

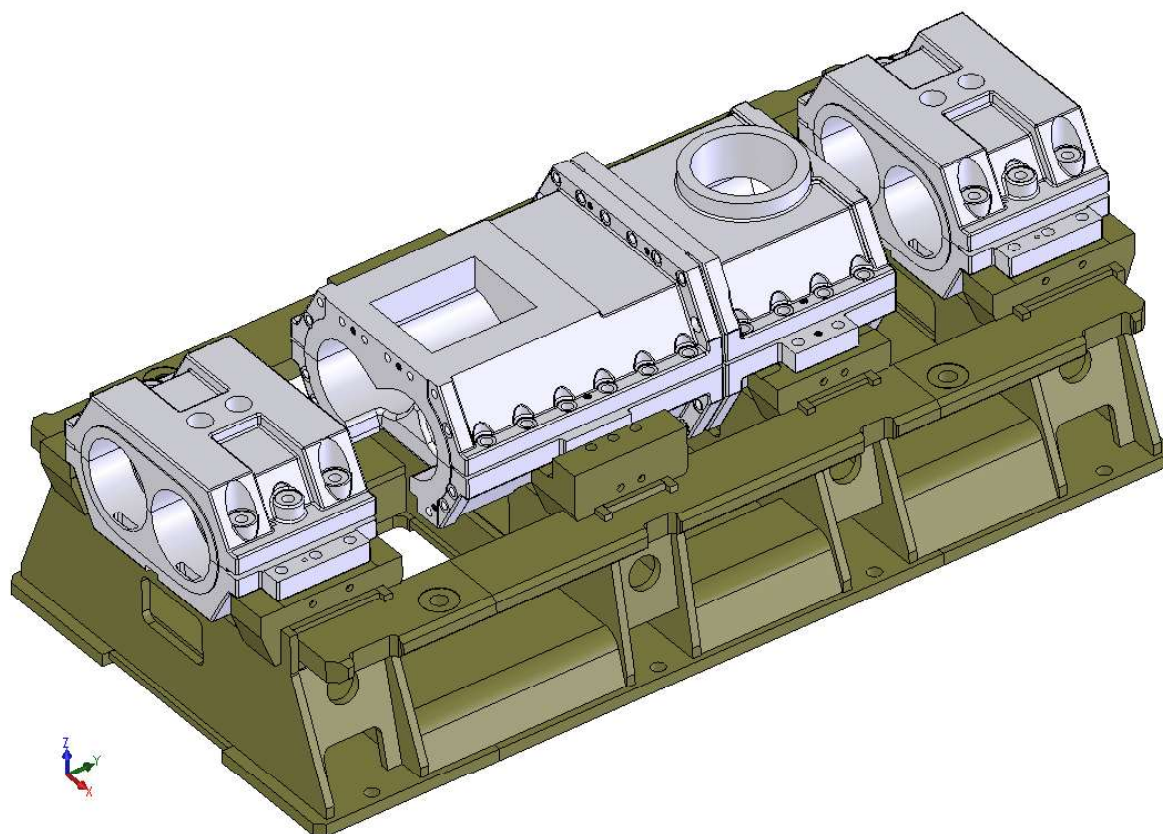
Committente: **Pomini Techint S.p.A.**  
Via Leonadro da Vinci, 20  
21053 Castellanza (VA) Italy

RELAZIONE DI CALCOLO

**BASAMENTO**

**MISCELATORE CONTINUO**

**PCM-U 300**



A	03-05-2005	Prima emissione	Eugenio Cortiana	-	-
rev.	data	emissione	redatto	verificato	approvato

## *Indice*

<i>Simbologia</i>	<i>pag.</i>	<i>4</i>
1) <i>Descrizione</i>	<i>pag.</i>	<i>6</i>
2) <i>Dati e Unità di misura</i>	<i>pag.</i>	<i>6</i>
3) <i>Materiali</i>	<i>pag.</i>	<i>7</i>
4) <i>Carichi agenti</i>	<i>pag.</i>	<i>7</i>
5) <i>Vincoli e sistema di riferimento</i>	<i>pag.</i>	<i>11</i>
6) <i>Strumenti di modellazione e calcolo</i>	<i>pag.</i>	<i>12</i>
7) <i>Analisi svolte</i>	<i>pag.</i>	<i>12</i>
8) <i>Condizioni di carico</i>	<i>pag.</i>	<i>15</i>
9) <i>Risultati ottenuti</i>	<i>pag.</i>	<i>19</i>

## **ELENCO TABELLE**

<i>Tab. 001</i>	<i>Tab. riassuntiva diag. Carichi dinamici su cuscinetti</i>	<i>pag.</i>	<i>16</i>
<i>Tab. 002</i>	<i>Tab. stress e def. max. analisi dinamica su basamento in uso</i>	<i>pag.</i>	<i>19</i>
<i>Tab. 003</i>	<i>Tab. stress e def. max. analisi statica+T su basamento in uso</i>	<i>pag.</i>	<i>21</i>
<i>Tab. 004</i>	<i>Tab. stress e def. max. analisi statica equivalente allo step n°2 dell'analisi dinamica su basamento in uso</i>	<i>pag.</i>	<i>24</i>
<i>Tab. 005</i>	<i>Tab. stress e def. max. analisi statica equivalente allo step n°2 dell'analisi dinamica e carichi termici su basamento in uso</i>	<i>pag.</i>	<i>27</i>
<i>Tab. 006</i>	<i>Tab. stress e def. max. analisi dinamica su basamento nuovo</i>	<i>pag.</i>	<i>30</i>
<i>Tab. 007</i>	<i>Tab. stress e def. max. analisi statica+T su basamento nuovo</i>	<i>pag.</i>	<i>32</i>
<i>Tab. 008</i>	<i>Tab. stress e def. max. analisi statica equivalente allo step n°2 dell'analisi dinamica su basamento nuovo</i>	<i>pag.</i>	<i>35</i>
<i>Tab. 009</i>	<i>Tab. stress e def. max. analisi statica equivalente allo step n°2 dell'analisi dinamica e carichi termici su basamento nuovo</i>	<i>pag.</i>	<i>38</i>
<i>Tab. 010</i>	<i>Valori di stress su saldature da comb. carico statico e termico</i>	<i>pag.</i>	<i>43</i>
<i>Tab. 011</i>	<i>Valori di stress su saldature da carico termico</i>	<i>pag.</i>	<i>43</i>
<i>Tab. 012</i>	<i>Valori di stress su saldature da carico statico</i>	<i>pag.</i>	<i>43</i>

