

Università degli Studi di Padova – Dipartimento di Ingegneria Industriale

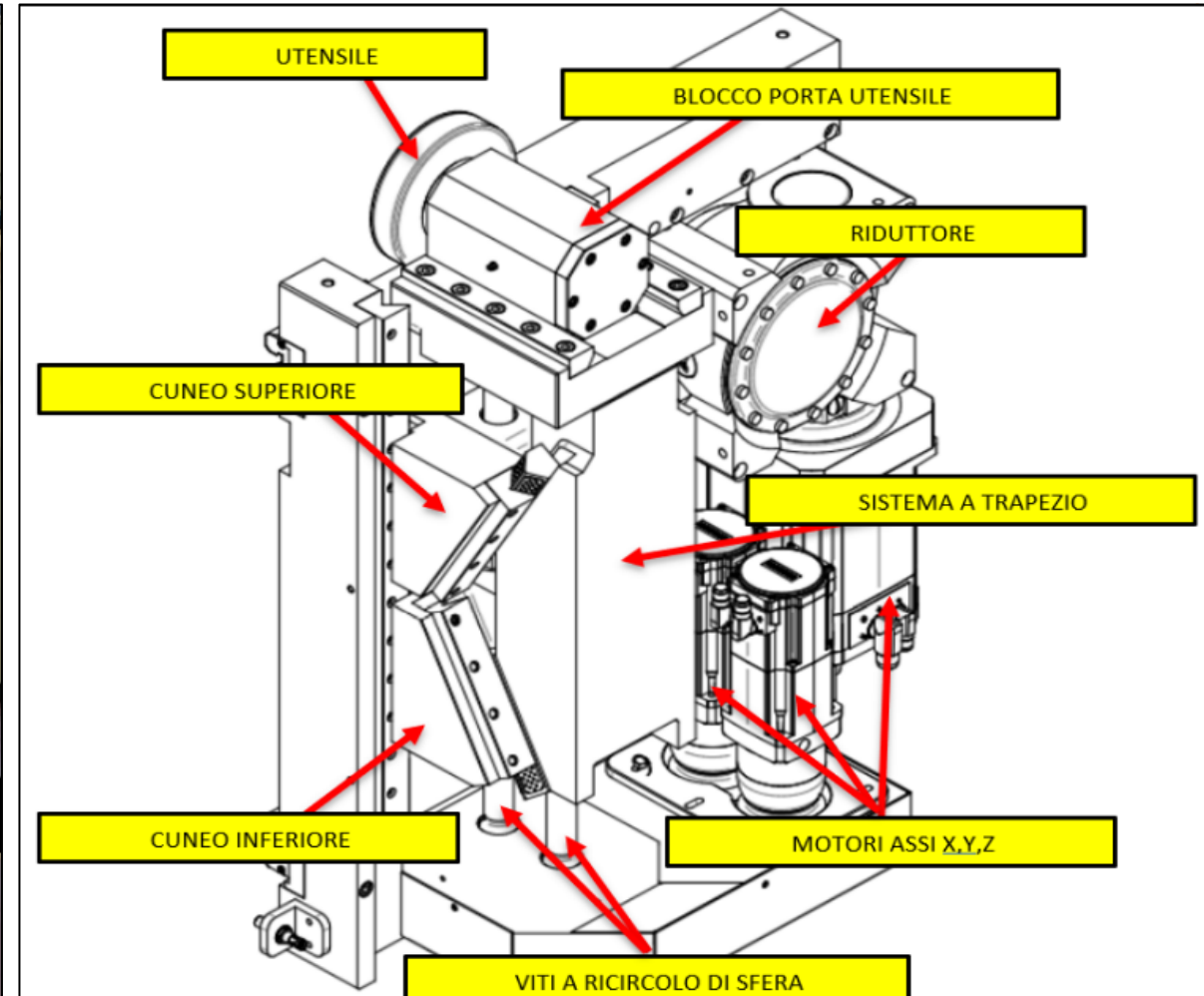
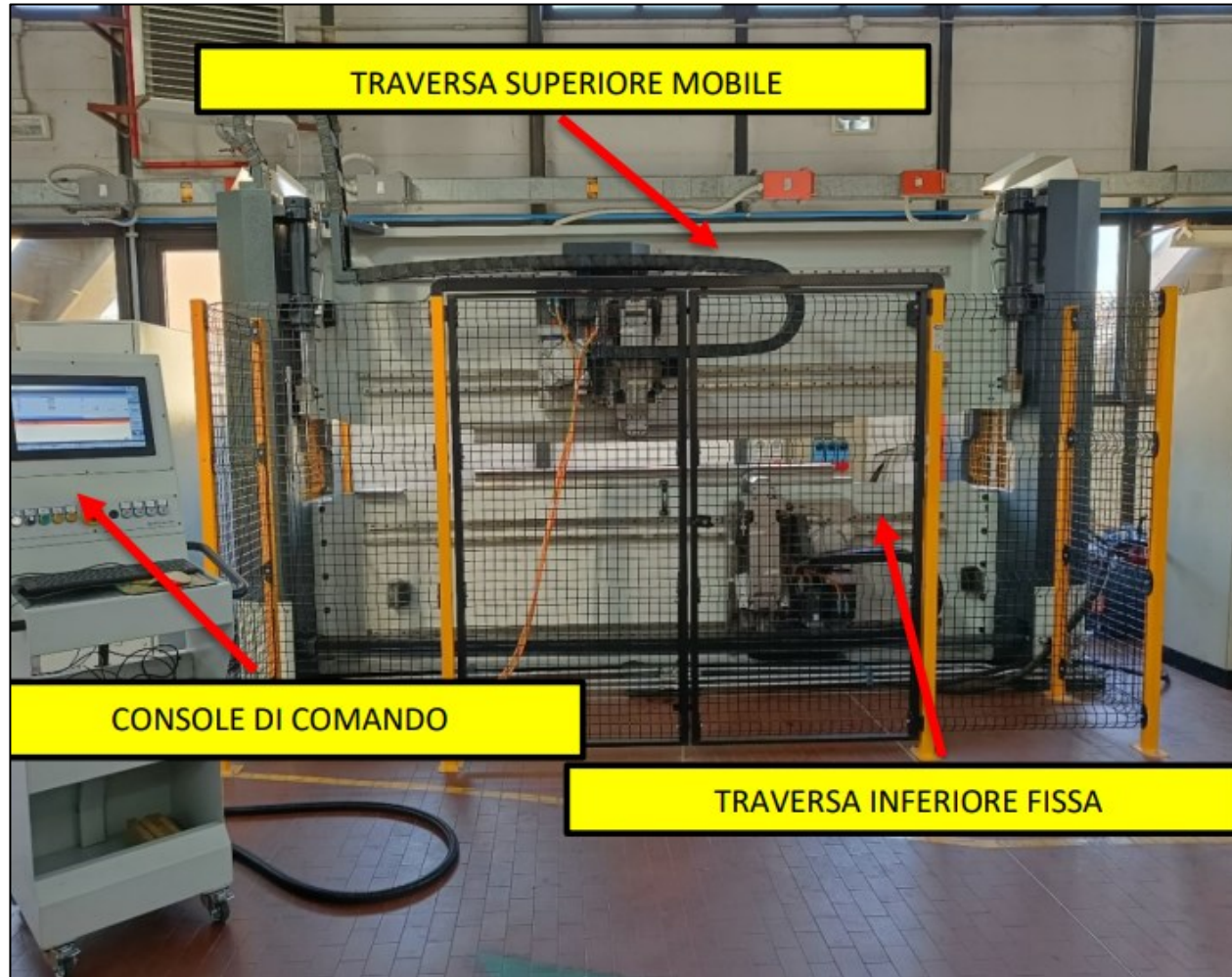
Corso di Laurea in Ingegneria Meccanica

***Relazione per la prova finale***  
**«Sistema di profilatura incrementale  
flessibile: progettazione gruppo utensili»**

