

TERNI S.p.A.

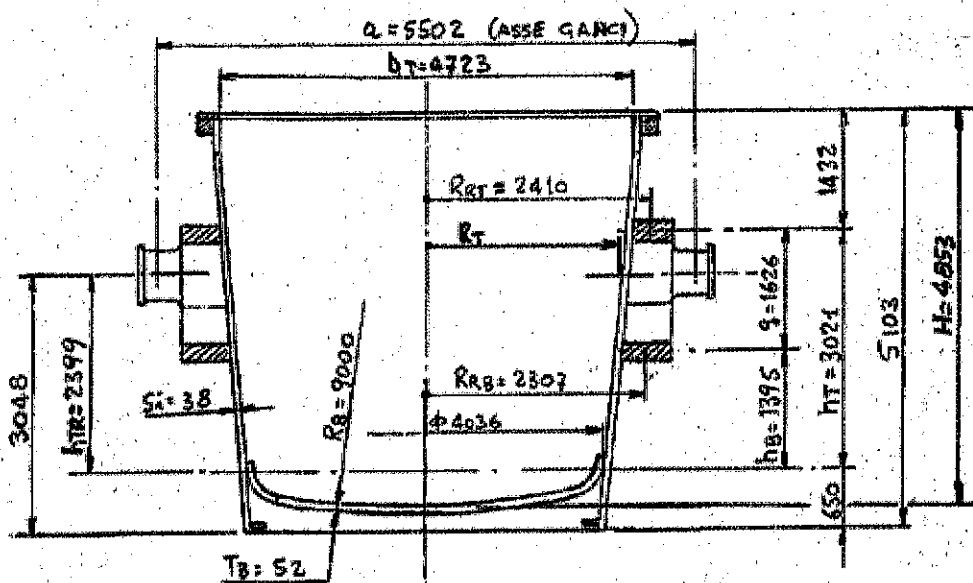
UFFICIO TECNICO RECIPIENTI A PRESSIONE

NUOVA ITALSIDER – STABILIMENTO di TARANTO
Passato poi all'ILVA e dal 2017 all'ARCELOR MITTAL(nota del 2019)

MODIFICA E VERIFICA di STABILITA' di No. 27 SIVIERE ACCIAIO

RAPPORTO di CALCOLO SR-0029

Ordine Terni No. 851700
Ordine Italsider No. 17 P.22534.ACU 16



PROGETTISTA: Michele Zampilloni

Terni, Ottobre 1985
Rev. 1 del Febbraio 1986

INDICE

	Pag.
1. SCOPO _____	2
2. DATI DI PROGETTO _____	3
3. NOMENCLATURA _____	5
4. VERIFICA SPESSORE MANTELLO _____	8
5. VERIFICA SPESSORE FONDO TOROSTERICO _____	9
6. VERIFICA PERNONI DI SOLLEVAMENTO _____	10
7. DISTANZA J TRA ASSE PERNONI E BARICENTRO SIVIERA _____	11
8. VERIFICA DEGLI ANELLONI _____	15
9. VERIFICA INDICE D'INFLESSIONE λ _____	23

1. SCOPO

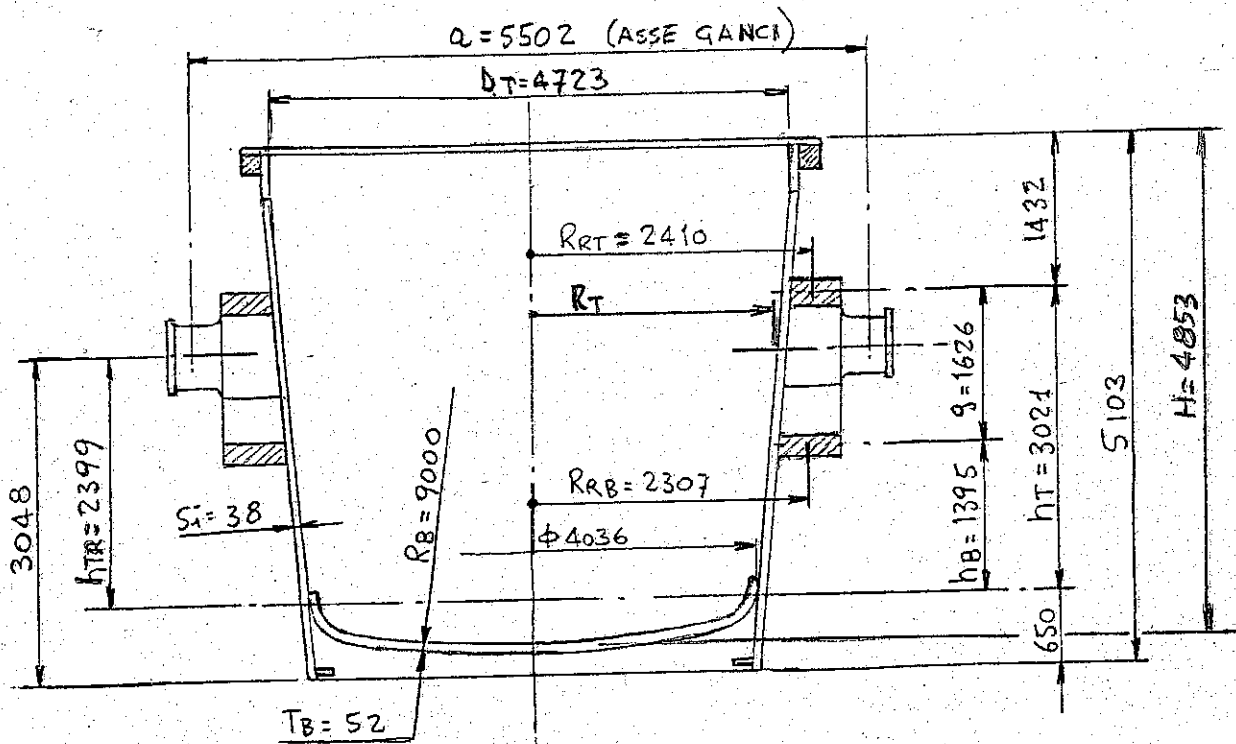
La modifica delle riviere consiste principalmente nell'innalzamento di 100 mm del bordo superiore e nella sostituzione del fondo inferiore.

