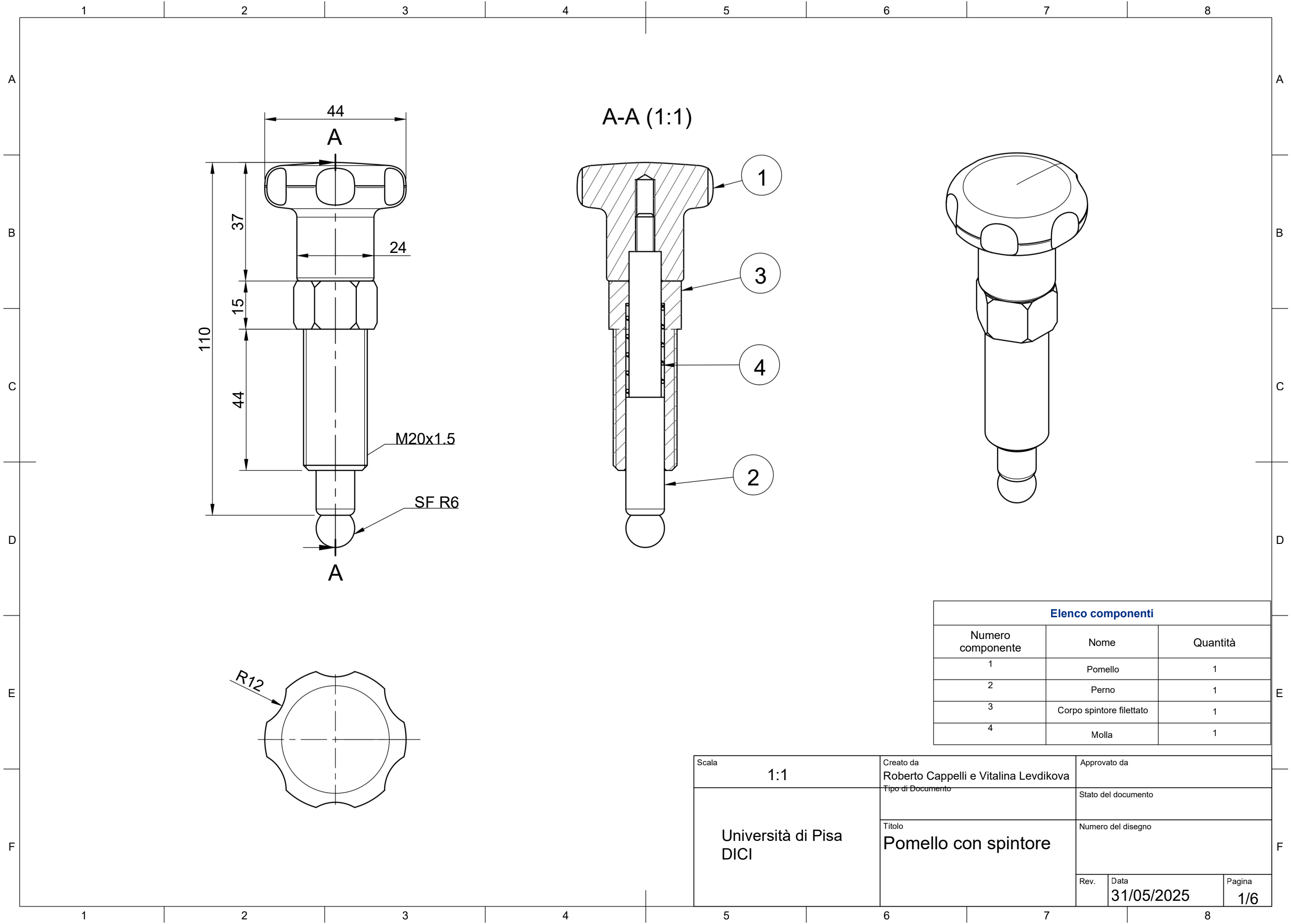
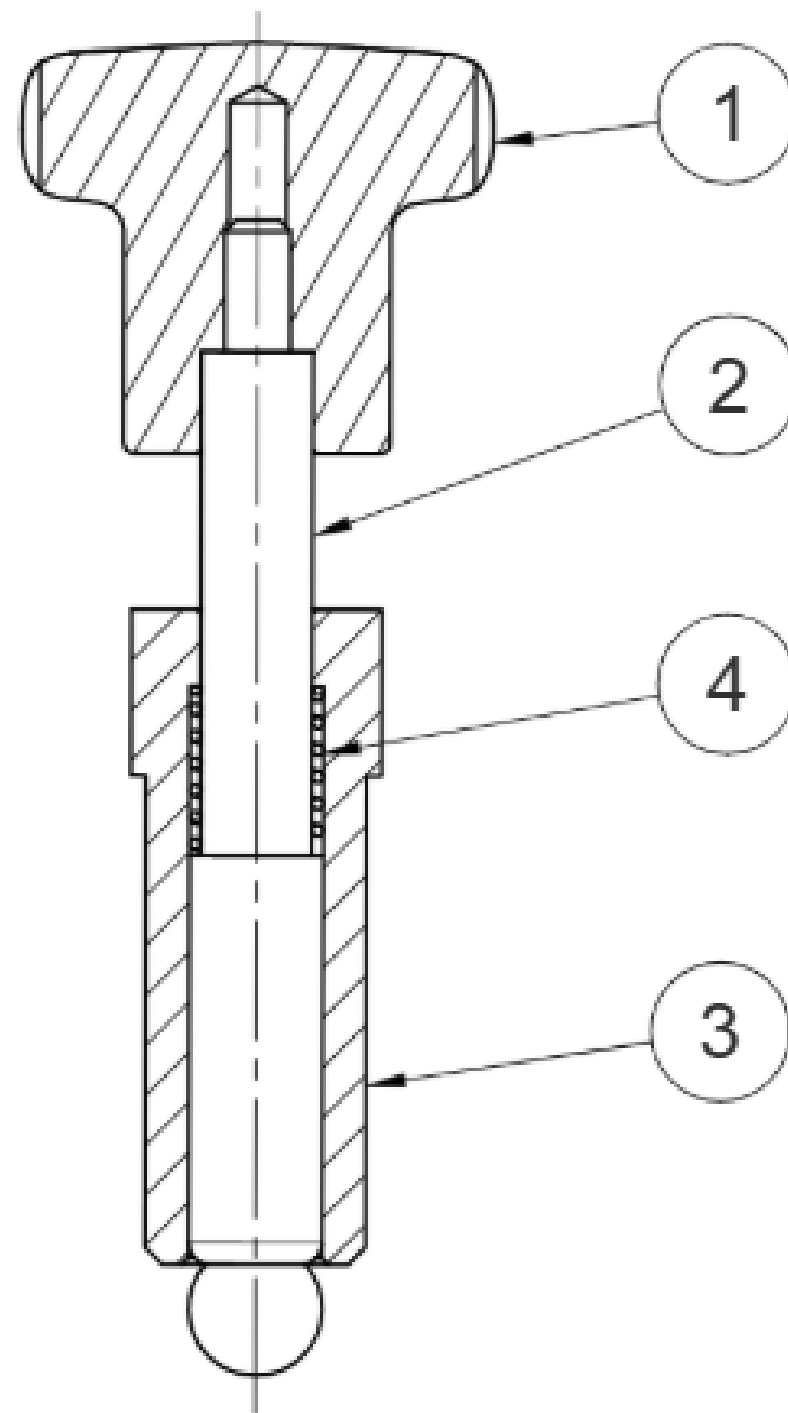




MODELLO TECNICO COMPLESSIVO



A-A (1:1)



La nostra relazione e, quindi, la nostra ricerca è stata suddivisa in base agli elementi che compongono il complessivo da noi scelto, il **POMELLO CON SPINTORE**.

Esso è composto da:

1. Pomello
2. Perno
3. Corpo filettato
4. Molla

Abbiamo trattato di ciascuno nell'ordine indicato, esaminandone i materiali, le macchine e gli utensili più opportuni da utilizzare; abbiamo, poi, studiato in modo approfondito le lavorazioni e le abbiamo accompagnate con studi sui tempi e costi. Soltanto la molla non è stata esaminata da noi.

