

# Il Girantenna

Marco Musumeci

- **Studente Ingegneria Meccanica università di Firenze**
- **Progettista meccanico del gruppo Ninux Firenze**
- **Prototipatore del Girantenna**

# Chi sono?

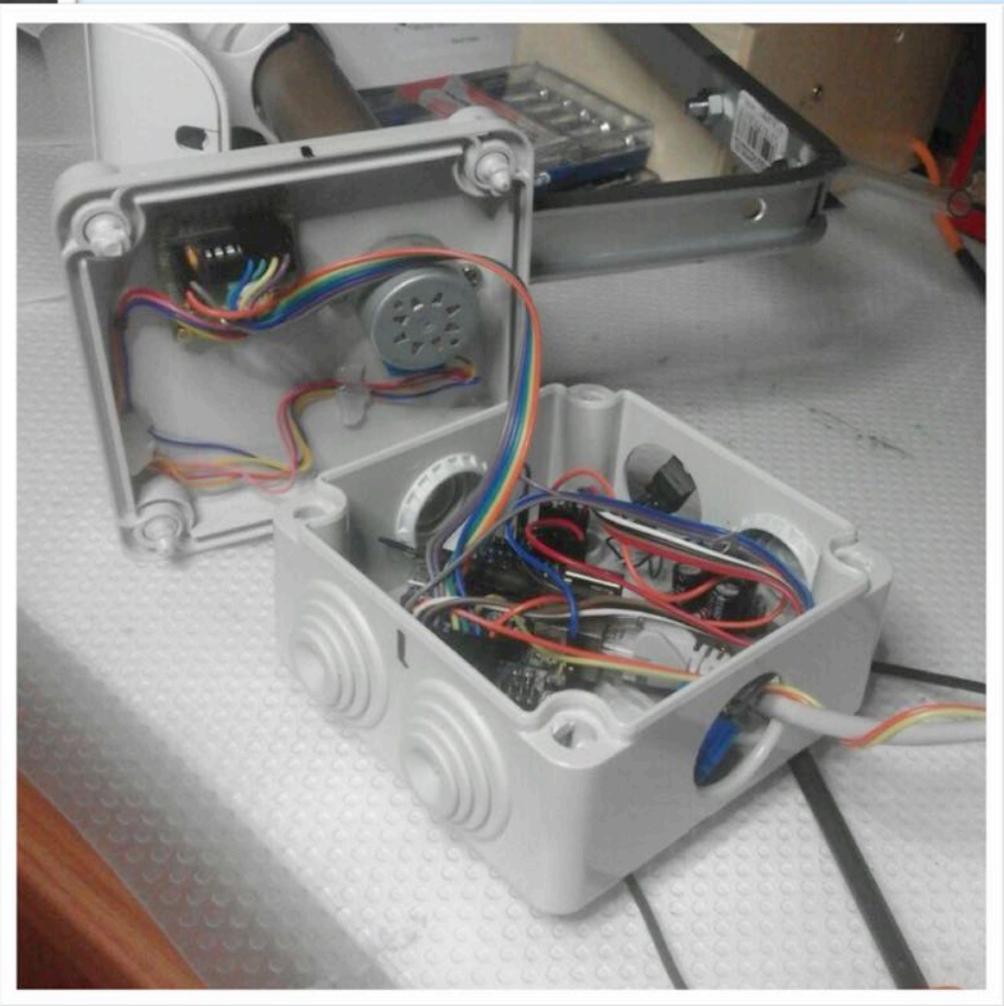




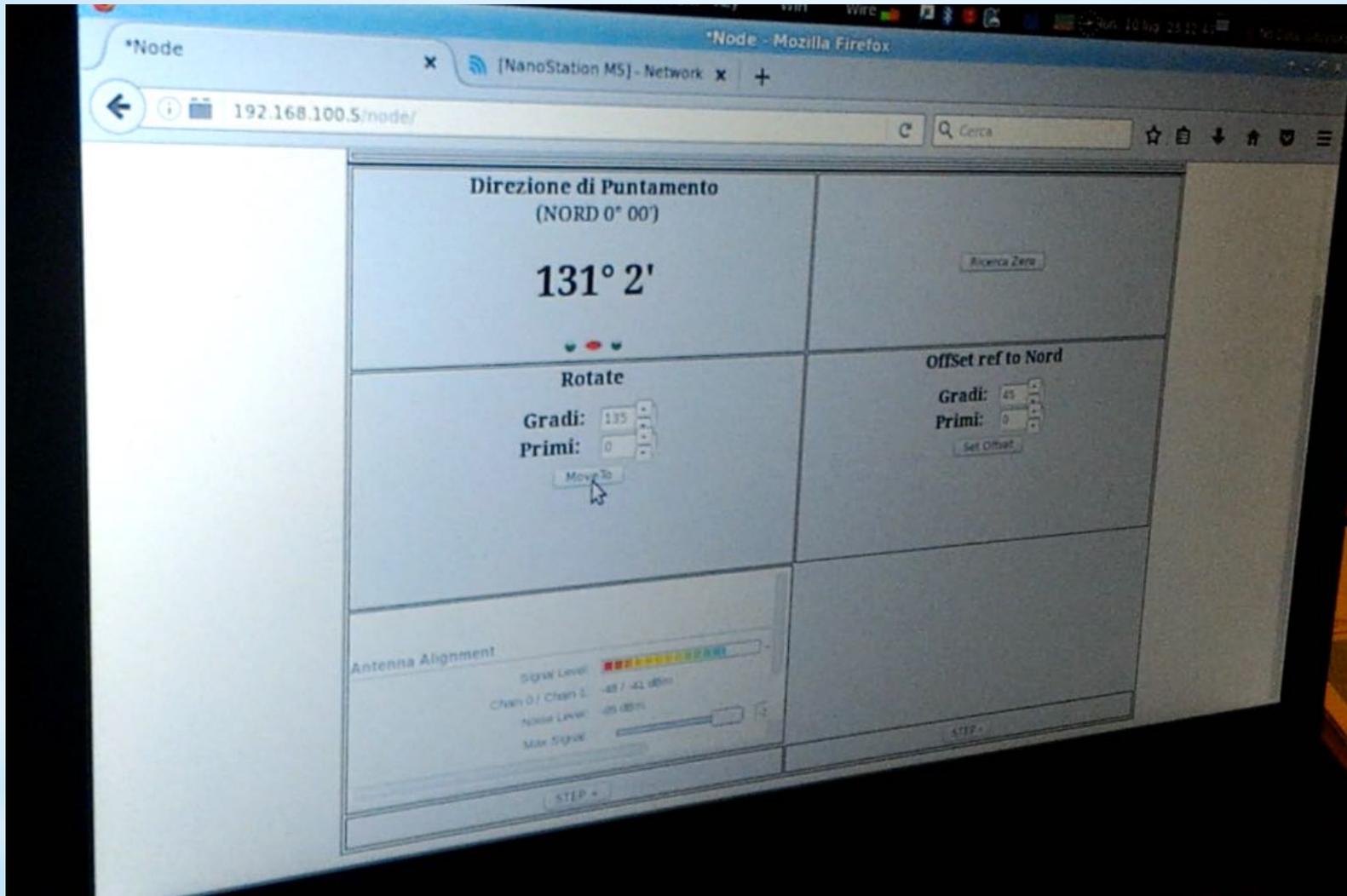
# Ninux Firenze



**Cos'è il Girantenna?**



**Girantenna V1**



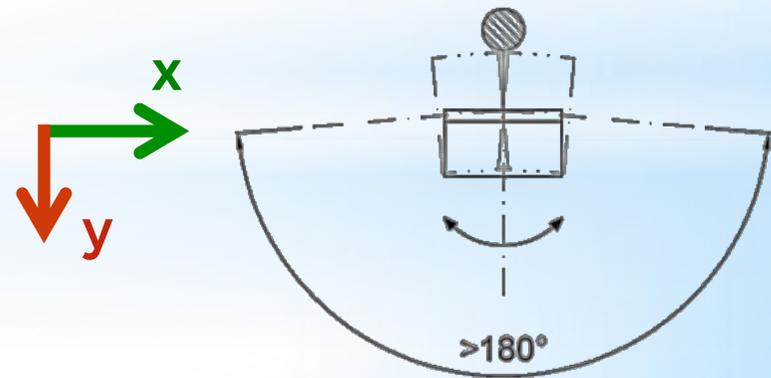
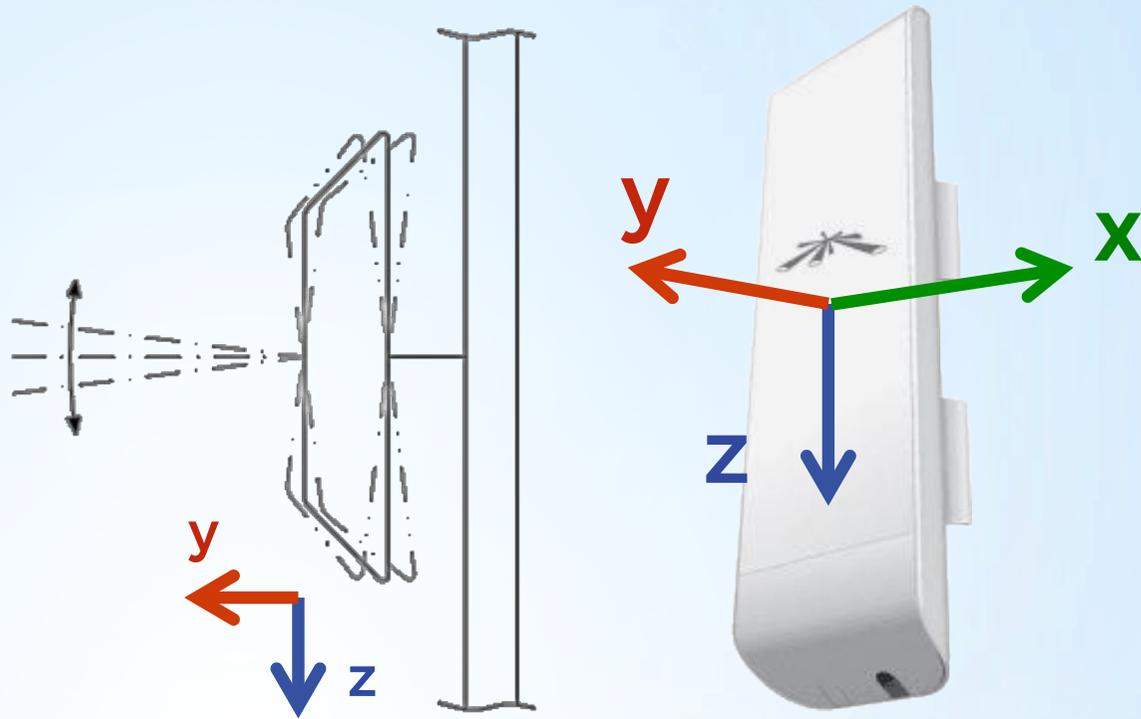
# Interfaccia V1

- Imbardata

→ **z**

- Beccheggio

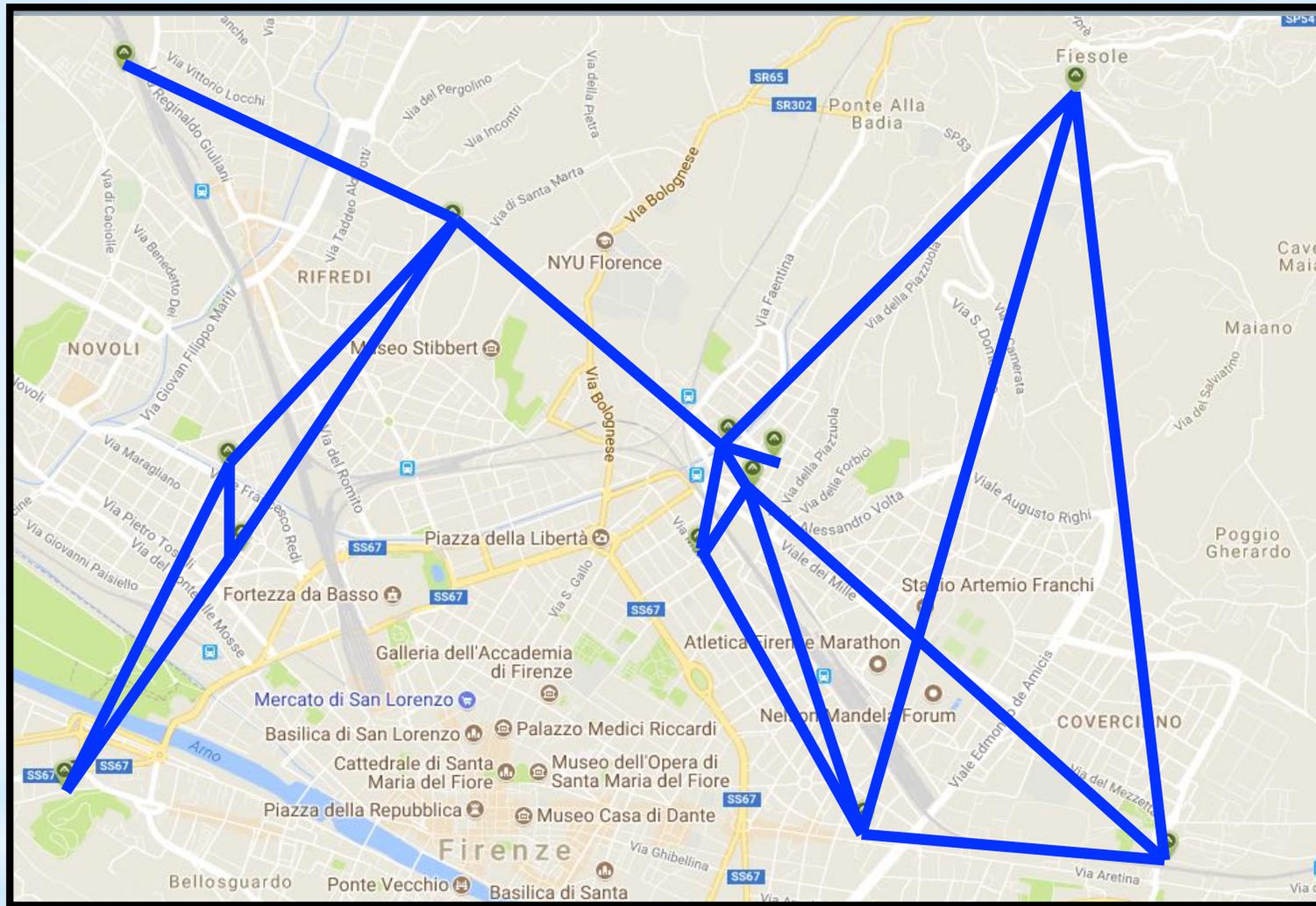
→ **x**



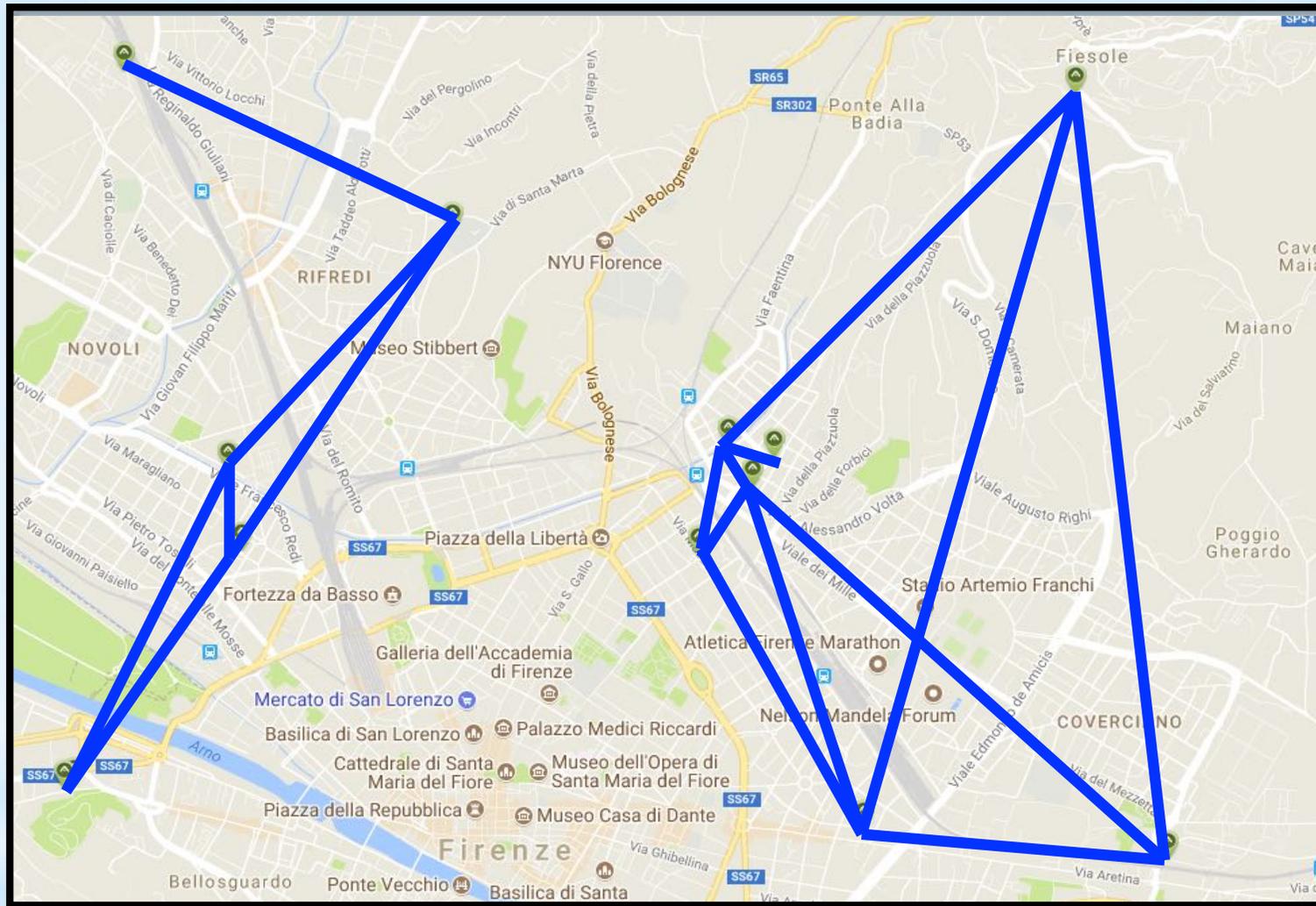
# Definizioni

Ma a cosa serve  
un'antenna che ruota?