## ***ELENCO FIGURE***

<i>Fig.001</i>	<i>Schema di base</i>	<i>pag. 8</i>
<i>Fig.002</i>	<i>Dettaglio Camera di miscelazione e rotori</i>	<i>pag. 11</i>
<i>Fig.003</i>	<i>Dettaglio sistema di riferimento globale</i>	<i>pag. 12</i>
<i>Fig.004</i>	<i>Dettaglio Piedino esistente</i>	<i>pag. 15</i>
<i>Fig.005</i>	<i>Dettaglio nuova configurazione piedino</i>	<i>pag. 15</i>
<i>Fig.006</i>	<i>Disposizione Cuscinetti su spalla lato acqua</i>	<i>pag. 16</i>
<i>Fig.007</i>	<i>Mappa distribuzione di temperatura</i>	<i>pag. 18</i>
<i>Fig.008</i>	<i>Mappa distribuzione di temperatura</i>	<i>pag. 19</i>
<i>Fig.009</i>	<i>Mesh</i>	<i>pag. 20</i>
<i>Fig.010</i>	<i>Dettaglio mesh zona saldature</i>	<i>pag. 20</i>
<i>Fig.011</i>	<i>Dettaglio vincoli applicati</i>	<i>pag. 21</i>
<i>Fig.012</i>	<i>Dettaglio distribuzione stress allo step n°2</i>	<i>pag. 21</i>
<i>Fig.013</i>	<i>Dettaglio distribuzione stress da carico termico</i>	<i>pag. 22</i>
<i>Fig.014</i>	<i>Dettaglio distribuzione stress da carico termico</i>	<i>pag. 23</i>
<i>Fig.015</i>	<i>Dettaglio distribuzione stress da carico termico su saldature</i>	<i>pag. 24</i>
<i>Fig.016</i>	<i>Dettaglio distribuzione stress da carico statico equivalente allo step n°2 dell'analisi dinamica</i>	<i>pag. 25</i>
<i>Fig.017</i>	<i>Dettaglio distribuzione stress da carico statico equivalente allo step n°2 dell'analisi dinamica</i>	<i>pag. 26</i>
<i>Fig.018</i>	<i>Dettaglio distribuzione stress su saldature da carico statico equivalente allo step n°2 dell'analisi dinamica</i>	<i>pag. 27</i>
<i>Fig.019</i>	<i>Dettaglio distribuzione stress da combinazione carico statico equivalente allo step n°2 dell'analisi dinamica e carico termico</i>	<i>pag. 28</i>
<i>Fig.020</i>	<i>Dettaglio distribuzione stress da combinazione carico statico equivalente allo step n°2 dell'analisi dinamica e carico termico</i>	<i>pag. 29</i>
<i>Fig.021</i>	<i>Dettaglio distribuzione stress su saldature da comb. di carico statico equiv. e carico termico</i>	<i>pag. 30</i>
<i>Fig.022</i>	<i>Mesh</i>	<i>pag. 31</i>
<i>Fig.023</i>	<i>Dettaglio mesh zona saldature</i>	<i>pag. 31</i>
<i>Fig.024</i>	<i>Dettaglio vincoli applicati</i>	<i>pag. 32</i>

<i>Fig.025</i>	<i>Dettaglio distribuzione stress allo step n°2</i>	<i>pag. 32</i>
<i>Fig.026</i>	<i>Dettaglio distribuzione stress da carico termico</i>	<i>pag. 33</i>
<i>Fig.027</i>	<i>Dettaglio distribuzione stress da carico termico</i>	<i>pag. 34</i>
<i>Fig.028</i>	<i>Dettaglio distribuzione stress da carico termico su saldature</i>	<i>pag. 35</i>
<i>Fig.029</i>	<i>Dettaglio distribuzione stress da carico statico equivalente allo step n°2 dell'analisi dinamica</i>	<i>pag. 36</i>
<i>Fig.030</i>	<i>Dettaglio distribuzione stress da carico statico equivalente allo step n°2 dell'analisi dinamica</i>	<i>pag. 37</i>
<i>Fig.031</i>	<i>Dettaglio distribuzione stress su saldature da carico statico equivalente allo step n°2 dell'analisi dinamica</i>	<i>pag. 38</i>
<i>Fig.032</i>	<i>Dettaglio distribuzione stress da combinazione carico statico equivalente allo step n°2 dell'analisi dinamica e carico termico</i>	<i>pag. 39</i>
<i>Fig.033</i>	<i>Dettaglio distribuzione stress da combinazione carico statico equivalente allo step n°2 dell'analisi dinamica e carico termico</i>	<i>pag. 40</i>
<i>Fig.034</i>	<i>Dettaglio distribuzione stress su saldature da comb. di carico statico equiv. e carico termico</i>	<i>pag. 41</i>
<i>Fig.035</i>	<i>Dettaglio superfici di riferimento su saldature su basamento nuovo</i>	<i>pag. 43</i>
<i>Fig.036</i>	<i>Dettaglio superfici di riferimento su saldature su basamento esistente</i>	<i>pag. 43</i>
<i>Fig.037</i>	<i>Diag. Polare reazioni vincolari cuscinetto A Rot. Dx</i>	<i>pag. 45</i>
<i>Fig.038</i>	<i>Diag. Polare reazioni vincolari cuscinetto B Rot. Dx</i>	<i>pag. 46</i>

