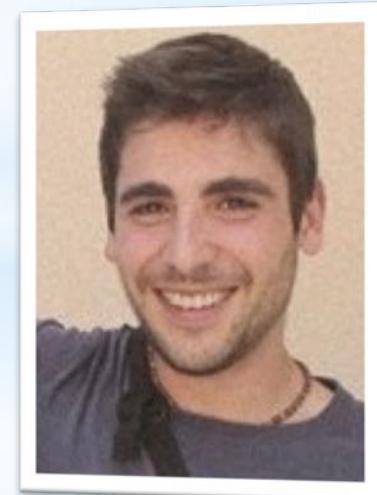


# Il Girantenna

Marco Musumeci

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

# Chi sono?

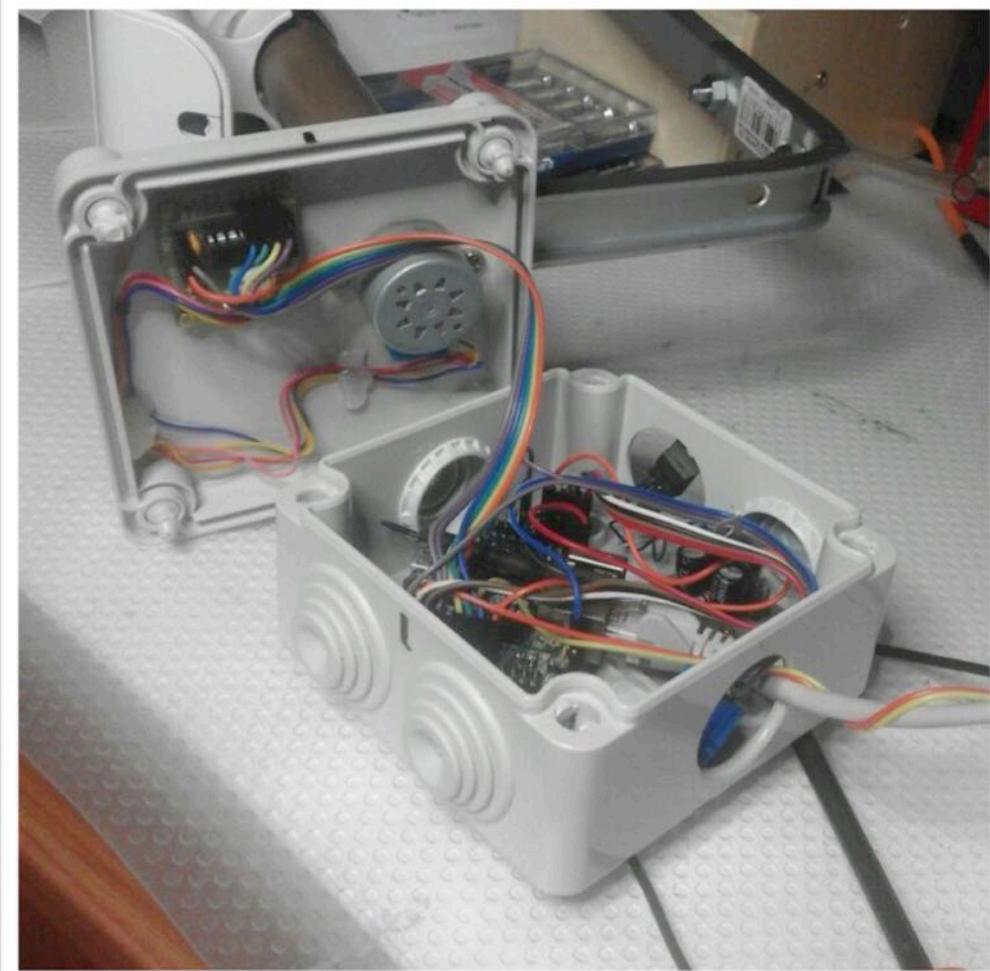




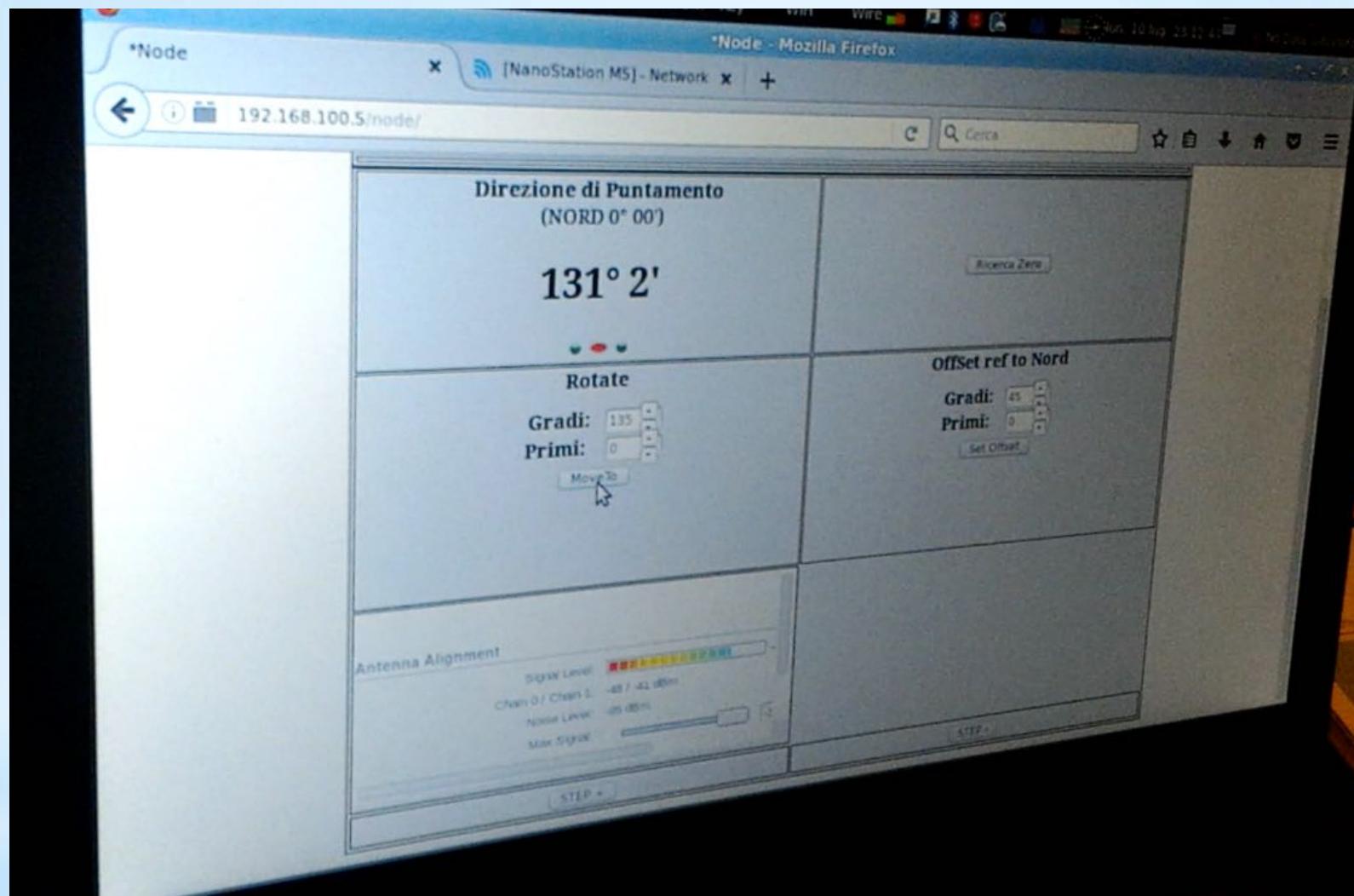
Ninux Firenze



Cos'è il Girantenna?

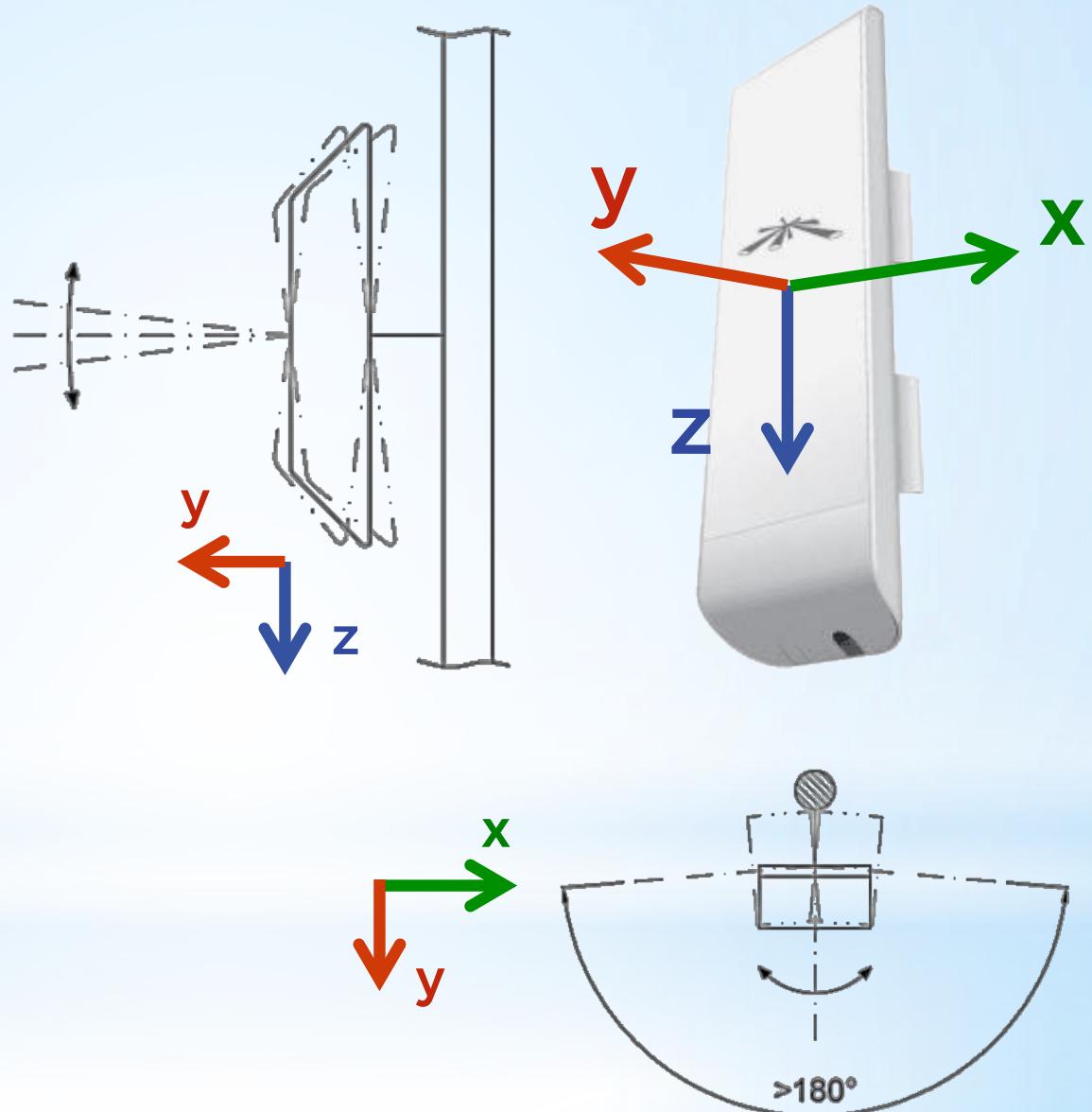


# Girantenna V1



# Interfaccia V1

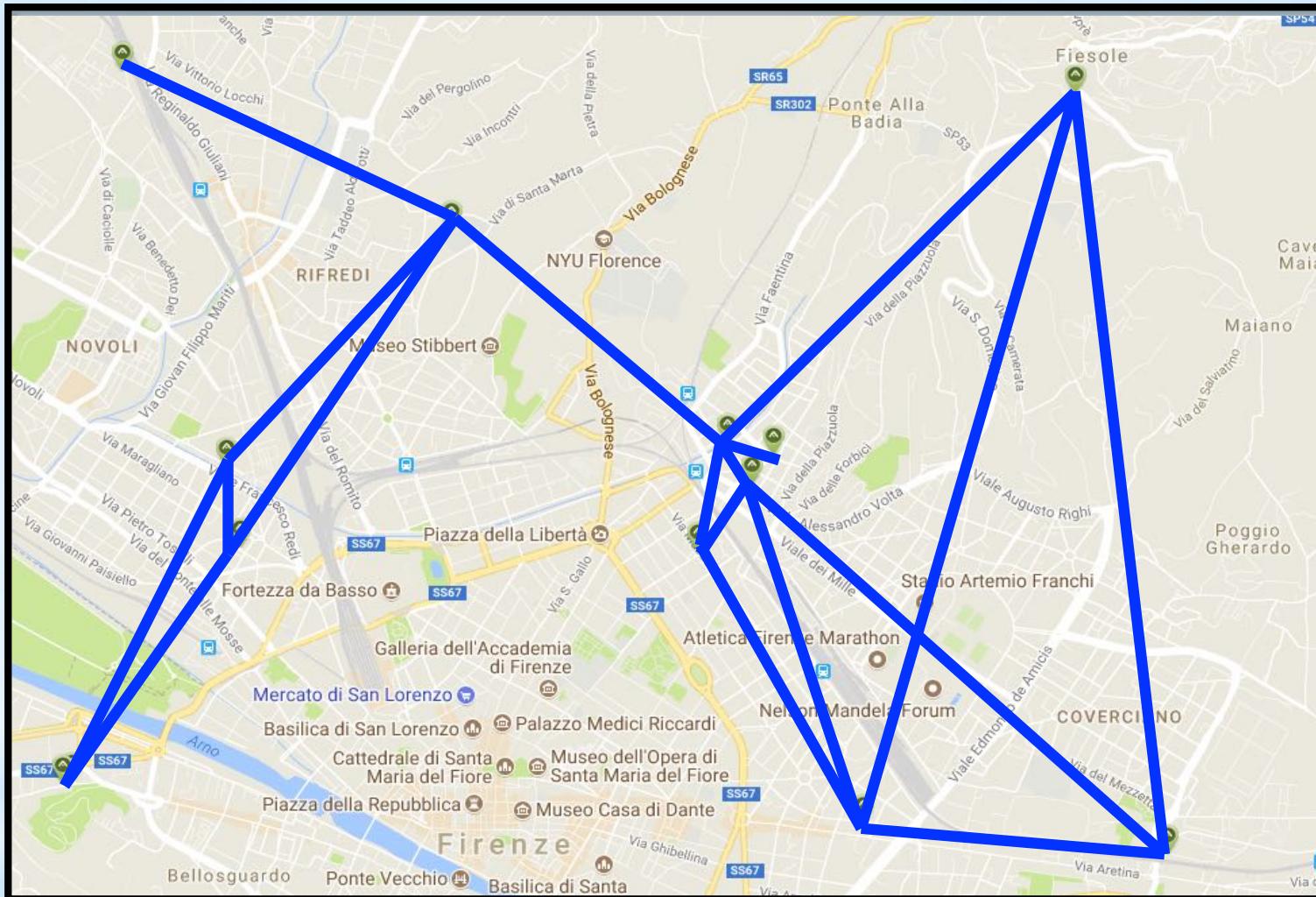
- Imbardata  
→ z
- Beccheggio  
→ x



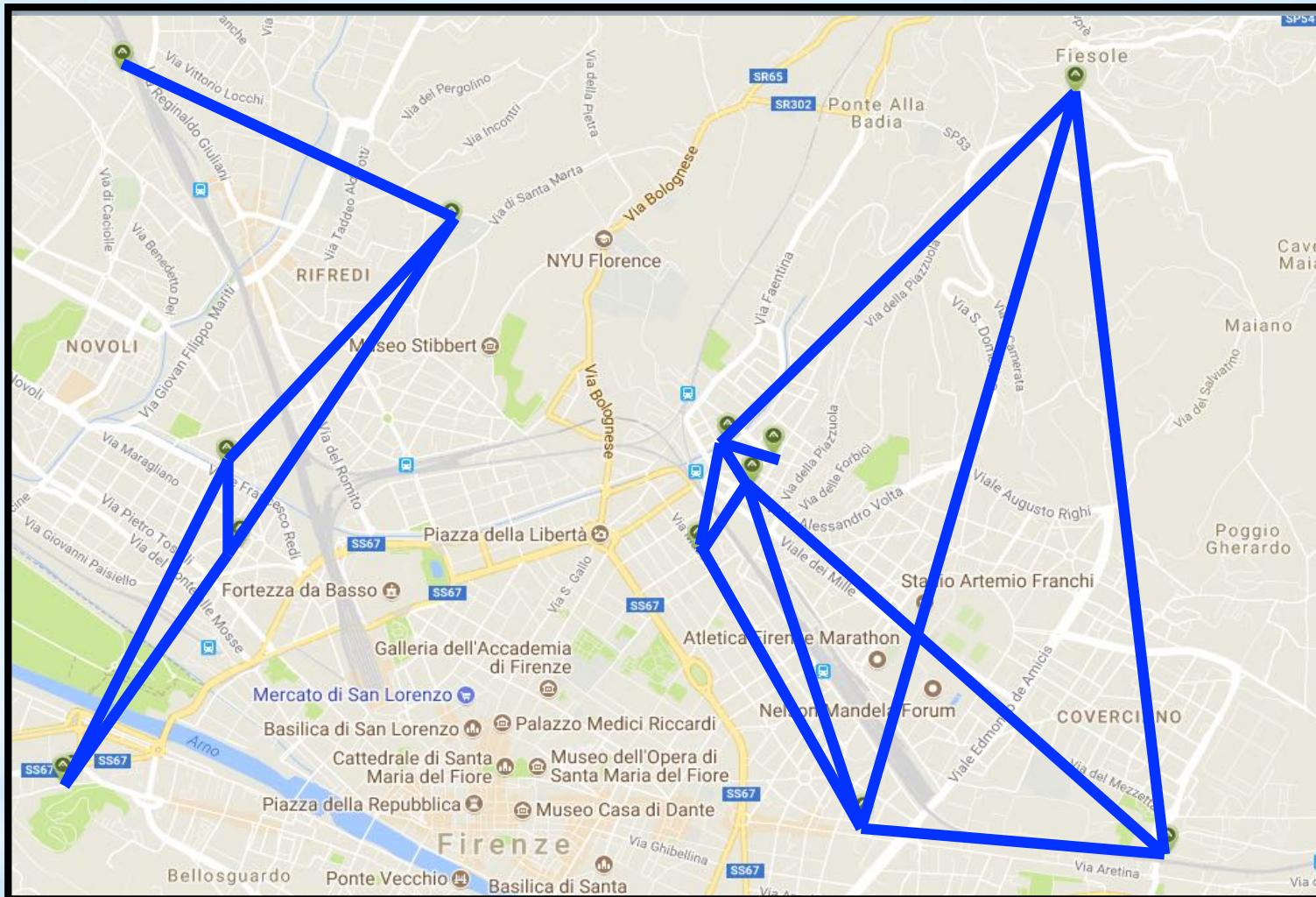
# Definizioni

Ma a cosa serve  
un'antenna che ruota?





