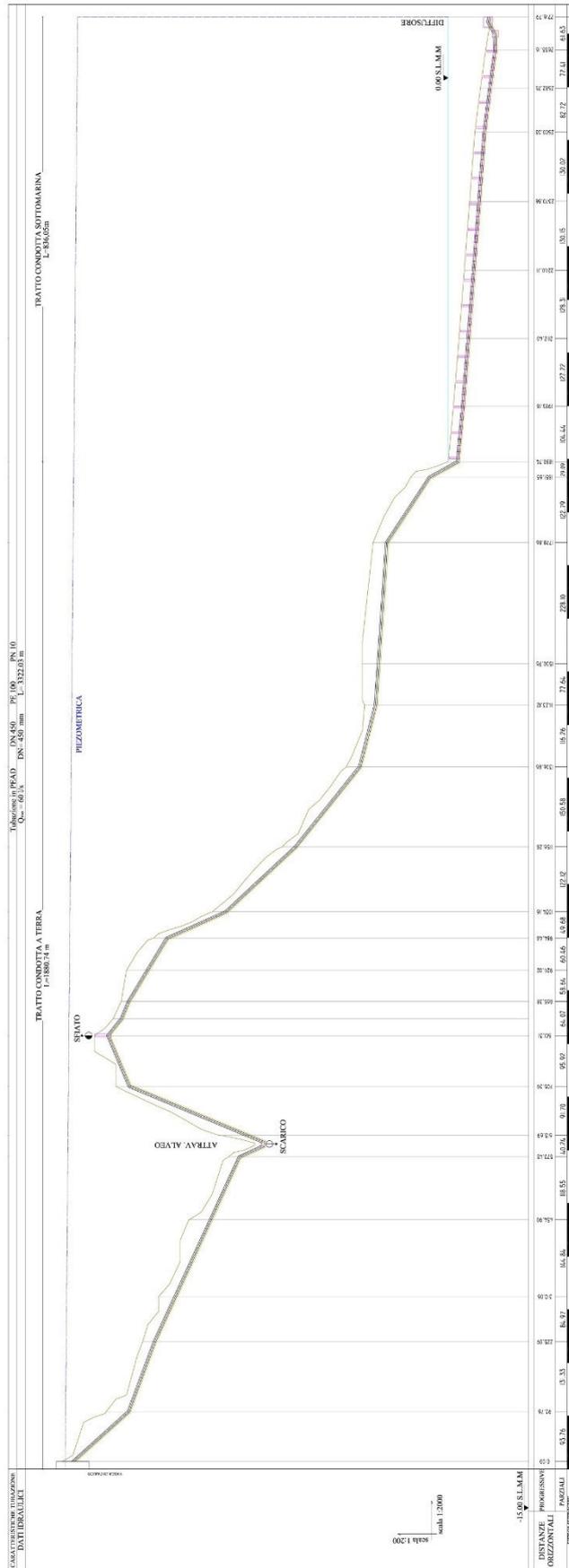


Figura 4 – Profilo longitudinale della condotta di scarico

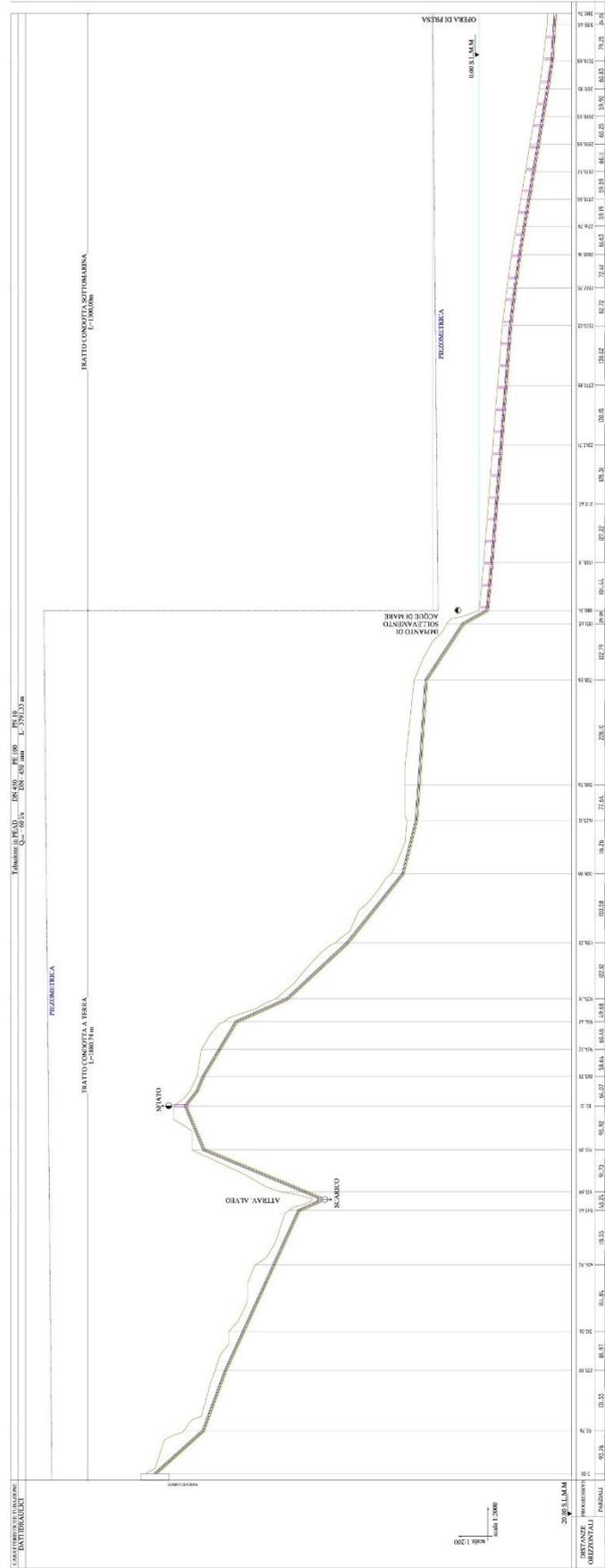


Figura 5 - Profilo longitudinale della condotta di scarico acqua di mare

#### 4. DIMENSIONAMENTO IMPIANTO DI SOLLEVAMENTO – OPERA DI PRESA ACQUA DI MARE

La scelta della pompa adeguata deve essere condotta in funzione della curva caratteristica dell'impianto a disposizione. Tale curva nasce dalla necessità di determinare l'andamento della prevalenza manometrica  $H_m$  in funzione della variazione della portata  $Q$ . Noto infatti il legame:

$$H_m = H_g + JL$$

è possibile determinare il valore di  $J$  attraverso la formula di *Dacy – Weisbach* per la condotte circolari:

$$J = \frac{\lambda v^2}{2g D}$$

con  $\lambda$  espresso mediante la formula di *Colebrook – White*:

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = -2 \log \left( \frac{2.51}{Re \sqrt{\lambda}} + \frac{\epsilon/D}{3.71} \right)$$