## **ALLEGATI**

<i>Allegato A:</i>	<i>Modello di calcolo e simulazione per il calcolo delle forze e delle reazioni vincolari.</i>	<i>Pag. 1 ÷ 18</i>
<i>Allegato B:</i>	<i>Valori di stress su saldature dovute alla combinazione dei carichi statici e termici.</i>	<i>Pag. 1 ÷ 35</i>
<i>Allegato C:</i>	<i>Valori di stress su saldature dovuti a carico termico.</i>	<i>Pag. 1 ÷ 16</i>
<i>Allegato D:</i>	<i>Valori di stress su saldature dovuti a carico statico</i>	<i>Pag. 1 ÷ 18</i>
<i>Allegato E:</i>	<i>Disegno di Assieme, Rotore Dx, Rotore Sx e Spalle</i>	

## **Simbologia**

$\beta_{ei}$	Angolo che definisce il baricentro della superficie del rotore, dove, per ipotesi, avviene lo scambio di forze tra il rotore e la miscela,
$\mu_a$	Coefficiente di attrito ipotetico tra la superficie del Rotore e la miscela,
$\alpha_a$	Angolo di attrito ipotetico tra la superficie del Rotore e la miscela,
$\alpha$	Angolo di rotazione dei rotori rispetto all'asse ( X ) nel sistema di riferimento globale della macchina,
$\alpha_{ei}$	Angolo di rotazione elica esima dei rotori, rispetto all'asse ( X ) nel sistema di riferimento globale della macchina,
$a$	Vedi Fig.01,
$b$	Vedi Fig.01,
$R_1$	Vedi Fig.01,
$R_3$	Vedi Fig.01,
$\beta_1$	Vedi Fig.01,
$g$	Vedi Fig.01,
$g_1$	Vedi Fig.01,
$R_2$	Vedi Fig.01,
$\beta_2$	Vedi Fig.01,
$b_{ta(ei)}$	Braccio di leva della risultante $F_{ta}$ ,
$b_{tn(ei)}$	Braccio di leva della forza normale alla superficie $F_{tn}$ ,
$\rho_m$	Potenza motore,
$n_m$	Numero di giri motore e albero veloce riduttore,
$\tau_r$	Rapporto di trasmissione riduttore,
$\eta_r$	Rendimento riduttore,
$\eta_{rot}$	Rendimento elica di miscelazione rispetto al lavoro globale del rotore,
$n_{ar}$	Numero di giri alberi lenti riduttore,
$\omega_{ar}$	Velocità angolare alberi lenti riduttore,
$M_{tar}$	Quota di momento torcente disponibile su ogni elica,
$F_{ta}$	Forza di azione risultante, nel sistema di coordinate locali del rotore,
$F_{tam(ei)}$	Forza di azione media risultante elica iesima, nel sistema di coordinate locali,
$F_{tax(ei)}$	Componente in direzione x della Forza $F_{tam(ei)}$ , nel sistema di coordinate locali,
$F_{taz(ei)}$	Componente in direzione z della Forza $F_{tam(ei)}$ , nel sistema di coordinate locali,
$F_{ta\alpha(ei)}$	Forza di azione risultante elica iesima, modificata secondo il coefficiente $\rho_{ei}$ nel sistema di coordinate locali,
$F_{Xta(ei)}$	Componente in direzione X della Forza, $F_{ta\alpha(ei)}$ , nel sistema riferimento globale della macchina,
$F_{Zta(ei)}$	Componente in direzione Z della Forza, $F_{ta\alpha(ei)}$ , nel sistema riferimento globale della macchina,

$F_{tn}$	Forza di azione normale, nel sistema di coordinate locali del rotore,
$F_{\tan(ei)}$	Forza di azione media normale elica iesima, nel sistema di coordinate locali,
$F_{\tan x(ei)}$	Componente in direzione x della Forza $F_{\tan(ei)}$ , nel sistema di coordinate locali,
$F_{\tan z(ei)}$	Componente in direzione z della Forza $F_{\tan(ei)}$ , nel sistema di coordinate locali,
$F_{a(ei)}$	Forza di azione iesima dovuta all'attrito, nel sistema di coordinate locali del rotore,
$\Delta F^*_{Xtaej}$	Differenziale tra le componenti delle forze di azione risultanti sulla prima e sulla seconda elica, in direzione ( X ) nel sistema di coordinate globali della macchina,
$\Delta F^*_{Ztaej}$	Differenziale tra le componenti delle forze di azione risultanti sulla prima e sulla seconda elica, in direzione ( Z ) nel sistema di coordinate globali della macchina,
$p_{att}$	Potenza meccanica dissipata per attrito,
$L_{a(eiej)}$	Lavoro meccanico dissipato per attrito,
$\rho_{ei}$	Coefficiente di ripartizione delle azioni tra le eliche,
$c_I$	Coefficiente di variazione ampiezza di $F_{\tan(ei)}$
	$0 \leq c_I \leq 1$ $0 \leq F_{\tan(ei)} \leq 2$
$\alpha_{Rdx}$	Angolo direzione azioni su camera e reazioni su cuscinetti a carico del rotore destro, nel sistema di coordinate globali della macchina,
$\alpha_{Rsx}$	Angolo direzione azioni su camera e reazioni su cuscinetti a carico del rotore sinistro, nel sistema di coordinate globali della macchina,