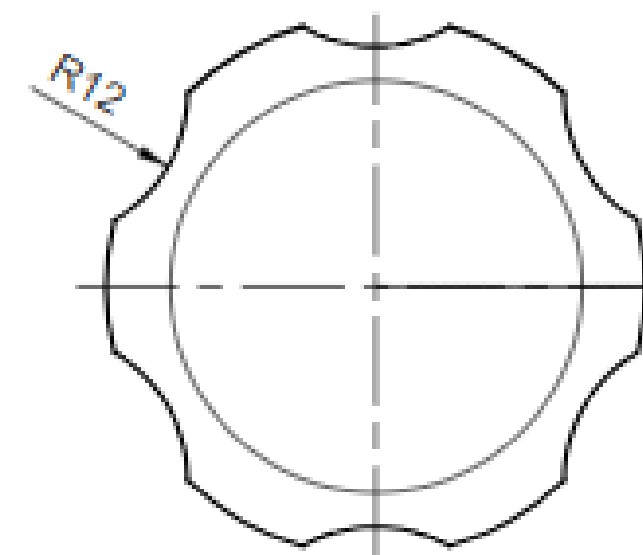
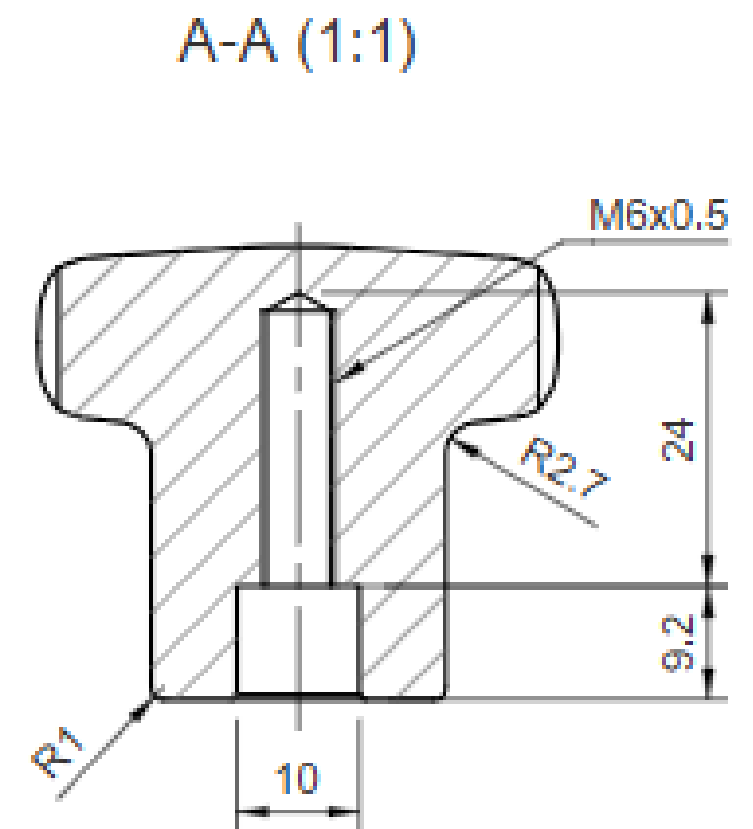
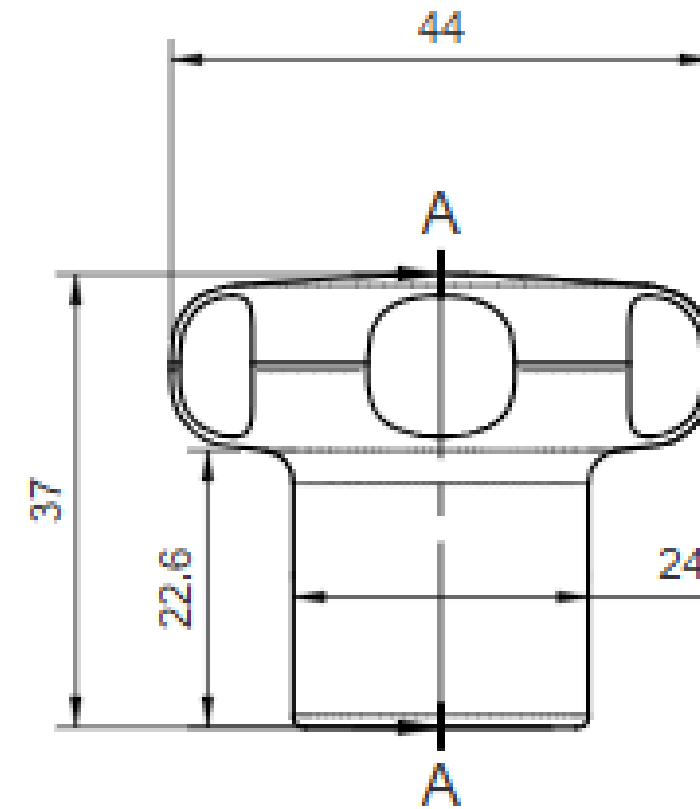
POMELLO

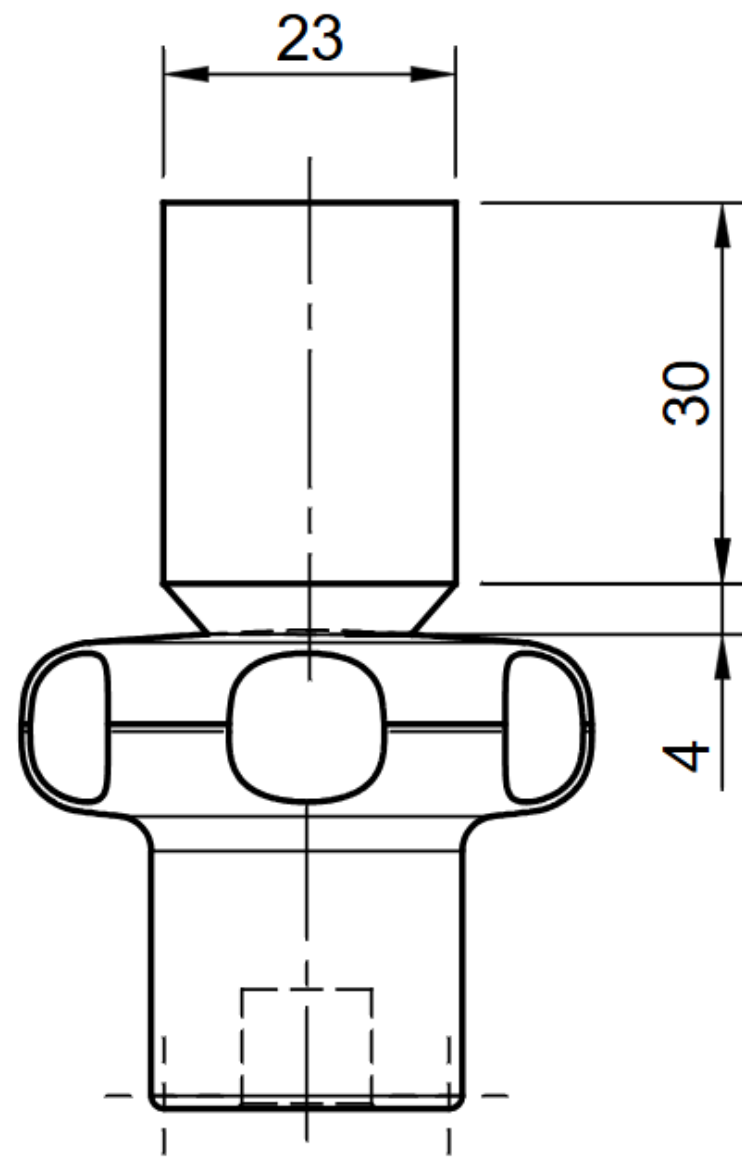
Per la realizzazione del **pomello** (**capitolo 2**) abbiamo optato per due alternative, in quanto al materiale: *acciaio inox AISI303* e **nylon PA12**. Il primo pomello è realizzato attraverso la microfusione a cera persa, mentre il secondo attraverso la stampa 3D.

Fusione

La nostra scelta è ricaduta sulla microfusione a cera persa, in quanto per 120 pezzi risulta essere una scelta adatta (12 pezzi per grappolo) per un lotto di pezzi con dimensioni molto piccole.

Per il nostro tipo di fusione è stato necessario realizzare un grappolo, che andrebbe poi rivestito con materiale ceramico per creare un guscio nel quale colare l'acciaio fuso. Per fare ciò, però, è stato necessario eseguire il **dimensionamento del grappolo**, grazie alla quale abbiamo potuto dimensionare in modo adeguato la materozza e il grappolo.