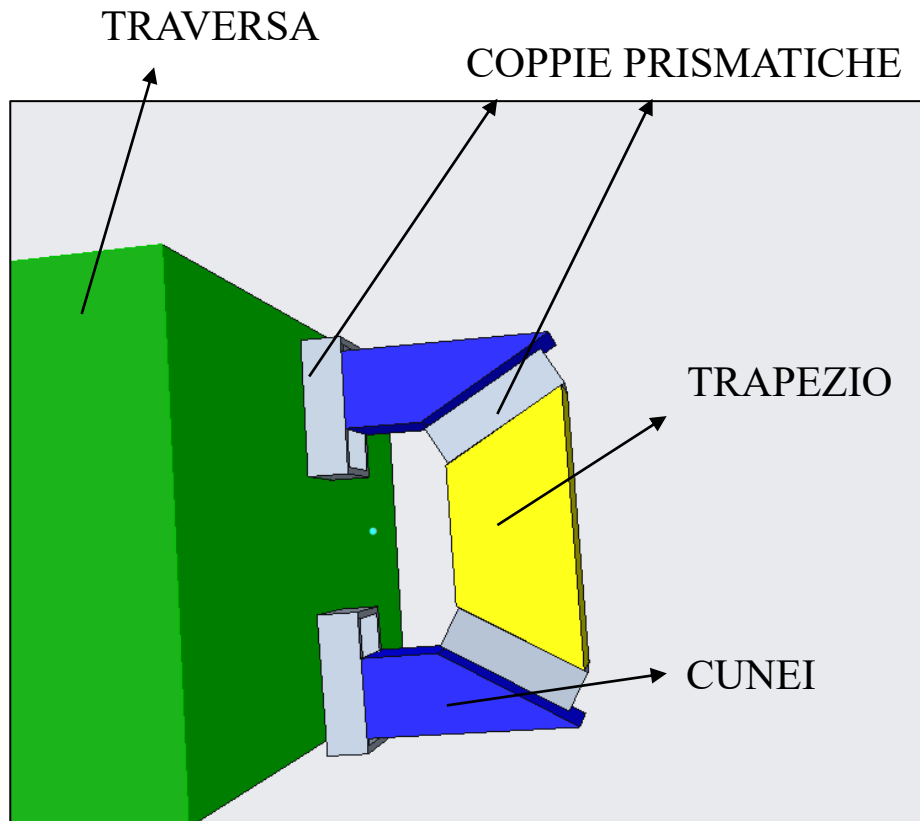
Tutor universitario: Prof. Andrea Ghiotti

Laureando: *Carlo Conversano 2003955*

Padova, 16/11/2023



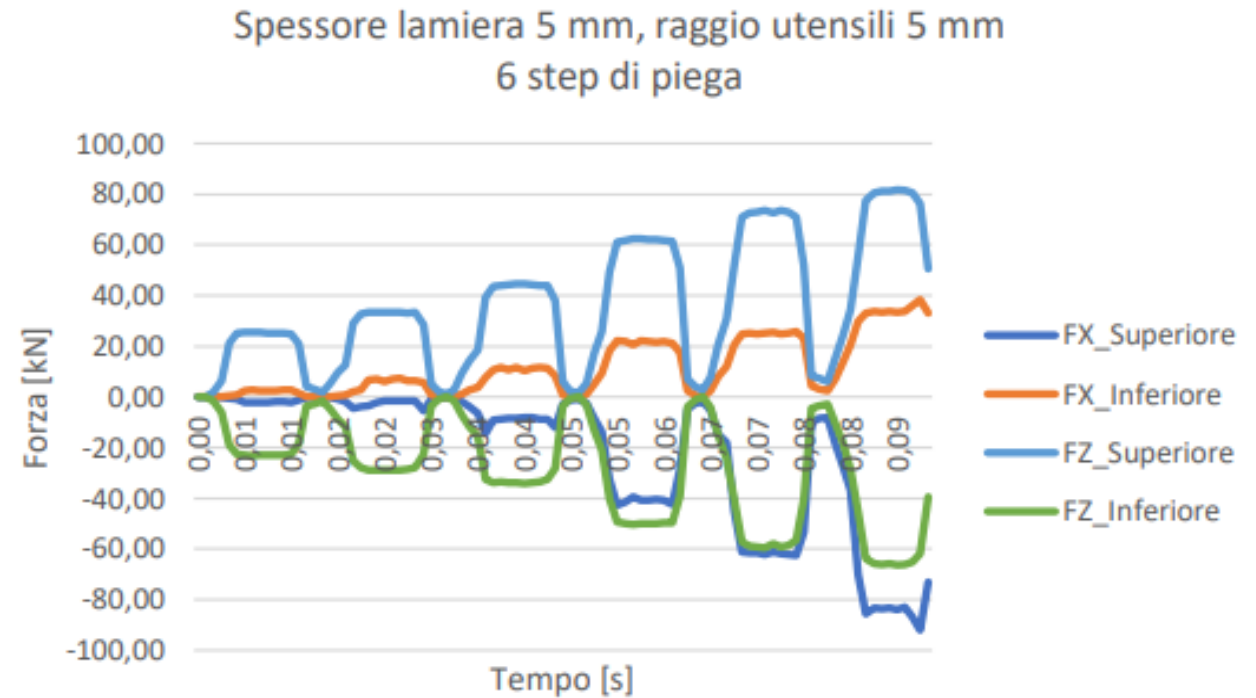
## 1. Problema di rigidezza:



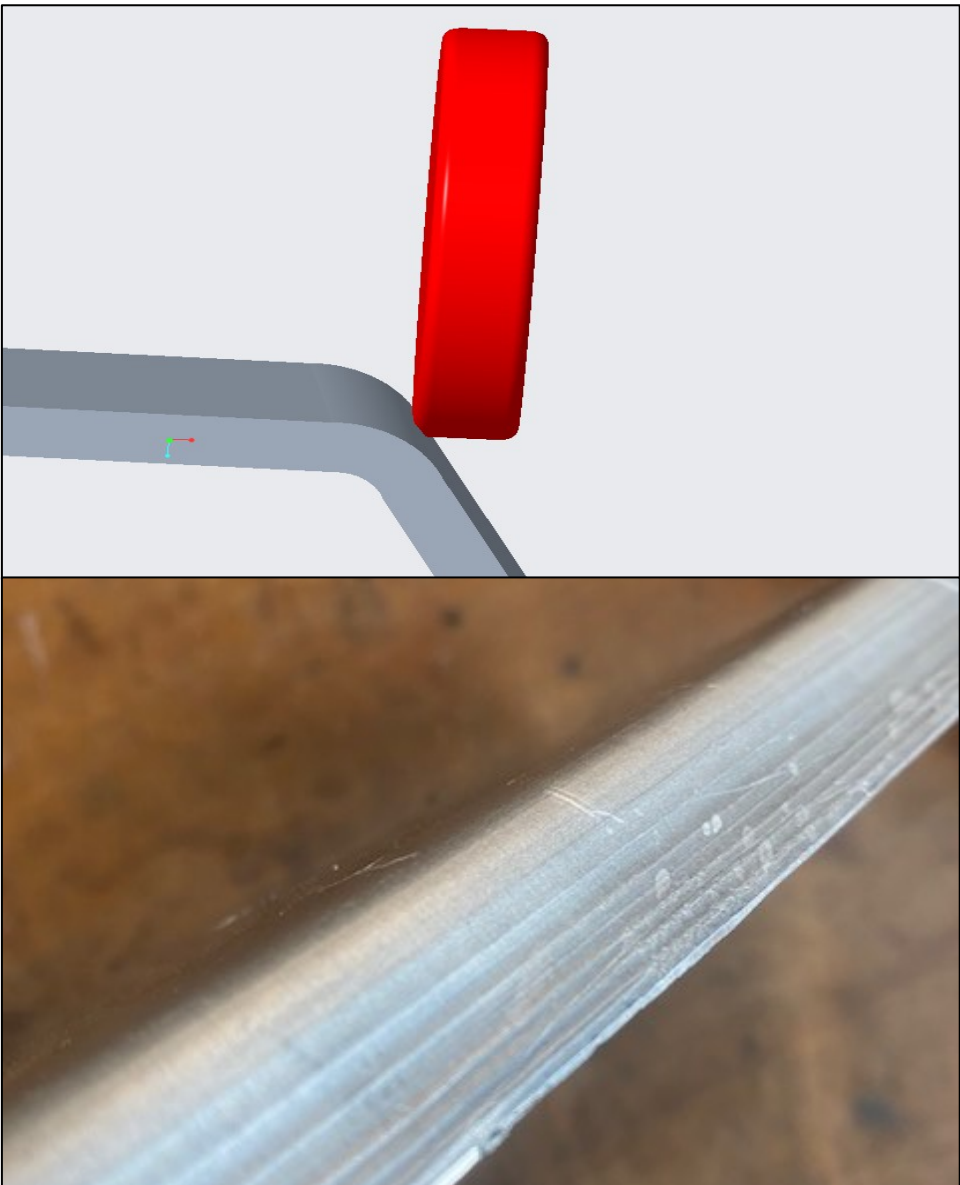
$$Gdl = 3 \cdot (M - 1) - 2 \cdot C1 - C2$$

