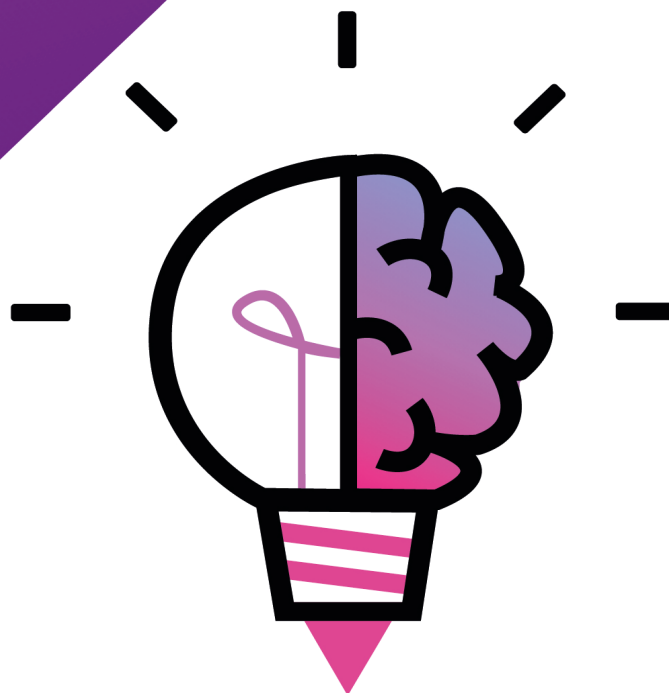




Erasmus+



3D4ELDERLY

NUMERO DI PROGETTO: 2020-1-LT01-KA204-077896

**IO1A1 - Trasferimento di conoscenze sui
concetti base della stampa 3D ai caregiver
che lavorano pazienti con Alzheimer e anziani
con demenza**

CONSORZIO DEI PARTNER:



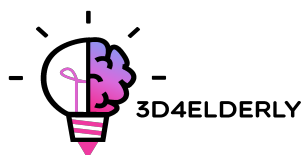
BETi Baltic
Education
Technology
Institute

CEIPES

Technical Research
Centre of Furniture and
Wood of the Region of
Munich
CETEM

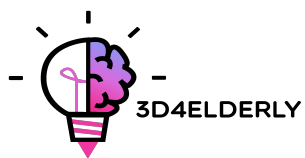


"Il sostegno della Commissione europea per la produzione di questa pubblicazione non costituisce un'approvazione del contenuto che riflette solo il punto di vista degli autori, e la Commissione non può essere ritenuta responsabile per qualsiasi uso che può essere fatto delle informazioni ivi contenute".



Indice

1. Introduzione alla produzione o manifattura additiva (additive manufacturing)	4
1.1 Cos'è la prototipazione rapida?	4
1.2. Cos'è la produzione additiva?	6
1.3. Come funziona la stampa 3D?	7
2. Principali tecnologie di stampa 3D	8
2.1. Modellazione a deposizione fusa (FDM)	9
2.1.1. FDM: Processo, materiali, campi di applicazione	9
2.1.2. FDM: Punti di forza e di debolezza	10
2.2. Stereolitografia (SLA)	10
2.2.1. SLA: Processo, materiali, campi di applicazione	10
2.2.2. SLA: Punti di forza e di debolezza	11
2.3. Sinterizzazione laser selettiva (SLS)	11
2.3.1 SLS: Processo, materiali, campi di applicazione	11
2.3.2. SLS: Punti di forza e di debolezza	12
2.4. Lavorazione resina fotopolimerica (POLYJET)	13
2.4.1. POLYJET: Processo, materiali, campi di applicazione	13
2.4.2. POLYJET: Punti di forza e di debolezza	13
2.5. Fusione laser selettiva (SLM)	14
2.5.1. SLM: Processo, materiali, campi di applicazione	14
2.5.2. SLM: Punti di forza e di debolezza	15
2.6. Fusione a fascio di elettroni (EBM)	15
2.6.1. EBM: Processo, materiali, campi di applicazione	15
2.6.2. EBM: Punti di forza e di debolezza	16
2.7. (Electron) Binder Jetting	16
2.7.1. (Electron) Binder Jetting: Processo, materiali, campi di applicazione	16
2.7.2. (Electron) Binder Jetting: Punti di forza e di debolezza	16
2. Produrre pezzi con il processo di stampa 3D	17
3.1. Ottenere il modello digitale	18
3.2. Esportare in un file STL	20
3.3. Ottenere il G-Code	20
3.4. Stampa 3D	24



3.5. Estrarre i pezzi	25
4. Materiali di stampa 3D	26
5. Limiti	26
6. Uso pratico della stampa 3D. Esempi	27

1. Introduzione alla produzione o manifattura additiva (additive manufacturing)

La produzione o manifattura additiva, comunemente chiamata anche stampa 3D, è un processo che crea un oggetto fisico da un disegno digitale. Esistono diverse tecnologie di stampa 3D e materiali con cui si può stampare, ma tutti si basano sullo stesso principio: un modello digitale viene trasformato in un solido oggetto fisico tridimensionale aggiungendo materiale livello per livello.

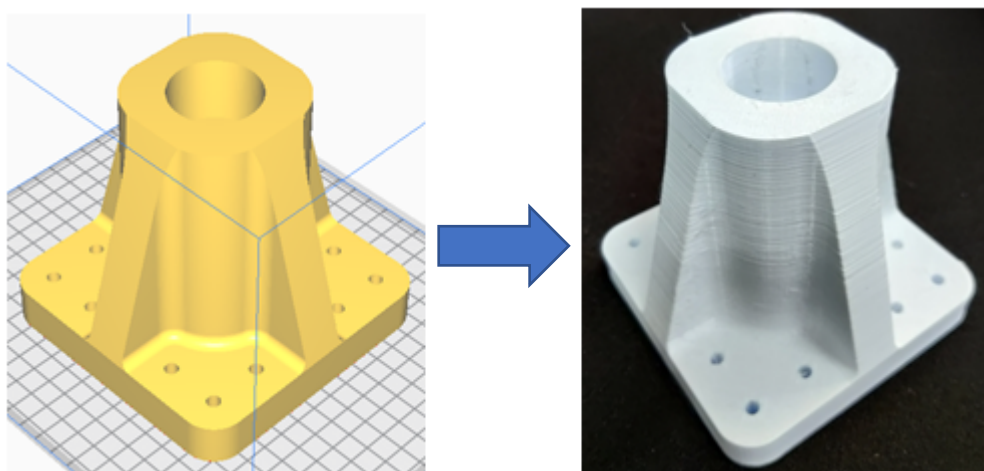


Figura 1. Dal modello digitale all'oggetto fisico. Fonte: CETEM.

1.1 Cos'è la prototipazione rapida?

La prototipazione rapida è un processo automatizzato che costruisce rapidamente dei prototipi fisici a partire da file CAD (Computer-Aided Design, "progettazione assistita dall'elaboratore") 3D composti da modelli solidi o di qualità superficiale.

Qualsiasi processo di fabbricazione può essere classificato come sottrattivo, formativo o additivo. Ogni processo di fabbricazione rientra perfettamente in una di queste categorie, oppure, è un processo ibrido che rientra in più di una. Nell'arena di produzione, la produttività si ottiene orientando un prodotto dal concetto al mercato in modo rapido ed economico. La tecnologia di prototipazione rapida agevola questo processo.

È importante non confondere la prototipazione rapida con la stampa 3D o con la produzione additiva, perché i concetti molto spesso sono usati in modo intercambiabile ed errato. Possiamo dire che la produzione additiva è una delle tecnologie con cui possiamo realizzare un prodotto di prototipazione rapida.

È opportuno sottolineare che ogni tecnologia e ogni processo ha un punto di partenza in comune: la Computer-Aided Design (CAD).



Figura 2. Stampo in silicone e pezzi creati con tecniche di prototipazione rapida. Fonte: CETEM.

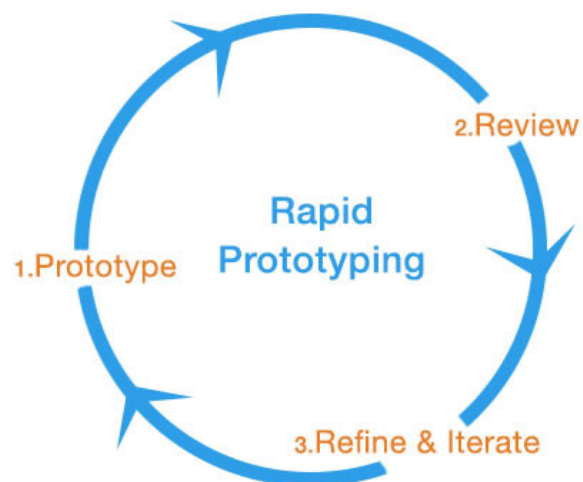


Figura 3. Il concetto di prototipazione rapida. Fonte: <https://www.linkedin.com/pulse/rapid-prototyping-tool-mindset-future-business-fiona-triaca/>

1.2. Cos'è la produzione additiva?

È importante sottolineare fin dall'inizio che la produzione additiva non costituisce un'unica tecnologia ma un insieme di processi produttivi, molto diversi tra loro, che condividono tre caratteristiche comuni:

1. Sono processi di fabbricazione per addizione di materiale per costruire un oggetto solido tridimensionale.
2. L'oggetto viene costruito sovrapponendo livelli successivi di materiale.
3. L'oggetto è realizzato a partire da un modello digitale 3D.