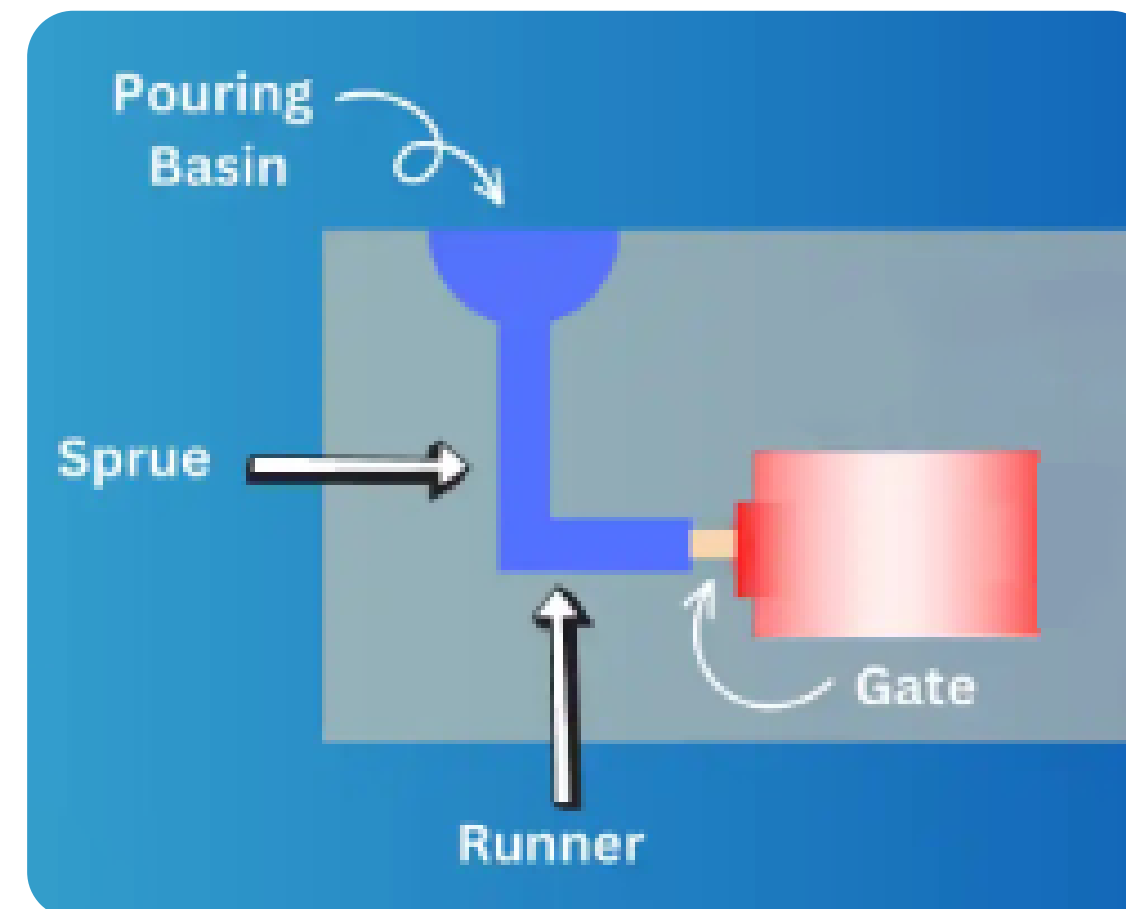


Abbiamo infine calcolato la zona protetta, per vedere l'effettiva capacità della materozza. Passando poi sul software InspireCast abbiamo confermato che le dimensioni sono sufficienti per i nostri pezzi.

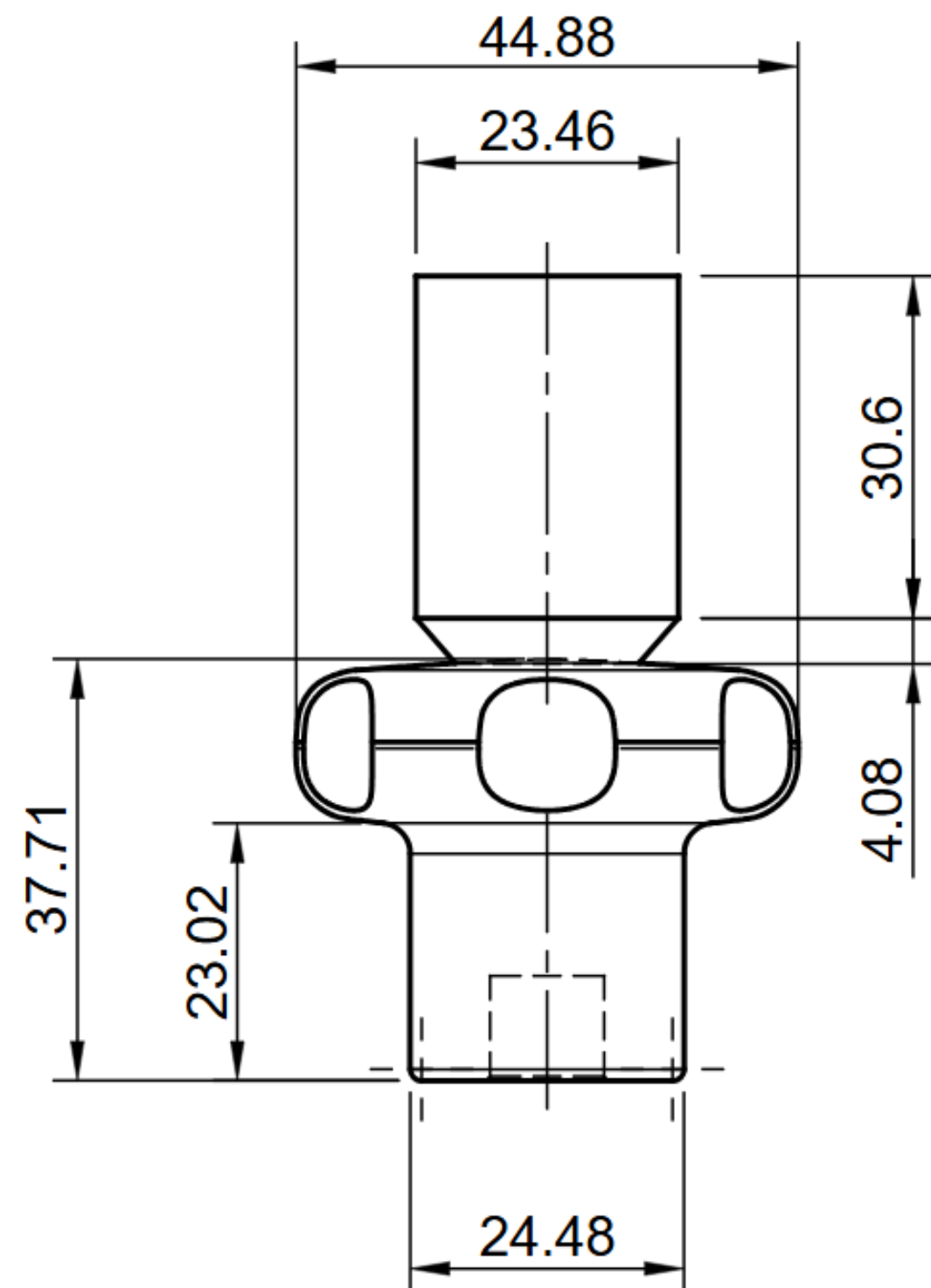
Nel dimensionamento del grappolo ci siamo basati sui calcoli standard per la materozza cilindrica a cielo aperto.

Nella microfusione a cera persa, però, la materozza viene spesso sostituita dal runner, dunque ci siamo basati su questi calcoli per il dimensionamento del runner e del gate (che corrisponderebbe al collare della materozza).

Le dimensioni sono ridotte in confronto a una materozza standard in quanto il materiale in eccesso è contenuto nell'albero.



Le misure sono state poi modificate leggermente in funzione dei rapporti dei moduli di raffreddamento necessari per la corretta solidificazione.



Successivamente, siamo passati alla fase della realizzazione del **modello in cera** per la creazione dello stampo, per il quale abbiamo scelto il materiale Polycast. Con questo è possibile realizzare modelli attraverso una stampante 3D, in quanto tale materiale si presenta sotto forma di filamento.

Ci dobbiamo, però, ricordare che la maggior parte dei metalli, tra cui anche l'acciaio AISI303 utilizzato da noi, sono soggetti al **fenomeno del ritiro**; per questo motivo le dimensioni del tutto modello, incluso il runner e il gate, sono stati maggiorati del 2% (valore ricavato dopo aver confrontato alcune fonti).