L'innalzamento delle riviere a $H = 5103$ mantenendo invariata la quota di 650 delle linee di tangenza del fondo, è conseguente all'aumento delle portate dell'acciaio liquido da 280 T. a 304 T.

La sostituzione del fondo sferico è motivata da due necessità. La prima è quella di avere un profilo più piatto possibile entro i limiti delle norme, per ottimizzare e facilitare la piana del refrattario. La seconda è conseguente ad una diversa interazione e progettazione dello sbalzo scaricatore a cassetto e del tappo poroso.

A seguito di tali modifiche si rende necessario la verifica non solo delle parti oggetto delle stesse, ma anche delle parti che restano delle riviere, quali gli anelli di rinforzo ed i perni di sollevamento. Importante, inoltre, è la verifica di stabilità statica e dinamica della riviera nella posizione verticale a causa dello spostamento del baricentro dello stemma verso l'asse di rotazione dovuto ad un primo innalzamento di 250 mm eseguito alcuni anni fa dal diente ed al secondo di 100 mm oggetto dell'attuale modifica.

2. DATI DI PROGETTO



TEMPERATURA ACCIAIO LIQUIDO : 1630°C MAX.

PESO SPECIFICO : $7.1 \text{ Kg}/\text{dm}^3$

ANALISI DEI CARICHI

a.	PESO ACCIAIO LIQUIDO	304 Ton.
b.	" SCORIA	5 "
c.	" REFRATTARIO PROTEZ.	21 "
d.	" " USURA	37 "
e.	" SIVIERA	53 "

PESO TOT. CARICHI 420 Ton.

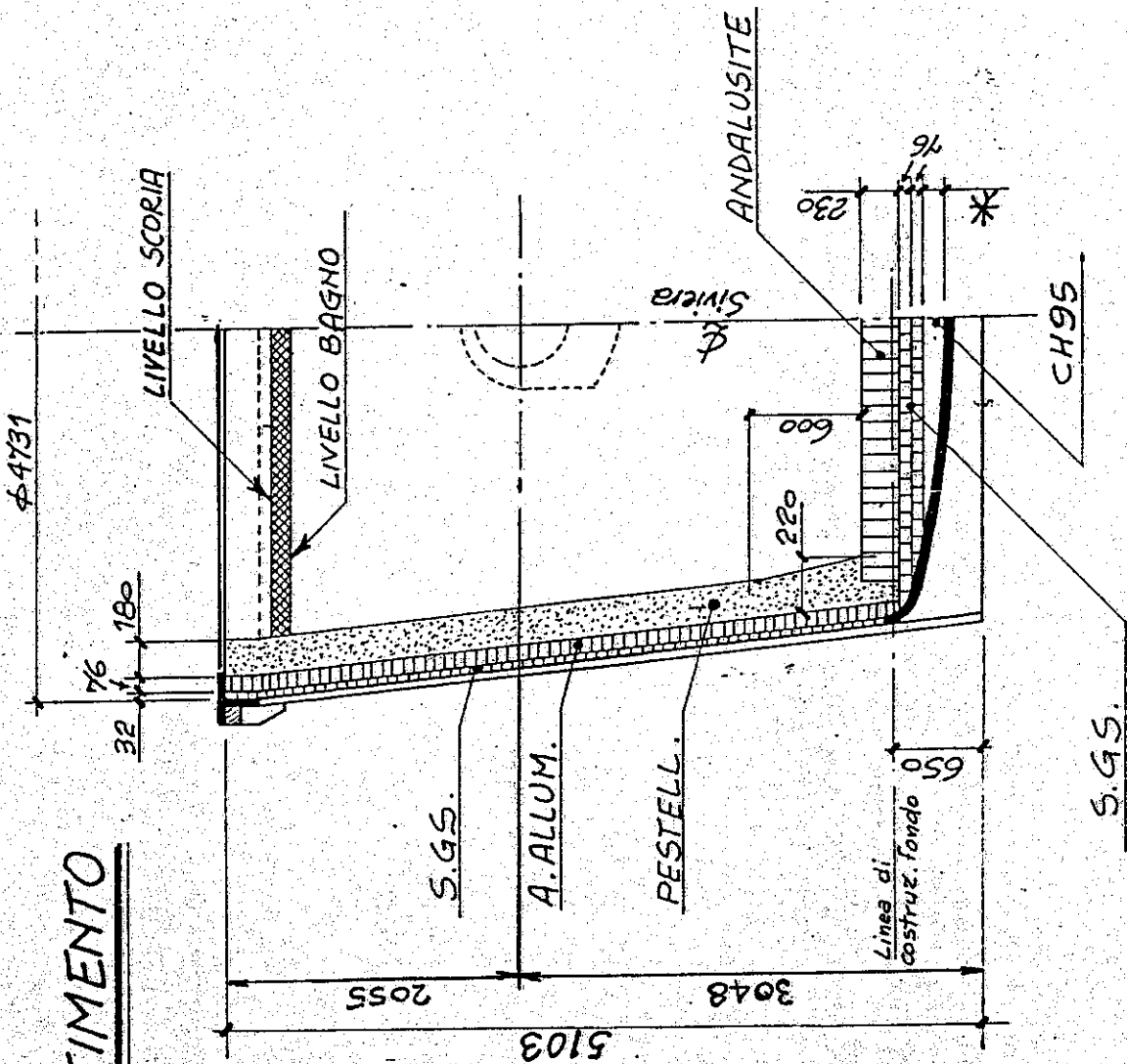
NORMATIVA PRESA A RIFERIMENTO PER L'ELABORAZIONE DEL PRESENTE RAPPORTO DI CALCOLO : "SPECIFICATION FOR DESIGN OF LADLES" - AISE Std n. 9 DEL SETT. 1967 -

