



**M.T.M. s.r.l.**

**Note di Calcolo  
BRC0007**

Rev. 01

Page 1 of 8

**NOTE di CALCOLO**  
**FISSAGGI per SERBATOI TOROIDALI**  
**Normativa R 67-01 Rev.02 del 29/03/06**



## Note di Calcolo BRC0007

Rev. 01

Page 2 of 8

### 1. Introduzione.

#### a) Tipologia di Serbatoio

La presente relazione di calcolo è una verifica di resistenza del fissaggio di serbatoi toroidali alloggiati esternamente alla vettura, al di sotto del pianale. Tale verifica è effettuata prendendo in considerazione il serbatoio avente massa complessiva maggiore, in quanto caso peggiore.

Dati caratteristici dei serbatoi.

| SERBATOIO (D x h)     | 720 x 270 | 650 x 270 |
|-----------------------|-----------|-----------|
| Diametro Est. (D) mm  | 720       | 650       |
| Altezza (h) mm        | 270       | 270       |
| Braccio Viti (d) mm   | 545       | 516       |
| Massa a Vuoto kg      | 41,5      | 32        |
| Capacità litri        | 95        | 70        |
| Massa Riparo/Fissaggi | 7,2       | 5,2       |

Riempimento

Fill = 80%

Massa volumica GPL

$\rho_{\text{GPL}} = 0.55 \text{ kg/dm}^3$

#### b) Sollecitazioni Verificate

La normativa di riferimento è la R67-01 Rev.02 del 29/03/06. In particolare, al paragrafo 17.4.6, si indicano come sollecitazioni massime per i veicoli delle categorie M1-N1, quelle determinate da:

- Accelerazione pari a 20 g nella direzione di marcia (Longitudinale);
- Accelerazione pari a 8 g nella direzione perpendicolare al senso di marcia (Trasversale).

In entrambi i versi e con serbatoio riempito all'80% della sua capacità.

### 2. Tipologia di Fissaggio.

Il serbatoio viene fissato, al di sotto del pianale della vettura, mediante due fasce incrociate, viti, dadi e rondelle opportune, come indicato al Fig.1.

Il posizionamento delle due fasce può essere effettuato secondo diversi angoli di incidenza tra le fasce ( $\beta$ ) e rispetto alla direzione di marcia ( $\gamma$ ), a seconda degli ingombri del serbatoio e del pianale sotto cui è fissato. Nel calcolo verrà considerata la condizione più critica, rappresentata al Fig.2, corrispondente ad una configurazione in cui il momento ribaltante, dovuto alla forza F applicata al serbatoio, viene contrastato da due sole viti, in quanto le altre due si trovano ad avere un braccio nullo rispetto al punto P di rotazione del serbatoio.



## Note di Calcolo BRC0007

Rev. 01

Page 3 of 8

La verifica di resistenza viene effettuata per il solo caso dell'accelerazione di 20 g nella direzione di marcia, in quanto gli 8 g trasversali risultano essere un caso meno critico, per l'entità della forza d'inerzia.

In base a quanto riportato nel seguito della relazione, i fissaggi e le viti, risultano idonei a sopportare le sollecitazioni indicate dalla normativa R67-01 Rev.02 del 29/03/06.

### 3. Verifica di resistenza.

#### 3.1 Determinazione delle reazioni vincolari.

Il serbatoio, riempito al massimo della sua capacità utile, ha una massa complessiva pari a  $m_{tot}$ .

$$m_{tot} = m_{serbatoio} + m_{fissagi} + \rho_{GPL} \cdot fill \cdot V_{serbatoio}$$

| SERBATOIO                     | 720 x 270 | 650 x 270 |
|-------------------------------|-----------|-----------|
| Massa totale ( $m_{tot}$ ) kg | 90,5      | 68        |

Nota l'accelerazione  $a$  nella direzione di marcia del veicolo a cui è sottoposto il serbatoio, si ricava la forza d'inerzia  $F$ .

$$a = 20 \cdot g = 196 m/s^2$$

$$F = m_{tot} \cdot a$$

| SERBATOIO             | 720 x 270 | 650 x 270 |
|-----------------------|-----------|-----------|
| Forza d'Inerzia (F) N | 17738     | 13328     |

