

PROGETTO TECNOLOGIA MECCANICA

MOTORE A DUE TEMPI PER AEROMODELLI

Sofia La Spina & Michele Spinelli

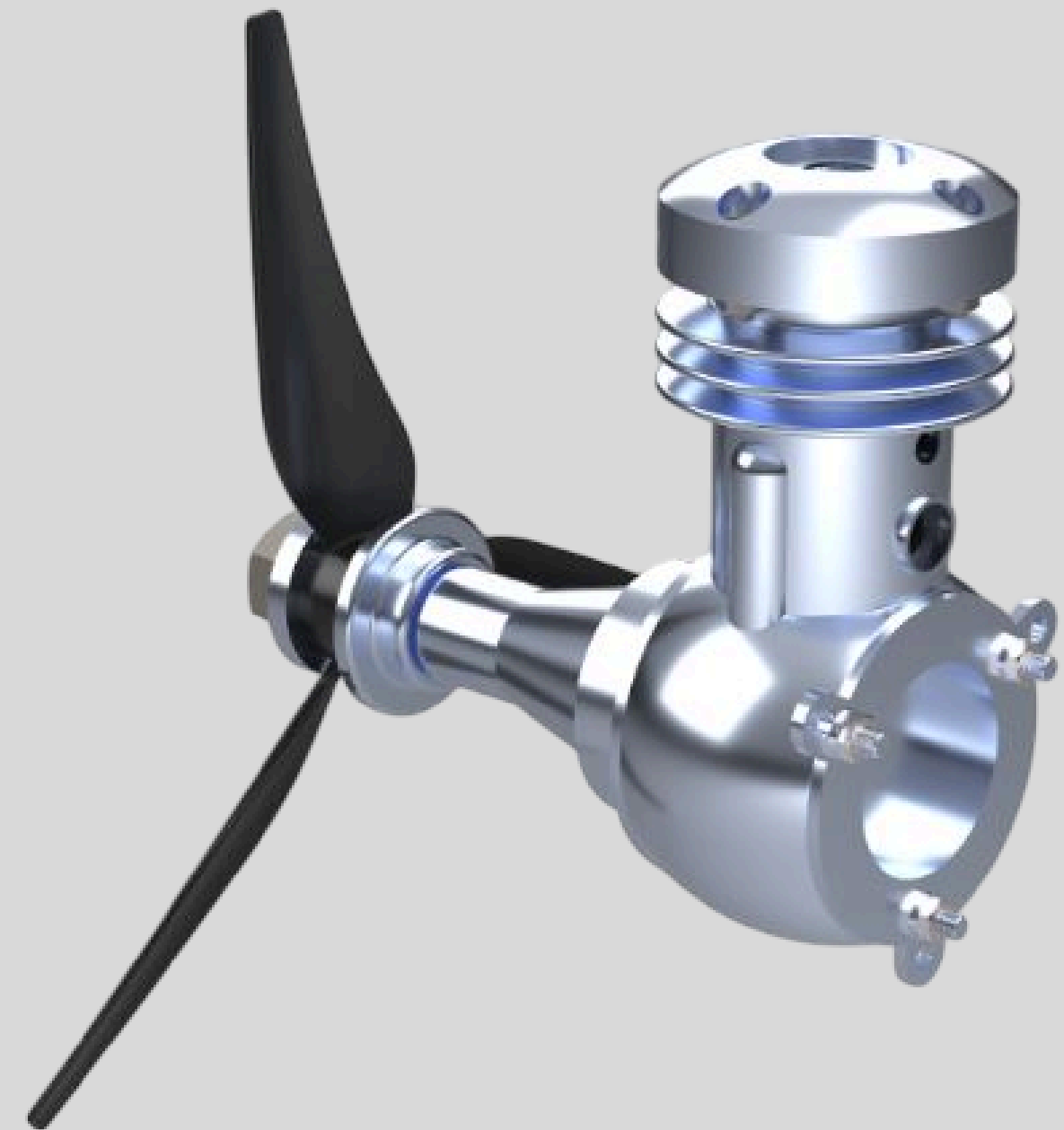
Indice

Scopo del progetto	1
Componenti del pezzo	2
Render dei componenti studiati	3
Render esploso	4
Richiesta degli acquirenti	5
Fusione	6
Stampa 3D	7
Asportazione di truciolo	8
Deformazione plastica	9
Brasatura	10

1. Scopo del progetto

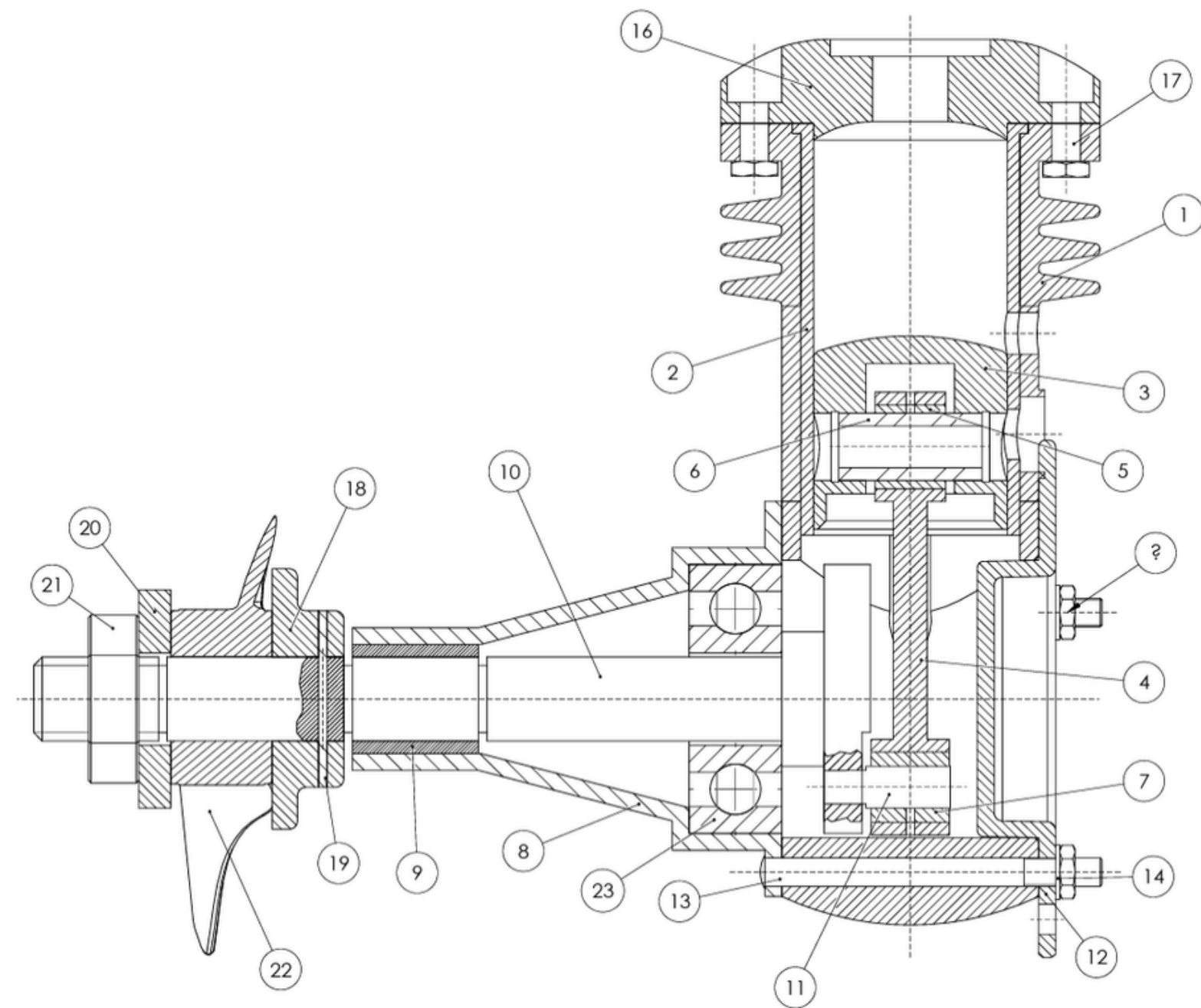
L'obiettivo del progetto é quello di scegliere un "oggetto" dal quale prendere dei componenti e sceglierne le migliori lavorazioni per questi ultimi, descrivendo in seguito l'intero processo di lavorazione per ognuno.

Il pezzo che abbiamo scelto é un **motore a due tempi di un aeromodello**, scelto grazie a un nostro corso passato dove era stato mostrato e spiegato, e inoltre vista la varietà dei componenti che erano presenti.



(Render 3d da noi prodotto)

2. Componenti del pezzo

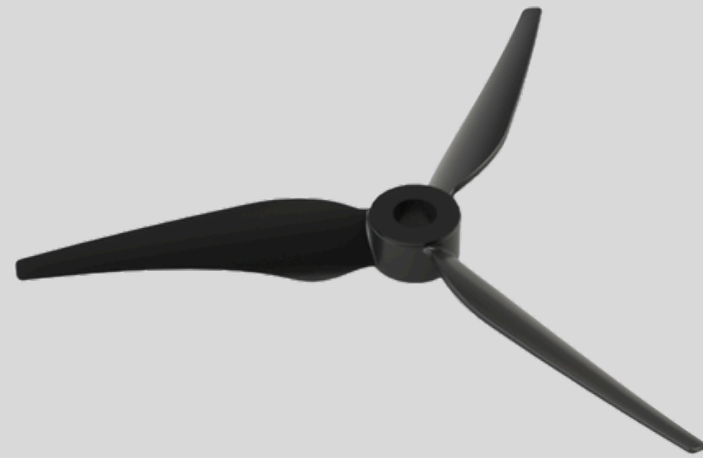


Nu.	Nome	Quantità	Nu.	Nome	Quantità
1	Carter	1	13	Vite di centraggio	3
2	Camicia	1	14	Rondella	3
3	Pistone	1	15	Dado M3	7
4	Biella	1	16	Testata	1
5	Bronzina	1	17	Vite M3x10	4
6	Spinotto	1	18	Supporto	1
7	Bronzina	1	19	Spina	1
8	Supporto	1	20	Rondella	1
9	Bronzina	1	21	Dado M10	1
10	Albero	1	22	Elica	1
11	Perno di manovella	1	23	Cuscinetto	1
12	Coperchio	1			
Nome Complessivo: Motore a due tempi per aeromodelli					
Disegnatori: Spinelli Michele, Sofia La Spina					

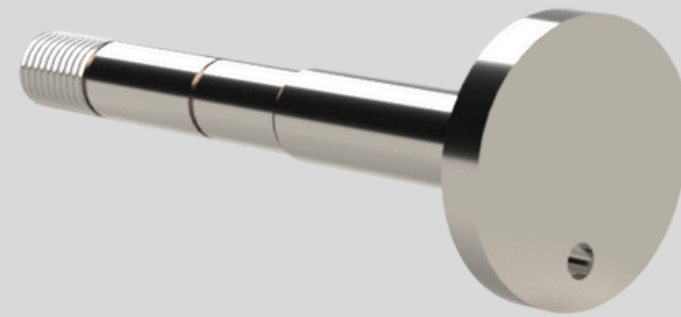
3. Render dei componenti studiati



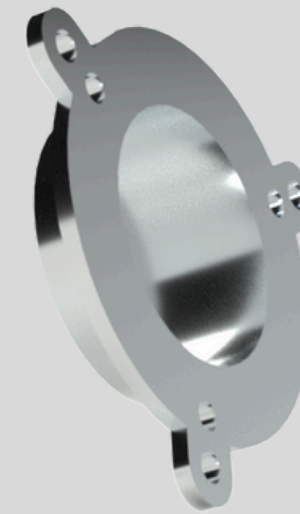
Carter
(Fusione)



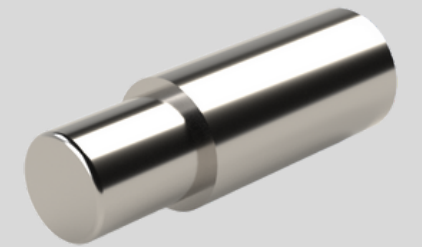
Elica
(Stampa 3D)



Albero
(Asp. di truciolo)



Coperchio
(Def. Plastica)



P.d.Manovella
(Saldatura)

4. Render esploso



5. Richiesta degli acquirenti

Associazioni di Modellismo

600 PZ

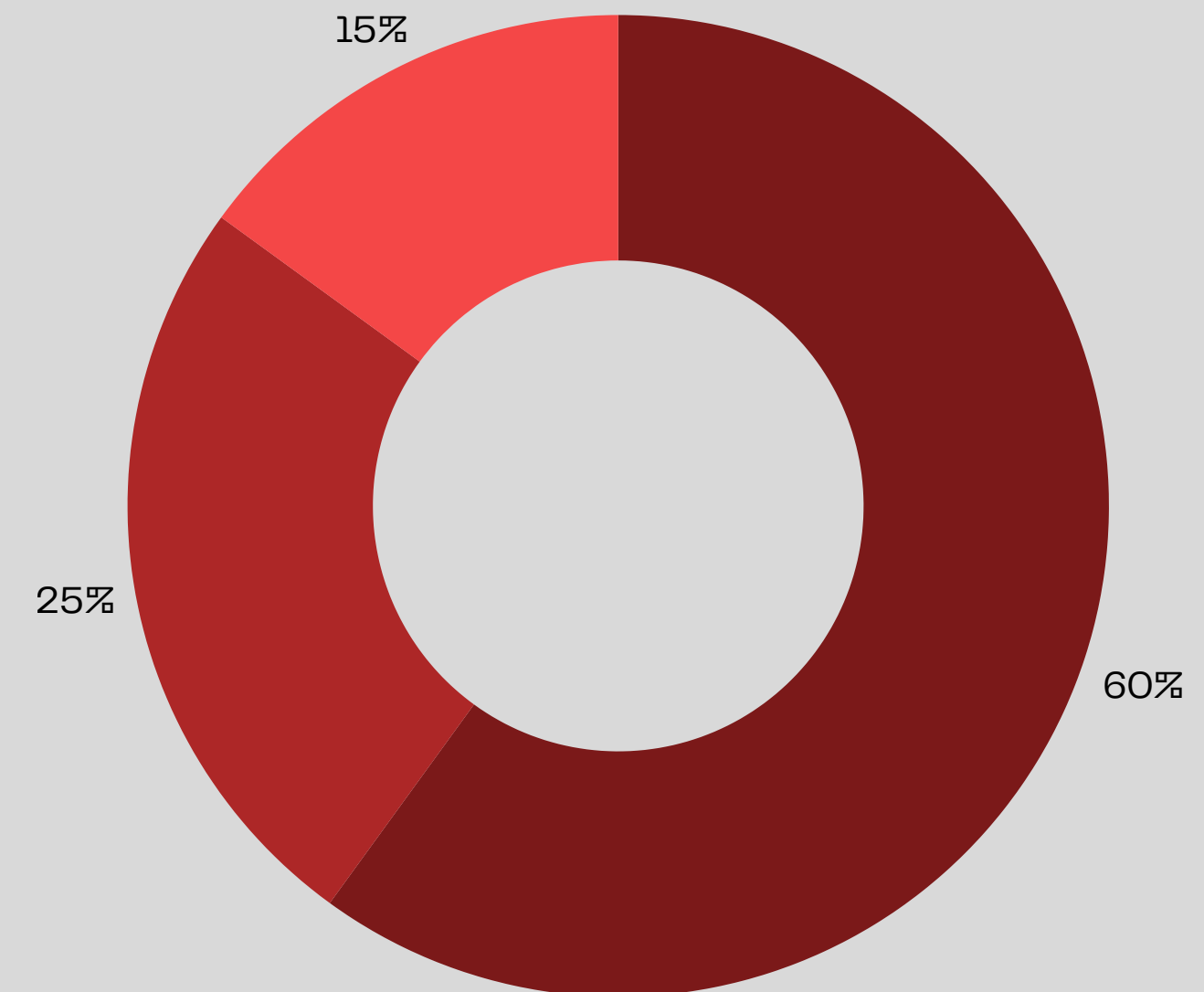
Centri di formazione

250 PZ

Produzione per Kit

150 PZ

Stimiamo una produzione aziendale annua pari a **1000 esemplari** del nostro motore.



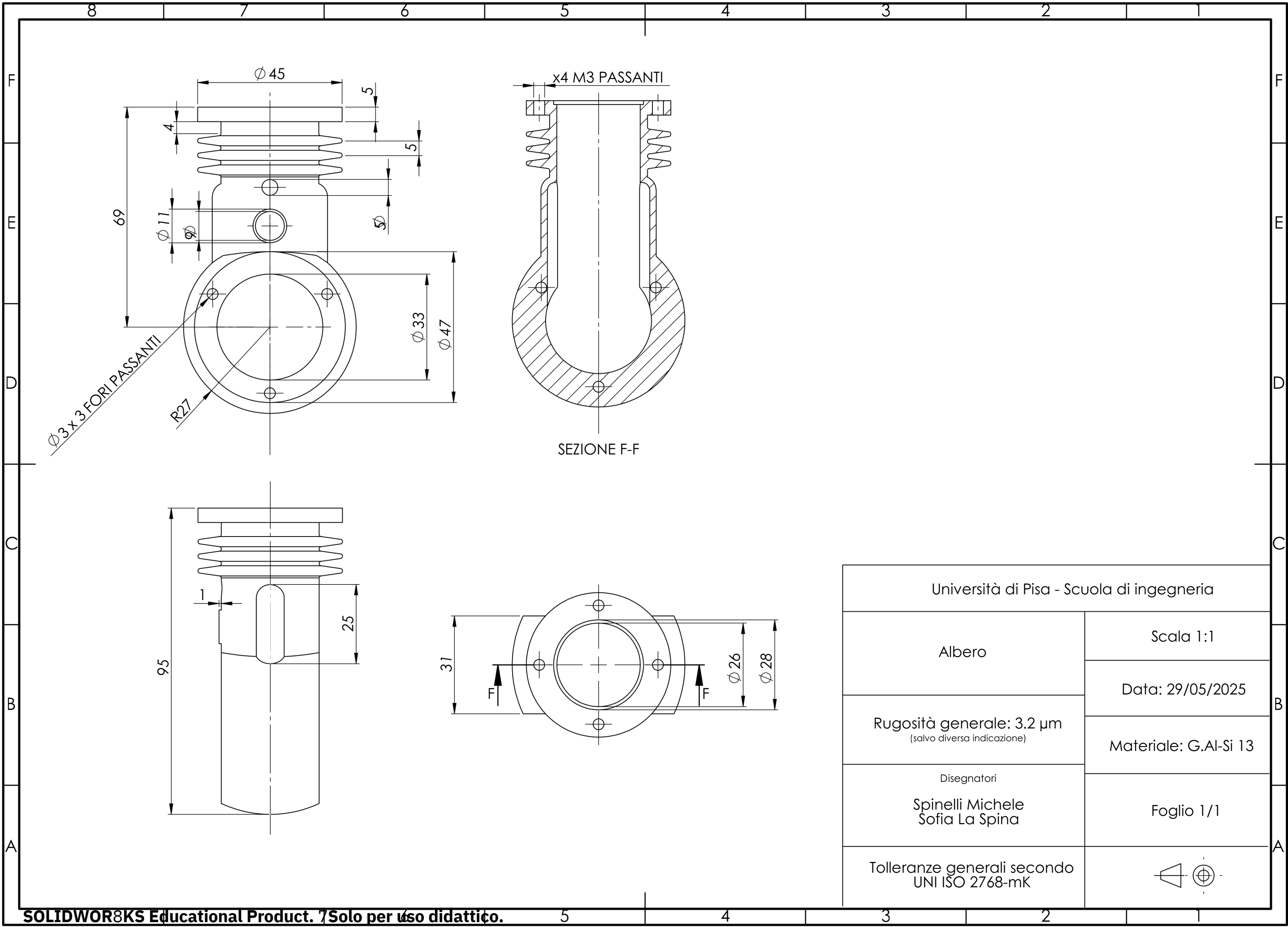
6. Fusione



Per la fusione è stato scelto il **componente “Carter”** poichè garantisce la realizzazione di geometrie complesse e anche una buona resistenza meccanica.

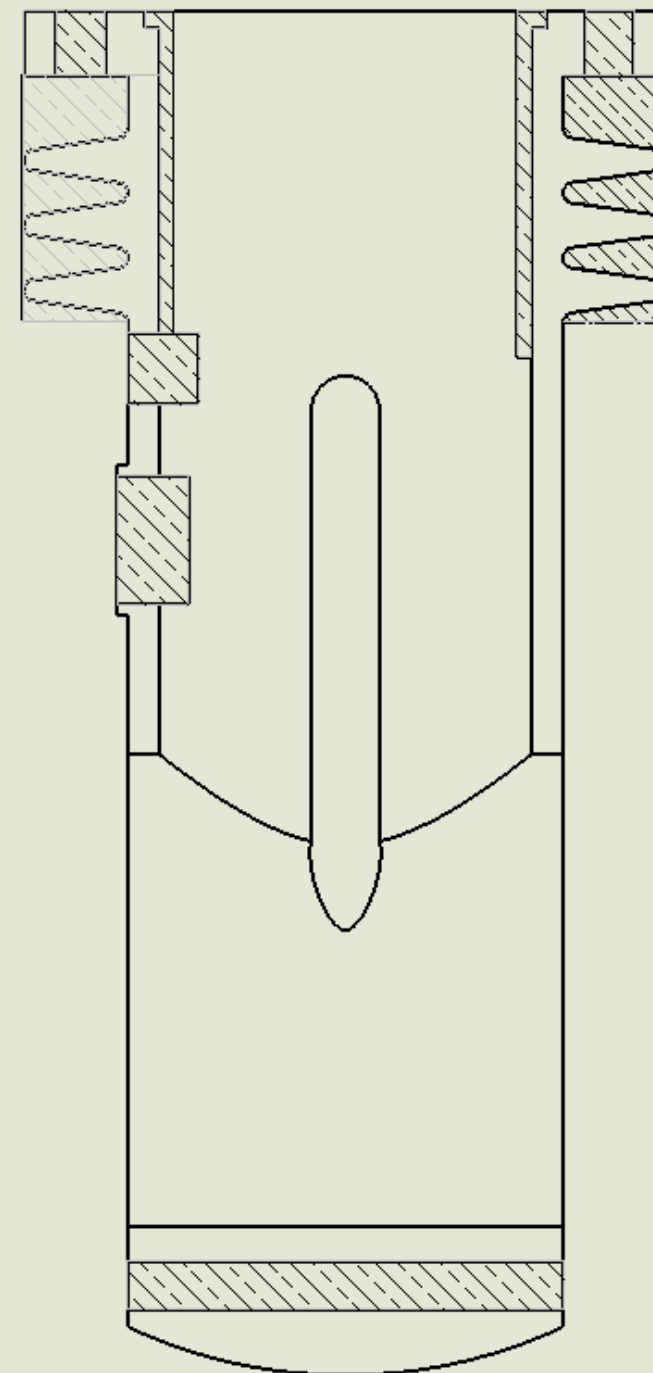
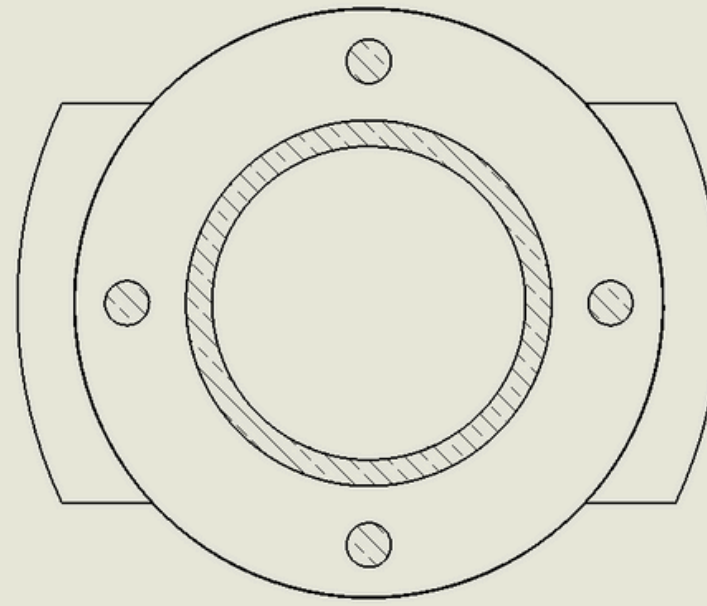
Come **scelta del materiale** abbiamo optato per una lega in alluminio-silicio, nello specifico **G. Al-Si 13**, per garantire un componente finale leggero, con una buona resistenza meccanica e conducibilità termica viste le sue funzioni.

La **scelta della lavorazione** è ricaduta sullo **shell molding** poichè offre un'ottima precisione dimensionale e più adatta per una produzione in scala media/piccola (1000 pz).