M. Zampillari

Foglio 3 di 23

M. Ranzi & C.

RIVESTIMENTO SIVIERA



MATERIALE REFRAATTARIO SANA	USURA
PROTEZIONE	
S.G.S. A. Allum.	Spessore mm. 32 P.V. kg/m ³ 2080
nr 3 corsi Andel. PIZ corona in MAGN. CARE	Spessore mm. 76 P.V. kg/m ³ 2100
P.V. 3000	RIV. PESTELL. 3° GRUPPO P.V. kg/m ³ 3100
	RIV. TIXOROP P.V. kg/m ³ 3100
	FONDO USURA P.V. 25
	Spess. 76 mm. P.V. 2080
	Spionamento ~ kg. 1100

3. NOMENCLATURA

- a = Distanza tra gli assi dei ganci di sollevamento
- A_B = Area effettiva dell'ocellone inferiore
- A_T = Area effettiva dell'ocellone superiore
- b_e = Larghezza effettiva del mantello che contribuisce con l'ocellone
- b_r = Spessore dell'ocellone
- C = Costante
- C_D = Coefficiente d'inflessione
- c = Distanza dei rinforzi dall'asse dei pernacchi
- D = Diametro del fondo torolf.
- D_B = Diametro del pernacchio
- $D_{T(HIN)}$ = Diametro int. estremità superiore delle naviere
- F_B = Forza sull'ocellone inferiore
- F_T = Forza sull'ocellone superiore
- f_i = Sollecitazione sull'interno dell'ocellone
- f_o = Sollecitazione sull'esterno dell'ocellone
- g = Distanza verticale tra gli assi degli ocelloni
- H = Altezza delle naviere dal fondo Torolf. alle sommità
- h_B = Distanza verticale tra la linea di Tangente fondo e l'ocellone inferiore
- h_T = Distanza verticale tra la linea di Tangente fondo e l'ocellone superiore
- h_{TR} = Distanza verticale tra la linea di Tangente fondo e l'asse dei pernacchi

I_1 = Momento d'inerzia per il calcolo dell'indice d'inflexione sull'asse dei pernozzini

I_2 = ⁴ ⁴ ⁴ ⁴ ⁴ sull'asse normale ai pernozzini

I_{B1}, I_{B2} = Momento d'inerzia dell'auellone inferiore rispettivamente sull'asse pernozzini e sull'asse normale

I_{T1}, I_{T2} = Momento d'inerzia dell'auellone superiore rispettivamente sull'asse pernozzini e sull'asse normale

j = Distanza tra, asse pernozzini e centro di gravità riviera compreso il refrattario ed acciaio liquido -

M_{B2} = Momento sull'auellone inferiore in corrispondenza dell'asse normale ai pernozzini.

M_{T1} = Momento sull'auellone superiore in corrispondenza dell'asse pernozzini

M_{T2} = Momento sull'auellone inferiore in corrispondenza dell'asse normale ai pernozzini.

P = Carico per il calcolo dell'indice d'inflexione

q = Peso specifico dell'acciaio liquido

R_{RB} = Raggio asse neutro auellone inferiore

R_{RT} = Raggio asse neutro auellone superiore

$R_{RH} = (R_{RB} + R_{RT}) / 2$

R_{SH} = Semiasse dei raggi interni (superiore ed inferiore) della riviera più $1/2$ spessore del mantello.

$R_{S(MIN)}$ = Raggio esterno fondo toro-lerico

S_{B1} = Modulo di resistenza interno auellone inferiore

S_{B0} = ⁴ ⁴ ⁴ ⁴ ⁴ " " " " " " esterno " " "

S_{T1} = Modulo di resistenza interno auellone superiore

S_{T0} = ⁴ ⁴ ⁴ ⁴ ⁴ " " " " " " esterno " " "

S_i = Spessore di parete del mantello

T.B = Spessore di parete del fondo toroferico

W = Peso totale della miscela compreso il refrattario e l'acciaio liquido.

λ = Indice d'inflazione

Z = Distanza tra ane gascio e piastrone dei perussi

4. VERIFICA SPESSORE MANTELLO

La Tabella I della norma AISE No 9 prevede per temperatura di parete inferiore a 400°C , i seguenti valori:

Capacità in TON.	Spessore in mm
290	36.5
362	39.6

interpolando per una capacità di 304 TON. si ha uno spessore di 37.1 mm.

In aggiunta alla Tabella I, lo spessore di parete al di sotto dei perni, non dovrà in nessun caso essere meno di:

$$S_i = \frac{H \cdot D_{\text{MAX}}}{813'000}$$
$$= \frac{4850 \cdot 4689}{813'000} = 28 \text{ mm}$$

Spessore effettivo del mantello = 38 mm (ok)

5. SPESSORE DEL FONDO TOROSFERICO

$$T_B = \frac{[15.2 + 0.6 H (0.1 + \frac{R_{S(MIN)}}{R_B})]}{10.000} R_B$$

dove :

$$H = 4850 \text{ mm} \quad (191.06")$$

$$R_{S(MIN)} = 2018 \text{ "} \quad (79.44")$$

$$R_B = 9000 \text{ "} \quad (354.33")$$

Il raggio sferico fondo R_B deve essere inferiore a 10 volte il raggio esterno $R_{S(MIN)}$ \odot

$$T_B = \frac{[15.2 + 0.6 \cdot 191.06 (0.1 + \frac{79.44}{354.33})]}{10.000} 354.33$$

$$= 1.855" = 48 \text{ mm}$$

Per un peso specifico dell'acciaio liquido superiore a 420 lb/FT^3 come nel Ms. caso de è di 440 lb/FT^3 si ha una spessore di :