Si chiamano processi di Manifattura ADDITIVA per differenziarli dai processi convenzionali. Entrambi, fanno parte dell'insieme di processi disponibili per l'industria.

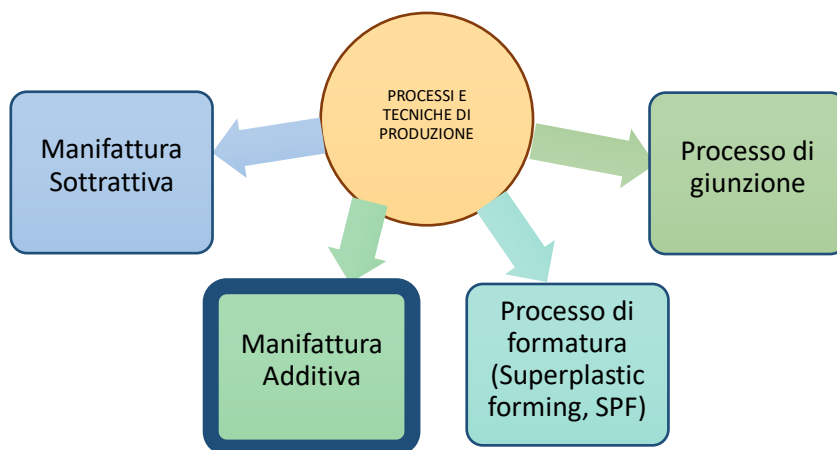


Figura 4. Processi e tecniche di produzione. Fonte: CETEM.

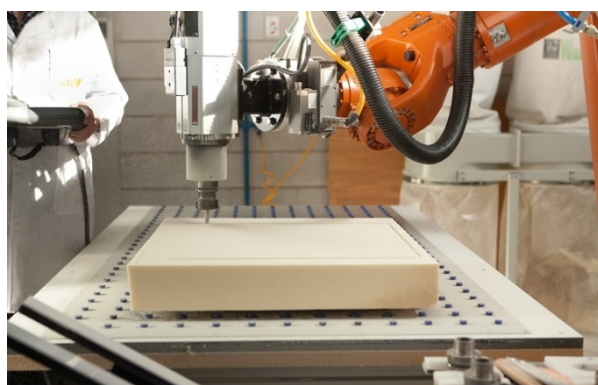


Figura 5. Esempio di manifattura sottrattiva. Fonte: CETEM.



Figura 6. Saldatura. Esempio del processo di giunzione. Fonte:
<http://www.minaprem.com/joining/welding/introduction/definition-of-welding/>

1.3. Come funziona la stampa 3D?

Tutto inizia con la realizzazione o il conseguimento di un disegno virtuale dell'oggetto che si vuole creare. Questo disegno virtuale può essere realizzato in un file CAD utilizzando un programma di modellazione 3D (per la creazione di un oggetto totalmente nuovo) o attraverso l'uso di uno scanner 3D (per copiare un oggetto esistente). Lo scanner 3D realizza una copia digitale 3D di un oggetto. Esistono anche molti archivi online in cui è possibile scaricare file 3D esistenti che aiuteranno ad iniziare.

Il processo di stampa 3D trasforma un oggetto in tanti piccoli pezzi, poi lo costruisce dal basso verso l'alto, pezzo per pezzo. I livelli poi aumentano fino a formare un oggetto solido.

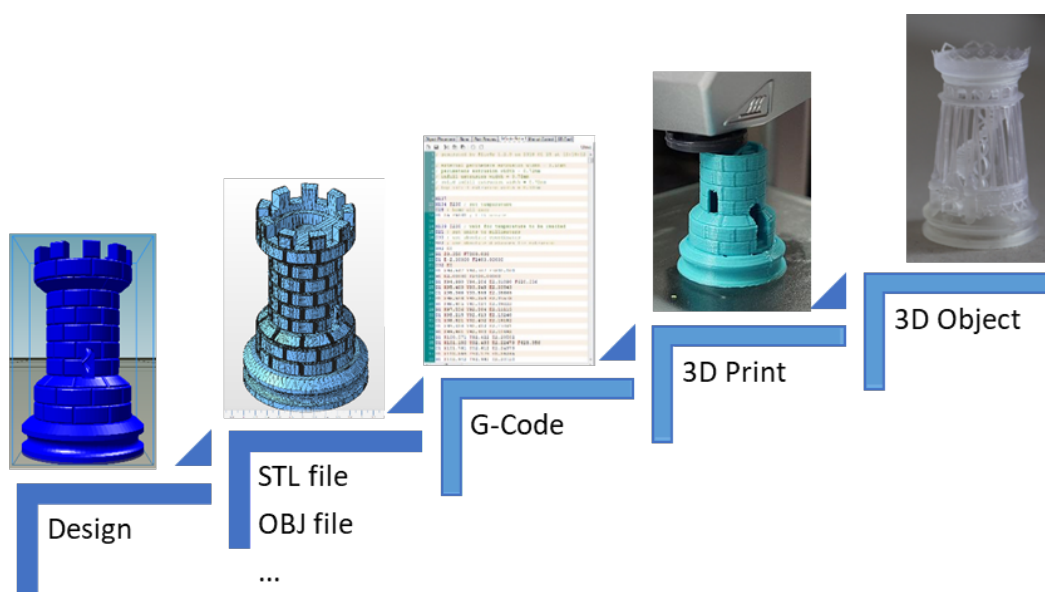


Figura 7. Processo di stampa 3D. Fonte: Karlsruher Institut für Technologie.

2. Principali tecnologie di stampa 3D

Le tecnologie seguenti sono considerate le principali tecnologie di stampa 3D disponibili sul mercato:

- Modellazione a deposizione fusa (FDM).
- Stereolitografia (SLA).
- Sinterizzazione laser selettiva (SLS).
- Lavorazione resina fotopolimerica (POLYJET).
- Fusione laser selettiva (SLM).
- Fusione a fascio di elettroni (EBM).
- (Electron) Binder Jetting.
- Fabbricazione di fibre continua.
- Material Jetting.

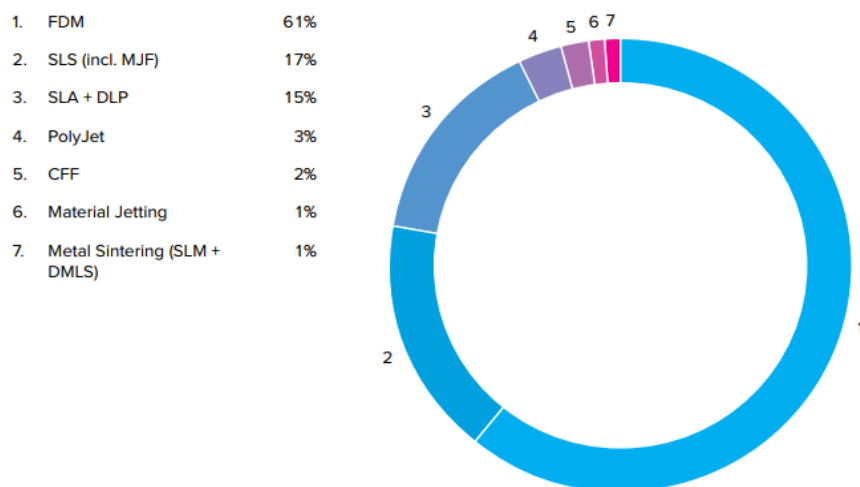


Figura 8. Tecnologie più usate secondo un rapporto. (2017). Fonte:
<https://f.3dhubs.com/yZgXoWzB88BhMHwG9fo3mV.pdf>

Nel prossimo paragrafo, sono presentate brevemente, e anche spiegate, dal punto di vista del processo, i materiali disponibili, i campi di applicazione e anche i punti di forza e di debolezza.

2.1. Modellazione a deposizione fusa (FDM)

2.1.1. FDM: Processo, materiali, campi di applicazione

Le stampanti domestiche lavorano solitamente con filamenti di plastica. La tecnologia che sta alla base di ciò è spesso chiamata Modellazione a deposizione fusa (FDM) ed è una tecnologia di stampa 3D che funziona estrudendo un polimero termoplastico attraverso un ugello riscaldato che viene depositato su una fase di costruzione. La FDM è anche considerata una forma di produzione additiva, che allo stesso tempo è un "processo che mette insieme dei materiali per creare oggetti dai dati del modello 3D, di solito livello su livello".