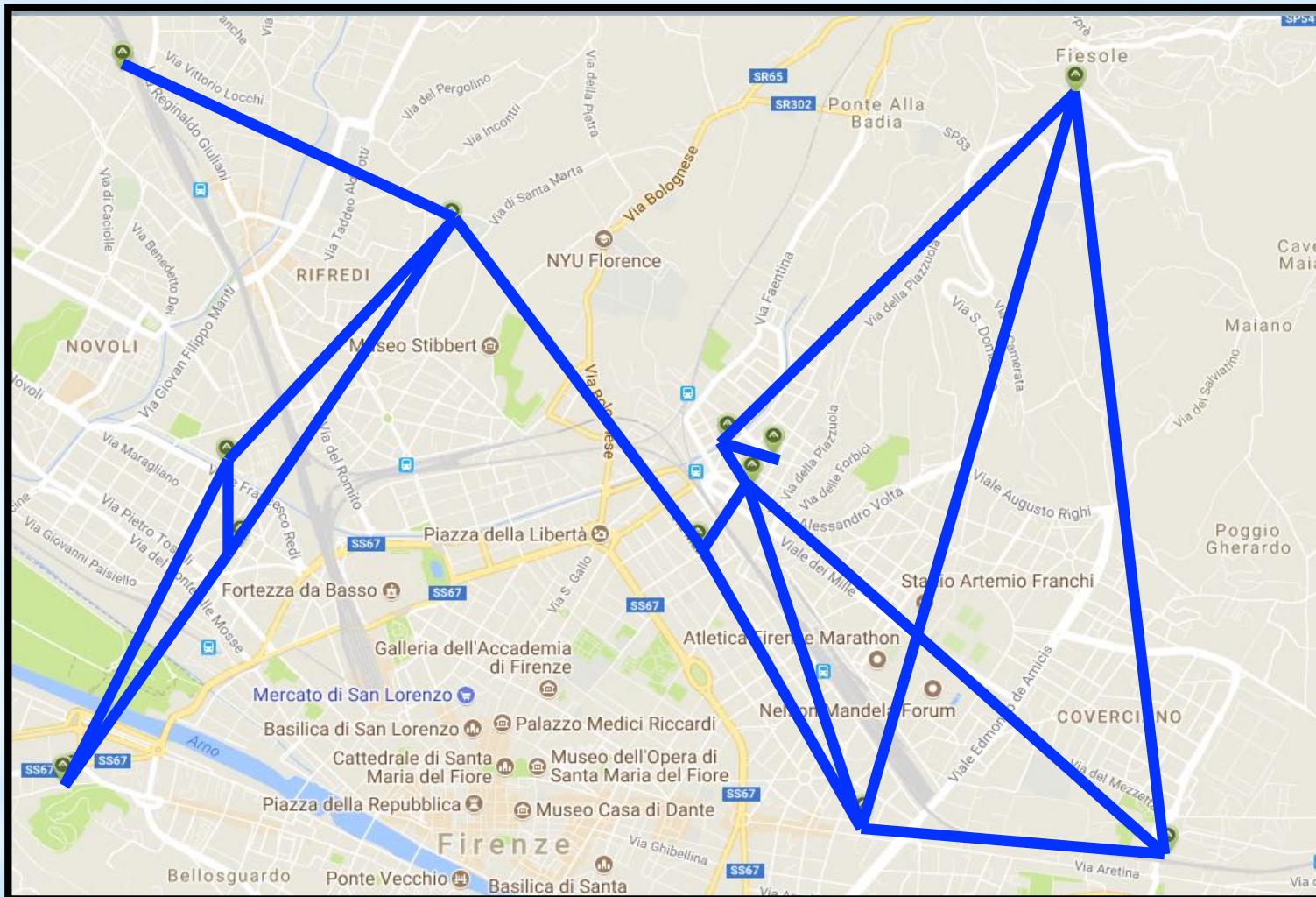
# 1) Stabilità della rete



# 1) Stabilità della rete



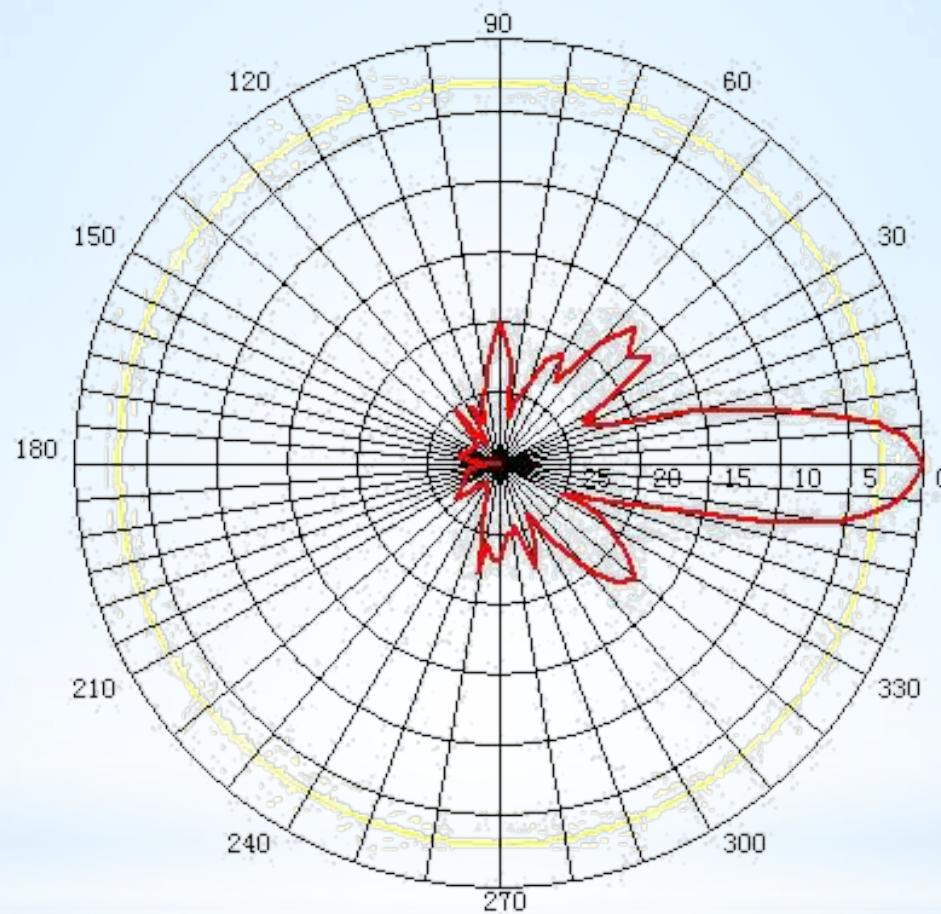
# 1) Stabilità della rete



# 1) Stabilità della rete

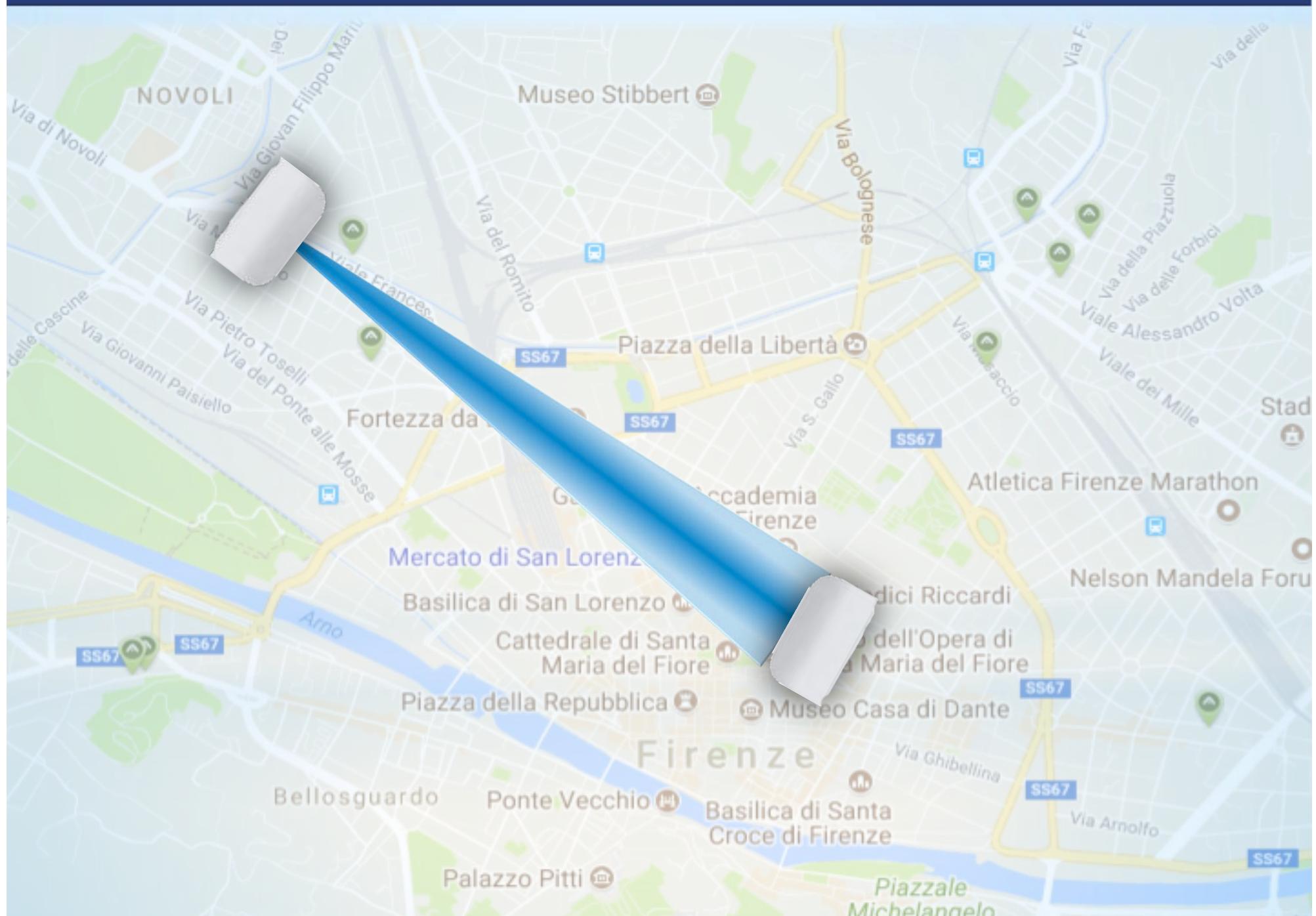


2) Ottimizzazione prestazioni



## 2) Ottimizzazione prestazioni







### 3) Sicurezza

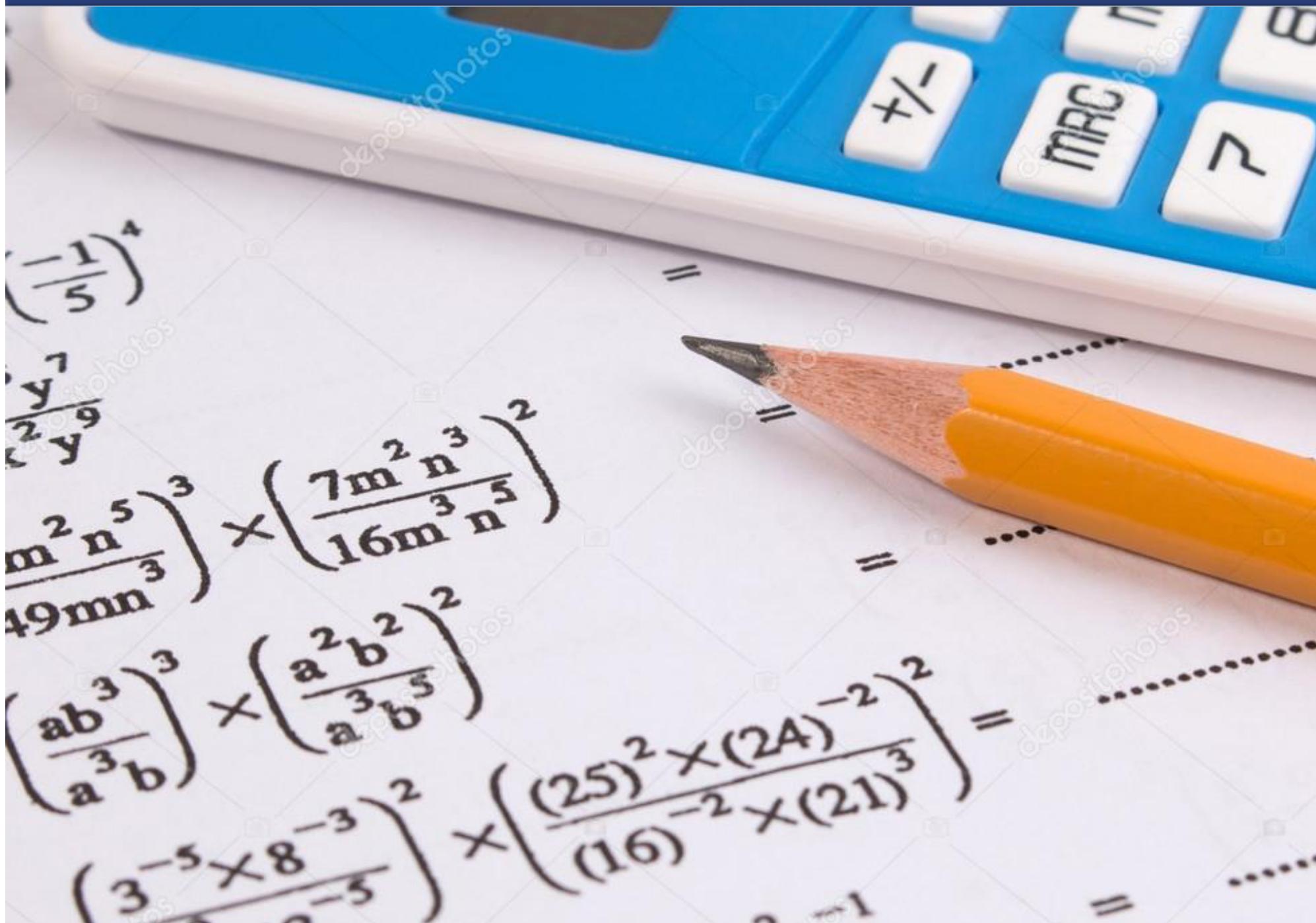


- ✓ 2 Motori
- ✓ Imbardata  $\pm 90^\circ$
- ✓ Beccheggio  $\pm 5^\circ$

# Requisiti



# Target di progettazione



1) Analisi cinematica

*Come si muove?*

2) Studio delle forze

*Come interagiscono?*

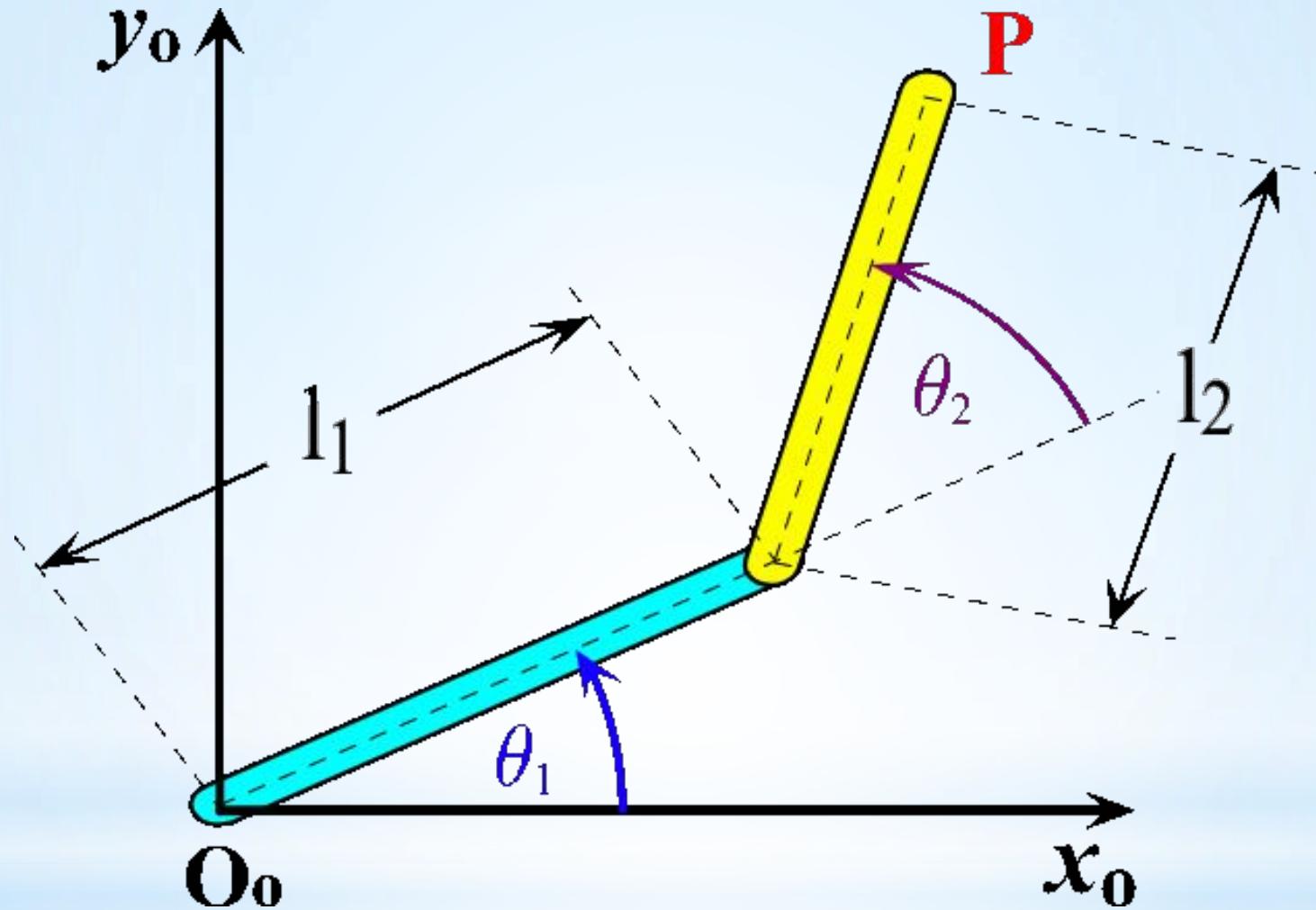
3) Analisi dinamica

*Quanto deve essere robusto?*

4) Verifiche

*Ma che regge??*

# Calcoli...



# Analisi Cinematica

## Definizioni

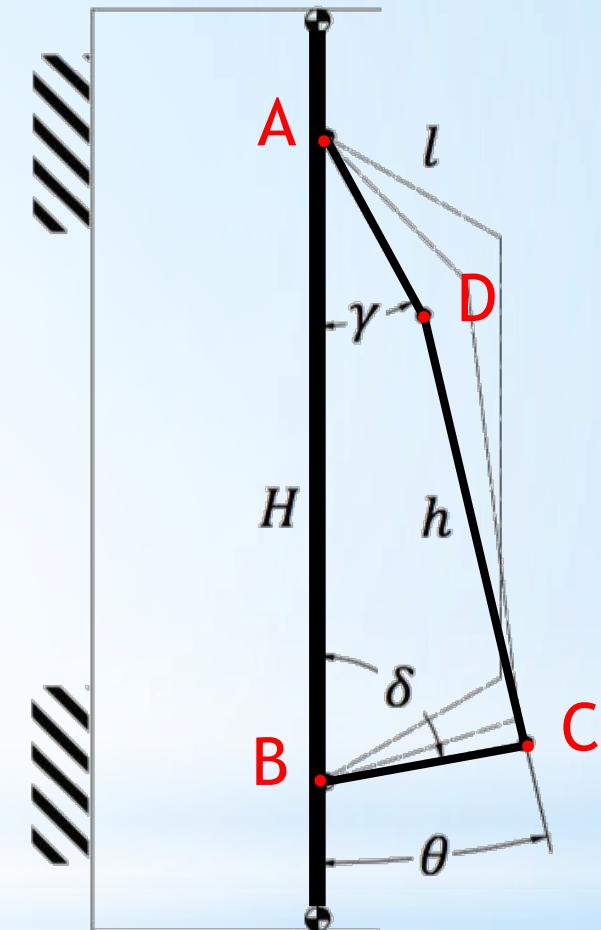
- Telaio  $\rightarrow AB = H$
- Bilanciere  $\rightarrow AD = BC = l$
- Biella  $\rightarrow CD = h$