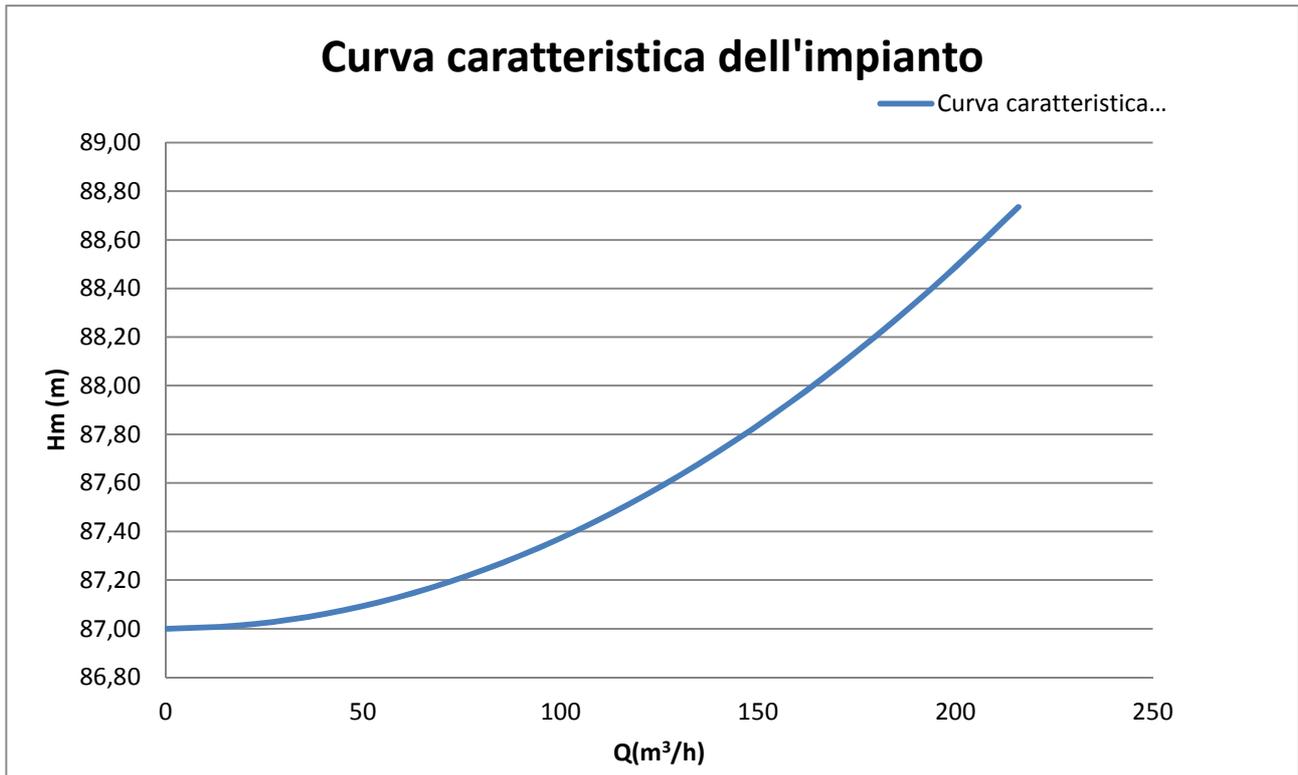
Noti i valori di progetto:

$$H_g = 72,00 \text{ m}$$

$$L_s = 2524,15 \text{ m}$$

si procede a tabellare  $H_m$  in funzione della portata  $Q$ :

Q[m3/h]	Q[m3/s]	J[m/m]	Hm[m]
0	0	0,00000000	72,00
18	0,005	0,00000477	72,01
36	0,01	0,00001910	72,05
54	0,015	0,00004297	72,11
72	0,02	0,00007639	72,19
90	0,025	0,00011936	72,30
108	0,03	0,00017188	72,43
126	0,035	0,00023395	72,59
144	0,04	0,00030557	72,77
162	0,045	0,00038674	72,98
180	0,05	0,00047745	73,21
198	0,055	0,00057772	73,46
216	0,06	0,00068753	73,74



**Figura 6 – Curva caratteristica dell'impianto sollevamento – opera di presa acqua di mare**

Partendo dai dati di progetto:  $Q=216,00 \text{ m}^3/\text{h}$

$H_m=65.3\text{m}$

il diagramma collinare, estratto dal catalogo Lowara relativo alle pompe LSN, consente di determinare che la categoria appropriata è:

**LSN 125-100-250**

La tabella di prestazione idrauliche associata a tale categoria permette di costruire la curva caratteristica della pompa che, sovrapposta alla curva di funzionamento dell'impianto, consente di individuare il punto di funzionamento.

Tale punto di funzionamento corrisponde ad un'altezza  $H= 86,70 \text{ m}$  e una portata pari a  $60 \text{ l/s}$ .

## 5. ORGANI DI ATTENUAZIONE DEI FENOMENI DI MOTO VARIO RELATIVAMENTE ALL'IMPIANTO DI SOLLEVAMENTO OPERA DI PRESA ACQUA DI MARE

Al fine di proteggere la condotta dal fenomeno del colpo d'ariete, si posiziona una cassa d'aria dopo il gruppo motore-pompa, preceduto da una valvola di non ritorno.