$$Gdl = 3(4 - 1) - 2 \cdot 4 - 0 = 1$$

## 2. Esigenza di piegare lamiere più spesse



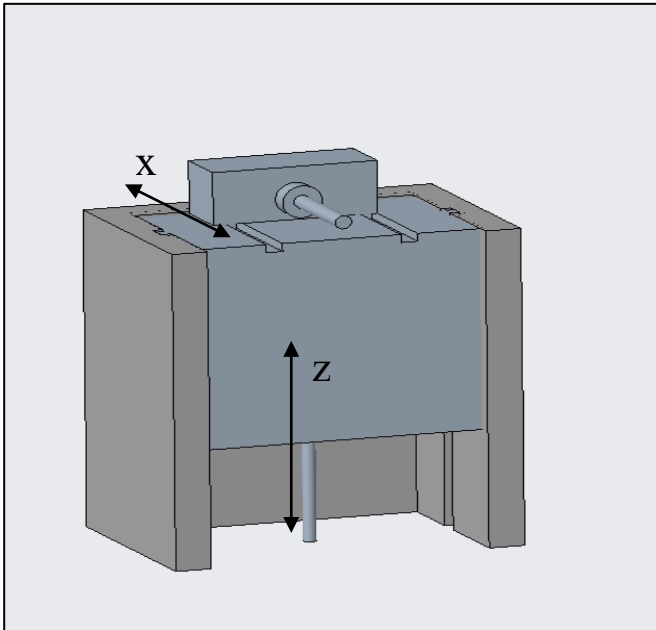
FORZE	FX [kN]	Fy [kN]	Fz [kN]
3 mm	40	20	50
5 mm	84	15	80



### 3. DIFETTI NELLA PIEGA

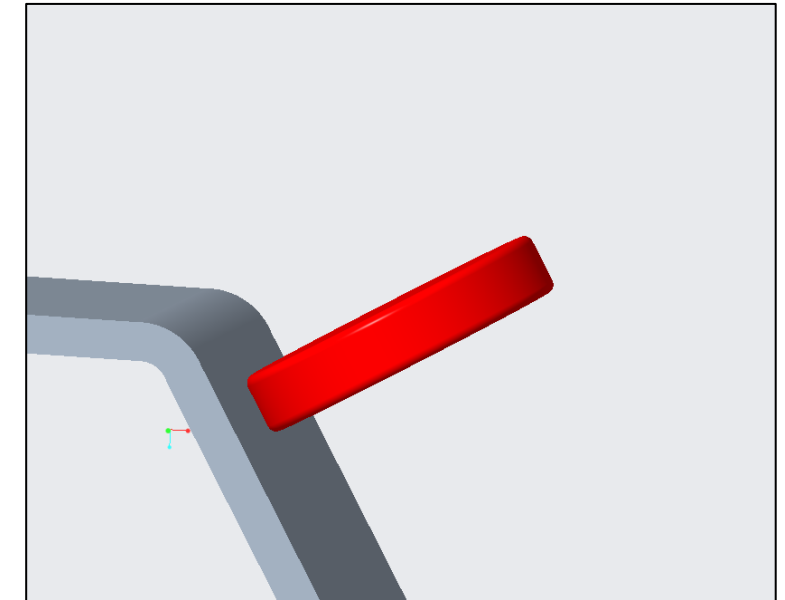
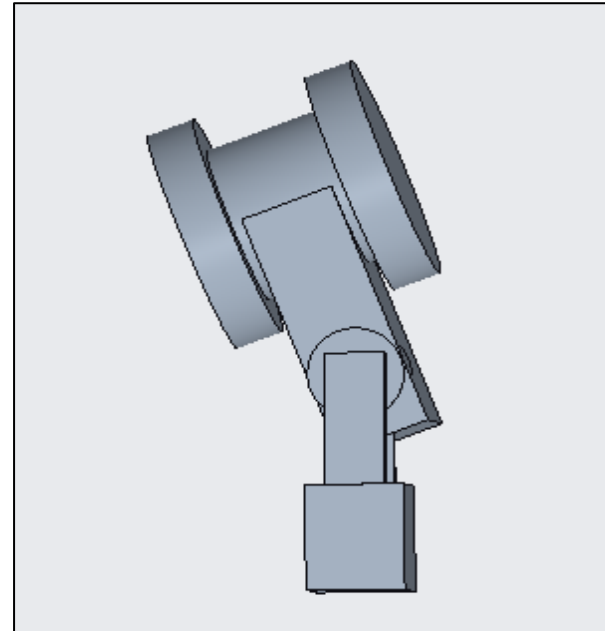
Attualmente a causa dell'orientazione fissa dell'utensile a  $0^\circ$ , per angoli di piega importanti si osserva una diminuzione dell'area di contatto tra utensile e lamiera, che tende a limitarsi al raggio di raccordo del rullo, e quindi un aumento considerevole delle pressioni che portano la formazione di difetti sulla lamiera simili a strisce, come visualizzabile in figura. Sempre per questo limitazione dell'utensile insorge un altro difetto simile a segni circolari dovuti allo strisciamento della lamiera sulla parete del rullo