Con riferimento alla figura Fig.01, si ha:

### Dati

$$\beta = 15^\circ \qquad a = 29\text{mm} \qquad b = 30.5\text{mm} \qquad R_1 = 124.5\text{mm}$$

### Equazioni

$$\beta_1 = \arctg \frac{b}{a} \qquad R_3 = \frac{a}{\text{Cos}(\beta_1)}$$

$$\vartheta = \text{arcSin} \left[ \frac{R_3}{R_1} \text{Sin}(\beta + \beta_1) \right]$$

$$\vartheta_1 = \frac{\pi}{2} - \beta - \vartheta - \alpha_a \qquad \beta_2 = \pi - (\beta + \beta_1) - \vartheta \qquad R_2 = R_3 \frac{\text{Sin}(\beta_2)}{\text{Sin}(\vartheta)}$$

$$b_{ta} = R_2 \text{Cos}(\vartheta_1 + \beta) \qquad b_m = R_2 \text{Sin}(\vartheta)$$

$$\omega_a = \frac{2 \times \pi \times n_a}{60} \qquad M_{tra} = 1000 \frac{P}{2 \times \omega_a}$$

$$P_m = 1850\text{Kw} \qquad n_m = 1000\text{g/l}' \qquad \tau_r = 3.3437$$

$$n_{ar} = \frac{n_m}{\tau_r} = 299.07\text{g/l}'$$

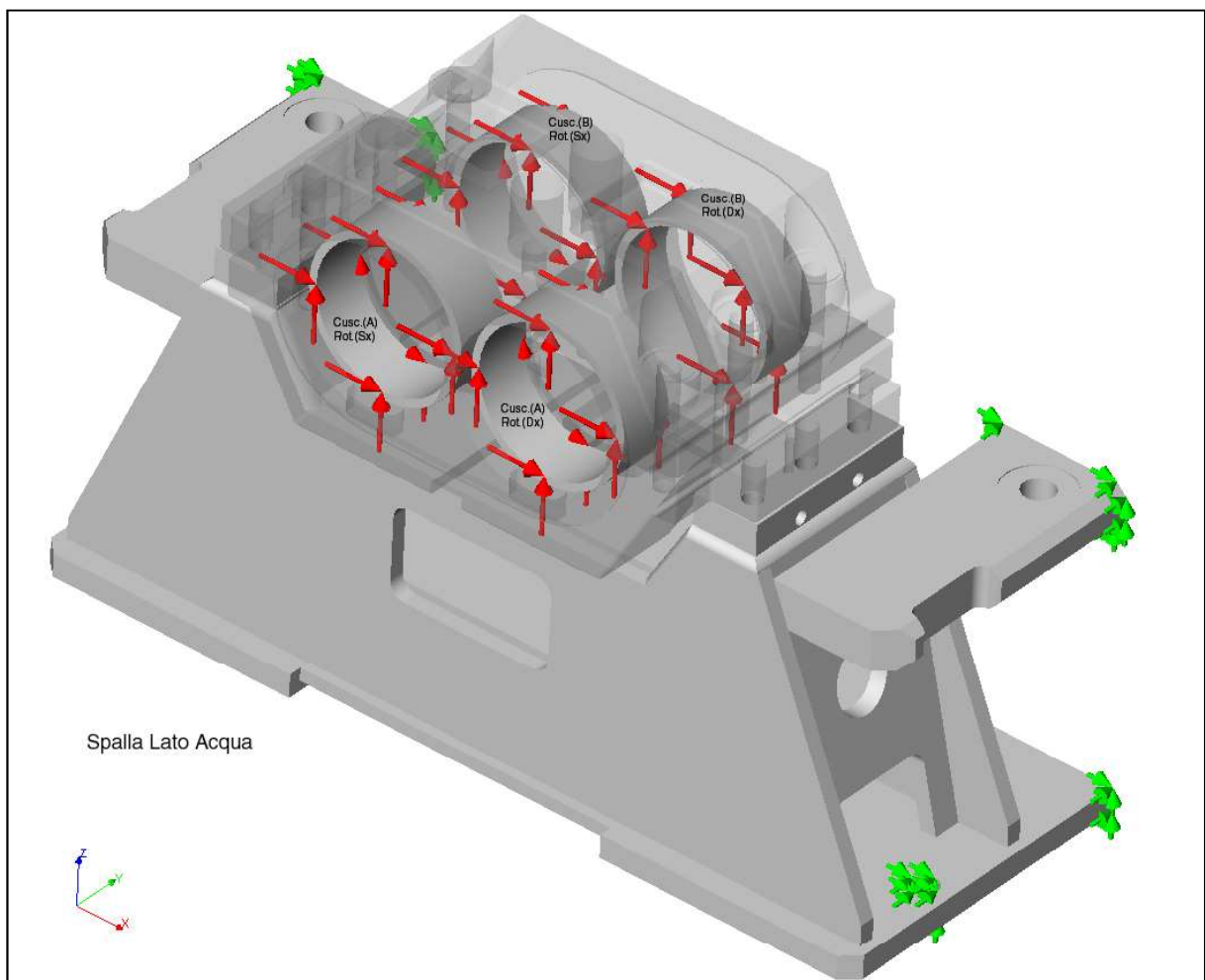
Per il calcolo dei valori di riferimento, si è creato un modello di calcolo parametrico, utilizzando Excel (vedi Allegato A).