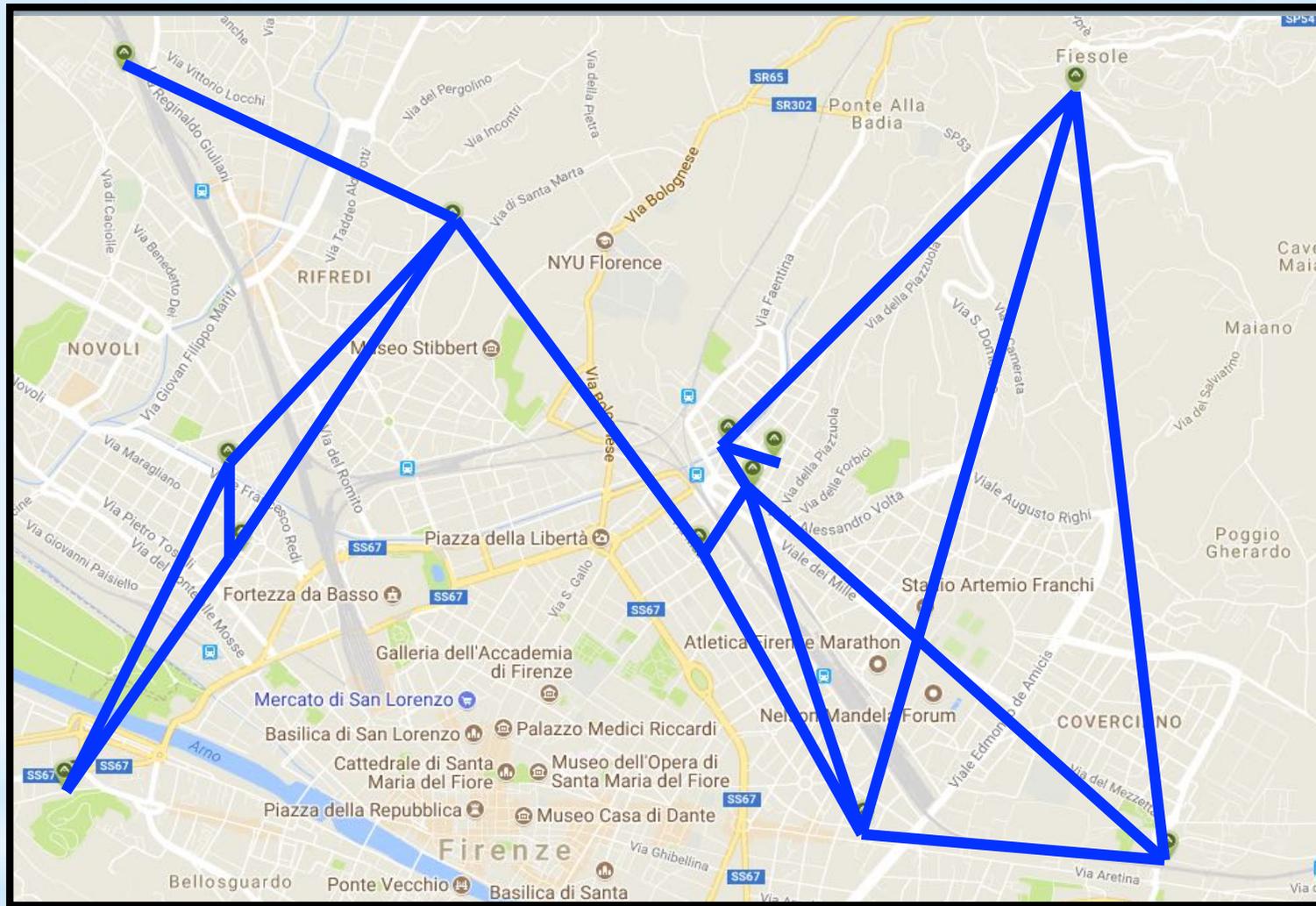
# 1) Stabilità della rete



# 1) Stabilità della rete



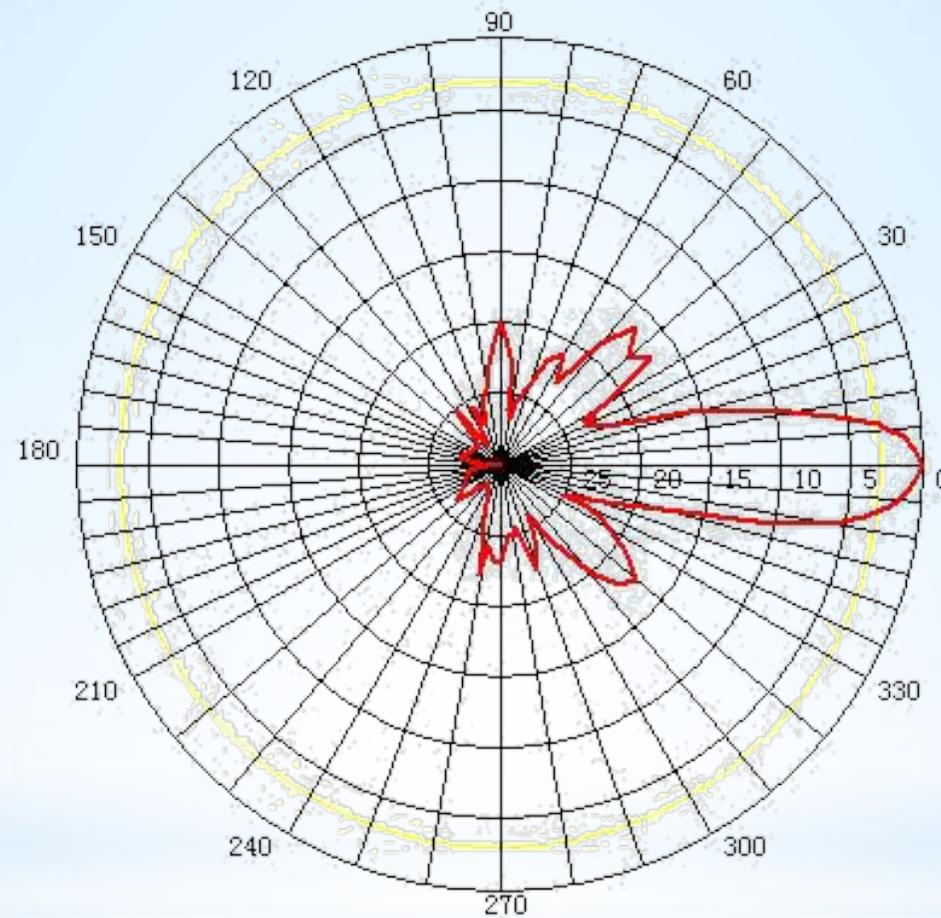
# 1) Stabilità della rete



# 1) Stabilità della rete



## 2) Ottimizzazione prestazioni



## 2) Ottimizzazione prestazioni







### 3) Sicurezza



- ✓ 2 Motori
- ✓ Imbardata  $\pm 90^\circ$
- ✓ Beccheggio  $\pm 5^\circ$

# Requisiti



# Target di progettazione

$$\left(\frac{m^2 n^5}{49mn^3}\right)^3 \times \left(\frac{7m^2 n^3}{16m^3 n^5}\right)^2$$

$$\left(\frac{ab^3}{a^3 b}\right)^3 \times \left(\frac{a^2 b^2}{a^3 b^5}\right)^2$$

$$\left(\frac{3^{-5} \times 8^{-3}}{2^{-5}}\right)^2 \times \left(\frac{(25)^2 \times (2A)^{-2}}{(16)^{-2} \times (21)^3}\right)^2 =$$

=

=

=

=

=



1) Analisi cinematica

*Come si muove?*

2) Studio delle forze

*Come interagiscono?*

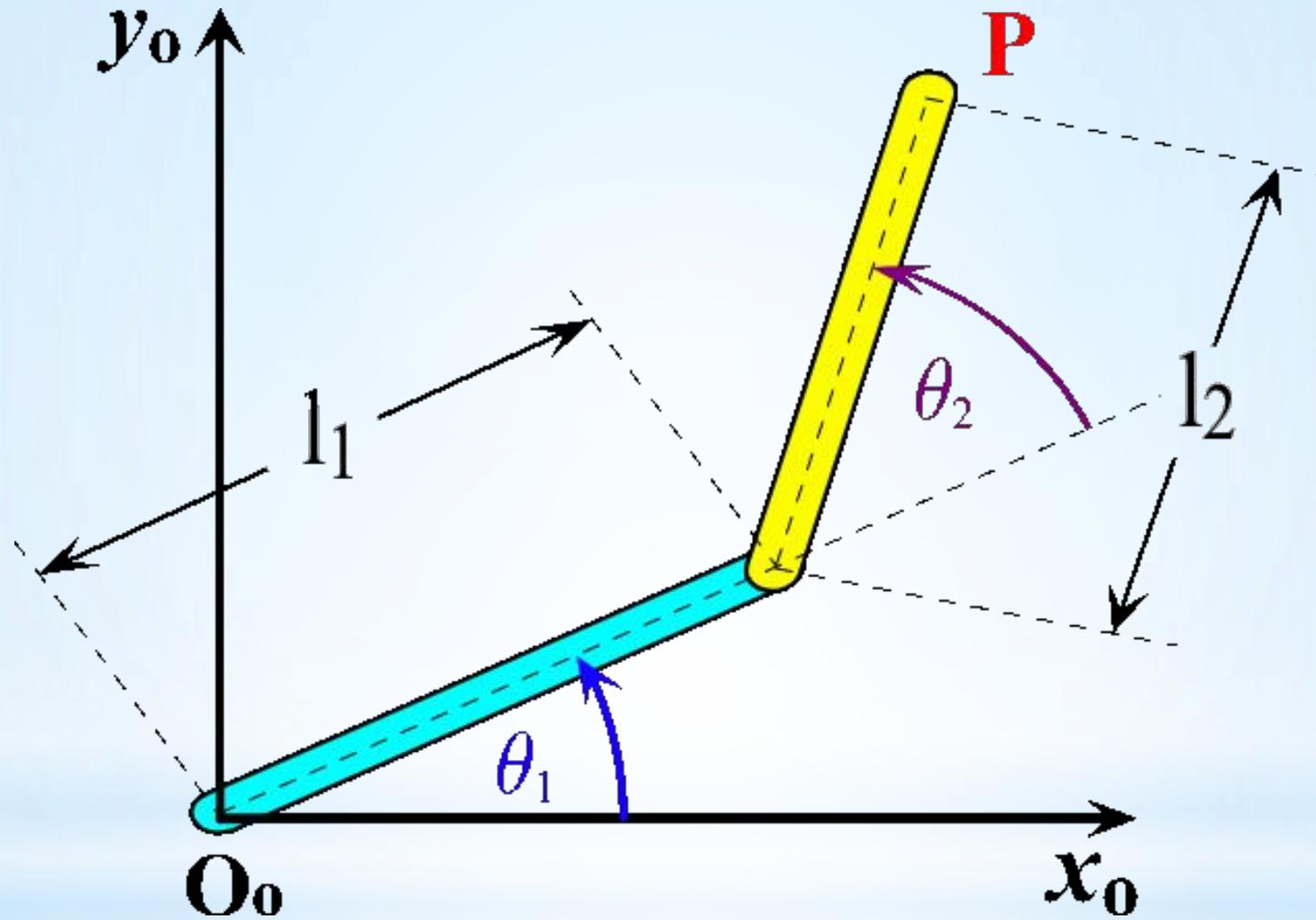
3) Analisi dinamica

*Quanto deve essere robusto?*

4) Verifiche

*Ma che regge??*

**Calcoli...**



# Analisi Cinematica

## Definizioni

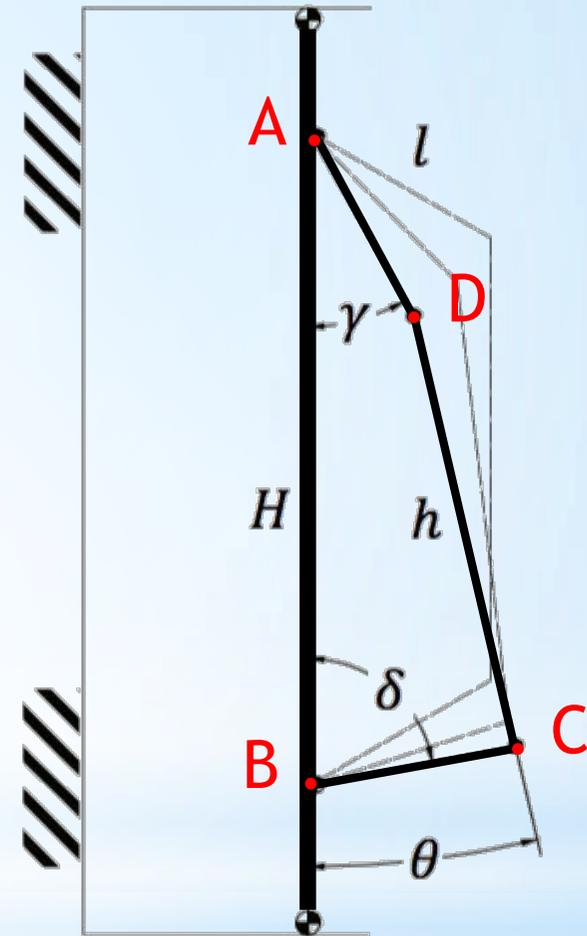
- Telaio  $\rightarrow AB = H$
- Bilanciere  $\rightarrow AD = BC = l$
- Biella  $\rightarrow CD = h$

## Cosa sappiamo?

- Geometria  $(l, h, H)$
- Angolo  $\vartheta$

## Cosa cerchiamo?

- $\gamma, \delta = f(\vartheta)$



**TRIGONOMETRY?**



**CHALLENGE ACCEPTED**

$$l \cdot \text{sen} \delta = l \cdot \text{sen} \gamma + h \cdot \text{sen} \vartheta$$

$$H = l \cdot \text{cos} \gamma + h \cdot \text{cos} \vartheta + l \cdot \text{cos} \delta$$

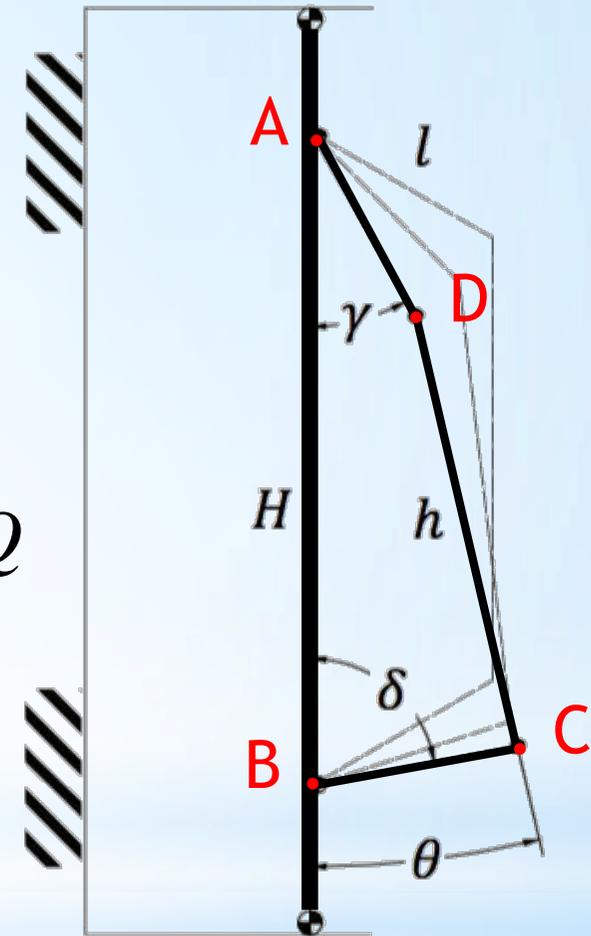
$$\rightarrow \text{tg} \left( \frac{\gamma - \delta}{2} \right) = \frac{h \cdot \text{sen} \vartheta}{H - h \cdot \text{cos} \vartheta} = P$$

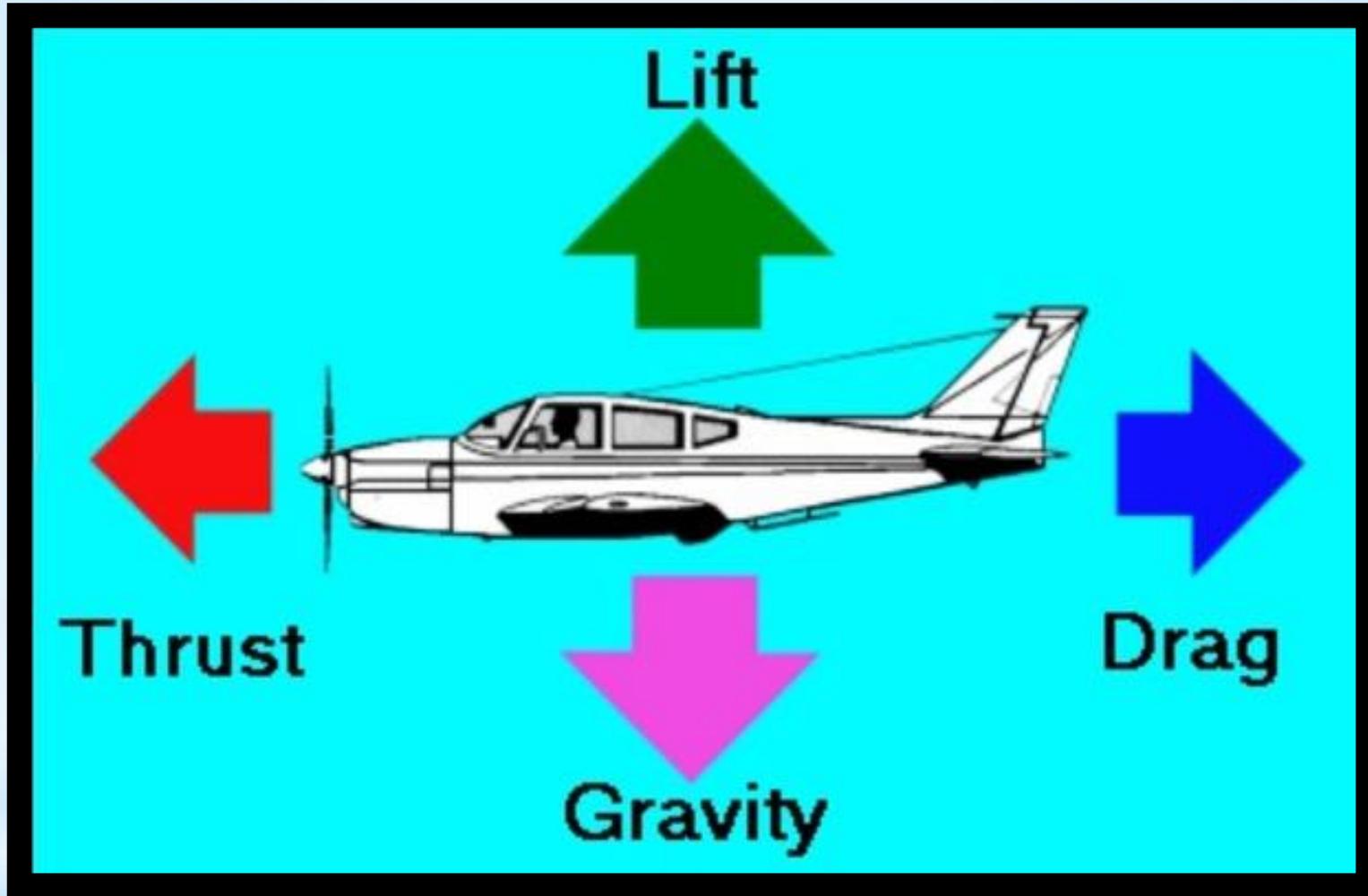
$$\rightarrow \text{cos}(\gamma + \delta) = \frac{H^2 + h^2 - 2H \cdot h \cdot \text{cos} \vartheta}{2l^2} - 1 = Q$$