$$48 \cdot \frac{440}{420} = 50.3 \rightarrow 51 \text{ mm}$$

Spessore effettivo del fondo dopo stampaggio $\geq 52 \text{ mm}$

Rapporto tra spessore fondo e spessore montello $\frac{38}{52} = 0.73$

La norma ammette min. 0.75

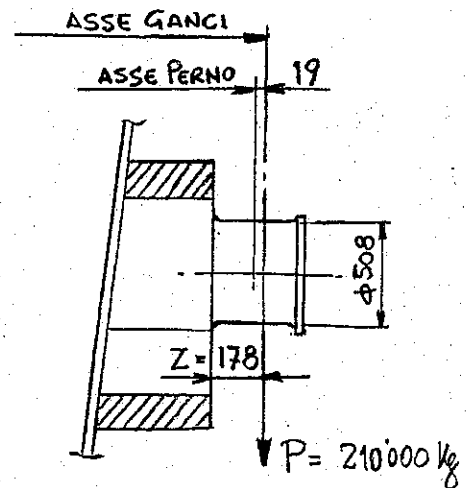
6. VERIFICA DEI PERNI DI SOLLEVAMENTO

$$\# \text{ Area} = \frac{\pi}{4} d^2$$

$$= \frac{\pi}{4} 508^2 = 202'500 \text{ mm}^2$$

$$\# \text{ Modulo di sezione } W = \frac{A \cdot r}{4}$$

$$= \frac{202'500 \cdot 254}{4} = 12'858 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$



Soll. a flessione

$$f = \frac{P \cdot Z}{W}$$

$$= \frac{210'000 \cdot 178}{12'858 \cdot 10^3} = 2.90 \text{ Kg/mm}^2$$

MAX. SOLLECITAZIONE AMMESSA = 4.57 Kg/mm²
PER PERNONI CON BOCCOLE DI USURA.

Soll. medie a Taglio

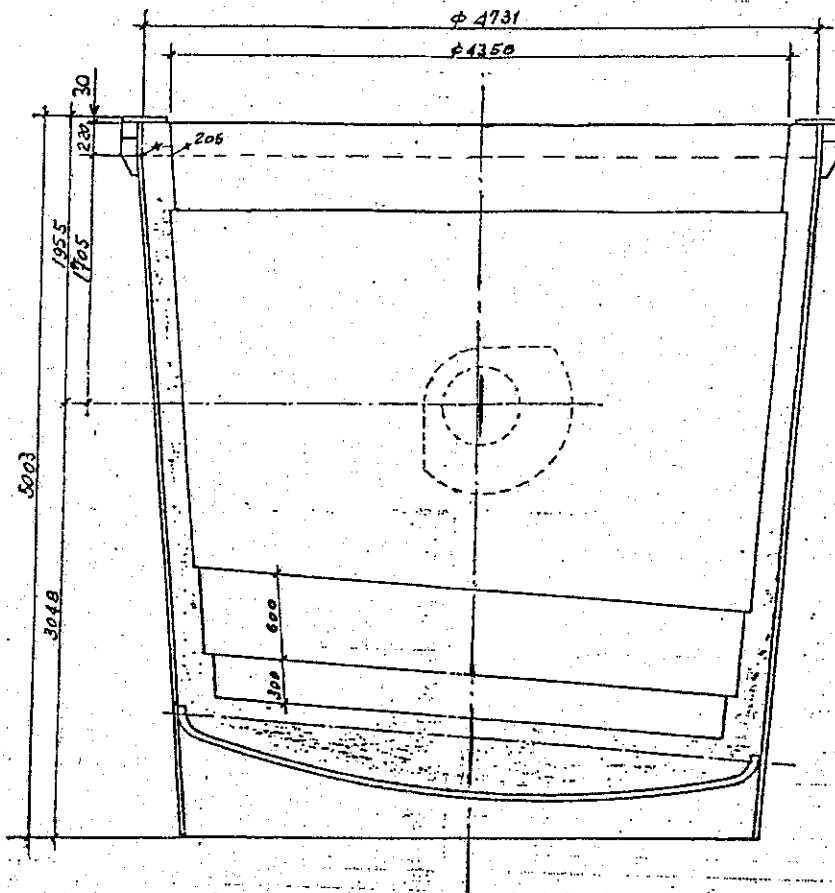
$$\tau_m = \frac{P}{A}$$

$$= \frac{210'000}{202'500} = 1.04 \text{ Kg/mm}^2$$

MAX. SOLLECITAZIONE AMMESSA = 1.69 Kg/mm²

7. DISTANZA TRA ASSE DI ROTAZIONE E BARICENTRO SIVIERA

7.1. CONDIZIONI ATTUALI - (DATI RELATIVI AGLI ANNI 1980÷1984)



ANALISI DEI CARICHI

a. PESO MEDIO COLATA	322 T.
b. " REFRATTARIO	47 "
c. " SIVIERA	52 "
<hr/>	
TOTALE	421 T.

DISTANZA $S = 385$ mm

Verifica con acciaio liquido al colmo (≈ 359 T.)

Distanza baricentro dalla sommità = 2045

" asse perenni " " = 1955

Distanza tra baricentro e asse perni = 90

Verifica con 322 T. di acciaio liquido

Distanza baricentro dalla sommità = 2205

" asse perenni " " = 1955

Distanza tra baricentro e asse perni = 250

7.2. NUOVE CONDIZIONI (GEOMETRIA DELLA SIVIERA E CARICHI COME PARA. 2)

$$j = \frac{0,05 \cdot q \cdot \overline{DT(MIN)}^4}{W}$$

dove :

$$q = \text{Peso specifico acciaio liquido} \approx 440 \text{ Lb/FT}^3$$

$$DT(MIN) = \text{Diametro interassiale sulla sommità} = 4731 \text{ mm} = 15,51 \text{ FT}$$

$$W = \text{Peso Totale siviera con Acc. liquido al colmo} = 453'000 \text{ Kg} = 998'000 \text{ Lb}$$

$$j = \frac{0,05 \cdot 440 \cdot \overline{15,51}^4}{998'000} = 1,274 \text{ FT} = \textcircled{390 \text{ mm}}$$

La normativa AISE No 9 stabilisce, per la verifica di stabilità statica e dinamica, nelle posizioni verticali delle siviere, l'asse ferris deve stare ad una distanza non inferiore a j al di sopra del centro di gravità della siviera compreso il refrattario e considerando l'acciaio liquido fino alla sommità cioè a siviera piena. Tale distanza calcolata con la siviera alta 5103 mm e nella condizione di acciaio liquido pieno fino al colmo, è di $\boxed{100}$ mm quindi enormemente al di sotto di quanto consentito.