Mediante questo modello è possibile simulare il funzionamento del miscelatore e quindi ottenere le caratteristiche di carico dei rotori, le azioni a carico della camera di miscelazione e le reazioni a carico dei cuscinetti.

## 8) CONDIZIONI DI CARICO

- 8.1) Per le analisi previste al punto 7.1 e 7.3, di seguito nella figura Fig.006 è rappresentata la disposizione dei cuscinetti sulla spalla lato acqua, mentre nella tabella Tab.001 si riportano i diagrammi delle Time Curve delle reazioni vincolari  $R_{AX(Rdx)}$ ,  $R_{AZ(Rdx)}$ ,  $R_{BX(Rdx)}$  e  $R_{BZ(Rdx)}$ , applicate ai Cuscinetti A e B del rotore destro e Sinistro:

**Fig. 006**



Disposizione Cuscinetti su Spalla lato acqua



**Tab. 001**

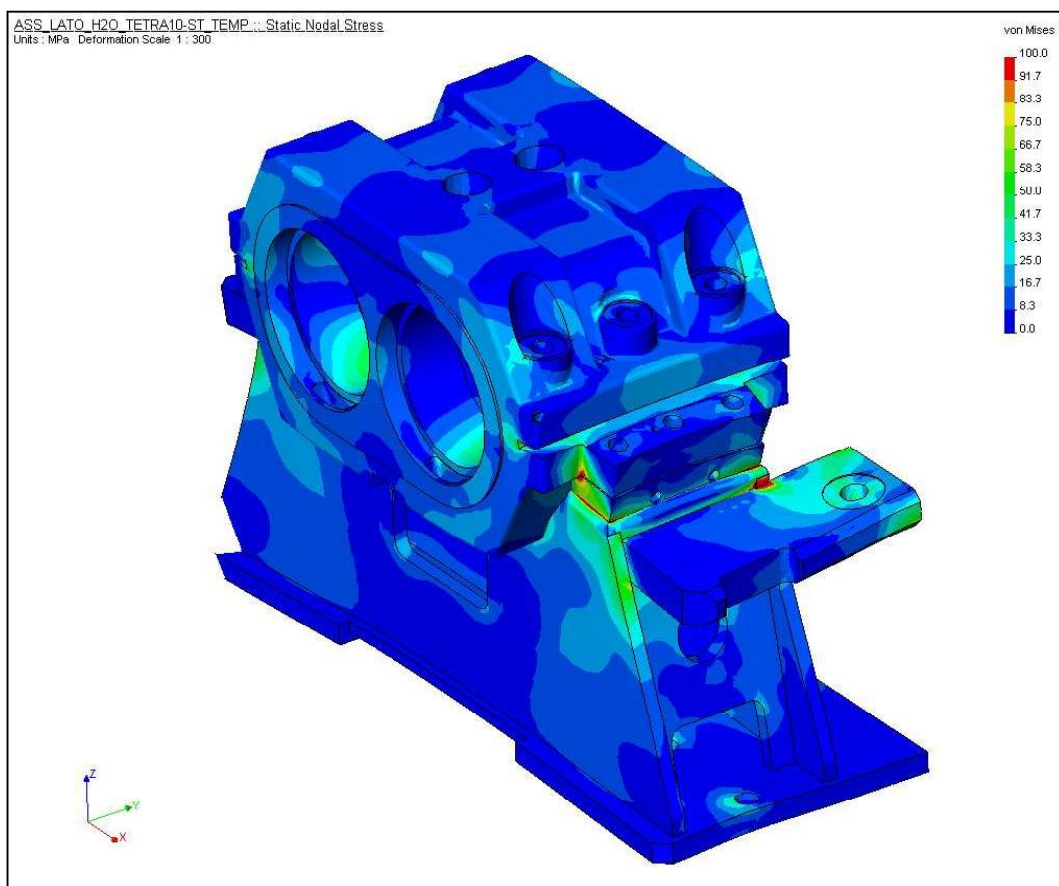
Tabella riassuntiva diagrammi carichi dinamici su cuscinetti		
	Rotore Sx	Rotore Dx
<b>Rax</b>	<p>Time Curve: Rax_Rot_Sx</p> <p>Force (kgf)</p> <p>Time (sec)</p> <p>Force (X)</p> <p>1.0828, 1.3823,5</p>	<p>Time Curve: Rax_Rot_Dx</p> <p>Force (kgf)</p> <p>Time (sec)</p> <p>Force (X)</p> <p>0.321199, 1.0196,1</p>
<b>Raz</b>	<p>Time Curve: Raz_Rot_Sx</p> <p>Force (kgf)</p> <p>Time (sec)</p> <p>Force (Z)</p> <p>1.90578, 1.9686,3</p>	<p>Time Curve: Raz_Rot_Dx</p> <p>Force (kgf)</p> <p>Time (sec)</p> <p>Force (Z)</p> <p>0.753747, 1.9686,3</p>
<b>Rbx</b>	<p>Time Curve: Rbx_Rot_Sx</p> <p>Force (kgf)</p> <p>Time (sec)</p> <p>Force (X)</p> <p>1.26338, 1.8431,4</p>	<p>Time Curve: Rbx_Rot_Dx</p> <p>Force (kgf)</p> <p>Time (sec)</p> <p>Force (X)</p> <p>1.66896, 3.1176,5</p>
<b>Rbz</b>	<p>Time Curve: Rbz_Rot_Sx</p> <p>Force (kgf)</p> <p>Time (sec)</p> <p>Force (Z)</p> <p>0.893358, 3.3529,4</p>	<p>Time Curve: Rbz_Rot_Dx</p> <p>Force (kgf)</p> <p>Time (sec)</p> <p>Force (Z)</p> <p>1.64454, 2.1176,5</p>