Ritiri lineari per getti colati in sabbia (valori indicativi)

MATERIALI	RITIRO (%)		
	Getti piccoli	Getti medi	Getti grandi
GHISE GRIGIE	1	0.85	0.7
GHISE MALLEABILI	1.4	1	0.75
GHISE LEGATE	1.3	1.05	0.35
ACCIAIO	2	1.5	1.2
ALLUMINIO e LEGHE	1.6	1.4	1.3
BRONZI	1.4	1.2	1.2
OTTONI	1.8	1.6	1.4
LEGHE di MAGNESIO	1.4	1.3	1.1

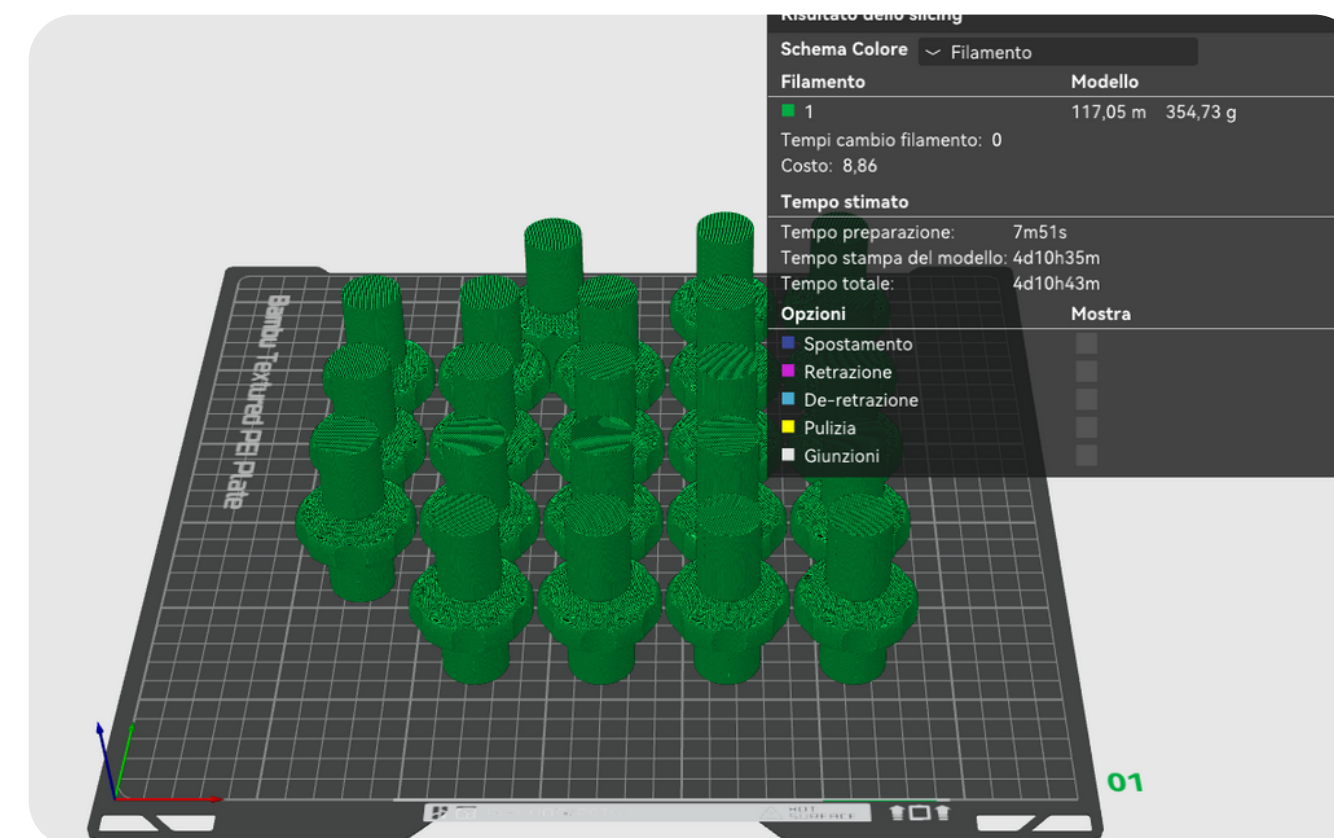
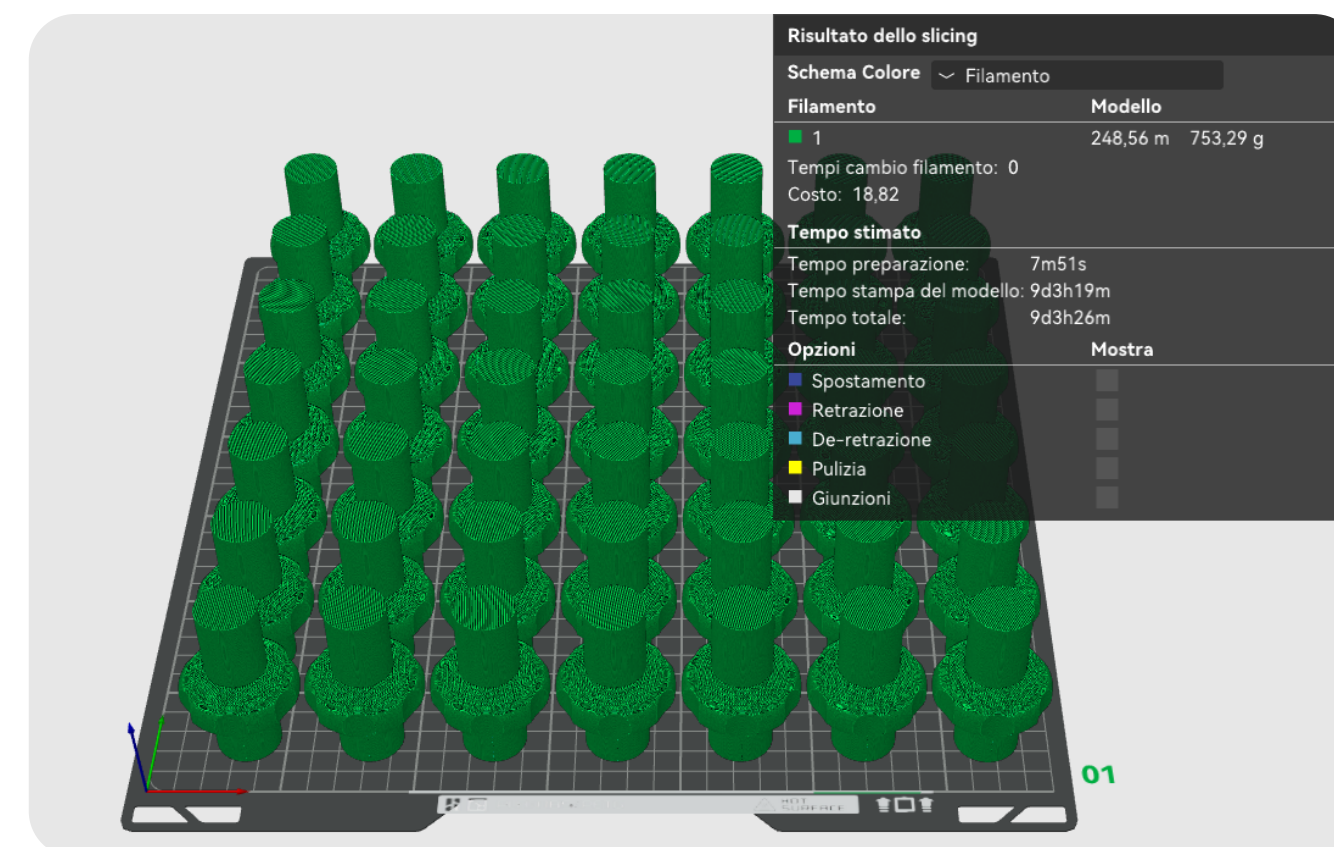
TABELLA 6.1 Tipici valori di ritiro lineare per diversi metalli fusi a causa della contrazione termica in fase solida.

Metallo	Contrazione lineare	Metallo	Contrazione lineare	Metallo	Contrazione lineare
Leghe di alluminio	1.3 %	Magnesio	2.1 %	Acciaio al cromo	2.1 %
Ottone giallo	1.3 % – 1.6 %	Leghe di magnesio	1.6 %	Stagno	2.1 %
Ghisa grigia	0.8 % – 1.3 %	Nichel	2.1 %	Zinco	1.6 %

La nostra scelta per la realizzazione dei modelli in cera attraverso la stampa 3D è stata motivata dal fatto che tale metodo risulta essere molto più veloce di quello in cui avremmo realizzato i pezzi in cera con uno stampo metallico, che anche a sua volta avrebbe dovuto essere creato.

Grazie al software “Bambu Studio” abbiamo eseguito una **simulazione** per verificare i tempi di stampa e la quantità necessaria di Polycast.