## Cosa sappiamo?

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

## Cosa cerchiamo?

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



# TRIGONOMETRY?



## CHALLENGE ACCEPTED

$$l \cdot \sin \delta = l \cdot \sin \gamma + h \cdot \sin \vartheta$$

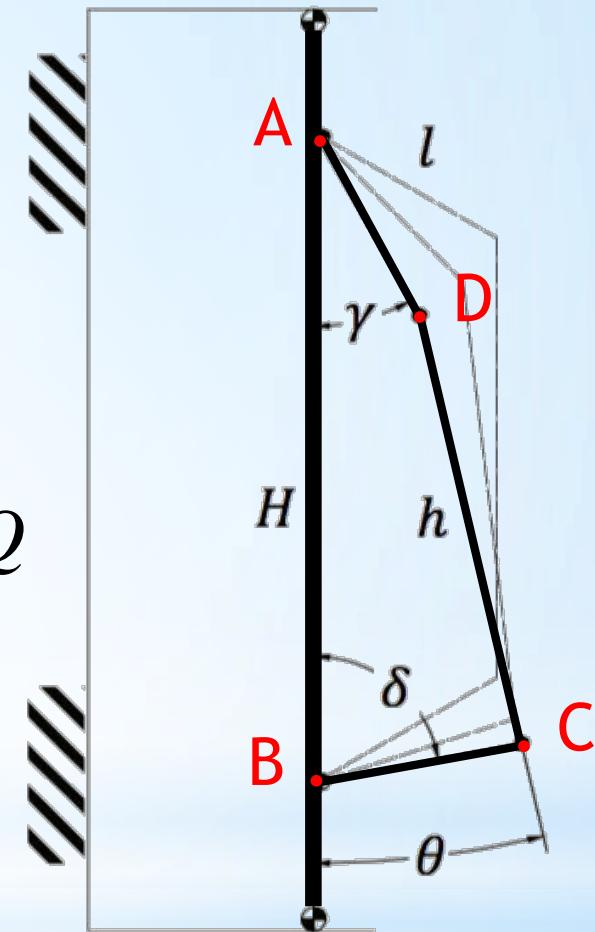
$$H = l \cdot \cos \gamma + h \cdot \cos \vartheta + l \cdot \cos \delta$$

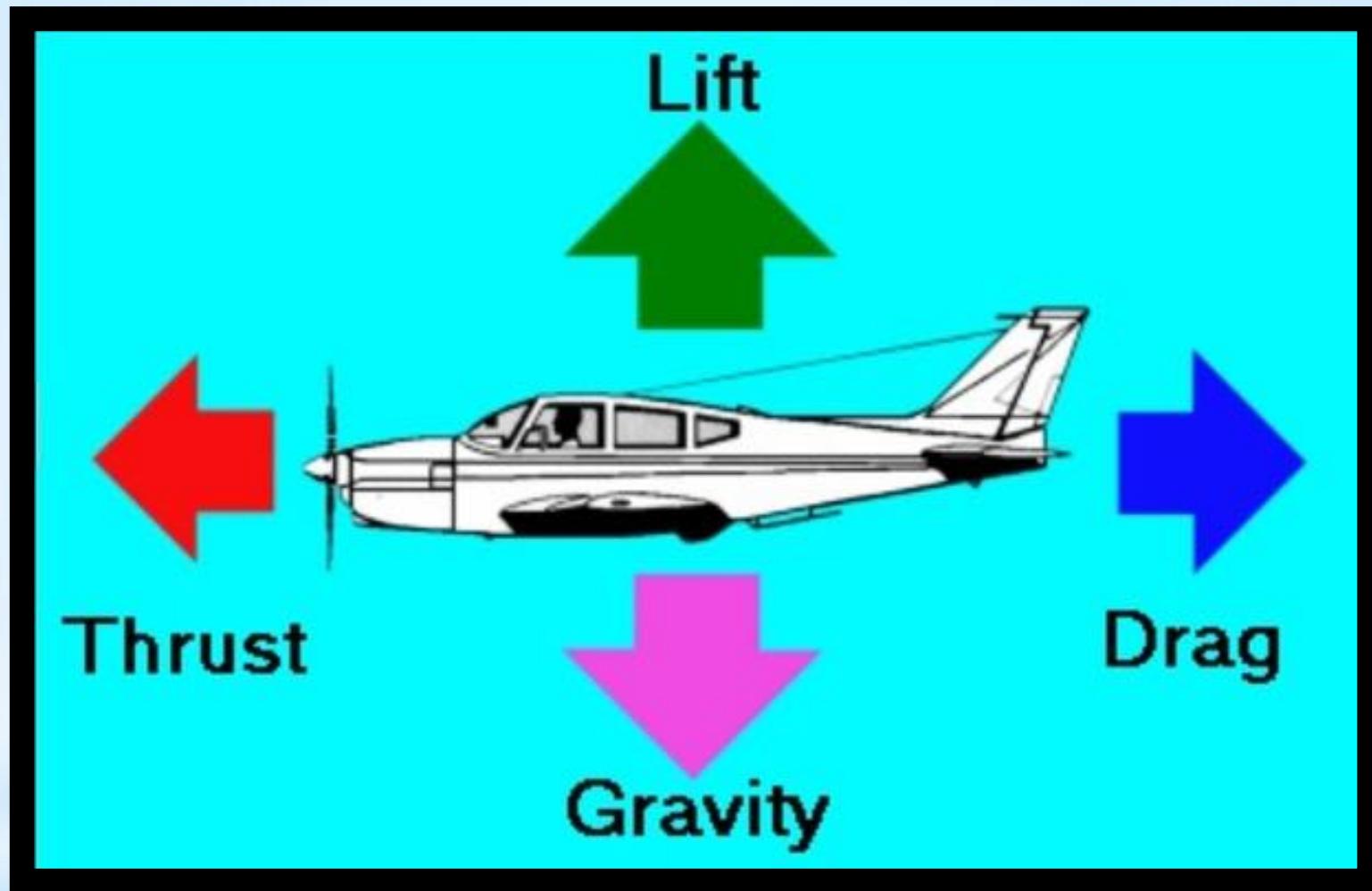
$$\rightarrow \tan\left(\frac{\gamma-\delta}{2}\right) = \frac{h \cdot \sin \vartheta}{H - h \cdot \cos \vartheta} = P$$

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

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

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

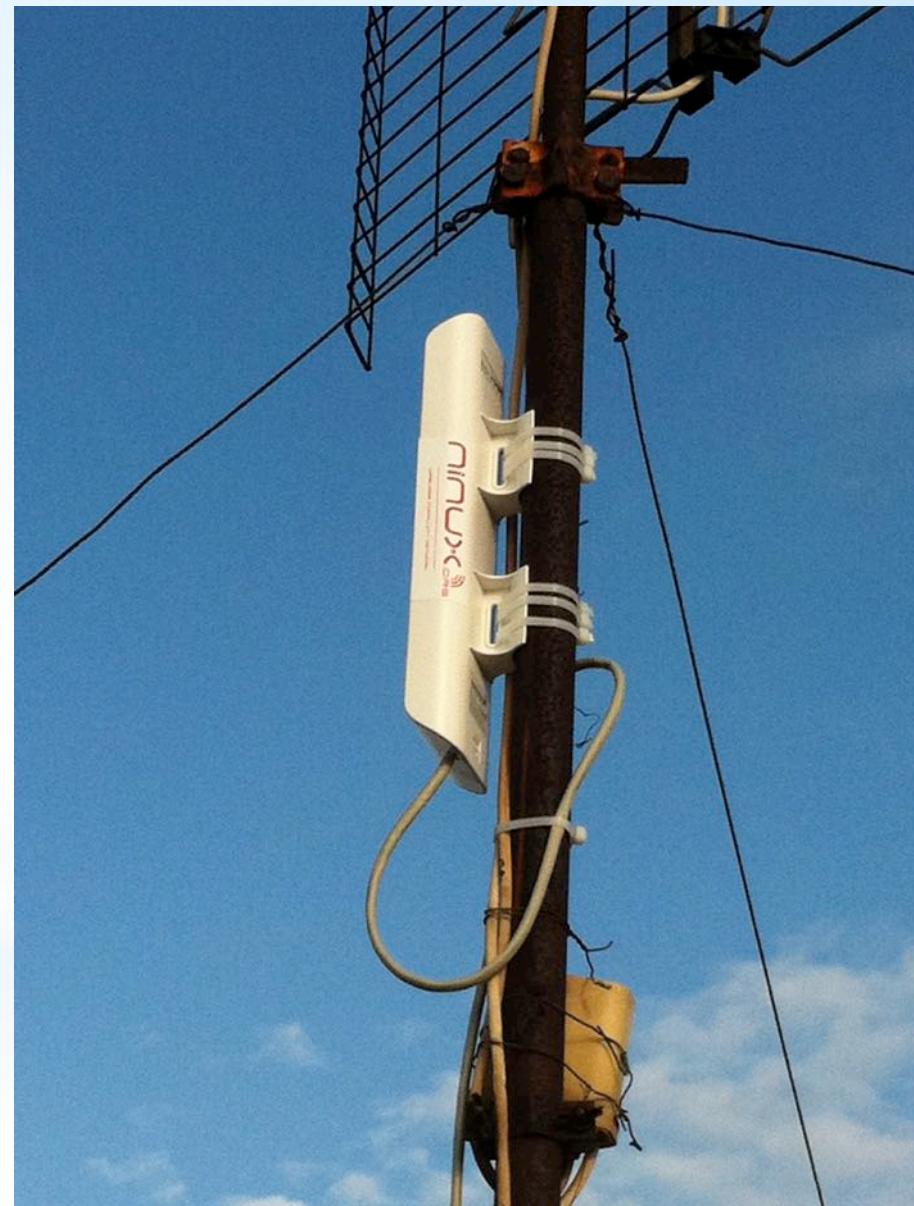




# Studio delle Forze

## *Elementi in gioco*

- Gravità
- Vento



## *Pressione del vento*

$$F = P \cdot A$$

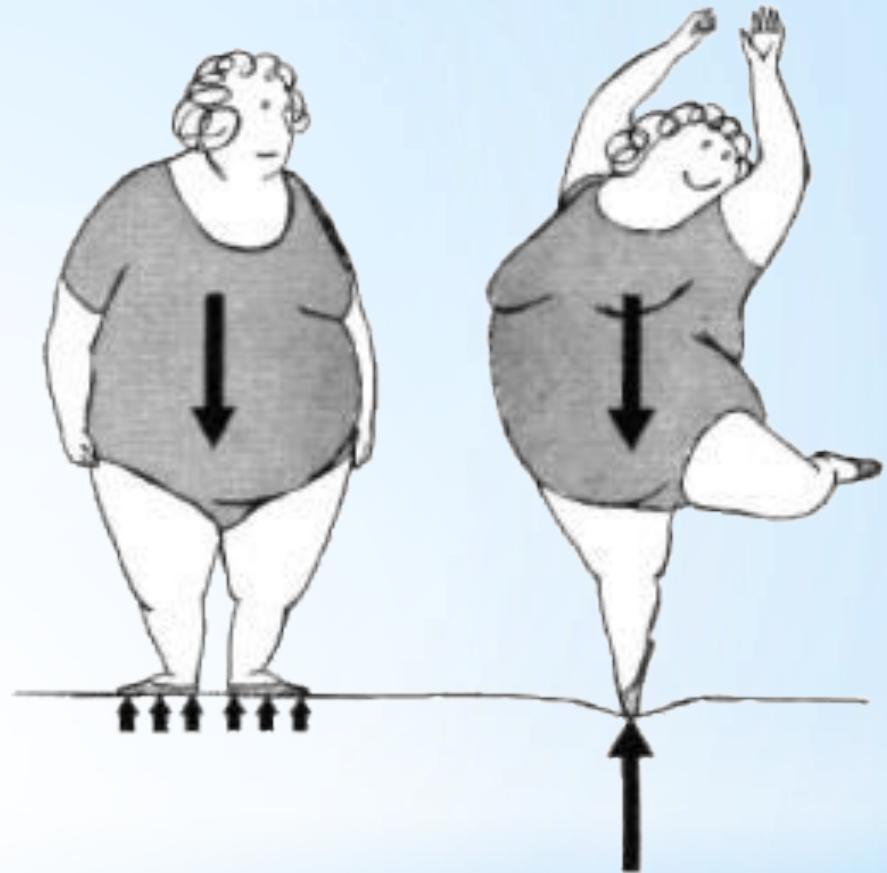
## *Cosa sappiamo?*

- 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*



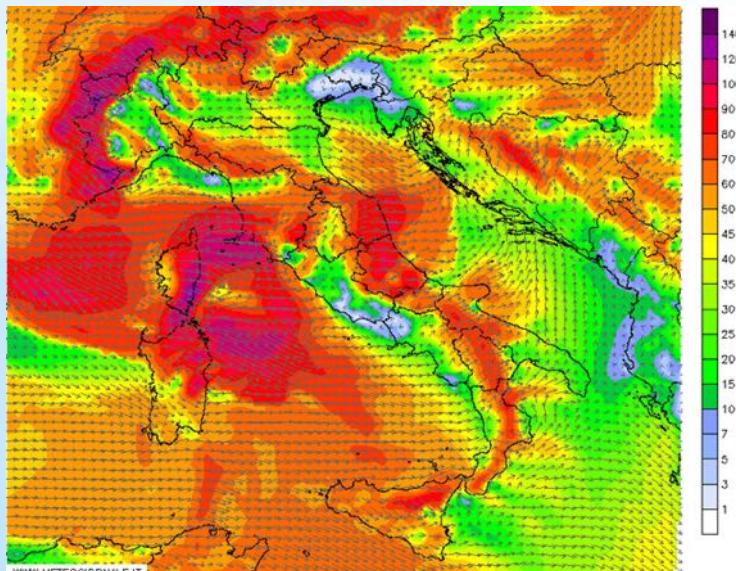
$$p = \frac{1}{2} \rho \cdot v_b^2 \cdot c_e \cdot c_p \cdot c_d$$

$$P = \frac{1}{2} \rho \cdot v_b^2 \cdot C_e \cdot C_p \cdot C_d$$

- $\rho$  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 Peppe 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



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

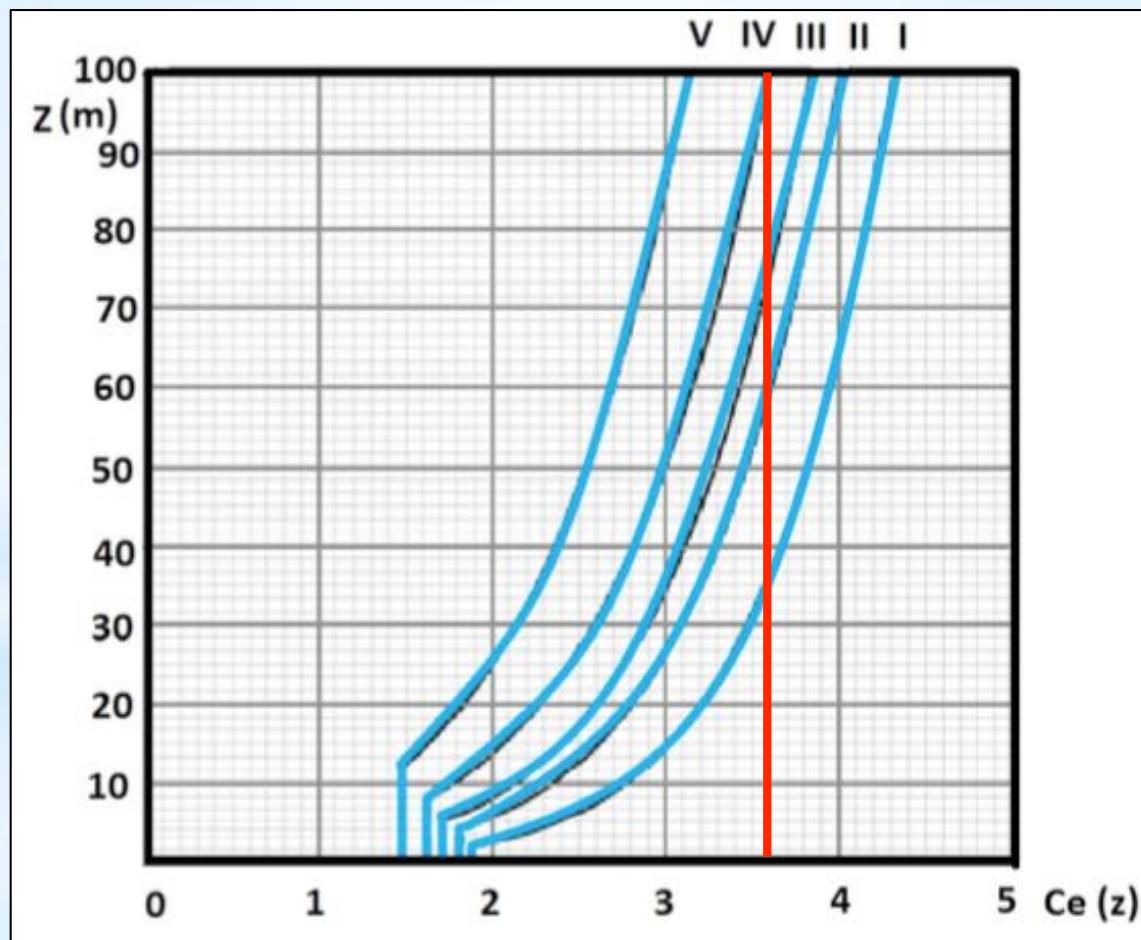
- $c_e$  coefficiente di esposizione



ZONE 1,2,3,4,5						ZONA 9	
			costa	mare	750m		
	2 km	10 km	30 km			costa	mare
A	--	IV	IV	V	V	V	I
B	--	III	III	IV	IV	IV	I
C	--	*	III	III	IV	IV	I
D	I	II	II	II	III	**	I
* Categoria II in zona 1,2,3,4    Categoria III in zona 5							
** Categoria III in zona 2,3,4,5    Categoria IV in zona 1							
ZONA 6						ZONE 7,8	
			costa	mare	500m		
	2 km	10 km	30 km			costa	mare
A	--	III	IV	V	V	--	IV
B	--	II	III	IV	IV	--	IV
C	--	II	III	III	IV	--	III
D	I	I	II	II	III	II	*
* Categoria II in zona 8							
** Categoria III in zona 7							

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

- $c_e$  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 → valore cautelativo