Il semplice processo coinvolge un filamento di plastica che viene alimentato da una bobina all'ugello in cui il materiale viene liquefatto e "disegnato" sulla piattaforma. Non appena tocca il piatto di costruzione, il filamento si indurisce mentre viene depositato gradualmente, seguendo una certa struttura, per creare la stampa 3D finale. Quando un livello viene disegnato, la piattaforma si abbassa di uno spessore di livello in modo tale che la stampante possa iniziare a lavorare sul livello successivo.

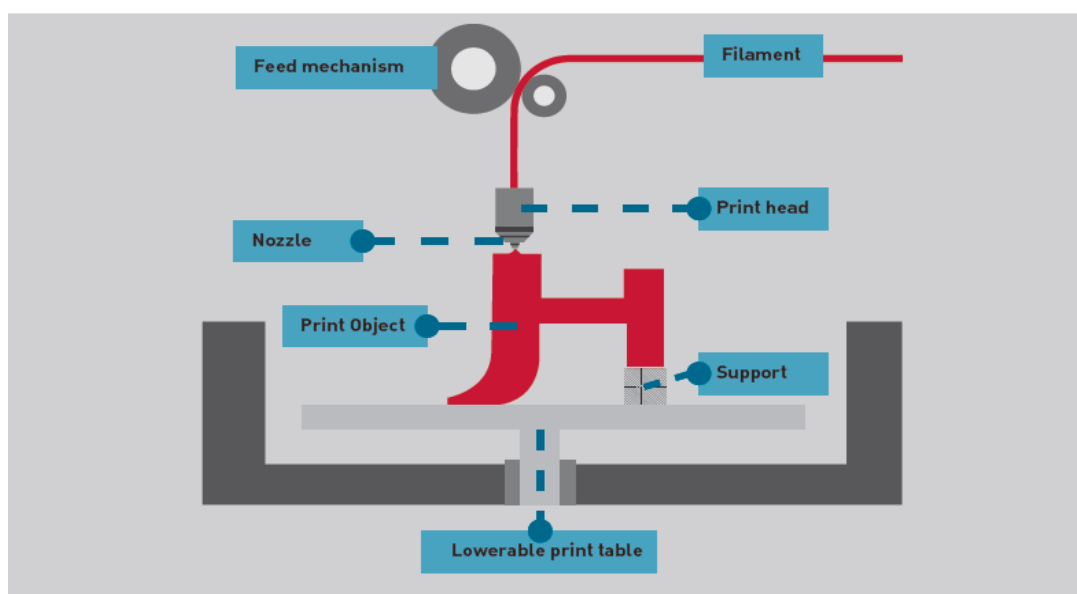


Figura 9. Sistema della tecnologia FDM. Fonte: <https://i.materialise.com/blog/3d-printing-technologies-and-materials/>

Con la tecnologia FDM, possono essere usati molti materiali diversi. I più usati sono il PLA (acido polilattico), l'ABS (acrilonitrile butadiene stirene) e il nylon (poliammide).

La FDM è spesso usata in prototipi non funzionali per produrre parti concettuali, modelli funzionali, prototipi in generale, strumenti di produzione e modellazione, e parti finite.

2.1.2. FDM: Punti di forza e di debolezza

Gli individui che vogliono utilizzare la Modellazione a deposizione fusa hanno un vantaggio fin dall'inizio; infatti, le stampanti FDM sono tra le più economiche e convenienti soprattutto per coloro che vogliono usarle in un ambiente domestico.

La FDM è una tecnologia molto pulita, di solito semplice da usare e adatta all'ufficio. La tecnologia può anche produrre geometrie e cavità complesse che altrimenti sarebbero piuttosto problematiche.

Quanto alla precisione, le stampe 3D non raggiungono lo stesso livello di precisione di altre tecnologie, come la SLA o la SLS. Detto questo, il risultato è abbastanza soddisfacente.

2.2. Stereolitografia (SLA)

2.2.1. SLA: Processo, materiali, campi di applicazione

La stereolitografia (SLA) è un processo basato sulla luce che costruisce i singoli livelli di un modello con un polimero liquido, indurito da un raggio laser. È la tecnologia più antica nella storia della stampa 3D, ma al giorno d'oggi è ancora molto usata.

Dopo ogni livello, il serbatoio di resina si stacca per rilasciare il materiale indurito. La piattaforma di costruzione si sposta quindi da 25 a 200 micron, a seconda dell'altezza del livello scelto, per prepararsi al processo di solidificazione del livello successivo.

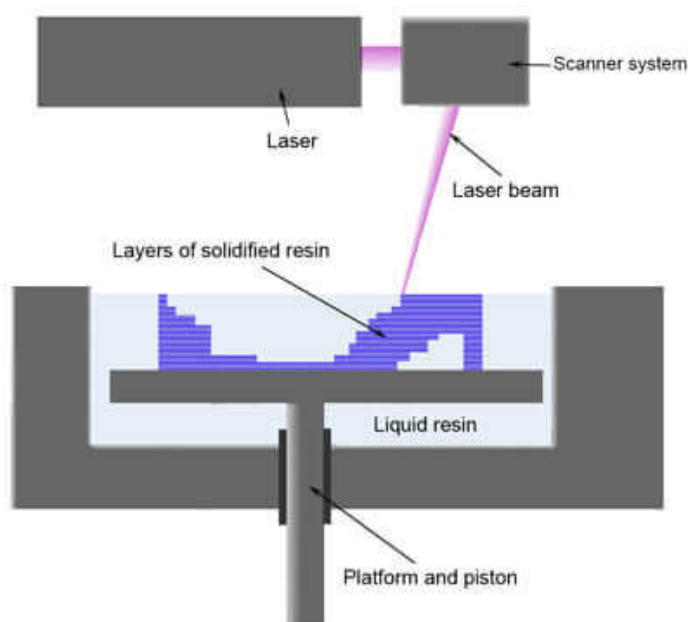
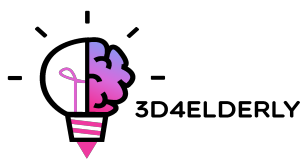


Figura 10. Sistema della tecnologia SLA. Fonte: <https://all3dp.com/1/best-resin-dlp-sla-3d-printer-kit-stereolithography/>



Quanto ai materiali, la stereolitografia offre una varietà di scelte che possono essere riassunte in tre categorie. La prima utilizza la resina verniciabile. Altri due tipi di materiale resinoso che possono essere utilizzati sono la resina trasparente e il grigio primario.

I modelli realizzati in stereolitografia sono solitamente usati come modelli da esposizione di alta qualità. I dipartimenti di design e ingegneria usano i modelli come prototipi visivi o per le presentazioni, ma è stato notato che la SLA è molto adatta per i modelli di personaggi e giocattoli. La stereolitografia può essere utilizzata in molti settori. Al giorno d'oggi, i settori automobilistico, aerospaziale, medico e dei beni di consumo sono i più comuni.

2.2.2. SLA: Punti di forza e di debolezza

Tra tutte le tecnologie di stampa 3D, la stereolitografia è una delle migliori; la sua forza si basa principalmente sull'alta risoluzione delle stampe 3D. Permette di stampare oggetti con geometrie molto complesse e allo stesso tempo di preservarne la qualità e i dettagli.

Tuttavia, uno dei suoi principali punti deboli è il costo. Tra gli svantaggi della Stereolitografia, vi è anche il fatto che le resine liquide sono generalmente irritanti e tossiche.

2.3. Sinterizzazione laser selettiva (SLS)

2.3.1 SLS: Processo, materiali, campi di applicazione

La sinterizzazione laser selettiva (SLS) è una tecnica che usa il laser come fonte di energia per formare oggetti solidi 3D. La differenza principale tra la SLS e la SLA è che la SLS usa materiale in polvere nel tino invece della resina liquida.

La sinterizzazione laser selettiva non richiede l'uso di strutture di supporto, riducendo, quindi, il numero di materiali che si devono fornire per la stampa. L'oggetto viene, infatti, stampato mentre è costantemente circondato da polvere non sinterizzata.

Il semplice processo prevede un laser che viene utilizzato per sinterizzare selettivamente un livello di granuli, mettendo insieme, quindi, il materiale per creare una forma solida. Alla fine del processo, l'oggetto può essere molto caldo e quindi verrà lasciato raffreddare prima di essere rimosso dalla macchina.