Anche considerando acciaio liquido per 304 Ton. di cui si prevede all'incirca ad una altezza di 4650 mm dalle basi, la distanza tra asse ferris e relativo baricentro è di $\boxed{250}$ mm sempre al di sotto di quanto stabilito dalla normativa.

7.2.1

MODIFICHE ATTE AD ABBASSARE IL BARICENTRO DELLA SIVIERA

A) Riduzione dello spessore di mattoni sul fondo da 152 mm in S.G.S. a 100 mm in Andalucite.

- Differenza di peso del refrattorio = - 800 kg.

$$421'000 \cdot 2333 - 800 \cdot 4600 = 420'200 \cdot X$$

$$X = 2329 \quad \text{Il baricentro si alza di } \approx \boxed{4 \text{ mm}}$$

- Il baricentro dell'acciaio liquido si abbassa di ≈ 50 mm

Siviera	Resine ed accessori sul fondo	Refrattorio	Acc. liquido	Scarico
49'000	3500	59'000	304'000	5000
2385	4730	2581	2278	330

$$X = \frac{979'861'000}{420'500} = 2330 \text{ mm DIST. BARICENTRO DALLA SOMMITA'}$$

$$2330 - 2055 = \boxed{275 \text{ mm}} \text{ DIST. BARICENTRO - ASSE DI ROTAZIONE}$$

B) Riduzione portata acciaio liquido da 304 T. a 298 T.

Questo comporta un abbassamento del livello di ≈ 65 mm

$$420'500 \cdot 2330 - 6000 \cdot 465 = 414'500 \cdot X$$

$$X = \frac{977'071'000}{414'500} = 2357 \text{ mm DIST. BARICENTRO DALLA SOMMITA'}$$

$$2357 - 2055 = \boxed{302 \text{ mm}} \text{ DIST. BARICENTRO - ASSE DI ROTAZIONE}$$

c) Aggiunta disco di zavorra posizionato sulla sua d'appiacciamento del fondo teorico. $\phi 2500$ Sp. 170 peso kg. 4000

$$414'500 \cdot 2357 + 4000 \cdot 4745 = 418'500 \cdot X$$

$$X = \frac{996'051'000}{418'500} = 2380 \text{ mm DIST. BARICENTRO DALLA SOMMITA'}$$

$$2380 - 2055 = \boxed{325 \text{ mm}} \text{ DIST. BARICENTRO - ASSE DI ROTAZIONE}$$

d.) Aggiunta orlo di zavorra sull'interno del bordo inf. del mantello riviera - Sp. 100 H=300 peso - kg. 2500

$$418'500 \cdot 2380 + 2500 \cdot 4880 = 421'000 \cdot x$$

$$x = 1'008'251 \cdot 10^3 / 421'000 = 2395 \text{ mm DIST. BARICENTRO DALLA SOMMITA'}$$

$$2395 - 2055 = \boxed{340 \text{ mm}} \text{ DIST. BARICENTRO - ASSE DI ROTAZIONE}$$

La distanza minima richiesta dalla norma è di $\boxed{390 \text{ mm}}$ (Ved. pag. 12)

Considerando la riviera con 298 Ton di acciaio liquido + 5 Ton di corio e ponendo in essere tutte le condizioni di carico previste nelle quattro ipotesi di modifiche esaminate, ci si avvicina notevolmente alla distanza richiesta (340 mm invece di 390 mm)

Resta invece critica Tale distanza considerando l'acciaio liquido fino all'orlo superiore del refrattario come prevede la normativa. In queste condizioni la distanza tra asse di rotazione e baricentro è:

$$34'000 \cdot 210 + 6000 \cdot 465 + 421'000 \cdot 2395 - 5000 \cdot 330 = 456'000 \cdot x$$

$$x = 1'016'531'000 / 456'000 = 2230 \text{ mm DIST. BARICENTRO DALLA SOMMITA'}$$

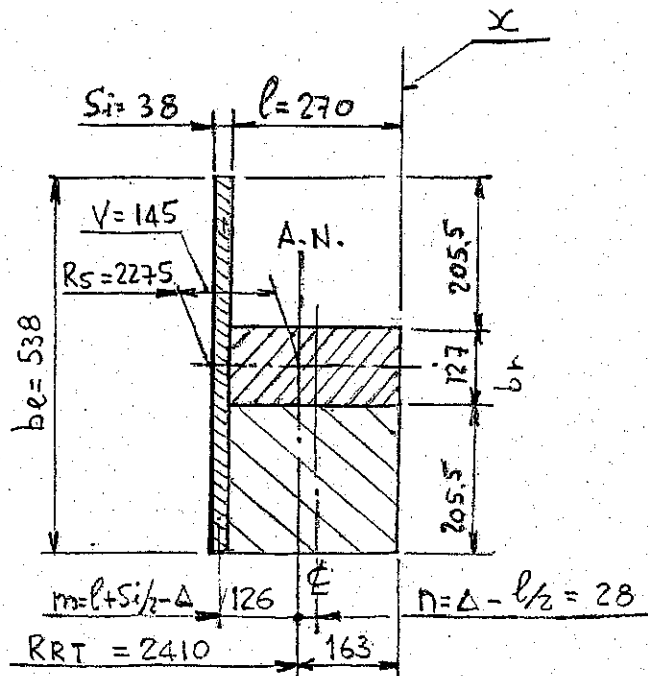
$$2230 - 2055 = \boxed{175 \text{ mm}} \text{ DIST. BARICENTRO - ASSE DI ROTAZIONE}$$

8. VERIFICA DEGLI ANELLONI

8.1. ANELLONE SUPERIORE

8.1.1 CARATTERISTICHE SULL'ASSE PERNONI

$$\begin{aligned}
 b_e &= b_r + 1.4 \sqrt{R_s \cdot s_i} \\
 &= 127 + 1.4 \sqrt{2275 \cdot 38} \\
 &= 538 \text{ mm}
 \end{aligned}$$