In totale avremmo bisogno di dividere la produzione in 3 batch, 2 da un max di 49 pezzi e il terzo da 22 pezzi. La stampa di 120 pezzi impiegherà *22d 17h 35m* e *1861,31 g* di filamento polycast. Ciò significa che sarà necessario l’acquisto di tre bobine da 750 g, al prezzo di *179,85 euro* (59,95 euro a bobina)



Per terminare sono state fatte diverse simulazioni su InspireCast. Con questo software abbiamo potuto supportare i nostri calcoli e in particolar modo abbiamo verificato:

- calcoli dei moduli di raffreddamento (fig.1)
- solidificazione direzionale (fig.1)
- presenza di porosità (fig.2)
- corretta progettazione del sistema di colata (fig.3)

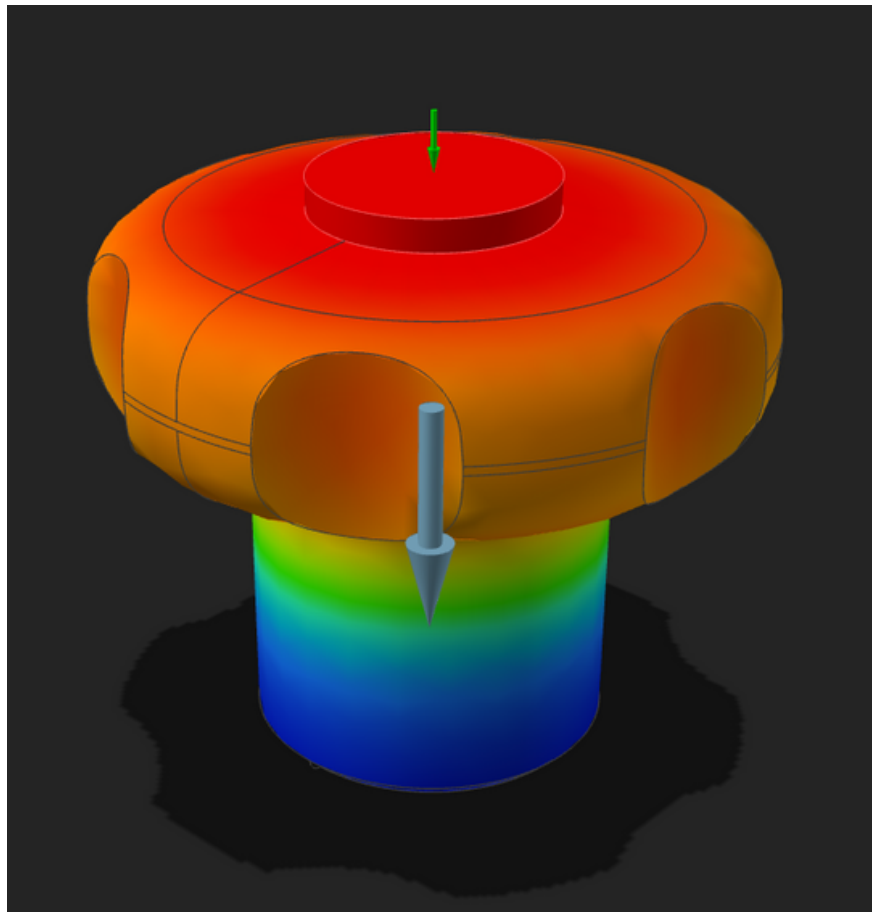


Fig.1

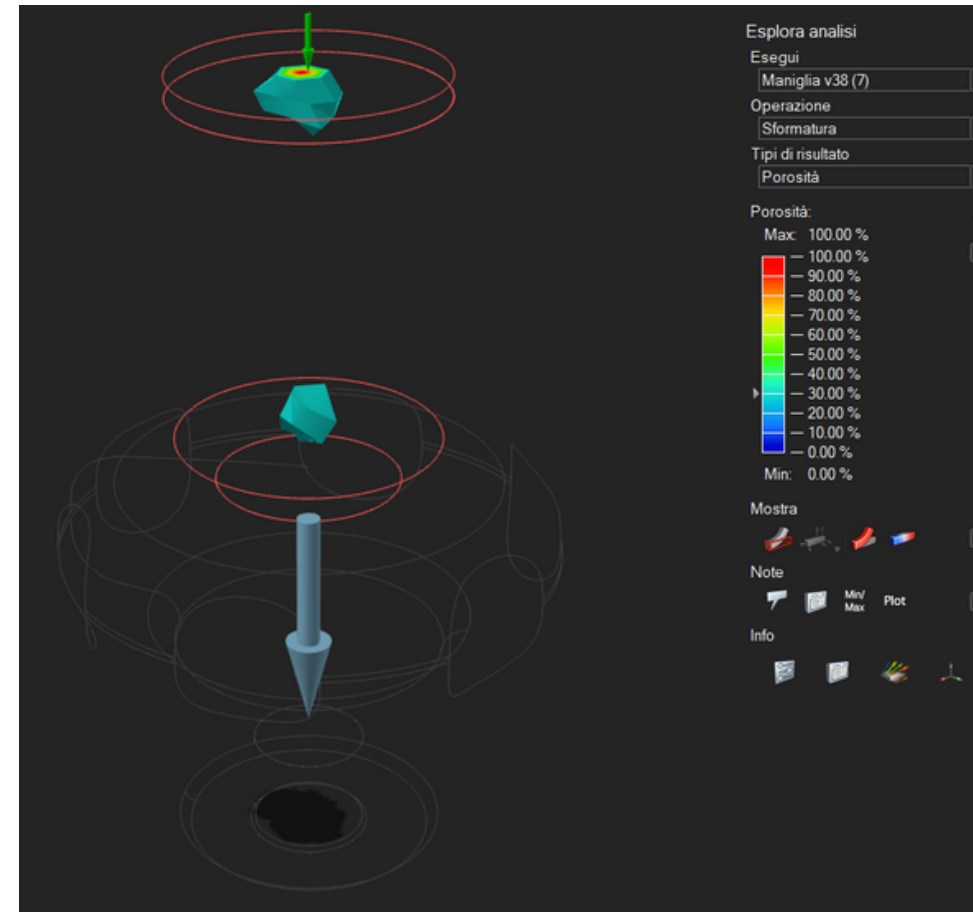


Fig.2

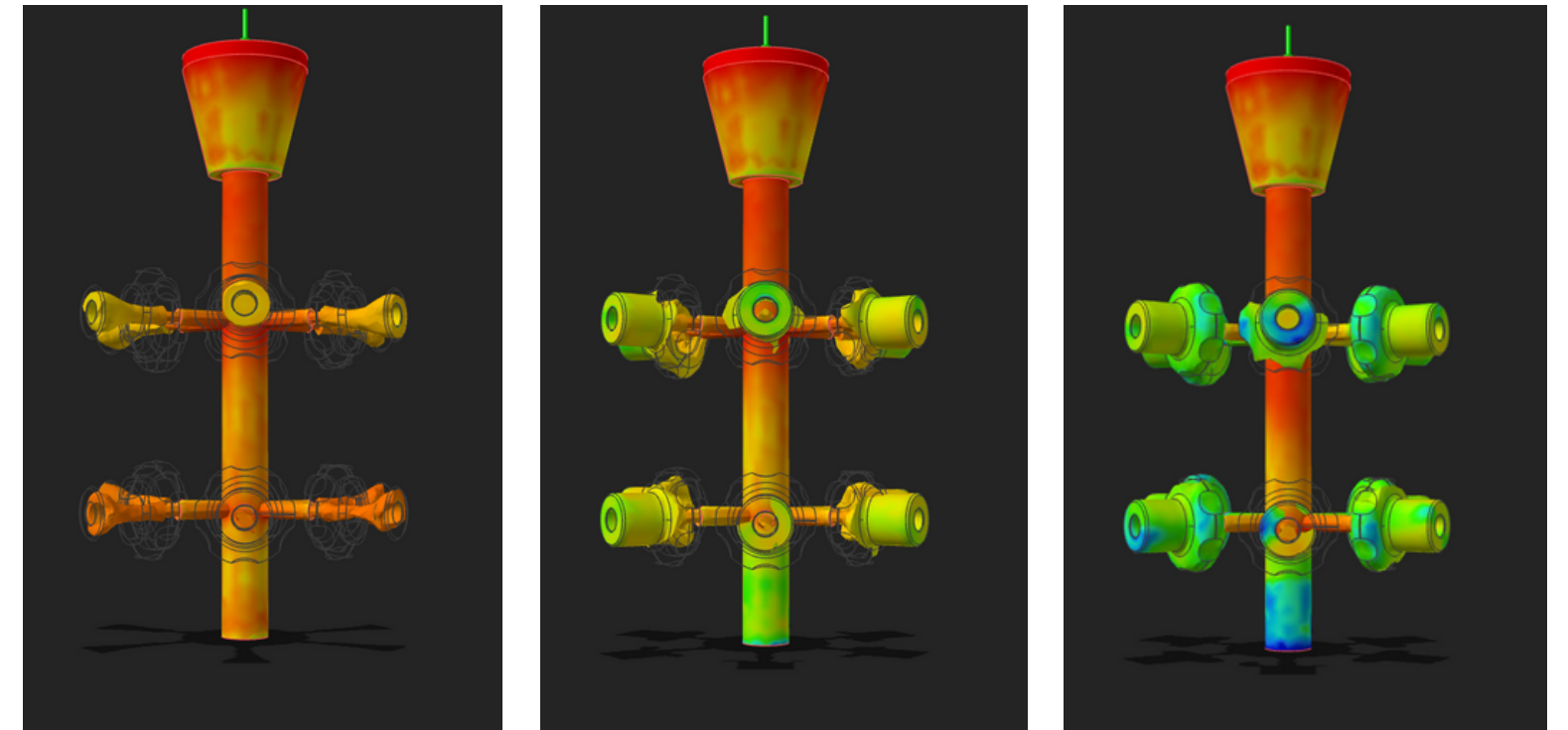


Fig.3

Stampa 3D

Per la realizzazione del pomello in nylon, abbiamo scelto una stampate SLS Desktop, in quanto permette una prototipazione rapida e funzionale, test meccanici ed ergonomici, personalizzazione e riduzione dei tempi rispetto alla fusione.