#### 3.1.1 Calcolo del precarico sui tiranti

Il fissaggio delle due fasce al pianale del veicolo viene effettuato imponendo un certo precarico. In particolare si assume di applicare alle viti una forza di trazione iniziale  $F_{z0}$ , applicando alle stesse una coppia di serraggio pari a  $M_0$ .

$$F_{z0} = 5000N$$

Note le caratteristiche geometriche di tiranti, si calcola la coppia  $M_0$  da applicare per garantire una forza assiale pari a  $F_{z0}$ . Tale coppia è data dalla somma di un termine  $M_{01}$  dovuto all'attrito tra viti e madrevite ed un termine  $M_{02}$  dovuto all'attrito tra dado e longherone.



## Note di Calcolo BRC0007

Rev. 01

Page 4 of 8

### Caratteristiche dei tiranti.

|   |                                      |
|---|--------------------------------------|
| Tipologia                               | viti testa esagonale M10 UNI 5712-75 |
| Angolo profilo filetto                  | $\vartheta = 60^\circ$               |
| Diametro medio filettatura              | $d_2 = 9.25 \text{ mm}$              |
| Passo                                   | $p = 1.5 \text{ mm}$                 |
| Coefficiente di attrito dado/vite       | $f_1 = 0.15$                         |
| Coefficiente di attrito dado/longheroni | $f_2 = 0.10$                         |
| Diametro medio dado CH 17               | $D_m = 18 \text{ mm}$                |

$$M_{01} = F_{z0} \cdot \text{tg} \left[ \arctg \left( \frac{f_1}{\cos \left( \frac{\vartheta}{2} \right)} \right) + \arctg \left( \frac{p}{\pi \cdot d_2} \right) \right] \cdot \frac{d_2}{2} = 5246 \text{ Nmm}$$

$$M_{02} = F_{z0} \cdot f_2 \cdot \frac{D_m}{2} = 4500 \text{ Nmm}$$

$$M_0 = M_{01} + M_{02} \cong 10 \text{ Nm}$$

### 3.1.2 Calcolo della sollecitazione complessiva sui tiranti.

Applicando al serbatoio la forza F, come indicato al Fig.2, si determina una coppia di ribaltamento del serbatoio, nella configurazione più critica:

| SERBATOIO       | 720 x 270   | 650 x 270    |
|-----------------|-------------|--------------|
| Angolo $\beta$  | $120^\circ$ | $85^\circ$   |
| Angolo $\gamma$ | $60^\circ$  | $42,5^\circ$ |

$$\text{dove } \gamma = \frac{\beta}{2}$$

Con riferimento alla Fig.1, i valori degli angoli riportati nella tabella sopra, sono massimi, in tale configurazione sia ha che: due dei quattro punti di fissaggio a braccio nullo rispetto al fulcro di rotazione, tale sollecitazione è contrastata dalle reazioni vincolari  $F_{z1}$  di due viti.

Dall'equilibrio alla rotazione rispetto al punto P di ricava quindi il valore di  $F_{z1}$

$$F_{z1} = \frac{F \cdot h}{2 \cdot d}$$



## Note di Calcolo BRC0007

Rev. 01

Page 5 of 8

| SERBATOIO            | 720 x 270 | 650 x 270 |
|----------------------|-----------|-----------|
| Forza ( $F_{z1}$ ) N | 3110      | 1743      |

Mentre il contributo della forza peso si ripartisce equamente sulle quattro viti di fissaggio  $F_{zp}$ .

$$F_{zp} = \frac{m_{tot} \cdot 9,81}{4}$$

| SERBATOIO            | 720 x 270 | 650 x 270 |
|----------------------|-----------|-----------|
| Forza ( $F_{zp}$ ) N | 222       | 167       |

Si ricava quindi la sollecitazione a trazione complessiva sulle viti più sollecitate  $F_z$ .

$$F_z = F_{z0} + F_{z1} + F_{zp}$$

| SERBATOIO         | 720 x 270 | 650 x 270 |
|-------------------|-----------|-----------|
| Forza ( $F_z$ ) N | 8332      | 6910      |

La reazione alla traslazione del serbatoio lungo l'asse y è data da un eguale contributo sui quattro punti di fissaggio ed è pari a  $F_y$ .