Sovrametalli

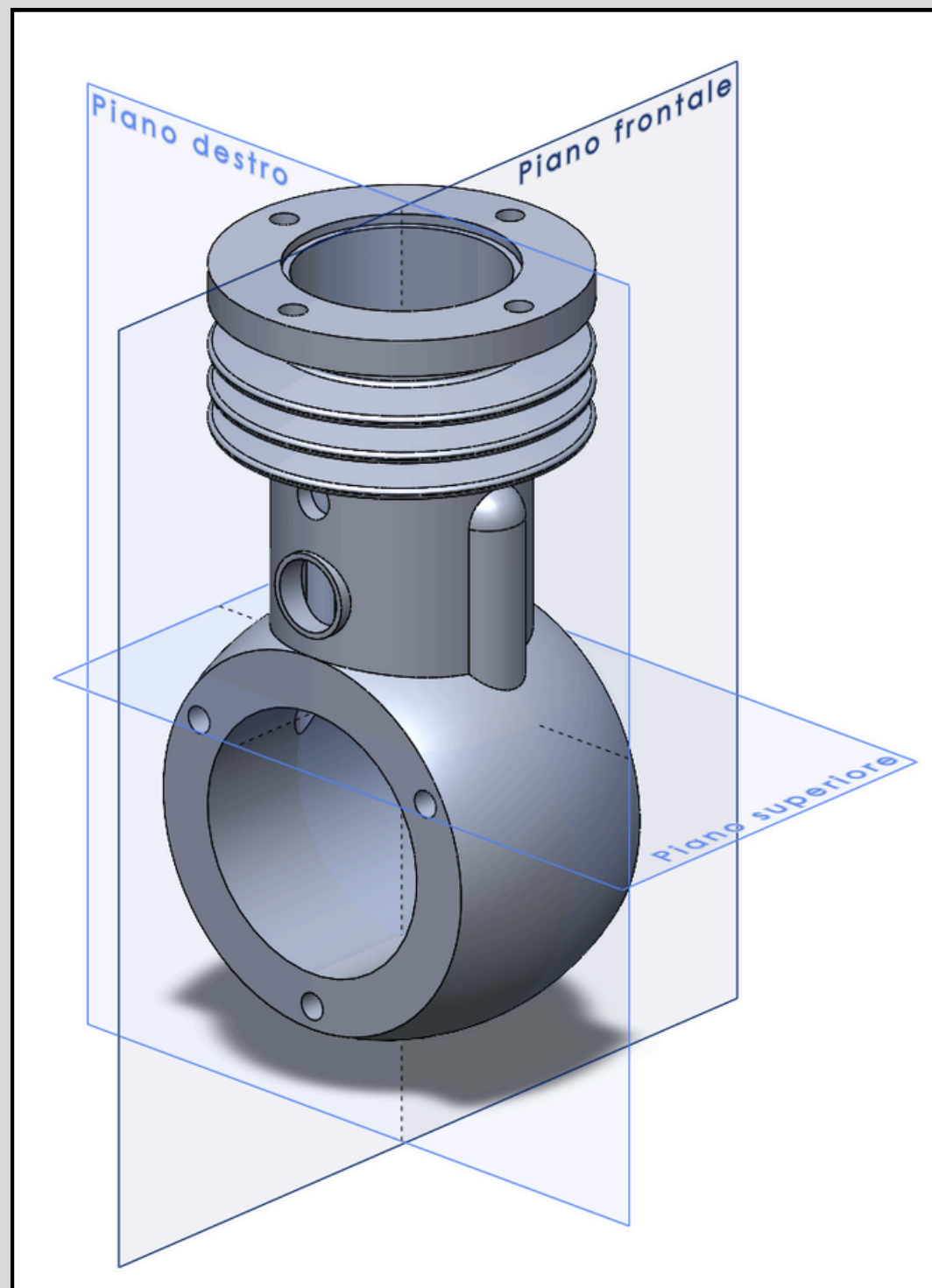
Nelle immagini allegate è rappresentato il getto finito dove sono campite le zone dove sono stati applicati i sovrametalli.



Eliminazione fori

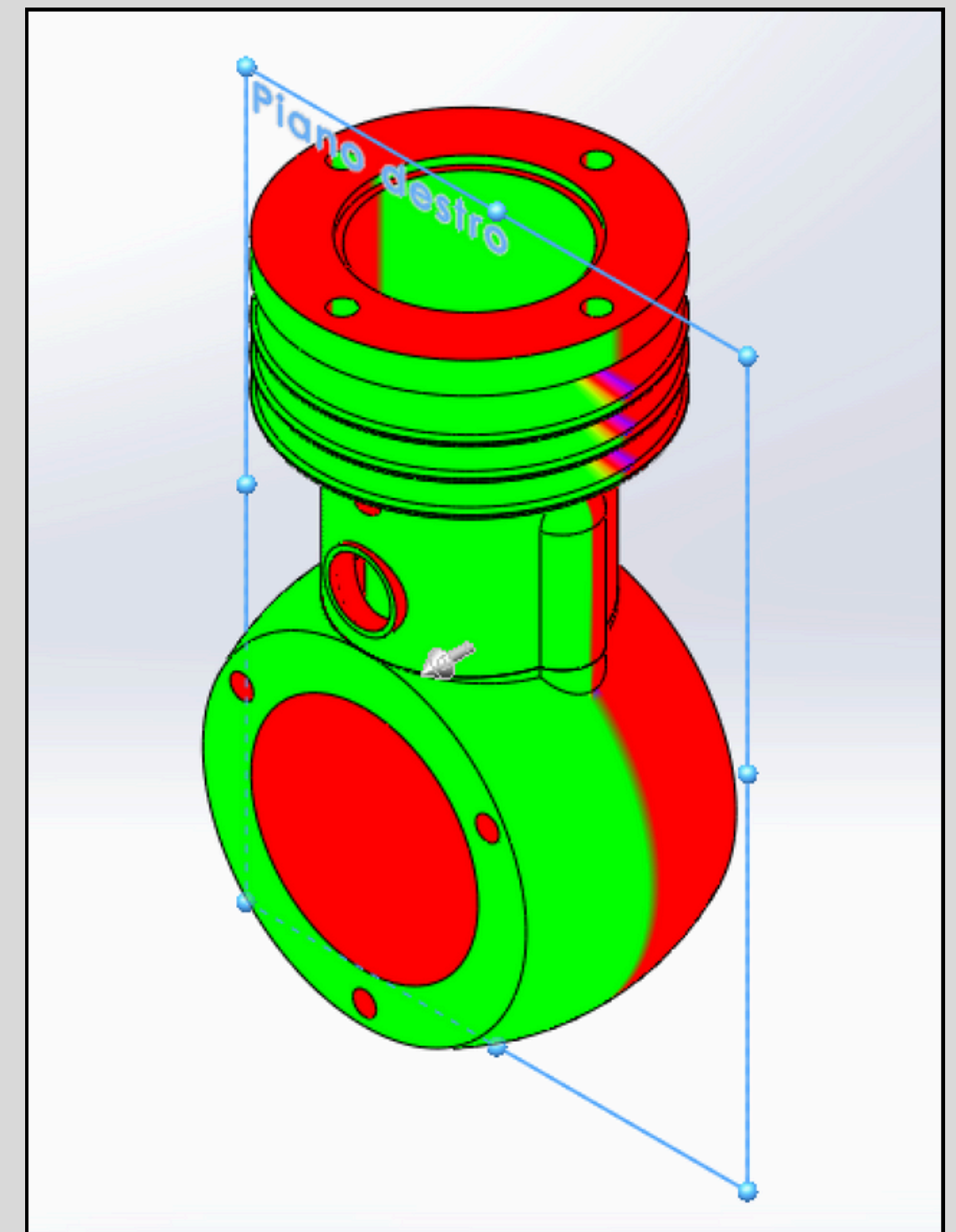
I fori che verranno riempiti con il sovrametallo saranno i 4 superiori da M3 e i 6 nella parte inferiore da M5, che inseguito dovranno essere filettati.

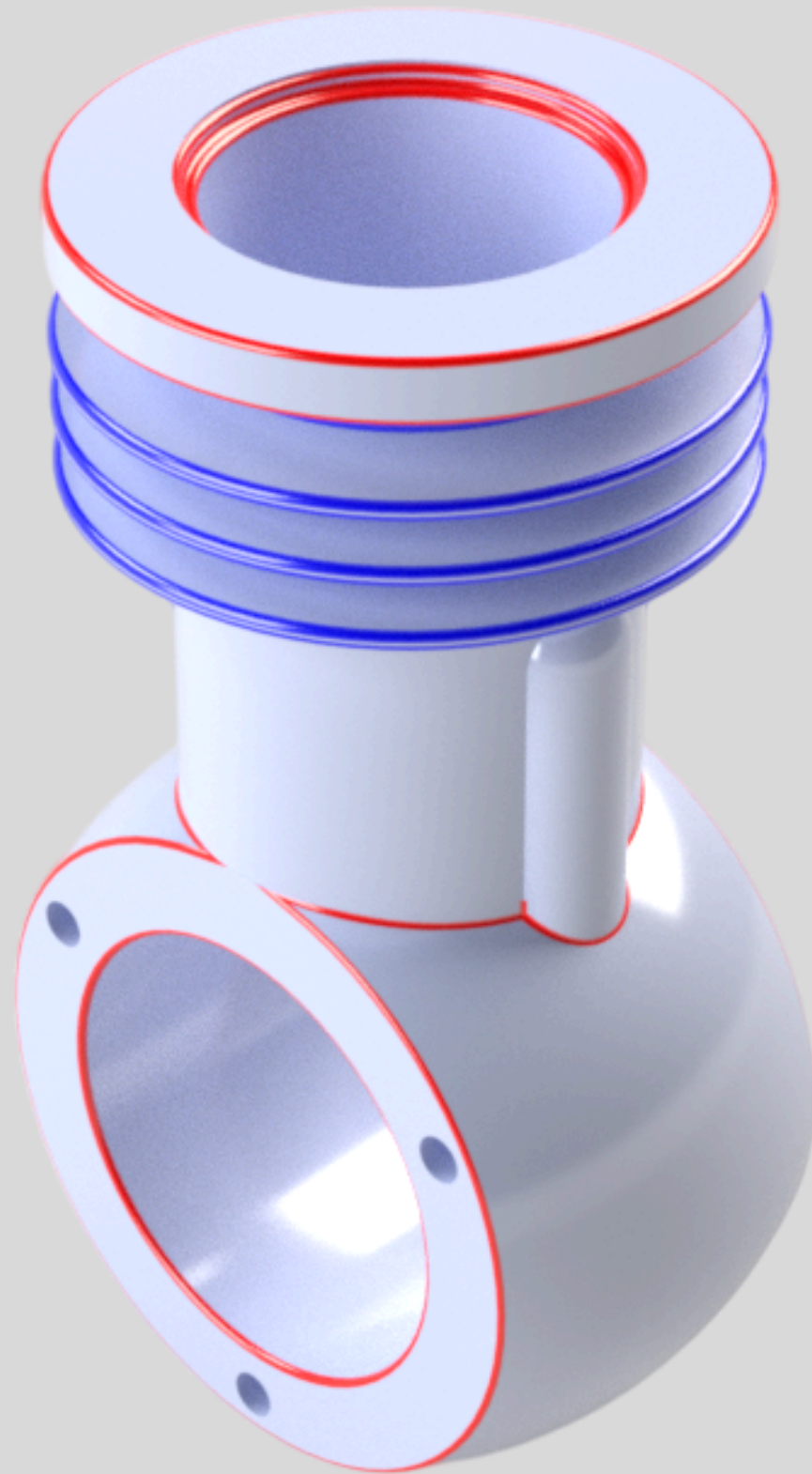
Piano di divisione



Come piano di divisione viene scelto il **piano destro** poichè ci aiuta a semplificare il posizionamento della materozza, divide il carter in due metà simmetriche e anche in base allo studio degli **angoli di sforno**, dove rimane un'unica superficie (ovvero quella superiore dove si applicherà un angolo di sforno di 40°)

Angoli di sforno





I raggi evidenziati in rosso sono i **raggi di raccordo** aggiunti manualmente di 0,5 mm , mentre quelli evidenziati in blu sono quelli già presenti nel disegno del carter originale.

Per studiare un eventuale **ingrandimento del greggio** vediamo che il suo ritiro durante il raffreddamento si compensa tramite il fattore di scala in base al coefficiente di ritiro del materiale (ovvero G. Al-Si 13) pari a 1,01.

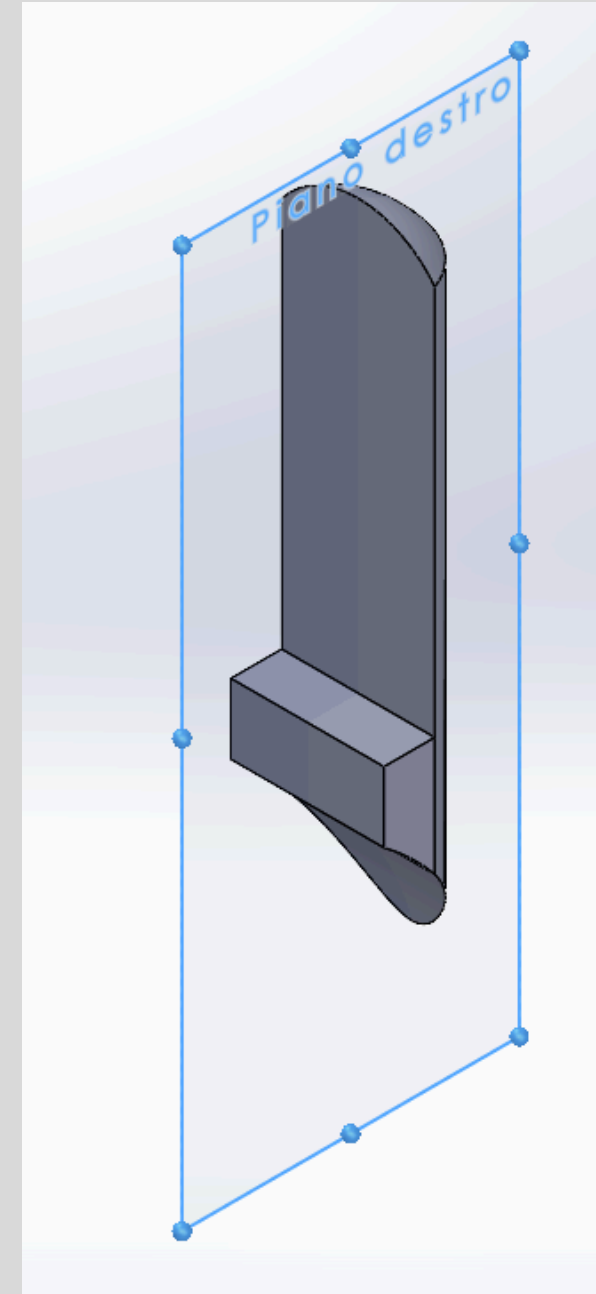
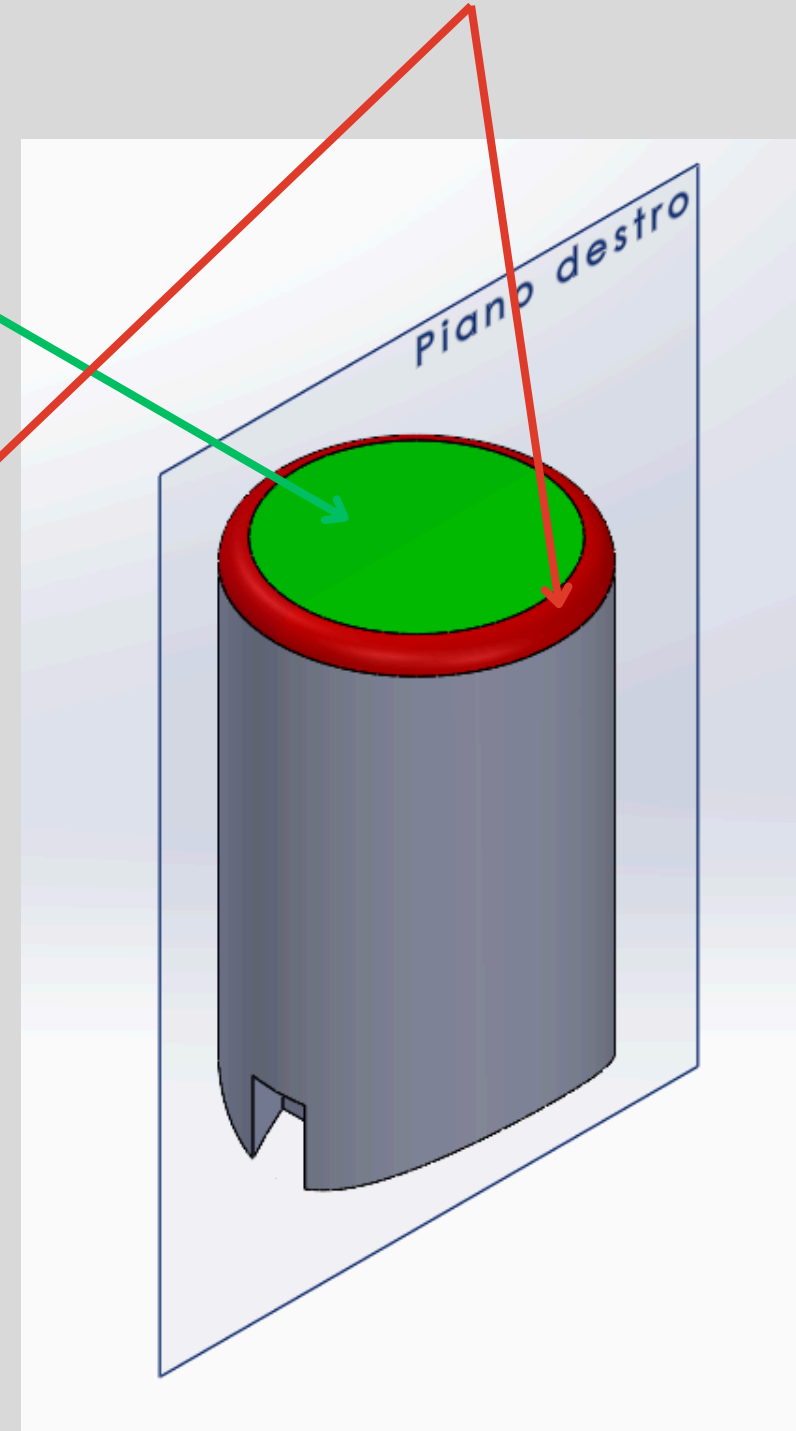
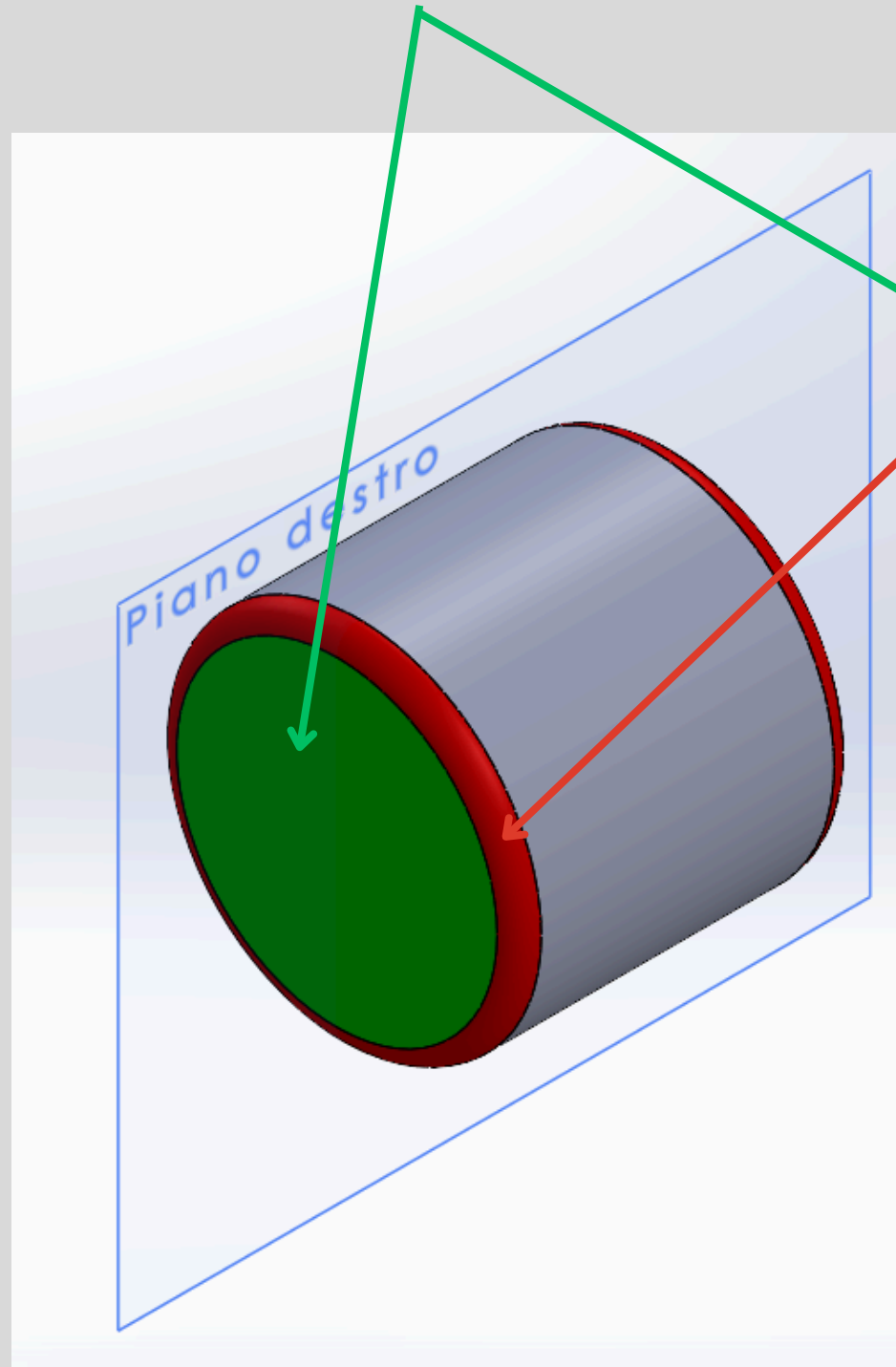
I Anima