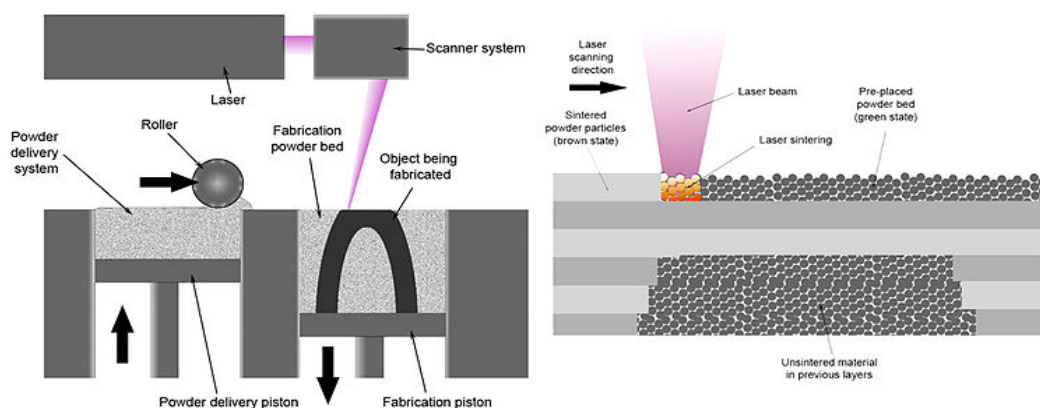


Figura 11. Sistema della tecnologia SLS. Fonte: https://en.wikipedia.org/wiki/Selective_laser_sintering#Technology

L'uso della tecnologia SLS permette di coinvolgere una varietà di materiali che vanno dal nylon, al vetro e alla ceramica, all'alluminio, all'argento e persino all'acciaio. Tuttavia, alcuni di essi, come la ceramica, non vengono sinterizzati al laser. In questo caso, viene utilizzato un legante per incollare le parti insieme e questo processo è solitamente noto come "Powder & Binder-based 3D Printing".

I campi di applicazione della tecnologia SLS vanno dal settore automobilistico a quello dei beni di consumo. Più specificamente, può essere utilizzata nel caso dello sviluppo del prodotto e della prototipazione rapida in una vasta gamma di industrie commerciali, nonché per la produzione in serie limitata di parti finite. Nell'industria aerospaziale, per esempio, la SLS è utilizzata per costruire prototipi per componenti di aerei.

2.3.2. SLS: Punti di forza e di debolezza

Uno dei primissimi vantaggi che presenta la sinterizzazione laser selettiva è il fatto che non fa uso di strutture di supporto, essendo completamente autoportante. Il secondo vantaggio, in questo caso, è che la SLS può gestire una geometria di elevata complessità. Alcuni prodotti sono così complessi che senza questa tecnologia sarebbe complicato produrli.

Tuttavia, di solito, le stampe SLS presentano una certa porosità superficiale, per cui, proprio come nella Modellazione a deposizione fusa, è necessaria la post-elaborazione.

2.4. Lavorazione resina fotopolimerica (POLYJET)

2.4.1. POLYJET: Processo, materiali, campi di applicazione

La lavorazione in POLYJET è una tecnologia di stampa 3D che fa uso di testine di stampa a getto d'inchiostro che lavorano gettando fotopolimeri liquidi su una piattaforma di costruzione. Una volta che il materiale raggiunge la piattaforma, viene immediatamente polimerizzato da lampade UV e si indurisce istantaneamente, permettendo alla macchina di continuare a costruire i livelli superiori.

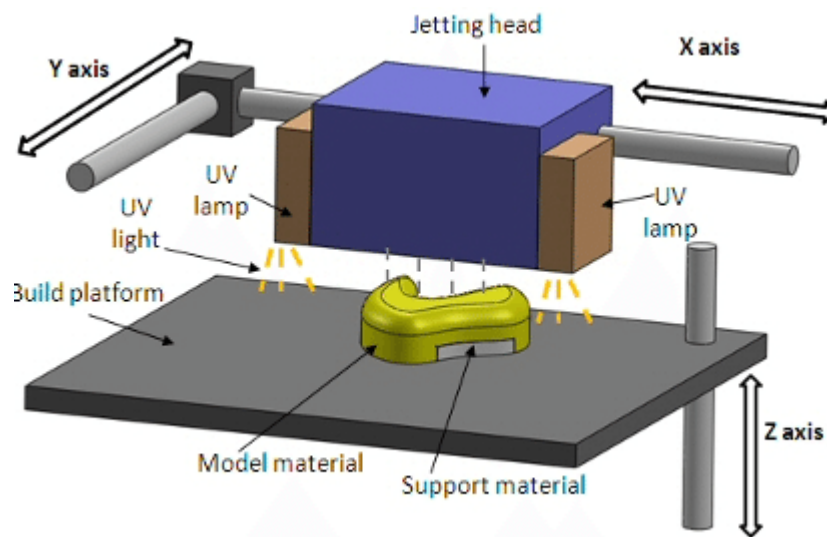


Figura 12. Sistema della tecnologia POLYJET. Fonte: https://www.researchgate.net/figure/Schematic-representation-of-PolyJet-printing-process_fig1_318112255

I campi di applicazione comprendono i prototipi, che possono essere costruiti in più materiali con più colori e una buona finitura superficiale. Per questo motivo, le parti in fotopolimero a getto sono spesso usate per test visivi e di forma e adattabilità. I modelli di fusione sono un altro campo di applicazione, insieme agli strumenti per lo stampaggio a iniezione di serie molto piccole e ai prototipi.

2.4.2. POLYJET: Punti di forza e di debolezza

Il lato positivo di questa tecnologia è che si possono usare più materiali allo stesso tempo, il che permette di avere una stampa finale con più di un colore. Attraverso la miscelazione di queste diverse proporzioni di materiali, la stampa sarà classificata in modo funzionale e integrata, per esempio, per creare diverse durezze shore in diversi punti della parte. Uno

dei punti di forza di questa tecnologia è anche che può raggiungere una buona precisione e finiture superficiali.

Alcuni dei suoi svantaggi, tuttavia, in questo caso, includono il fatto che l'uso è molto limitato ai materiali fotopolimerici. Inoltre, il prezzo della tecnologia, che include sia l'acquisto di una macchina che i relativi materiali, è solitamente costoso e la tecnologia è valutata, nell'insieme, come abbastanza complessa.

2.5. Fusione laser selettiva (SLM)

2.5.1. SLM: Processo, materiali, campi di applicazione

La fusione laser selettiva è una tecnologia di stampa 3D che funziona grazie all'uso di un laser che seleziona e distribuisce il materiale, che si presenta sotto forma di polvere, su una piattaforma di costruzione. La polvere viene fusa e distribuita livello per livello. Ripetendo il processo di rivestimento della polvere e di fusione dove necessario, le parti vengono di conseguenza costruite nel letto di polvere.

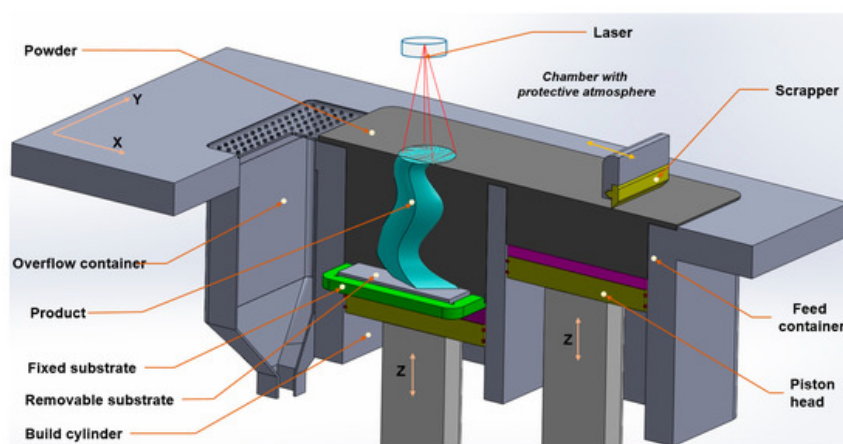


Figura 13. Sistema della tecnologia SLM. Fonte: https://www.mdpi.com/applsci/applsci-09-03031/article_deploy/html/images/applsci-09-03031-g001-550.jpg

I campi di applicazione della SLM includono prototipi prodotti in metalli standard per test di forma, adattabilità e funzionalità, parti di supporto, parti in piccole serie e strumenti per l'iniezione. La SLM può essere usata per creare prodotti dentali e parti anatomiche, nonché componenti meccanici, per esempio componenti leggeri usati per costruire aerei.

2.5.2. SLM: Punti di forza e di debolezza

Il lato positivo della fusione laser selettiva è che può lavorare con metalli standard che possono avere un'alta densità, fino al 99%, e con buone proprietà meccaniche.

Il lato negativo di questa tecnologia è che il suo processo è considerato lento. Aspetto ancora più importante, il prezzo non è accessibile a tutti, il che rende la SLM non conveniente.

2.6. Fusione a fascio di elettroni (EBM)

2.6.1. EBM: Processo, materiali, campi di applicazione

Proprio come la SLM, la fusione a fascio di elettroni è una tecnologia di stampa 3D di produzione additiva che può produrre parti in metallo. Il semplice processo consiste in uno strato di polvere metallica che viene fuso selettivamente da un fascio di elettroni. Le parti vengono costruite strato per strato nel letto di polvere. La differenza rispetto alla SLM è il fatto che utilizza un raggio invece di un laser. La macchina distribuisce uno strato di polvere metallica su una piattaforma di costruzione, mentre viene fusa dal fascio di elettroni. Successivamente, la piattaforma di costruzione viene abbassata e il successivo strato di polvere metallica viene ricoperto sopra gli strati precedenti.