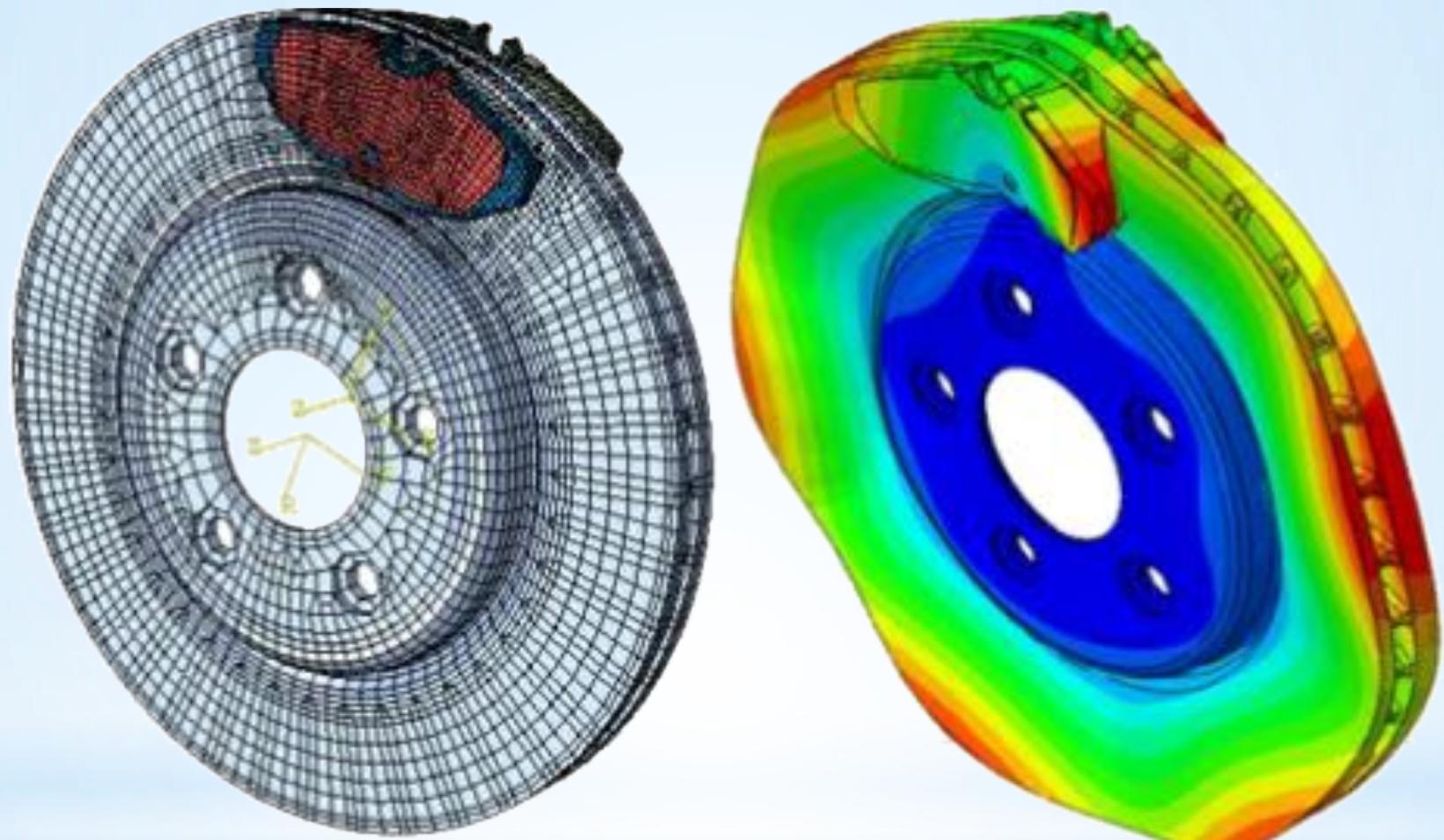
- $v_b$  coefficiente dinamico

1 → valore cautelativo

$$F = P \cdot A$$

→  $P = 6750 \text{ N/m}^2$





# Analisi dinamica

## *Cosa sappiamo?*

- Geometria (A)
- Forze

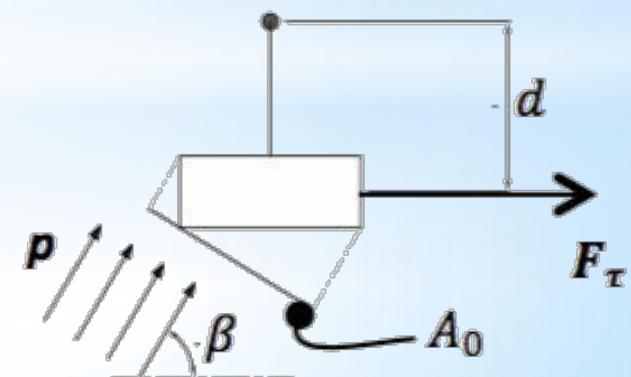
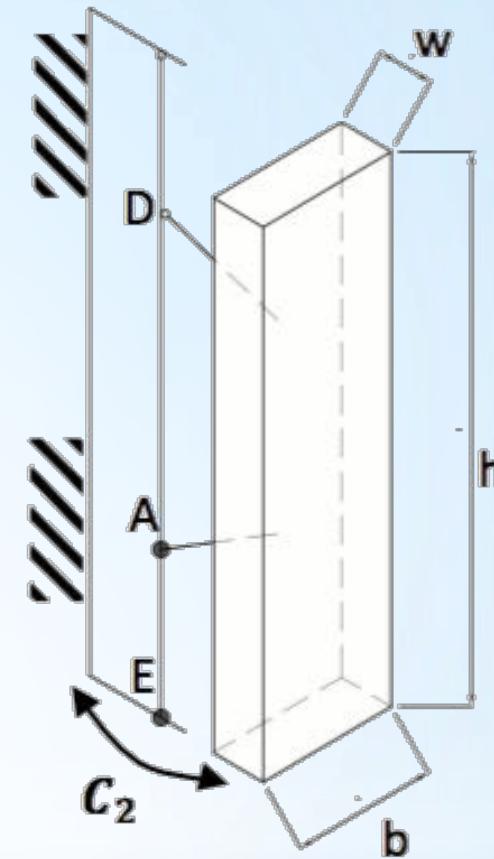
## *Cosa cerchiamo?*

- Sforzi sulla struttura
- Sforzi sui motori



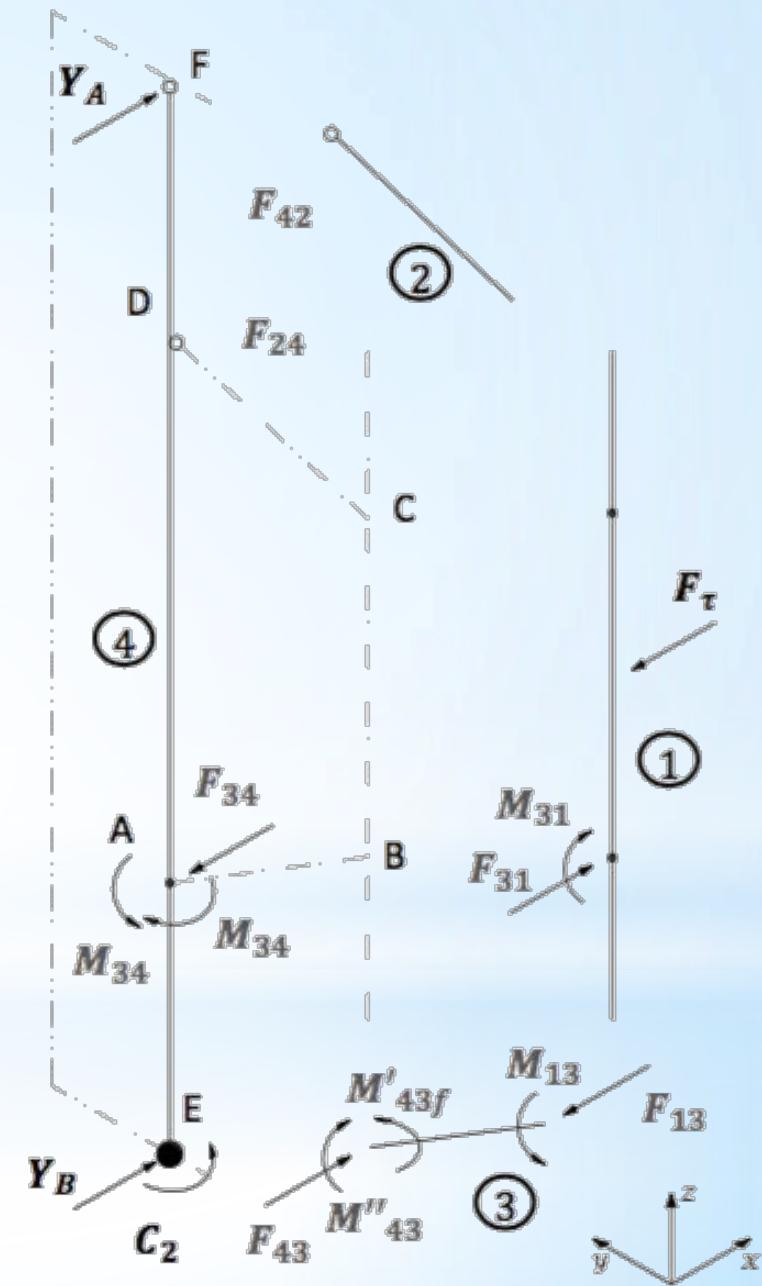
## 1. Schematizzazione

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

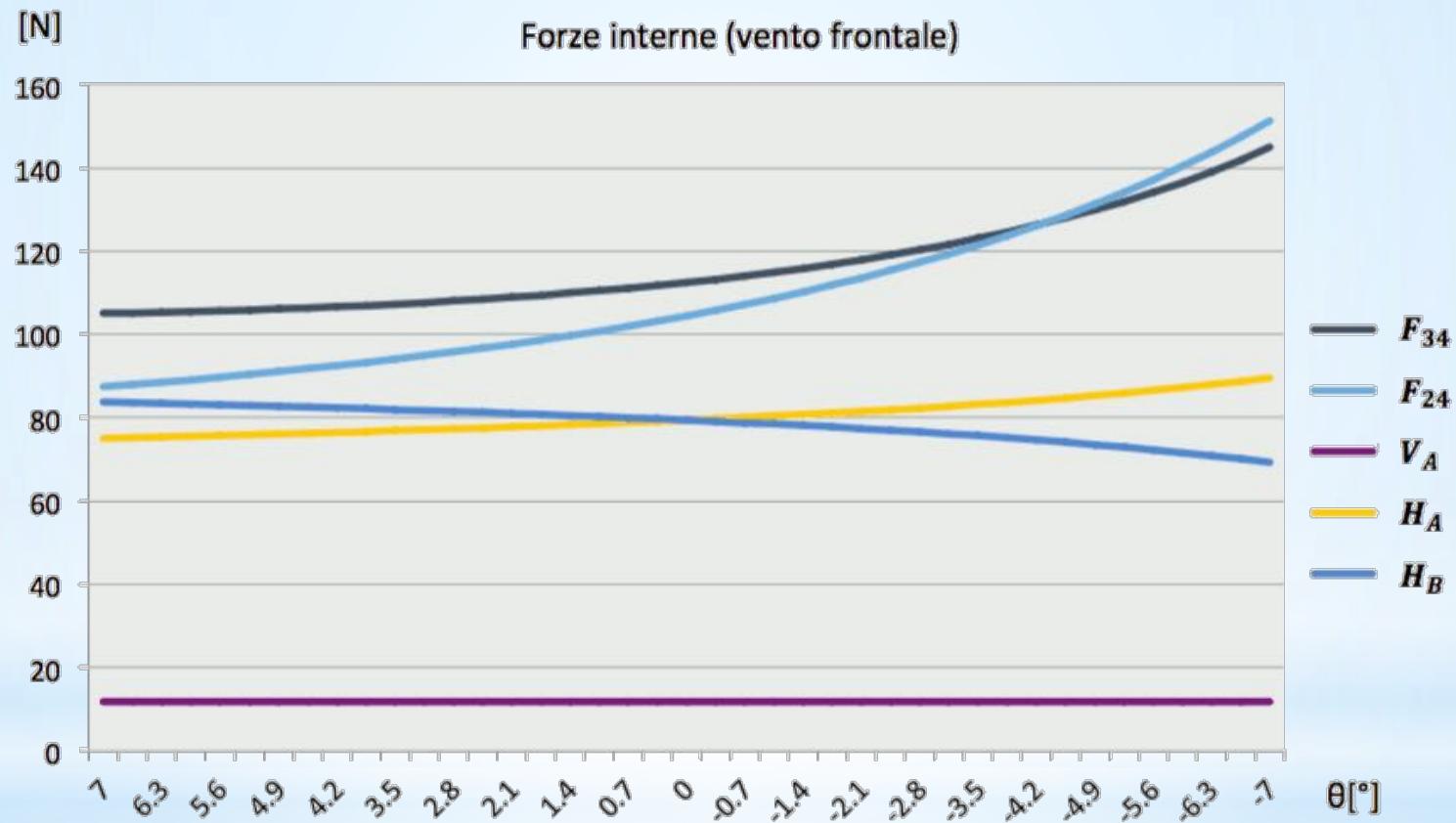


## 2. Come agiscono le forze?

- Scomposizione della struttura
- Come interagiscono i membri?