## 1. MOVIMENTAZIONE X E Z AUTONOME



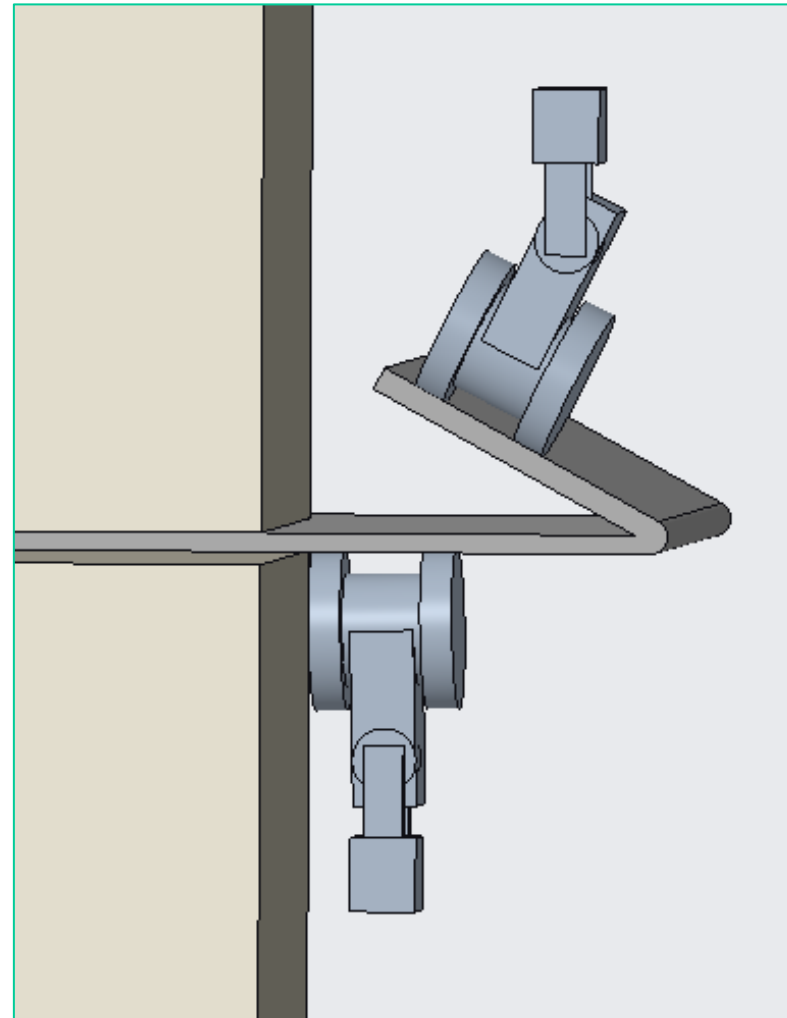
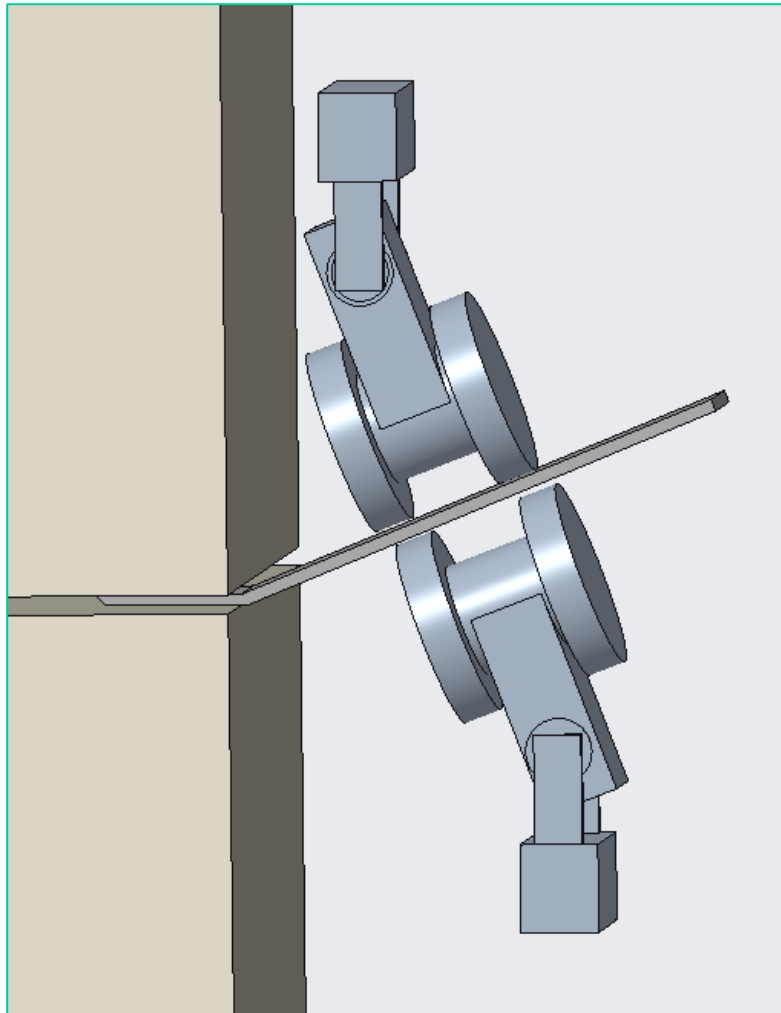
- Sistema a viti a ricircolo di sfere per il movimento in Z
- movimentazione lungo x, adoperare un sistema simile alla soluzione verticale però ruotato di 90 gradi
- movimentazione in Y è stata lasciata invariata.

## 2. IMPLEMENTAZIONE ROTAZIONE XZ



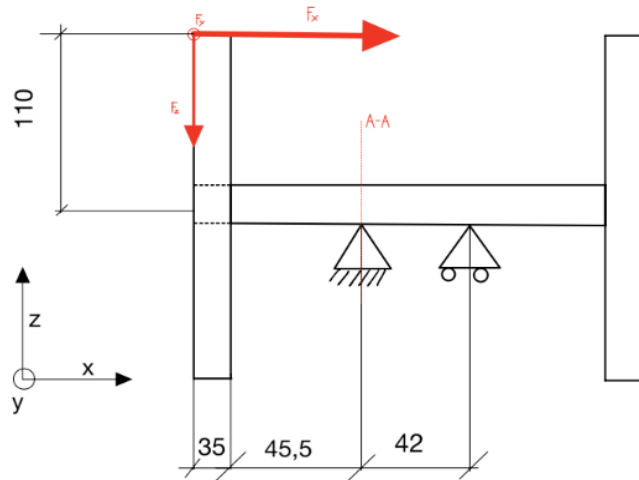
- Aumentare ancora la flessibilità della macchina e poter raggiungere inclinazioni dell'utensile che prima erano impossibili.
- La rotazione dell'utensile permette anche di sopperire ai difetti sulla superficie del pezzo. Infatti aumentando l'area di contatto le pressioni sono minori.





## 3. DOPPIO UTENSILE:

- LOGICA ESTERNA E INTERNA  
SENZA INTERVENTO DI PERSONALE
- POSSIBILITA' DI MONTARE DUE  
UTENSILI DIVERSI  
CONTEMPORANEAMENTE
- PUNTO DI APPLICAZIONE DELLE  
FORZE PIU' LONTANO
- SUPPORTO ALLA LAMIERA PER  
PIEGHE 180°



▪  $a = 75,5 \text{ mm}$

▪  $R = 110 \text{ mm}$

$$M_{xz}(F_x) = F_x * R = 84000 * 110 = 9240000 \text{ Nmm}$$

$$M_{xz}(F_z) = F_z * a = 80000 * 75,5 = -6040000 \text{ Nmm}$$

$$M_{xy}(F_y) = F_y * a = 15000 * 75,5 = 1132500 \text{ Nmm}$$

1. Inizio immaginando di avere solo momento flettente

2. il materiale scelto è un acciaio bonificato denominato: 39NiCrMo3 con una tensione di snervamento di  $Y_s = 700 \text{ Mpa}$

3.  $v = 3$

4. La sezione sotto il rullo subisce momento flettente

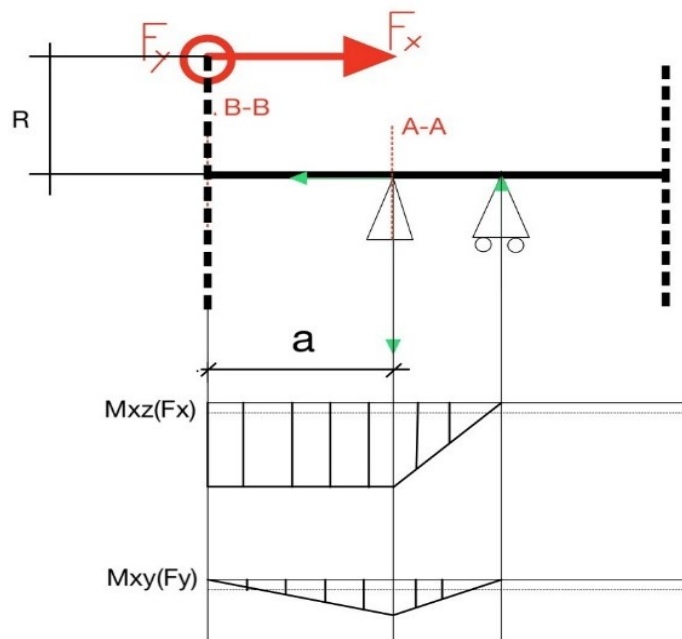
$$Y_{adm} = \frac{Y_s}{v} = \frac{700}{3} = 233,3 \text{ Mpa}$$