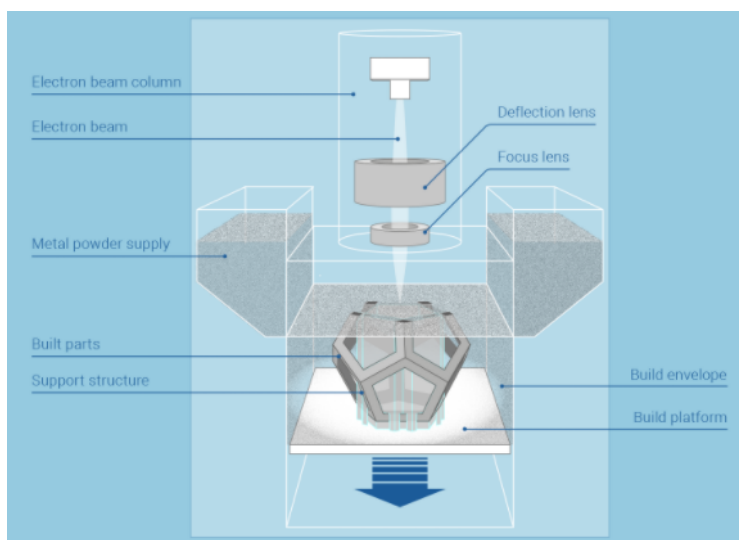
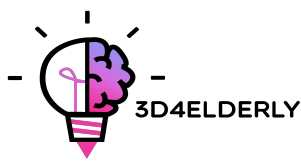


Figura 14. Sistema della tecnologia EBM. Fonte: <https://www.additively.com/en/learn-about/electron-beam-melting>

I campi di applicazione comprendono principalmente i settori dentale, medico e automobilistico. Più specificamente, l'EBM è usata per creare impianti medici e modelli di tessuto osseo.



2.6.2. EBM: Punti di forza e di debolezza

Il vantaggio di usare l'EBM è che questa tecnologia può utilizzare metalli standard fino al 99% di densità. Rispetto alla fusione laser, l'EBM produce meno stress termico nelle parti e quindi richiede meno struttura di supporto. Inoltre, il processo è considerato più veloce rispetto alla SLM. Anche la precisione, generalmente, viene considerata discreta.

Gli svantaggi comprendono principalmente il prezzo che, sia per le macchine che per i materiali, può diventare abbastanza costoso, come la SLM. Le fasi di post-elaborazione richiedono generalmente la rimozione dell'involucro di costruzione, della polvere, il trattamento termico, la rimozione dei supporti e delle strutture di post-lavorazione e infine la finitura superficiale.

2.7. (Electron) Binder Jetting

2.7.1. (Electron) Binder Jetting: Processo, materiali, campi di applicazione

Proprio come nel POLYJET, l'(Electron) Binder Jetting è una tecnologia di stampa 3D che funziona utilizzando testine di stampa a getto d'inchiostro che applicano un agente legante liquido su strati sottili di polvere. La macchina a getto funziona in modo tale da distribuire uno strato sulla piattaforma di costruzione, che allo stesso tempo sarà abbassata una volta che lo strato di polvere successivo sarà pronto per essere steso. Il processo continua a ripetersi fin quando le parti sono completamente costruite nel letto di polvere.

I campi di applicazione della tecnologia BJ comprendono i settori dell'architettura e della meccanica. Degli esempi specifici di prodotti creati con il BJ sono i vasi e, più in generale, i mobili per la casa.

2.7.2. (Electron) Binder Jetting: Punti di forza e di debolezza

Uno degli aspetti positivi dell'uso della tecnologia BJ è che non sono necessarie strutture di supporto. Le parti da costruire giacciono nel letto di polvere non incollata. L'intero volume di costruzione può, quindi, essere riempito con diverse parti, incluso l'impilamento e la piramidazione delle parti.



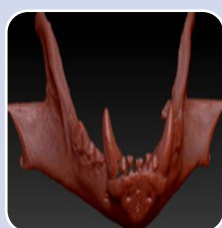
Il processo è veloce, dalla complessità molto bassa e con costi relativamente bassi perché le particelle di polvere sono incollate insieme, rispetto, invece, all'EBM in cui il materiale viene fuso sotto un ambiente di gas protettivo. Alcune macchine possono anche lavorare con i colori e quindi possono produrre pezzi colorati. L'aspetto negativo è che il risultato presenta parti fragili con proprietà meccaniche limitate.

2. Produrre pezzi con il processo di stampa 3D

In questo capitolo, verranno descritti tutti i processi e i passaggi necessari per ottenere, partendo da un disegno digitale, un vero pezzo stampato.

È importante specificare che non esiste un solo processo valido per la stampa di pezzi tridimensionali. In questa guida, vengono spiegati una serie di passaggi che devono essere adattati al tipo di pezzo, alla tecnologia scelta, al tipo di macchina e anche al software utilizzato. Inoltre, il processo che viene descritto qui di seguito è principalmente destinato alle stampanti 3D a deposizione fusa (FDM).

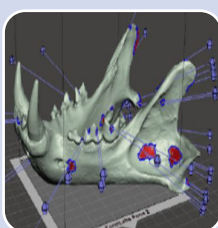
Il processo di produzione, in generale, è il seguente:



1. Ottenere il modello digitale



2. Esportare e sistemare il file STL



3. Test, orientamento, distribuzione e Codice G



4. Stampa 3D



5. Estrarre i pezzi



6. Post-elaborazione

È importante ricordare che i consigli dati in ciascuna delle fasi del processo sono indicativi e presentano un termine generale. Ciò significa che i consigli non dovrebbero essere seguiti alla lettera. Nel processo di produzione per la stampa 3D, l'esperienza, le caratteristiche del pezzo, la macchina usata, ecc. hanno molto peso. Sicuramente, una persona con poca o nessuna esperienza stamperà molti pezzi 3D di scarsa qualità, prima di capire il meccanismo.

Inoltre, è importante notare che i passaggi obbligatori sono i seguenti:

- Ottenere il modello digitale.
- Esportarlo in un file STL.
- Ottenere il Codice G (G-Code).
- Stampa 3D.
- Estrarre i pezzi.

Nel paragrafo successivo, ognuna di queste fasi del processo di produzione verrà spiegata in modo più dettagliato e approfondito.

3.1. Ottenere il modello digitale

Ci sono diversi modi per ottenere il modello 3D o il modello digitale che si vuole stampare. Più precisamente, ci sono tre possibilità:

- **Usare un software CAD per disegnare il modello.** Ci sono molti software CAD disponibili per la modellazione, e non c'è un'opzione migliore; dipenderà dall'utente e dalle sue capacità con l'uso del software.

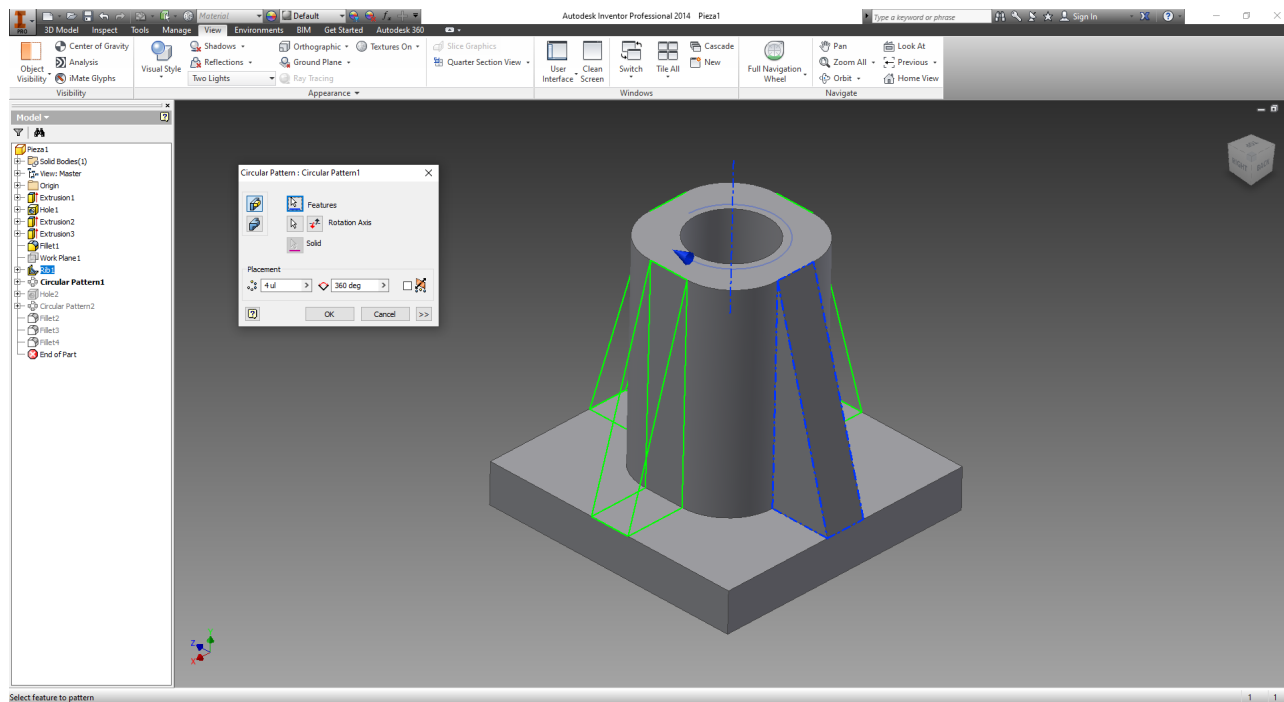


Figura 15. Modellazione con Autodesk Inventor 2014. Fonte: CETEM

- **Ottenere la geometria tramite l'Ingegneria Inversa e lo scanner 3D:** In questo caso, uno scanner 3D viene utilizzato per ottenere digitalmente la geometria di un oggetto reale. Non è un processo semplice ed è richiesta una certa abilità ed esperienza. Inoltre, esistono diversi tipi di scanner 3D, e di solito sono costosi. L'Ingegneria Inversa è il processo utilizzato per copiare, migliorare o personalizzare oggetti reali, o anche per incorporare superfici complesse a un pezzo modellato in 3D.