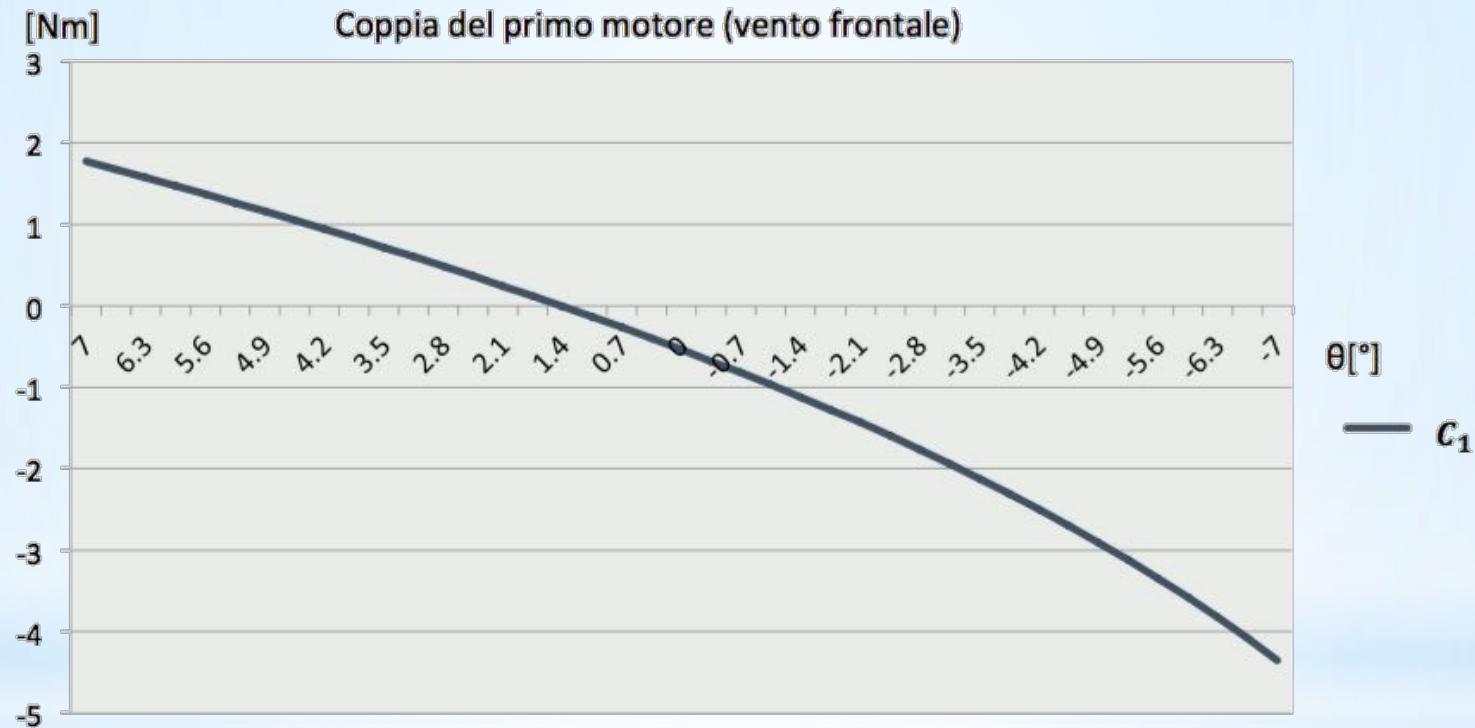


### 3. Primi risultati



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

### 3. Primi risultati

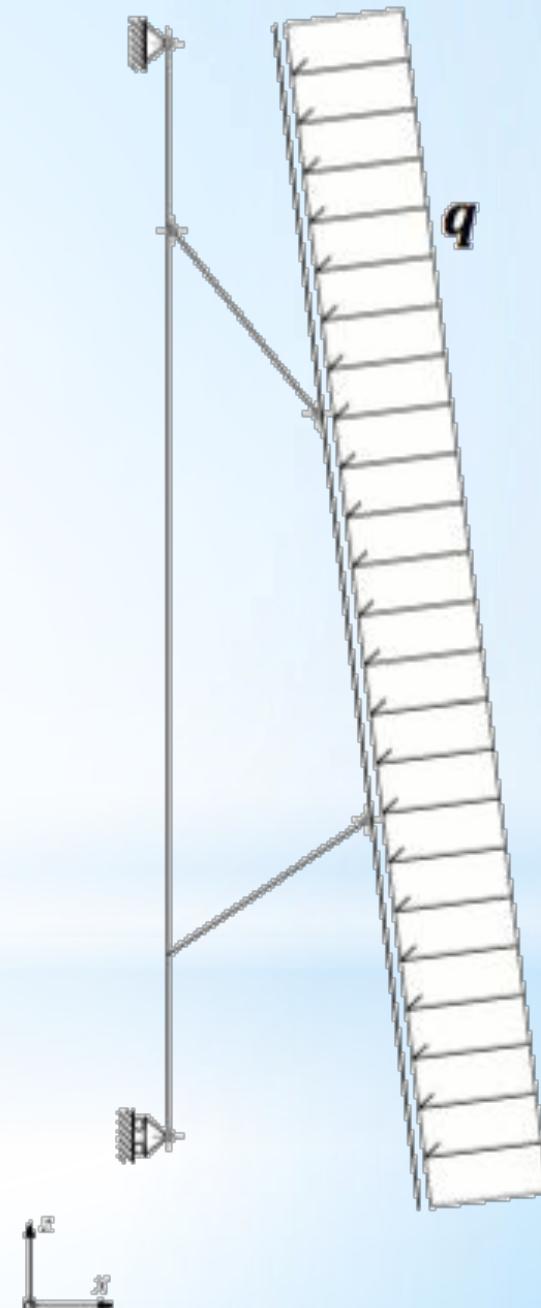


- Massimi sforzi per  $\vartheta = -7^\circ$

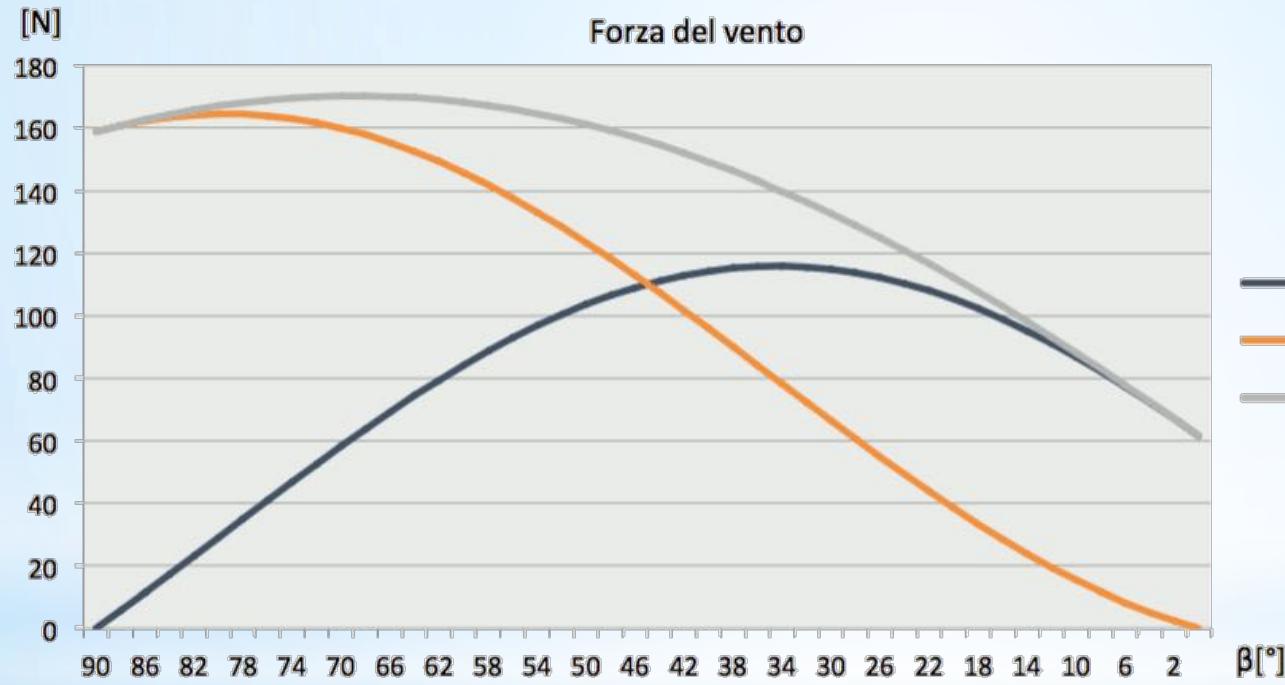
### 3. Primi risultati

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

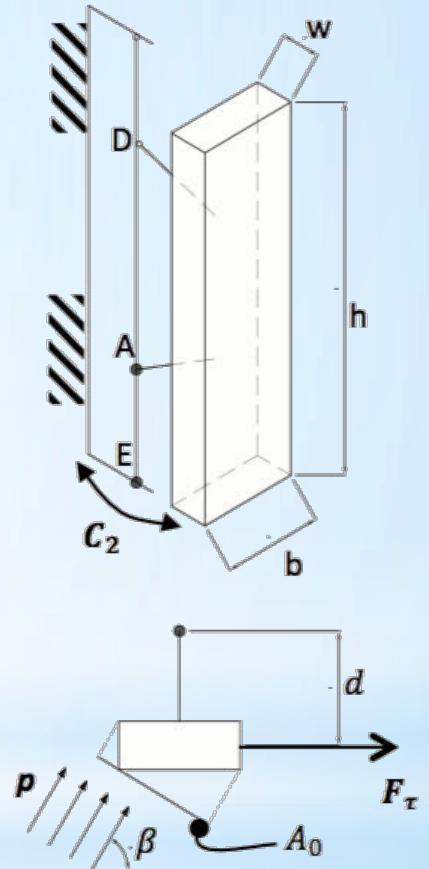
Studio questa  
configurazione →



### 3. Primi risultati

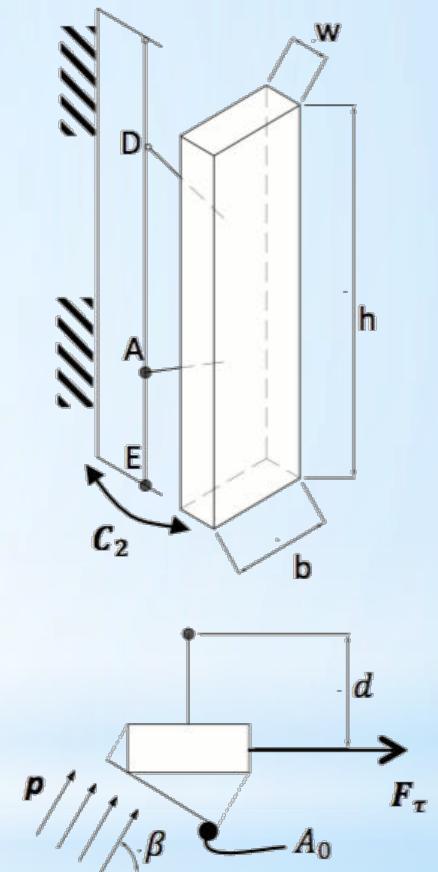
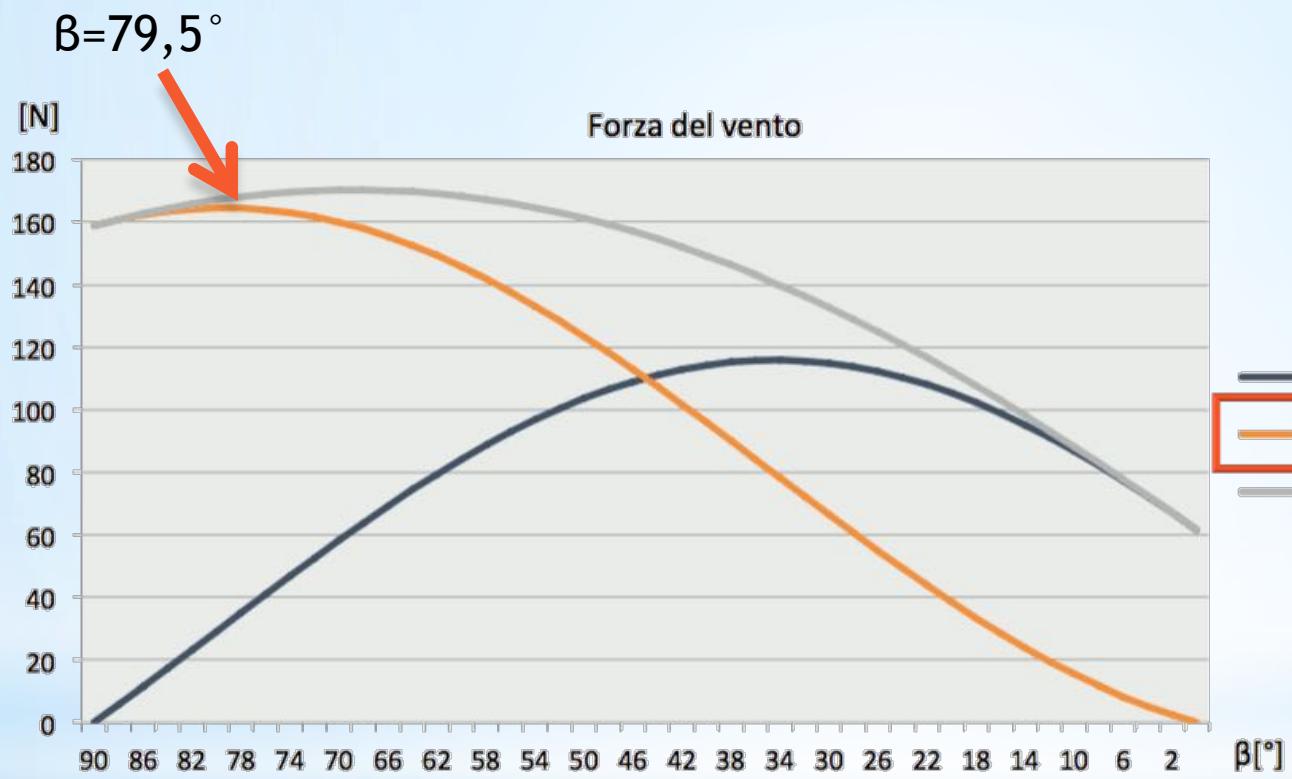


$F_\tau$   
 $F_n$   
 $F$



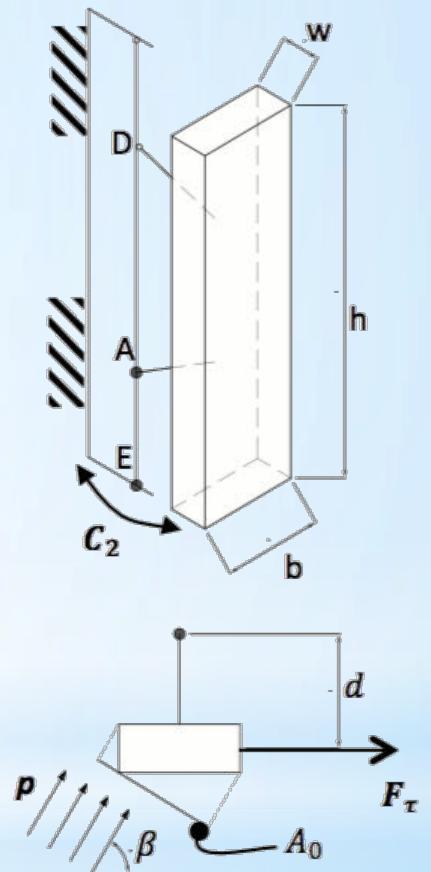
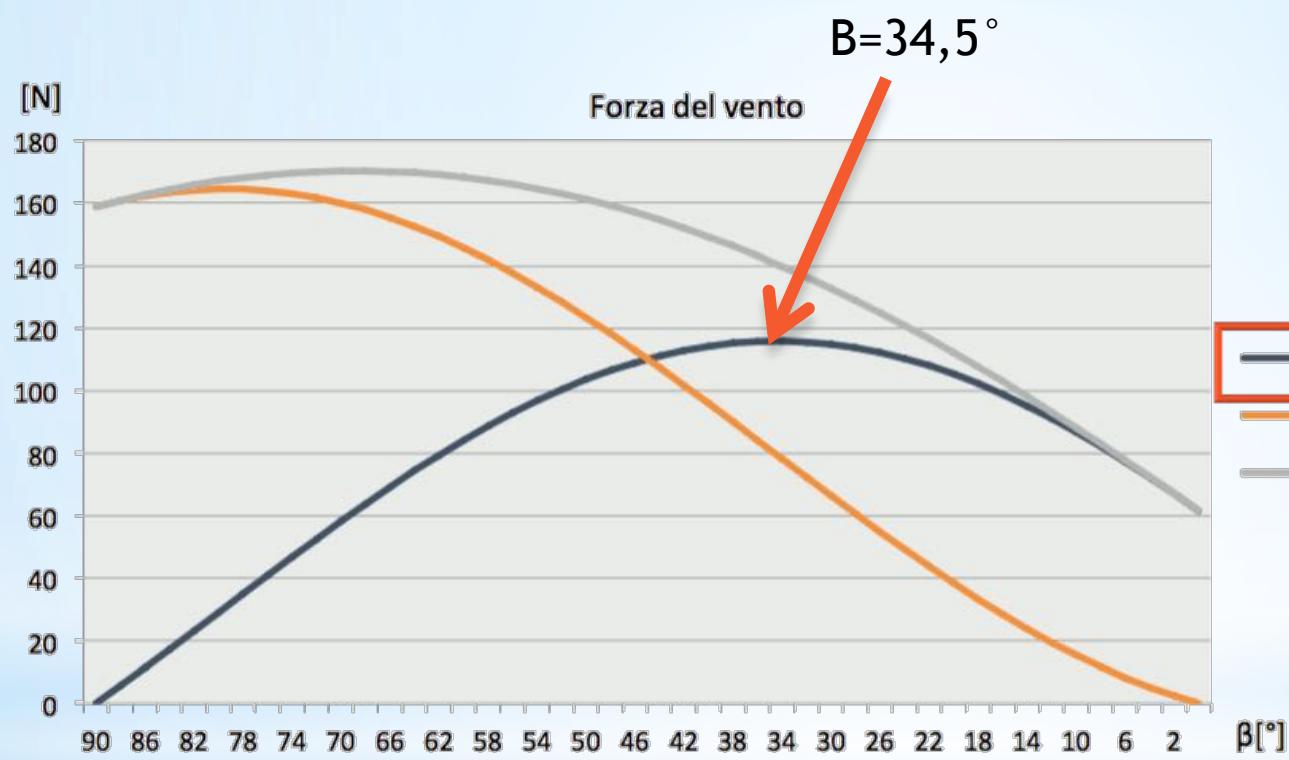
- Massimi sforzi per