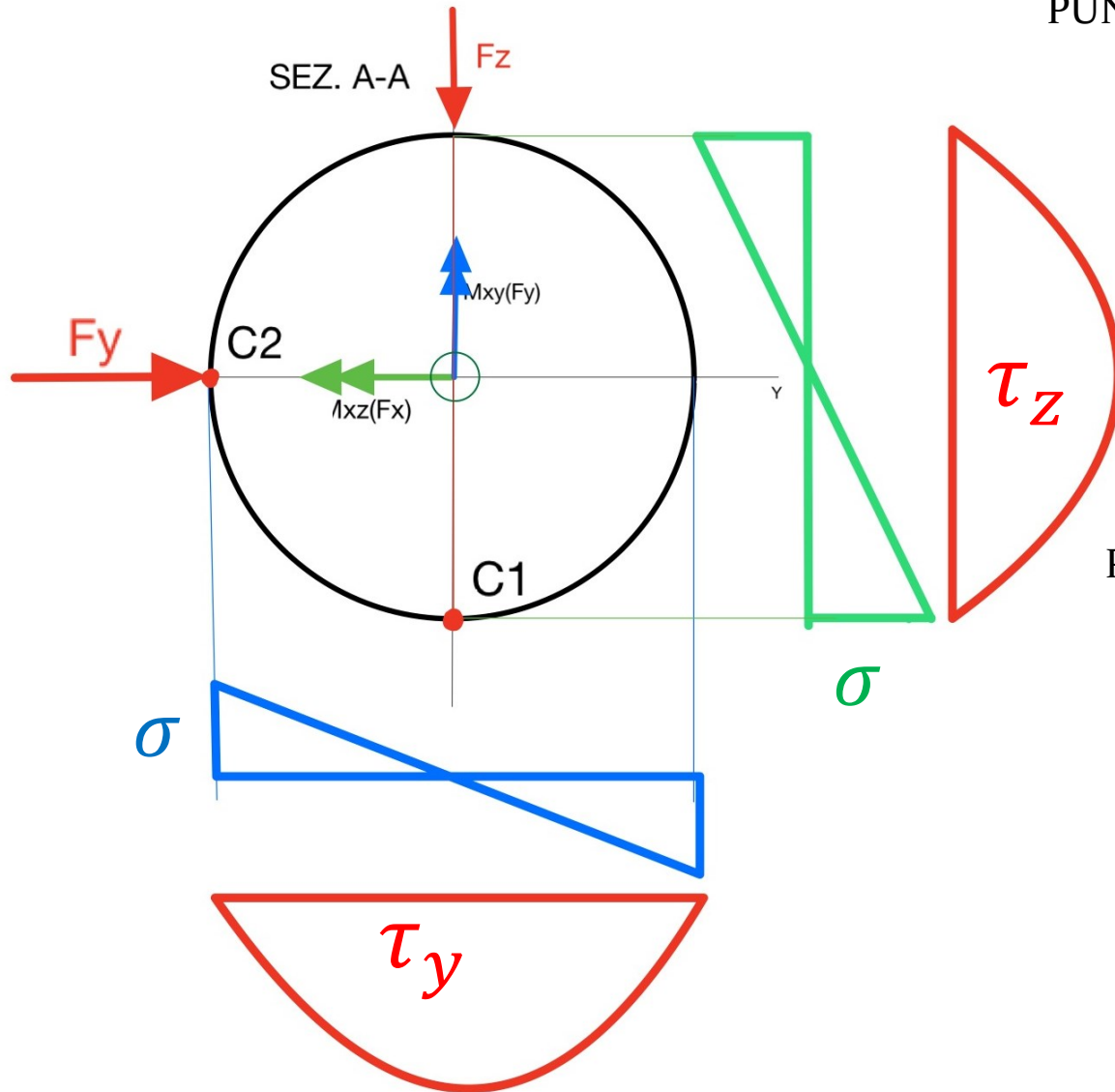
$$M_f = (M_{xz}^2 + M_{xy}^2)^{\frac{1}{2}} = (9240000^2 + 1132500^2)^{\frac{1}{2}} = 9309144 \text{ Nmm}$$

$$D = \left[ \frac{32 * M_f}{\pi * Y_{adm}} \right]^{\frac{1}{3}} = \left[ \frac{32 * 9309144}{3,14 * 233,3} \right]^{\frac{1}{3}} = 74,09 \text{ mm}$$

Scelto un diametro unificato di  $D = 75 \text{ mm}$  e procedo alla verifica

$$A = \frac{\pi * D^2}{4} = \frac{3,14 * 75^2}{4} = 4415,6 \text{ mm}^2$$





PUNTO CRITICO C<sub>1</sub>:

$$\sigma_f = \frac{32 * M_{xz}}{3,14 * D^3} = \frac{32 * 9240000}{3,14 * 75^3} = 223,2 \text{ Mpa}$$

$$\tau_{y,max} = \frac{4}{3} * \frac{F_y}{A} = \frac{4}{3} * \frac{15000}{4415,6} = 4,5 \text{ Mpa}$$

$$\sigma_{vm} = (\sigma_f^2 + \tau_{y,max}^2)^{\frac{1}{2}} = 223,3 \text{ Mpa}$$

$$v = \frac{Y_s}{\sigma_{vm}} = \frac{700}{227,0} = 3,13$$

PUNTO CRITICO C<sub>2</sub> :

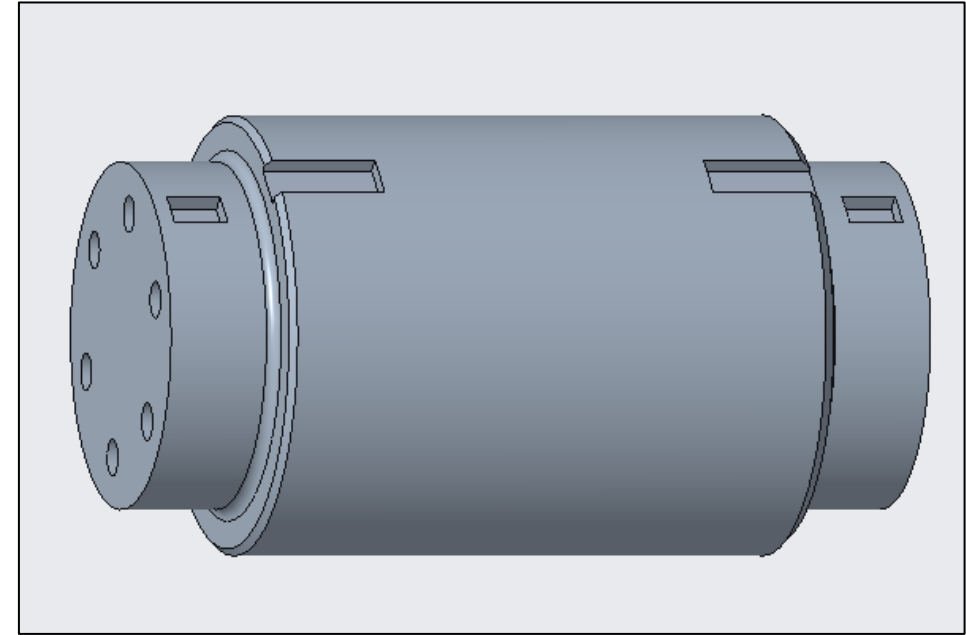
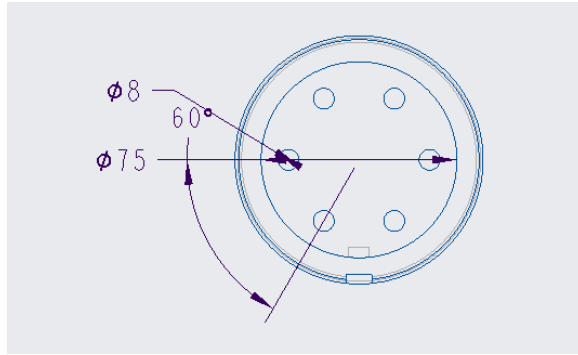
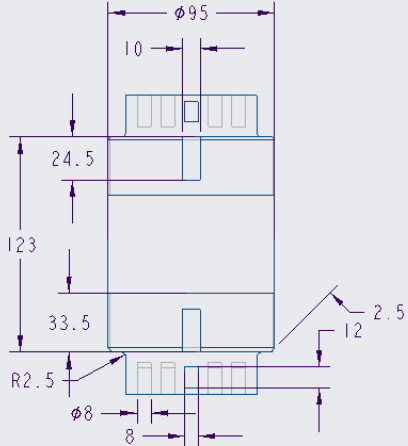
$$\sigma_f = \frac{32 * M_{xy}}{3,14 * D^3} = \frac{32 * 1132500}{3,14 * 75^3} = 27,36 \text{ Mpa}$$

$$\tau_{z,max} = \frac{4}{3} * \frac{F_z}{A} = \frac{4}{3} * \frac{80000}{4415,6} = 24,2 \text{ Mpa}$$

$$\sigma_{vm} = (\sigma_f^2 + 3 * \tau_{z,max}^2)^{\frac{1}{2}} = 49,99 \text{ Mpa}$$

$$v = \frac{Y_s}{\sigma_{vm}} = \frac{700}{55,5} = 14$$

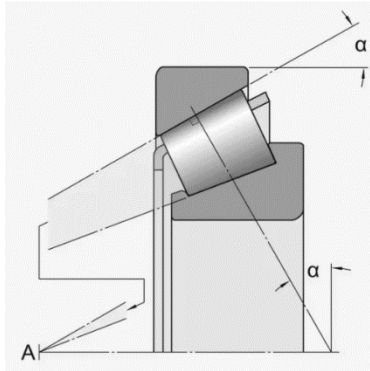




- Diametro sotto i cuscinetti è di 95 mm
- Diametro sotto il rullo è di 75 mm
- Lunghezza albero 171 mm

$$A_{netta} = \frac{\pi}{4} * (D^2 - 4 * 8^2) = \frac{\pi}{4} * (75^2 - 4 * 8^2) = 4214 \text{ mm}^2$$

$$v=2,92$$



È STATO SCELTO IL MODELLO SKF 32019X In base a:

- Dimensioni albero  $d=95$
- Ingombro
- Coefficiente di carico statico  $C_0$
- **supportare carichi combinati**
- **bassi momenti di attrito in esercizio.**

-  $Y$  data dalla tabella del prodotto

-  $K_a$  è la forza assiale esterna, in questo caso  $F_x$

-  $Y_0$  data dalla tabella di prodotto

- In questo caso  $\frac{F_{rA}}{Y_A} = \frac{F_{rB}}{Y_B}$

- i carichi radiali agiscono nei centri di pressione dei cuscinetti,  
la cui posizione è definita con "a" nella tabella del prodotto

-  $b$  = distanza tra cuscinetti

$$V_{dx} = \frac{F_x * R}{b} = \frac{84000 * 110}{31,113 + 10 + 31,113} = 127931 \text{ N}$$

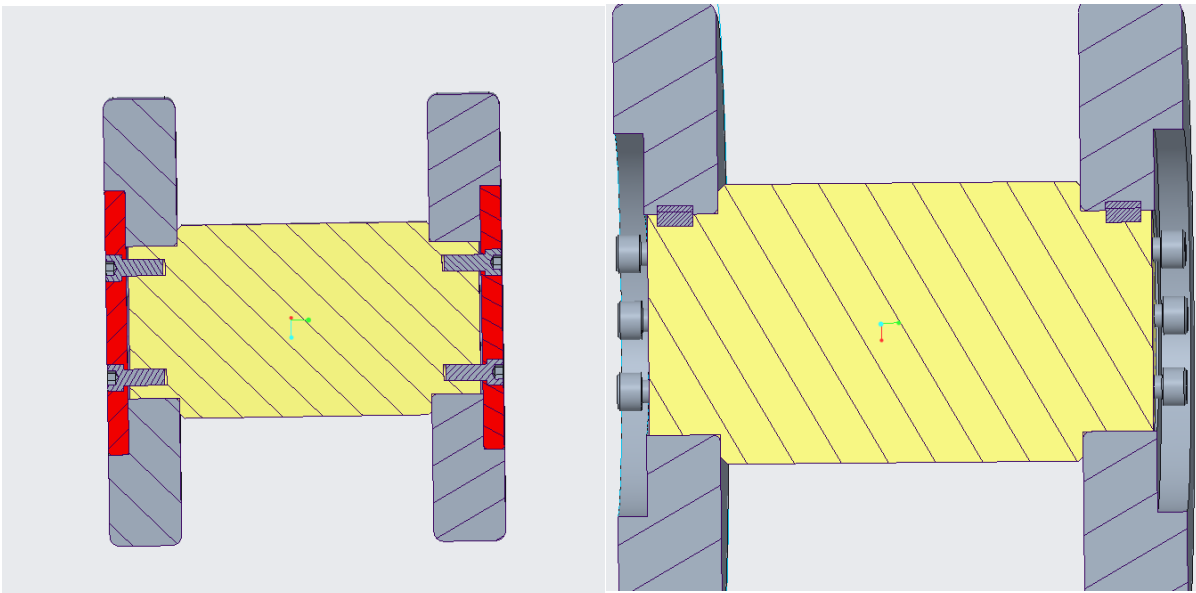
$$V_{sx} = V_{dx} = 127931 \text{ N}$$

$$F_{adx} = \frac{0,5 * F_{rsx}}{Y} = \frac{0,5 * 127931}{1,35} = 47382,14 \text{ N}$$

$$F_{a,sx} = F_{a,dx} + k_a = 47382,14 + 84000 = 131382 \text{ N}$$

$$P_0 = 0,5F_r + Y_0 * F_a = 0,5 * 127931 + 0,8 * 1131182 = 169071 \text{ N}$$

$$S_0 = \frac{C_0}{\max(P_0; F_r)} = \frac{270000}{169071} = 2,05$$

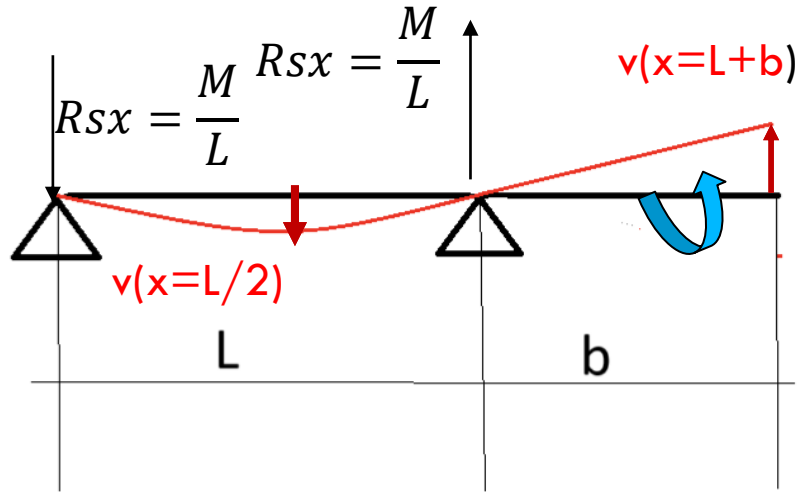


Il Sistema di bloccaggio del rullo consiste in due sistemi:

1. **Piastra + M8x6**, dove il rullo è tenuto solidale all'albero da una piastra di acciaio C45 di spessore 10mm che lo preme verso lo spallamento attraverso la chiusura con delle viti M8. Sono state scelte sei viti M8 classe 8.8 MODEL: ISHCS0803 del tipo T.C.E.I, ovvero viti a testa cilindrica con esagono incassato.
2. **La chiavetta** serve ad impedire che il rullo abbia rotazione relative rispetto all'albero. La chiavetta scelta ha dimensioni 8x8x12 in acciaio C45
3. Il rullo in acciaio 18NiCrMo5



- GHIERADI  
BLOCCAGGIO SKF  
KM 19
- ROSETTA DI  
SICUREZZA SKF MB  
19 A



$$L=42 \text{ mm}$$

$$b=75,5 \text{ mm}$$

$$L < x < L+b$$

$$EIv'' = M$$

$$EIv' = M * x + C4$$

$$EIv = -\frac{M}{L} * \frac{x^2}{2} + C4 * x + C6$$

$$\text{continuità in } X = L \rightarrow \frac{M}{L} * \frac{L^2}{2} + \frac{ML}{6} = ML + C4 \rightarrow C4 = -\frac{4}{3} * ML$$