II Anima

III/IV Anima

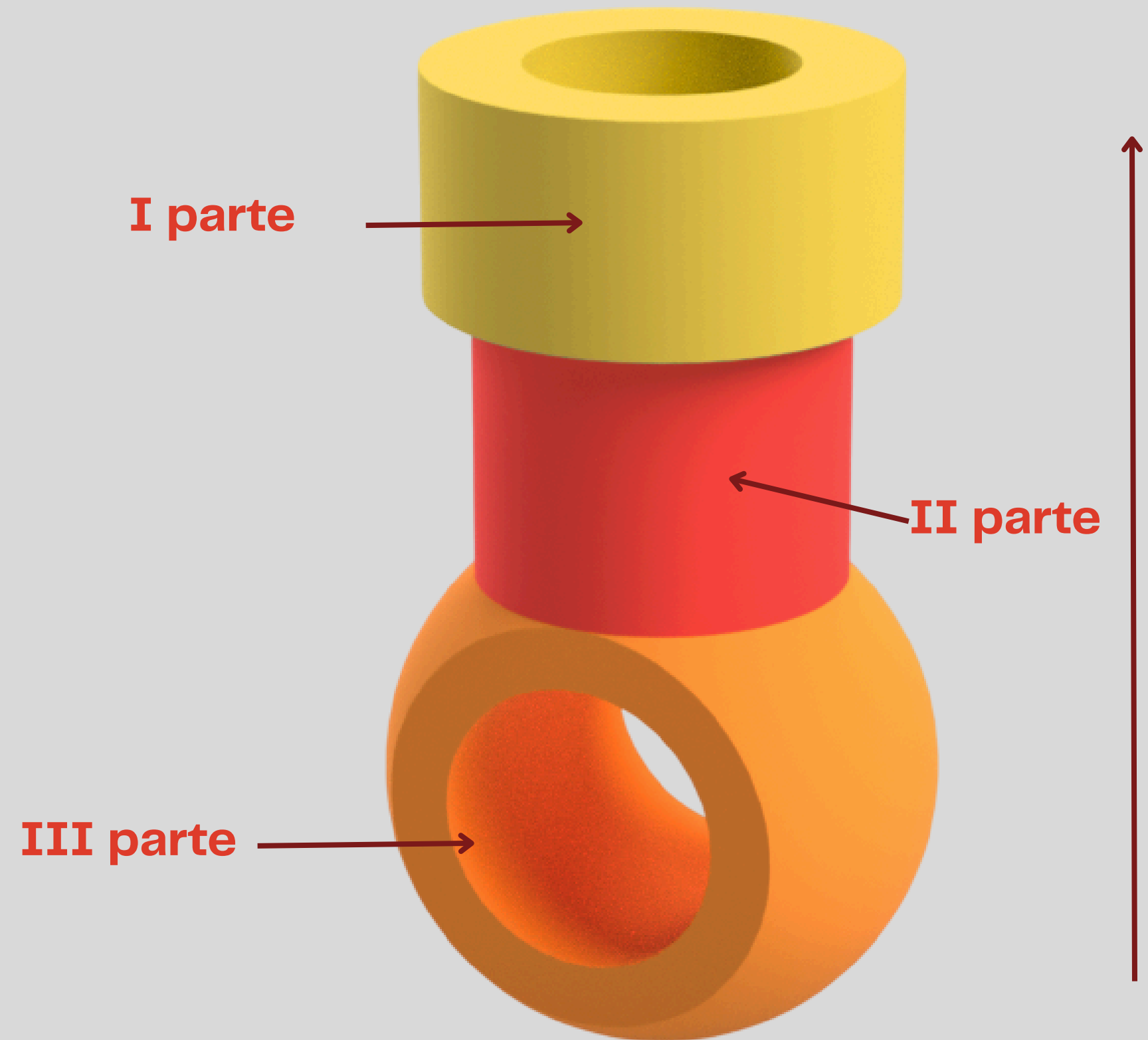
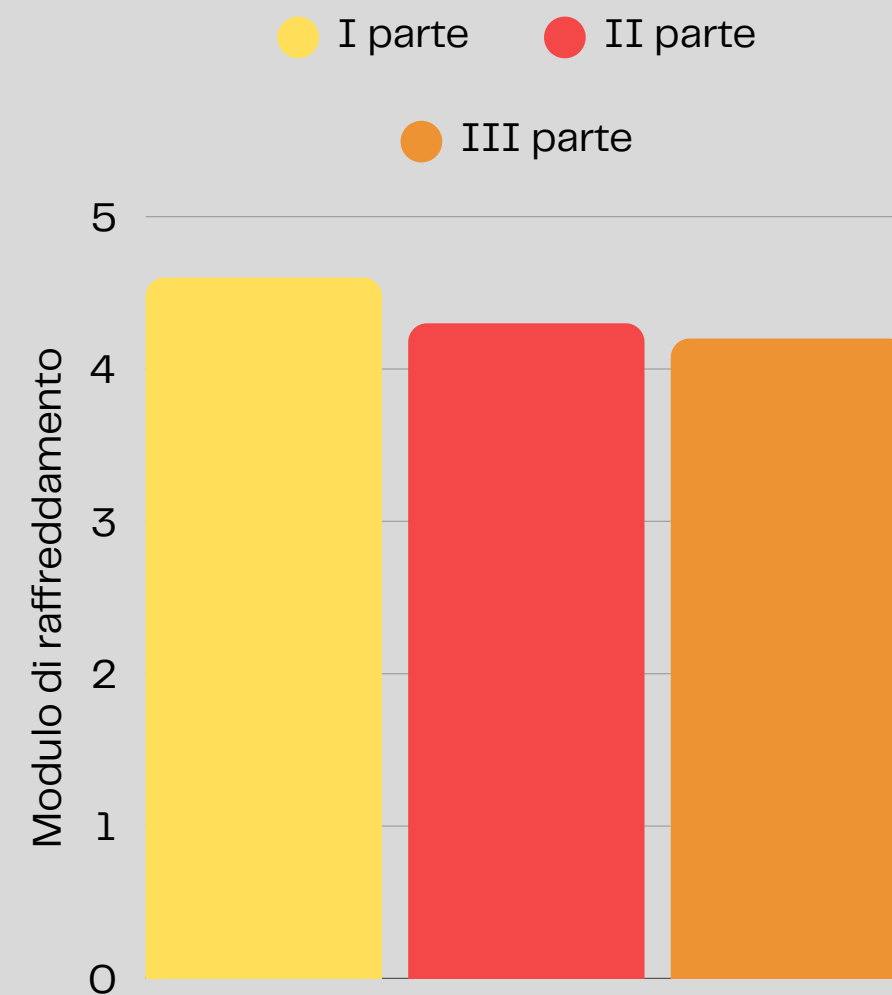
portate d'anima

raccordi portate d'anima

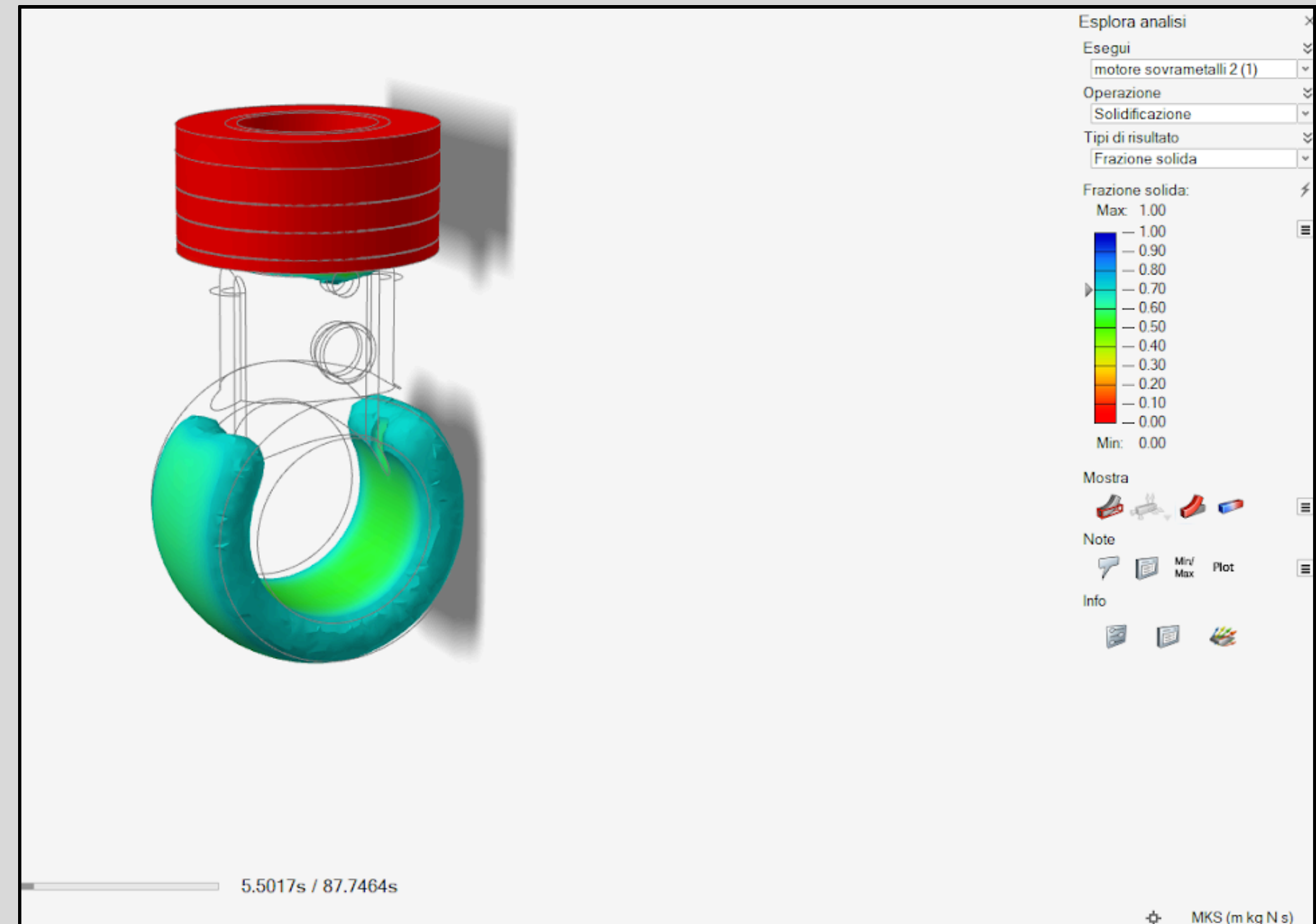
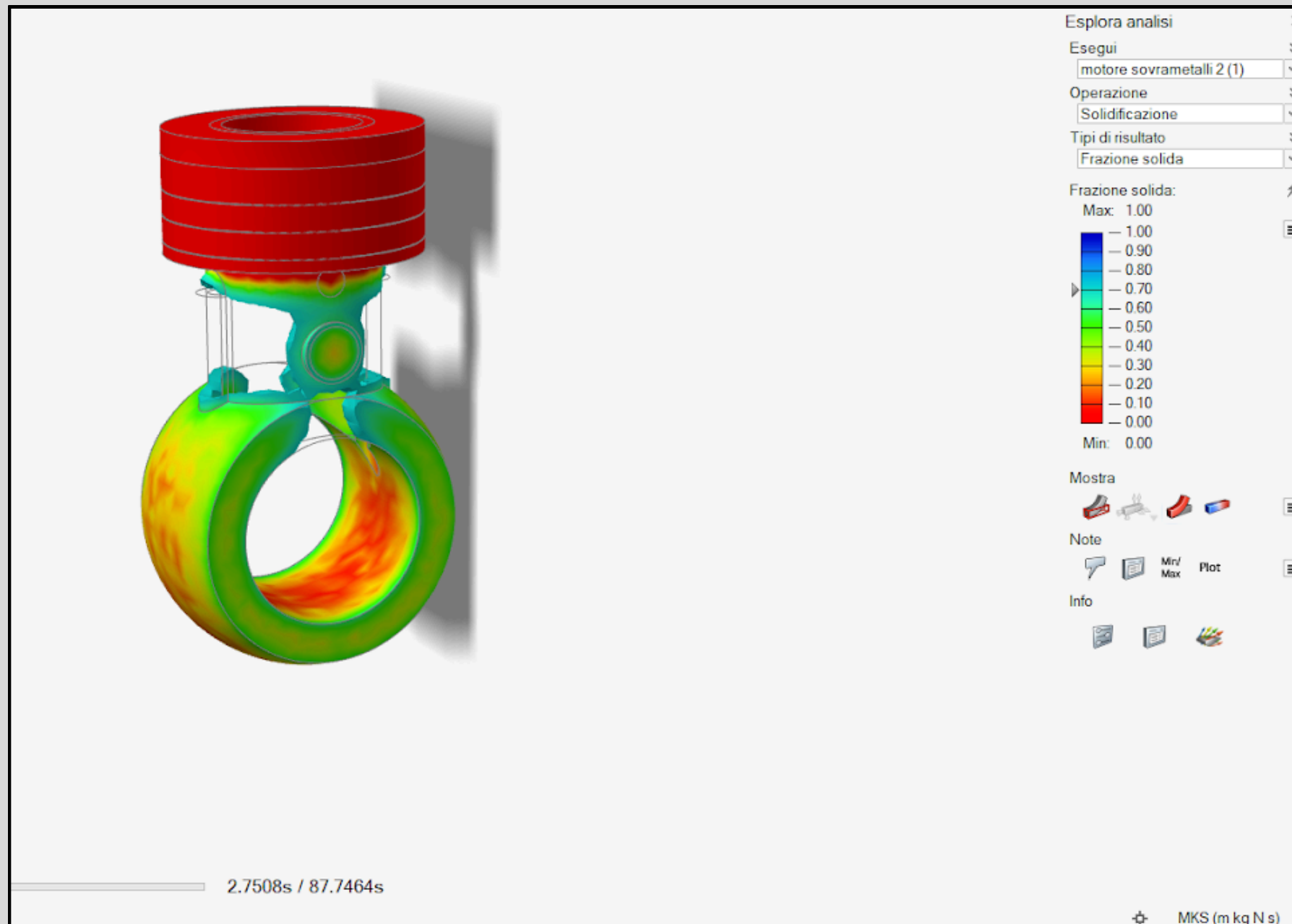


Per le **anime** sono state utilizzate 4 parti ed é stato studiato un incastro per far in modo che le anime escano dal carter senza danneggiare il pezzo o aggiungere ulteriori lavorazioni; in ordine si estrarrà la prima anima, di seguito dando un leggero colpo alla seconda anima si staccheranno la terza e la quarta e in fine bisognerà soltanto estrarre la seconda anima sfilandola dall'alto.

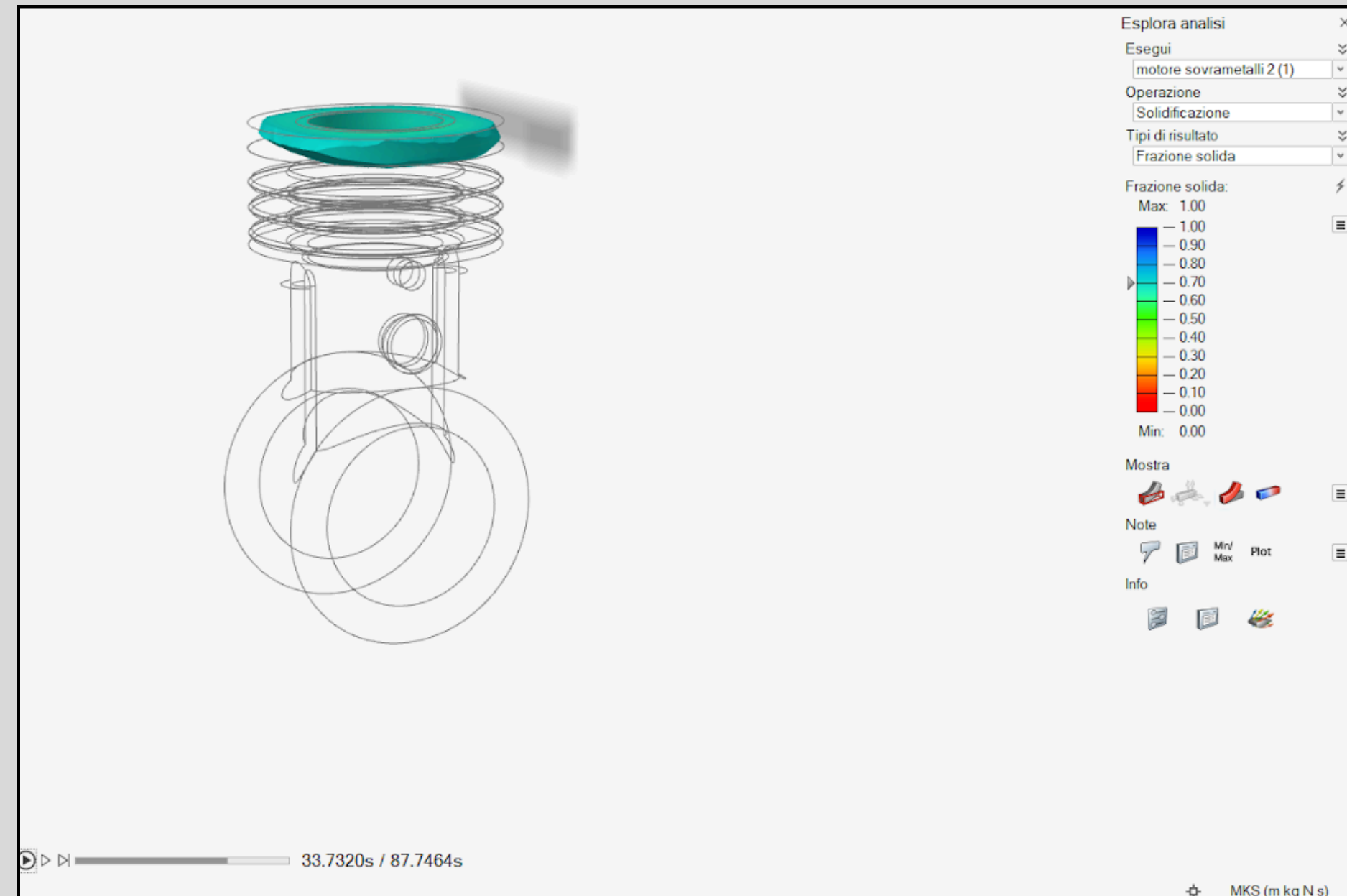
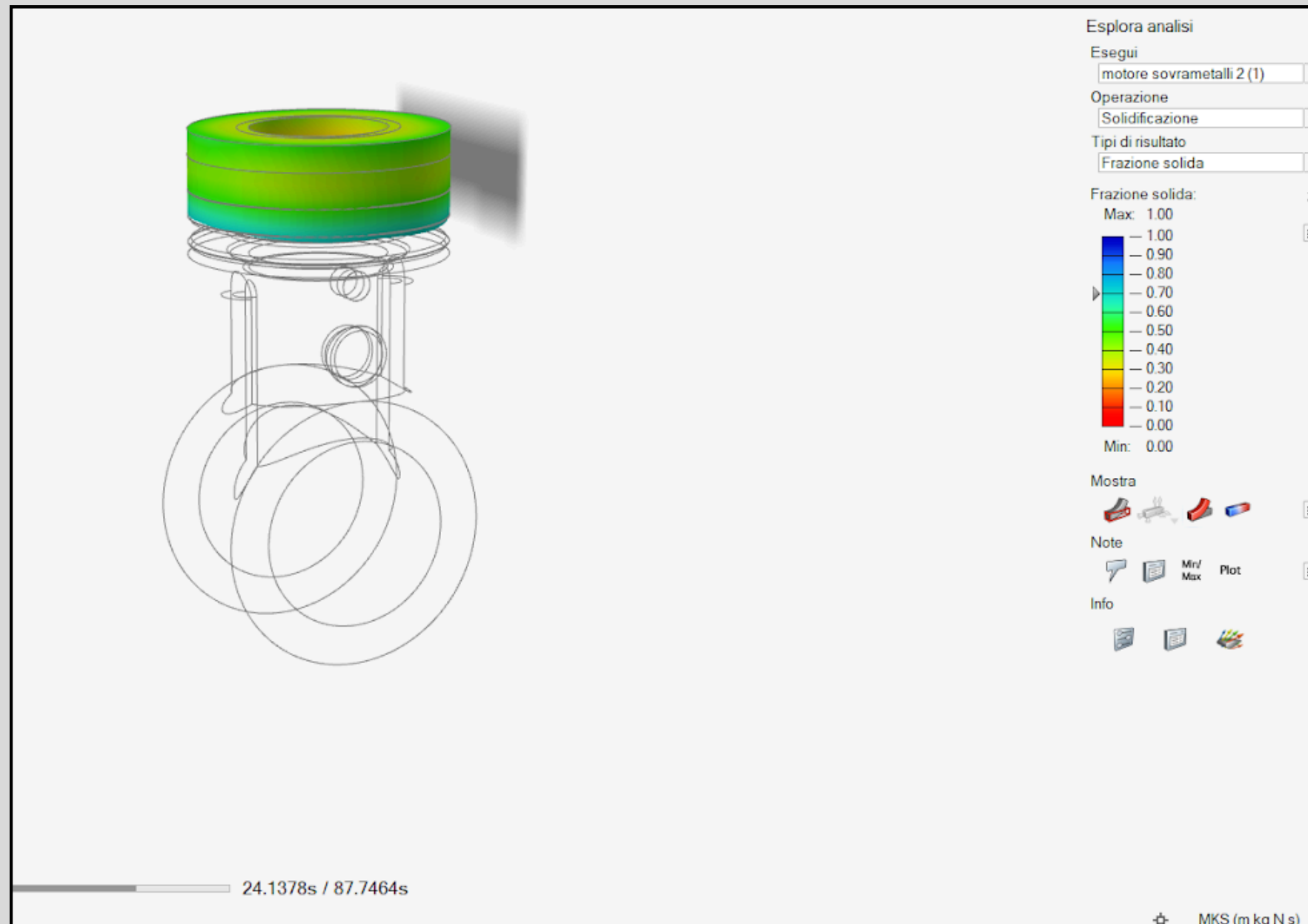
Per lo **studio della solidificazione**, tramite il calcolo del modulo di raffreddamento abbiamo dedotto in base ai risultati di seguito riportati che la zona con modulo più alto sarà la I parte pari a 4,7 mm. Questi dati sono stati consolidati dalle analisi tramite il software.

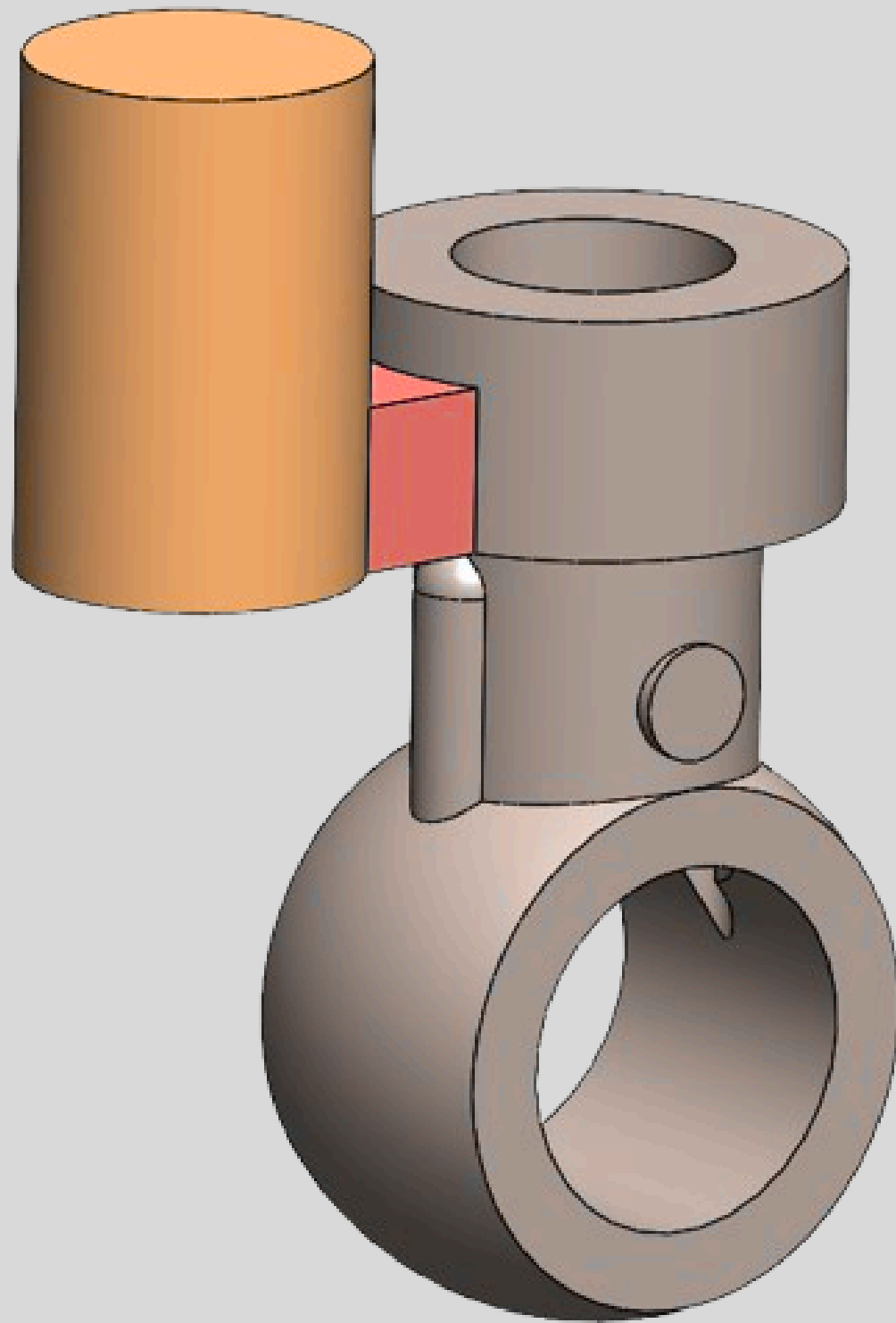


Analisi solidificazione tramite software-Inspire Cast



Analisi solidificazione tramite software-Inspire Cast





In seguito ai vari ed opportuni calcoli per il **dimensionamento della materozza** abbiamo deciso di inserire una materozza cilindrica a cielo aperto con le seguenti caratteristiche:

$$H = 46,5 \text{ mm} \quad D = 31 \text{ mm}$$

Si considerano l'altezza e il diametro della materozza con un rapporto di $D = 1.5 \cdot H$ grazie al quale ci ricaviamo la formula sul Santochi del volume

$$V = 1.18 \cdot D^3 = 35 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

Considerando poi b = coefficiente di ritiro volumetrico del materiale = 3.5 ‰ e V_p = volume del pezzo = $72,6 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$ potremo calcolare

$$V_m = \text{capacità massima di alimentazione della materozza} = 105 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

Così possiamo accertarci che il volume della capacità massima alimentabile è superiore al volume del pezzo, garantendo che il metallo liquido fornito dalla materozza sia sufficiente.