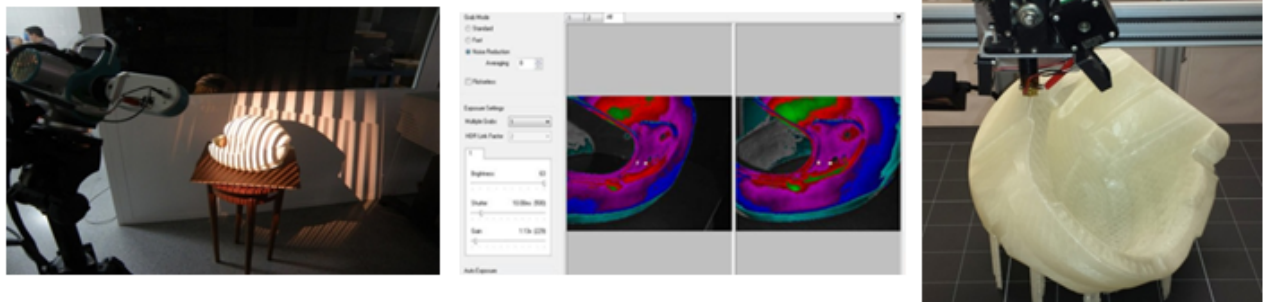


Figura 16. Ingegneria Inversa di un casco. Da sinistra a destra: scansione 3D, riprogettazione e stampa 3D. Fonte: CETEM.

- **Scaricare il modello dai repository:** Se non si hanno conoscenze di progettazione 3D assistita dall'elaboratore, o non si dispone dell'attrezzatura necessaria (o il software, o le conoscenze) per applicare un processo di Ingegneria Inversa, scaricare il modello da un repository è l'opzione migliore. Ci sono repository specifici per la stampa 3D, con file quasi già preparati per essere stampati, o repository generali di modelli digitali, con tutti i tipi di file CAD. I migliori repository del 2021 possono essere trovati qui: <https://all3dp.com/1/free-stl-files-3d-printer-models-3d-print-files-stl-download/>

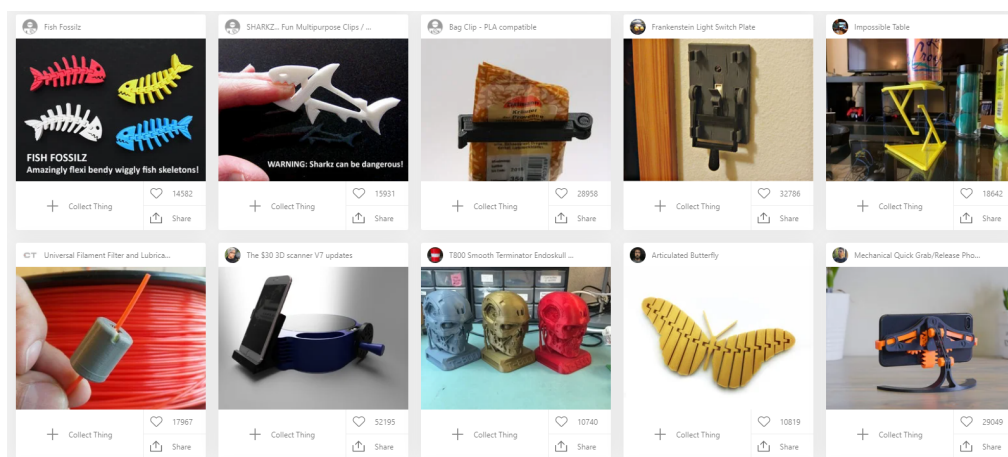


Figura 17. Esempi di un repository: Thingiverse. Fonte: Thingiverse.

3.2. Esportare in un file STL

Per la progettazione e la stampa di modelli 3D, è disponibile una vasta gamma di formati o tipi di file. Alcuni di essi, sono pensati per la progettazione o la scansione, ma altri sono associati alla stampa 3D, tra cui: STL, OBJ, PLY o FBX.

Quando il pezzo viene disegnato e modellato, è necessario convertirlo in file ".stl". Se il pezzo è stato scaricato da un repository, questa conversione, spesso, è già stata fatta.

STL sta per "Standard Triangle Language". In parole povere, questo formato utilizza triangoli collegati per ricreare la superficie del modello solido. A seconda della complessità del modello, saranno necessari più o meno triangoli (e con più o meno dimensioni) per ricrearlo, e maggiore o minore sarà anche la dimensione del file.

Normalmente, esportare un disegno CAD in formato STL è semplice come andare nel menu del software usato e cliccare su "Salva come..." o su "Esporta" e scegliere STL.

3.3. Ottenere il G-Code

Questa fase del processo di produzione nella stampa 3D riguarda la preparazione dei pezzi o modelli digitali (precedentemente esportati in STL) per essere stampati in 3D.

Si tratta di eseguire il processo successivo, in modo ordinato:

- Analizzare il pezzo o il modello: spessore, fori, stabilità, angoli, maglia triangolare, ecc. (Non sempre necessario)
- Progettare le strutture di supporto o generarle automaticamente.
- Scegliere il riempimento del modello, sia in percentuale che in forma.
- Localizzare il pezzo sulla superficie di stampa (o letto di stampa) e scegliere l'orientamento più appropriato.
- Generare il codice macchina o gcode.

Quanto alle strutture di supporto, sono necessarie per battere la gravità e per stampare parti a sbalzo (o con spazi interni). Le strutture di supporto sono solitamente fatte con lo stesso materiale del pezzo, e sono solitamente necessarie a partire da 45 gradi (per le stampanti FDM):

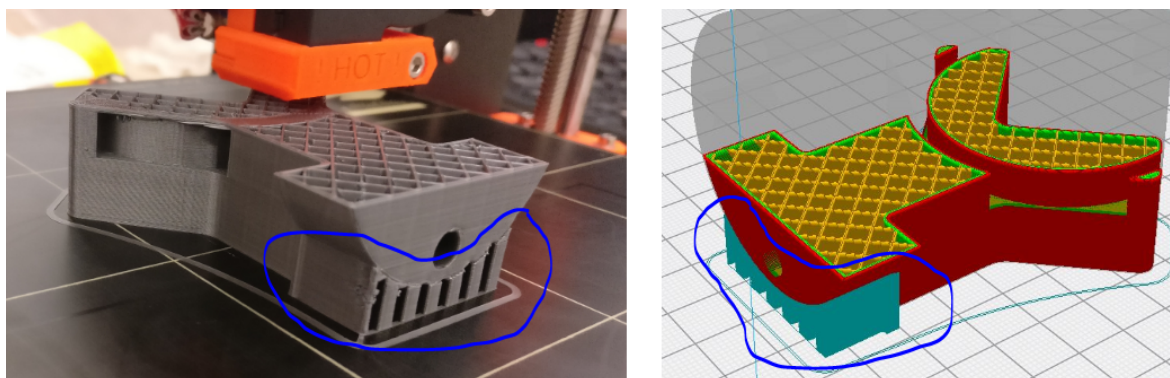


Figura 18. Strutture di supporto nel pezzo stampato (a sinistra) e nel software di generazione del Codice G (a destra).

Fonte: CETEM.

Dato che le strutture di supporto sono pensate solo per sostenere i primi livelli del modello che sono a sbalzo o "galleggianti", le strutture di supporto sono costruite in modo leggero e utilizzando meno materiale rispetto al pezzo stesso. Inoltre, non segneranno così tanto il pezzo quando saranno rimosse.

La maggior parte dei software disponibili, sia quelli di analisi che quelli propri della stampante, permettono due opzioni: realizzare un disegno delle strutture di supporto, o calcolare e inserire automaticamente queste strutture. Se non si ha abbastanza esperienza nella stampa 3D, è consigliato lasciare che il programma calcoli automaticamente i supporti.