- 9.2) Con riferimento alle ipotesi definite nel paragrafo 7.2.2, di seguito, nella tabella Tab.003, si riportano i valori di stress e deformate massimi ottenuti dall'analisi statica degli effetti termici a carico della struttura:

**Tab. 003**

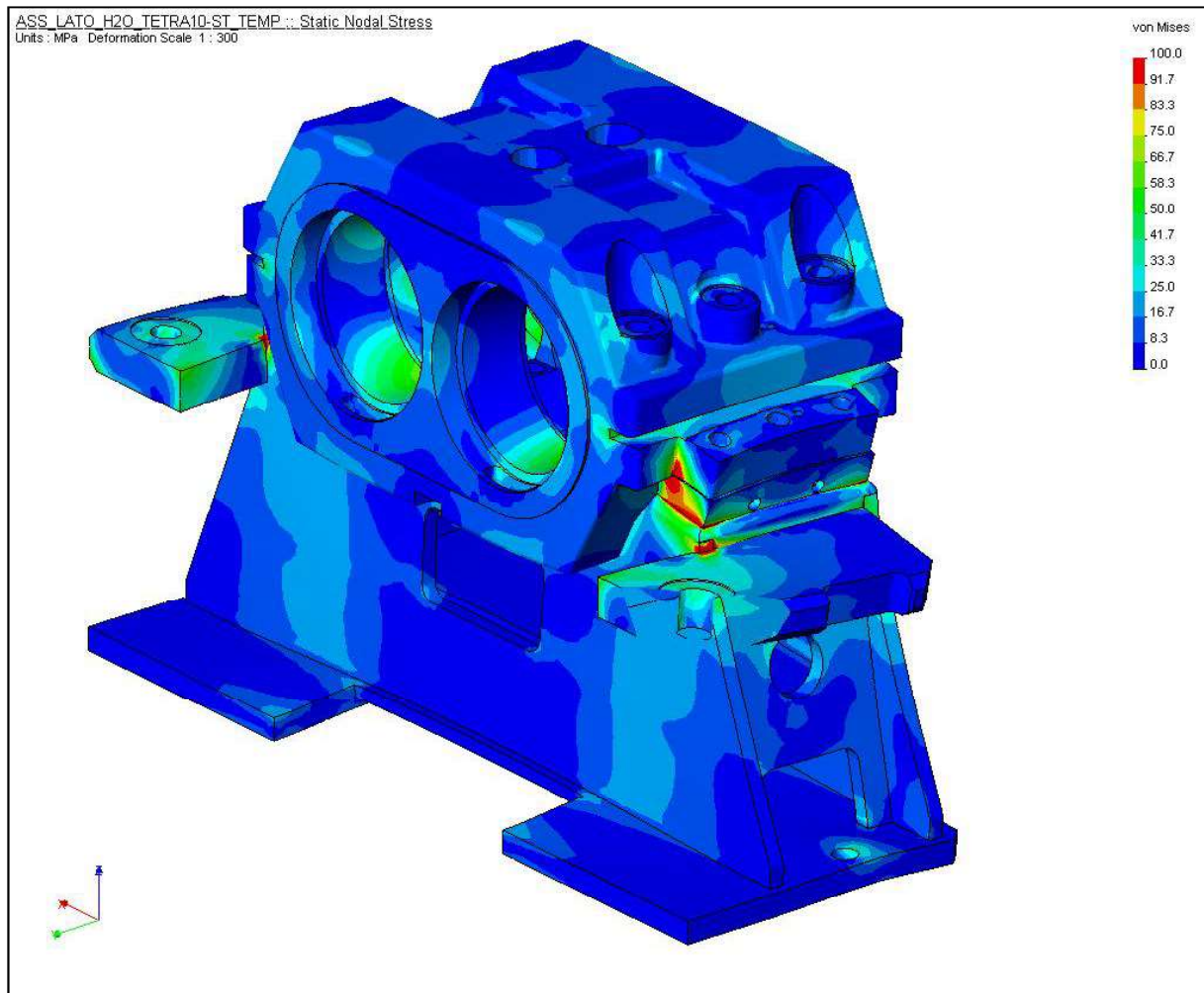
Tabella valori massimi di stress e deformate da analisi statica degli effetti termici sulla struttura del basamento attualmente in uso								
Step.	Time	Stress(max)	Ux(min)	Ux(max)	Uy(min)	Uy(max)	Uz(min)	Uz(max)
n°	s	Mpa	mm	mm	mm	mm	mm	mm
-	-	138	-0,30	0,30	-0,26	0,15	-0,16	0,30