Ciclo di lavorazione per stampa SLS:

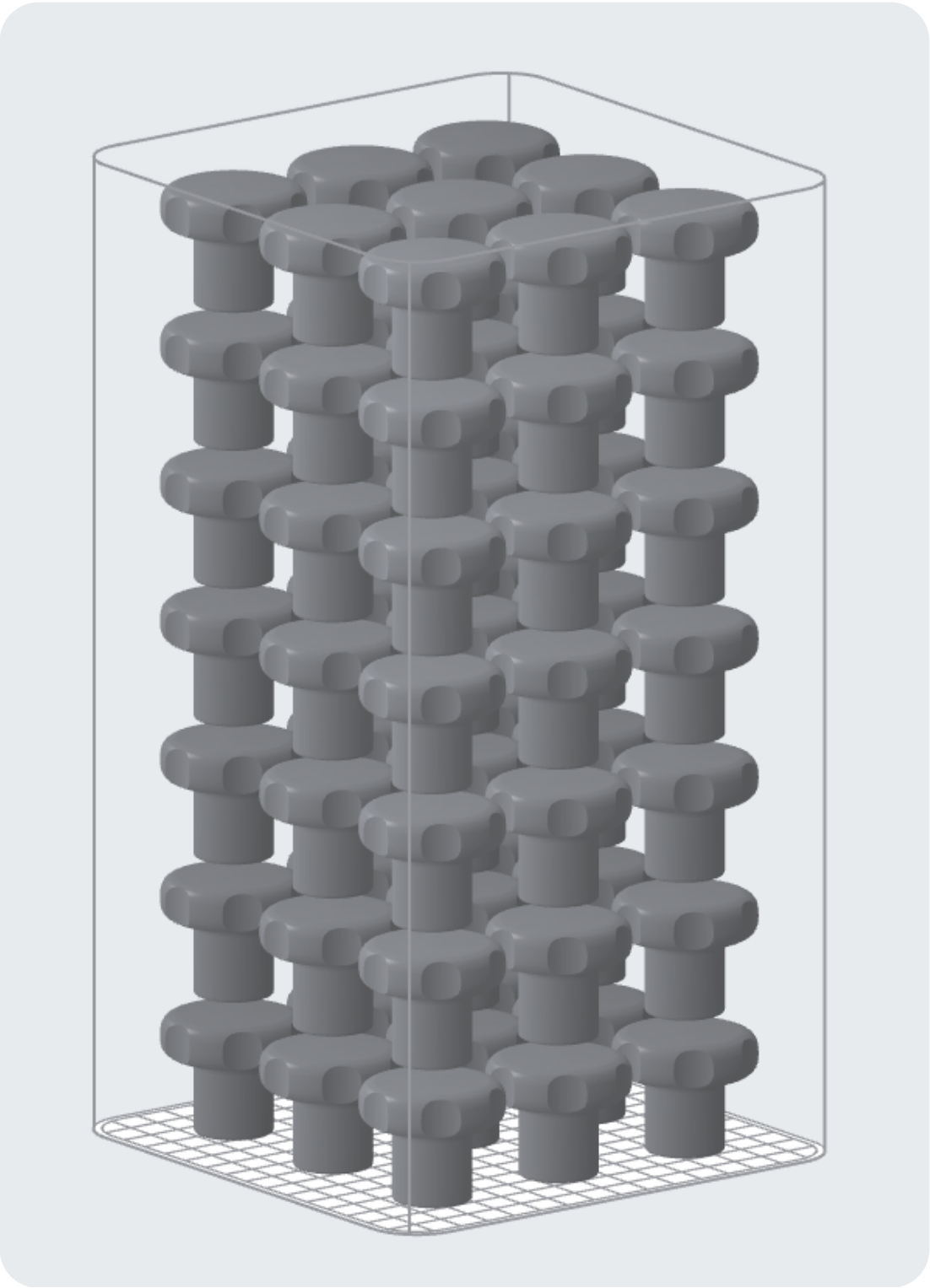
- 1.File STL e slicing
- 2.Riempimento della camera con la polvere
- 3.Fase di stampa e sinterizzazione
- 4.Rimozione del pezzo e depolverazione
- 5.Post-processing

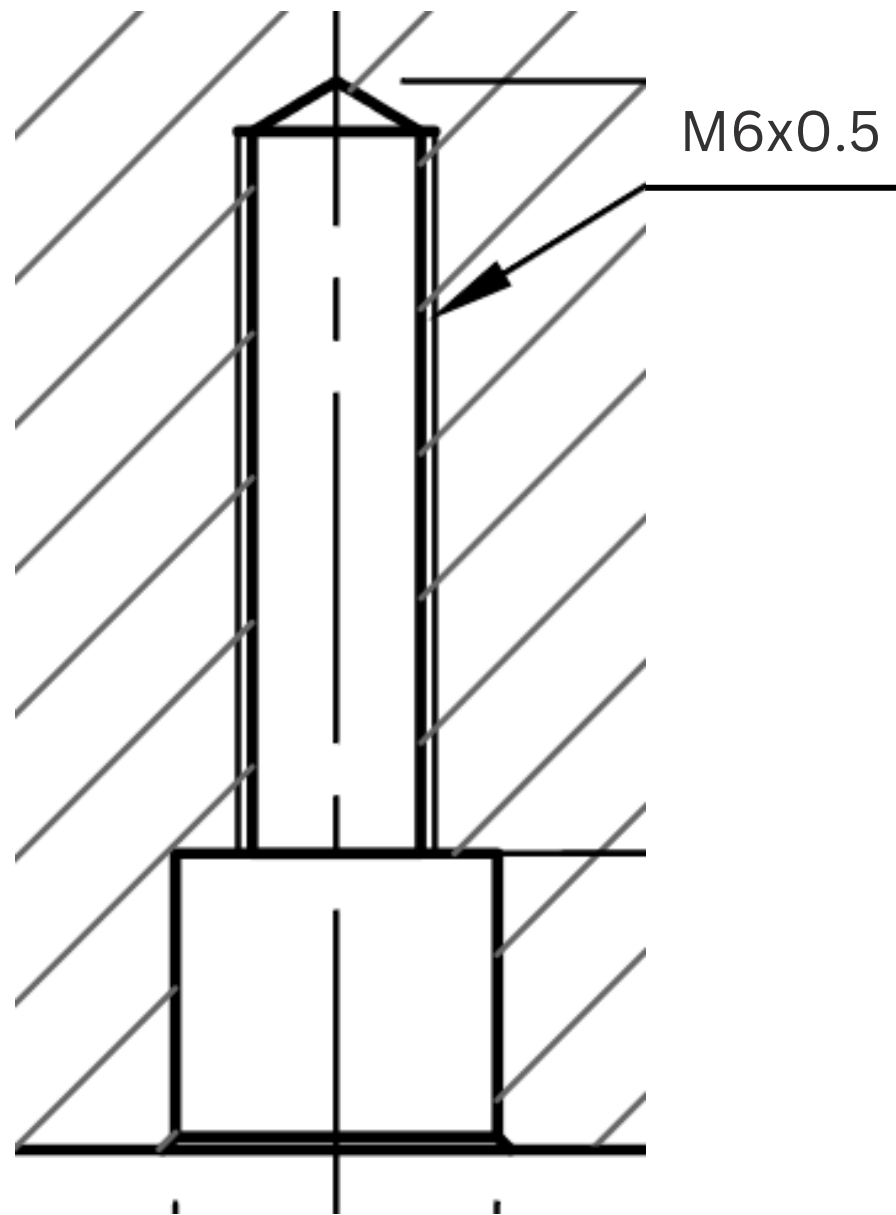
In quanto alla fase dello slicing abbiamo, anche qui, fatto una simulazione al software “PreForm” per fare una stima dei costi e tempi.

Infine abbiamo confrontato le due lavorazioni, constatando che il **pomello** realizzato con la **stampa 3D** è il più **vantaggioso**. Infatti, confrontando i costi di produzione il pomello in nylon ha il costo di **17,38 €** per pezzo, a confronto dei **54,63 €** del pomello in acciaio.