$$\gamma = \frac{2P + Q}{2} = f(\vartheta)$$



$$\delta = \frac{Q - 2P}{2} = f(\vartheta)$$

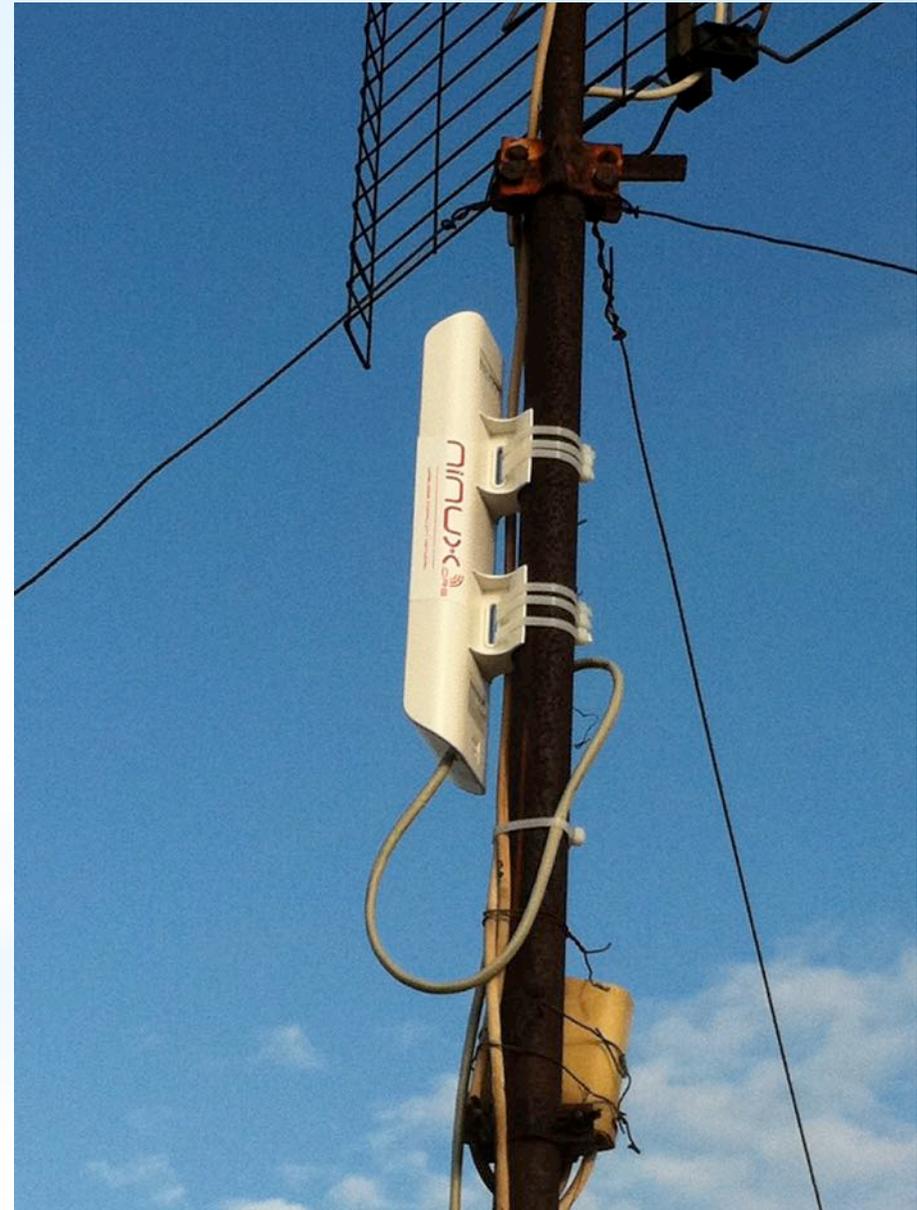




# Studio delle Forze

## *Elementi in gioco*

- Gravità
- Vento



## *Pressione del vento*

$$F = P \cdot A$$

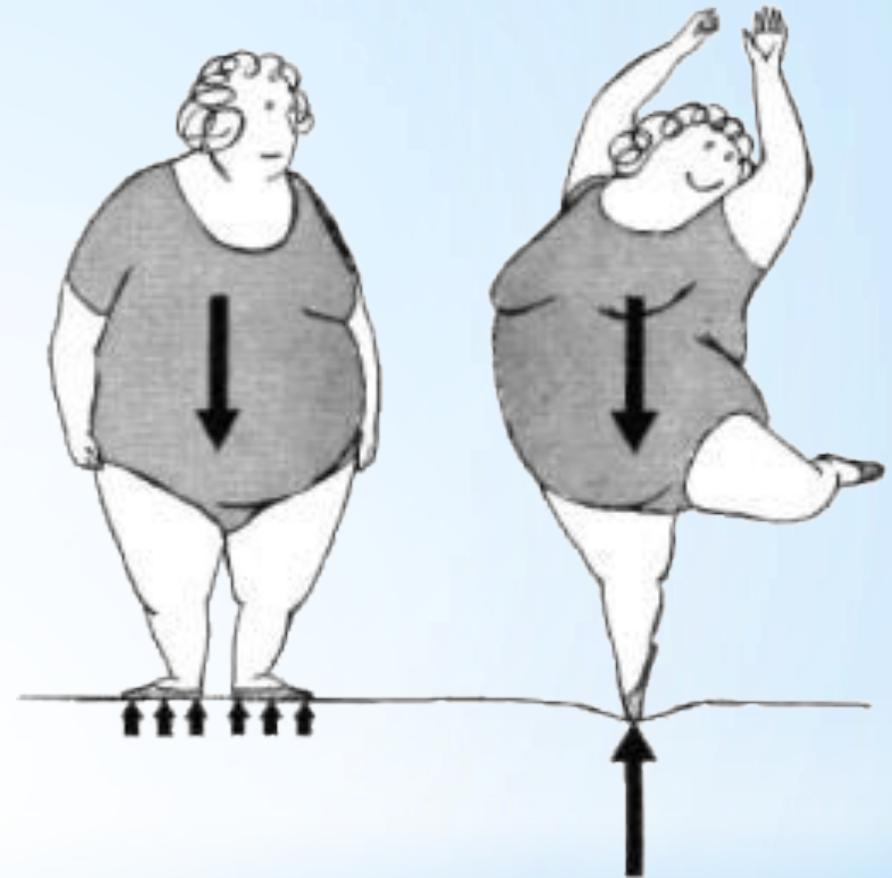
### *Cosa sappiamo?*

- Geometria (A)

### *Cosa cerchiamo?*

- Pressione del vento (P)

→ Norme Tecniche per le Costruzioni



# *Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni*

*D.M. 14 Gennaio 2008  
Ministero delle Infrastrutture*

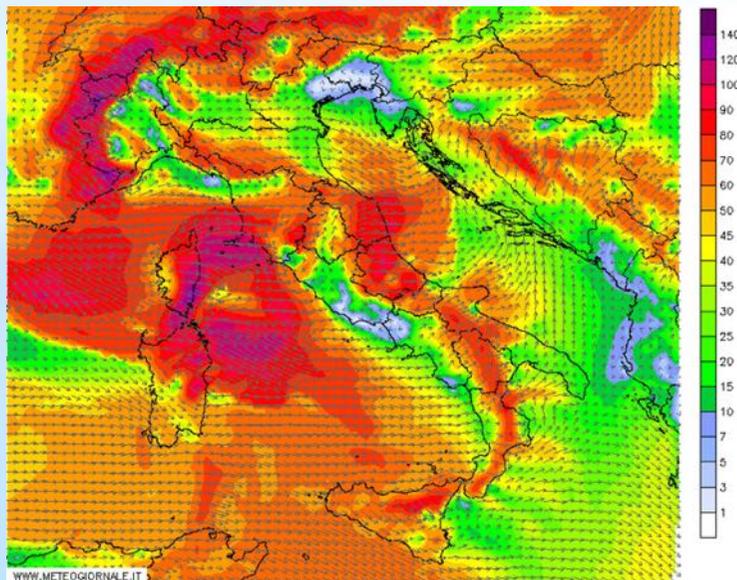


$$p = \frac{1}{2} \rho \cdot v_b^2 \cdot c_e \cdot c_p \cdot c_d$$

$$P = \frac{1}{2} \rho \cdot v_b^2 \cdot c_e \cdot c_p \cdot c_d$$

- $\rho$  densità dell'aria = 1,25Kg/m<sup>3</sup>
- $v_b$  velocità del vento

scelta 50m/s = **180km/h** ??



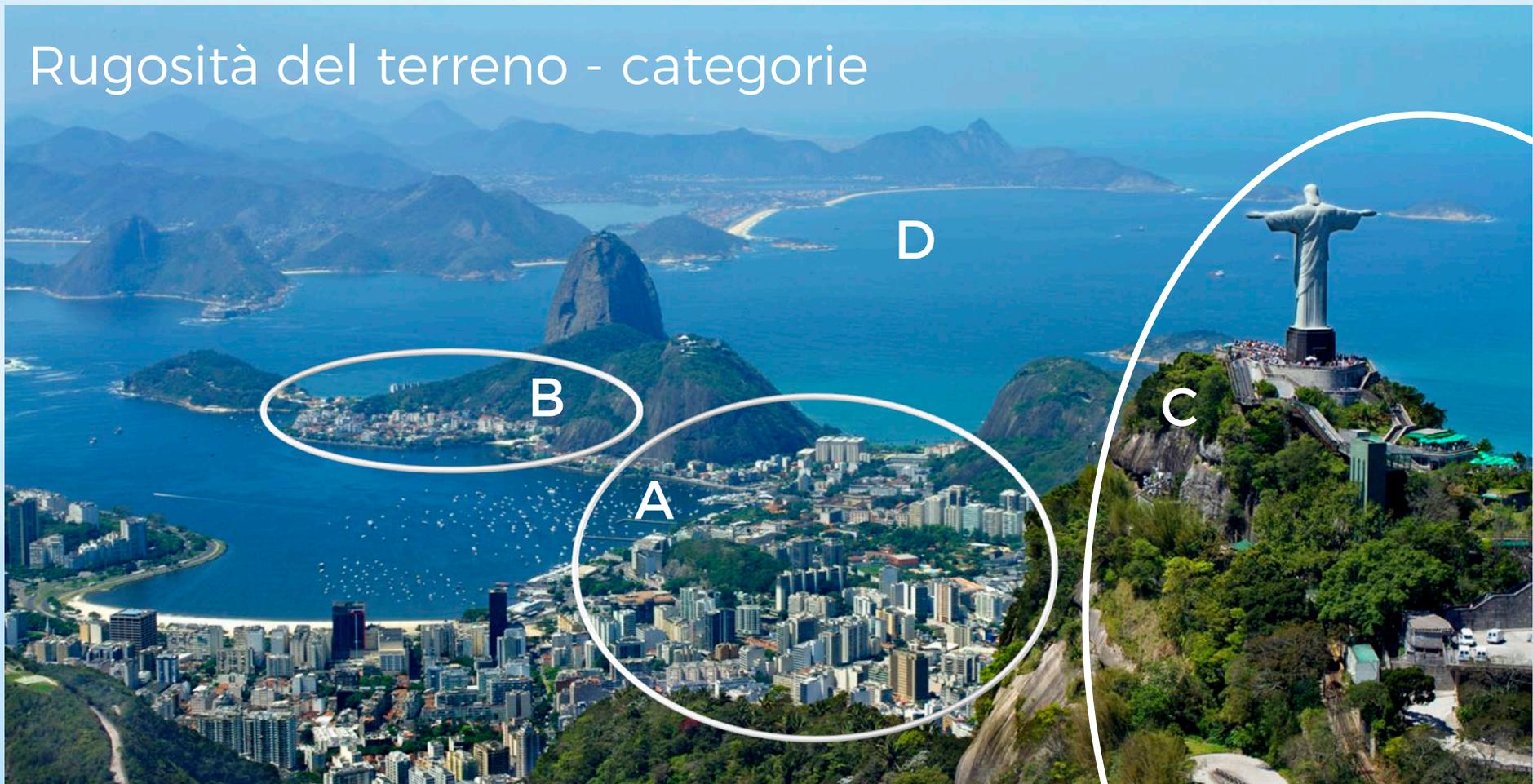
**Il vento flagella l'Italia con raffiche a 200 chilometri orari**  
 Danni e feriti da Nord a Sud: 1200 interventi dei Vigili del fuoco in undici ore in tutta la Penisola

**Italia flagellata da un furioso vento di maestrale: raffiche di 200km/h in Piemonte, 170km/h in Calabria e 160km/h in Umbria, è come un Uragano di 2<sup>a</sup> categoria!**  
 A cura di **Pepe Caridi** 17 gennaio 2018 - 17:26

$$P = \frac{1}{2} \rho \cdot v_b^2 \cdot c_e \cdot c_p \cdot c_d$$

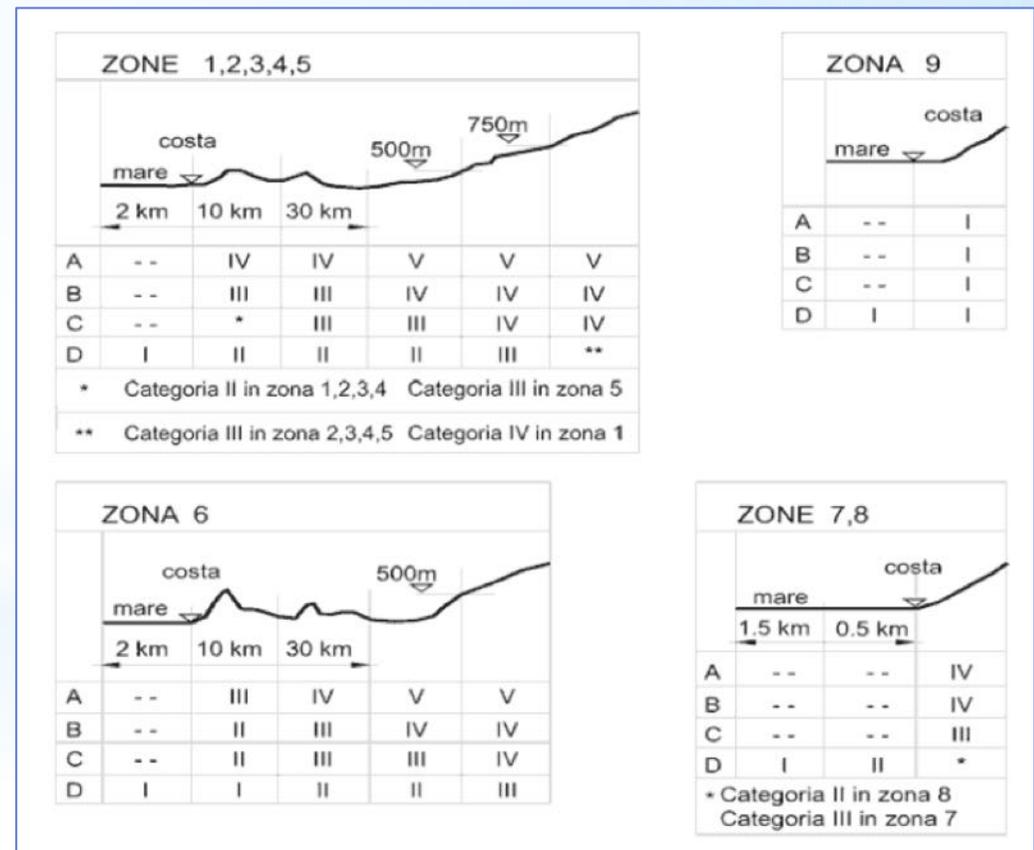
- $c_e$  coefficiente di esposizione

Rugosità del terreno - categorie



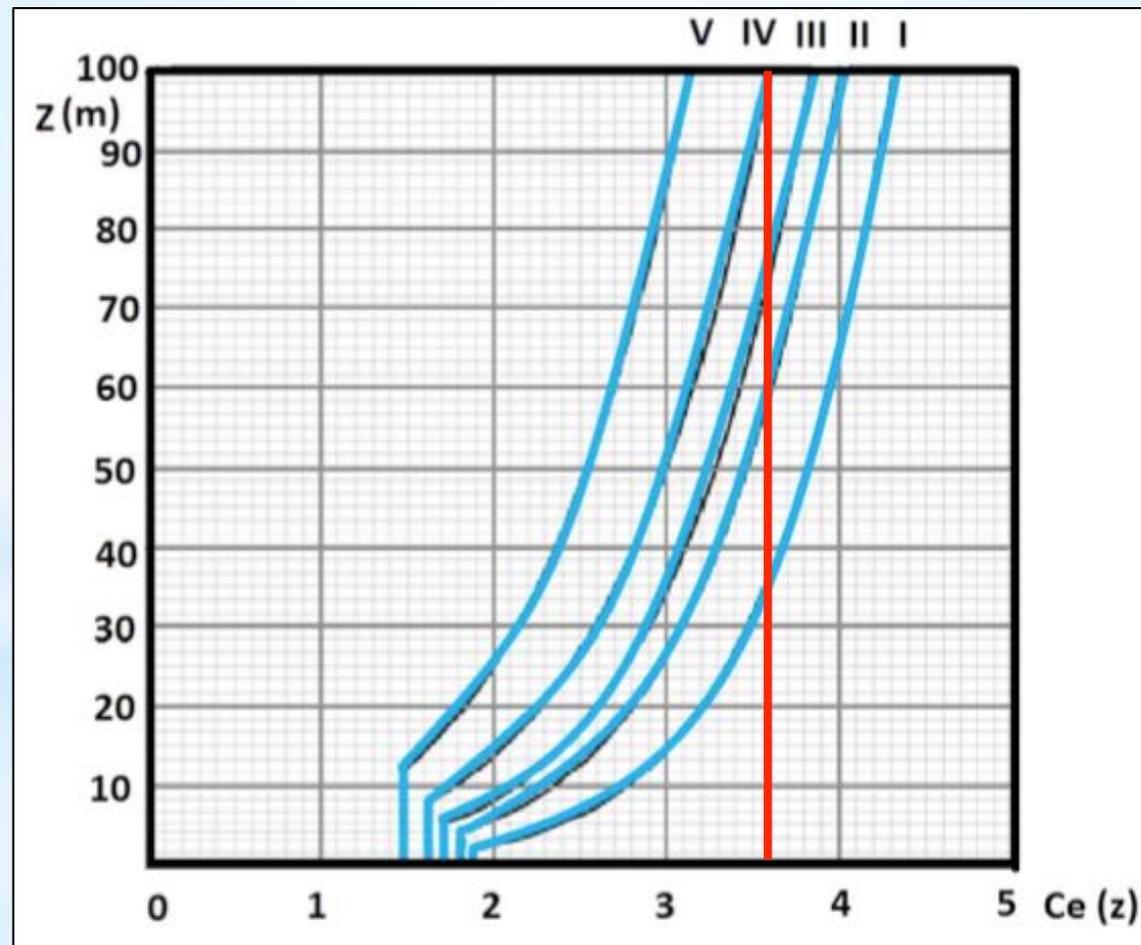
$$P = \frac{1}{2} \rho \cdot v_b^2 \cdot c_e \cdot c_p \cdot c_d$$

- $c_e$  coefficiente di esposizione



$$P = \frac{1}{2} \rho \cdot v_b^2 \cdot c_e \cdot c_p \cdot c_d$$

- $c_e$  coefficiente di esposizione (= 3,6)



$$P = \frac{1}{2} \rho \cdot v_b^2 \cdot c_e \cdot c_p \cdot c_d$$

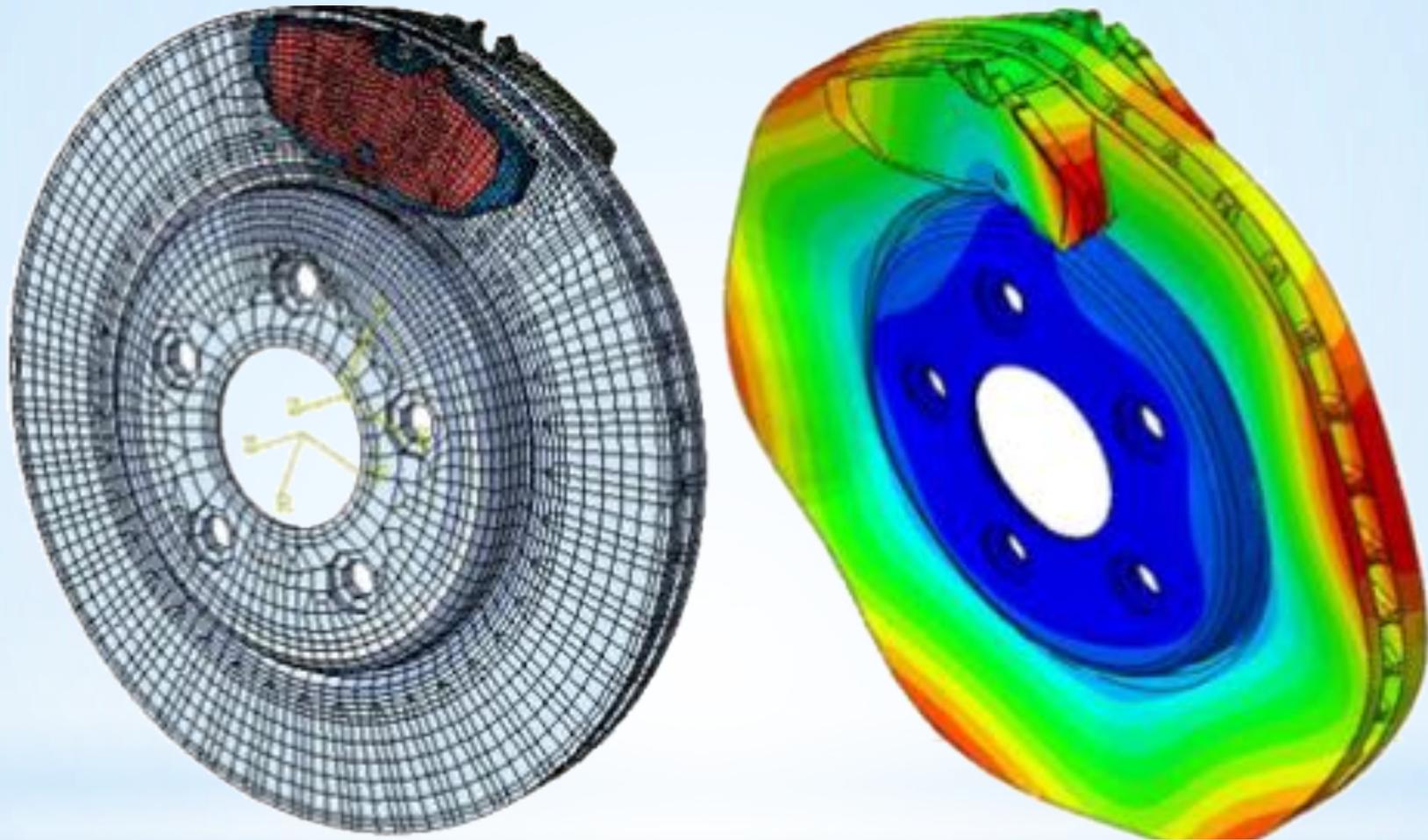
- $c_p$  coefficiente di forma  
1,2  $\rightarrow$  valore cautelativo
  