$$v(x=L) = 0 \rightarrow C6 = \frac{5}{6} * \frac{ML^2}{6}$$

$$v(x=L) = 0 \rightarrow C6 = \frac{5}{6} * \frac{ML^2}{6}$$

$$v(x) = \frac{Mx^2}{2} - \frac{4}{3} * MLx + \frac{5}{6} * ML^2$$

$$0 < x < L$$

$$EIv'' = -\frac{M}{L} * x + C1$$

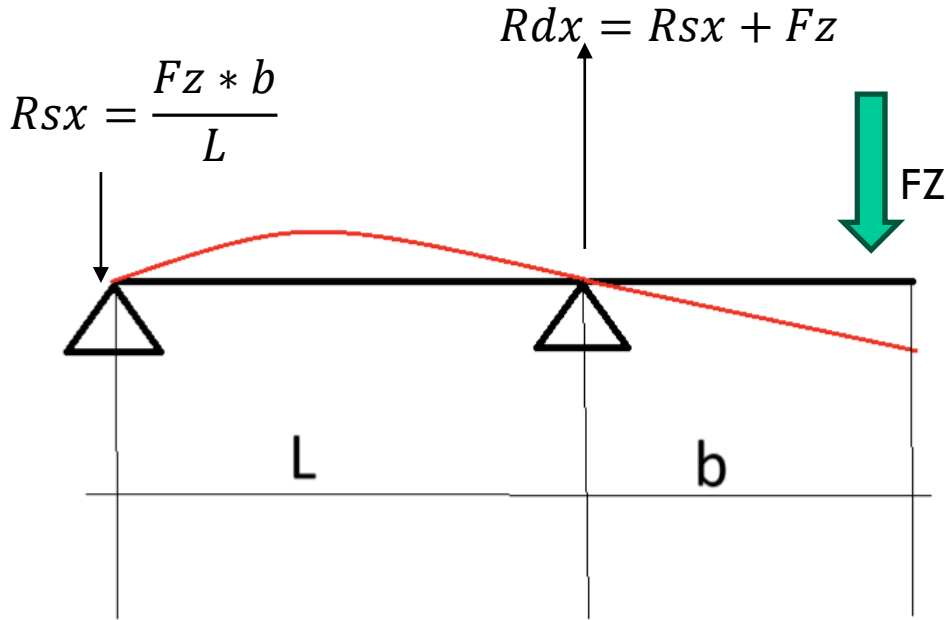
$$v''(x=0) = 0 \rightarrow C1 = 0$$

$$EIv' = -\frac{M}{L} * \frac{x^2}{2} + C3$$

$$EIv = -\frac{M}{L} * \frac{x^3}{3} + C3 * x + C5$$

$$v(x) = -\frac{M}{L} * \frac{x^3}{6} + \frac{ML}{6} * x$$

$0 < x < L$	$v_x(x=L/2)$ [mm]	-0,0012
$L < x < L+b$	$v(x=L+b)$ [mm]	0,1302



$L=42 \text{ mm}$   
 $b=75,5 \text{ mm}$

$0 < x < L$

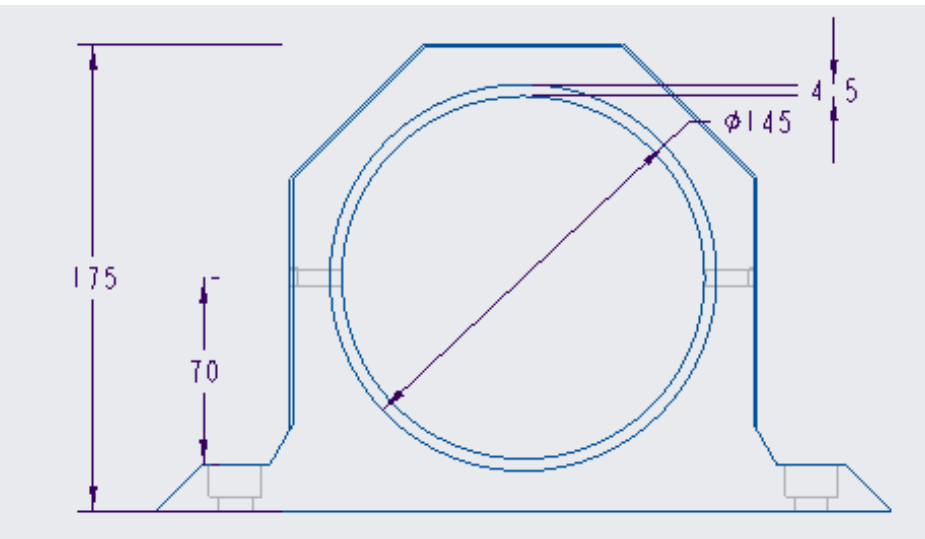
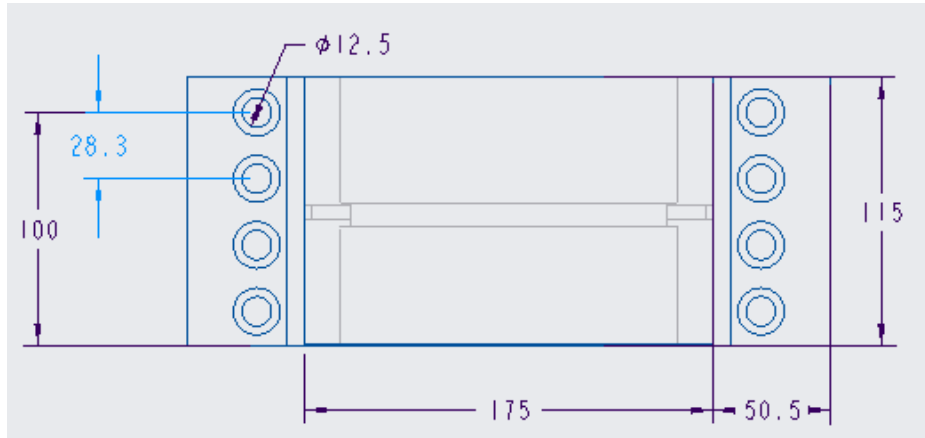
$$v(x) = \frac{\left[ \frac{-Fz * b}{L} * \frac{x^3}{6} + \frac{Fz * L * b}{6} * x \right]}{EI}$$

$L < x < L+b$

$$v(x) = \frac{\left[ -\frac{Fz * x^2}{6} * (3L * 3b - x) + \left( \frac{2}{3} * Fz * L + \frac{1}{2} * Fz * L^2 \right) * x - \frac{1}{6} * Fz * L^2 * (L + b) \right]}{EI}$$

$0 < x < L$	$v(x=L/2) \text{ [mm]}$	0,0007
$L < x < L+b$	$v(x=L+b) \text{ [mm]}$	-0,0212





- MATERIALE: ACCIAIO UNI EN ISO 9001 C45
- LUBRIFICAZIONE A GRASSO CON INGRASSATORE MANUALE
- FISSAGGIO A CARRELLO CON DUE FILE DI 4X M12 10.9

M12 10.9

H=200mm distanza da punto applicazione a base piastra

$\sigma_{adm} = 466.7 \text{ Mpa}$

$\tau_{adm} = 329,98 \text{ Mpa}$

$$N = (F_x * H) * y_i / (n_{file} * (\sum y_i^2))$$

$$N = \frac{84000 * 200}{2 * 15^2 * (15 + 28.3)^2 + (15 + 2 * 28.3)^2 + 100^2} * 100 = 48727 \text{ N}$$