Area $= (38 \cdot 538) + (127 \cdot 270) + (205.5 \cdot 270) = 110'219 \text{ mm}^2$

Posizione dell'asse neutro rispetto ad x

$$\Delta = \frac{(270 \cdot 332) \cdot 135 + (538 \cdot 38) \cdot (270 + \frac{38}{2})}{110'219} = 163 \text{ mm}$$

Momento d'inerzia

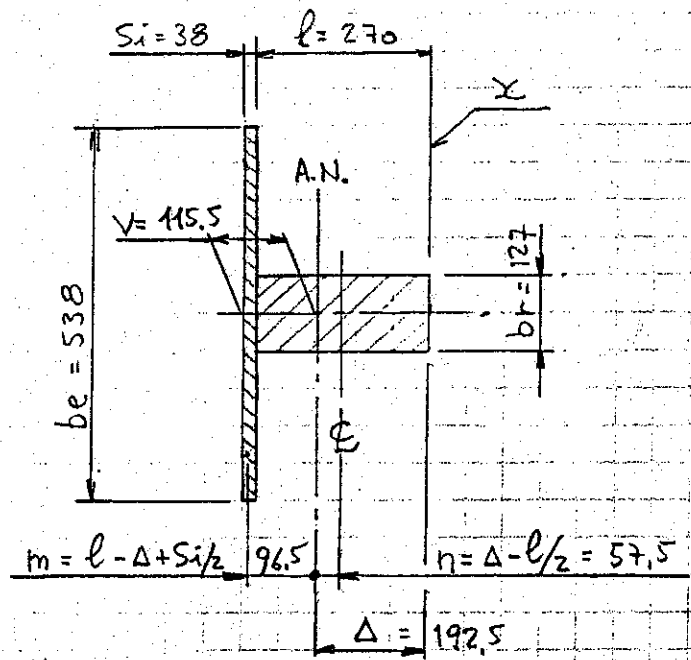
$$\begin{aligned}
 I_T &= \frac{1}{12} \left(332 \cdot 270^3 + 538 \cdot 38^3 \right) + \left[(332 \cdot 270 \cdot 28^2) + (538 \cdot 38 \cdot 126^2) \right] \\
 &= 941 \cdot 10^6 \text{ mm}^4
 \end{aligned}$$

Modulo sezione

$$\begin{aligned} \text{esterno } S_{T0} &= \frac{I_T}{\Delta} \\ &= \frac{941 \cdot 10^6}{163} = 5773 \cdot 10^3 \text{ mm}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{interno } S_{T1} &= \frac{J_T}{V} \\ &= \frac{941 \cdot 10^6}{145} = 6489 \cdot 10^3 \text{ mm}^3 \end{aligned}$$

8.1.2. CARATTERISTICHE SUL CROSS AXIS



Area = $(38 \cdot 538) + (127 \cdot 270) = 54734 \text{ mm}^2$

Posizione dell'asse neutro rispetto ad X

$$\Delta = \frac{(270 \cdot 127) \cdot 135 + (538 \cdot 38) \left(270 + \frac{38}{2}\right)}{54734} = 192.5 \text{ mm}$$

Momento d'inertia

$$I_T = \frac{1}{12} (S \cdot \bar{l}^2 + \Delta \cdot \bar{S}_i^2) + (S \cdot \bar{h}^2 + \Delta \cdot \bar{m}^2)$$

done

$$S = 270 \cdot 127 = 34290$$

$$l = 270$$

$$\Delta = 538 \cdot 38 = 20444$$

$$S_i = 38$$

$$h = 192,5 - 270/2 = 57,5$$

$$m = 270 - 192,5 + 38/2 = 96,5$$

$$I_T = \frac{1}{12} (34290 \cdot 270^2 + 20444 \cdot 38^2) + (34290 \cdot 57,5^2 + 20444 \cdot 96,5^2)$$

$$= 514 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$

Modulo sezione

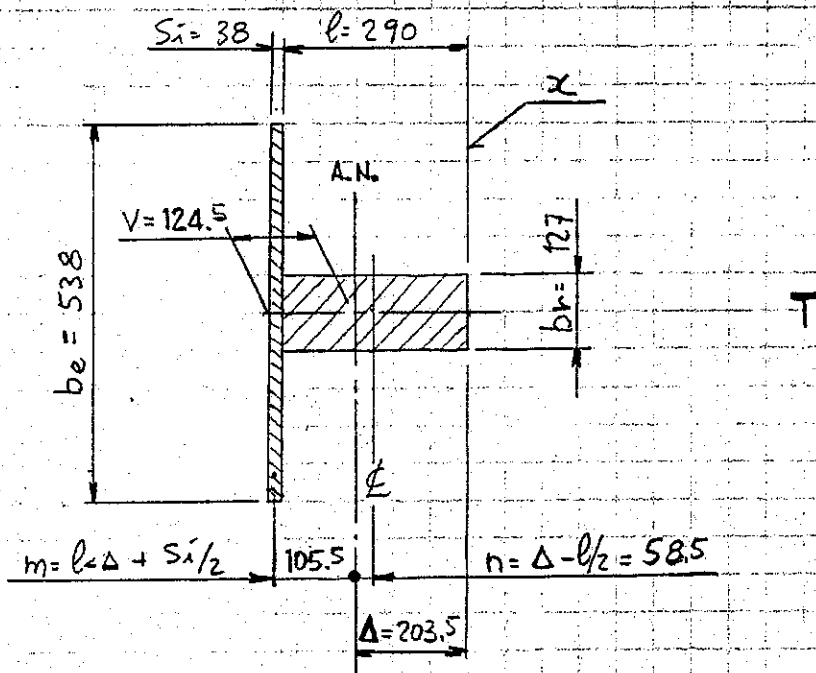
esterno $ST_0 = \frac{I_T}{\Delta}$

$$= \frac{514 \cdot 10^6}{192,5} = 2670 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

interno $ST_1 = \frac{I_T}{V}$

$$= \frac{514 \cdot 10^6}{115,5} = 4450 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