$$F_y = \frac{F}{4}$$

| SERBATOIO         | 720 x 270 | 650 x 270 |
|-------------------|-----------|-----------|
| Forza ( $F_y$ ) N | 4435      | 3332      |

### 3.2 Verifica di resistenza delle viti.

#### Caratteristiche delle viti.

Tipologia viti testa esagonale M10 UNI 5712-75  
Sezione resistente  $S_r = 58.0 \text{ mm}^2$   
Diametro di nocciolo  $d_n = 8.2 \text{ mm}$   
Coefficiente di sicurezza  $n = 1.5$

| SERBATOIO                                  | 720 x 270 | 650 x 270 |
|--|-----------|-----------|
| Materiale Classe                           | 10.9      | 8.8       |
| Limite Elastico a Trazione $\text{N/mm}^2$ | 900       | 640       |

La sollecitazione è di tipo composto, di trazione semplice a causa di  $F_z$  e flessione a causa della  $F_y$ .



## Note di Calcolo BRC0007

Rev. 01

Page 6 of 8

Si assume una distanza massima tra il punto di applicazione della  $F_y$  e la sezione di incastro della vite pari a  $b = 5$  mm, vedere Fig.3. Tale valore può essere ottenuto anche interponendo un controdado tra la cinghia ed il pianale della vettura.

Si calcolano quindi le tensioni sulle viti dovute alle due tipologie di sollecitazione e quella complessiva.

$$\sigma_{trazione} = \frac{F_z}{S_r}$$

| SERBATOIO   | 720 x 270 | 650 x 270 |
|---|-----------|-----------|
| Tensione Normale<br>( $\sigma_{trazione}$ ) N/mm <sup>2</sup> | 143,7     | 119,1     |

$$\sigma_{flessione} = \frac{F_y \cdot b}{\frac{\pi \cdot d_n^3}{32}}$$

| SERBATOIO  | 720 x 270 | 650 x 270 |
|--|-----------|-----------|
| Tensione Normale<br>( $\sigma_{flessione}$ ) N/mm <sup>2</sup> | 409,7     | 307,8     |

$$\sigma_{viti} = \sigma_{trazione} + \sigma_{flessione} = 553,4 \frac{N}{mm^2} < \sigma_{am} = \frac{\sigma_s}{n}$$

| SERBATOIO   | 720 x 270 | 650 x 270 |
|---|-----------|-----------|
| Tensione Normale<br>( $\sigma_{viti}$ ) N/mm <sup>2</sup>   | 553,4     | 426,9     |
| Tensione Ammissibile<br>( $\sigma_{am}$ ) N/mm <sup>2</sup> | 600       | 427       |

### 3.3 Verifica di resistenza del pianale di appoggio del serbatoio.

Caratteristiche lamiera del pianale di appoggio del serbatoio.

|                            |                                    |
|----------------------------|------------------------------------|
| Spessore                   | $s = 0.6$ mm                       |
| Limite elastico a trazione | $\sigma_s = 275$ N/mm <sup>2</sup> |
| Limite elastico a taglio   | $\tau_s = 175$ N/mm <sup>2</sup>   |
| Coefficiente di sicurezza  | $n = 1.5$                          |
| Diametro rondelle          | $D_r = 30$ mm                      |

Si considera la lamiera della vasca sollecitata a taglio dalla forza  $F_z$  lungo il perimetro delle rondelle applicate.

$$\tau = \frac{F_z}{\pi \cdot D_r} < 116 \frac{N}{mm^2} = \frac{\tau_s}{n}$$



## Note di Calcolo BRC0007

Rev. 01

Page 7 of 8

| SERBATOIO  | 720 x 270 | 650 x 270 |
|--|-----------|-----------|
| Tensione Tangenziale<br>( $\tau$ ) N/mm <sup>2</sup> | 88,4      | 73,3      |

### 3.4 Verifica di resistenza delle cinghie.

#### Caratteristiche cinghie.

|                              |                                 |
|------------------------------|---------------------------------|
| Larghezza                    | $b = 30 \text{ mm}$             |
| Spessore                     | $s = 3 \text{ mm}$              |
| Limite elastico a trazione   | $\sigma_s = 220 \text{ N/mm}^2$ |
| Coefficiente di sicurezza    | $n = 1.5$                       |
| Diametro foro passaggio vite | $D_v = 11 \text{ mm}$           |