- $v_b$  coefficiente dinamico  
1  $\rightarrow$  valore cautelativo

$$F = P \cdot A$$

→  $P = 6750 \text{ N/m}^2$



→  $A = d_1 \cdot d_2$



# Analisi dinamica

## *Cosa sappiamo?*

- Geometria (A)
- Forze

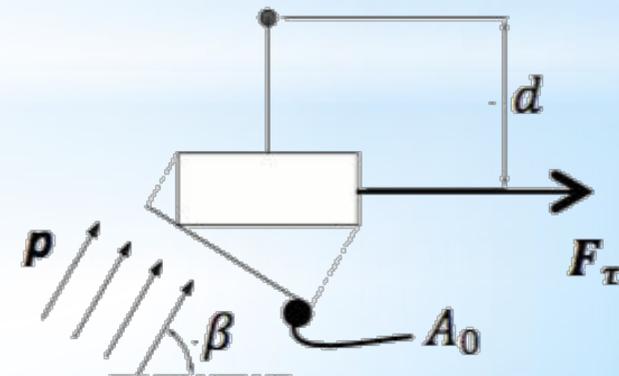
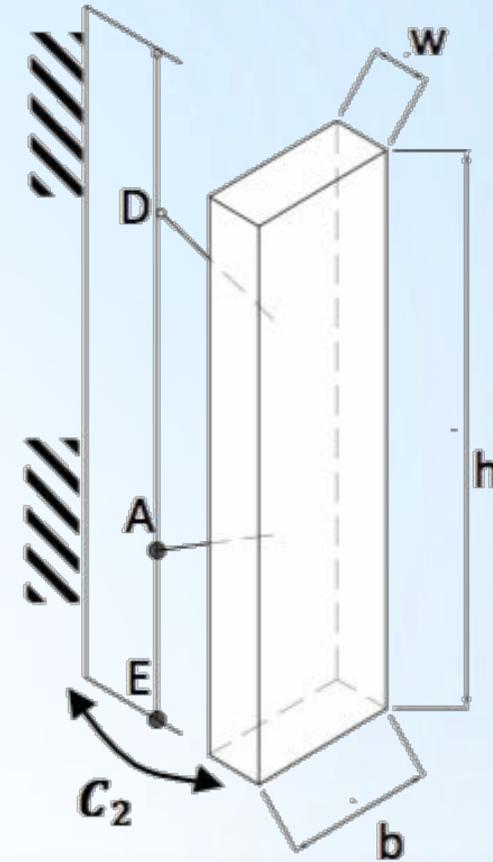


## *Cosa cerchiamo?*

- Sforzi sulla struttura
- Sforzi sui motori

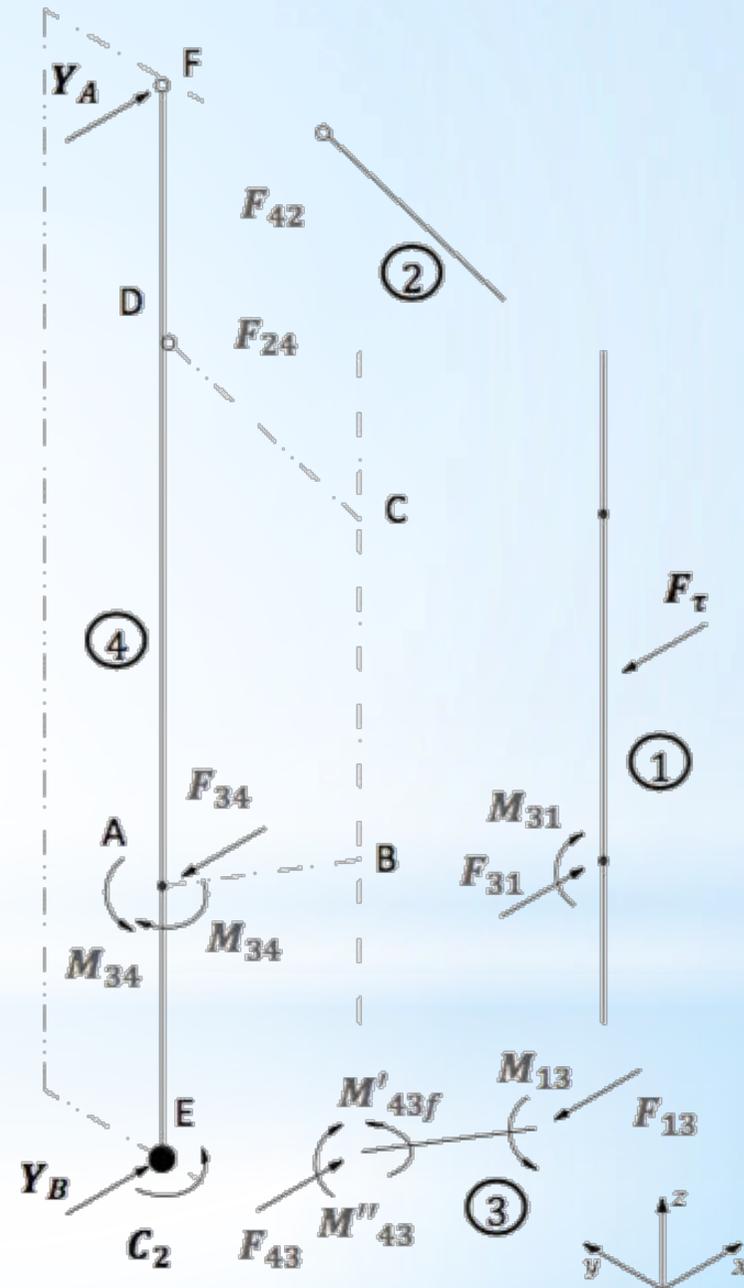
## 1. Schematizzazione

- Semplificazione del problema
- Punti di applicazione delle forze
- Vento che soffia frontalmente e lateralmente

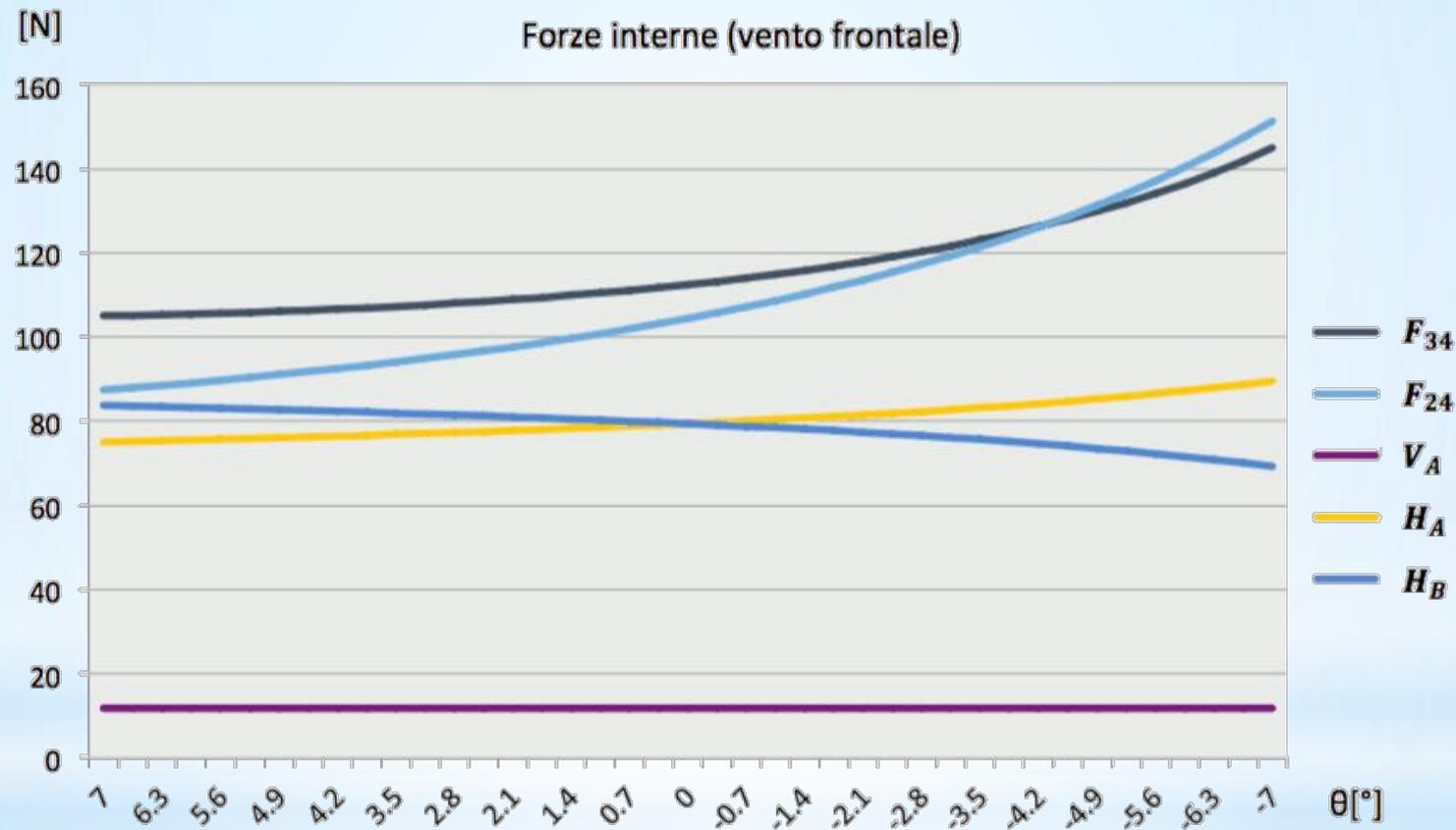


## 2. Come agiscono le forze?

- Scomposizione della struttura
- Come interagiscono i membri?

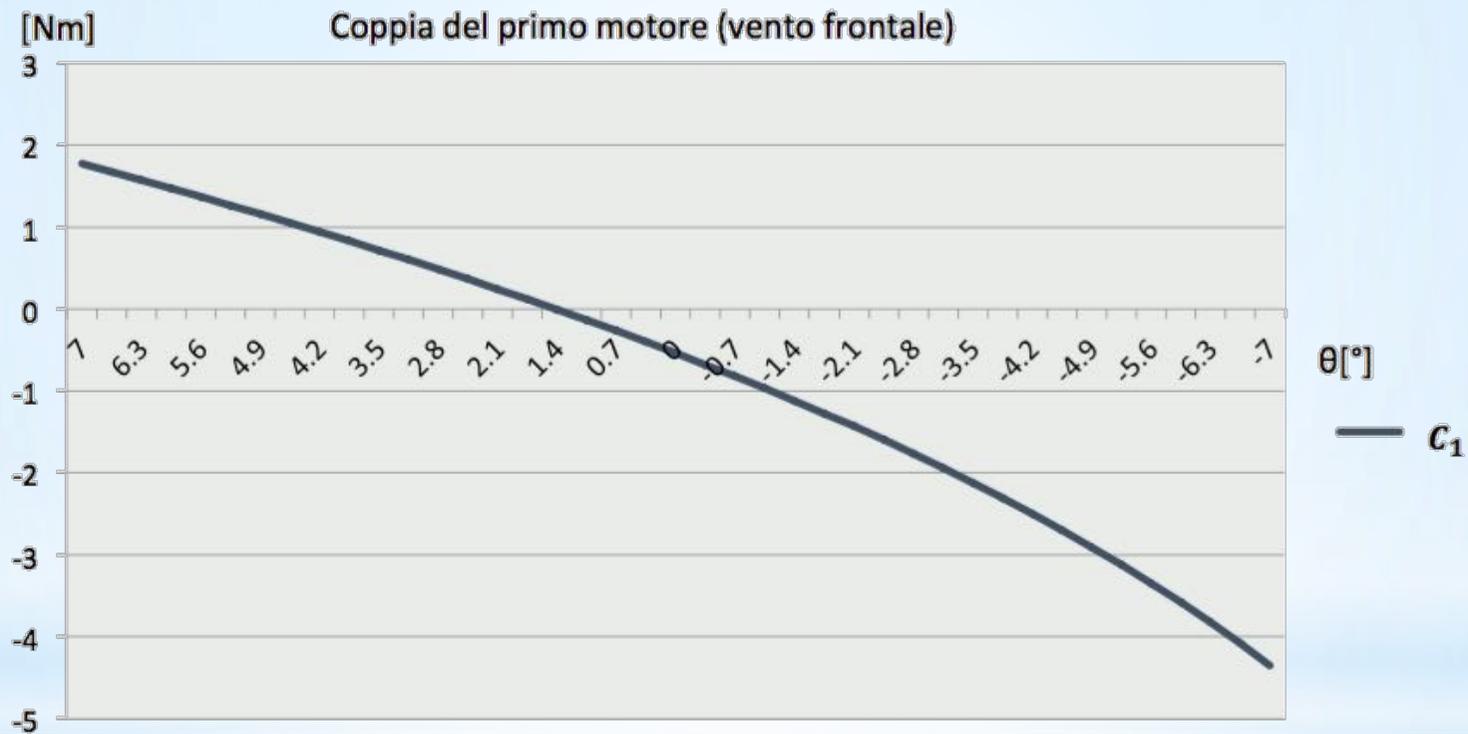


### 3. Primi risultati



- Massimi sforzi per  $\vartheta = -7^\circ$

### 3. Primi risultati



- Massimi sforzi per  $\vartheta = -7^\circ$

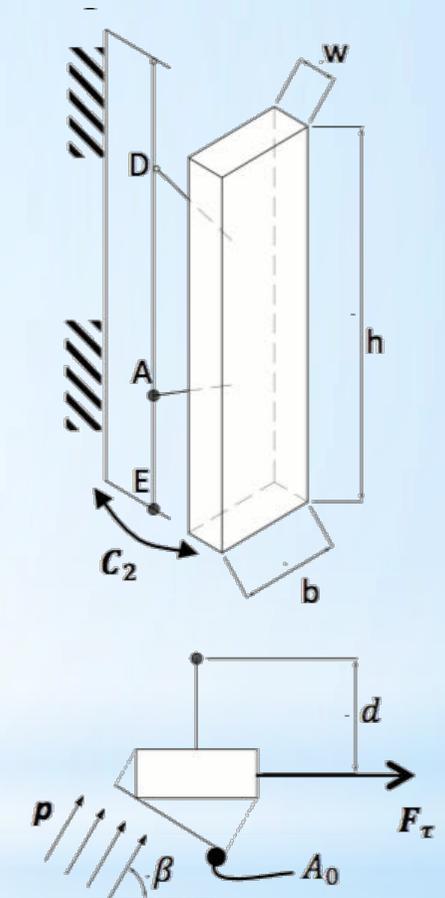
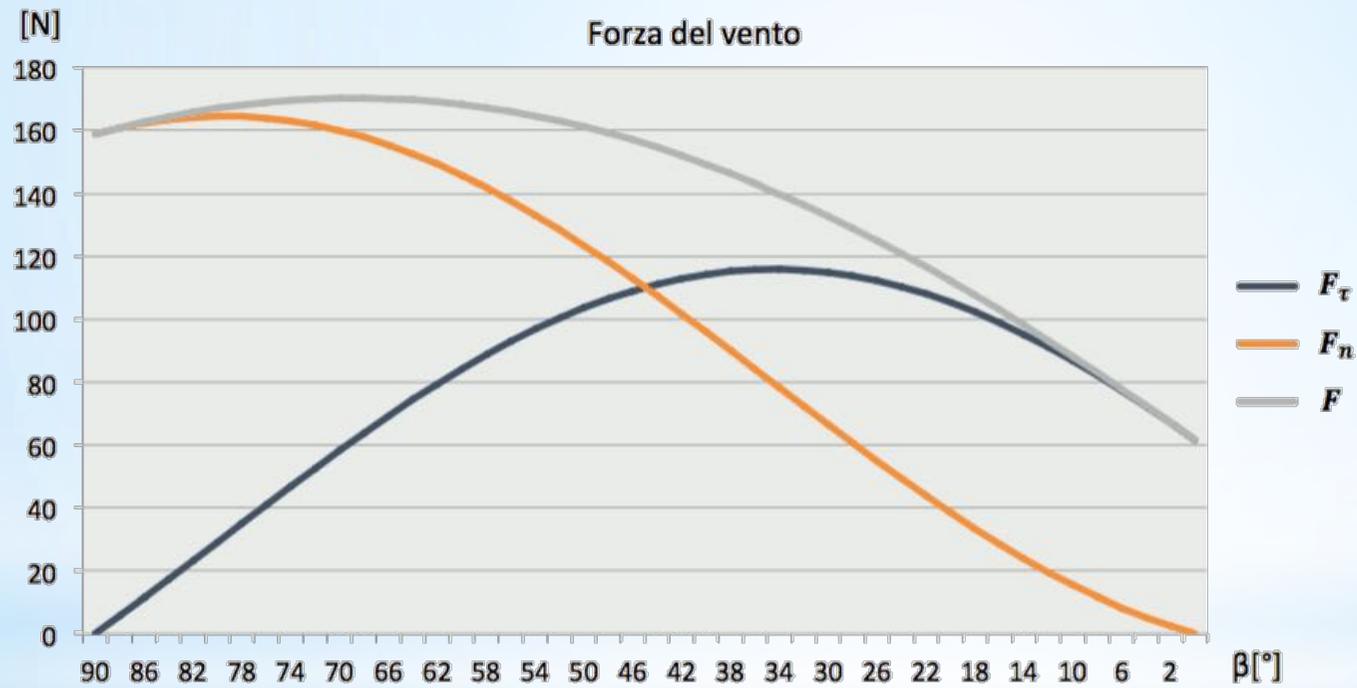
### 3. Primi risultati

- Massimi sforzi per  $\vartheta = -7^\circ$

Studio questa  
configurazione →

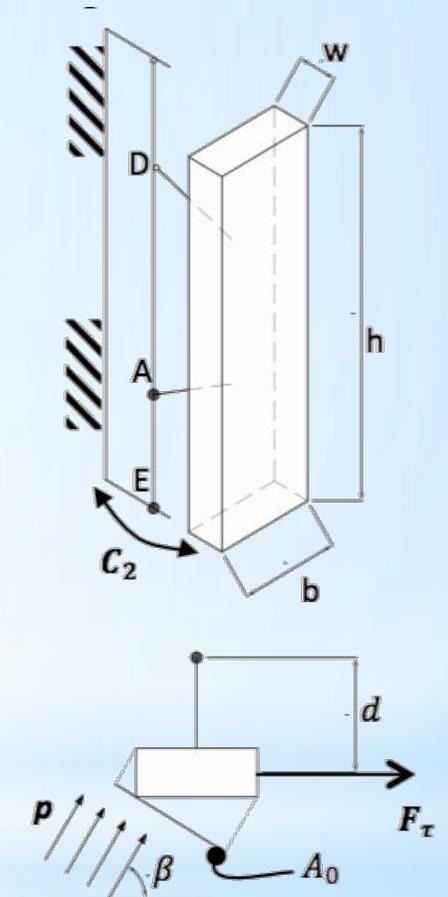
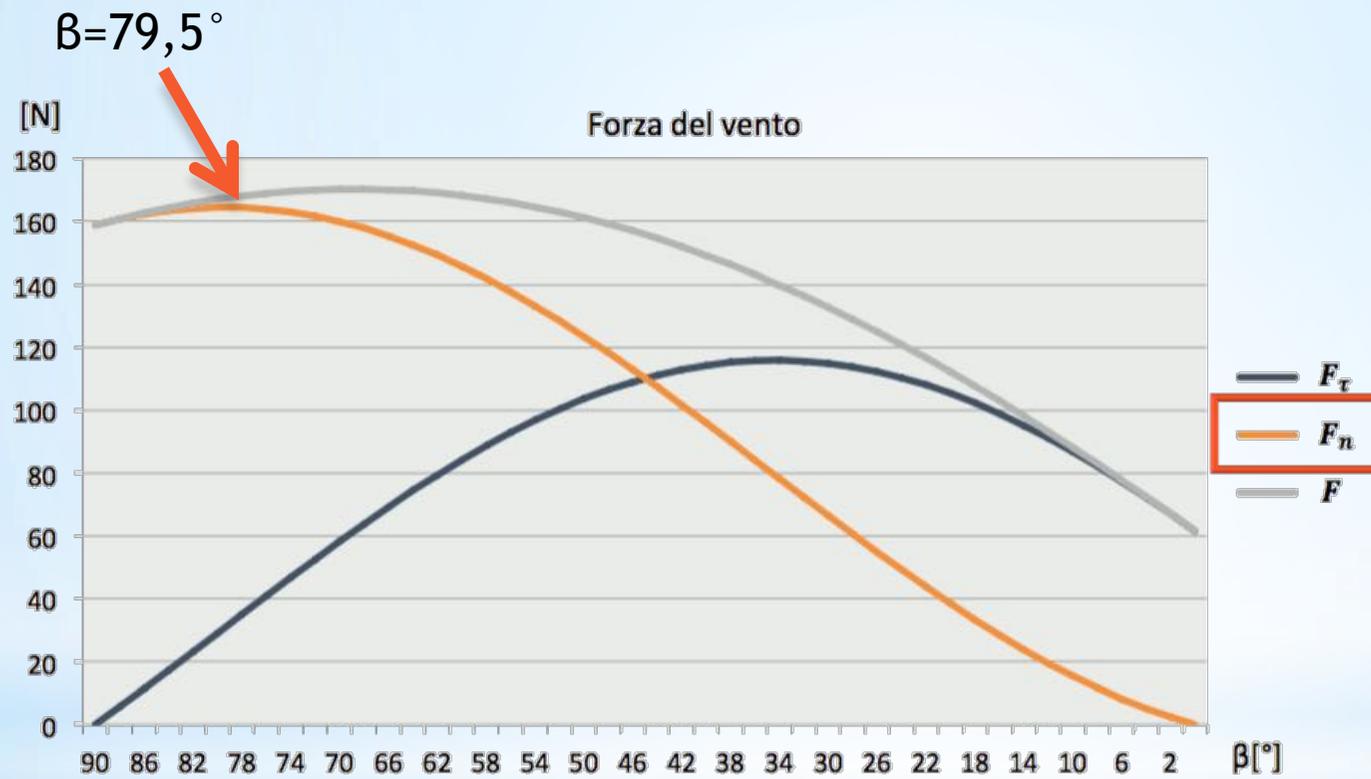