### 3. Primi risultati



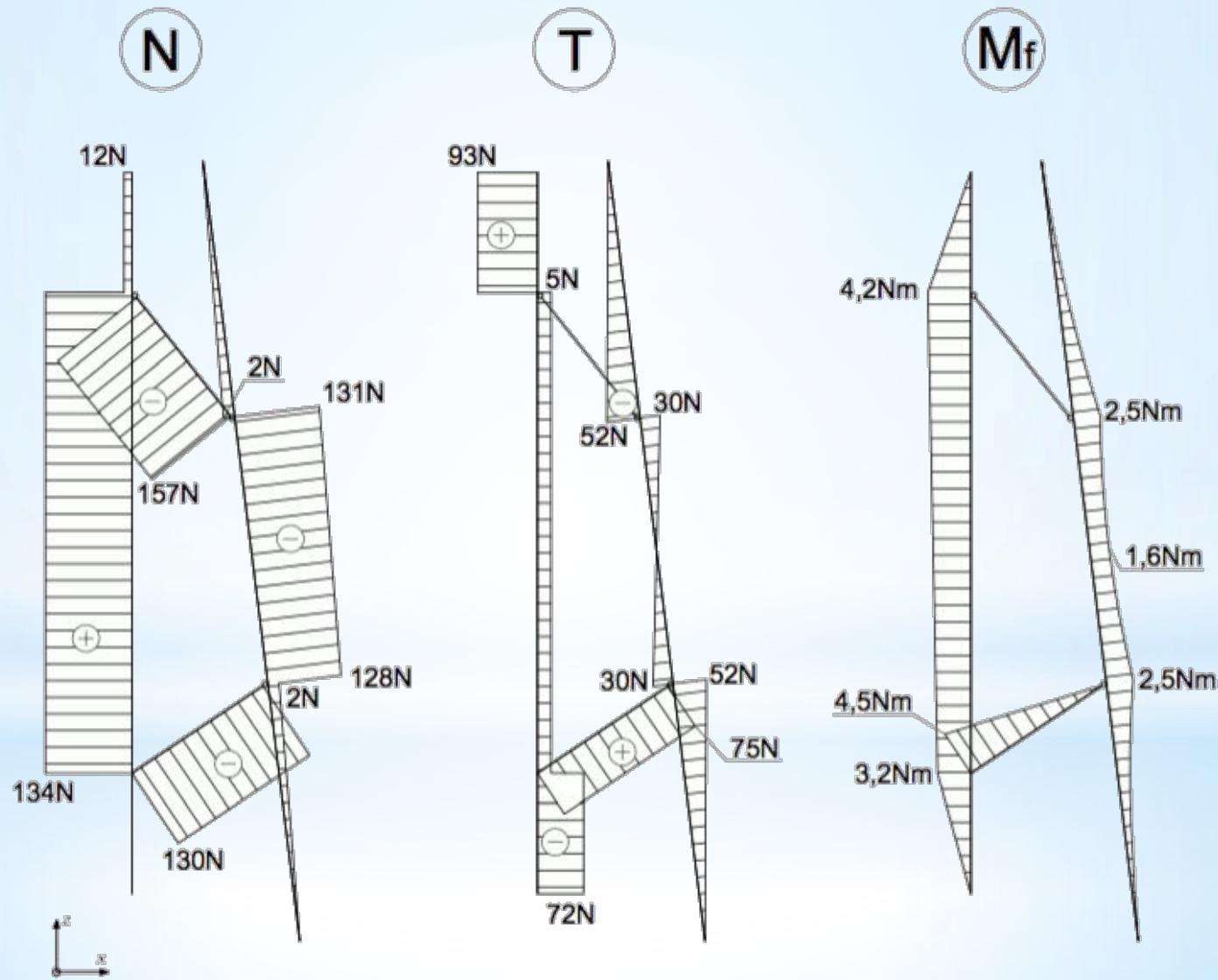
- Massimi sforzi per

### 3. Primi risultati

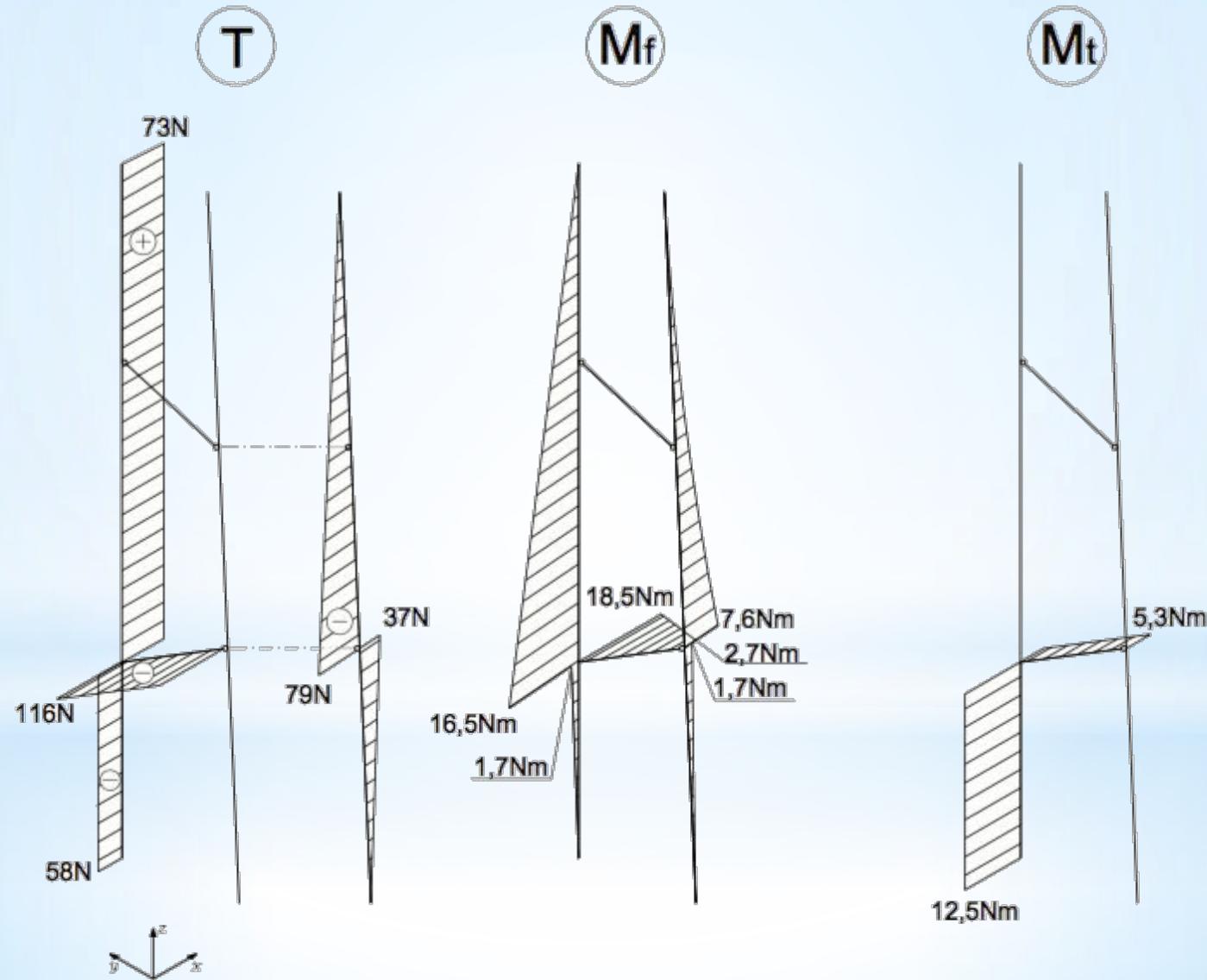


- Massimi sforzi per

### 3. Primi risultati

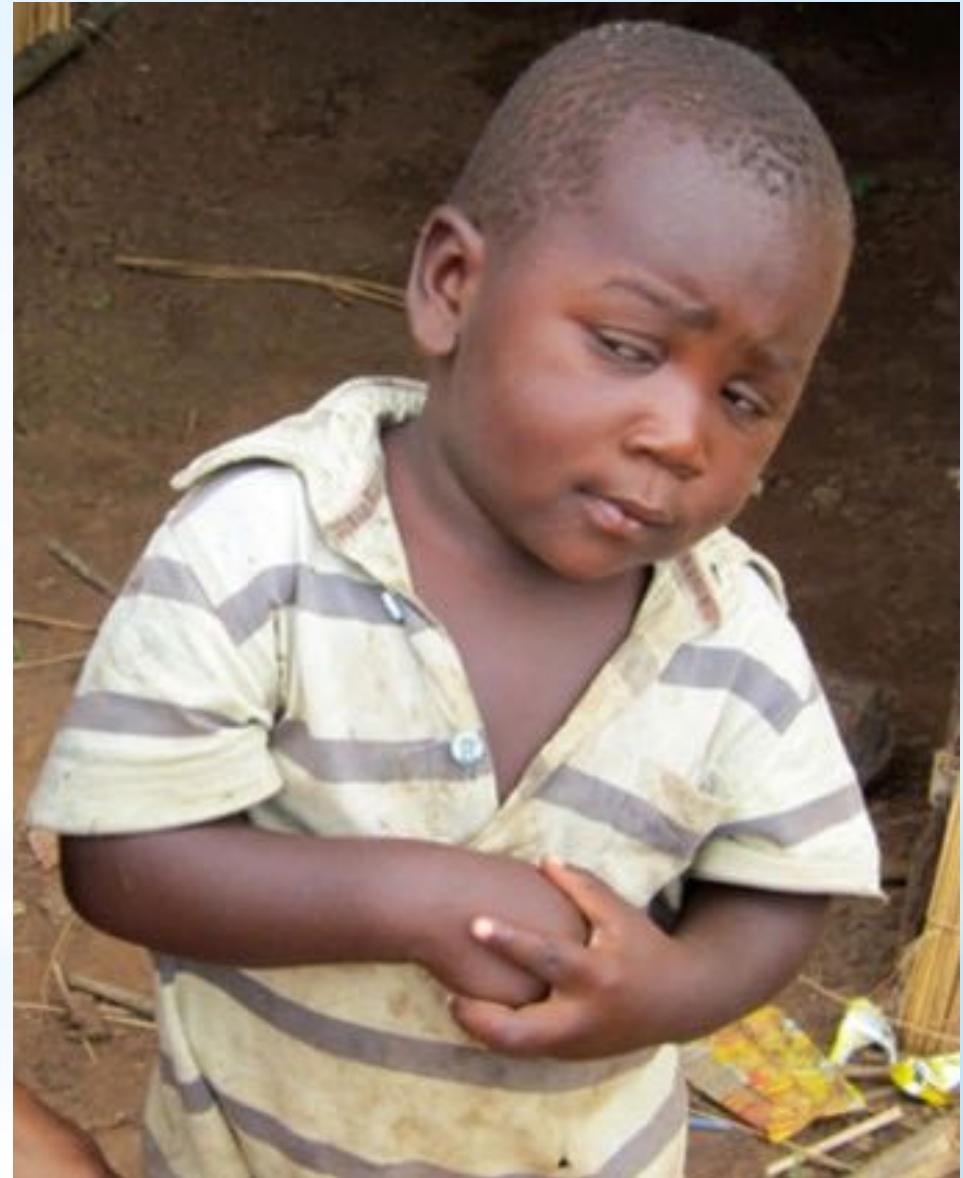


### 3. Primi risultati

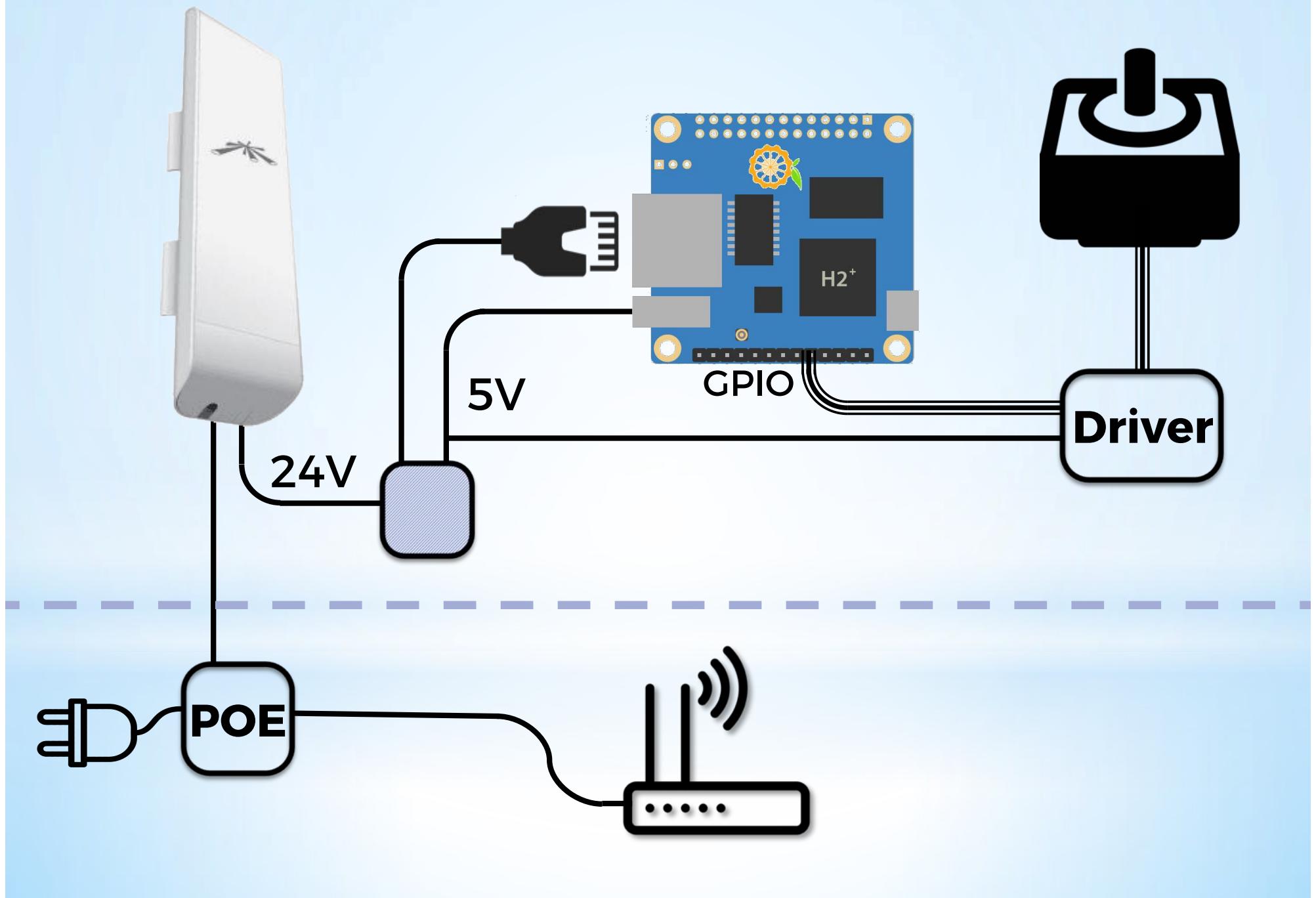


## 4. Prime conclusioni

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







**POE injector**

**1Ax24V = 24W**

**Antenna**

**0,5Ax24V = -12W**

**Orange Pi**

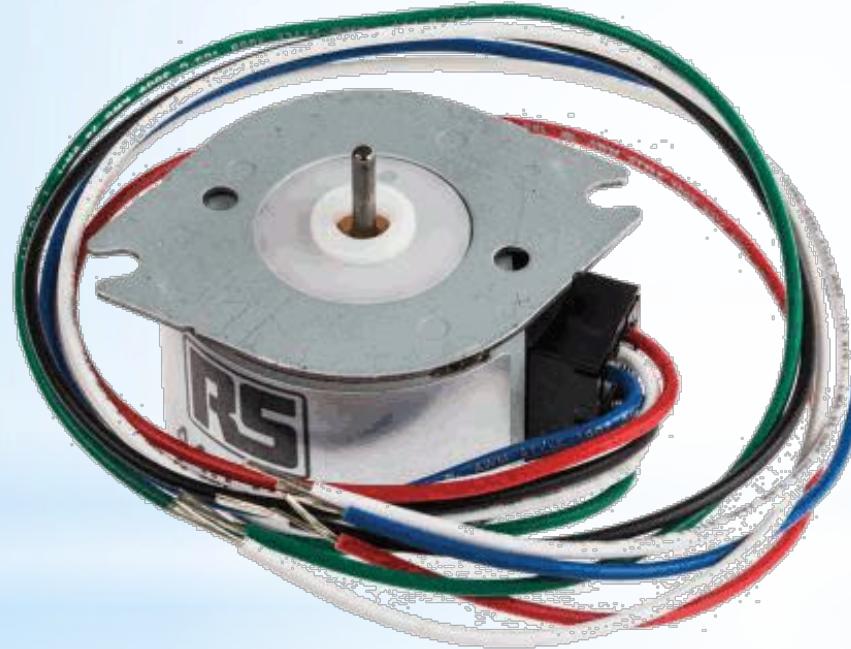
---

**1Ax5V = -5W**

**7W**

**Consumi**

4,8W



2,2W



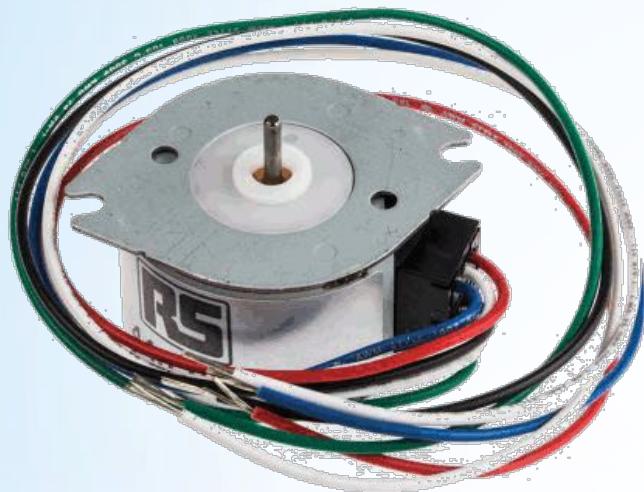
2Ncm

12Nm

0,9Ncm

4,5Nm

Motori  
motore



**12Nm:**

$$\frac{2\text{Ncm}}{600}$$

**Motori  
woboti**



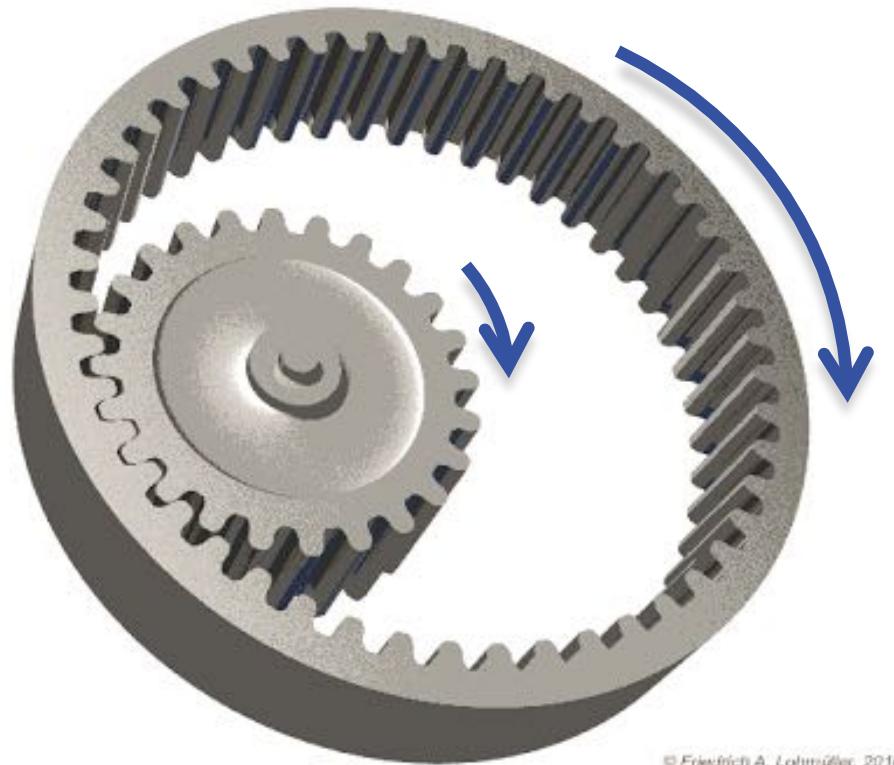
**4,5Nm:**

$$\frac{0,9\text{Ncm}}{500}$$

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

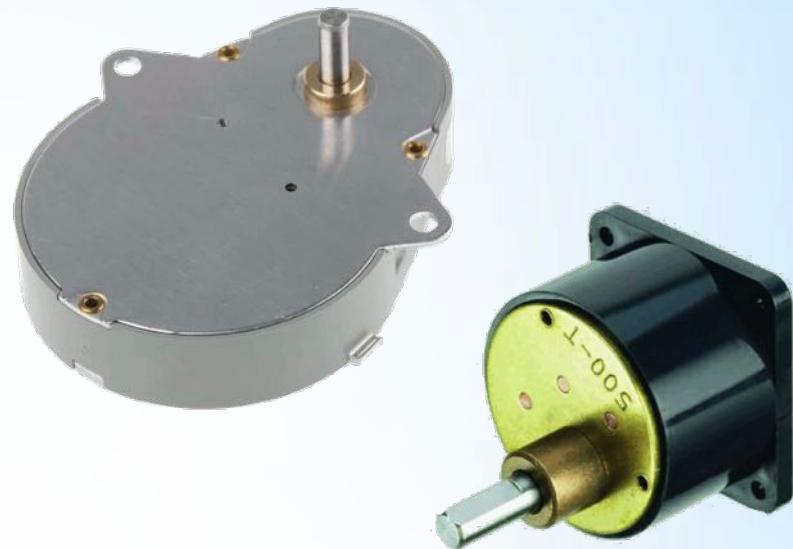
$$\omega_2 = \omega_1 / \tau$$

$$C_2 = C_1 \cdot \tau$$



© Friedrich A. Lohmüller, 2010

# Riduttori



# Riduttori



**0,9 Ncm**

**250 rpm**

**$\tau=200$**



**1,8 Nm**  
**1,25 rpm**

**$\tau=4$**

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

**Esempio**

**$C=4,5N$**

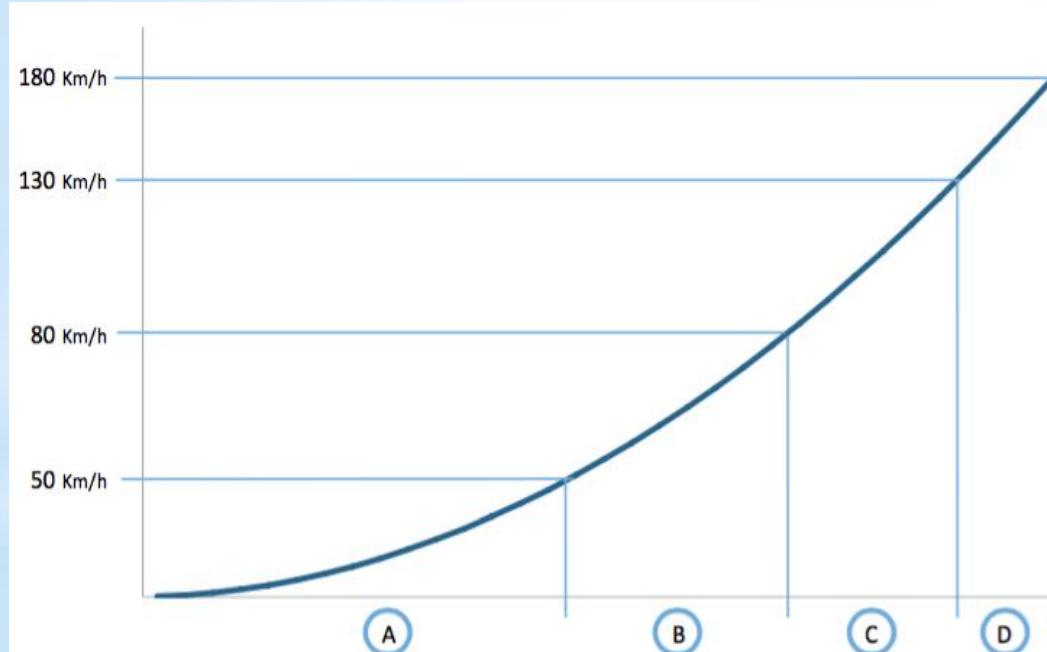
# Motori stepper:

- Precisi
- Holding torque
- Residual torque



**Scelte costruttive**

# “Zona di comfort”



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

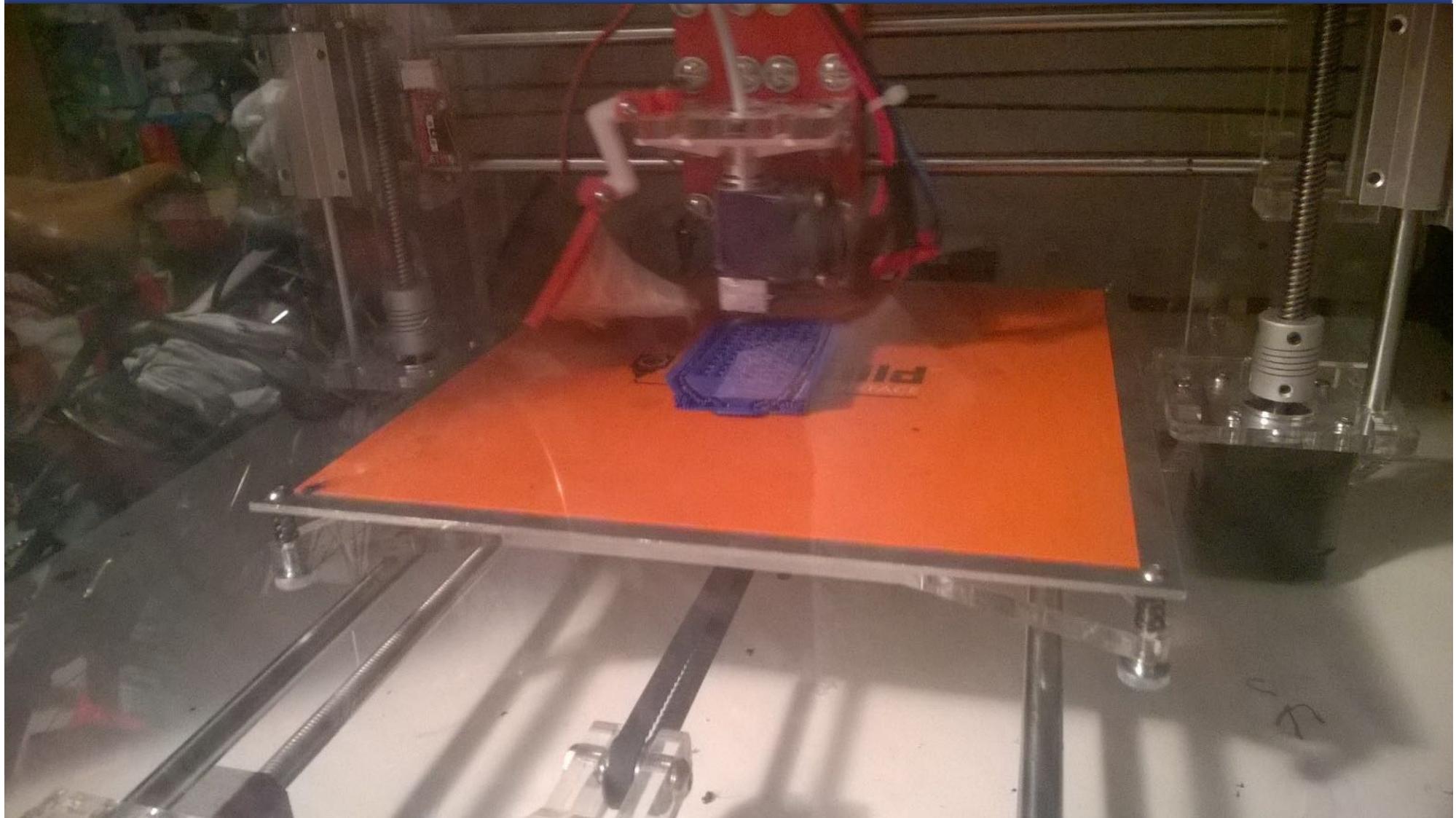
- **Secondo motore**
- **Documentazione**
- **Sito del progetto “Girantenna”**
- **LoRa?**