Riepilogo ⓘ

🕒	Tempo di stampa totale	16 h 10 m ▼
	Operazioni pre-stampa	42 m
	Stampa	14 h 31 m
	Raffredda a 100 °C	58 m
🔥	Raffreddamento aggiuntivo	13 ore 49 min
🧱	Polvere totale	9,92 L / 5,27 kg ▼
	Polvere sinterizzata	1,74 L / 1,67 kg
🧱	Densità di stampa misurata in massa	32%
📦	Strati	2664
💰	Costo di stampa totale ⓘ	203.14 ▼
	Costo per unità	203.14





Asportazione di truciolo

Per eseguire le lavorazioni per asportazione di truciolo dei pomelli in acciaio e in nylon, abbiamo optato per un trapano a colonna, motivata dal fatto che tale trapano garantisce una precisione molto più elevata rispetto ad un trapano manuale.

Nel nostro caso, al trapano vengono fatte tre tipi di lavorazioni:

- Foratura
- Svasatura
- Maschiatura

Abbiamo scelto gli utensili più adatti per i due materiali ed inserito i parametri per ciascuna delle lavorazioni; in fine abbiamo fatto uno studio sui tempi e costi

RESISTENZA AMBIENTALE	Acciaio Inox AISI 303		Nylon PA12	
Corrosione	Ottima in ambienti moderati		Non corrode	
Umidità	Inalterato		Lieve variazione dimensionale	
Temperatura di lavoro	-200°C / +400°C		-40°C / +120°C	
UV	Stabile		Può degradarsi senza additivo anti UV	
Agenti chimici	Buona resistenza ad oli; limitata ad acidi forti		Buona ad oli; bassa a solventi aromatici/chetoni	

TEMPI E COSTI	Acciaio Inox AISI 303		Nylon PA12	
	TEMPI	COSTI	TEMPI	COSTI
Fusione	265 h	75 495.54 €	-	-
Stampa 3D	-	-	65 h	50 906.6 €
Foratura/filettatura	19.12 h	1334.171 €	18.97 h	1292.1 €
Totale	284.12 h	76 829.711 €	83.97 h	63 827.7 €

PROPRIETÀ MECCANICHE	Acciaio Inox AISI 303	Nylon PA12
Resistenza a trazione	500-700 MPa	45-50 MPa
Resistenza a compressione	> 800 MPa	60-80 MPa
Modulo elastico	~ 193 GPa (Molto rigido)	~1,5–1,8 GPa (Molto elastico)
Durezza (Vickers)	~200 Hv	~18 HV
Tenacità/urto	Media	Molto alta
Resistenza all'usura	Ottima	Buona ma inferiore
Resistenza alla fatica	Alta	Media
Peso specifico	~8,0 g/cm³	~1,02 g/cm³

In conclusione abbiamo visto che il pomello in nylon è la scelta più conveniente, in quanto più economico e più veloce da produrre. Per le caratteristiche tecniche dipende invece il tipo di utilizzo previsto per il pomello.

PERNO

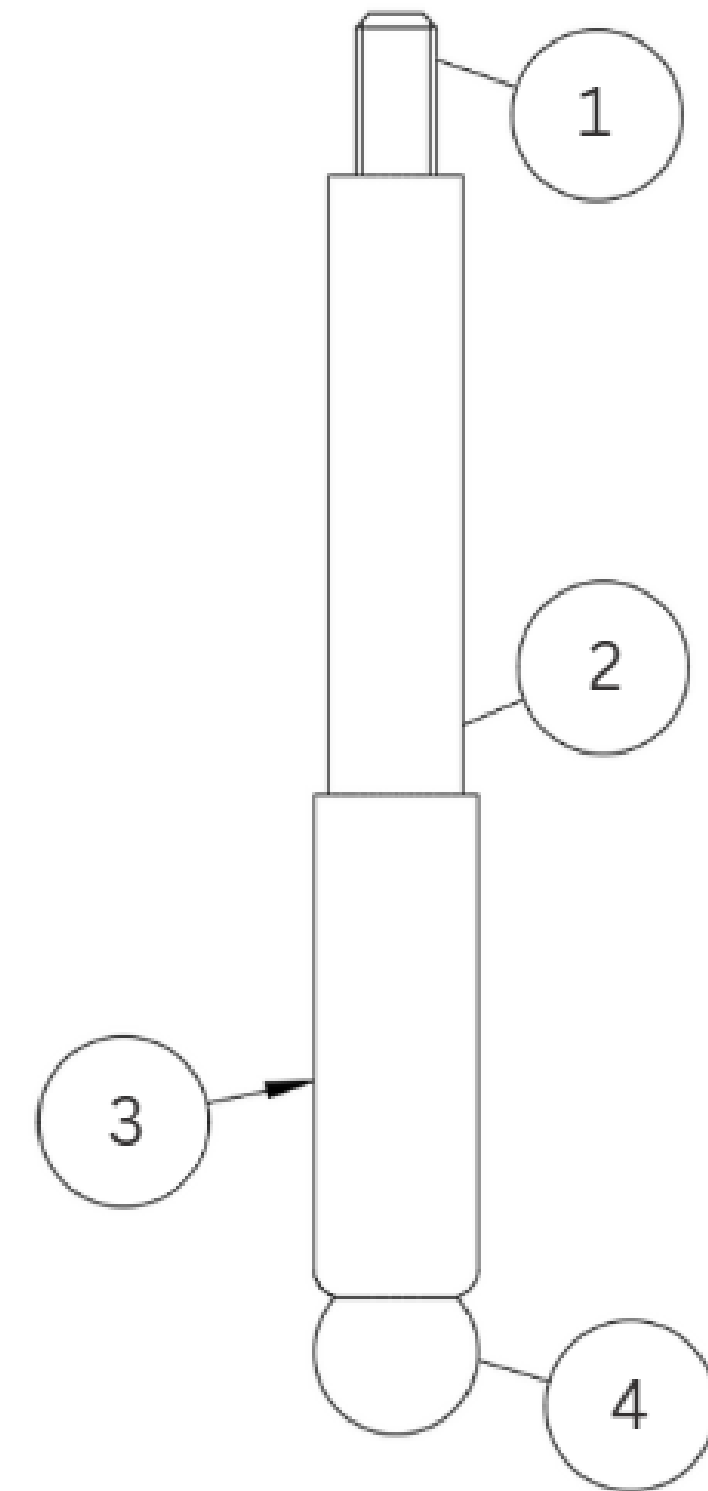
Nel **capitolo 3**, viene analizzato il **Perno**.

Il materiale scelto è l'*acciaio inox AISI 304*. E' stato suddiviso in 4 parti in funzione delle grandezze e delle lavorazioni necessarie.

La sezione 1 presenta una filettatura esterna per cui abbiamo proposto sia una filettatura al tornio CNC, sia una rullatura.

La parte 4 invece è una piccola sfera in acciaio saldata al corpo.

Il materiale grezzo, essendo acquistato in barre di 3m, deve subire una **troncatura** preliminare al tornio, in modo da raggiungere le dimensioni corrette.



Le successive lavorazioni al tornio prevedono dunque una prima fase di *sgrossatura*, una successiva *finitura*, *tornitura frontale* e infine una *filettatura* solo per la sezione 1.

Sgrossatura cilindrica

La sezione 1, 2 e 3 ricevono questa lavorazione. Per ognuna sono previsti dei parametri differenti, in quanto ogni parte prevede diametri diversi.

Finitura

Anche questa subita dalle sezioni 1, 2 e 3. E' necessaria per eliminare il materiale in eccesso lasciato dalla sgrossatura e permette inoltre di avere una superficie più liscia e precisa.

Tornitura frontale (sgrossatura)

La tornitura frontale è stata utilizzata per spianare un estremo della sezione 3. Dovendo subire successivamente un'altra lavorazione (saldatura), è sufficiente la sgrossatura.

Per la filettatura abbiamo proposto come prima opzione la **filettatura al tornio** per la sezione 1.

Come alternativa alla filettatura al tornio abbiamo optato per la **filettatura con rullatura**.

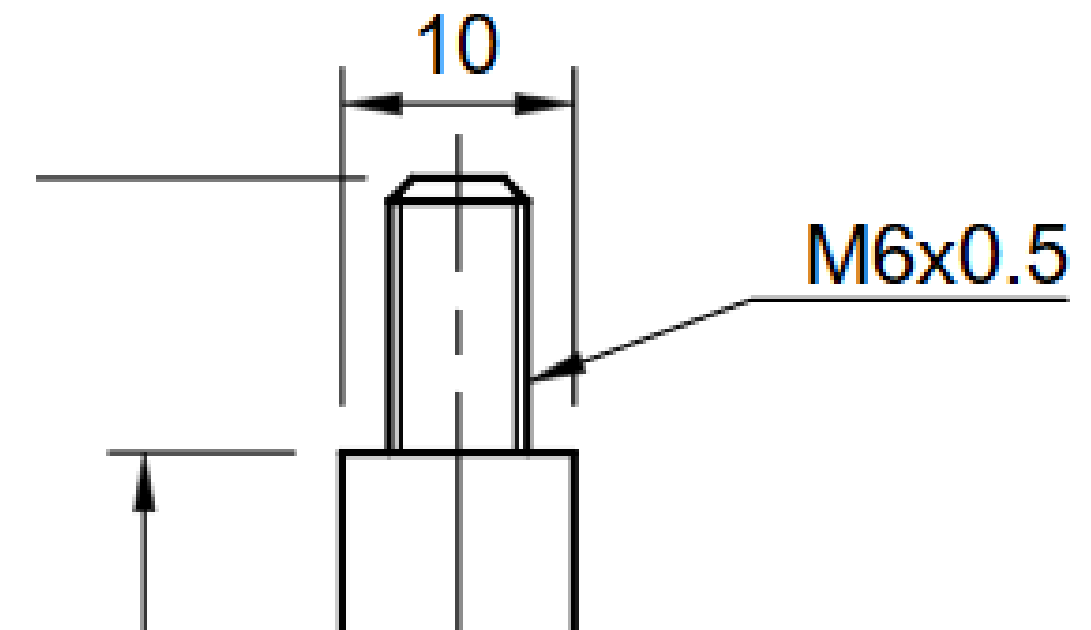
E' importante sottolineare che, trattandosi di una lavorazione per deformazione plastica a freddo e non per asportazione di truciolo, abbiamo dovuto modificare leggermente il diametro, e quindi sistemare i parametri per la finitura al tornio precedente.