### 3. Primi risultati



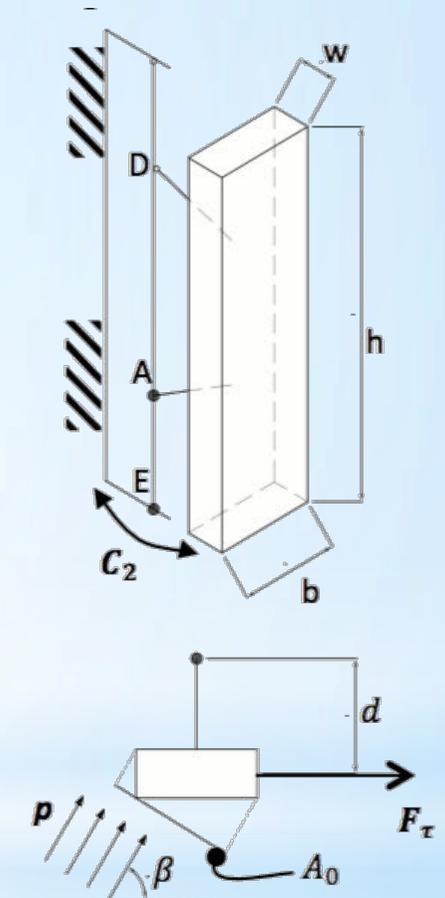
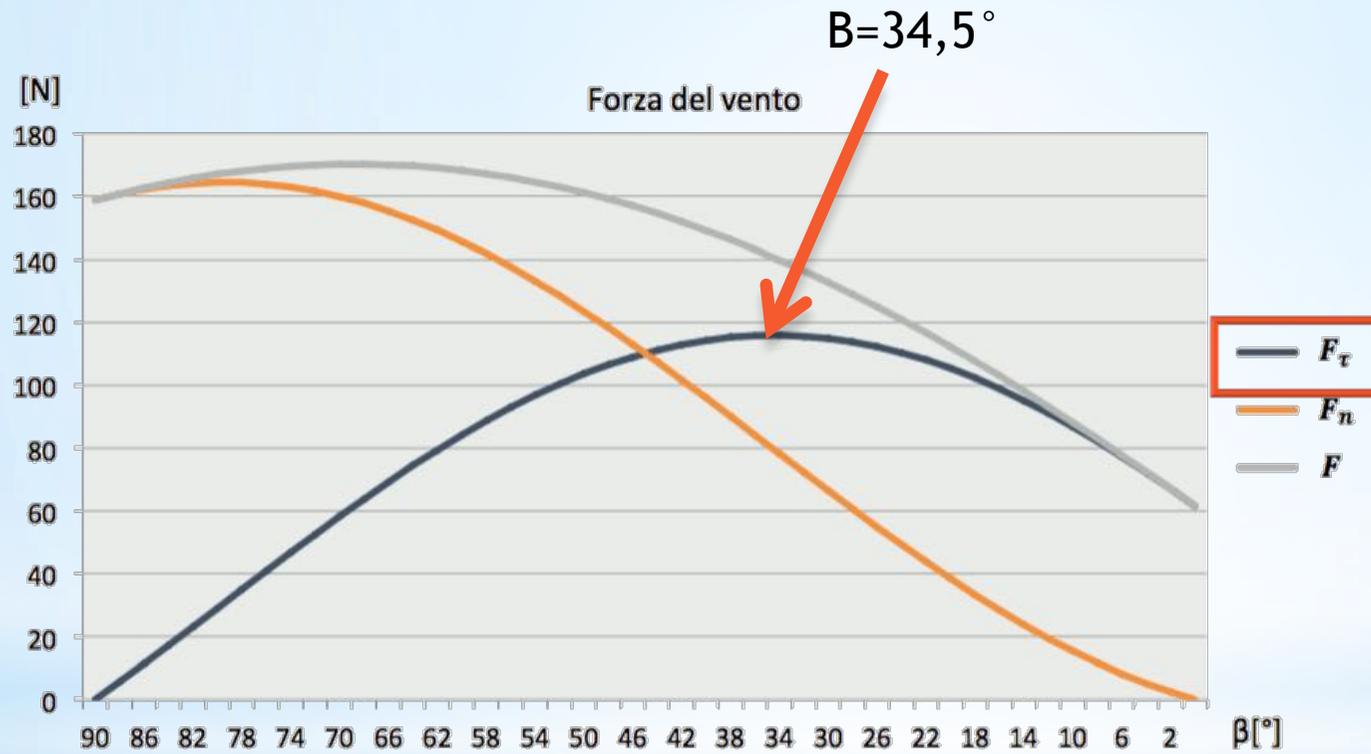
- Massimi sforzi per