Quanto all'infill del modello, si tratta della struttura stampata all'interno dell'oggetto. Se pensiamo, ad esempio, ad un cubo, le sei pareti esterne saranno stampate in modo solido, con un certo spessore, ma la parte interna del cubo non sarà solida; si dovrà scegliere la percentuale di infill (riempimento), e anche la forma geometrica dell'infill. Questi esempi visivi aiuteranno a capire meglio:

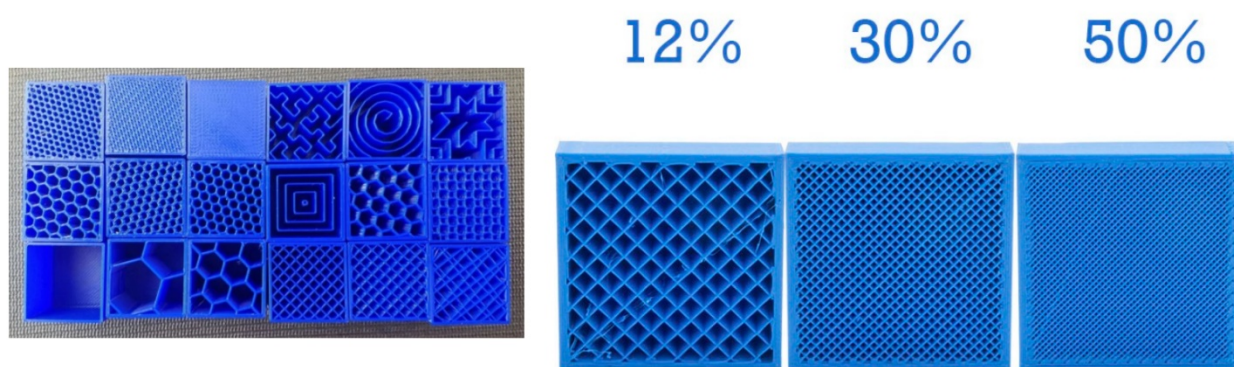


Figura 19. Diverse forme e percentuali di riempimento. Fonte: <https://all3dp.com/2/infill-3d-printing-what-it-means-and-how-to-use-it/> Fonte: https://filament2print.com/gb/blog/71_importance-infill-3d-printing.html

La percentuale e la forma saranno scelte in base alla forza e alla resistenza necessarie per il pezzo, anche in base al peso totale del pezzo, al materiale usato, al tempo di stampa, ecc. Maggiore è la percentuale di riempimento, più forte sarà il pezzo stampato, ma ci vorrà più tempo per stamparlo. Una percentuale intorno al 15-30% di solito è sufficiente.

Quanto al posizionamento e all'orientamento del pezzo, si tratta di decidere la posizione e l'orientamento del pezzo sulla superficie di stampa o sul letto di stampa. Sarà fatto nel software di stampa.

Ci sono diversi criteri per decidere sia la posizione che l'orientamento. Uno dei criteri più usati è quello secondo cui si usa la minima quantità di materiale e si riduce il tempo di stampa. Questo si ottiene, di solito, minimizzando le parti a sbalzo. Di conseguenza, saranno stampate meno strutture di supporto e il pezzo sarà costruito in meno tempo. Tuttavia, a volte, la qualità da ottenere è l'aspetto più importante, per cui si possono scegliere orientamenti che non sono ottimali in termini di materiale e tempo di stampa.

Alcuni consigli generali sono:

- Centrare i pezzi nella superficie di stampa.
- Quando si stampano più pezzi in una volta, posizzarli insieme, con uno spazio tra loro di circa 10 -15 mm.
- Quando si stampano superfici curve, il pezzo dovrebbe essere posizionato in modo tale che le superfici siano sul piano XY (orizzontale).
- Se il pezzo ha un foro interno, o un foro passante, sarebbe adeguato mettere questo foro con il suo asse perpendicolare al letto di stampa.
- In generale, la superficie superiore di un pezzo stampato avrà la migliore finitura.
- Una sezione molto lunga e piana stampata sul piano orizzontale o sul piano XY può subire delle deformazioni. A volte, è conveniente stampare questi pezzi in modo che la loro sezione più lunga sia perpendicolare al piano di costruzione.

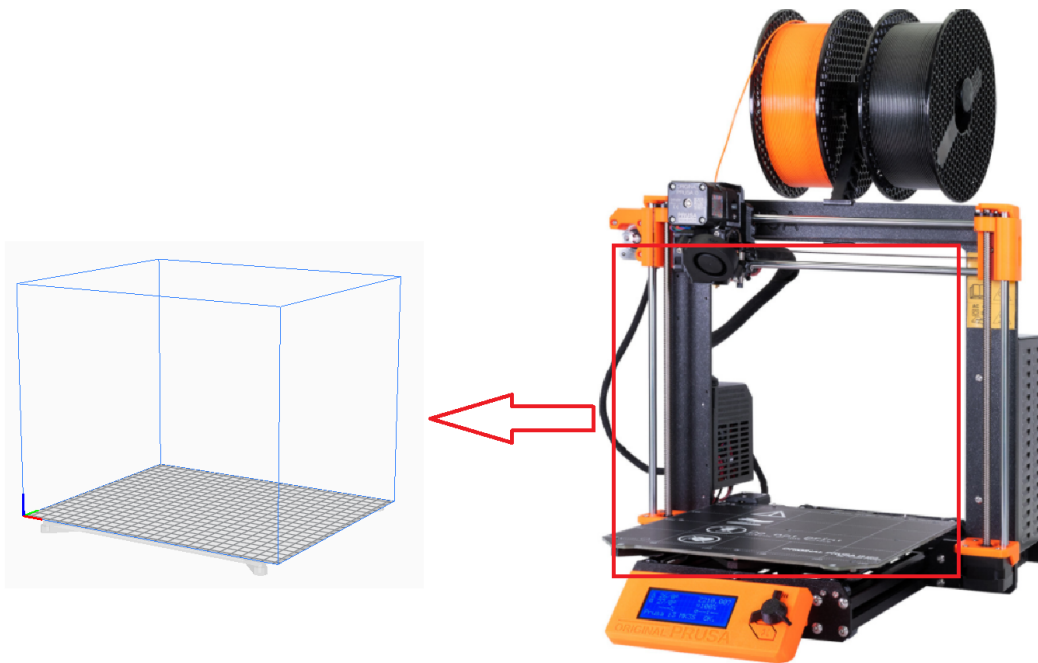


Figura 20. Letto di stampa. Fonte: CETEM.

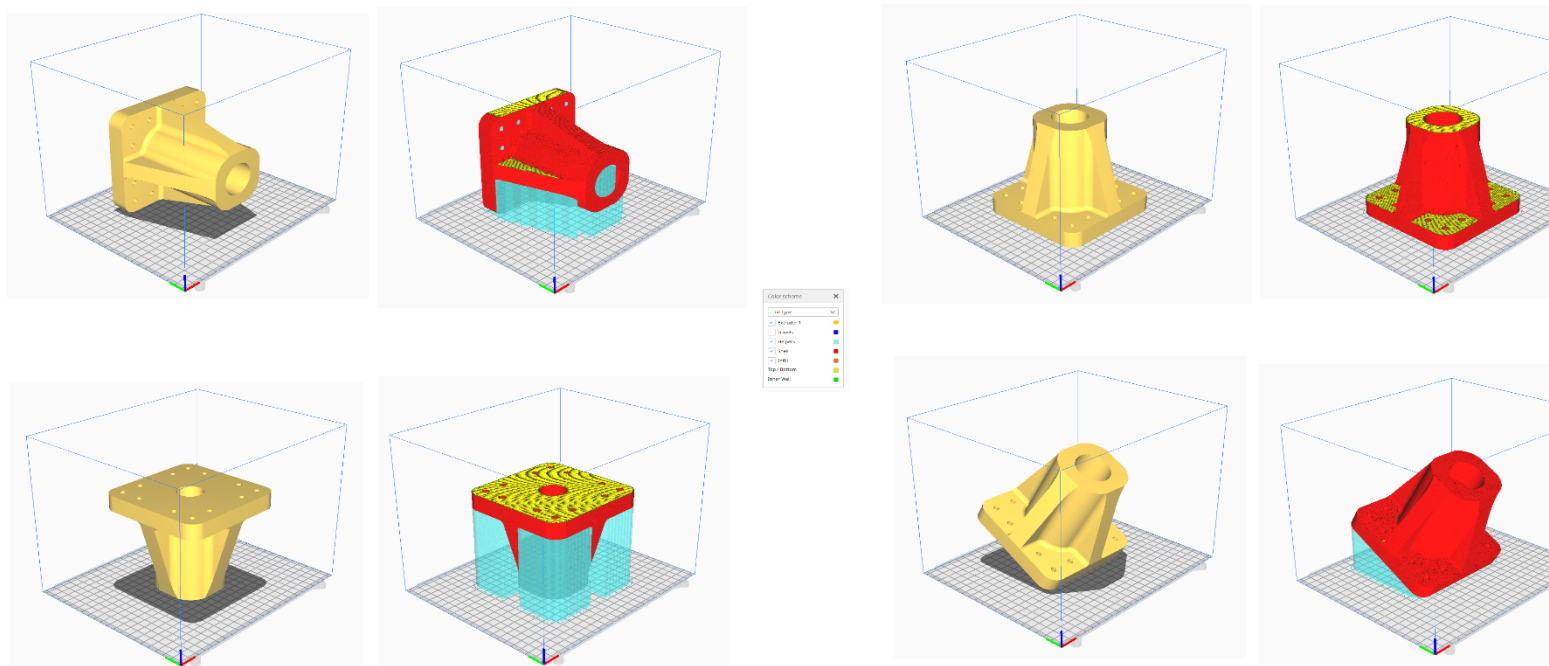


Figura 21. Diversi modi di posizionare e orientare lo stesso pezzo. In blu: Strutture di supporto. Fonte: CETEM.