8.1.3. CARACTERISTICHE SEZIONE ADIACENTE AI PERNONI



Area $= (38 \cdot 538) + (127 \cdot 290) = 57'274 \text{ mm}^2$

Posizione dell'asse neutro rispetto ad x

$$\Delta = \frac{(290 \cdot 127) \cdot 145 + (538 \cdot 38) \cdot (290 + \frac{38}{2})}{57'274} = 203.5 \text{ mm}$$

Momento d'inerzia

$$I_T = \frac{1}{12} (36830 \cdot 290^2 + 20444 \cdot 38^2) + (36830 \cdot 58.5^2 + 20444 \cdot 105.5^2)$$

$$= 614 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$

Modulo sezione

esterna $S_{T_0} = \frac{I_T}{\Delta}$

$$= \frac{614 \cdot 10^6}{203.5} = 3'017 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

interna $S_{T_1} = \frac{I_T}{V}$

$$= \frac{614 \cdot 10^6}{124.5} = 4'931 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

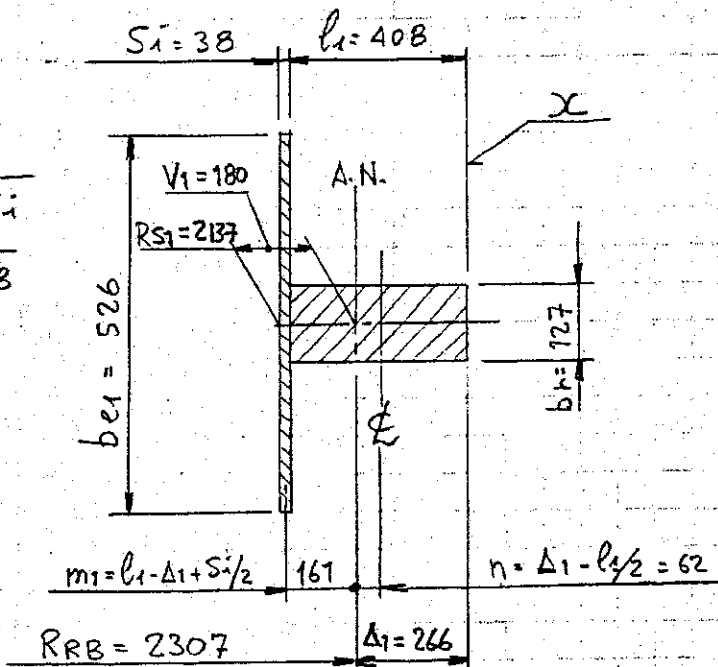
8.2 ANELLONE INFERIORE

8.2.1 CARATTERISTICHE SULL'ASSE PERNONI & CROSS AXIS

$$\begin{aligned}
 be_1 &= br + 1.4 \sqrt{R_{S1} \cdot S_i} \\
 &= 127 + 1.4 \sqrt{2137 \cdot 38} \\
 &= 526
 \end{aligned}$$

$$S_1 = 51816 \text{ mm}^2$$

$$S_i = 19988 \text{ mm}^2$$



$$Area = (408 \cdot 127) + (526 \cdot 38) = 71804 \text{ mm}^2$$

Posizione dell'asse neutro rispetto ad x

$$\begin{aligned}
 \Delta_1 &= \frac{S_1 \cdot \frac{l_1}{2} + S_i (l_1 + S_i/2)}{S_1 + S_i} \\
 &= \frac{(408 \cdot 127) \cdot 204 + (526 \cdot 38) \cdot (408 + \frac{38}{2})}{71804} = 266 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Momento d'inerzia

$$\begin{aligned}
 I_B &= \frac{1}{12} (S_1 \cdot l_1^2 + S_i \cdot S_i^2) + (S_1 \cdot n_1^2 + S_i \cdot m_1^2) \\
 &= \frac{1}{12} (51816 \cdot 408^2 + 19988 \cdot 38^2) + (51816 \cdot 62^2 + 19988 \cdot 161^2) \\
 &= 1438 \cdot 10^6 \text{ mm}^4
 \end{aligned}$$

Modulo sezione

esterno $S_{B0} = \frac{I_B}{\Delta_1}$

$= \frac{1438 \cdot 10^6}{266} = 5406 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$

interno $S_{B1} = \frac{I_B}{V_1}$

$= \frac{1438 \cdot 10^6}{180} = 7989 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$

8.3. SOMMARIO DELLE CARATTERISTICHE RELATIVI AGLI ANELLONI

	ANELLONE SUPERIORE			ANELLONE INFERIORE
	ASSE PERNONI	ADIACENTE PERNONI	CROSS AXIS	ASSE PERNONI & CROSS AXIS
AREA	110.219	57.274	54.734	71.804
I	$941 \cdot 10^6$	$614 \cdot 10^6$	$514 \cdot 10^6$	$1438 \cdot 10^6$
S_0	$573 \cdot 10^3$	$307 \cdot 10^3$	$267 \cdot 10^3$	$5406 \cdot 10^3$
S_1	$6489 \cdot 10^3$	$4931 \cdot 10^3$	$4450 \cdot 10^3$	$7989 \cdot 10^3$

8.4. FORZE SUGLI ANELLONI

costante $C = \frac{I_B \cdot h_B \cdot R_{RT}^3}{I_T \cdot h_T \cdot R_{RB}^3}$

$= \frac{1438 \cdot 10^6 \cdot 1395 \cdot 2410^3}{941 \cdot 10^6 \cdot 3021 \cdot 2307^3} = 0,8$