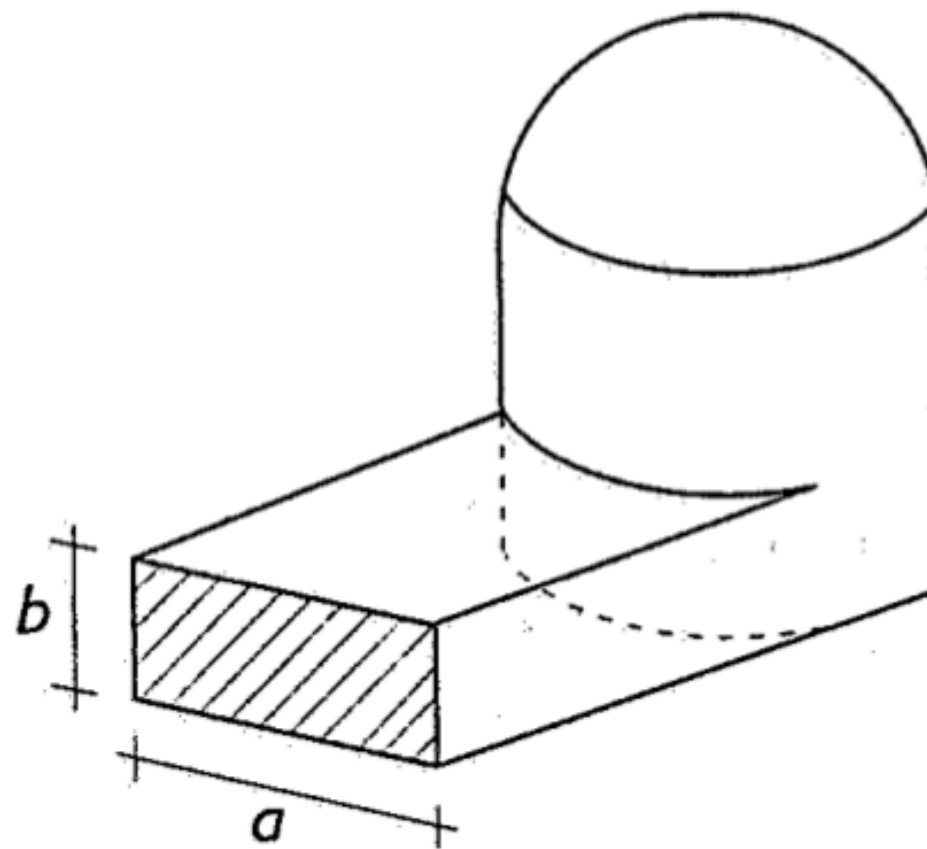
Considerando un **collare d'attacco** rettangolare abbiamo considerato come misure di base:

$a = 20 \text{ mm}$

$b = 15 \text{ mm}$

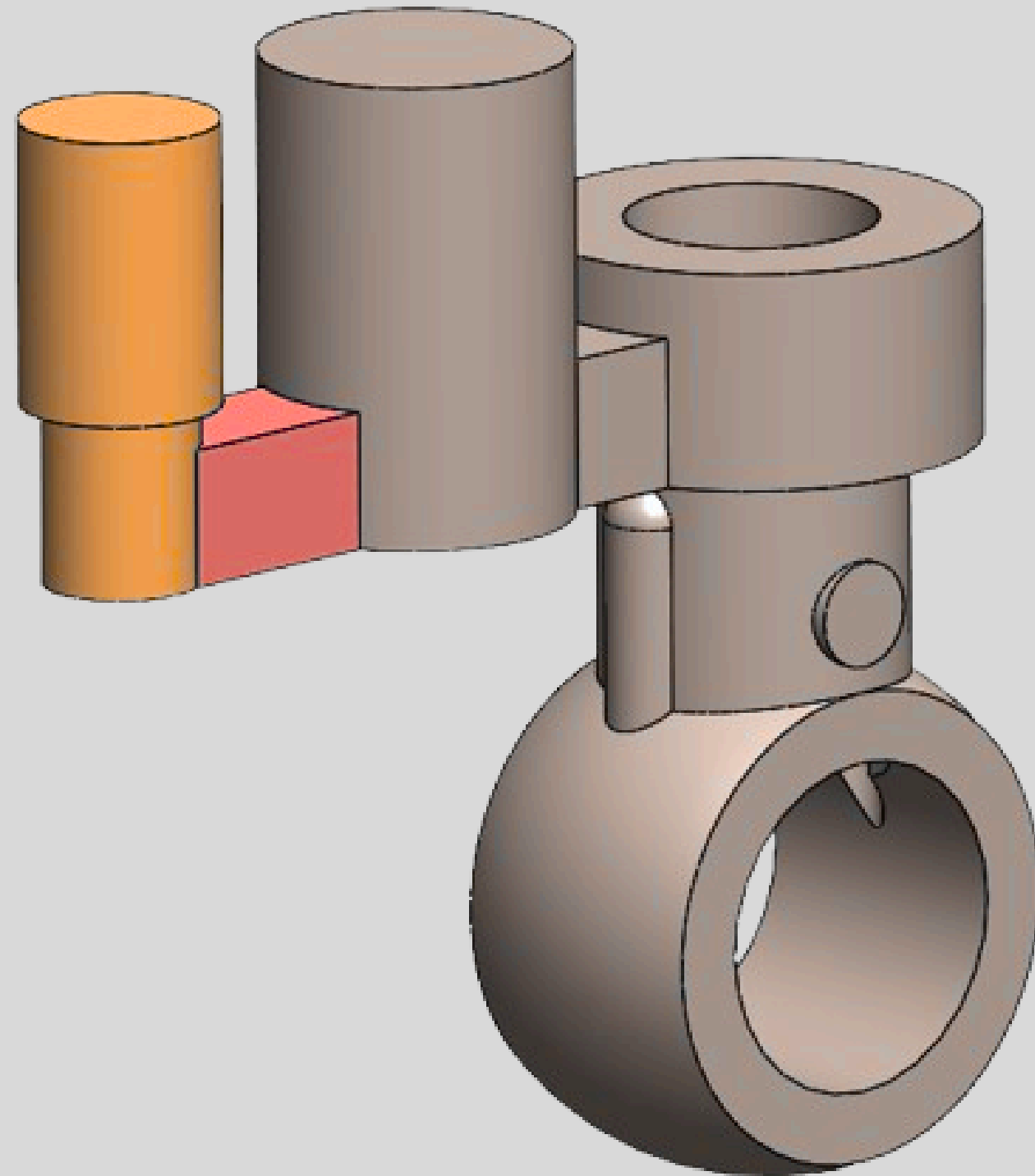
e di conseguenza il modulo di raffreddamento è pari a:

$M = 4,2 \text{ mm}$



$$M_{\text{collare}} \approx \frac{a \cdot b}{2(a + b)}$$

Per il **posizionamento** le opzioni erano tra la superiore e quella laterale della prima parte, tra i due abbiamo optato per la superficie laterale poichè in base ai calcoli sul dimensionamento del collare d'attacco quella superiore non era sufficientemente grande.



In seguito ai calcoli necessari per lo **studio del canale di colata** sapremo che il dimensionamento il canale avrà un diametro di 15 mm, mentre il collare d'attacco con una base quadrata con lato di 13,8 mm.

Altri dati necessari in seguito per lo studio tramite il software che sono stati calcolati sono:

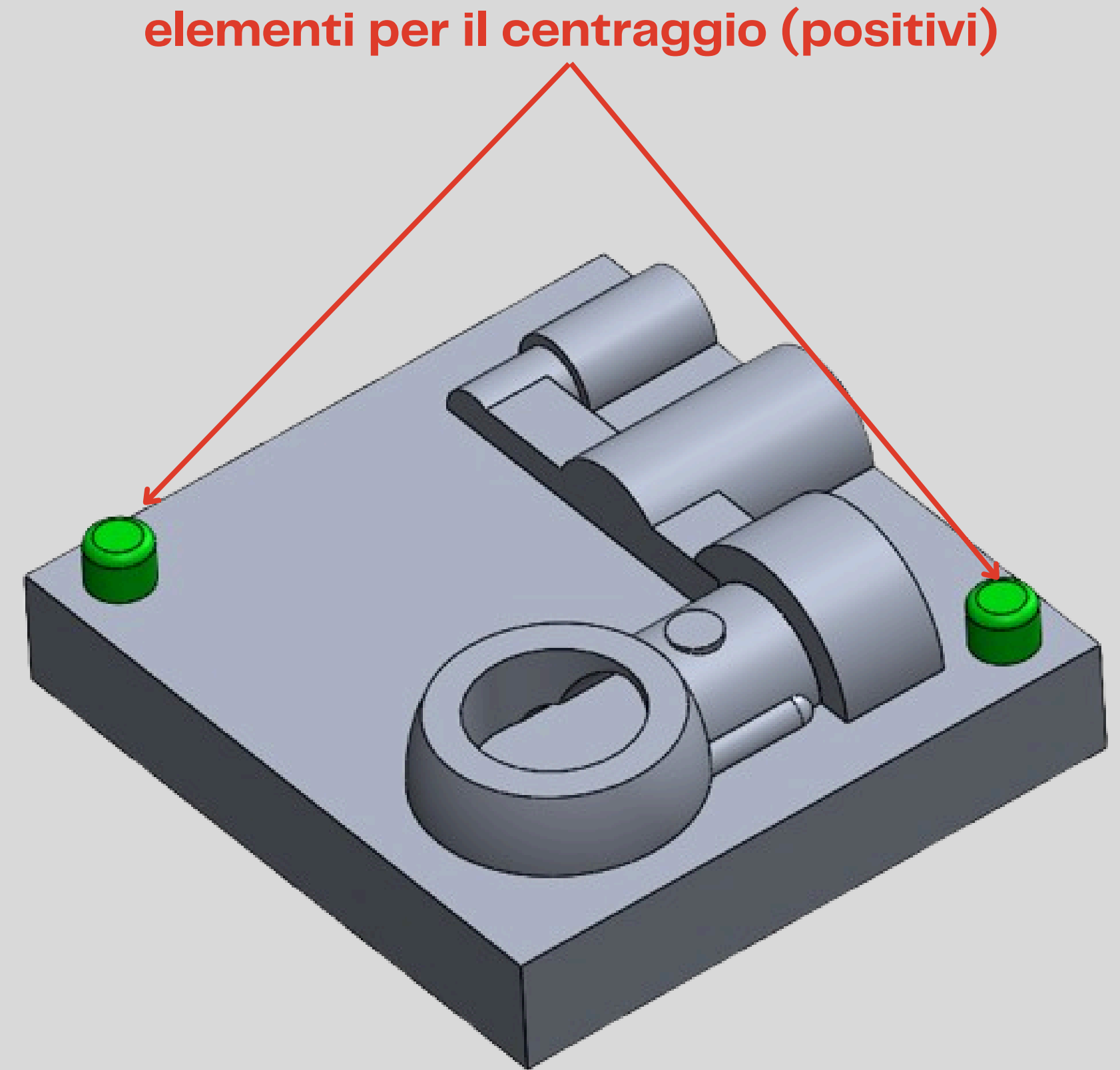
T = tempo di riempimento = 1,7 s

v = velocità del getto = $0,3 \cdot 10^3 \text{ mm}^2/\text{s}$

K = portata di colata = 0,17 kg/s

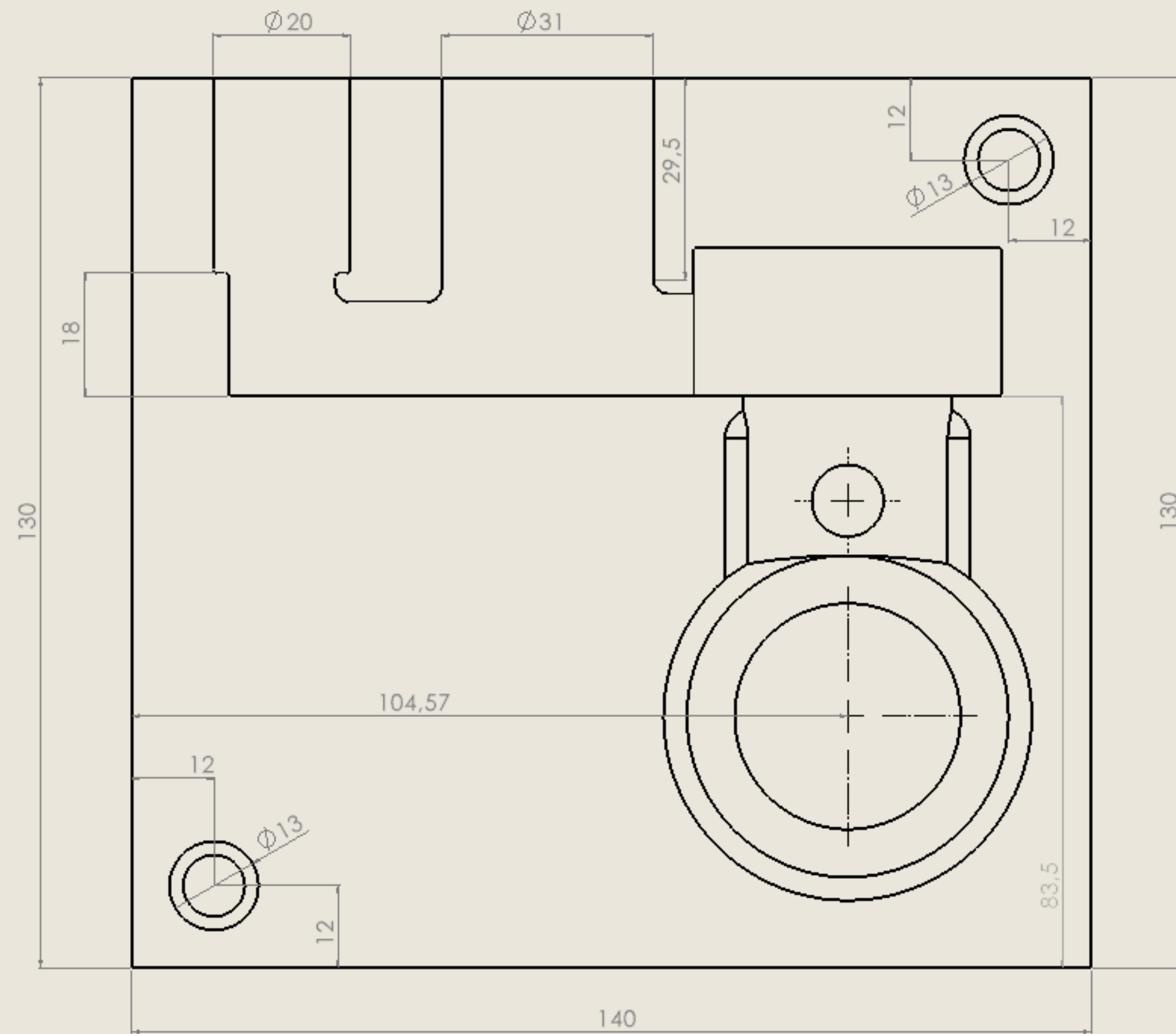
Nello studio della **placca modello**, vedendo le dimensioni del nostro pezzo abbiamo considerato di creare una stampo in sabbia silicea che potesse realizzare due carter contemporaneamente.

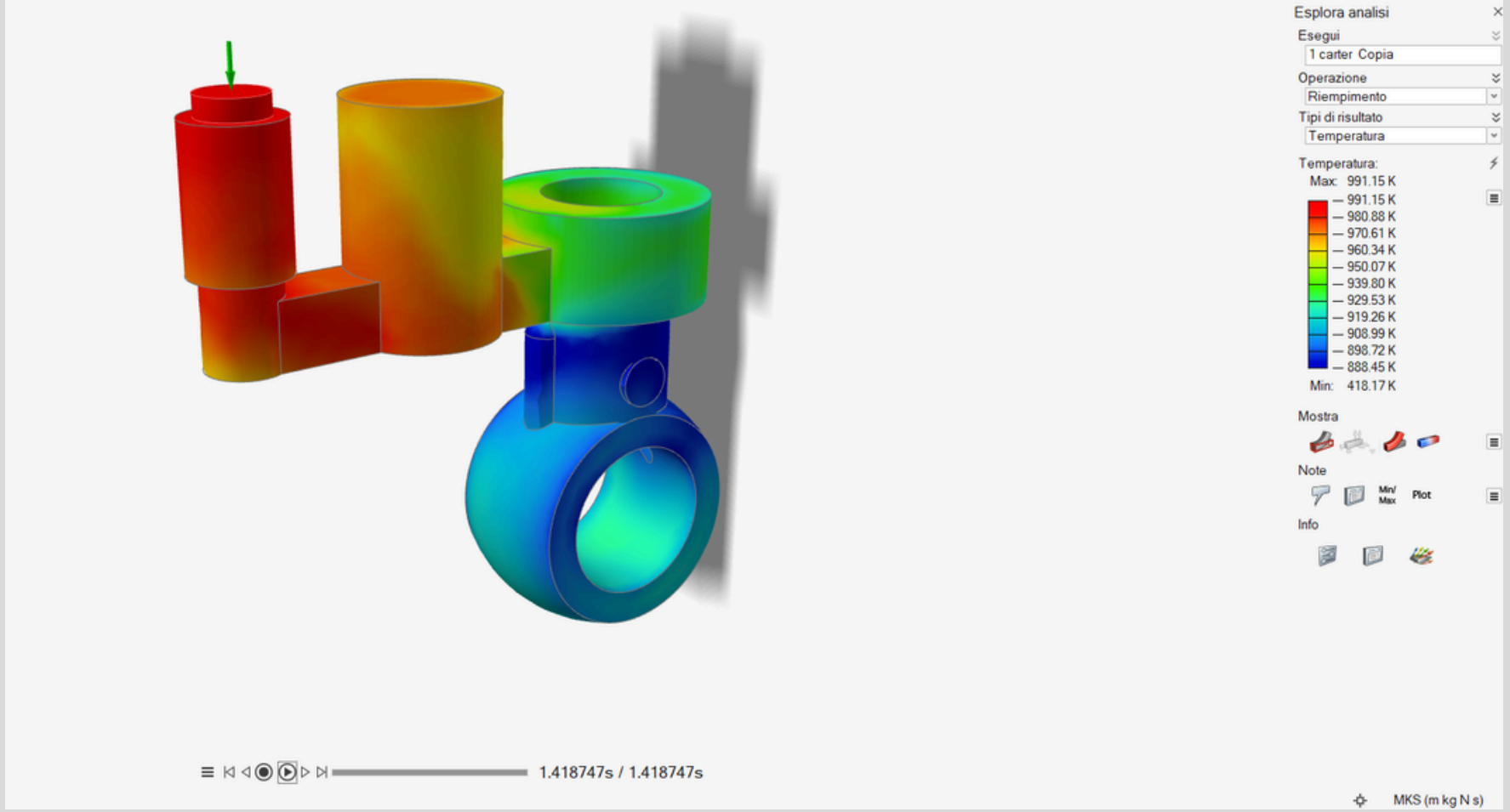
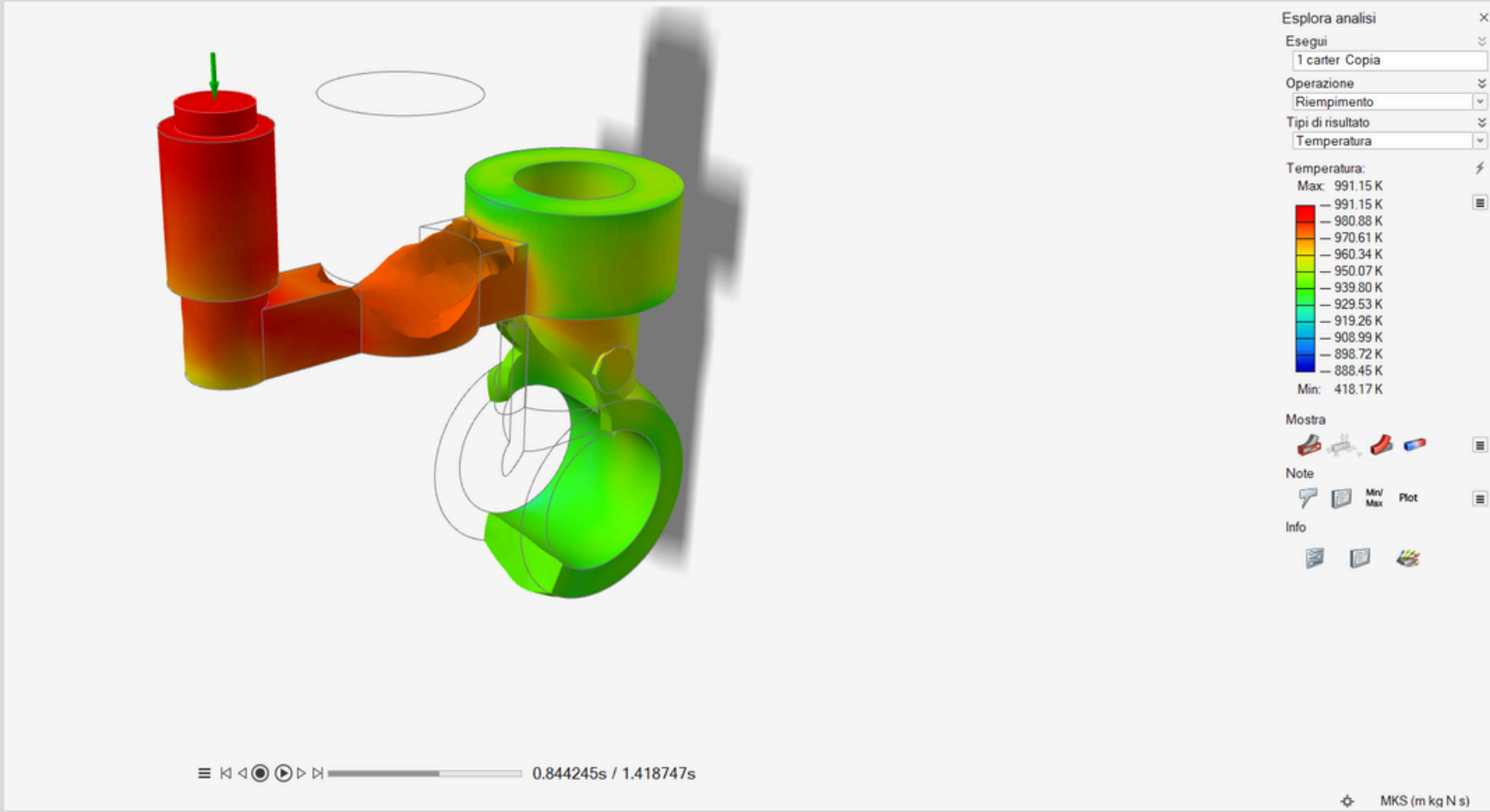
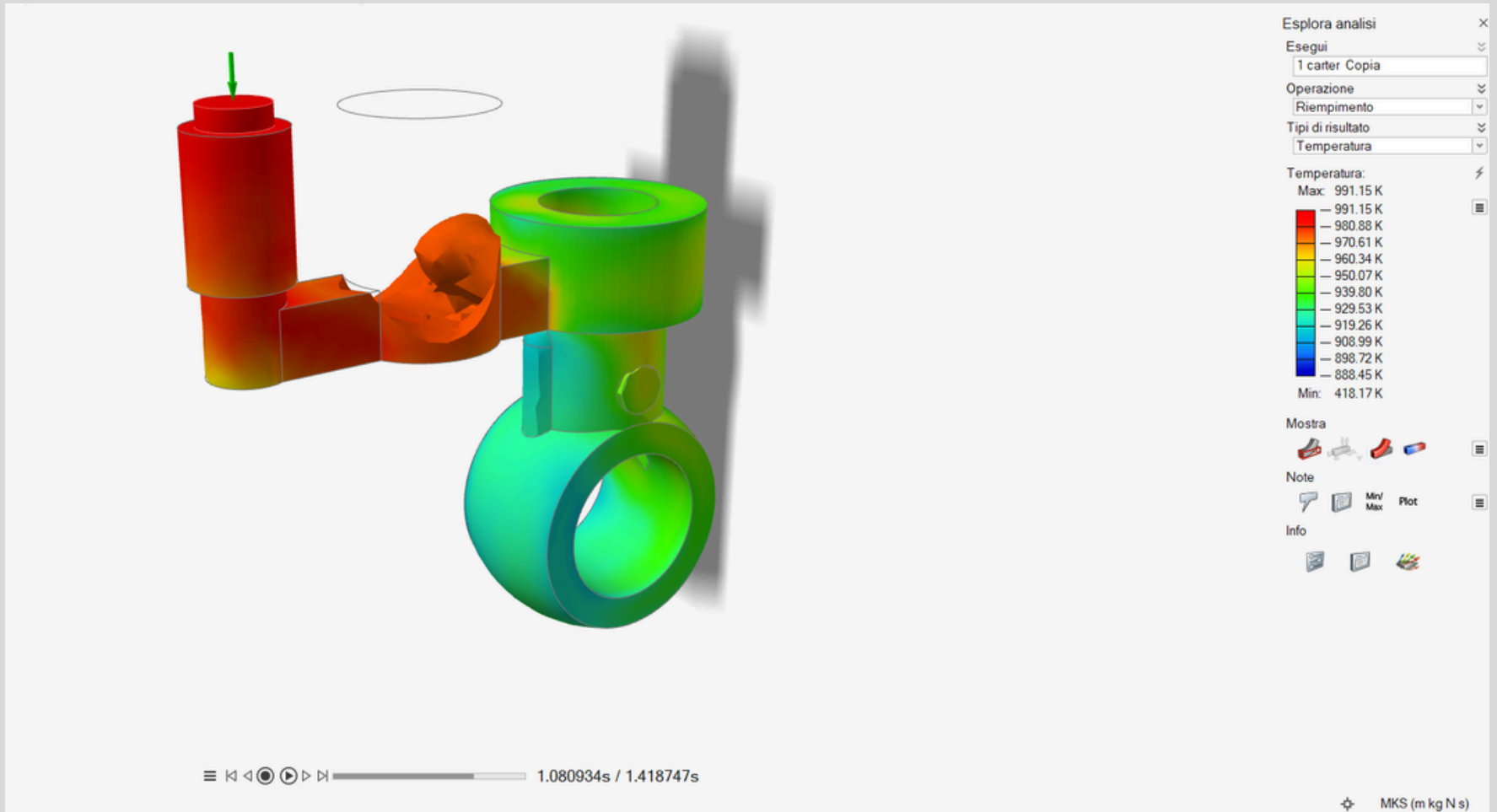
Per la **dimensione delle staffe** (250x315x50 mm) ci siamo affidati alle misure standard UNI 6765-70, le misure più vicine a quelle del nostro carter compreso di materozza, collare di attacco e sistema di colata (considerando anche lo spazio tra i due carter)