**Fig. 013**



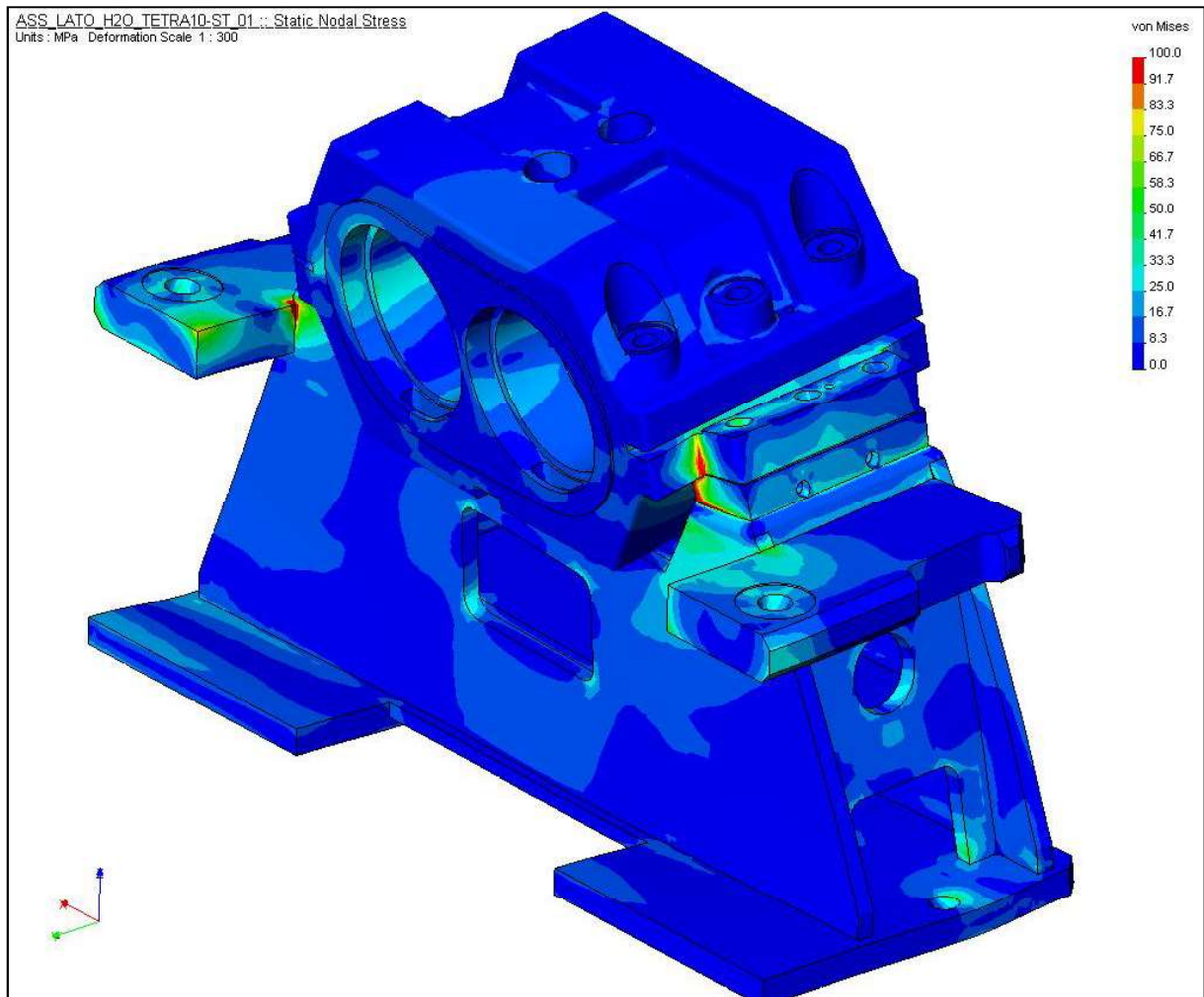
Dettaglio distribuzione Stress da carico termico

**Fig. 014**



Dettaglio distribuzione Stress da carico termico

**Fig. 017**



Dettaglio distribuzione Stress da carico statico  
Equivalente allo step n° 2 dell'analisi dinamica