Si considerano le cinghie sollecitate a trazione dalla forza  $F_z$ , su una sezione utile pari a quella della cinghia diminuita del foro ricavato per il passaggio della vite centrale.

$$\sigma = \frac{F_z}{(b - D_v) \cdot s} < 147 \frac{N}{\text{mm}^2} = \frac{\sigma_s}{n}$$

| SERBATOIO  | 720 x 270 | 650 x 270 |
|--|-----------|-----------|
| Tensione Normale<br>( $\sigma$ ) N/mm <sup>2</sup> | 146,2     | 121,3     |



M.T.M. s.r.l.

# Note di Calcolo BRC0007

Rev. 01

Page 8 of 8

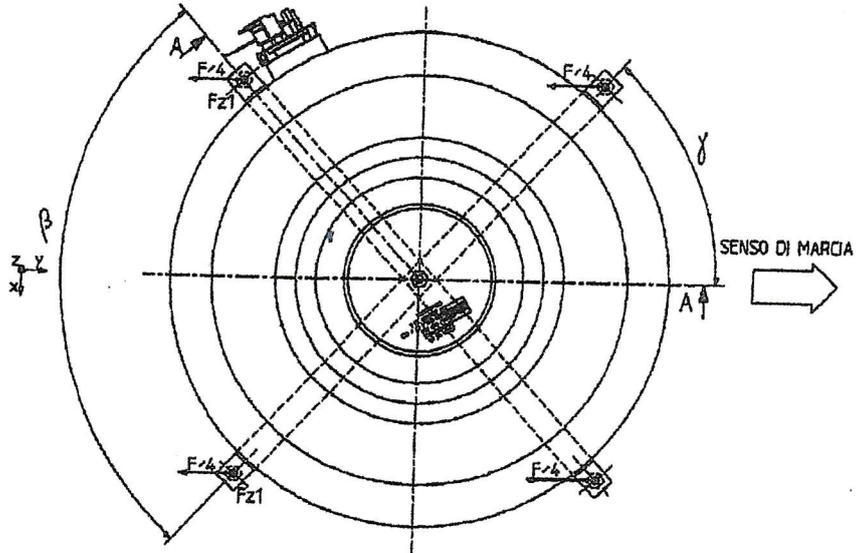


Fig.1

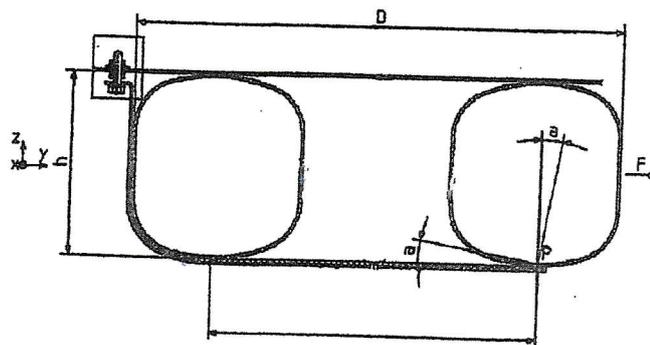


Fig.2

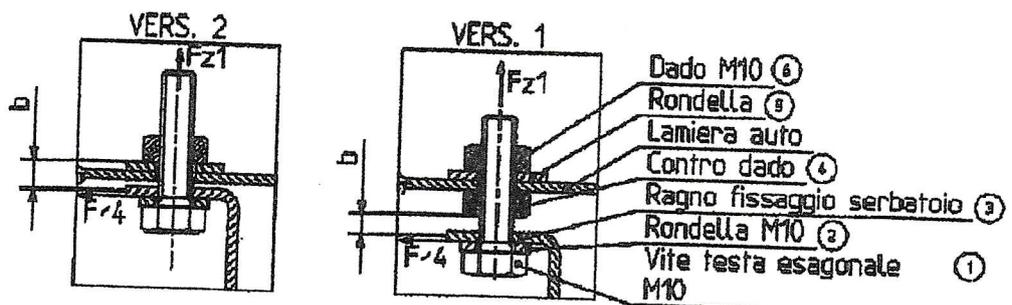


Fig.3