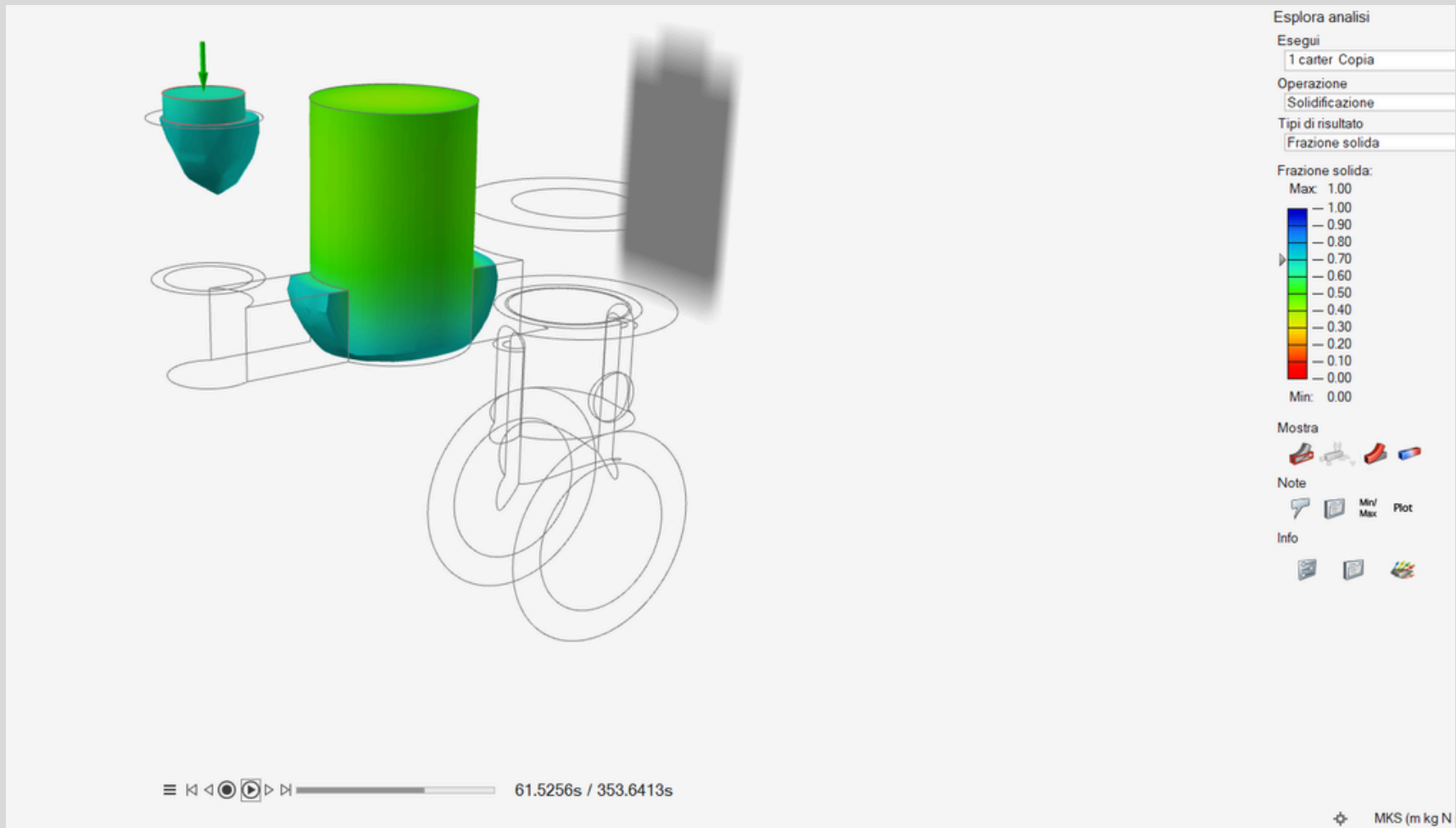
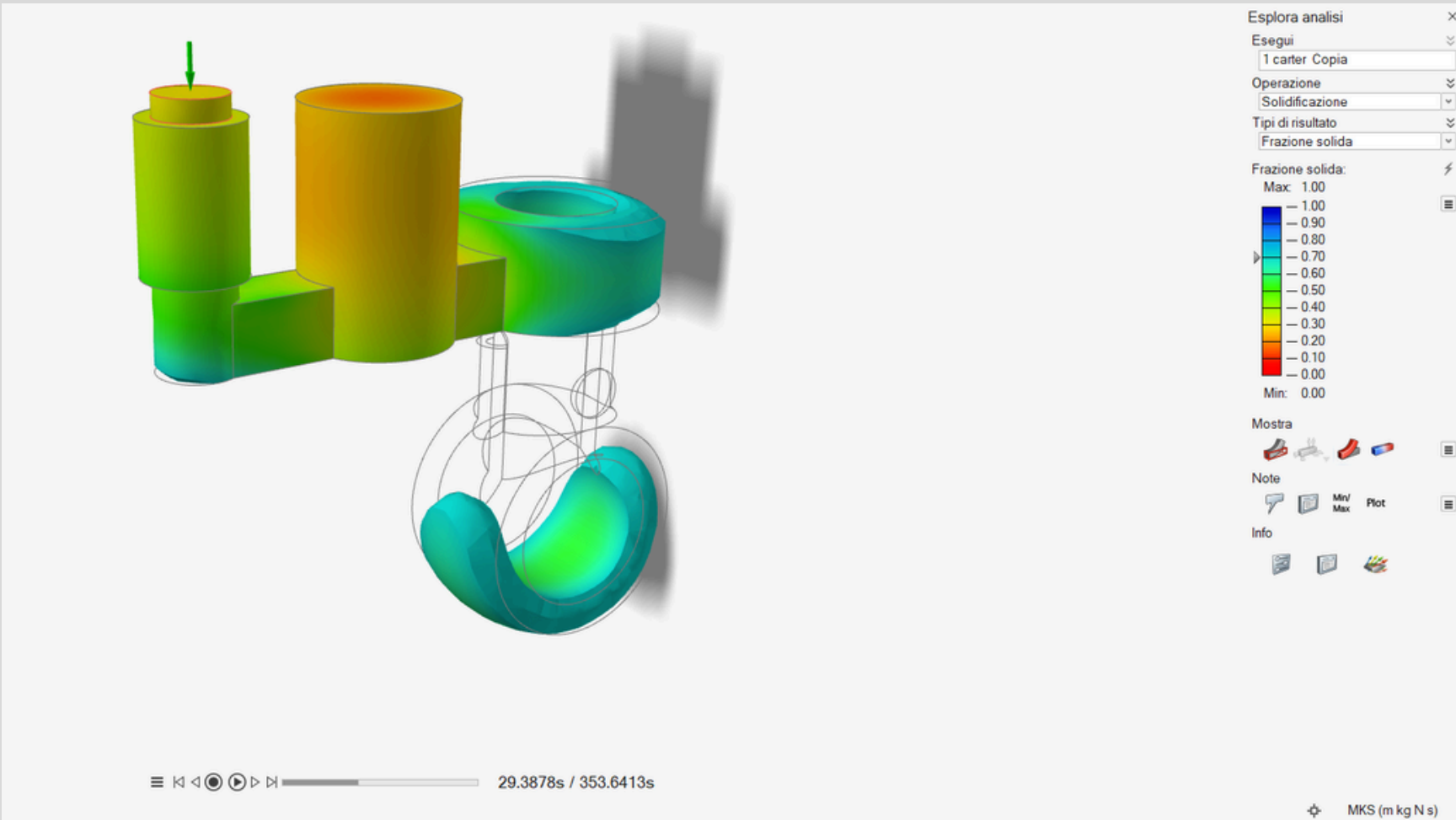
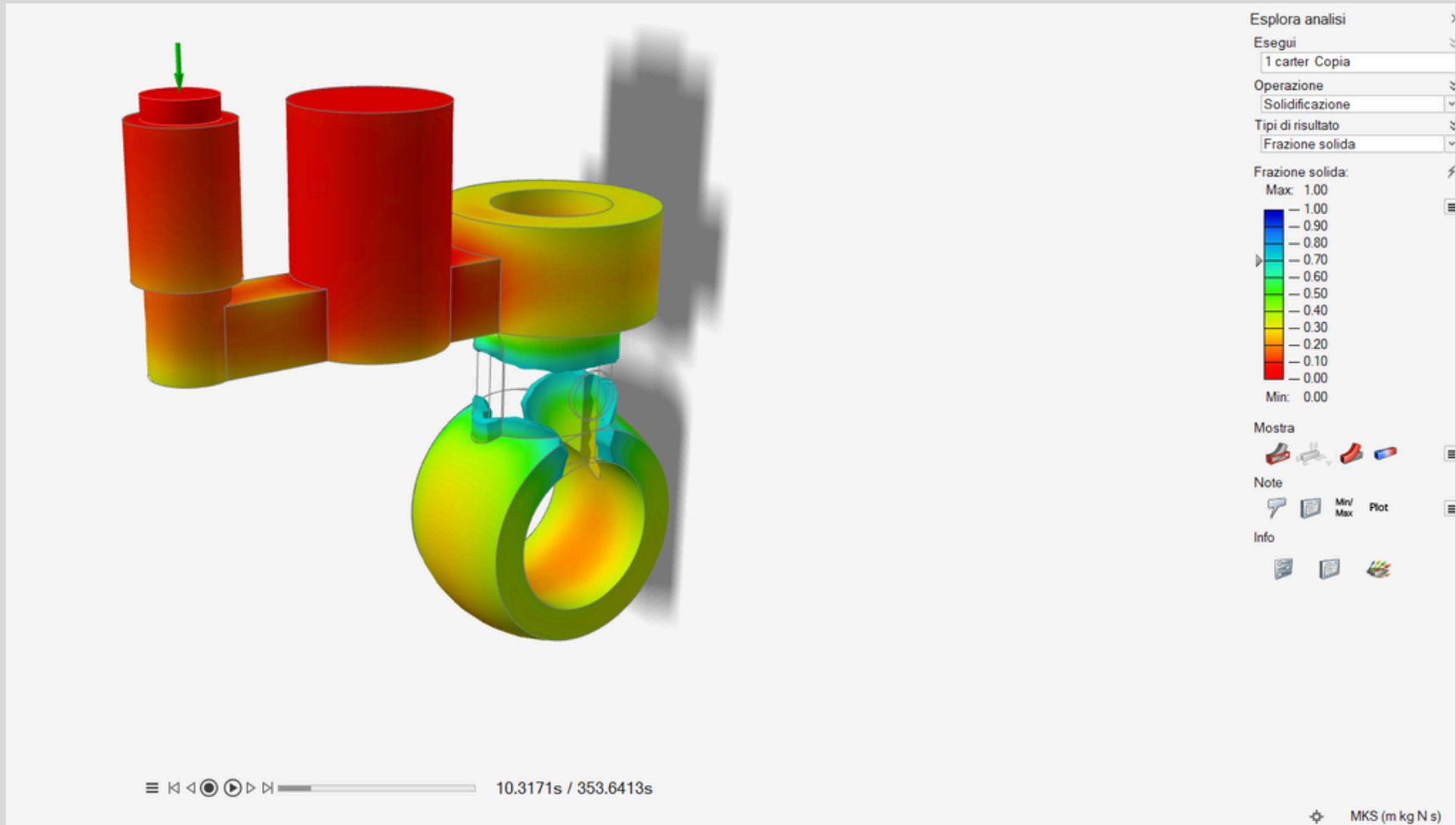


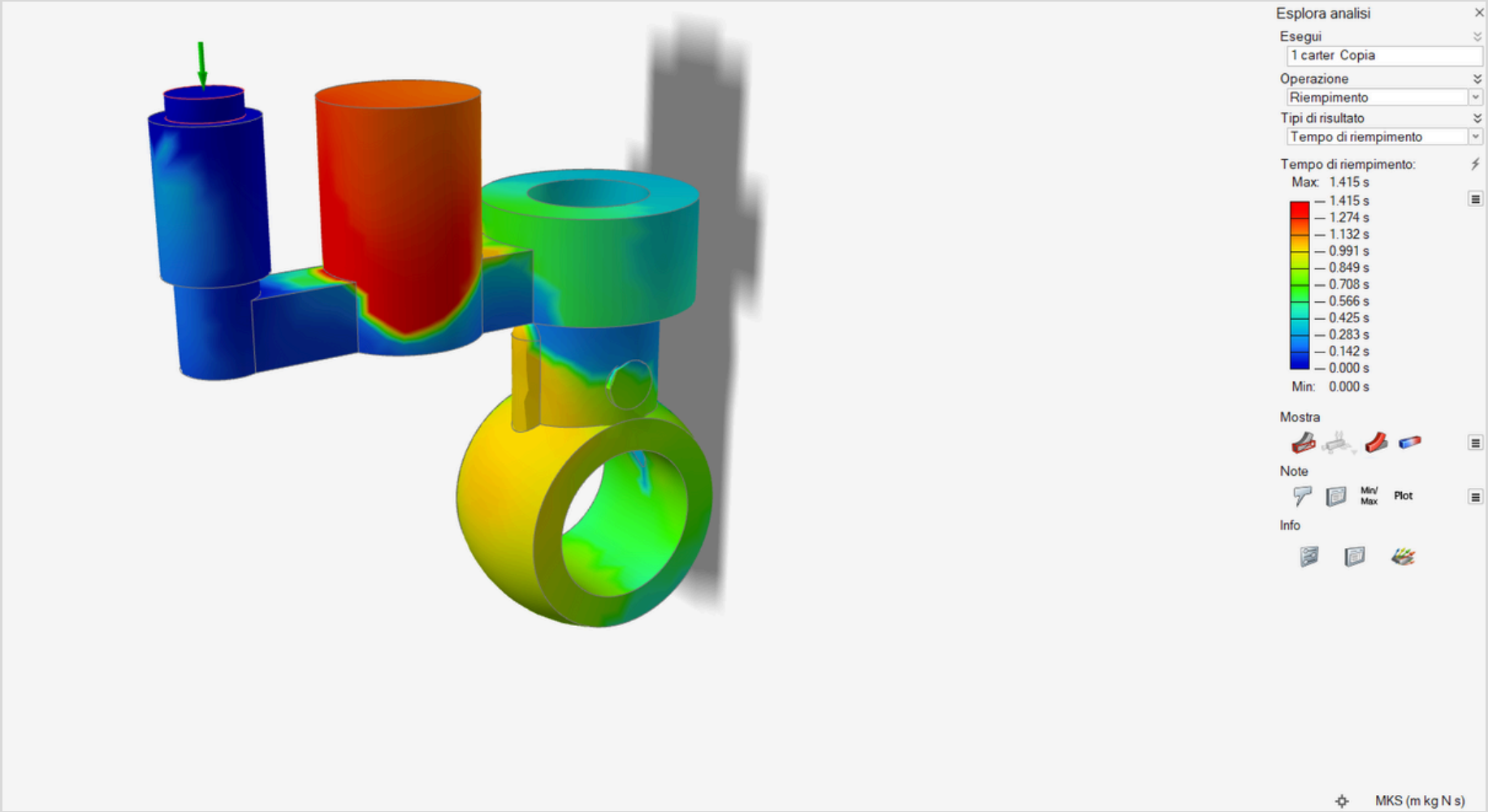
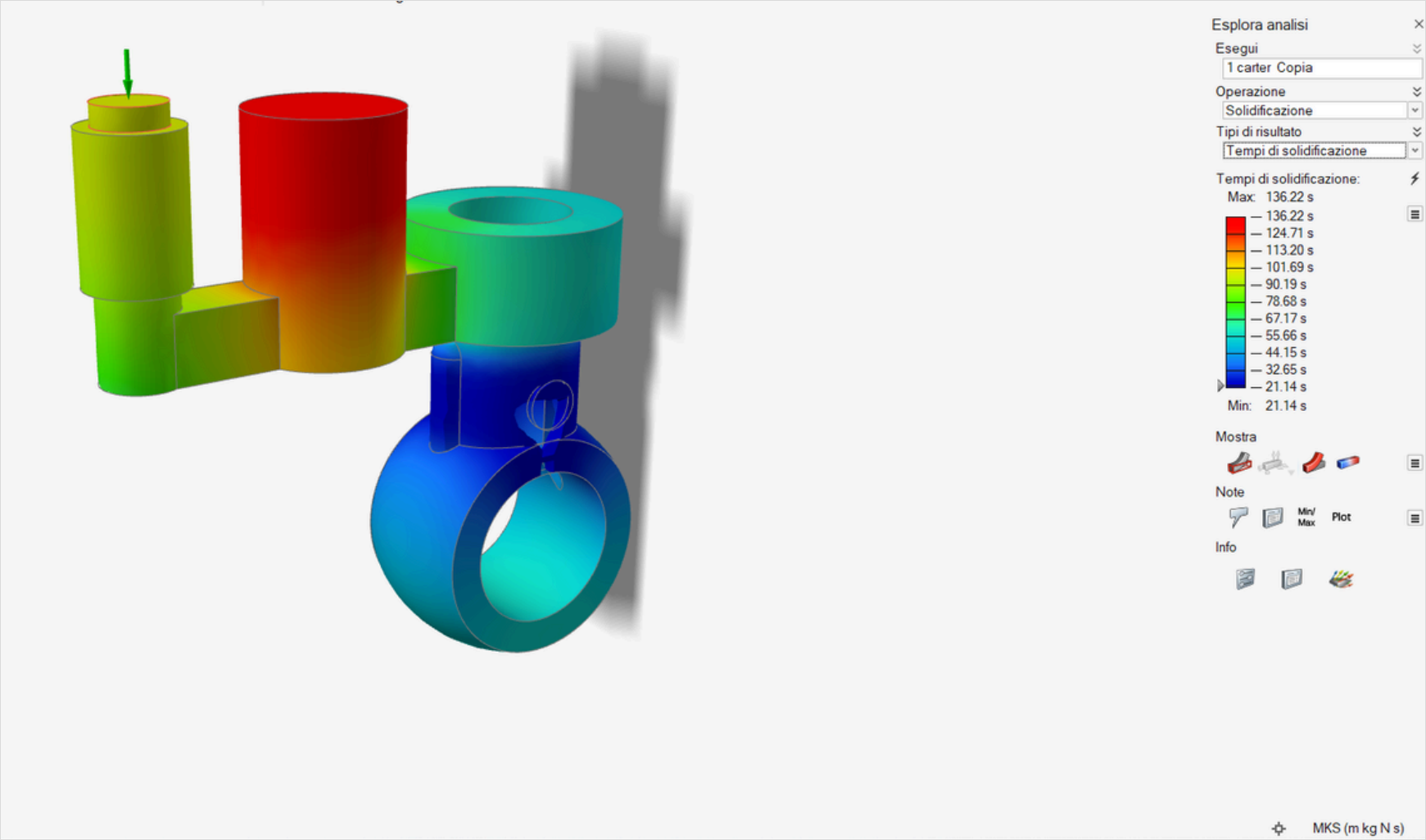
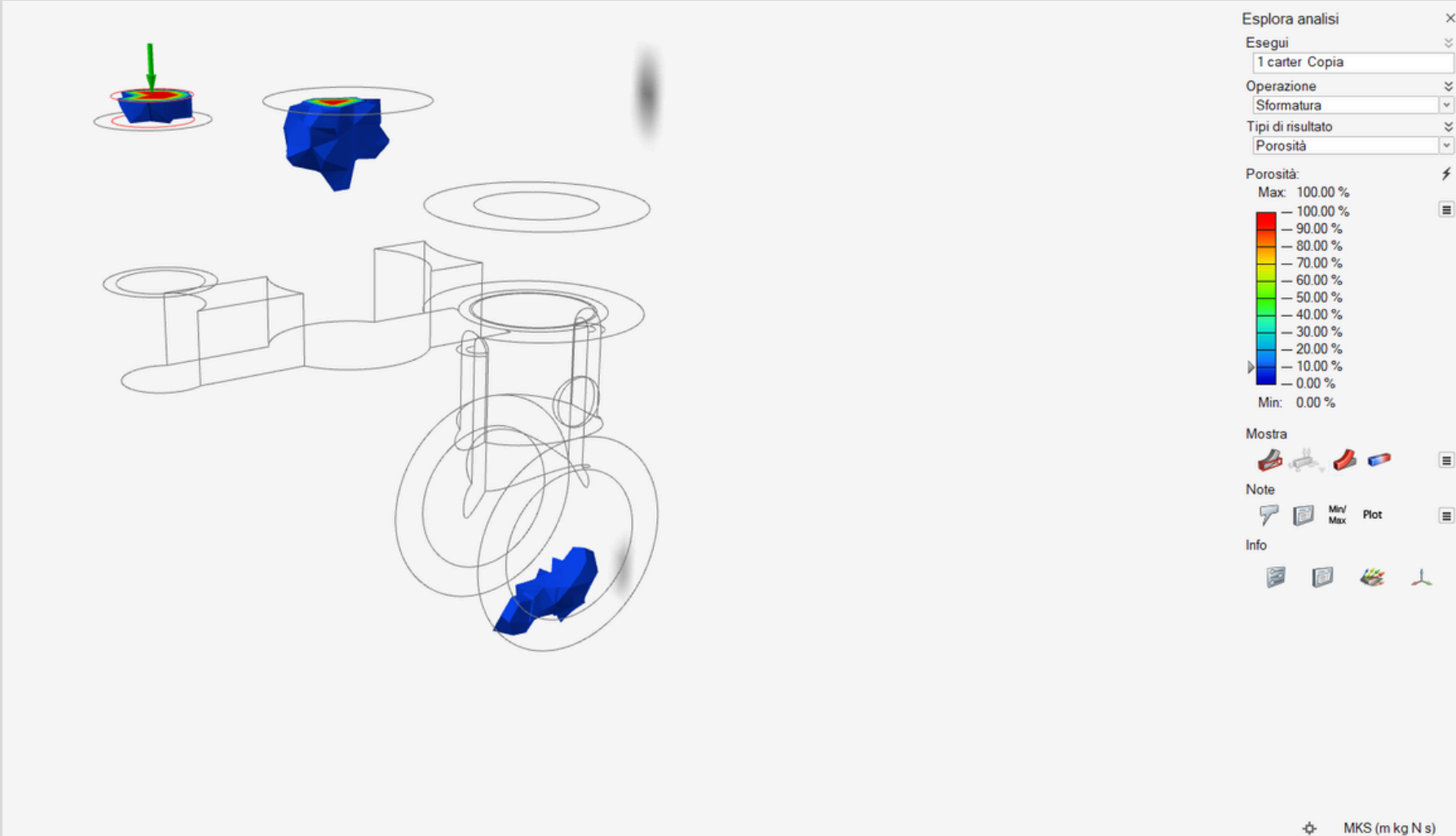
CORREZIONE

Sono stati aggiunti gli elementi per il centraggio ed é stata corretta la quotatura dei una metà della placca modello.









Tempi attivi:

- tempo di colata = 1,7 s
- solidificazione = 2,2 min

Tempi passivi:

- caricamento del forno = 40 min
- fusione della lega = 40 min
- riscaldamento stampo = 30 min
- preparazione stampo = 20 min
- assemblaggio = 25 min
- estrazione del getto = 20 min

Totale di 3 h per due pezzi => 1 ½ h per pz

Costo materiali:

- stampo = trascurabile
- carter = 0,8€ al pz

Costo manodopera:

- tempi attivi = 1h 45min
- tempi passivi = 1h 10min

quindi pagando un operaio 25€ l'ora per un intero turno di lavoro (ovvero due carter) sarà di 75€

Totale per ogni singolo carter: 38,3€
Totale per 1000 pz: 38300€

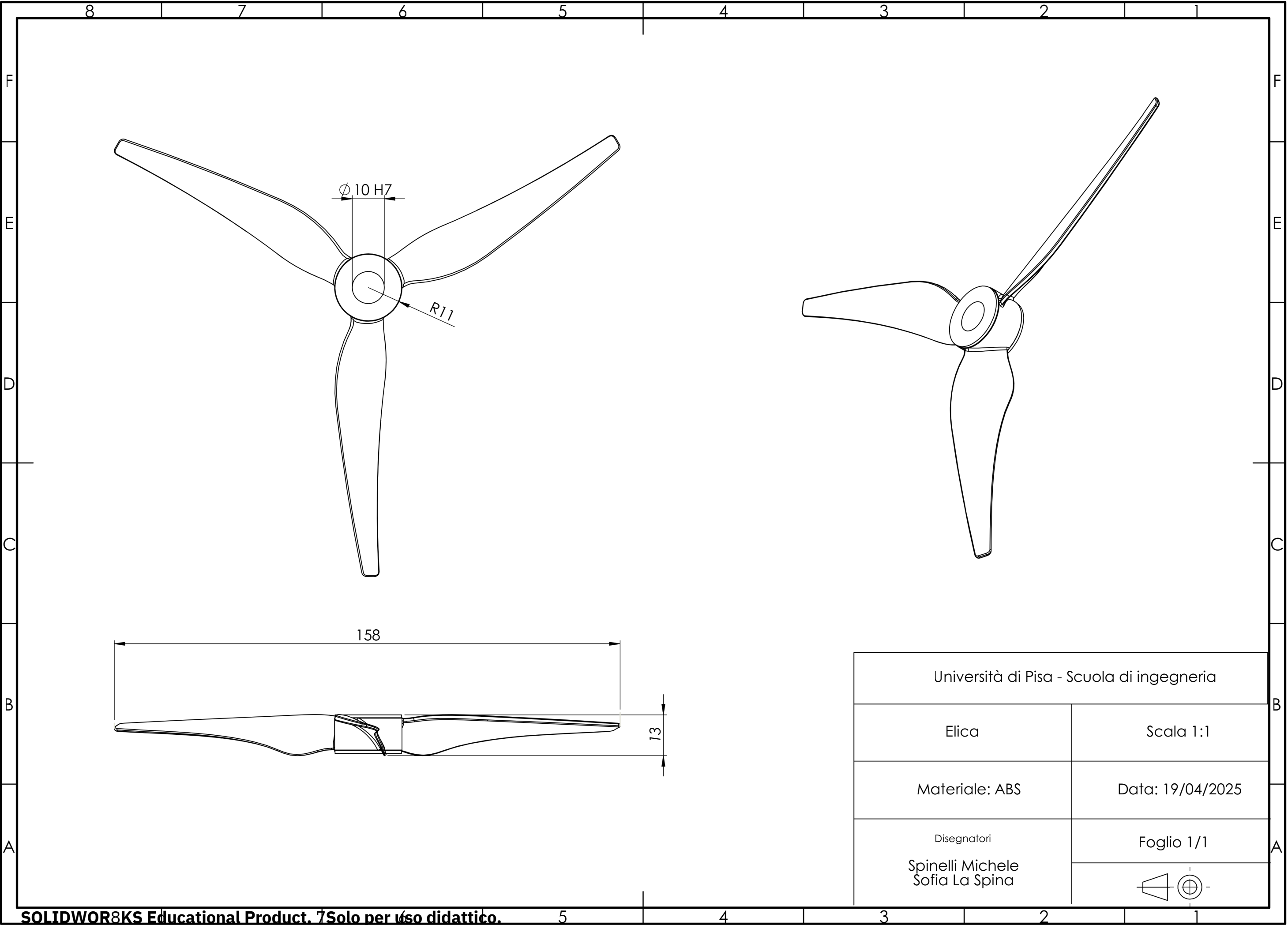
7. Stampa 3D

Per la **stampa 3D** é stato scelto come componente del pezzo l'elica poichè la caratteristica principale per garantire che converta in maniera corretta l'energia meccanica in spinta aerodinamica é la sua **leggerezza**.