### 3. Primi risultati



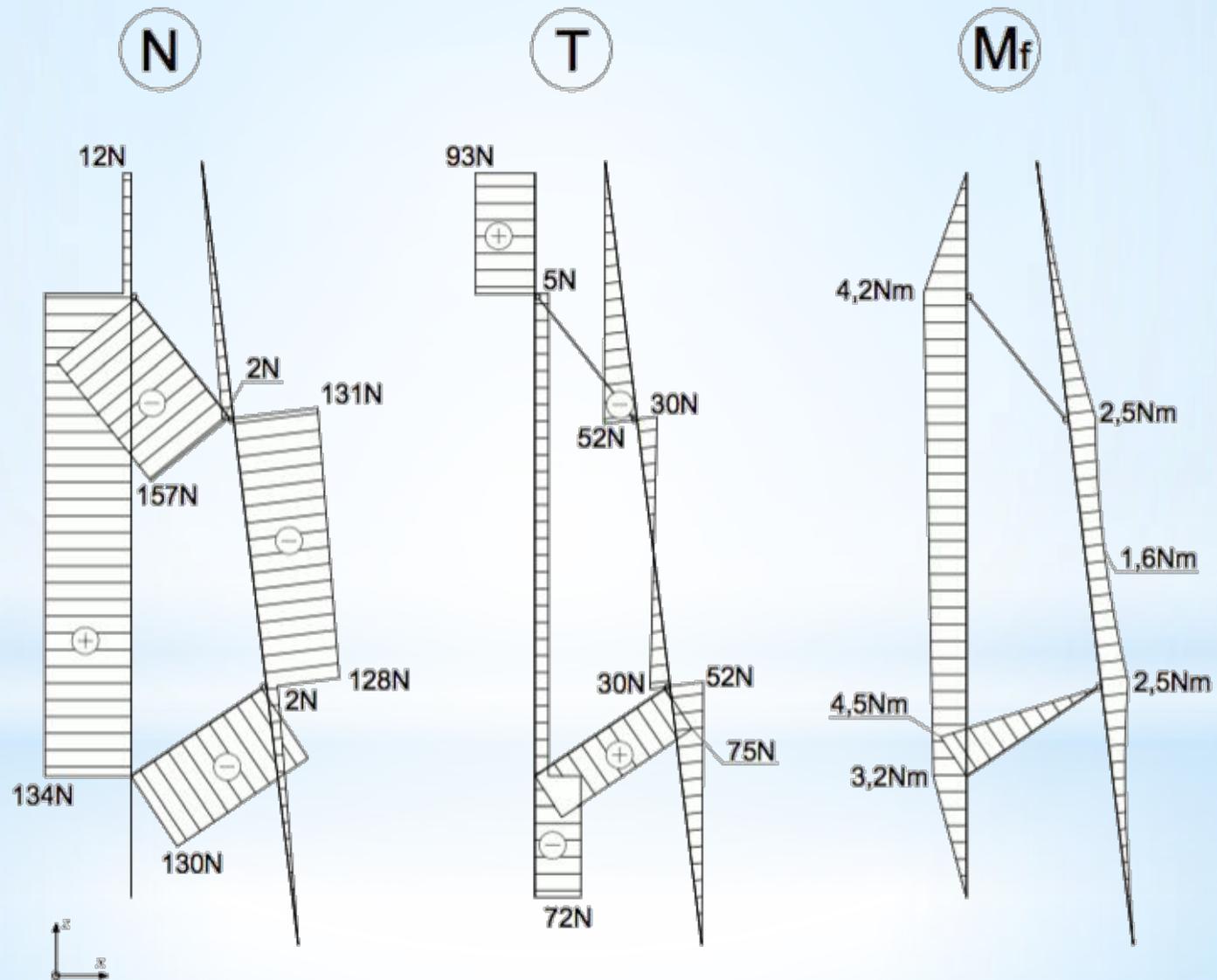
- Massimi sforzi per

### 3. Primi risultati

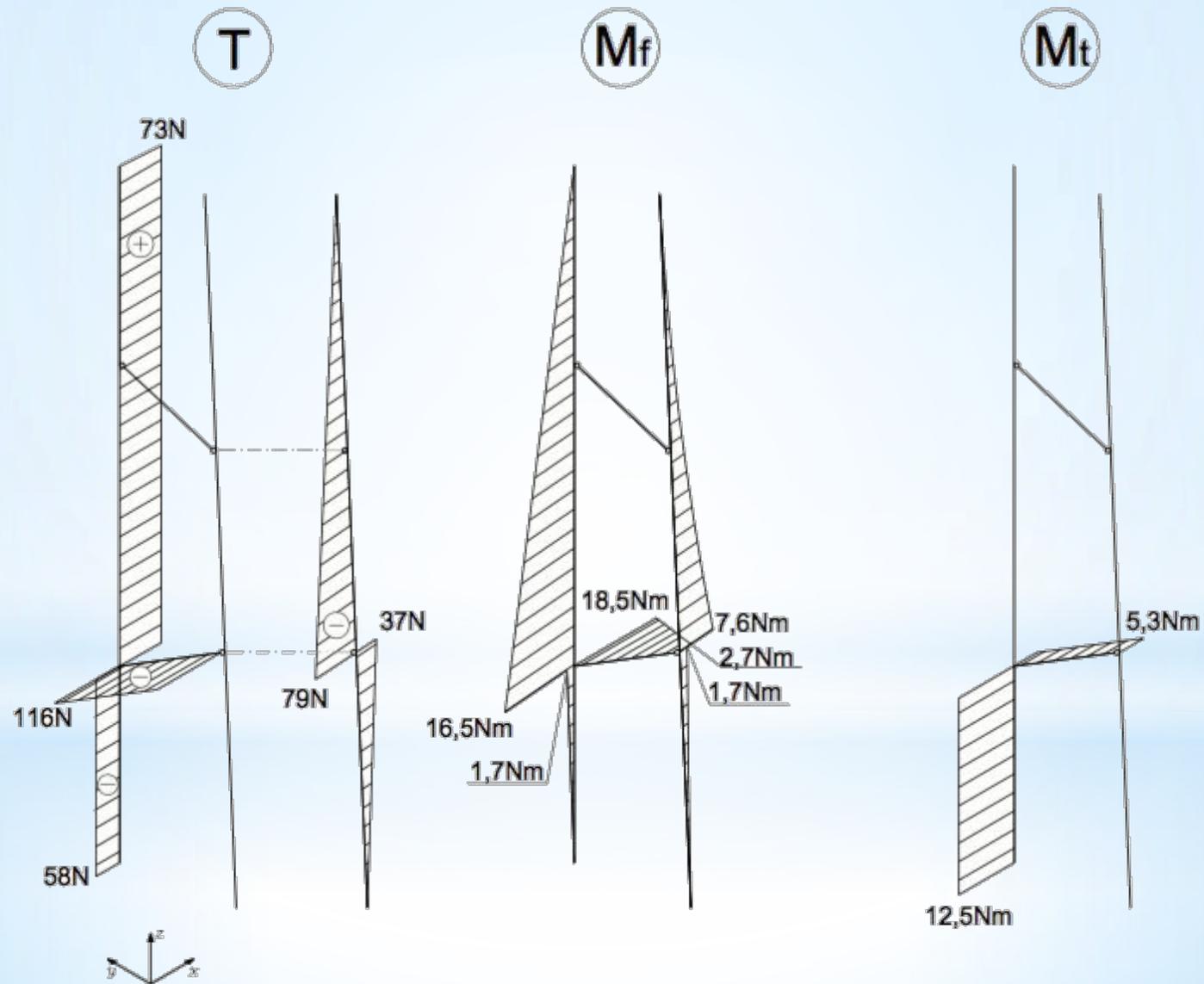


- Massimi sforzi per

### 3. Primi risultati

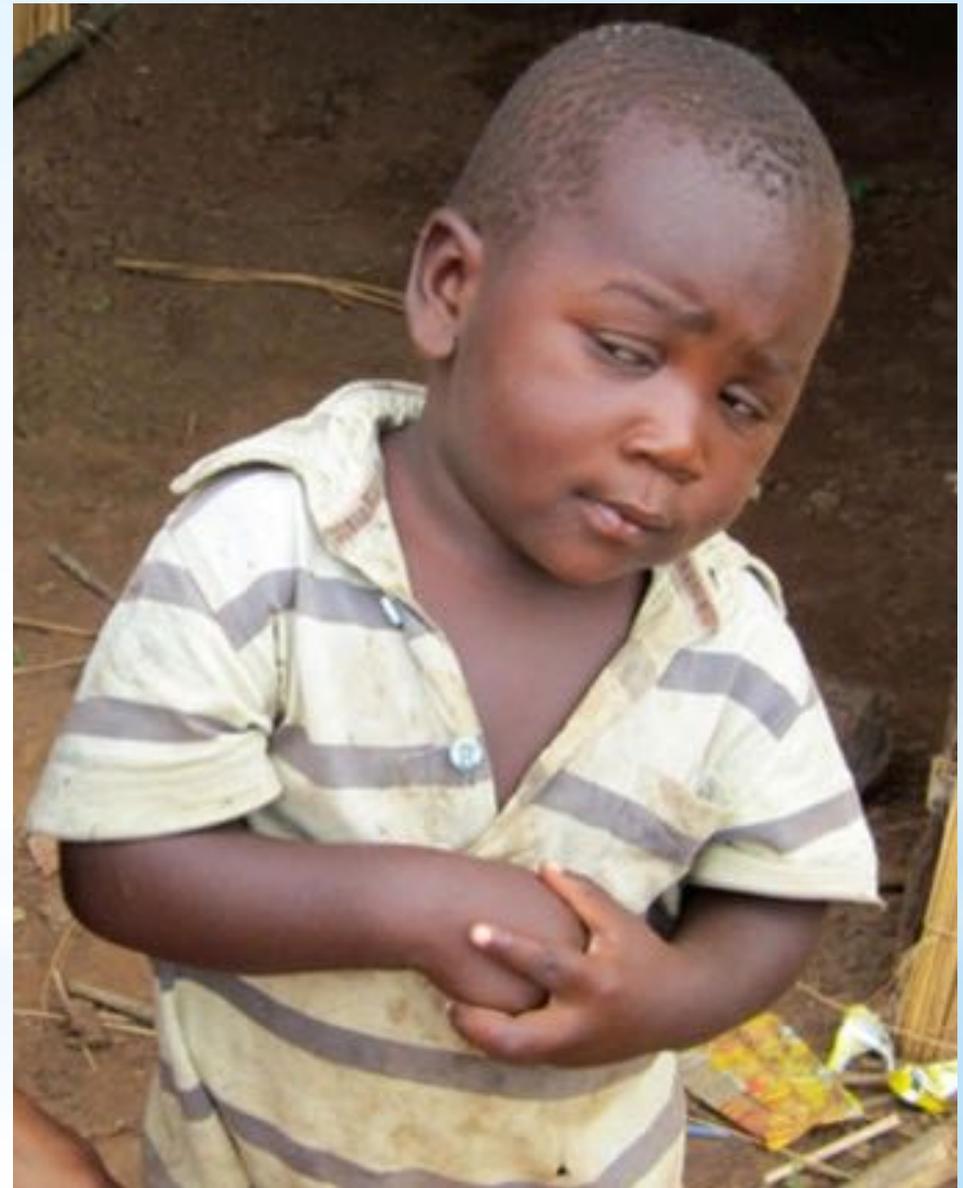


### 3. Primi risultati

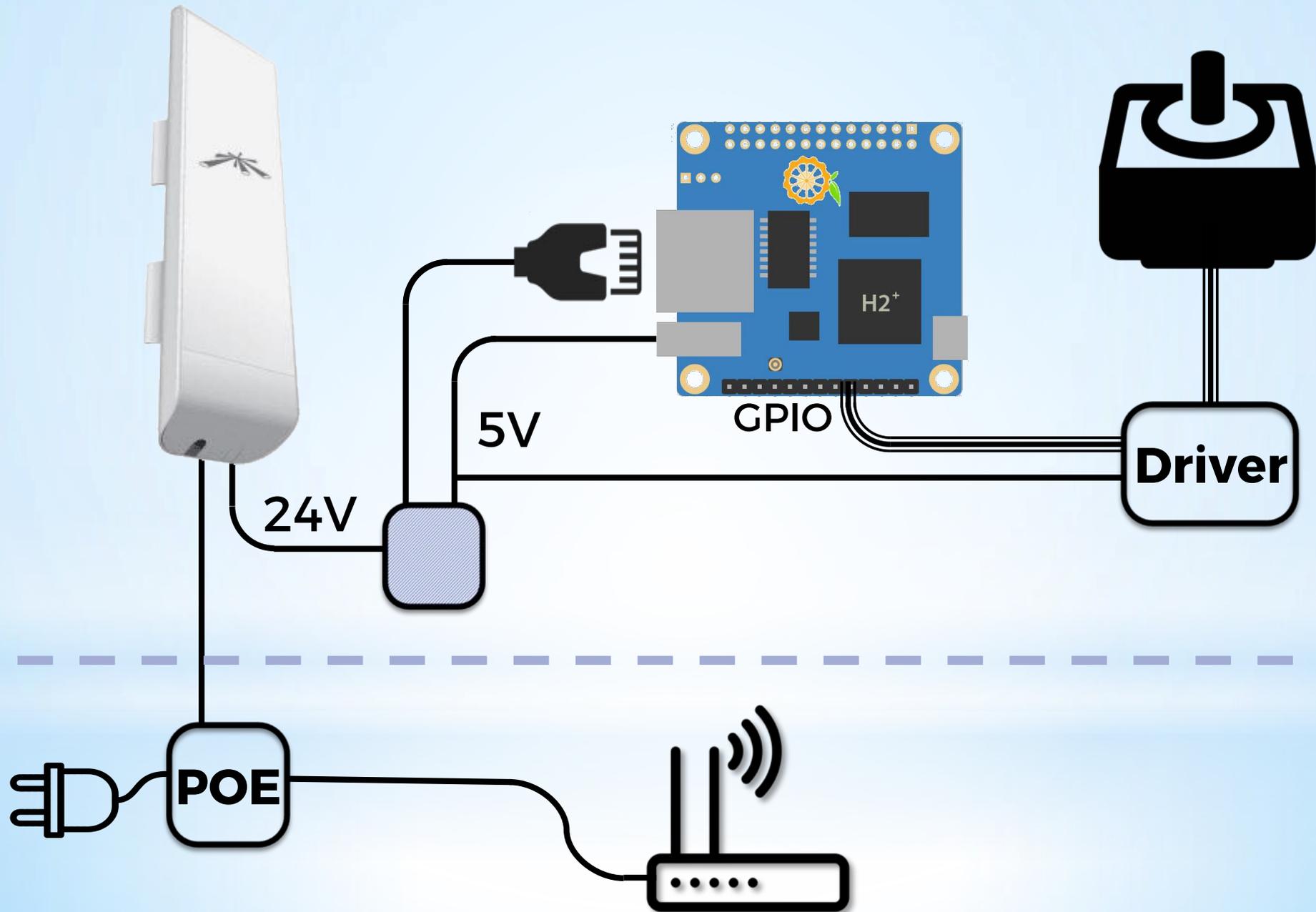


#### 4. *Prime conclusioni*

- $C_{1\max} = 4,5 \text{ Nm}$
- $C_{2\max} = 12,5 \text{ Nm}$







**POE injector**

$$1A \times 24V = 24W$$

Antenna

$$0,5A \times 24V = -12W$$

Orange Pi

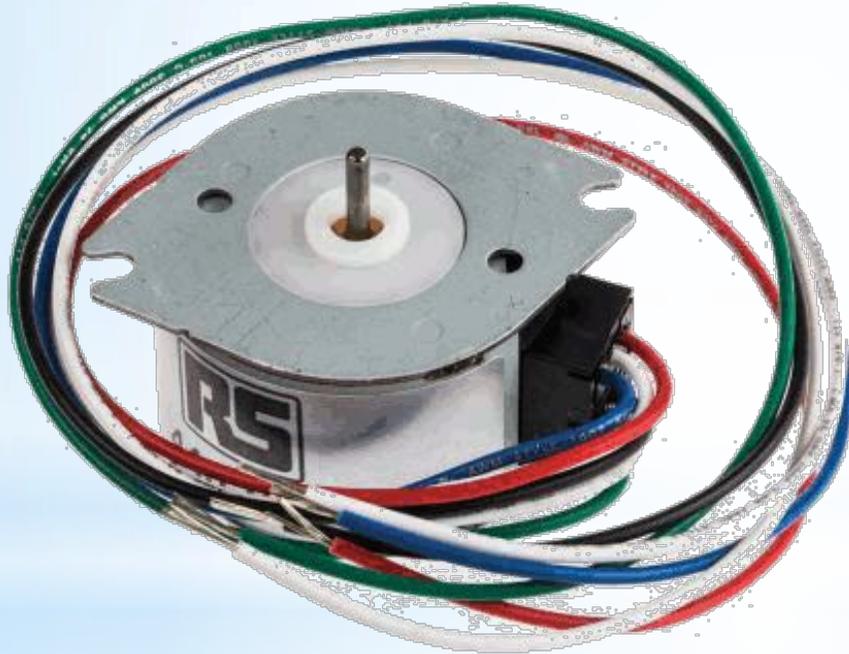
$$1A \times 5V = -5W$$

---

**7W**

Consumi

**4,8W**



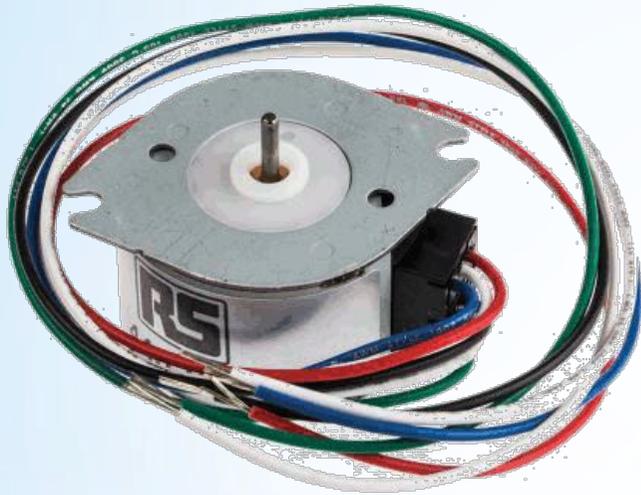
**2Ncm**  
**12Nm**

**2,2W**



**0,9Ncm**  
**4,5Nm**

**Motori**



$$\frac{12\text{Nm}:}{2\text{Ncm} =}$$


---

600



$$\frac{4,5\text{Nm}:}{0,9\text{Ncm} =}$$


---

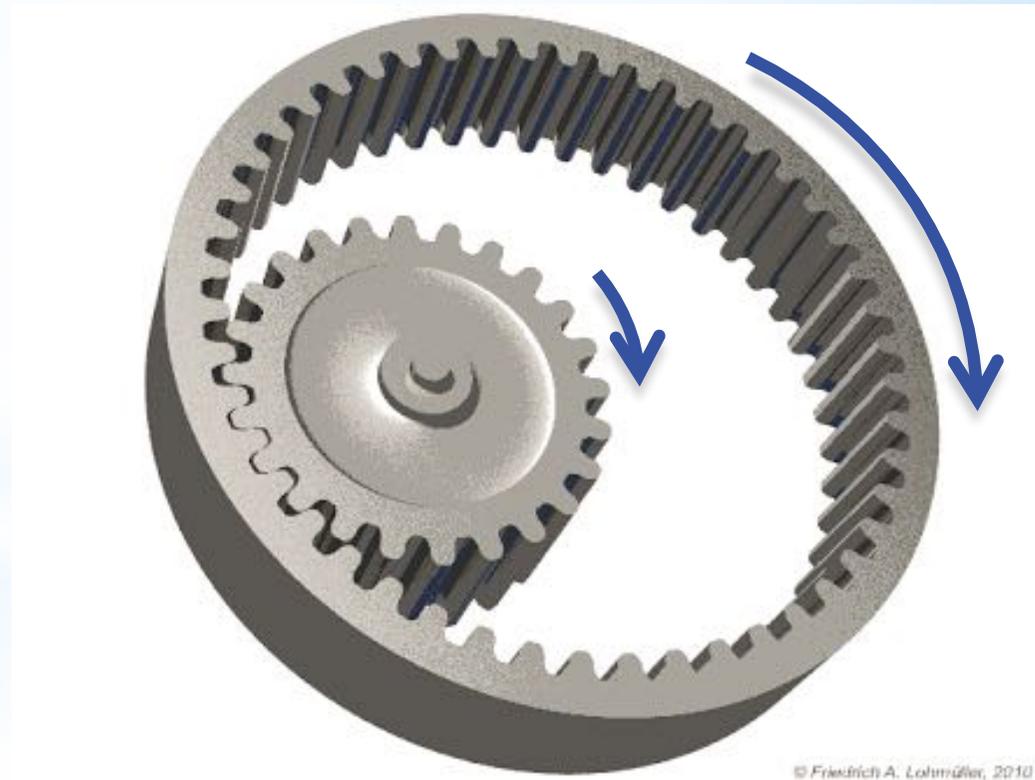
500

**Motori**

$$\tau = \omega_1 / \omega_2$$

$$\omega_2 = \omega_1 / \tau$$

$$C_2 = C_1 \cdot \tau$$



# Riduttori



# Riduttori



**0,9 Ncm**  
250 rpm



$\tau=200$



1,8 Nm  
1,25 rpm



$\tau=4$



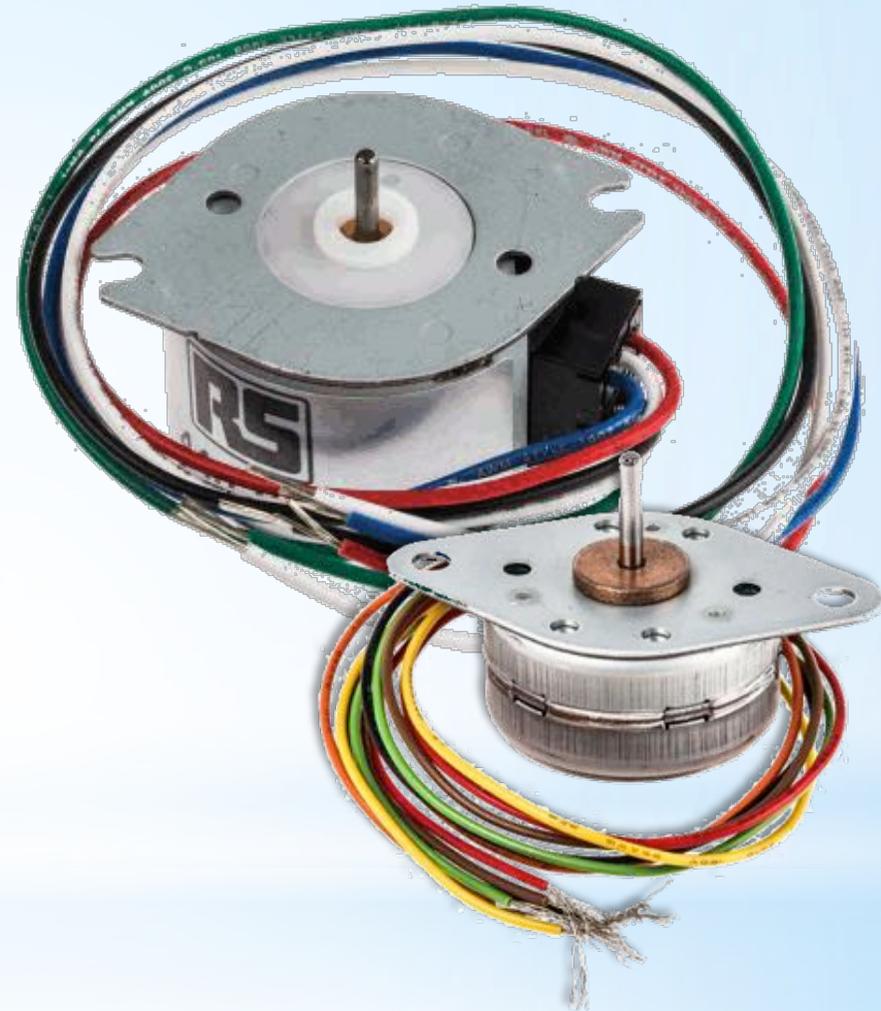
**7,2 Nm**  
0,3 rpm

Esempio

**C=4,5N**

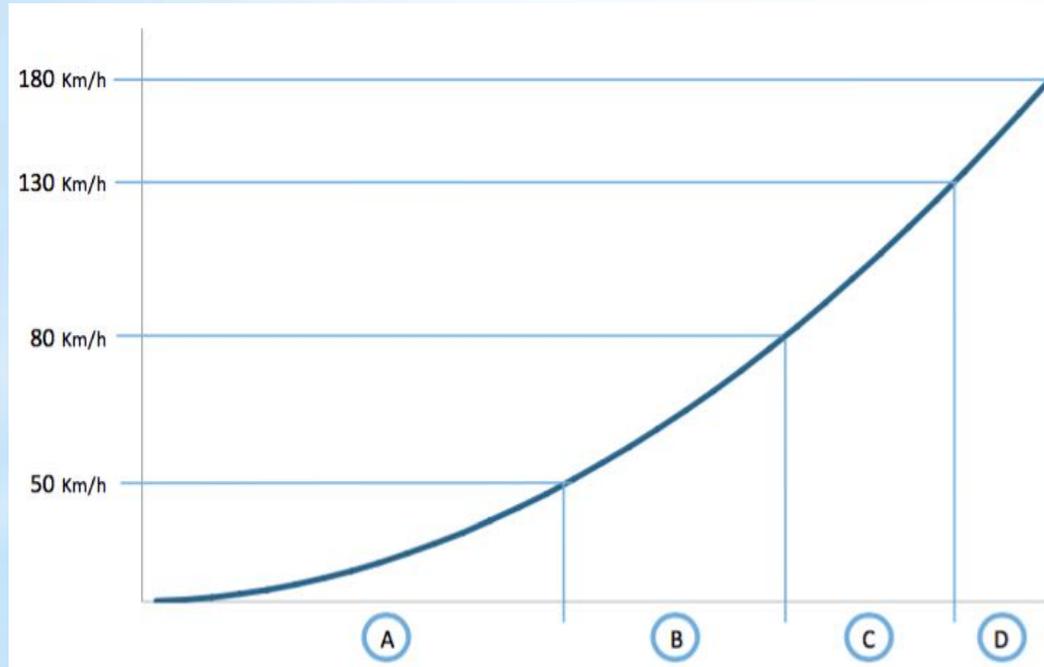
# Motori stepper:

- Precisi
- Holding torque
- Residual torque



## Scelte costruttive

# “Zona di comfort”



ZONA A	Motore 1	Spento	✓
		In movimento	✓
		Alimentato e fermo	✓
	Motore 2	Spento	✓
		In movimento	✓
		Alimentato e fermo	✓
ZONA B	Motore 1	Spento	✗
		In movimento	✓
		Alimentato e fermo	✓
	Motore 2	Spento	✓
		In movimento	✓
		Alimentato e fermo	✓
ZONA C	Motore 1	Spento	✗
		In movimento	✓
		Alimentato e fermo	✓
	Motore 2	Spento	✗
		In movimento	✓
		Alimentato e fermo	✓
ZONA D	Motore 1	Spento	✗
		In movimento	✗
		Alimentato e fermo	✓
	Motore 2	Spento	✗
		In movimento	✓
		Alimentato e fermo	✓

# Scelte costruttive

# Quadrilatero articolato:

- Robusto
- Resiliente



## Scelte costruttive

## Cuscinetti:

- Longevi
- Compatti
- Autolubrificanti
-  Manutenzione



# Scelte costruttive

## 3D Printing:

- Open
- Economica



# Scelte costruttive



**What's Next?**

- Secondo motore
- Documentazione
- Sito del progetto “Girantenna”
- LoRa?