# → Battle of the mesh

Berlin  
7-14/05/18



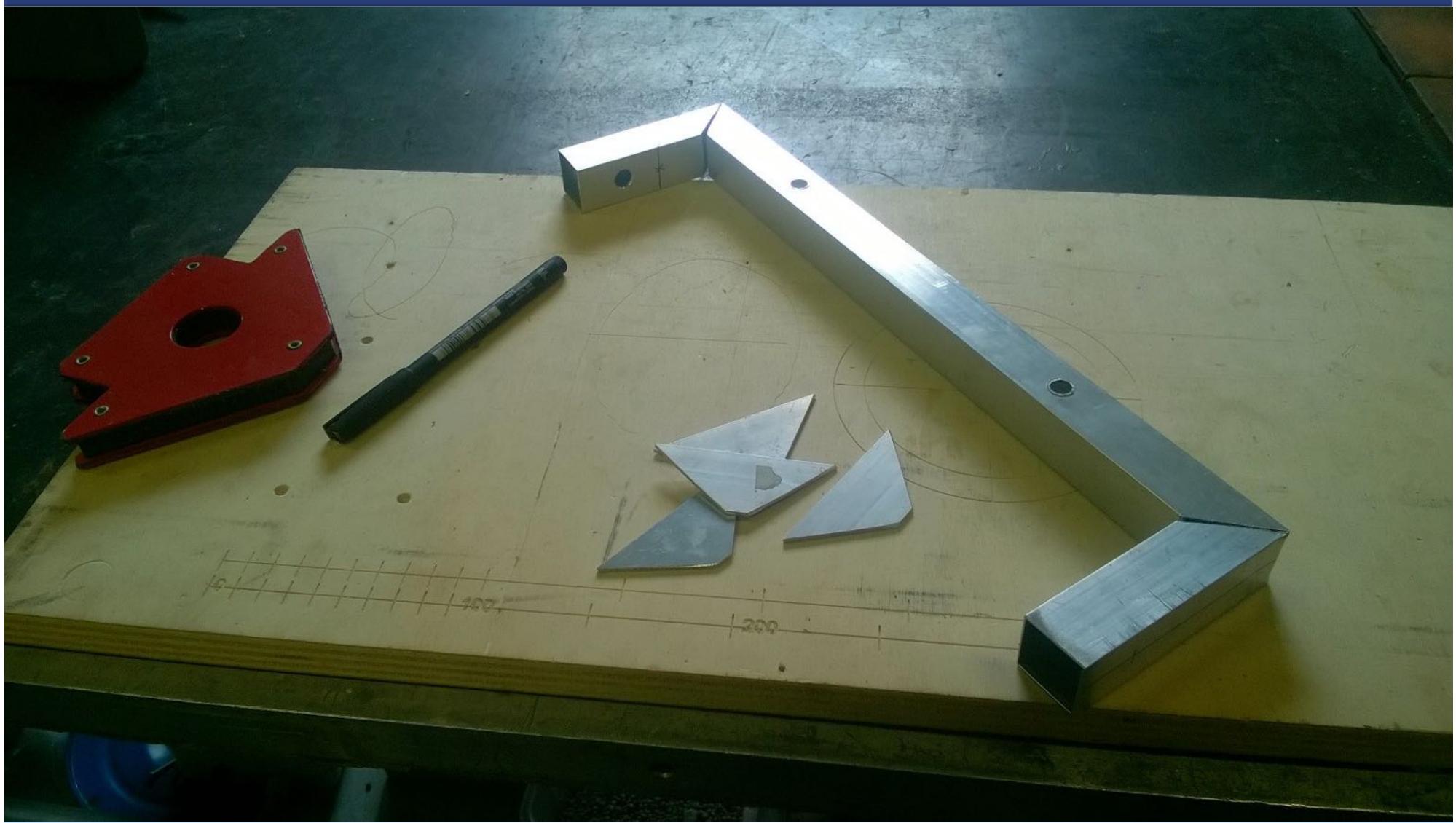
# Realizzazione



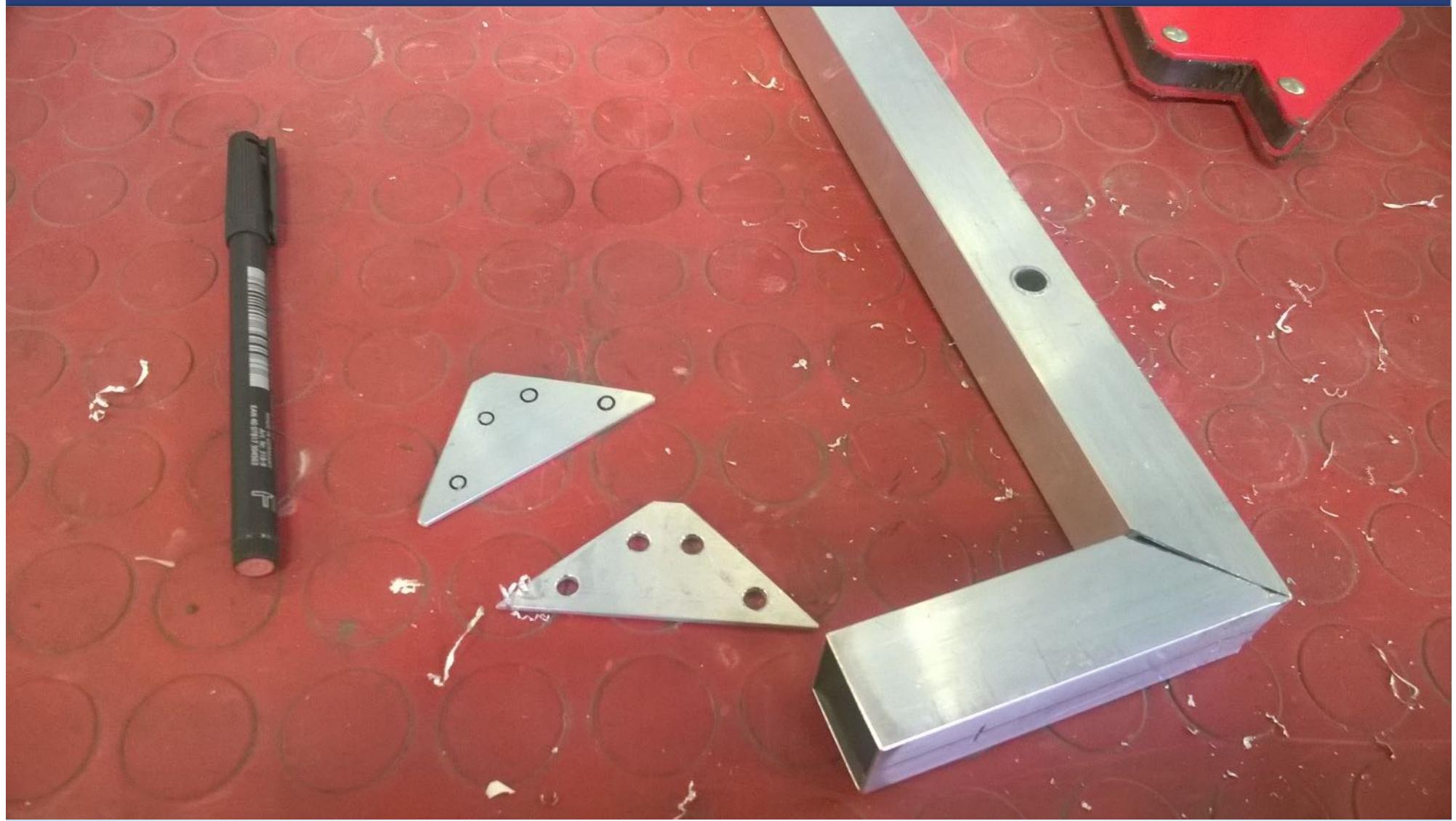
# Realizzazione



# Realizzazione



# Realizzazione



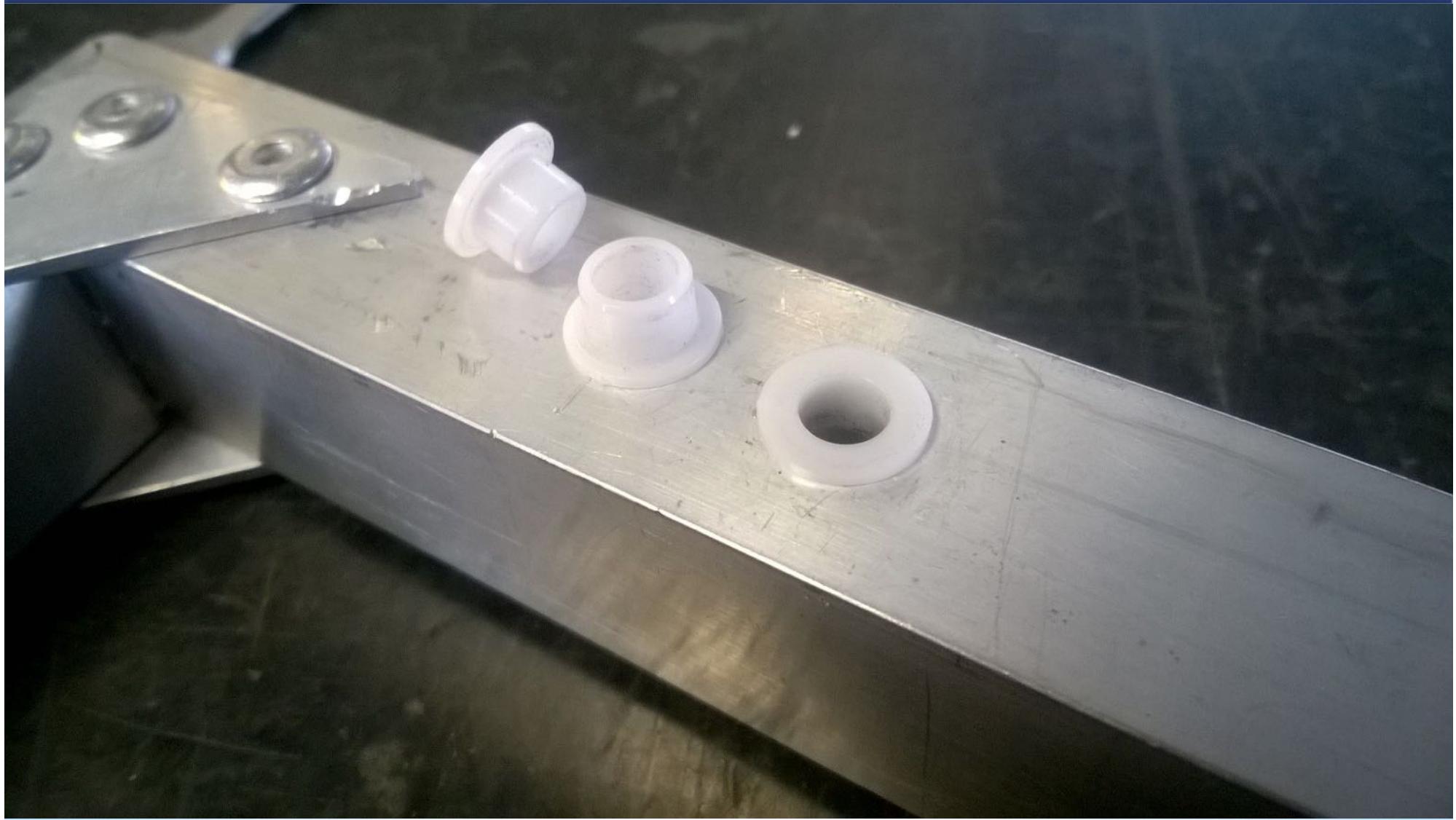
# Realizzazione



# Realizzazione



# Realizzazione



# Realizzazione



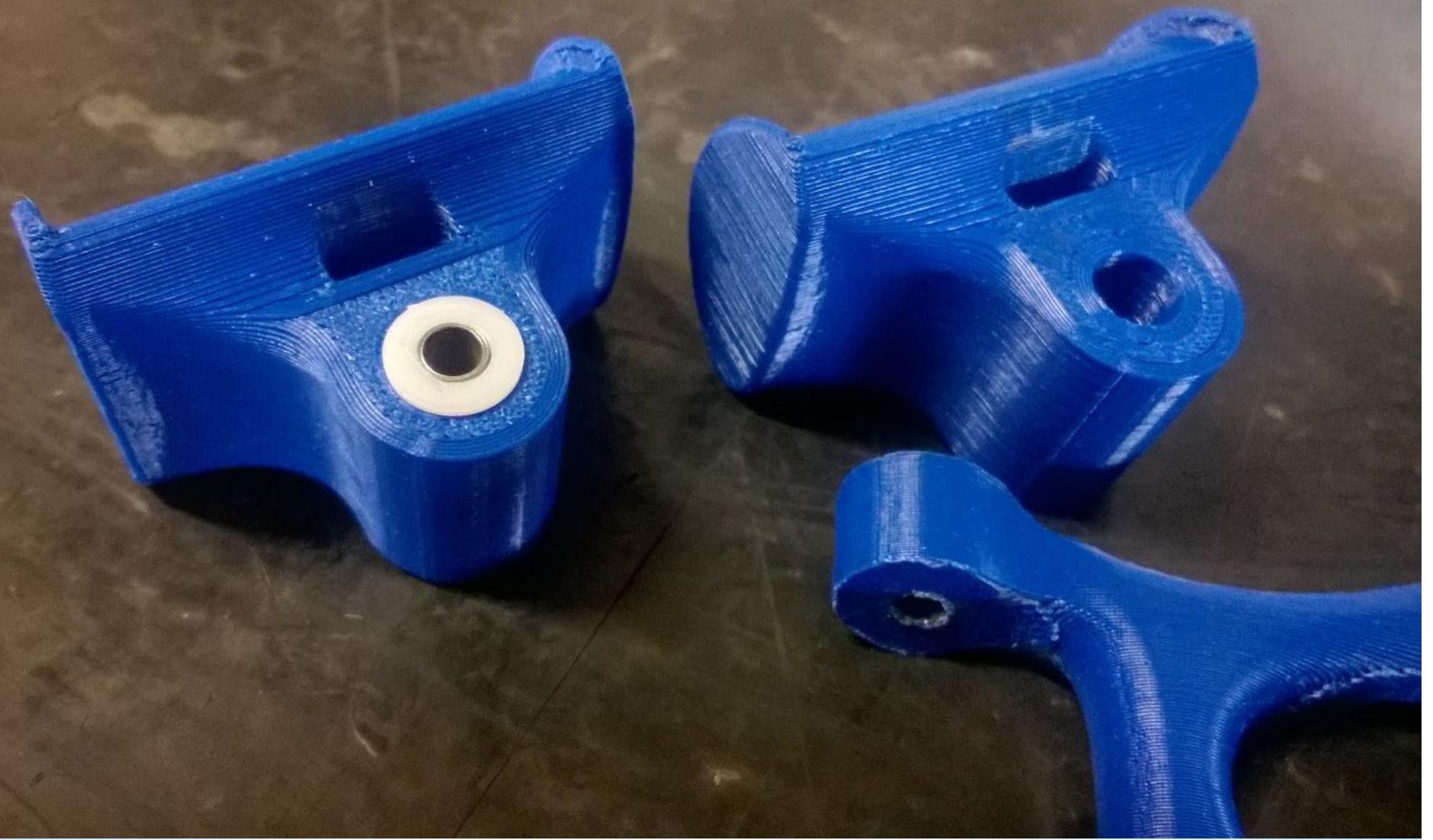
# Realizzazione



# Realizzazione



# Realizzazione



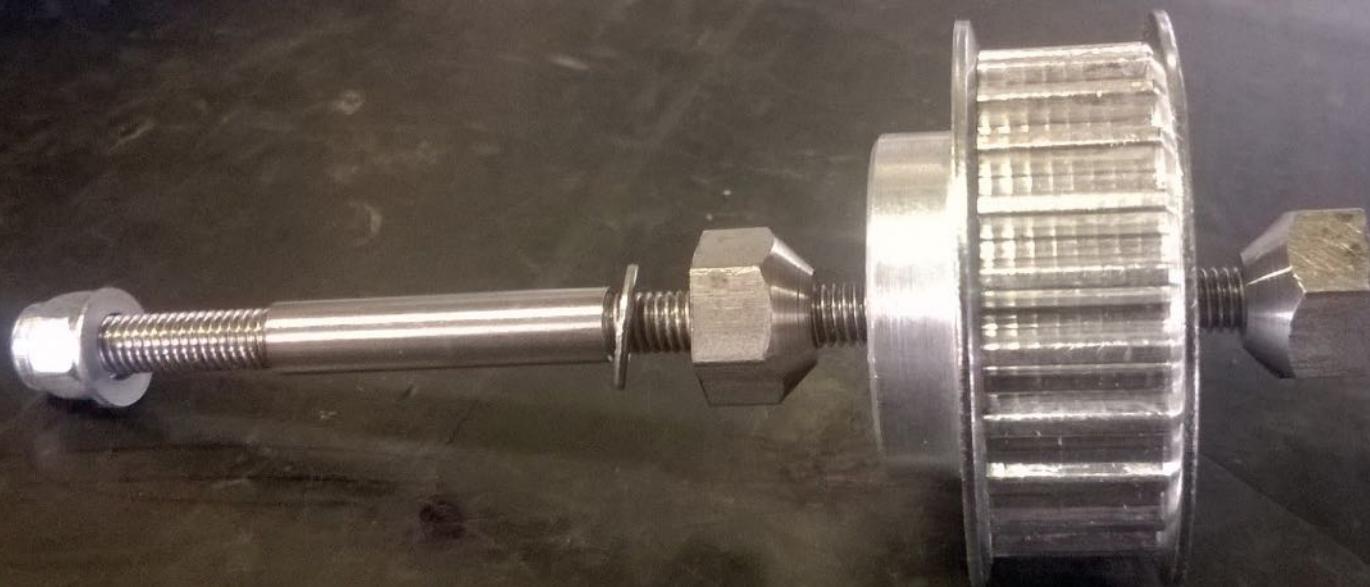