Come **materiale** abbiamo optato per l'**ABS** poichè rigido e stabile, garantendo il corretto bilanciamento dinamico e mantenere la stessa forma sotto stress.

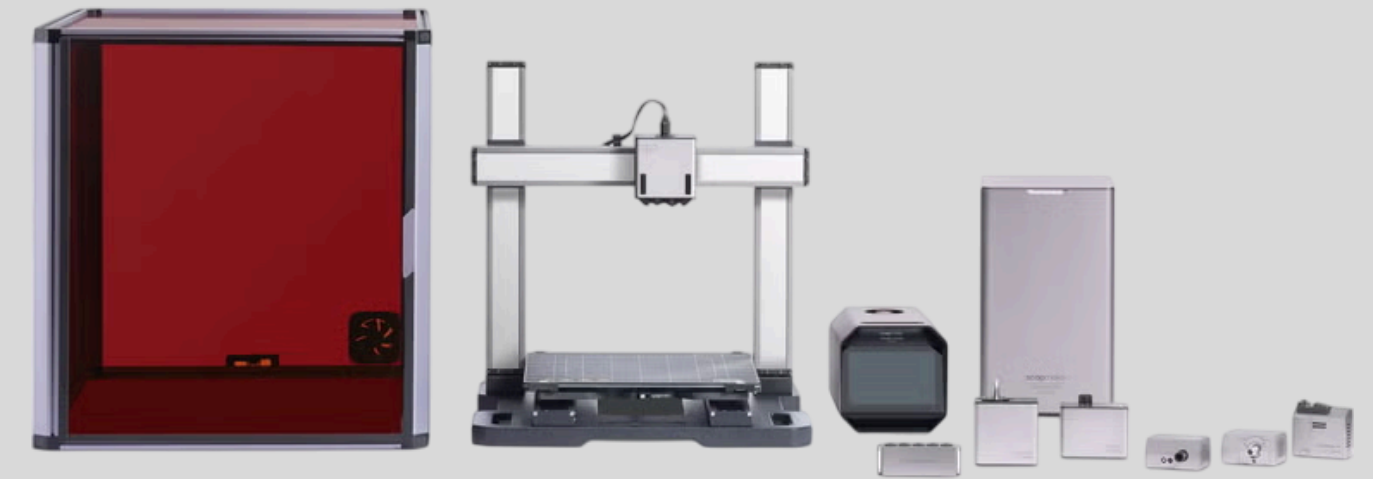
Come **tecnica di lavorazione** abbiamo optato per lo **stampaggio FDM** (Modellazione a Deposizione Fusa), soluzione migliore per creare componenti leggeri e con forme geometriche complesse.



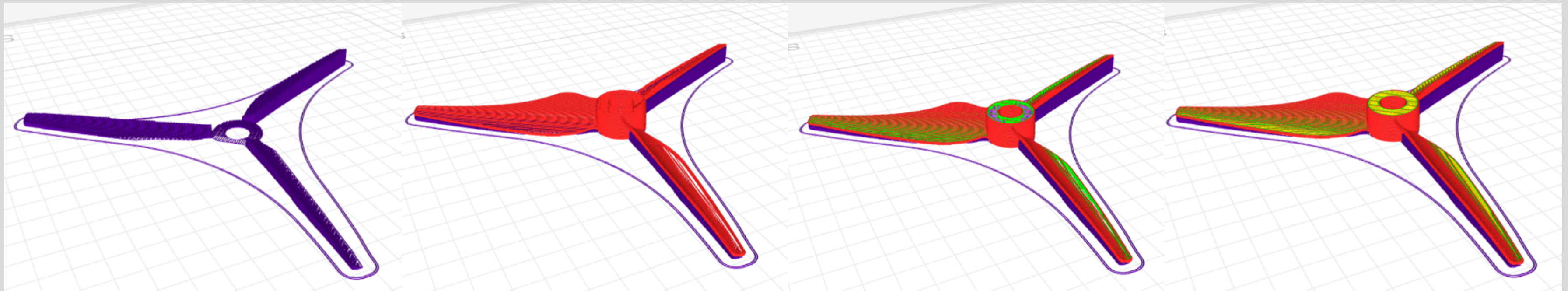


Università di Pisa - Scuola di ingegneria	
Elica	Scala 1:1
Materiale: ABS	Data: 19/04/2025
Disegnatori Spinelli Michele Sofia La Spina	Foglio 1/1

Stampante usata: Snapmaker Artisan FDM 3D
fornita dall' università di Pisa.



I seguenti **passaggi di stampa** sono stati ricavati tramite la simulazione del software Luban



Creazione dei supporti

*Si definiscono le pareti
esterne e si inizia a
costruire la struttura*

*Si definiscono anche le sezioni
interne per garantire maggiore
rigidità al pezzo e si riempie il
pezzo strato per strato;*

*Infine si chiudono le
superfici rimaste aperte*

Tempi attivi:

- Stampaggio: 1 ora

Tempi passivi:

- Setup macchina: 5 min
- Caricamento progetto pc: 30 sec
- Rimozione supporti: 2 min
- Rimozione pezzo dalla base di stampa: 30 sec
- Ricarica filamento: 1 min

Tempo tot. per un pezzo: 1 ora e 9 min

Tempo tot. 1000 pezzi: ~1150 ore

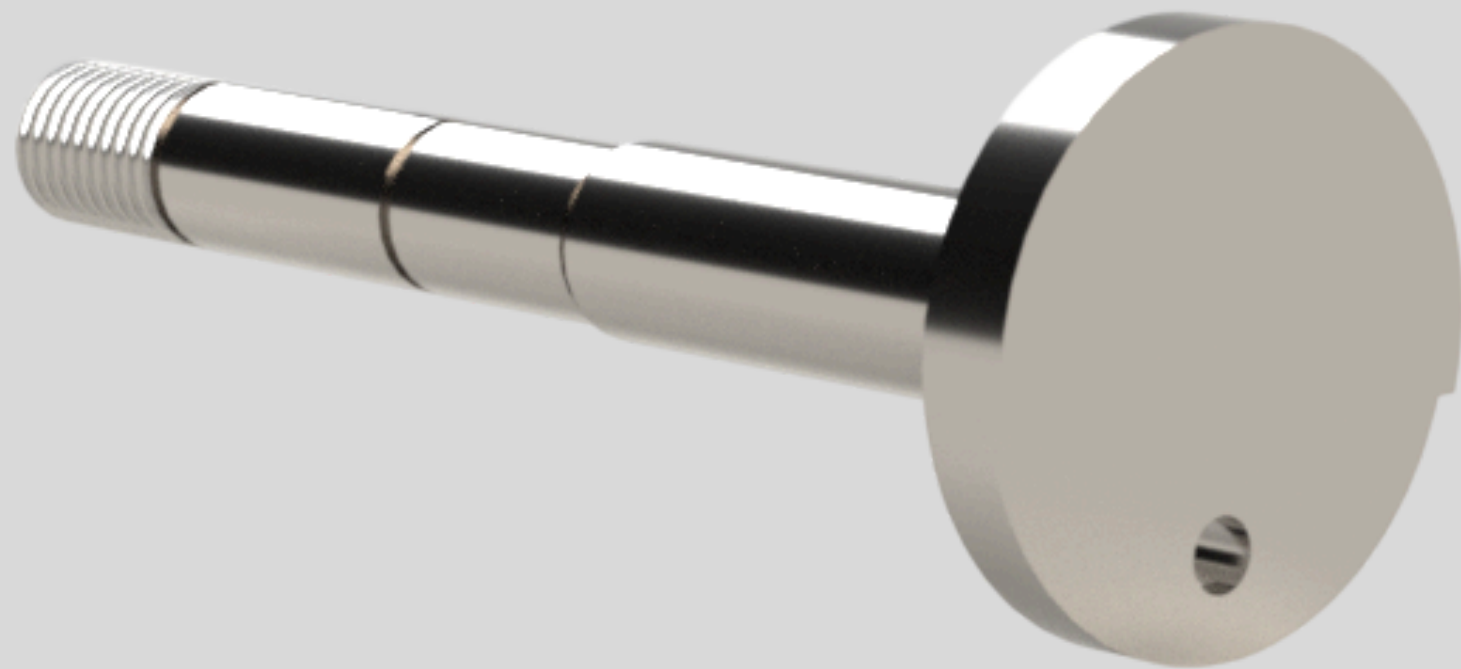
Costi (per singolo pezzo):

- Stampante: 0.067€
- Filamento (ABS): 0,2€
- Operatore: 2€
- Energia: 0.05€

Prezzo tot. per un pezzo: 2.31€

Prezzo tot. 1000 pezzi: ~2317 €

8. Asportazione di truciolo



Per l'asportazione di truciolo é stato scelto il **componente "Albero"** vista la geometria assial-simmetrica formata da cilindri coassiali.

Il **materiale** scelto è stato l'acciaio **S355JR**, per la combinazione di resistenza meccanica, buona lavorabilità ed eccellente saldabilità (visto il coinvolgimento del componente anche nell'operazione di saldatura)

Si andranno ad effettuare operazioni di **tornitura** per le superfici cilindriche, di **fresatura** per quelle piane e i fori, mentre una fase di **rettifica** chiuderà il ciclo di lavorazione.

Limitarsi a considerare una macchina specificamente progettata per la lavorazione del nostro albero comporterebbe il rischio di ottenere una macchina poco robusta o potente, che non verrebbe impiegata per operazioni future. Abbiamo quindi deciso di **“sacrificare” l’aspetto economico** a breve termine **a favore di una macchina più completa e stabile**, con una vita utile stimata di circa 20–30 anni, utilizzabile in molteplici contesti.



**Tornio Multitech
1000.51 Plus**



**Fresatrice Orion
7.5 Universal**



**Rettificatrice RIBON
RUR 1000 UNIVERSAL**



Sega a nastro

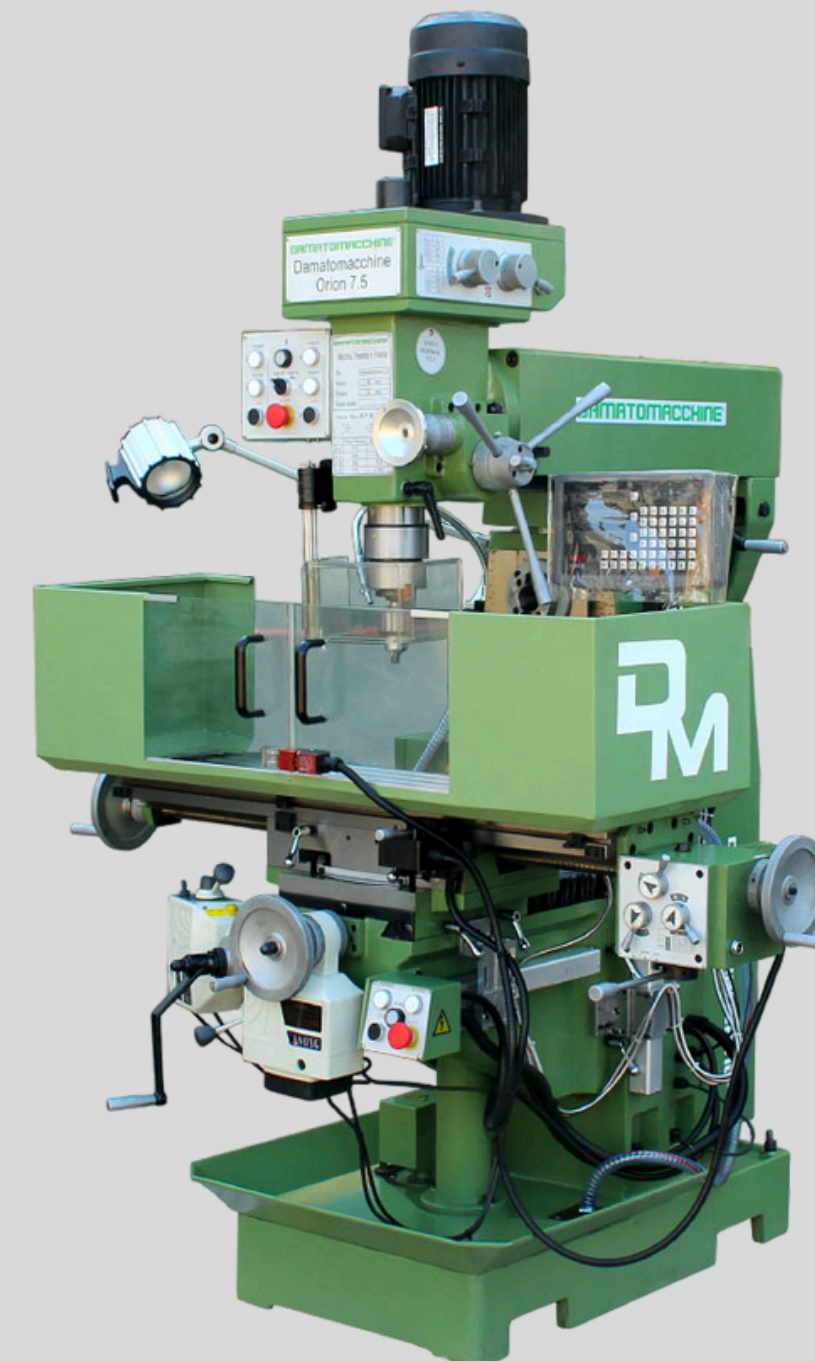
Tornio Multitech 1000.51 Plus

- Dimensioni con basamento (mm):
1775x700 x1340
- Peso netto della macchina: **600 Kg**
- Distanza tra le punte **1000 mm**
- Altezza delle punte **180 mm**
- Corsa del carrello porta utensili **160 mm**
- Vel. di rotazione mandrino: **90/2000 giri/min**
- Potenza **2.2 Kw**
- Prezzo: **7000€**



Fresatrice Orion **7.5 Universal**

- Dimensioni con basamento: **1340 X 1140 X 2250**
- Peso netto della macchina: **860 Kg**
- Massimo diametro di Foratura **30 mm**
- Massimo diametro di Fresatura **25 mm**
- Avanzamento della tavola **585x185 mm**
- Gamma di velocità mandrino **100-600/350-2000**
- Potenza **2.2 Kw**
- Prezzo: **9000€**



Rettificatrice RIBON **RUR 1000 UNIVERSAL**

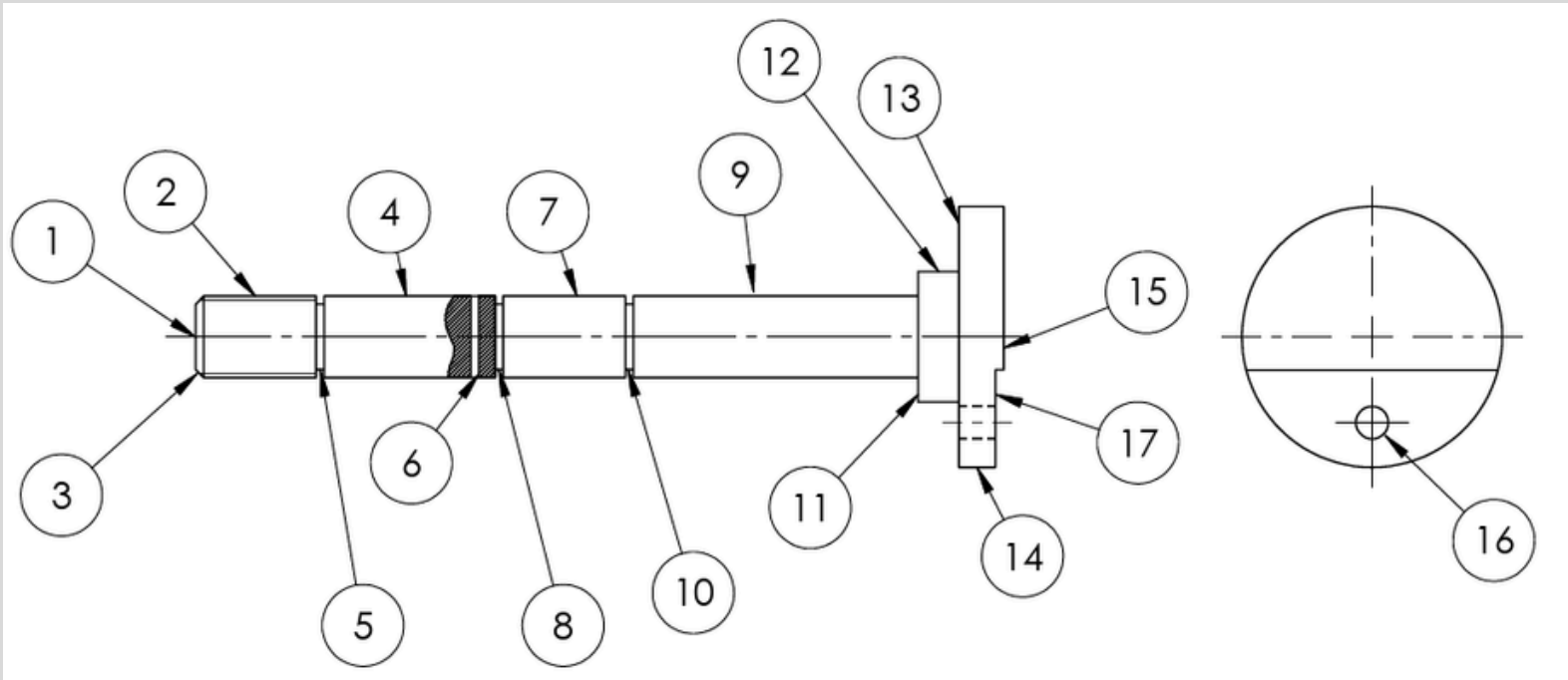
- Distanza tra le punte [mm] **1000**
- Altezza punte [mm] **160**
- Diametro max [mm] **320**
- Spessore max mola [mm] **60**
- Potenza motore mola [HP] **5,5**
- Velocità albero portamola [G/1'] **1750**
- Prezzo: **4500€**



Mola utilizzata:
89A 802 J5A V217 50



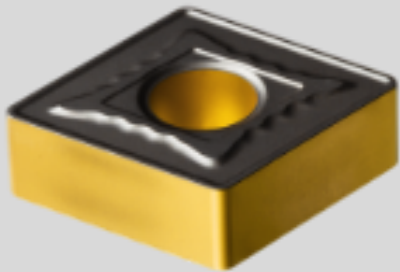
Sotto è rappresentata la **bollatura** delle varie **superfici** del nostro albero, mentre a destra è presente il ciclo di lavorazione che abbiamo utilizzato.



Ciclo di lavorazione			
Fase	Sottofase	Processo	Superficie
10	Troncatura		
20	A	Sfacciatura Sgrossatura Finitura	Sup. 1 Sup. 9 Sup. 9
	B	Sgrossatura Finitura	Sup. 12 Sup. 12
	C	Scanalatura	Sup. 5-8-10
	D	Smussatura	Sup. 3
	E	Filettatura	Sup. 2
	F	Sfacciatura Sgrossatura Finitura	Sup. 15 Sup. 15 Sup. 14
30	A	Foratura	Sup. 6
	B	Spianatura Finitura	Sup. 17 Sup. 17
	C	Foratura	Sup. 16
40	A	Rettifica	Sup. 4-7

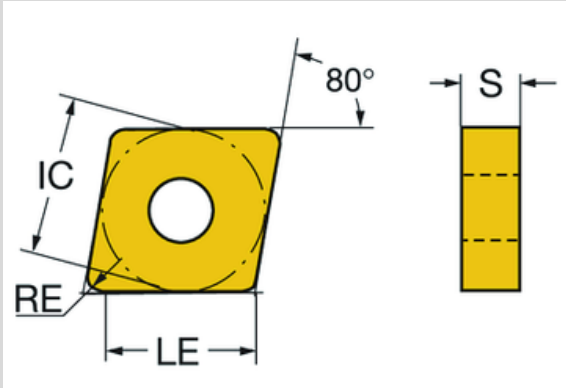
Di seguito sono mostrati gli **inserti** utilizzati in tornitura: *(reperibili su <https://www.sandvik.coromant.com/it>)*

**Sfacciatura
Sgrossatura
Smussatura**

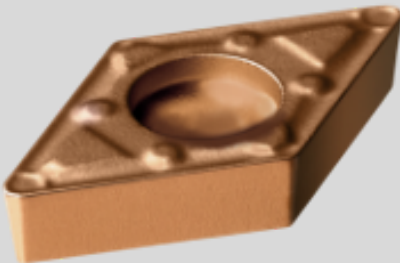


CNMG 12 04 16-MR 4405

P a_p 4 mm (1.5 - 8)
 f_n 0.6 mm/r (0.35 - 0.9)
 h_{ex} 0.6 mm/r (0.35 - 0.9)
 v_c 295 m/min (350 - 255)

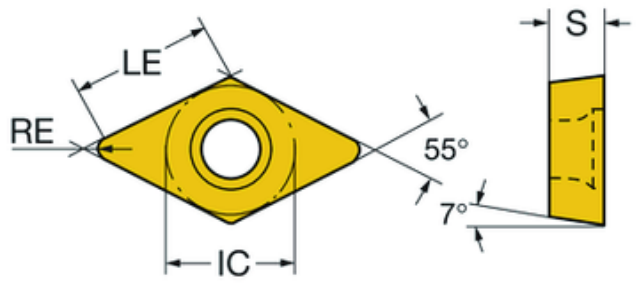


Finitura

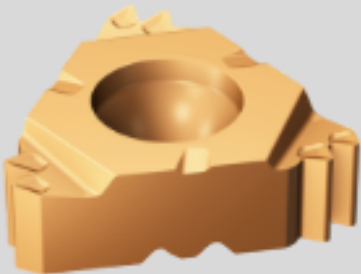


DCMX 07 02 08-WF 1125

P a_p 0.7 mm (0.3 - 2)
 f_n 0.15 mm/r (0.09 - 0.35)
 h_{ex} 0.15 mm/r (0.09 - 0.35)
 v_c 185 m/min (205 - 110)

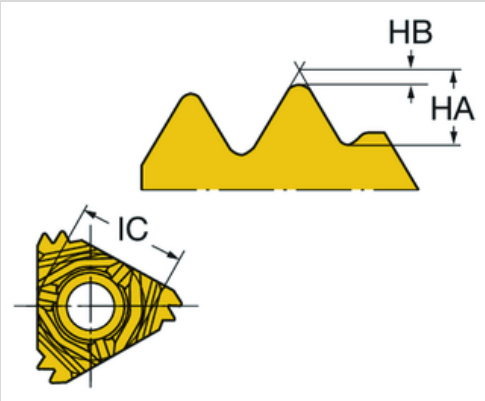


Filettatura

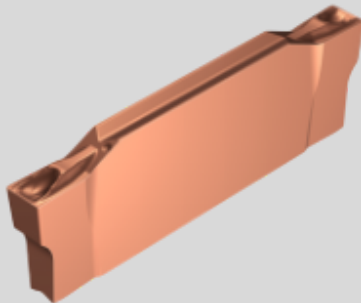


266RG-16MM02A150M 112

P a_p 0.89 mm
nap 4
 v_c 160 m/min

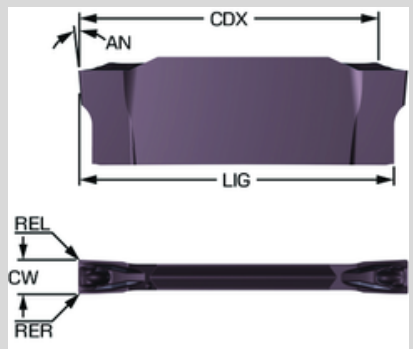


**Scanalatura
Troncatura**



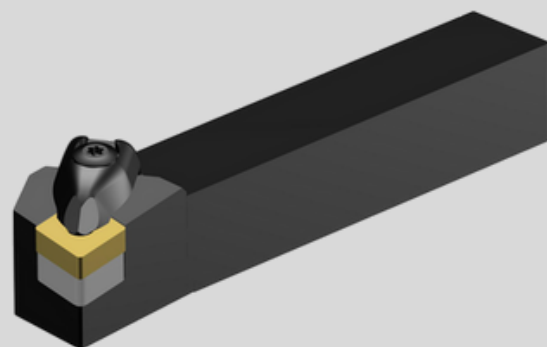
C2I-D2N-0150-0001-GF1225

P f_n 0.07 mm/r (0.03 - 0.14)
 v_c 215 m/min (290 - 175)