La filettatura per rullatura è un processo più veloce che rende il materiale più resistente. Nei nostri calcoli abbiamo erroneamente trovato che la tornitura risulta più veloce. L'errore è da attribuire a un errato calcolo del tempo attivo di lavorazione del tornio, che prende in considerazione 1 unica passata, e una velocità di rullatura troppo bassa.

Infine, per unire la sfera in acciaio al corpo, abbiamo optato per la **saldatura TIG (Tungsten Inert Gas)**. Un processo che consiste nell'utilizzo di elettrodi al tungsteno e un gas inerte di protezione (Argon nel nostro caso).

Le sfere possono essere acquistate direttamente. Il processo prevede l'utilizzo di un materiale di apporto (acciaio inox 308L).

In conclusione, sono stati calcolati tempi e costi per la produzione, ottenendo un valore di **11,20 €** per pezzo.



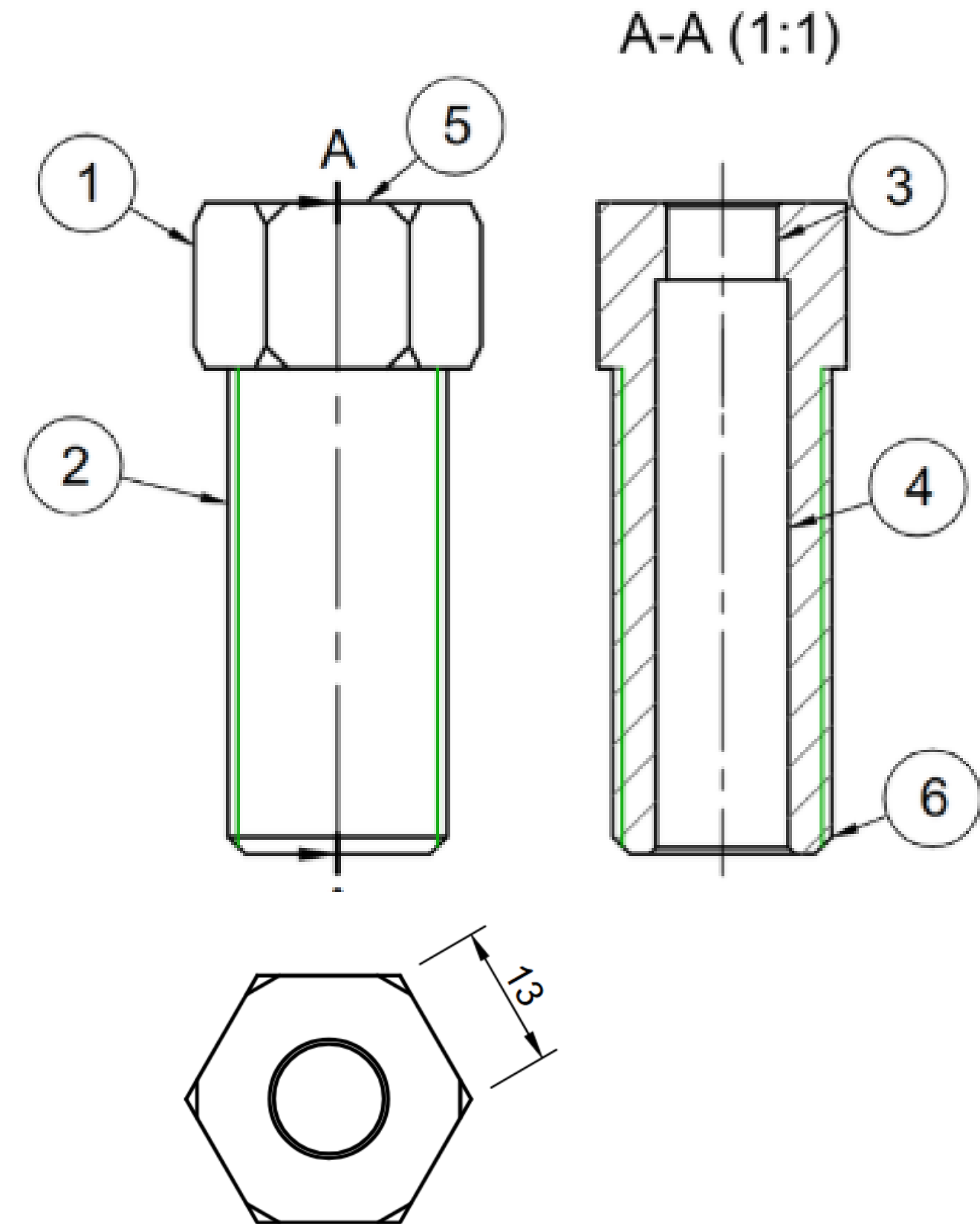
CORPO FILETTATO

Nel **capitolo 4** abbiamo invece analizzato il **corpo filettato**, per cui abbiamo scelto l'*acciaio inox AISI 303*.

Anche qui è stata fatta una suddivisione in sezioni differenti.

Questo pezzo presenta una testa a forma di dado esagonale, motivo per cui, rispetto all'altro corpo, necessita di un maggior numero di lavorazioni, in particolare fresature e smussature (sulle sezioni 1,5 e 6).

Come nel capitolo precedente, la prima lavorazione consiste nella **troncatura** al *tornio CNC*.



Le successive lavorazioni al tornio prevedono una prima fase di sgrossatura, una spianatura e una successiva finitura (tutte al tornio CNC).

Infine, le ultime lavorazioni previste sono foratura (con trapano a colonna), filettatura (con rullatrice) e fresatura (con fresatrice).

Sgrossatura cilindrica

La sezione 1 e 2 ricevono questa lavorazione. Per ognuna sono previsti dei parametri differenti, i quali ogni parte prevede diametri diversi.

Spianatura

Questo procedimento è fondamentale per ottenere una superficie piana. E' una lavorazione simile alla tornitura ma prevede una diversa direzione di taglio.

Finitura

Anche questa subita dalle sezioni 1 e 2. E' necessaria per eliminare il materiale in eccesso lasciato dalla sgrossatura e permette inoltre di avere una superficie più liscia e precisa.

<i>Foratura</i> Nel pezzo sono presenti due fori di diametri ed altezze differenti. Il trapano a colonna è lo stesso utilizzato per il pomello.	<i>Filettatura</i> Per la filettatura esterna abbiamo optato per la rullatura, utilizzando lo stesso macchinario che è stato selezionato per il corpo precedente.	<i>Fresatura</i> La fresatura è necessaria per la formazione della testa a dado esagonale. Al termine abbiamo eseguito una smussatura sempre in fresatrice per formare gli smussi tipici del dado.
--	--	---

In conclusione, sono stati calcolati tempi e costi per la produzione, ottenendo un valore di **15,12 €** per pezzo.

Sommando tutti i costi dei componenti, troviamo un valore totale di **43,70 €** per pezzo.

TEMPI E COSTI FINALI

PEZZO		TEMPI	COSTI
Pomello	Stampa 3D	65 h	50 906.6 €
	Foratura	18.97 h	1292.1 €
Perno con spintore	Macchine/materiali	-	143 477.15 €
	Troncatura	0.519 h	209.14 €
	Tornitura	25.66 h	513.2 €
	Filettatura	6.30 h	257.64 €
	Saldatura	7.12 h	2037.57 €
Corpo filettato	Macchine/materiali	-	38 434.9 €
	Troncatura	0.53 h	10.93 €
	Tornitura	25.75 h	565.27 €
	Foratura	6.61 h	156.93 €
	Filettatura	10.39 h	1516.82 €
	Fresatura	19.29 h	633.02 €
Totale		186.139 h	240 011.27 €