**Fig. 037**

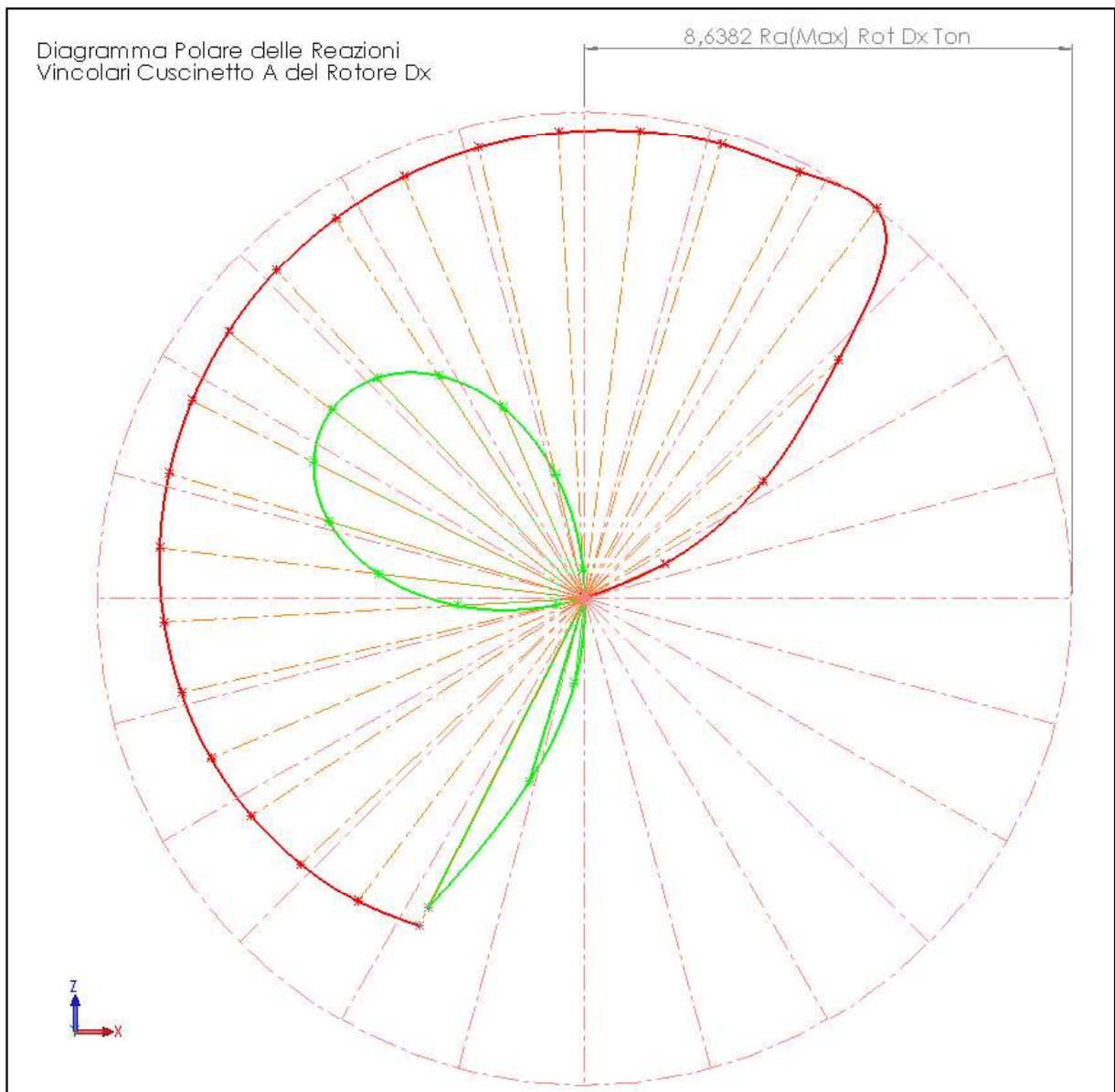


Diagramma Polare reazioni vincolari cuscinetto A rotore Destro

**Fig. 038**

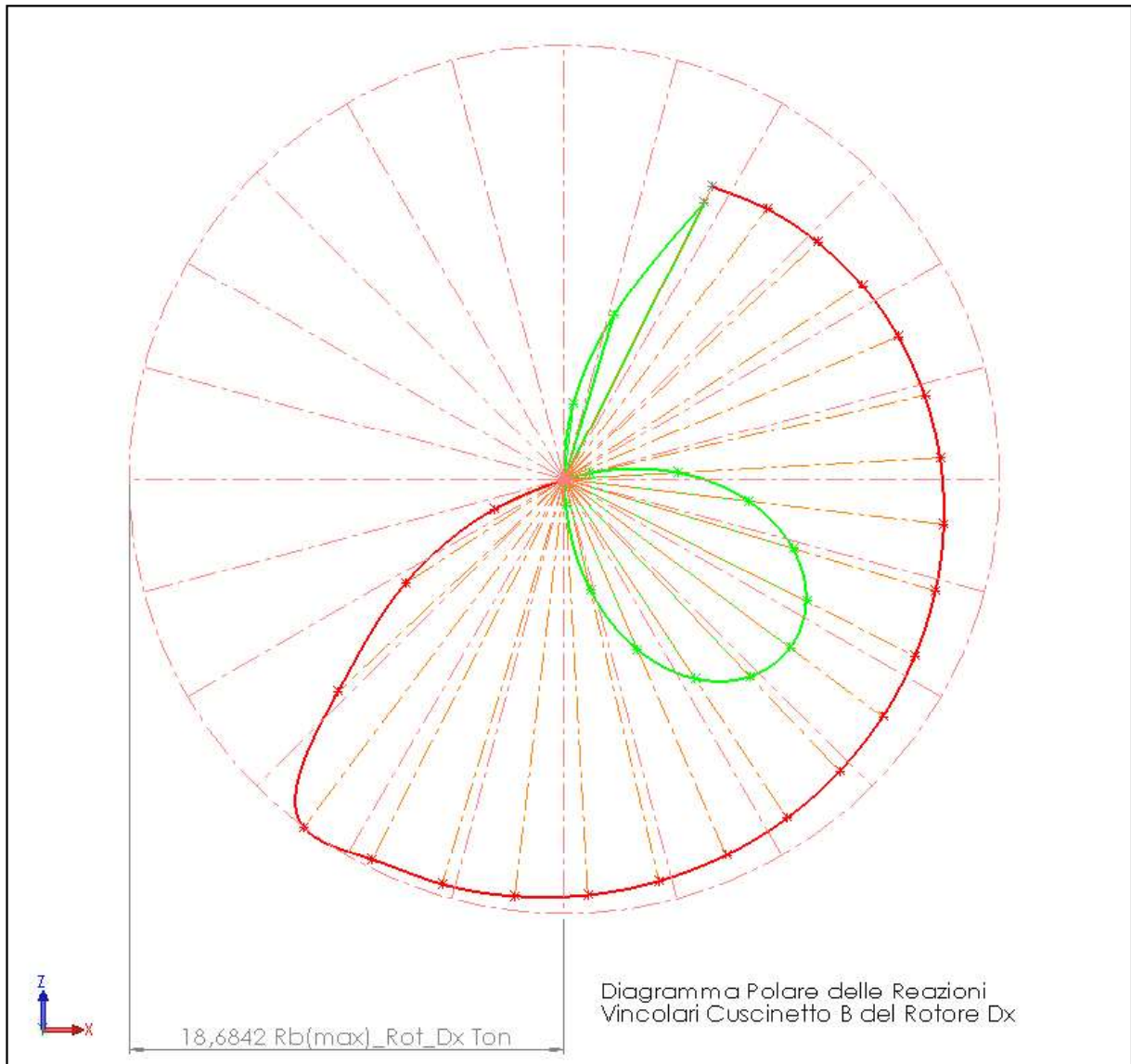


Diagramma Polare reazioni vincolari cuscinetto B rotore Destro