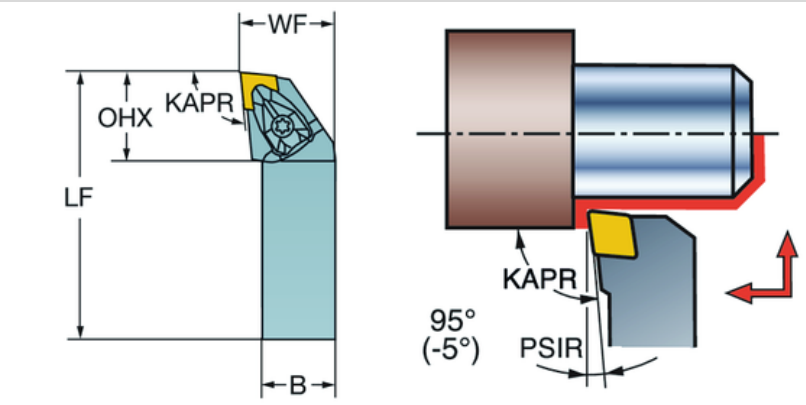


Di seguito sono mostrati gli **utensili** utilizzati in tornitura: *(reperibili su <https://www.sandvik.coromant.com/it>)*

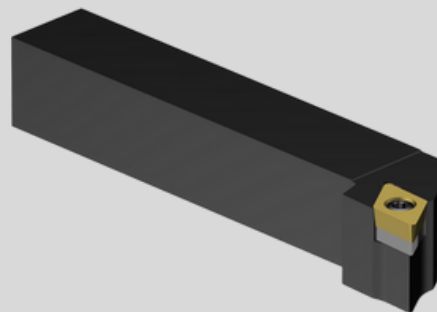
**Sfacciatura
Sgrossatura
Smussatura**



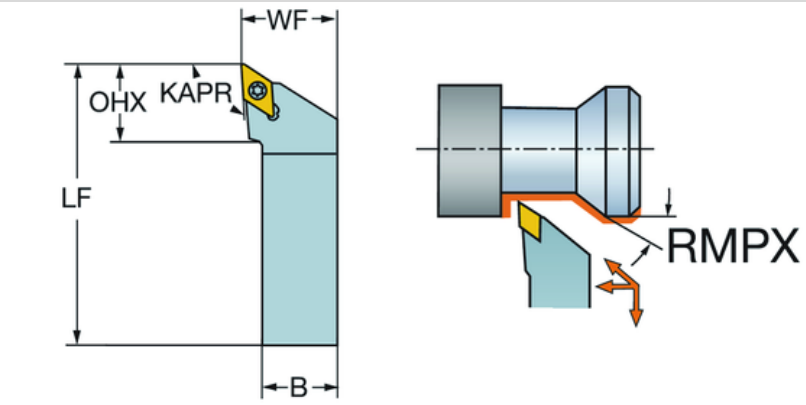
DCLNR 2020K 12



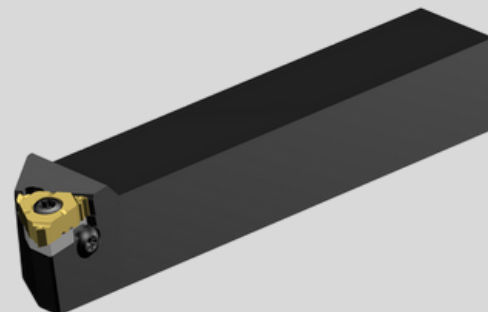
Finitura



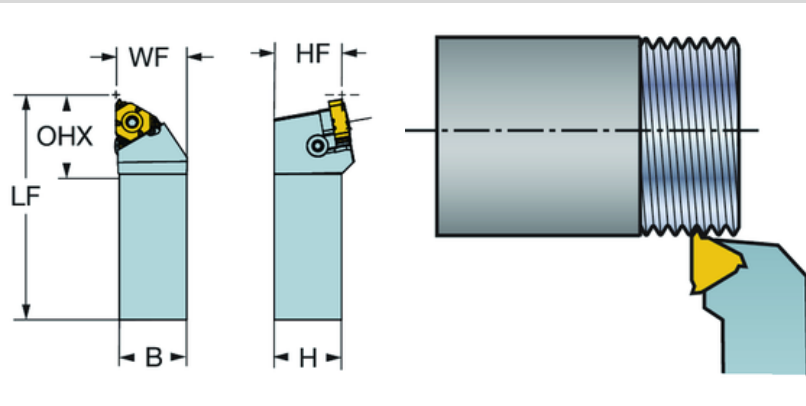
SDJCL 12 3B



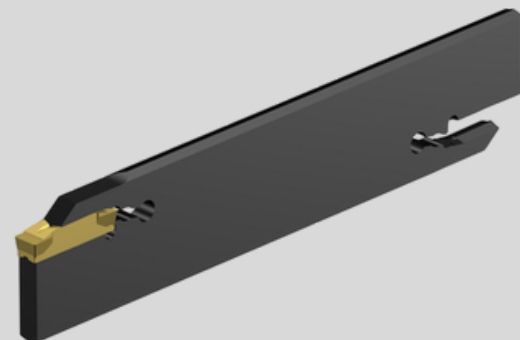
Filettatura



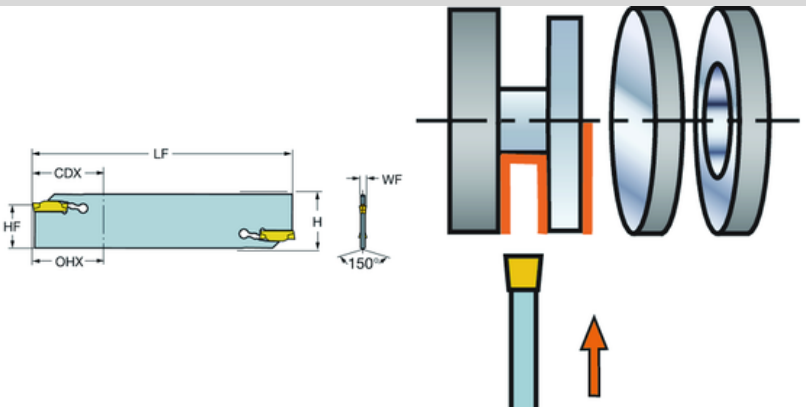
266RFA-2020-16



**Scanalatura
Troncautra**



N123K55-25A2



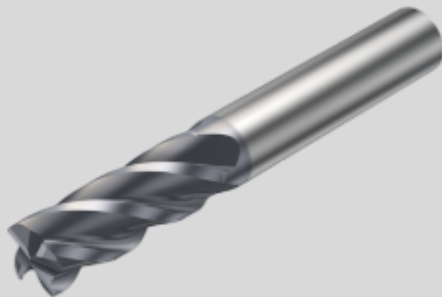
Di seguito sono mostrati la **fresa** utilizzata e il divisore (reperibili su <https://www.sandvik.coromant.com/it>)

Centatura



Punta DIN333-A

**Foratura
Spianatura**



2P342-0500-PA P2BM

Foratura

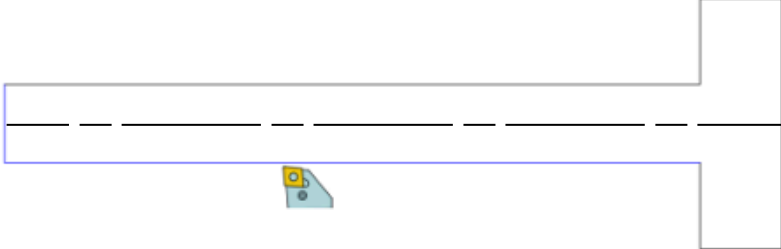
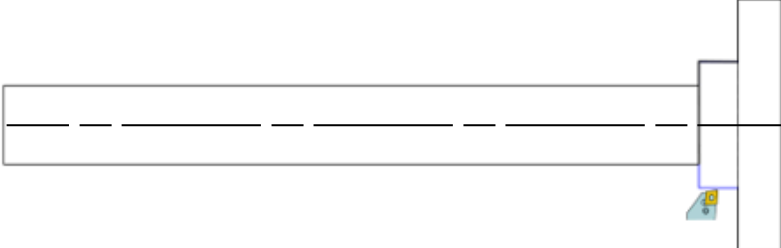


Micropunta bit13

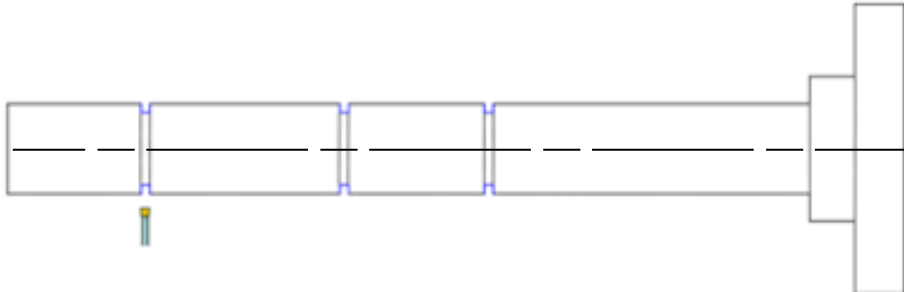
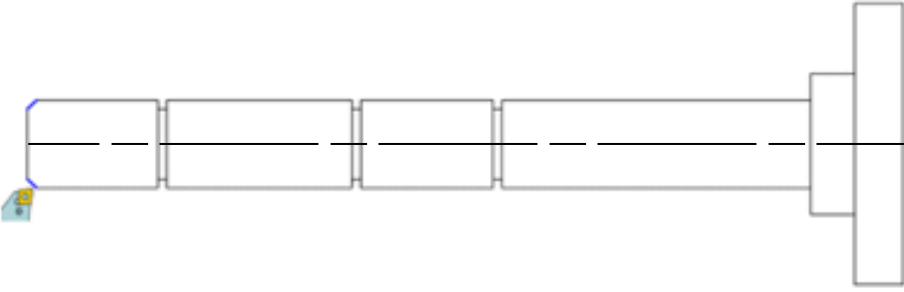
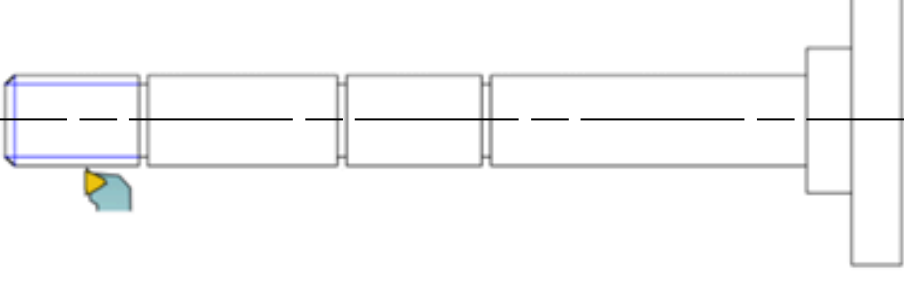
Foglio fase 10: Troncatura

University of Pisa School of Engineering					Phase 10: Parting-off			
					Cutting Parameters			
Sub Phase	Process Sketch	No.	Tool	Inspection	Machine Power	Cutting Power	Cutting Speed	Spindle RPM
					Efficiency	Number of Passes	Cutting Depth	Feed Rate
		1	Bandsaw	Caliper			30 m/min	
						1	35 mm	300 mm/min

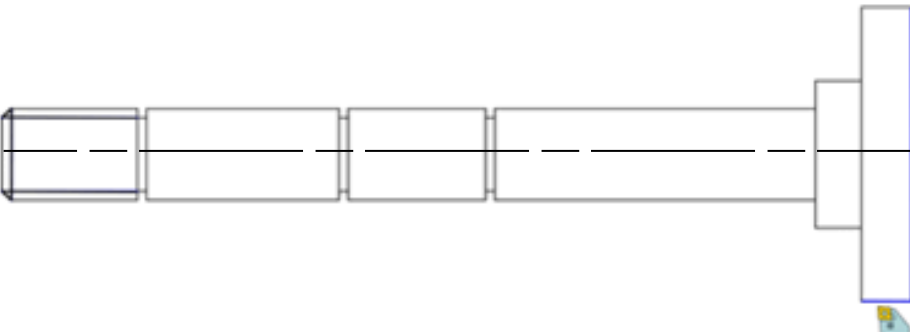
Foglio fase 20: Tornitura

University of Pisa School of Engineering						Phase 20: Turning			
						Cutting Parameters			
Sub Phase	Process Sketch	No.	Operation	Tool	Inspection	Machine Power	Cutting Power	Cutting Speed	Spindle RPM
				Insert		Efficiency	Number of Passes	Cutting Depth	Feed Rate
A		1	Facing Surface 1 from 104 mm to 102 mm	DCLNR 2020K 12	Vernier Caliper	0,67 kW	0,473 kW	55 m/min	1000 RPM
				CNMG 12 04 16-MR 4405		0,7 η	1	2 mm	0,3 mm/min
		2	Centering Surface 1	Punta da centratura DIN 333-A				10 m/min	
							1	2 mm	manuale
		3	Roughing Surface 9 from 35 mm to 12.5 mm	DCLNR 2020K 12		0,72 kW	0,51 kW	55 m/min	737 RPM
				CNMG 12 04 16-MR 4405		0,7 η	6	2.2 mm	0,3 mm/min
		4	Finishing Surface 9 from 12.5 mm to 10 mm	SDJCL 12 3B		0,05 kW	0,05 kW	50 m/min	1415 RPM
				DCMX 07 02 08-WF 1125		0,7 η	5	0.3 mm	0,1 mm/min
B		5	Roughing Surface 12 from 35 mm to 18 mm	DCLNR 2020K 12	Vernier Caliper	0,67 kW	0,473 kW	55 m/min	660 RPM
				CNMG 12 04 16-MR 4405		0,7 η	5	2 mm	0,3 mm/min
		6	Finishing Surface 12 from 18 mm to 16 mm	SDJCL 12 3B		0,07 kW	0,05 kW	70 m/min	1311 RPM
				DCMX 07 02 08-WF 1125		0,7 η	4	0.3 mm	0,1 mm/min

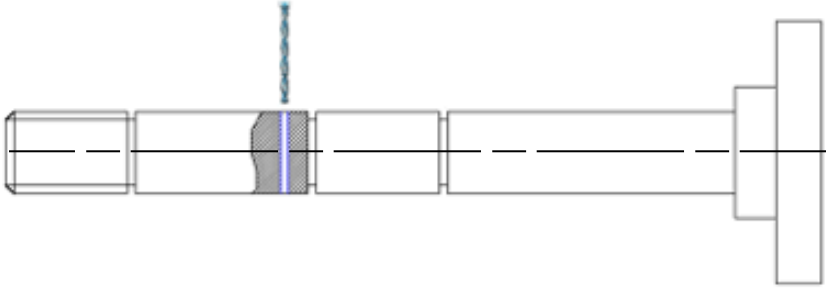
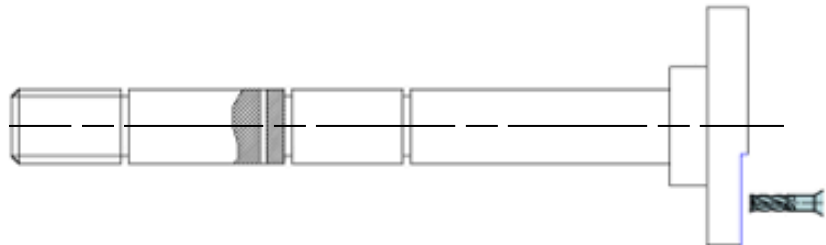
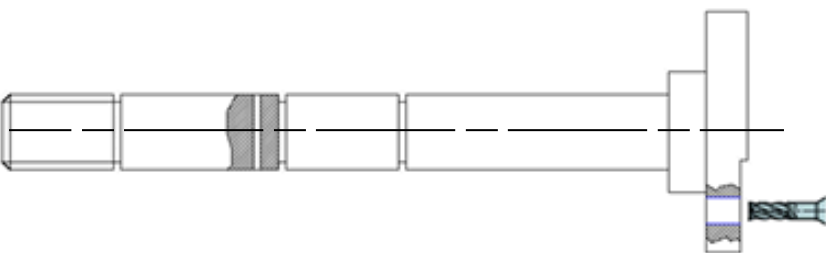
Foglio fase 20: Tornitura

C		7	Grooving Surfaces 5-8-10	N123T3-0100-00 00-GS 1125	Vernier Caliper	0,47 kW	0,33 kW	50 m/min	1676 RPM
				N123K55-25A2		0,7 η	1	1 mm	0,1 mm/min
D		8	Chamfering Surface 3	CNMG 12 04 16-MR 4405	Vernier Caliper	0,13 kW	0,09 kW	45 m/min	1508 RPM
				DCLNR 2020K 12		0,7 η	1	1 mm	0,1 mm/min
E		9	Threading Surface 2	266RG-16MM02A 150M 112	Vernier Caliper	0,08 kW	0,05 kW	40 m/min	1340 RPM
				266RFA-2020-16		0,7 η	1	0,8 mm	0,1 mm/min

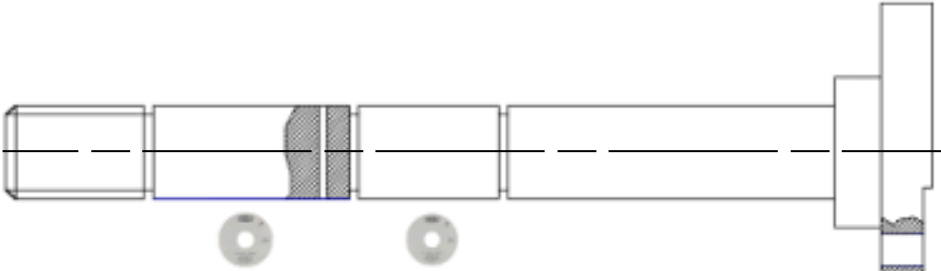
Foglio fase 20: Tornitura

F		10	Facing Surface 15 from 102 mm to 100 mm	DCLNR 2020K 12	Self-Centering Chuck	0,67 kW	0,473 kW	55 m/min	1000 RPM
		11	Centering Surface 15	CNMG 12 04 16-MR 4405		0,7 η	1	2 mm	0,3 mm/min
				Center Drill DIN 333-A				10 m/min	
		12	Roughing Surface 14 from 35 mm to 33 mm	DCLNR 2020K 12			1	2 mm	Manual
				CNMG 12 04 16-MR 4405		0,72 kW	0,51 kW	55 m/min	515 RPM
		13	Finishing Surface 14 from 33 mm to 32 mm	SDJCL 12 3B		0,7 η	1	2 mm	0,3 mm/min
						0,08 kW	0,05 kW	80 m/min	783 RPM
				DCMX 07 02 08-WF 1125					
						0,08 kW	0,05 kW	80 m/min	783 RPM
						0,7 η	2	0.3 mm	0,1 mm/min

Foglio fase 30: Fresatura

University of Pisa School of Engineering						Phase 30: Milling			
						Cutting Parameters			
Sub Phase	Process Sketch	No.	Operation	Tool	Inspection	Machine Power	Cutting Power	Cutting Speed	Spindle RPM
				Insert		Efficiency	Number of Passes	Cutting Depth	Feed Rate
A		1	Drilling Surface 6	DIN 333-A and N123K55-25A2	Dividing Head, Tailstock	0,12 kW	0,08 kW	5 m/min	1592 RPM
						0,7 η	1	10 mm	1273 mm/min
B		2	Roughing Surface 17	2P342-0500-PA P2BM N123K55-25A2	Vernier Caliper	0,27 kW	0,19 kW	20 m/min	1273 RPM
						0,7 η	1	1 mm	1018 mm/min
		3	Finishing Surface 17	SDJCL 12 3B		0,58 kW	0,41 kW	25 m/min	1592 RPM
				DCMX 07 02 08-WF 1125		0,7 η	2	0.25 mm	955 mm
C		4	Drilling Surface 16	DIN 333-A and 2P342-0500-PA P2BM N123K55-25A2	Dividing Head, Tailstock	0,81 kW	0,57 kW	15 m/min	955 RPM
						0,7 η	1	5.5 mm	764 mm

Foglio fase 40: Rettifica

University of Pisa School of Engineering						Phase 40: Grinding			
						Cutting Parameters			
Sub Phase	Process Sketch	No.	Operation	Tool	Inspection	Machine Power	Cutting Power	Cutting Speed	Spindle RPM
				Insert		Efficiency	Number of Passes	Cutting Depth	Feed Rate
A		1	Grinding Surfaces 4 and 7	89A 802 J5A V217 50	Surface Roughness Tester	0,7 kW	0,5 kW	20 m/min	1273 RPM
						0,7 η	4	0,002 mm	0,1 mm/min

Tempi attivi:

- Troncatura: 0.12 min
- Tornitura: 6.5 min
- Fresatura: 0.18 min
- Rettifica: 1.18 min

Tempo tot: 8 min e 26 sec

Tempi passivi:

- Troncatura: 2 min
- Tornitura: 30 min e 30 sec
- Fresatura: 15 min e 35 sec
- Rettifica: 15 min

Tempo tot: 1 ora e 10 min

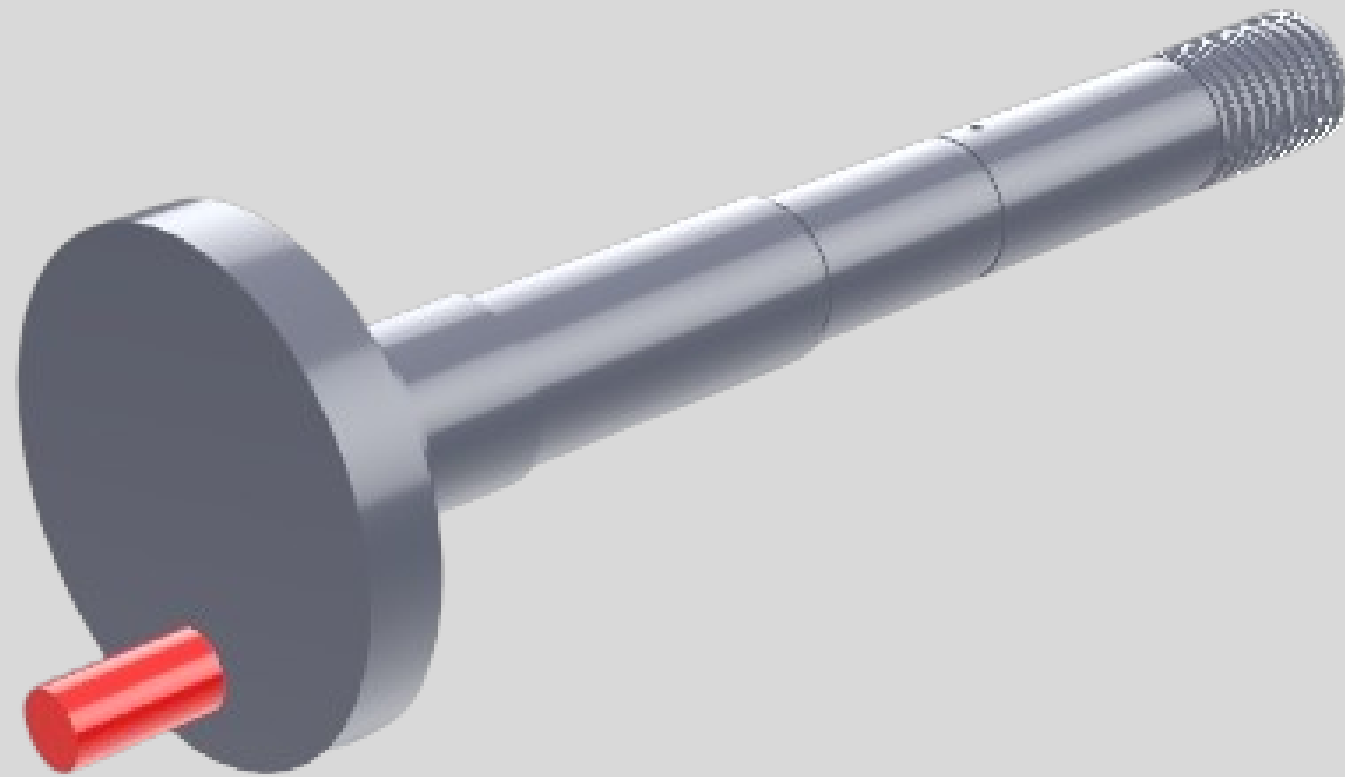
Costi (per singolo pezzo):

- Macchine: 0.5€
- Inserti e utensili: 3,05€
- Manodopera: 20€
- Energia: 0.48€
- Materiale: 0.97€

Prezzo tot. per un pezzo: 25€

Prezzo tot. 1000 pezzi: ~25000 €

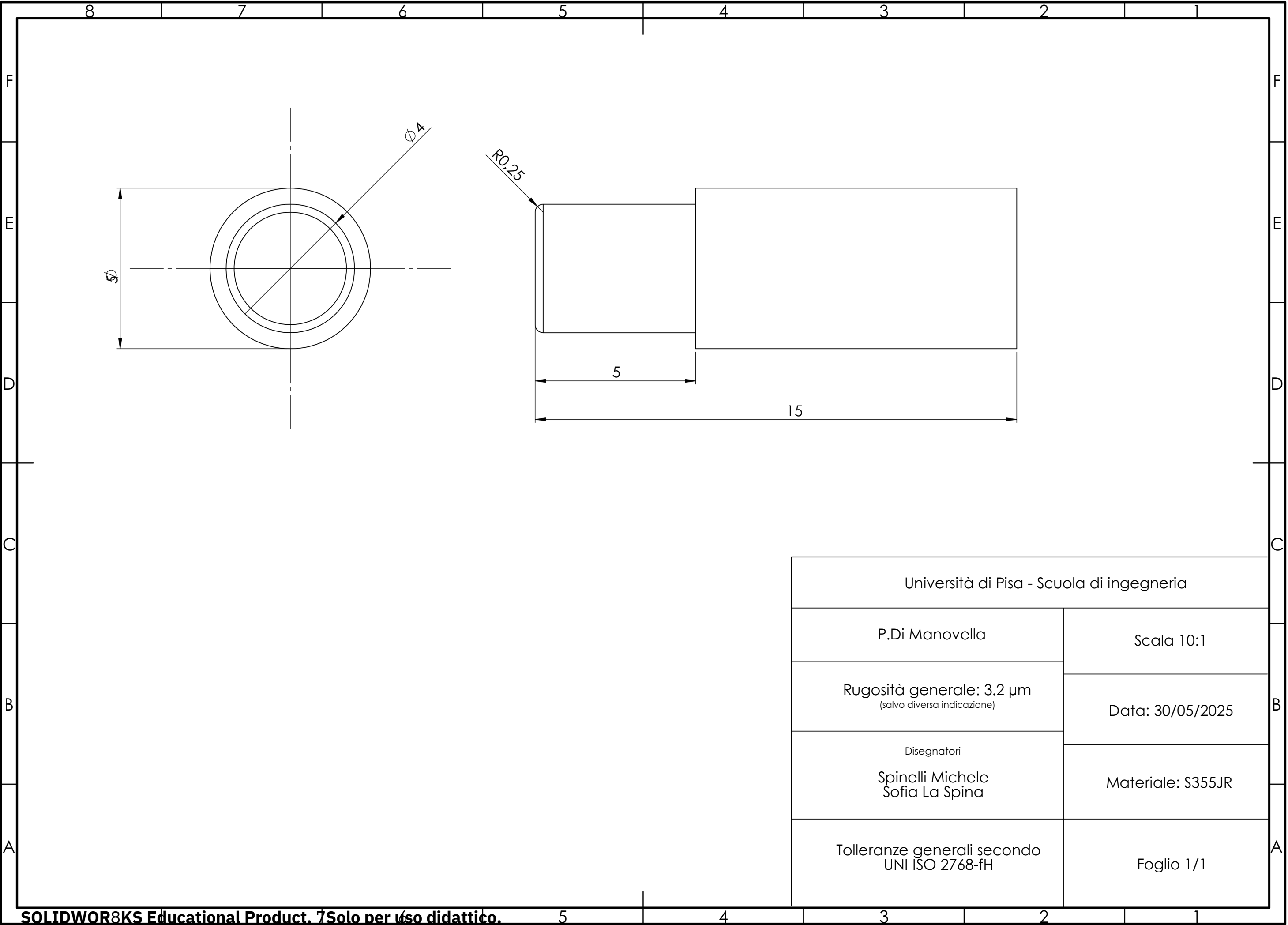
10. Saldatura



Per la lavorazione di saldatura si è scelto di utilizzare come componenti **l'albero** ed il **perno di manovella**. Nello specifico andremo a svolgere una **brasatura** poichè consente una maggiore precisione a livello estetico, non fondendo i due metalli di base, e garantendo anche una resistenza maggiore alle vibrazioni.