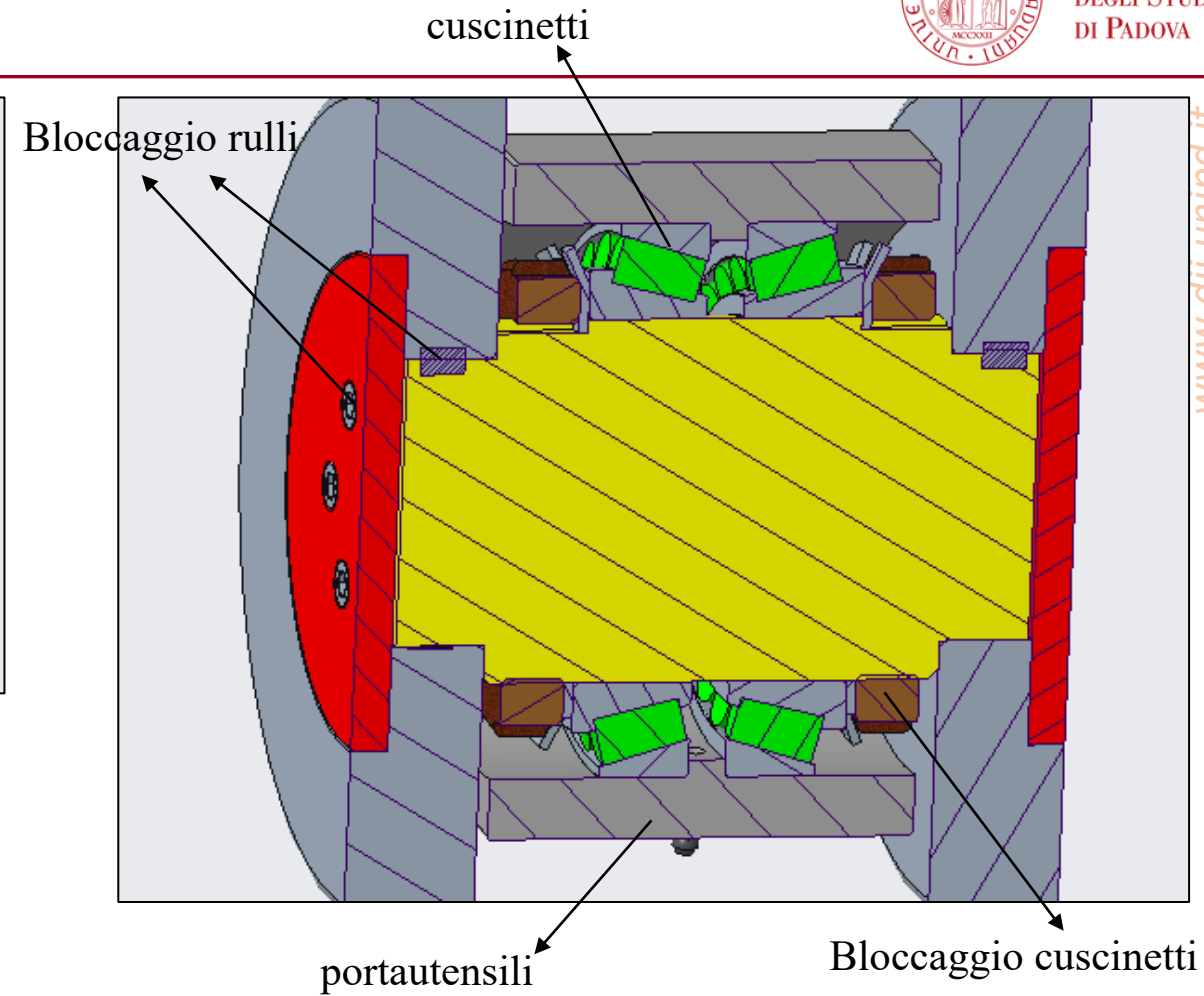
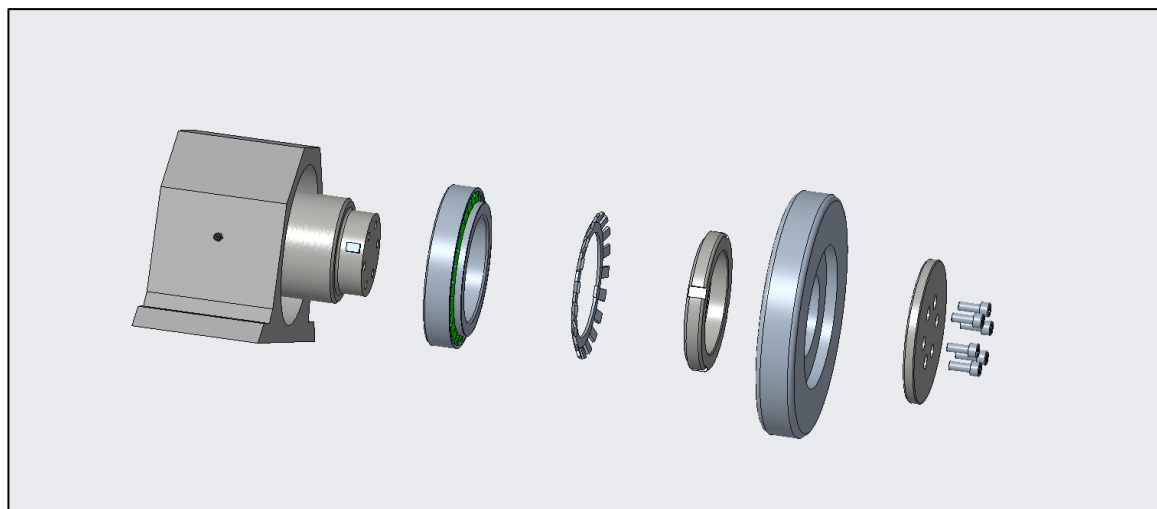
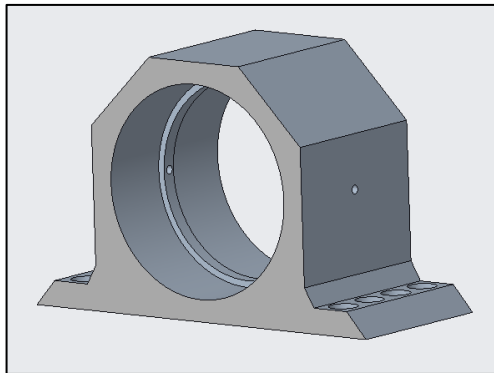
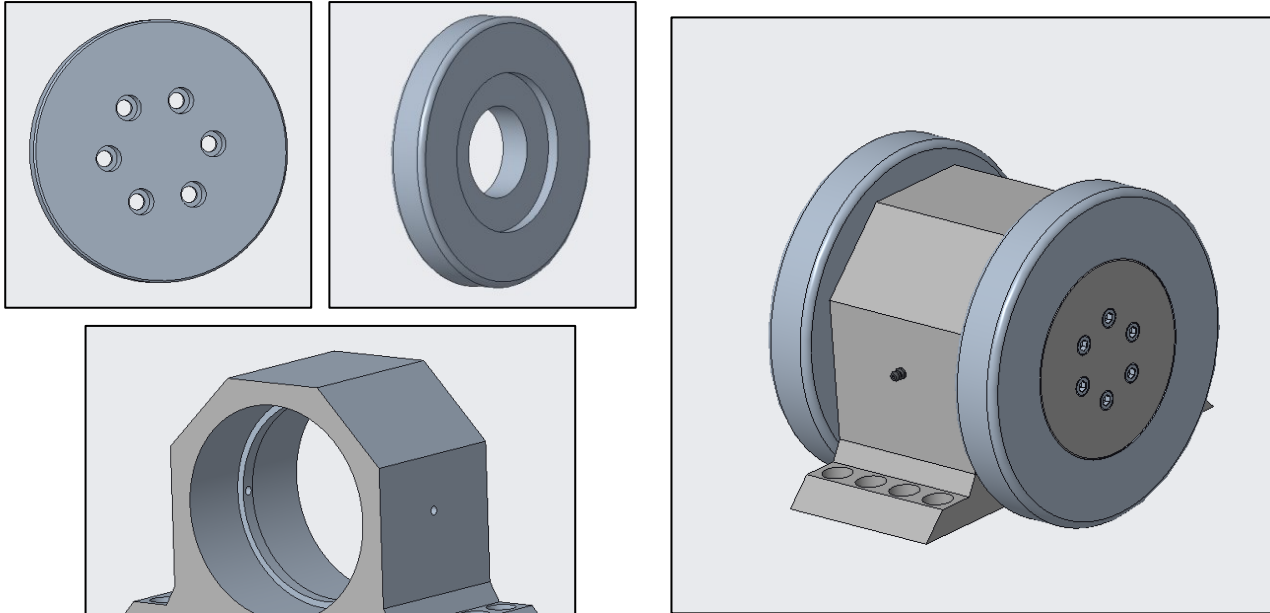
$$V = \frac{F_x}{n_{bulloni}} = \frac{84000}{8} = 10500 \text{ N}$$

Verifica di resistenza della vite:

$$\sigma = \frac{N}{A_{vite}} = \frac{48727}{113} = 430,84 \text{ Mpa}$$

$$\tau = \frac{V}{A_{vite}} = \frac{10500}{113} = 92,8 \text{ Mpa}$$

$$\left(\frac{\sigma}{\sigma_{adm}}\right)^2 + \left(\frac{\tau}{\tau_{adm}}\right)^2 = \left(\frac{430}{466,7}\right)^2 + \left(\frac{92,84}{329,98}\right)^2 = \mathbf{0,93} \leq \mathbf{1} \text{ VERIFICATO}$$



- l'albero deve fare anche da spallamento, allora diametro sotto i cuscinetti di 95mm
- **Lunghezza totale 193mm**
- **Altezza totale 220mm**

www.dii.unipd.it

- A causa dell'**ingombro eccessivo** della soluzione presentata, questa idea non sembra essere adatta alle esigenze richieste e non capace più di svolgere il tipo di operazione presentate in precedenza. Lavorazioni di questo tipo su lamiere di una certa lunghezza presentato un difetto di **spanciamento** in prossimità del premilamiera. In più, durante la lavorazione lavora solo uno dei due rulli, andando a rendere inutile il fatto di mettere due rulli.
- Una possibile soluzione è quella di lavorare con **coefficienti di sicurezza pari ad 1,5**. Ciò è possibile perché sono note con abbastanza precisione i tipo di carichi applicati. Comunque ad una breve analisi il **volume verrebbe ridotto del 50% circa**.