La cassa d'aria viene collocata a valle della pompa nel senso del flusso ascendente in derivazione sulla condotta elevatoria e permette di far avvenire il processo di moto vario solo nel tratto camera-condotta. La cassa d'aria è un recipiente di forma cilindrica contenente nella parte superiore aria in pressione. L'aria presente nella cassa consente di trasformare l'energia cinetica della colonna liquida in energia elastica. Trascurando la deformabilità delle pareti della condotta e la comprimibilità del liquido, si considera esclusivamente il fenomeno di oscillazione di massa. Per affrontare il problema si ricorre alla trattazione di *Evangelisti*, che si ritiene valida per escursioni di carico inferiori della metà del sovraccarico che si avrebbe in assenza di camera e in caso di arresto brusco dell'alimentazione:

$$\{Z_{\max}, Z_{\min} < 0.5 \frac{c}{g} v_0\}$$

Dati di dimensionamento:

$$D = 368,2 \text{ mm}$$

$$\omega = \frac{\pi D^2}{4} = 0.1064 \text{ m}^2$$

$$L = 1880,74 \text{ m}$$

$$v_0 = 0.56 \text{ m/s}$$

$$Q = 0.06 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$H_g = 72.0 \text{ m}$$

(prevalenza geodetica)

$$Y_s = 72.00 + 2.00 + 10.33 = 84.33 \text{ m}$$

(carico statico assoluto in corrispondenza della cassa d'aria)

$$c = \frac{\sqrt{\frac{\varepsilon}{\rho}}}{\sqrt{1 + \frac{D}{s} \times \frac{\varepsilon}{E}}} \cong 1200 \text{ m/s} \quad (\text{celerità})$$

Si assume  $Z_{\max} = 34.52 \text{ m}$  di colonna d'acqua  $\leq 0.5 \frac{1200}{9.81} \times 0.56 = 34.52 \text{ m}$

Le perdite di carico valgono

$$H_{0(n)} = J_n \cdot L = 0.00069 \times 2524.15 = 1.74 \text{ m}$$

Quindi:

$$z_{\max} = \frac{Z_{\max}}{Y_s} = \frac{34.52}{84.33} = 0.41$$

$$h_0 = \frac{H_{0(n)}}{Y_s} = \frac{1.74}{84.33} = 0.021$$

Dall'abaco di *Evangelisti* relativo a camera d'aria senza smorzamento e trasformazione adiabatica ( $n=1.41$ ) si ricava:

$$\sigma = 0.08 \quad (\text{caratteristica dell'impianto})$$

Dallo stesso abaco si ricava:

$$z_{\min} = 0.32$$

$$Z_{\min} = 0.32 \times 84.33 = 27.21$$

Dalla relazione caratteristica dell'impianto

$$\sigma = \frac{L \omega v_0^2}{2g U_s Y_s}$$

si ricava:

$$U_s = \frac{\omega L v_0^2}{2g \sigma Y_s} = \frac{0.0314 \cdot 879 \cdot (0.64)^2}{2 \cdot 9.81 \cdot 0.08 \cdot 68.73} = 0.69 \text{ m}^3$$

Si assegna alla cassa d'aria un volume pari a:

$$U_{\text{utile}} = 1.3 \times U_{\max}$$

Con:

$$U_{\max} = U_s \cdot \left( \frac{Y_s}{Y_s - |Z_{\min}|} \right)^{\frac{1}{n}} = 0.69 \cdot \left( \frac{84.33}{84.33 - 27.21} \right)^{\frac{1}{1.41}} = 0.91 m^3$$

Quindi

$$U_{\text{utile}} = 1.181 m^3$$

In definitiva, in un calcolo di prima approssimazione per quanto riguarda il dimensionamento della cassa d'aria è stato previsto un volume pari a 2,90 m<sup>3</sup> che garantisce il corretto funzionamento del sistema di sollevamento dalle possibili sovrappressioni che si possono verificare.

## **6. DIMENSIONAMENTO IMPIANTO DI SOLLEVAMENTO – OPERA DI SCARICO SALAMOIA**

La scelta della pompa adeguata deve essere condotta in funzione della curva caratteristica dell'impianto a disposizione. Tale curva nasce dalla necessità di determinare l'andamento della prevalenza manometrica  $H_m$  in funzione della variazione della portata  $Q$ .

Noti i valori di progetto:

$$H_g = 6,00 \text{ m}$$

$$Q = 60,00 \text{ l/s}$$

il diagramma collinare, estratto dal catalogo Flygt relativo alle pompe N, consente di determinare che la categoria appropriata è:

**N 3153**

La pompa sommergibile scelta garantisce la inintasabilità ovvero la capacità della pompa di operare senza che si verifichino interruzioni del pompaggio a causa del bocco o ostruzione della girante.