$R_{SM} = \text{Raggio medio interno} = 2210 \text{ mm}$

$$F_T = \frac{W(a - 1,27 R_{SM})}{B(c \cdot h_B + h_T)}$$

$$= \frac{435'000 (5502 - 1,27 \cdot 2210)}{8 (0,8 \cdot 1395 + 3021)} = 35'425 \text{ Kg.}$$

$$F_B = C \cdot F_T$$

$$= 0,8 \cdot 35'425 = 28'340 \text{ Kg.}$$

8,5. MOMENTI SUGLI ANELLONI

$$\# M_{T1} = F_T (0,7 R_{RT} + l - c) \quad \text{Sull'asse perno}$$

$$= 35'425 (0,7 \cdot 2410 - 387,5)$$

$$= 46'034 \cdot 10^3 \text{ Kg mm}$$

$$c = \frac{W}{4} = \frac{1550}{4} = 387,5$$

$$\text{inferiore a } \frac{8}{3}$$

$$l = 0 \text{ per ruota circolante}$$

$$\# M_{T1} = 35'425 (0,7 \cdot 2410 - 775) \quad \text{Adiacente ai perno}$$

$$= 32'307 \cdot 10^3 \text{ Kg mm}$$

$$c = \frac{W}{2} = \frac{1550}{2} = 775$$

$$\# M_{T2} = -F_T (0,3 R_{RT}) \quad \text{Sul cross axis}$$

$$= -35'425 (0,3 \cdot 2410)$$

$$= -25'612 \cdot 10^3 \text{ Kg mm}$$

$$\# M_{B2} = -F_B (0,3 \cdot R_{RB}) \quad \text{Sul cross axis}$$

$$= -28'340 (0,3 \cdot 2307)$$

$$= -19'614 \cdot 10^3 \text{ Kg mm}$$

8.6 SOLLECITAZIONI SUGLI ANELLONI dovute a flessione e carico normale

MAX. SOLLECITAZIONE AMMISSIBILE = 11,2 kg/mm²

ANELLONE SUPERIORE - ASSE PERNONI

$$\text{Sup. est. } f_o = - \frac{MT_1}{ST_o} = \frac{-46'034 \cdot 10^3}{5773 \cdot 10^3} = -7,97 \text{ kg/mm}^2$$

$$\text{Sup. int. } f_i = \frac{MT_1}{ST_i} = \frac{46'034 \cdot 10^3}{6489 \cdot 10^3} = 7,09 \text{ kg/mm}^2$$

ANELLONE SUPERIORE - ADIACENTE AI PERNONI

$$\text{Sup. est. } f_o = - \frac{MT_1}{ST_o} = \frac{-32'307 \cdot 10^3}{3017 \cdot 10^3} = -10,70 \text{ kg/mm}^2$$

$$\text{Sup. int. } f_i = \frac{MT_1}{ST_i} = \frac{32'307 \cdot 10^3}{4931 \cdot 10^3} = 6,55 \text{ kg/mm}^2$$

ANELLONE SUPERIORE - SUL CROSS AXIS

$$\begin{aligned} \text{Sup. est. } f_o &= - \frac{F_T}{A_T} - \frac{MT_2}{ST_o} \\ &= - \frac{35425}{54734} + \frac{25'612 \cdot 10^3}{2670 \cdot 10^3} = 5,10 \text{ kg/mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Sup. int. } f_i &= - \frac{F_T}{A_T} + \frac{MT_2}{ST_i} \\ &= - \frac{35425}{54734} - \frac{25612 \cdot 10^3}{4450 \cdot 10^3} = -6,40 \text{ kg/mm}^2 \end{aligned}$$

ANELLONE INFERIORE - SUL CROSS AXIS

$$\begin{aligned} f_o &= - \frac{F_B}{A_B} - \frac{MB_2}{SB_o} \\ &= - \frac{28340}{71804} + \frac{19'614 \cdot 10^3}{5406 \cdot 10^3} = 3,23 \text{ kg/mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f_i &= - \frac{F_B}{A_B} + \frac{MB_2}{SB_i} \\ &= - \frac{28340}{71804} - \frac{19'614 \cdot 10^3}{7989 \cdot 10^3} = -2,84 \text{ kg/mm}^2 \end{aligned}$$

9. VERIFICA INDICE D'INFLESSIONE

L'indice d'inflessione è un parametro che definisce il grado di rigidità della siviera. Valori al di sotto di quanto stabilito dalla norma sono necessari per contenere l'inflessione in esercizio sull'asse dei perni con il risultato di aumentare la vita del refrattario e ridurre la formazione di cricche sulla parete e sugli anelli di rinforzo.

$$\lambda = \frac{C_D \cdot P \cdot R_{RH}^3}{E \cdot I_2 \cdot h_{TR}} \leq 0,0020$$

dove:

$$P = 2(F_T + F_B) = 2(28787 + 40300) = \text{kg } 138174$$

$$I_2 = I_{T2} \left(\frac{h_T}{h_{TR}} \right)^2 + I_{B2} \left(\frac{h_B}{h_{TR}} \right)^2 = 514 \cdot 10^6 \left(\frac{3021}{2399} \right)^2 + 1438 \cdot 10^6 \left(\frac{1395}{2399} \right)^2 = 1301 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$

$$I_1 = I_{T1} \left(\frac{h_T}{h_{TR}} \right)^2 + I_{B1} \left(\frac{h_B}{h_{TR}} \right)^2 = 941 \cdot 10^6 \left(\frac{3021}{2399} \right)^2 + 1438 \cdot 10^6 \left(\frac{1395}{2399} \right)^2 = 1978 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$

$$\beta = 23^\circ$$

$$\frac{I_2}{I_1} = \frac{1301 \cdot 10^6}{1978 \cdot 10^6} = 0,65 \text{ dalla Tabella II } C_D = \frac{0,0571}{0,0744}$$

$$R_{RH} = \frac{(R_{RB} + R_{RT})}{2} = \frac{2307 + 2410}{2} = 2358 \text{ mm}$$

$$\lambda = \frac{0,0571}{0,0744} \cdot \frac{138174 \cdot 2358^3}{21 \cdot 10^3 \cdot 1301 \cdot 10^6 \cdot 2399} = \frac{0,0571}{0,0744} \cdot \frac{138174 \cdot 2358^3}{21 \cdot 10^3 \cdot 1301 \cdot 10^6 \cdot 2399} = \frac{0,0571}{0,0744} \cdot 0,00157 = 0,00117$$

REV. 1

$$= \frac{103241 \cdot 269 \cdot 10^6}{65 \cdot 543 \cdot 079 \cdot 000 \cdot 10^6} = 0,00157$$

M. Zampillari