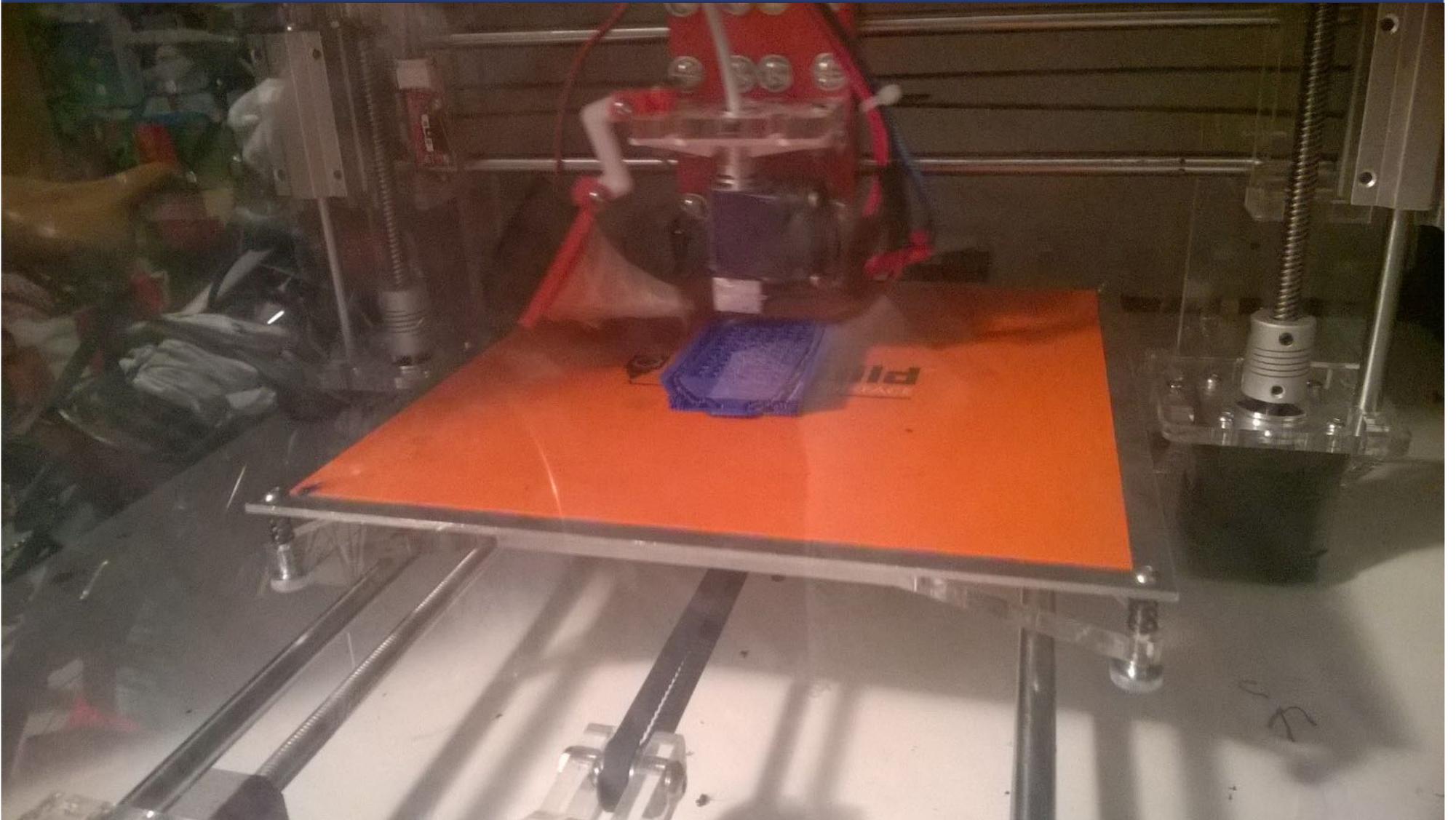
# → Battle of the mesh

Berlin

7-14/05/18



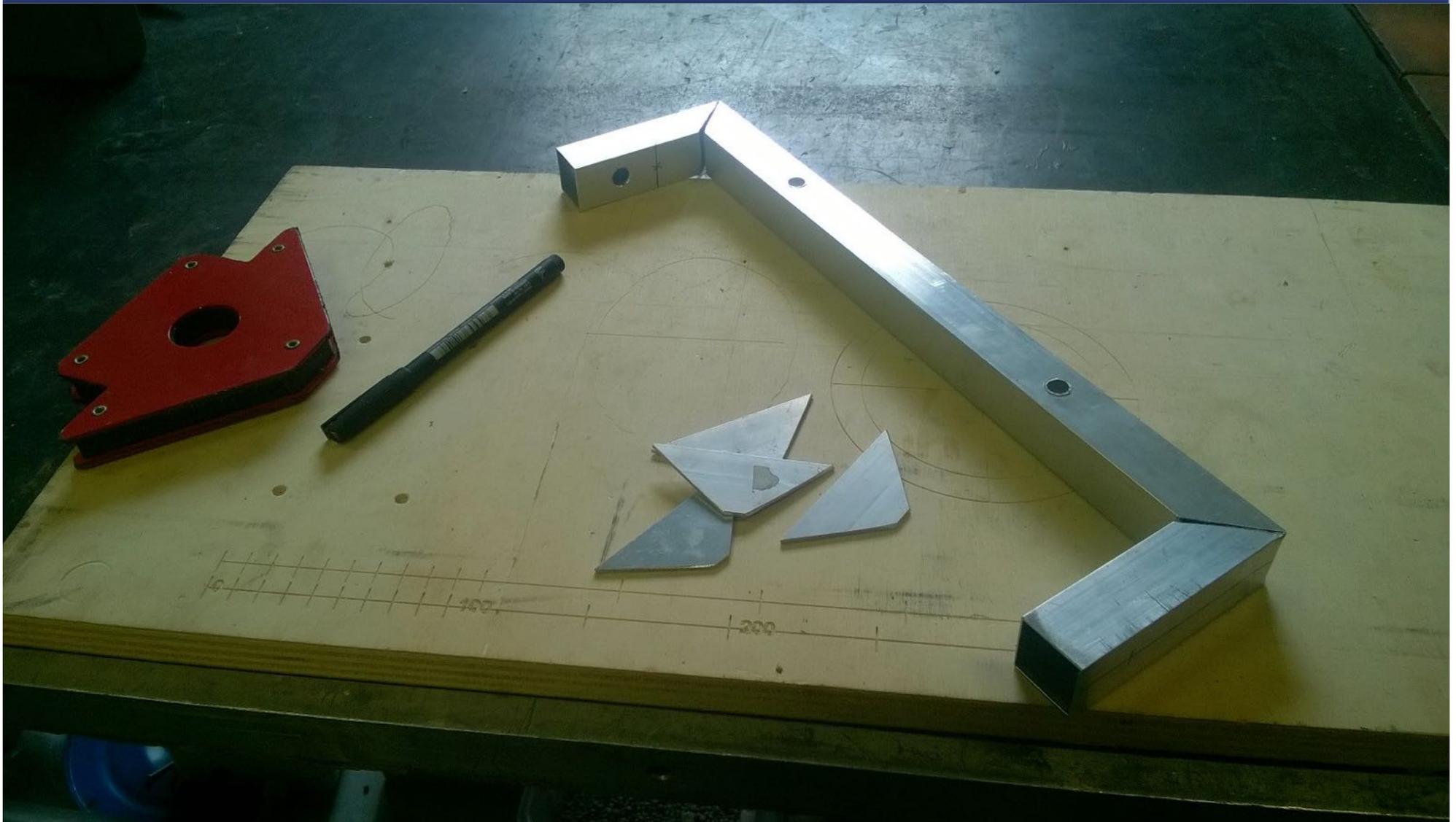
# Realizzazione



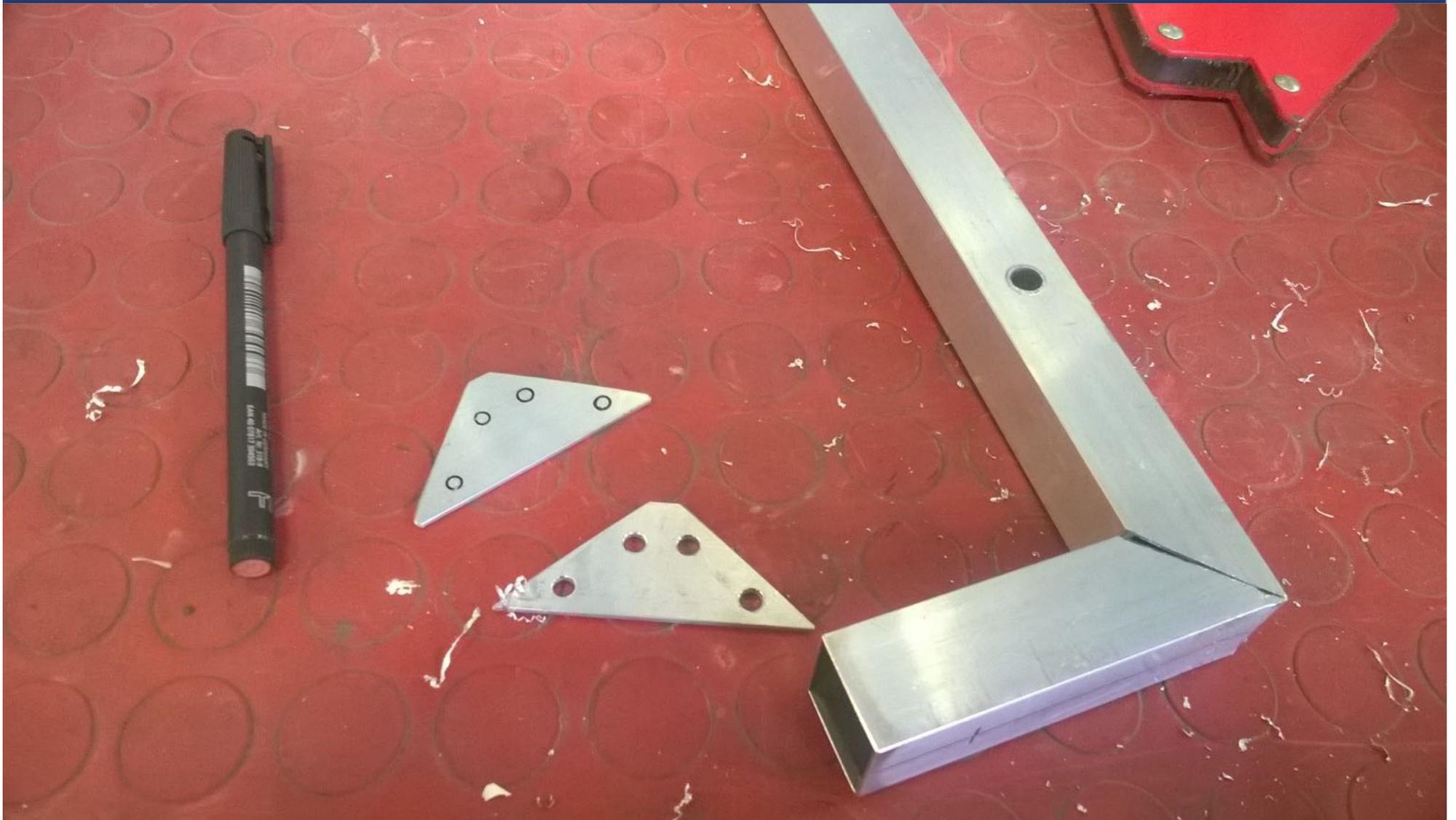
**Realizzazione**



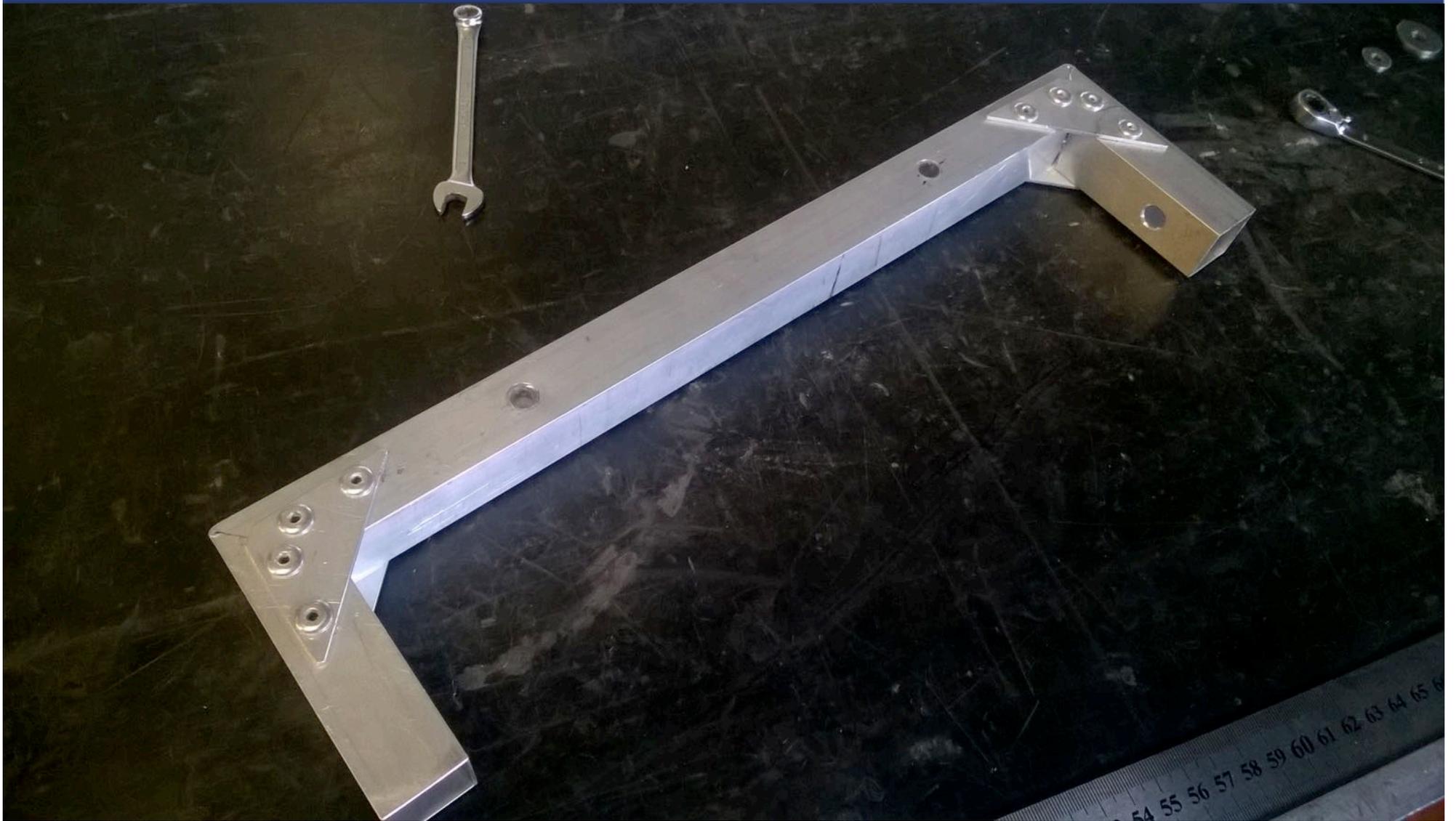
# Realizzazione



# Realizzazione



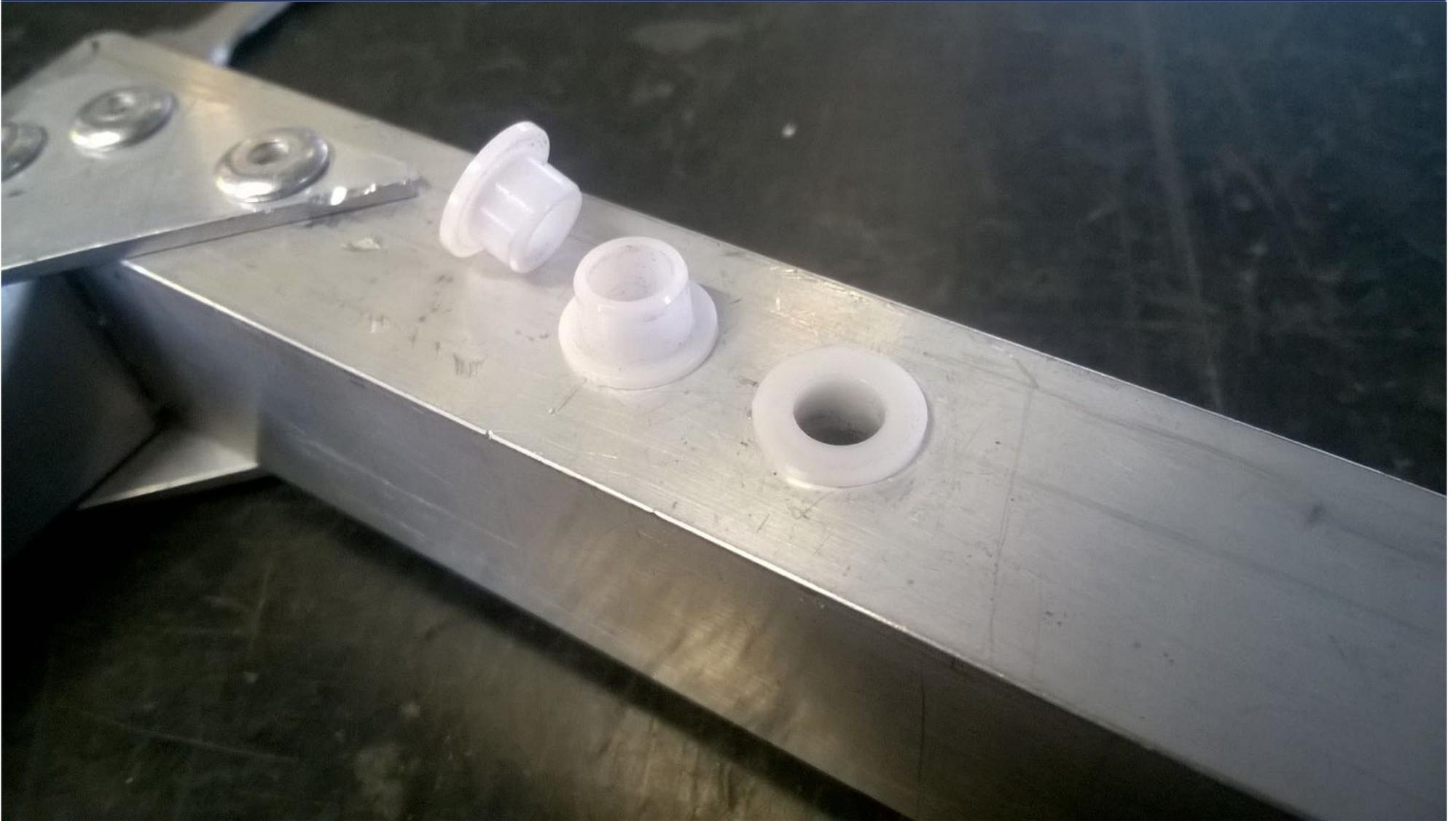
# Realizzazione



# Realizzazione



**Realizzazione**



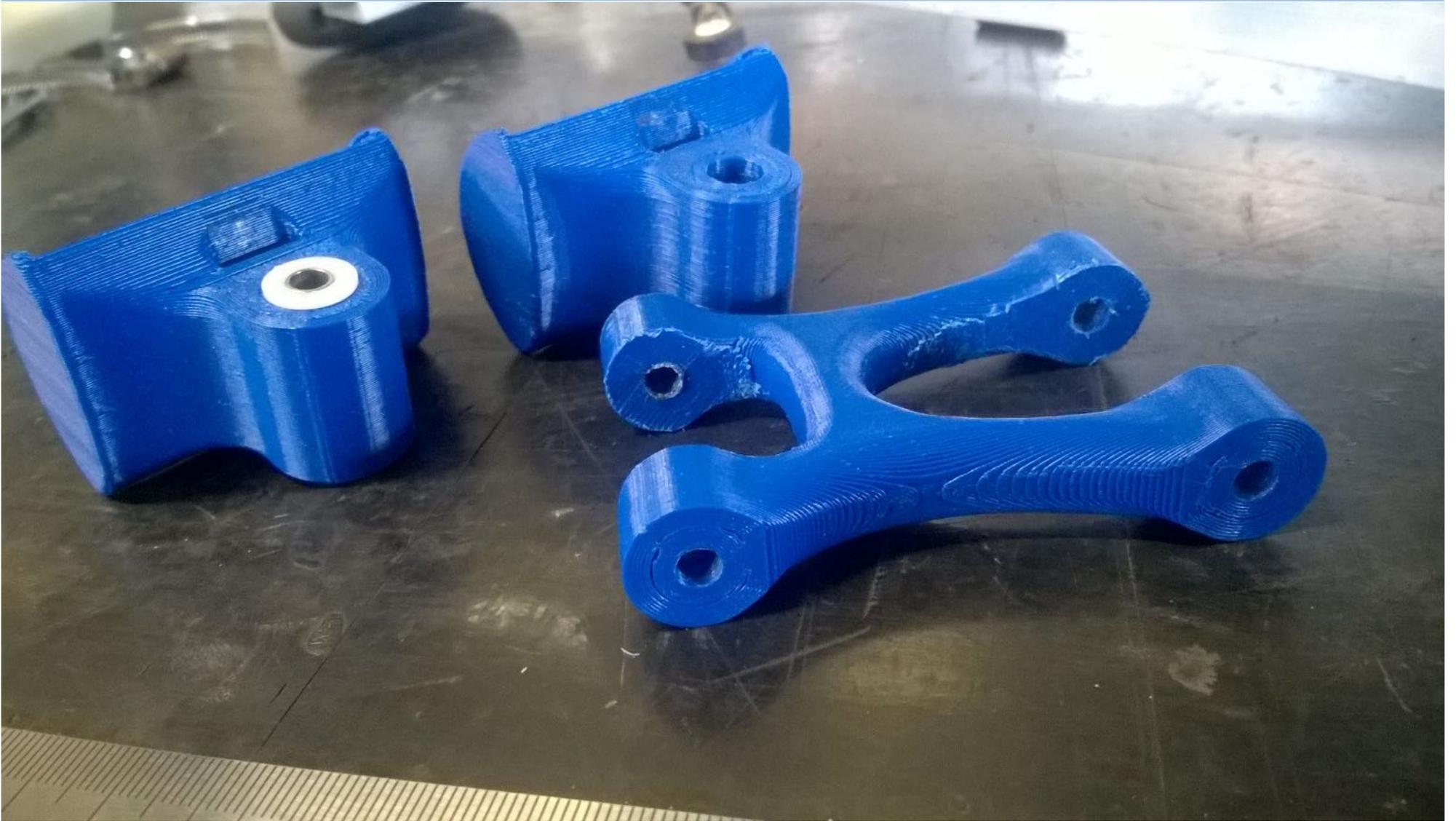
**Realizzazione**



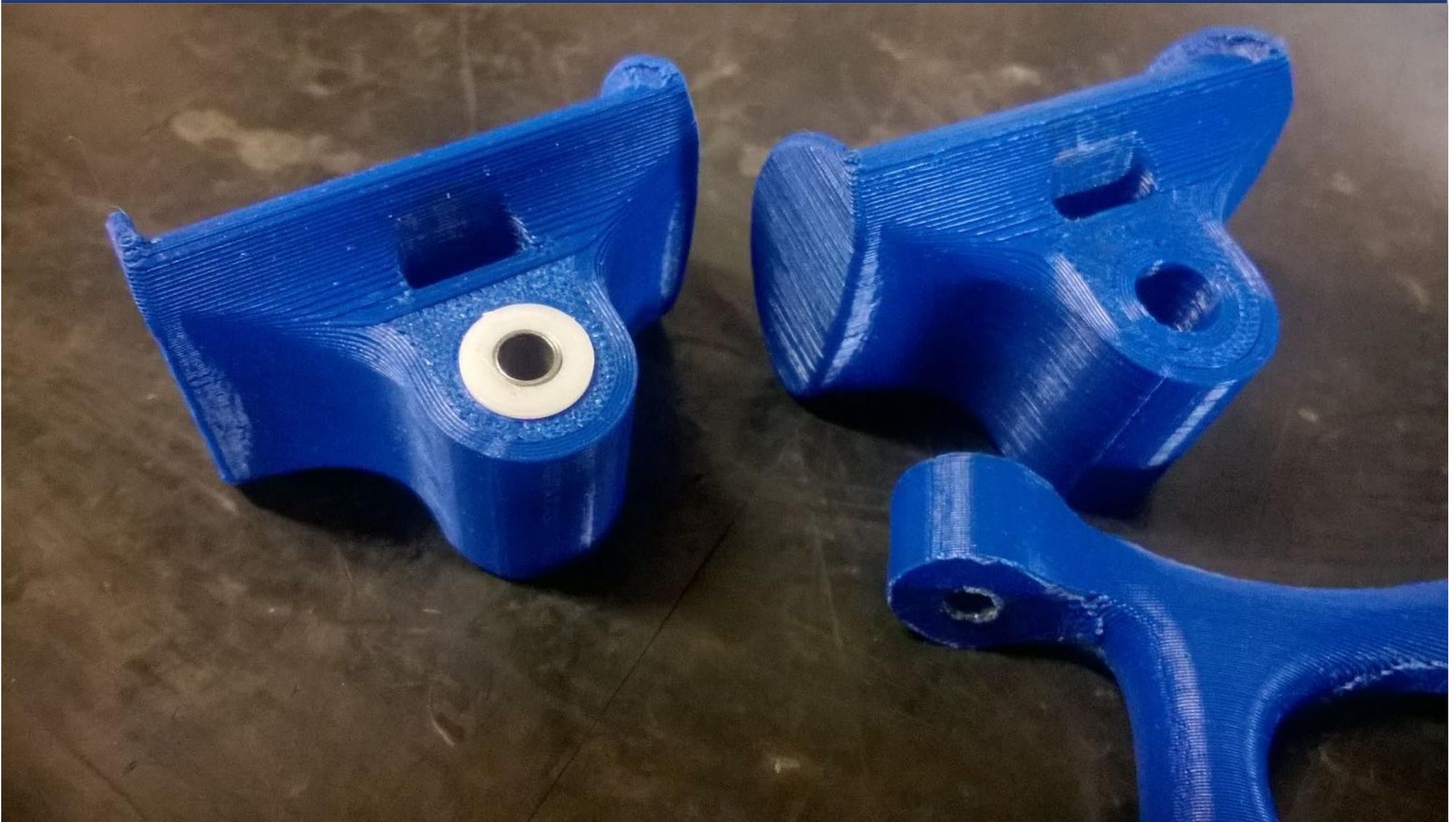
# Realizzazione



# Realizzazione



**Realizzazione**



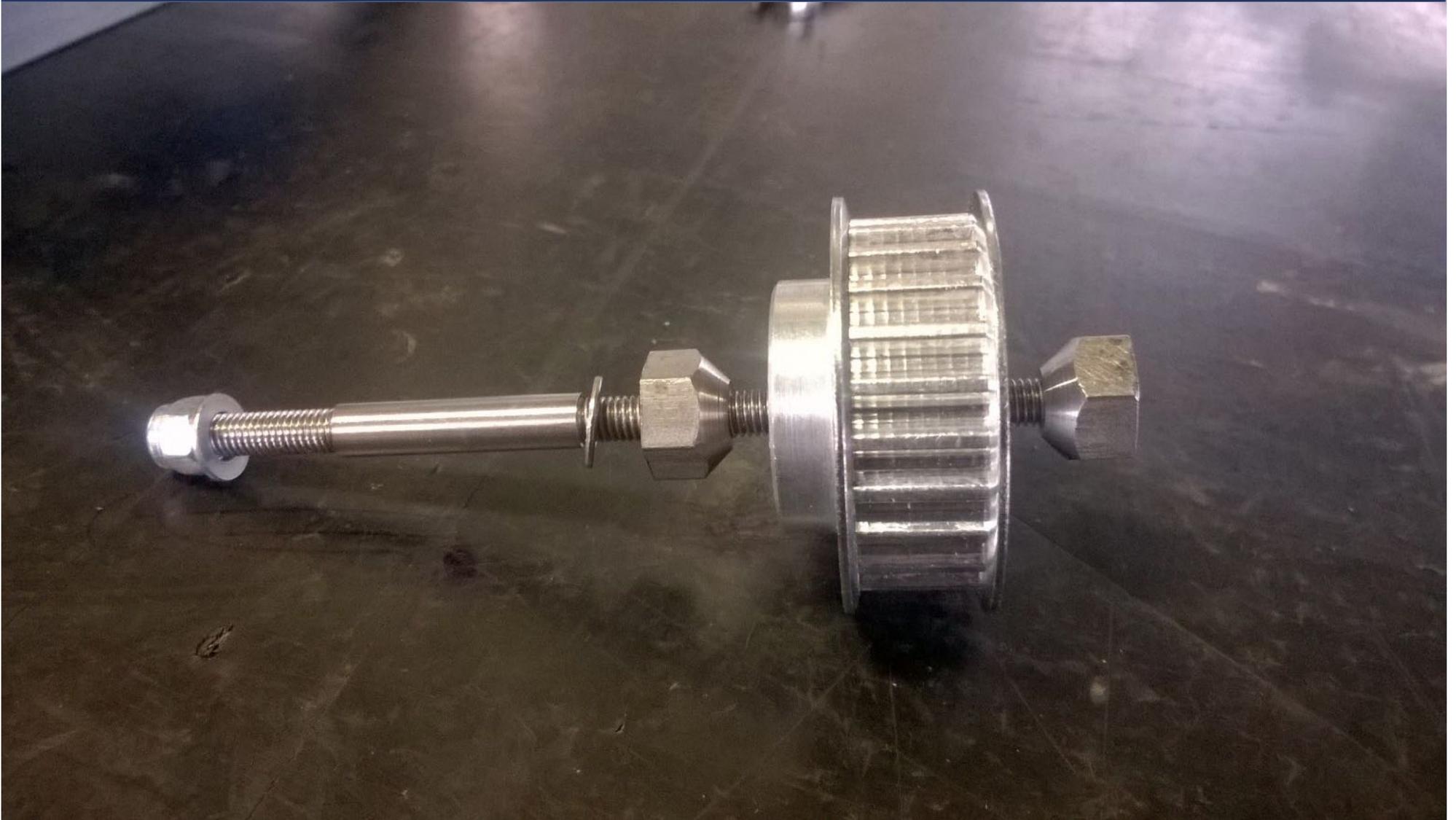
**Realizzazione**

# Realizzazione





**Realizzazione**



**Realizzazione**

# Realizzazione



# Realizzazione





**Realizzazione**

Realizzazione