# Realizzazione

# Realizzazione





# Realizzazione



# Realizzazione

# Realizzazione



# Realizzazione





# Realizzazione

# Realizzazione



# Realizzazione

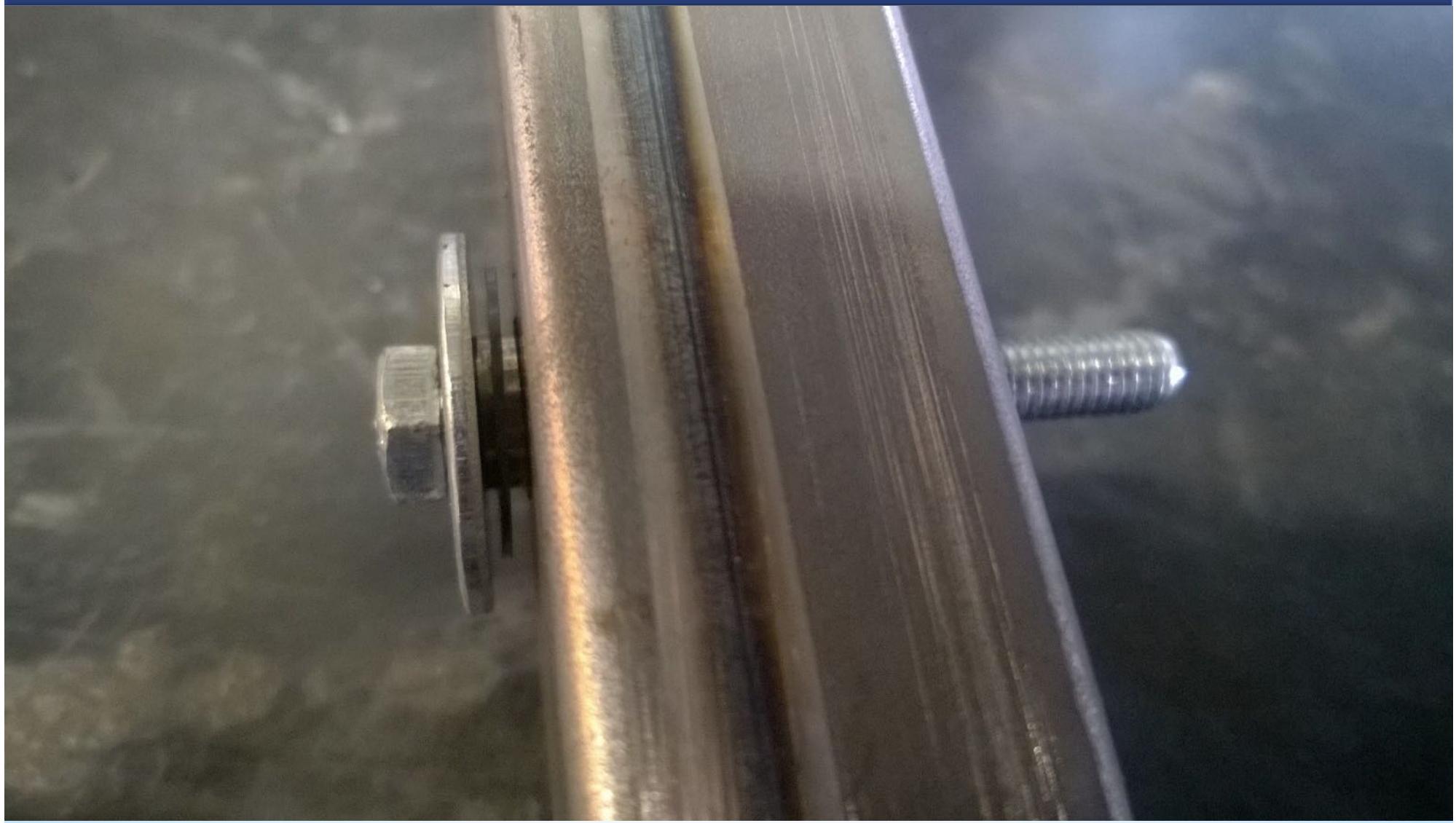




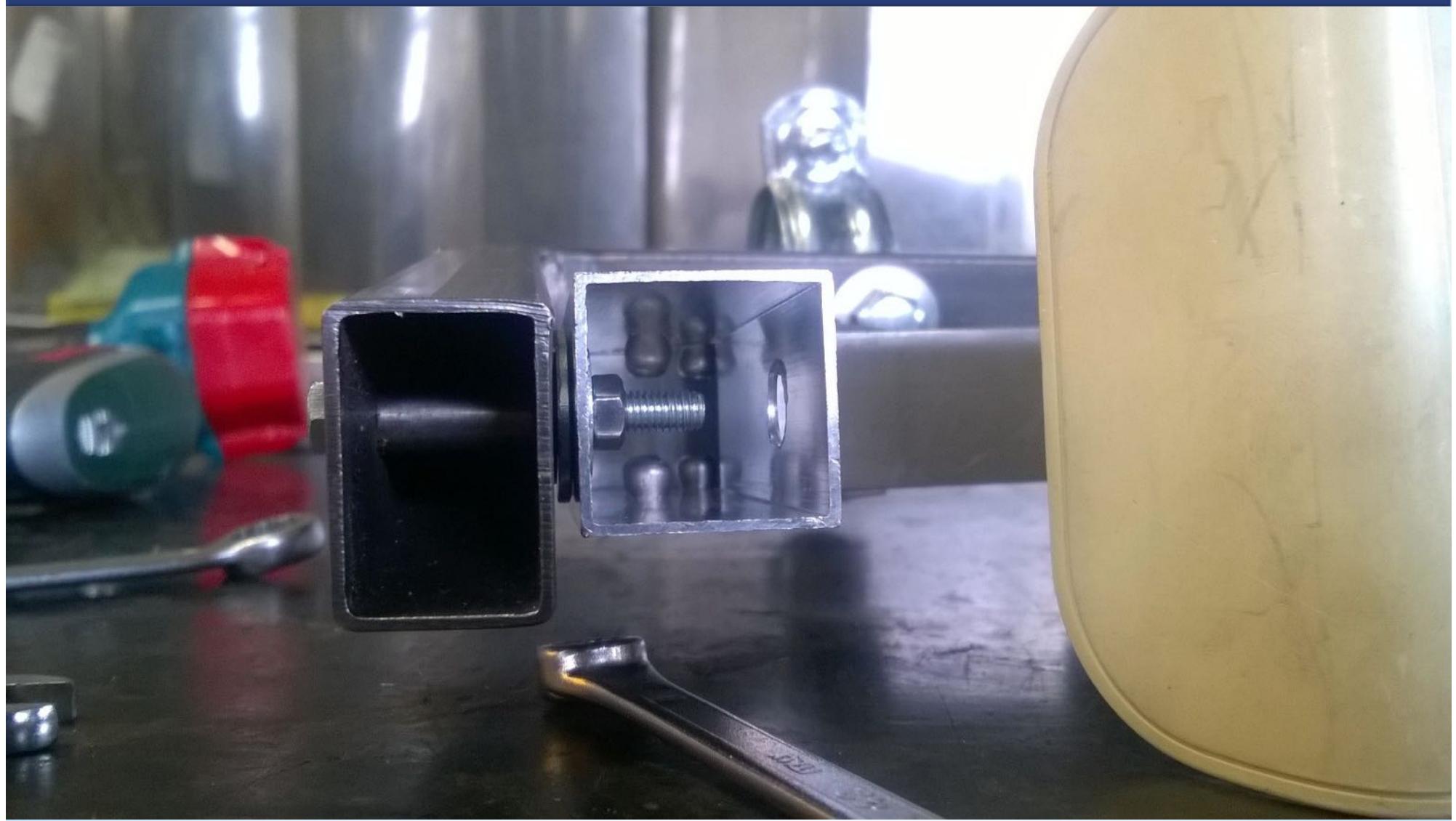
# Realizzazione



# Realizzazione

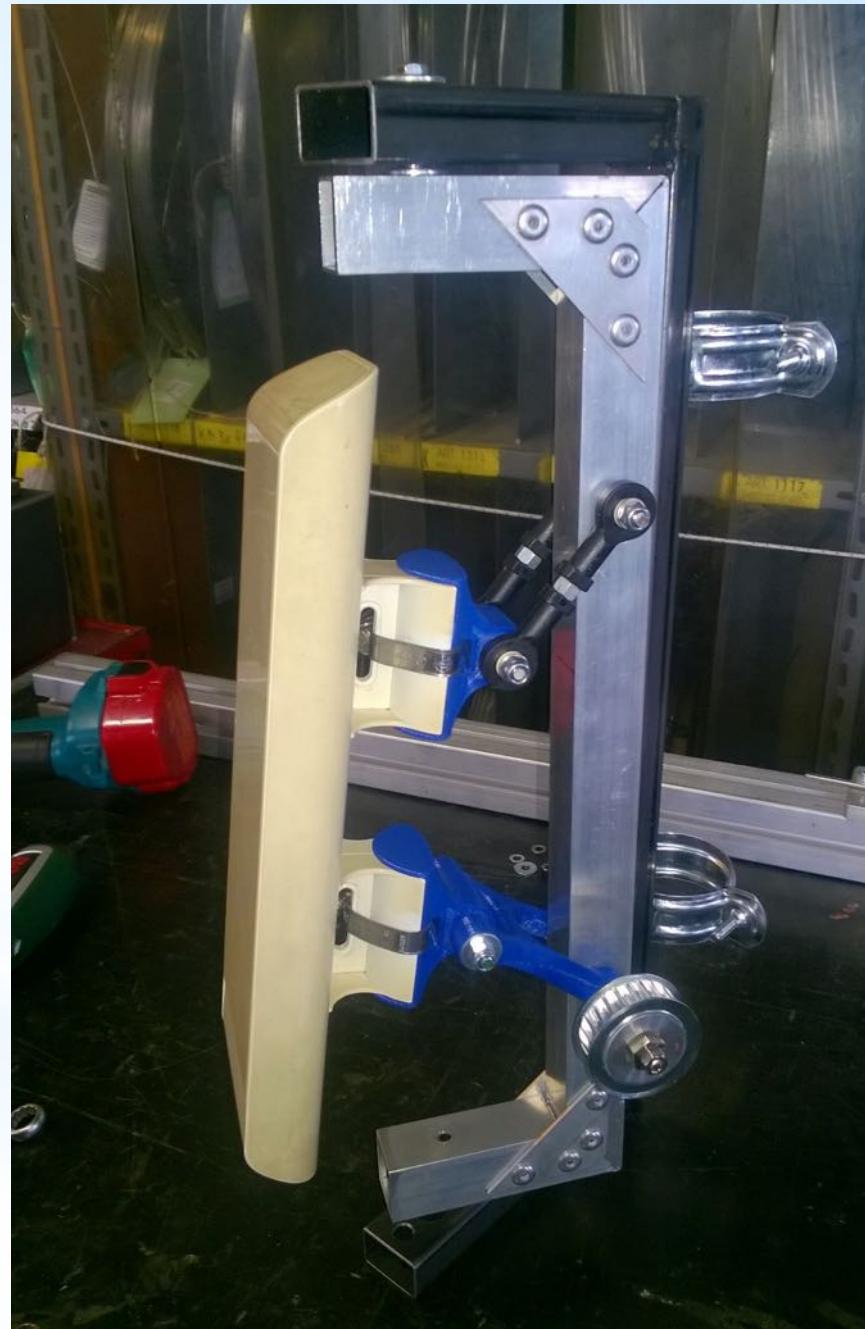


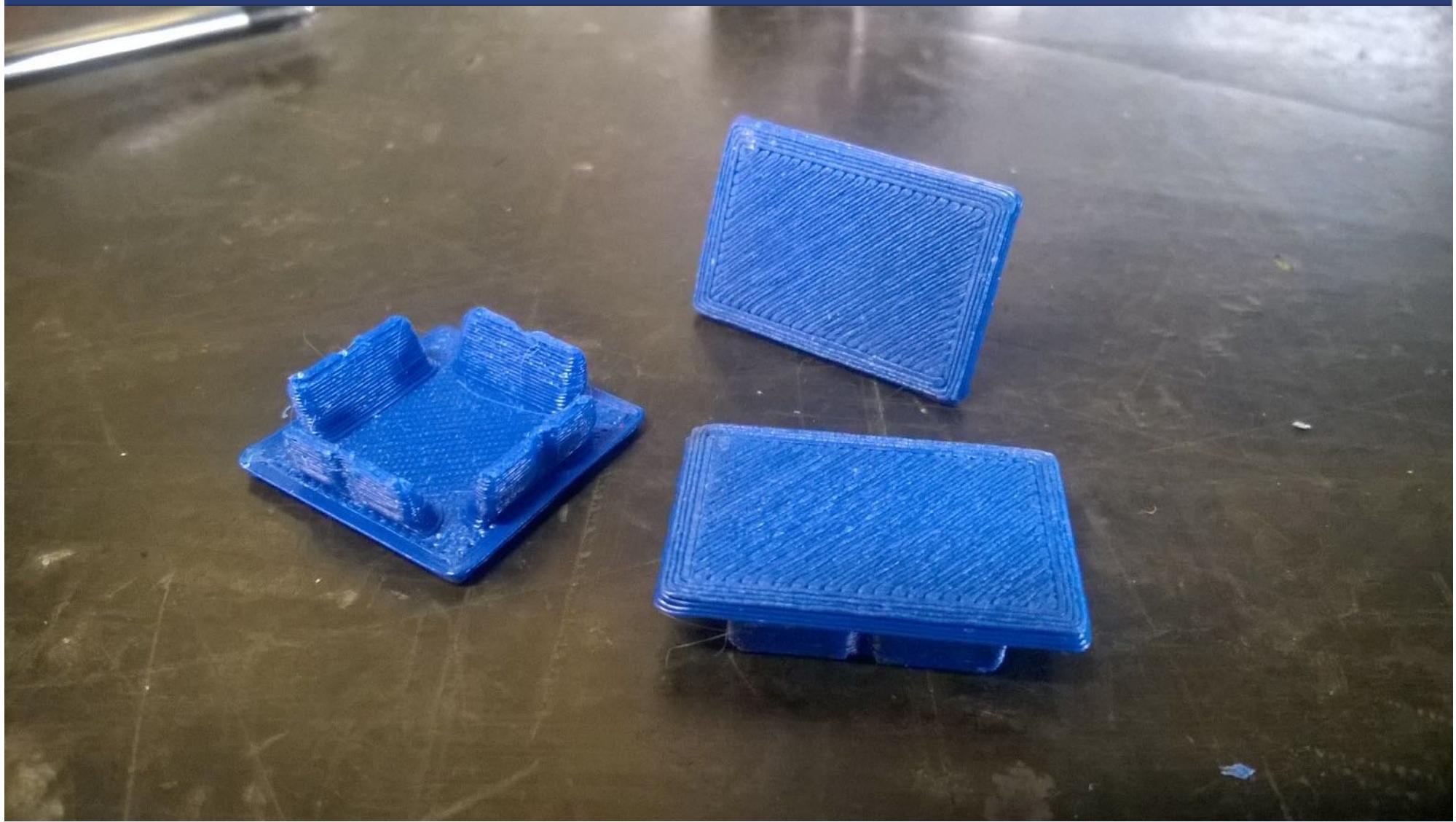
# Realizzazione



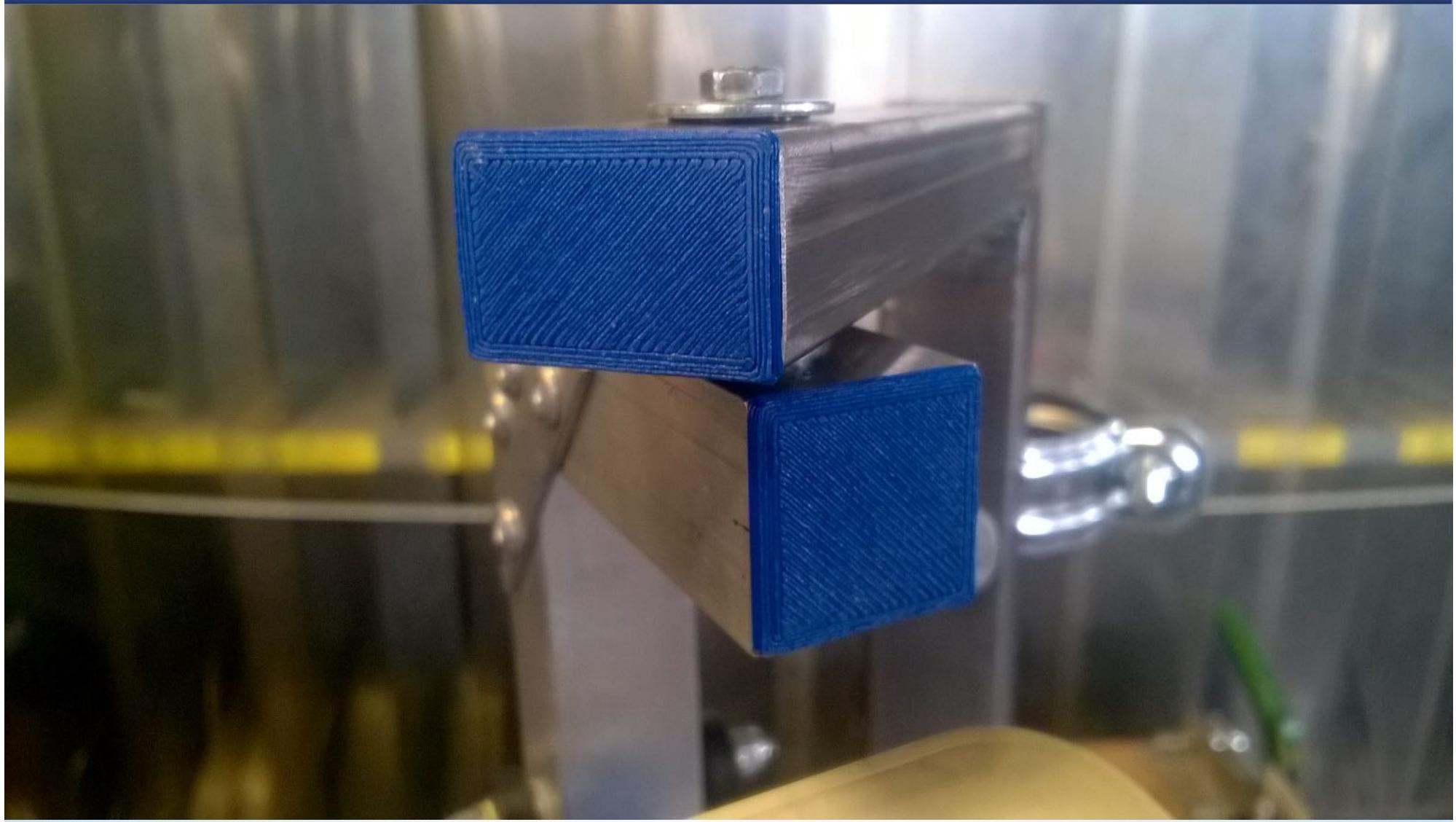
# Realizzazione

# 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