Il **materiale** dei due componenti è l'acciaio; in questo modo la scelta del **metallo d'apporto** sarà orientata verso una lega in ottone e silicio (CuZnSi).

Per facilitare l'adesione tra i due componenti e il metallo d'apporto sarà necessario anche un **flussante** a base di cloruro di boro e fluoruri complessi.



Università di Pisa - Scuola di ingegneria	
P.Di Manovella	Scala 10:1
Rugosità generale: 3.2 µm (salvo diversa indicazione)	Data: 30/05/2025
Disegnatori Spinelli Michele Sofia La Spina	Materiale: S355JR
Tolleranze generali secondo UNI ISO 2768-fH	Foglio 1/1

Per il **macchinario** abbiamo scelto una microfiamma ossiacetilenica poichè più precisa in pezzi di dimensioni molto piccole consentendo maggiore controllo della fiamma con una temperatura che arriva fino ai 3000°C.

le caratteristiche principali di questa microfiamma sono due:

- fiamma neutra, quindi con un rapporto di 1:1 tra acetilene e ossigeno;
- la fiamma dovrà raggiungere una temperatura di 950°C considerando la temperatura di fusione della lega in acciaio dei due pezzi e del metallo d'apporto.



Set Smith® Little Torch™ Acetilene e Ossigeno

I **parametri** della brasatura sono:

- il gioco del giunto = 0.11 mm
- flussante = a base di fluoruro di boro
- metallo d'apporto = in lega di CuZnSi
- materiale due componenti = S355JR
- diametro del filo d'apporto = 1.5 mm
- velocità del filo d'apporto = 0.7 mm/s
- metodo di alimentazione = manuale tramite cannello a microfiamma

Le **fasi della brasatura** sono le seguenti:

1. preparazione delle superfici;
2. applicazione del flussante in entrambi le superfici;
3. incastro dei due componenti;
4. riscaldamento della parte di giunzione;
5. applicazione del metallo d'apporto;
6. rimuovere la fiamma appena si fonde il metallo d'apporto;
7. lasciar raffreddare il pezzo.

Calcolo **tempi** di lavorazione:

- Preparazione del flussante e del metallo d'apporto: 1 minuto per pezzo
- Posizionamento e fissaggio dei componenti: 1 minuto per pezzo
- Brasatura: 3 minuti per pezzo
- Raffreddamento: 10 minuti per pezzo
- Pulizia meccanica e sgrassaggio: 3 minuti per pezzo
- Rimozione del flussante residuo: 2 minuti per pezzo

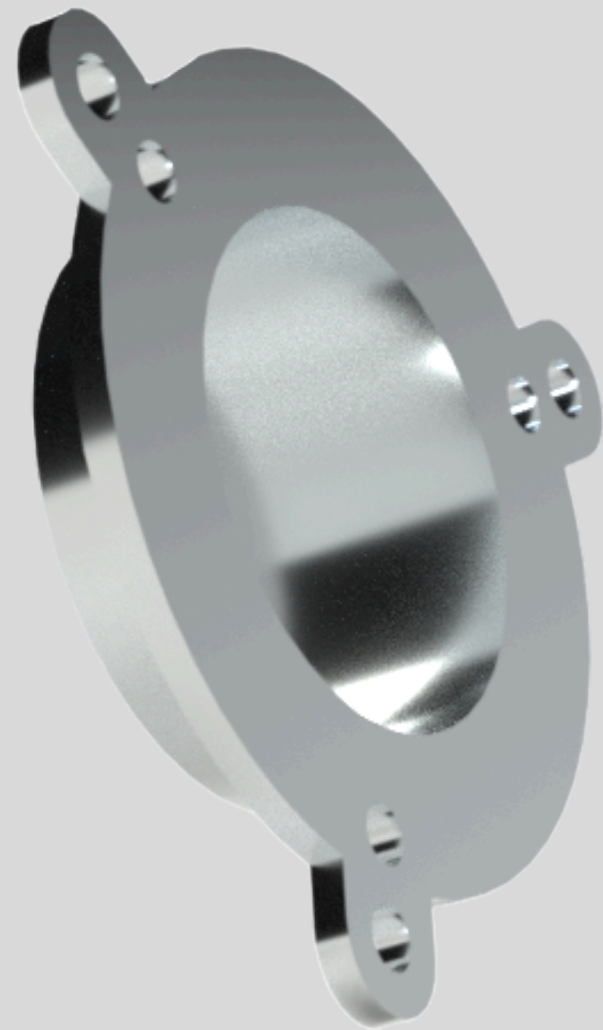
Totale di 10 min a pezzo

Calcolo **costi** di lavorazione:

- metallo d'apporto = 35€/kg
- ossigeno = 70€/l
- acetilene = 90€/l

Totale di 5,2€ al pezzo

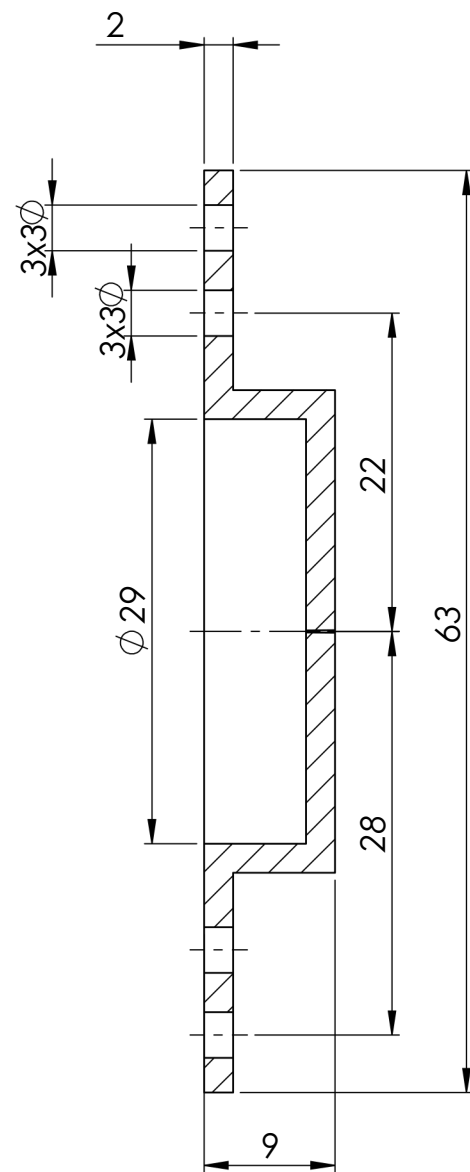
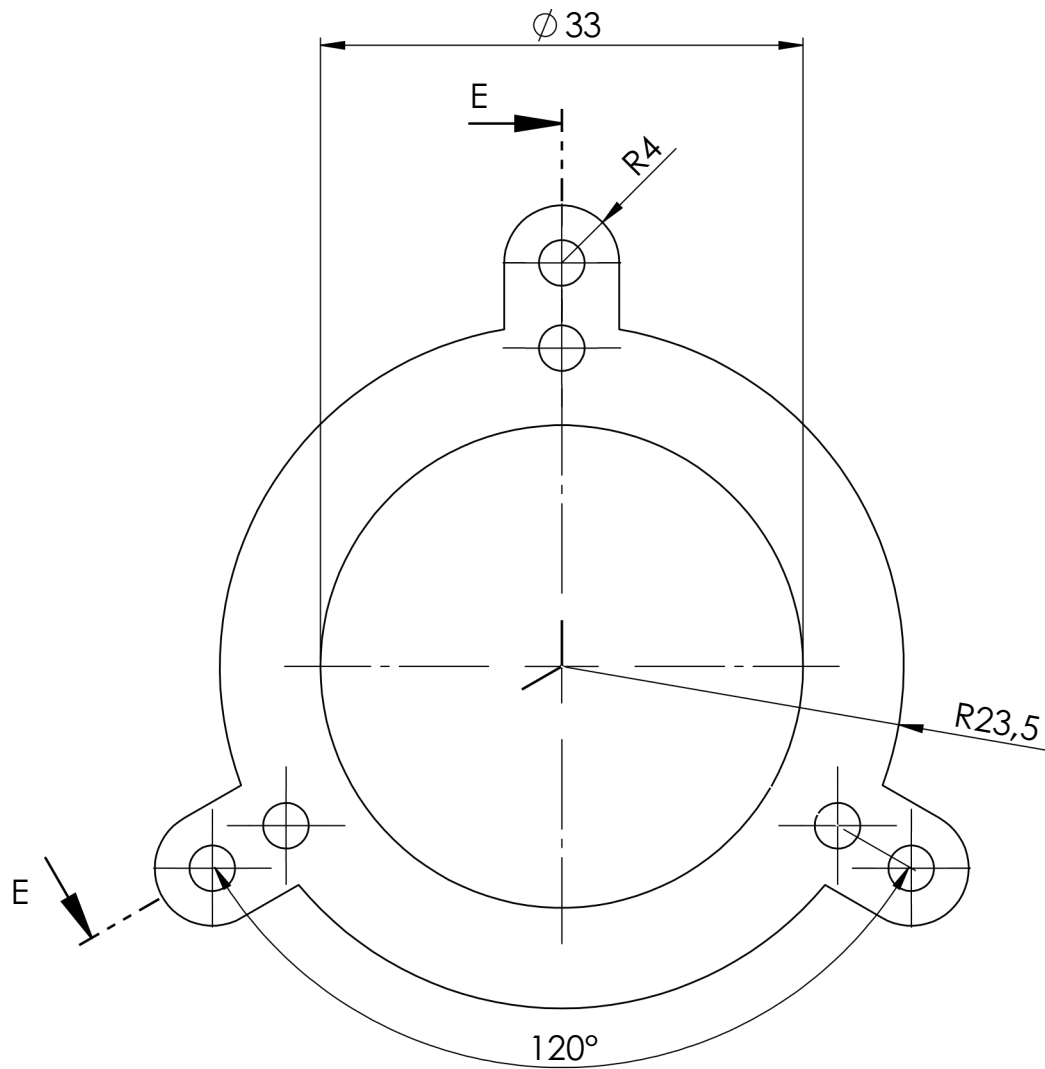
9. Deformazione plastica



Per la deformazione plastica si é scelto come componente del motore il **coperchio** del carter.

Considerando che il pezzo serve a coprire e proteggere tutti i componenti all'interno del carter come **materiale** é stato scelto la lega 3003 di alluminio, garantendo un ottimo equilibrio tra forza e modellabilità.

Come **lavorazione** si considera la deformazione plastica dove si potrà utilizzare un'unica operazione di imbutitura (sapendo che il rapporto tra h/d è pari a 0,19) partendo da un foglio di lamiera.



SEZIONE E-E

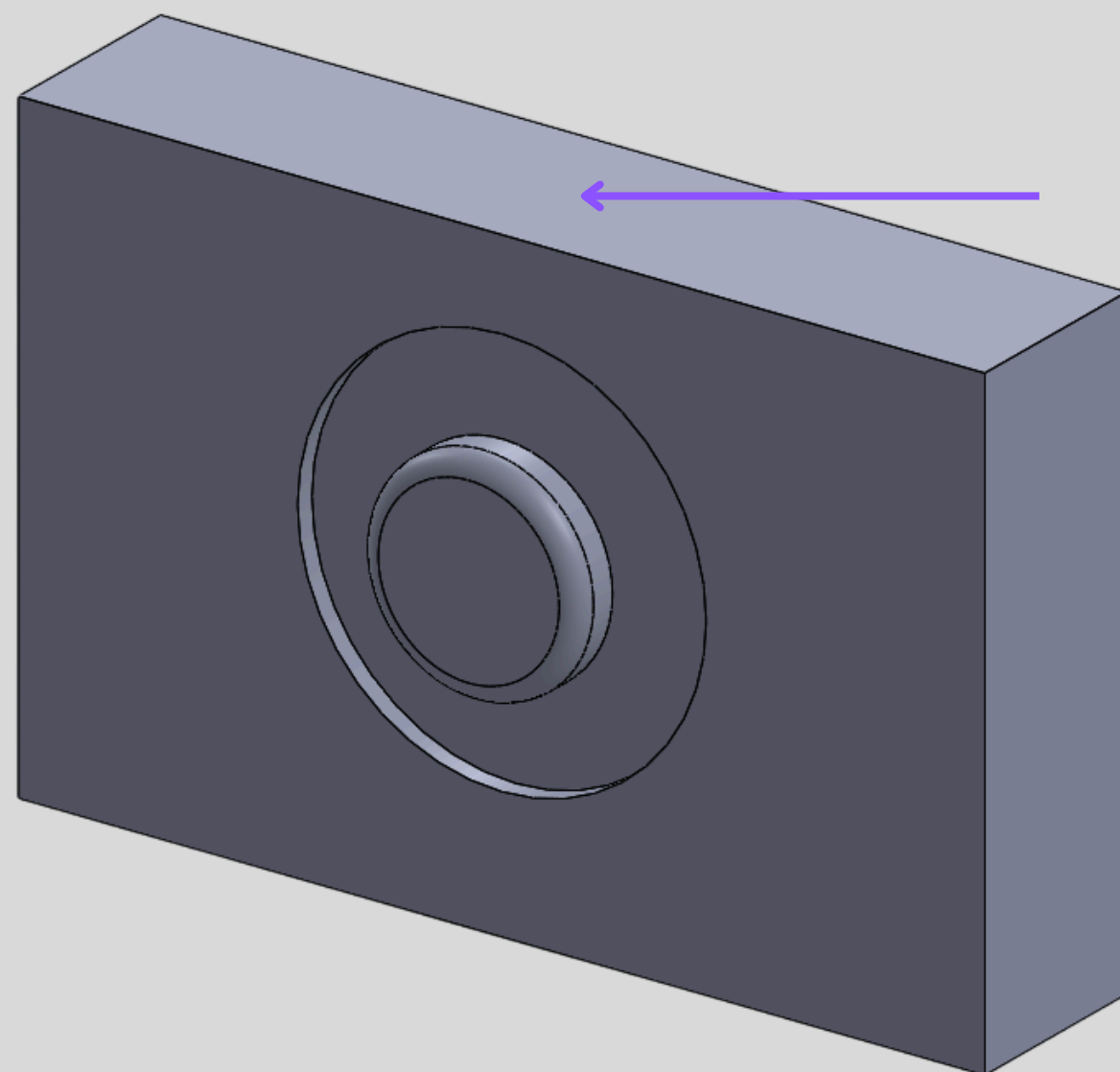
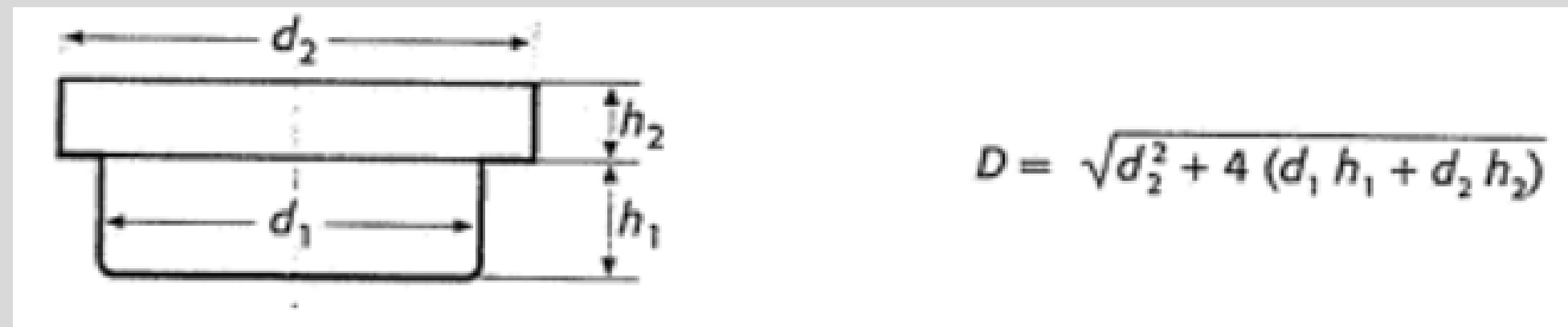
Coperchio		Scala 1:1
Rugosità generale: 3.2 µm		Data: 12/05/2025
Disegnatori Spinelli Michele Sofia La Spina		Materiale: Al serie 3003
		Foglio 1/1
Tolleranze generali secondo UNI ISO 2768-mK		

Come **macchinario** si è scelta una **pressa idraulica HBM** per un controllo preciso della forza, fondamentale nei pezzi piccoli e sottili dove una pressione mal distribuita o eccessiva potrebbe deformare il pezzo o creare degli strappi e anche per il suo movimento lento e controllato, che permette di mantenere la forma corretta del pezzo e di evitare ritorni elastici improvvisi.

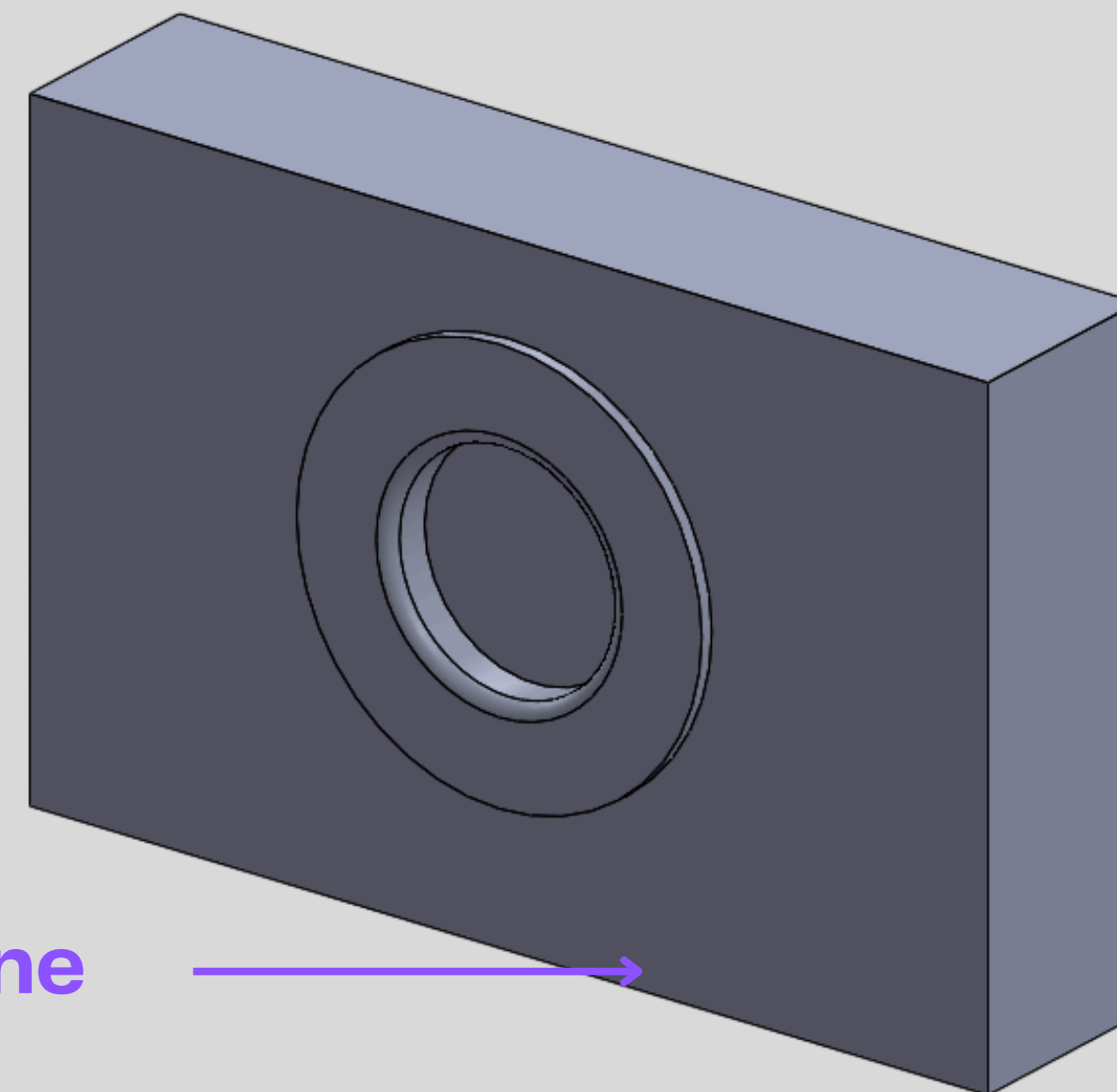
- **Carico max:** 75t
- **Corsa del cilindro:** 250 mm
- **Larghezza area di lavoro:** 800 mm
- **Prezzo:** 2000€



Tramite la formula del Santochi abbiamo calcolato un **diametro** pari a 59,2 mm, quindi si sceglie di usare una lamiera con diametro di 70 mm e con spessore pari a 2mm.



Matrice



Punzone

Imbutitura profonda

Per l'operazione di imbutitura si sono calcolate (tenendo conto di una velocità di avanzamento del punzone di 0,03 m/s):

- F = forza = **41762 N**
- P = potenza = **1252 W**

Il calcolo dei costi e delle tempistiche ci fornisce questi risultati: per ogni coperchio il tempo di produzione è di circa **un minuto**, quindi per la produzione di 1000 esemplare ci vorranno circa **17 ore**. Per i costi invece, al pezzo:

Tranciatura & Punzonatura

Queste operazioni serviranno a dare la forma che vediamo nel render, ovvero stabilire il contorno del coperchio ed i fori per il bloccaggio. Si calcolano anche in questo caso:

- F = forza = **25200 N**
- P = potenza = **756 W**

- Operatore: 0.34€
- Materiale: 0.9€
- Macchina: 0,04€/h
- Matrice/punzone: 0,7€

Il costo per il singolo coperchio ammonta a circa **2€** mentre per 1000 pezzi avremo un costo di **2000€**.