**Realizzazione**

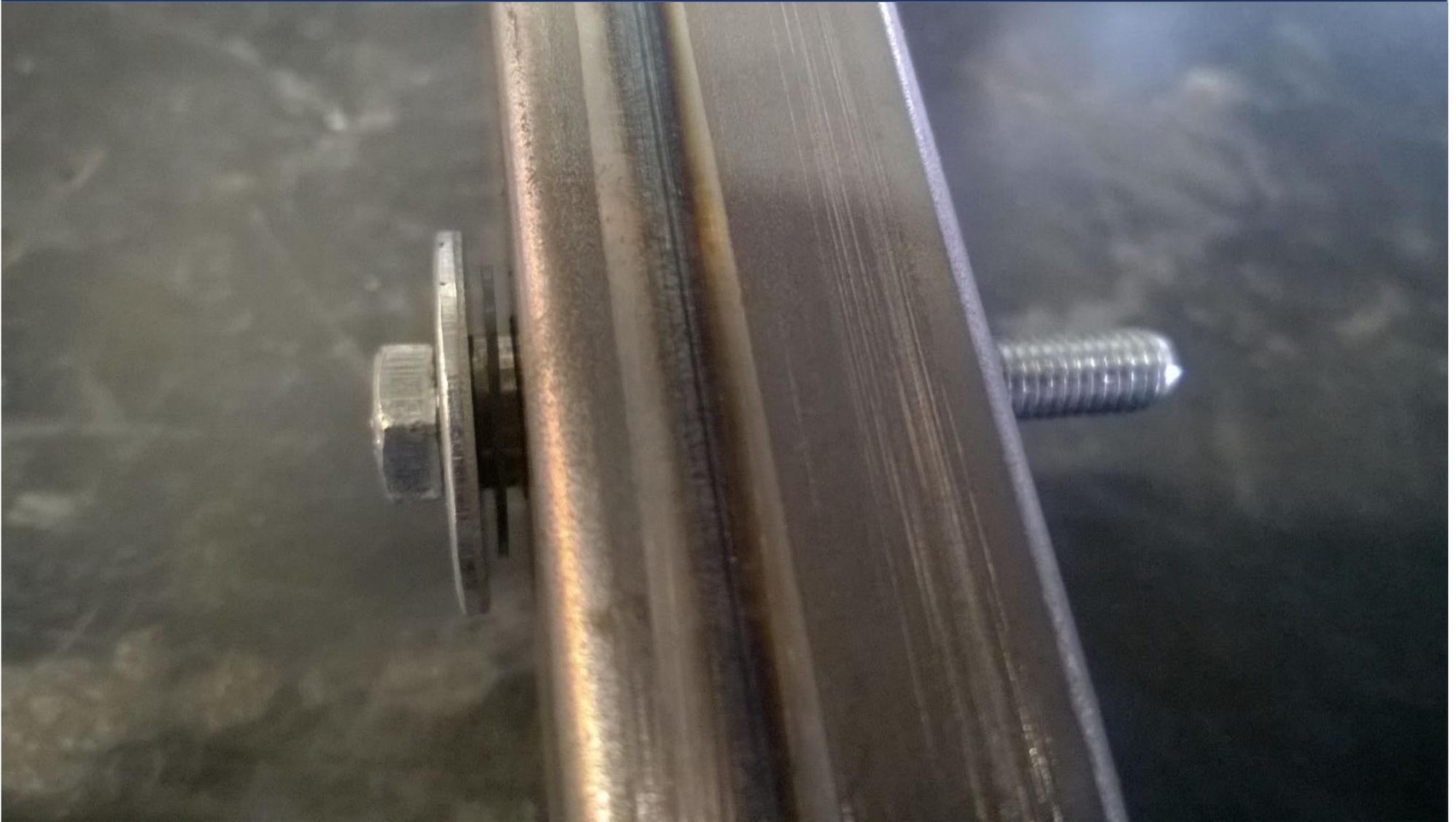




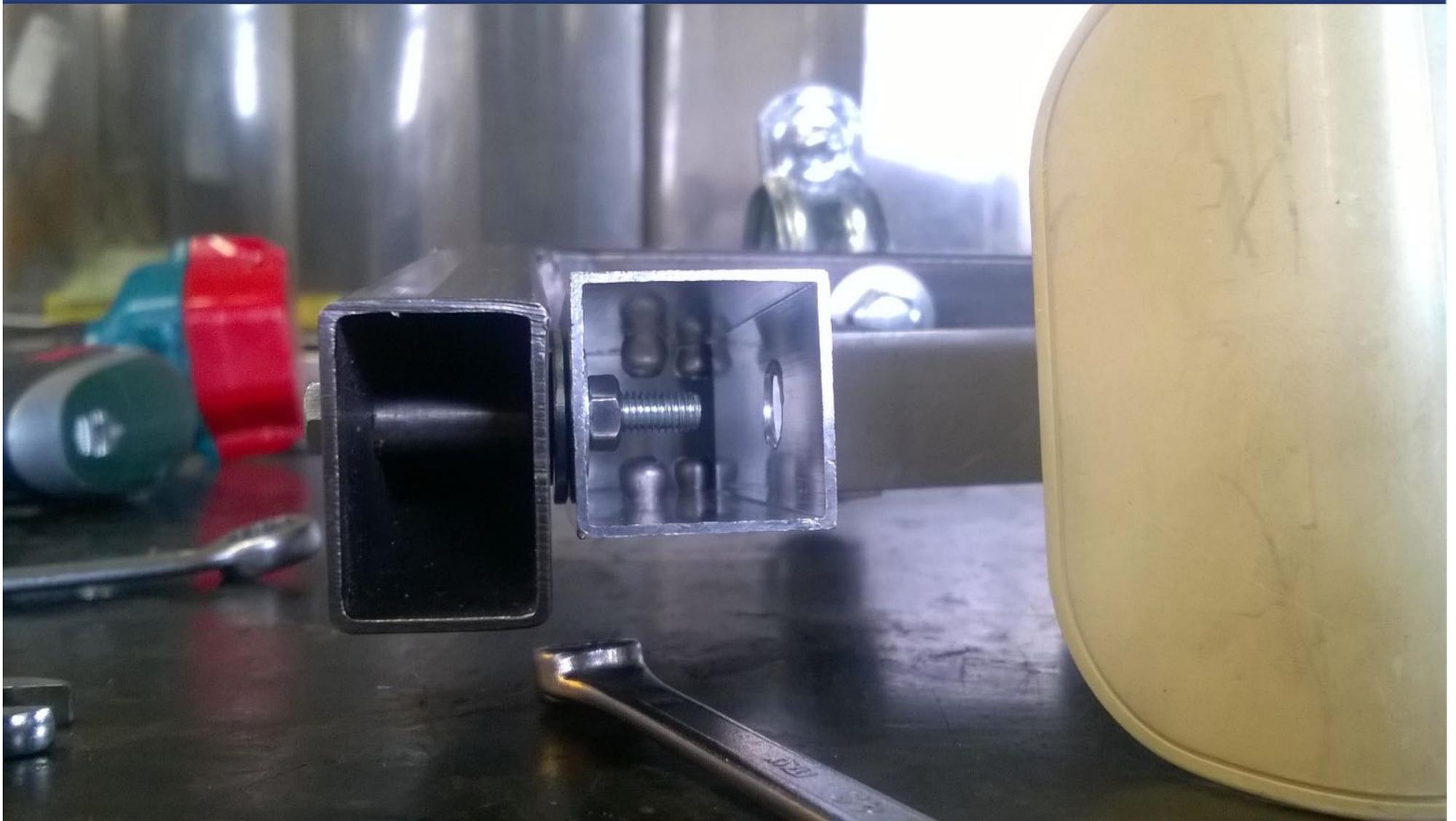
**Realizzazione**



**Realizzazione**

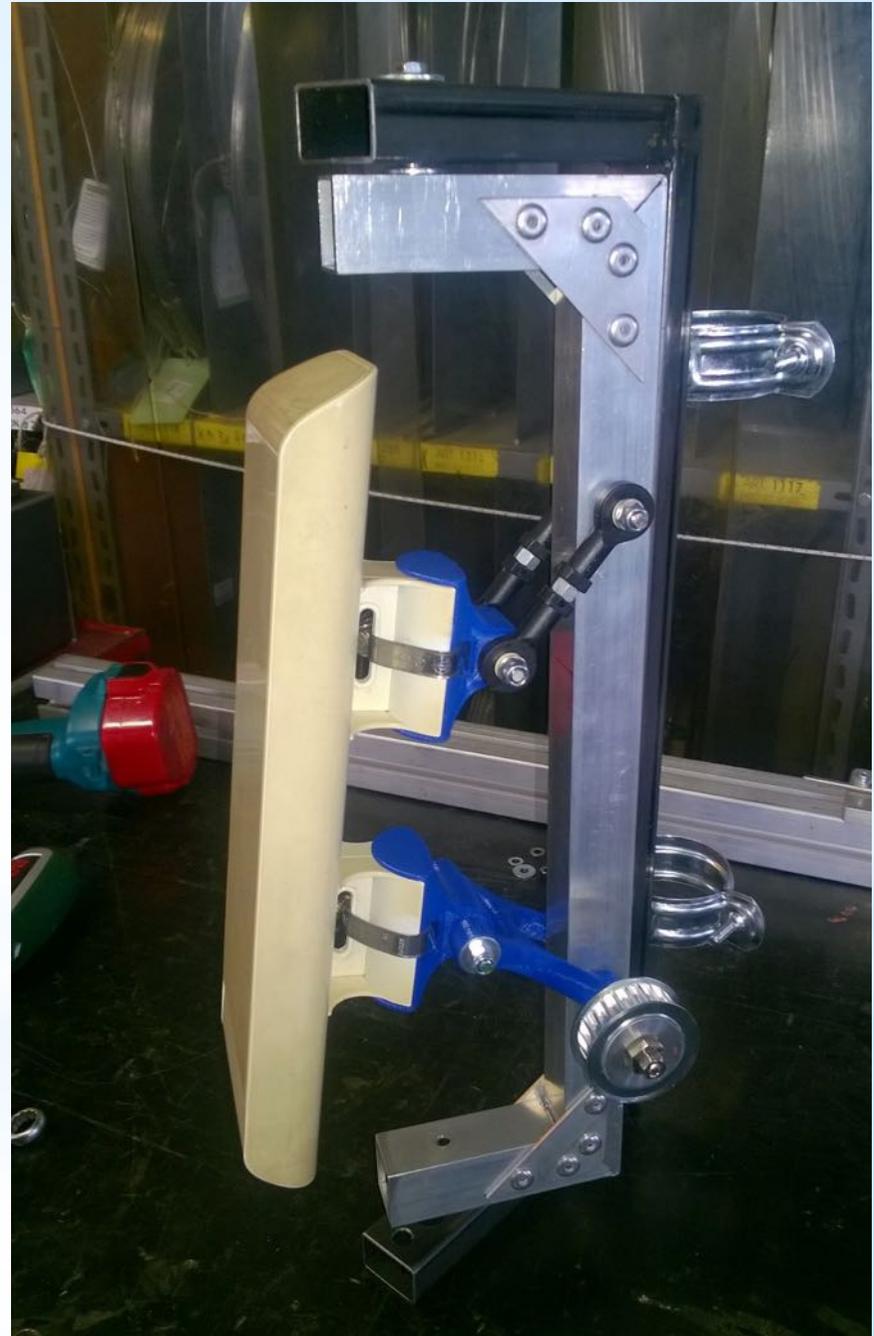


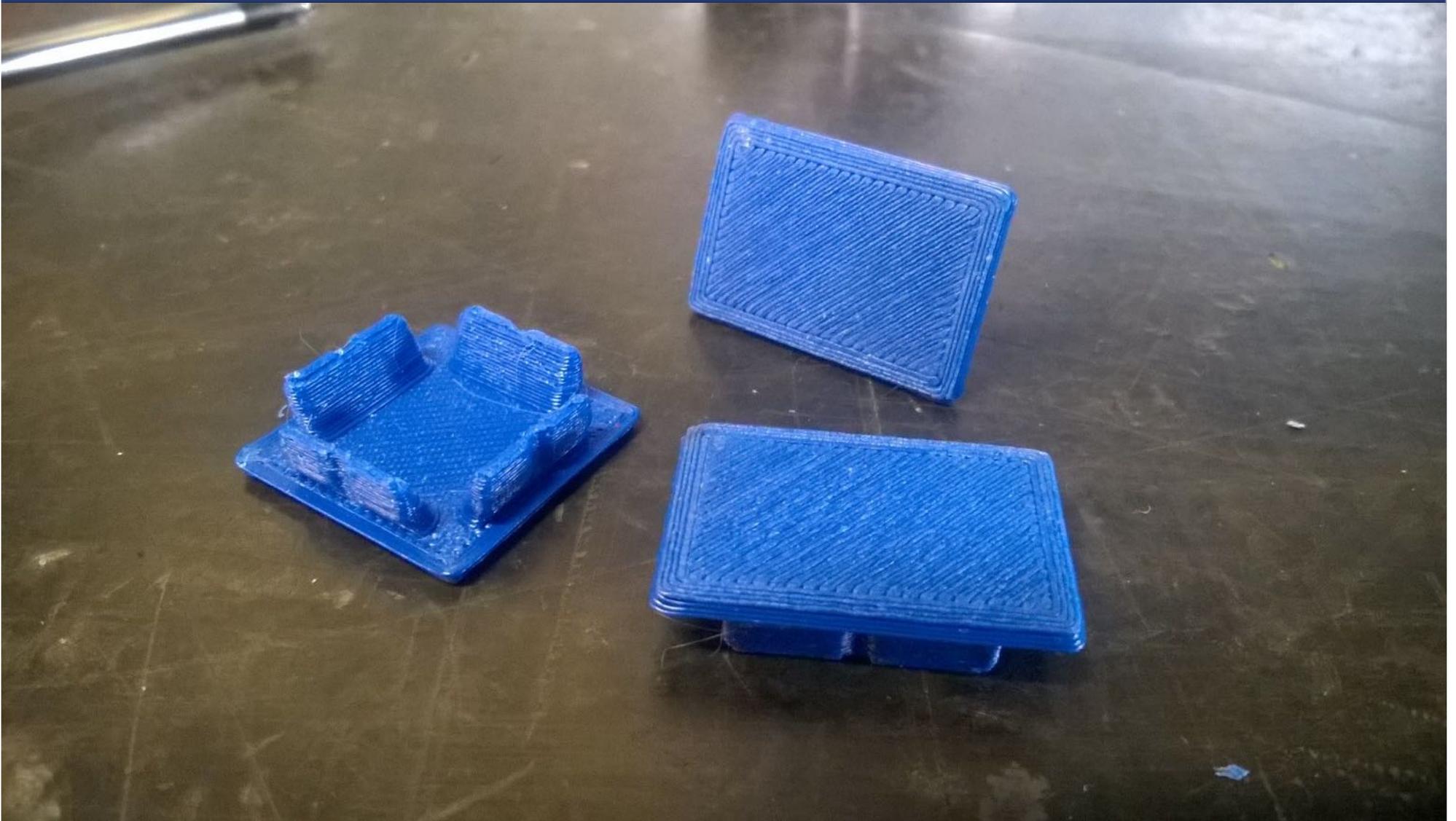
**Realizzazione**



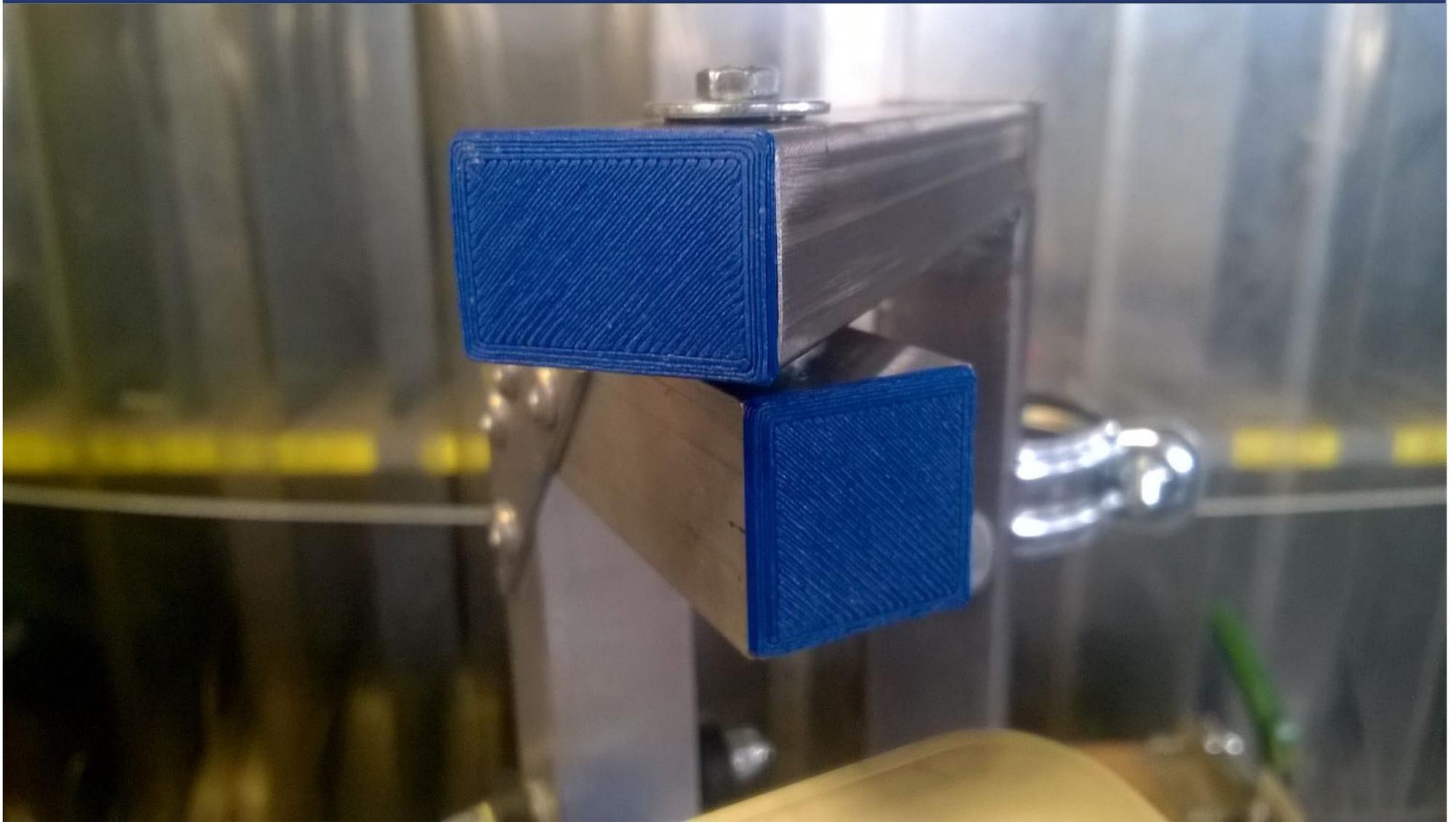
**Realizzazione**

# Realizzazione





**Realizzazione**



**Realizzazione**

Marco Musumeci

[www.MMRipetizioni.it](http://www.MMRipetizioni.it)

[crm.marco@gmail.com](mailto:crm.marco@gmail.com)

[www.firenze.ninux.org](http://www.firenze.ninux.org)

Materiale rilasciato con licenza **Creative Commons, CC BY-SA**

# Contatti e termini di utilizzo