La **generazione del G-Code** è l'ultimo passo prima di arrivare alla macchina da stampa 3D. Questo codice è la traduzione del pezzo e di tutti i parametri selezionati nelle istruzioni, che la macchina può capire per stampare i nostri modelli.

Prima di ottenere questo codice, è necessario selezionare altri parametri, come l'altezza o spessore del livello. Questo parametro è molto importante e avrà un grande impatto sulla qualità finale della superficie del pezzo. Un'altezza di livello maggiore comporterà una grande risoluzione o qualità, ma anche un maggior tempo di stampa. I valori tipici per questo parametro, per quanto riguarda la tecnologia FDM, sono: 0,05 mm (molto fine e preciso, ma richiederà più tempo per essere stampato), 0,1 mm, 0,15 mm, ... e fino a 0,4 o anche 0,6 mm.



Figura 22. Differenze visive in base a diverse altezze di livello. Fonte: http://wiki.ikaslab.org/images/thumb/8/8c/Altura_de_capa.jpg/700px-Altura_de_capa.jpg

A seconda del programma o del software scelto, sarà necessario scegliere dei parametri, come lo spessore delle pareti, le velocità di stampa, le temperature del letto e dell'ugello (che dipendono dal materiale selezionato) e così via. Questi parametri, ad ogni modo, possono essere modificati da utenti con esperienza, ed è consigliabile lasciarli predefiniti.

Quindi, a questo punto, deve essere generato il G-Code. Il programma taglia il modello in pezzi o strati orizzontali e genera tutte le istruzioni per la macchina, calcolando anche la quantità di materiale e il tempo di stampa stimato.

Nella figura qui sotto, è possibile vedere alcuni parametri scelti, il modello, il tempo di stampa e l'opzione "Salva come file", che genererà il G-Code.

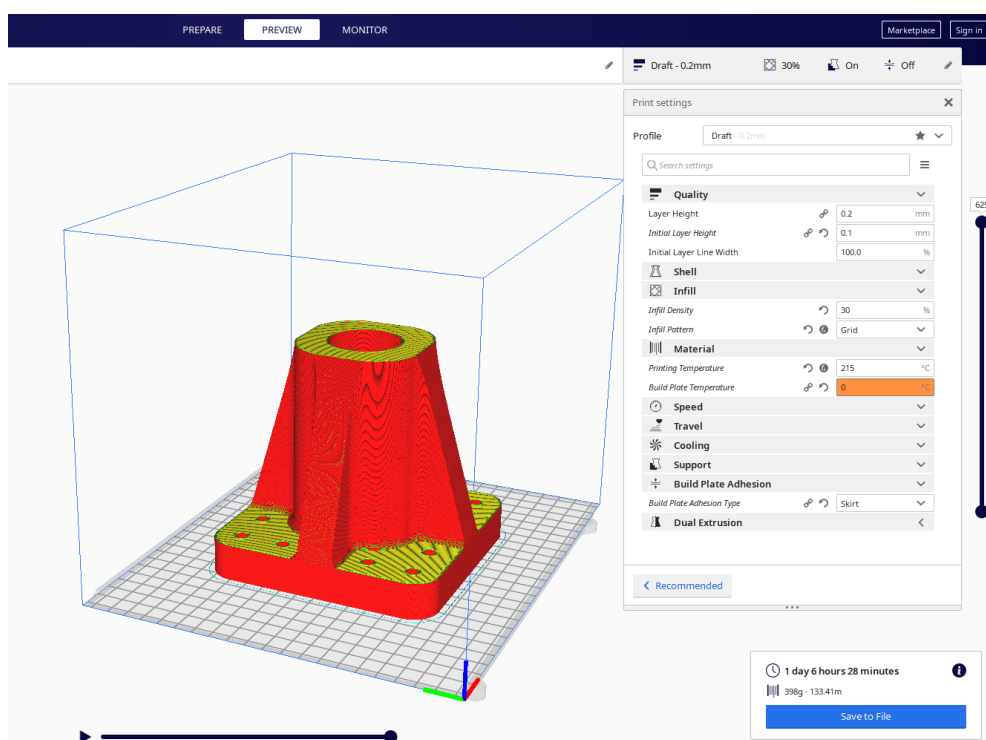
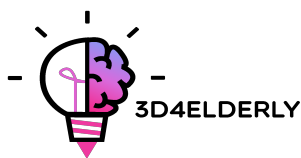


Figura 23. Generazione del G-Code con Cura. Fonte: CETEM.

3.4. Stampa 3D

Ora che il gcode è stato ottenuto, il processo di stampa 3D può essere implementato. Prima di stampare, ci sono alcuni fattori da considerare e da controllare.

Per le stampanti FDM, devono essere controllate le temperature del letto o della piattaforma di stampa e dell'estrusore (il software o la stampante lo fanno automaticamente quando si inizia a stampare). È anche consigliato l'uso di lacca o vernice per facilitare l'estrazione del pezzo. Si consiglia di leggere le istruzioni per sapere anche, per esempio, come caricare il filamento sulla stampante, e per ulteriori informazioni.



Quindi, il gcode viene inviato alla macchina, e la macchina inizia a lavorare.

3.5. Estrarre i pezzi

Quando la stampante ha terminato, è il momento di attuare il processo di estrazione del pezzo. Ancora una volta, i processi di estrazione variano, a seconda della macchina e soprattutto della tecnologia e dei materiali utilizzati.

Per le macchine di modellazione a deposizione fusa (FDM), i pezzi sono spesso rimossi a mano, o con qualche strumento come una lama. È anche possibile sfruttare piattaforme flessibili che facilitano molto l'estrazione. Ci sono anche altri metodi, tra cui l'uso di un solvente o l'applicazione a freddo o con il filo interdentale.

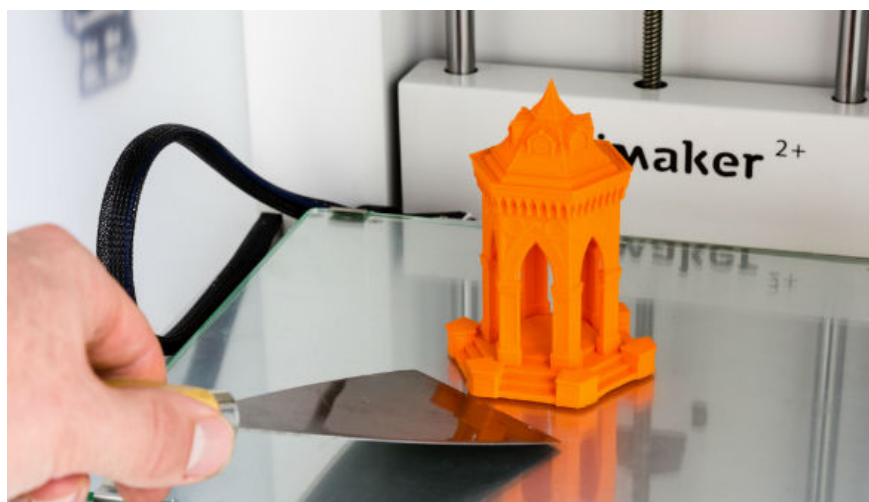


Figura 24. Rimuovere un pezzo da una stampante 3D FDM. Fonte: <https://lacountylibrary.org/removing-3d-prints/>

Ora, bisogna capire se il nostro pezzo necessita di un po' di post-elaborazione. Il processo di finitura di base consiste nel rimuovere meccanicamente le strutture di supporto (se il pezzo stampato ne dispone) e nel levigarlo un po' per migliorare la qualità della superficie.



Figura 25. Rimozione di strutture di supporto da un pezzo FDM con pinze e levigatura della superficie. Fonte: CETEM.

4. Materiali di stampa 3D

Quando si ha a che fare con la stampa 3D, i materiali sono spesso una delle scelte più importanti. Oggi, il mercato della stampa 3D offre un'ampia varietà di scelta di materiali. Da polimeri e metalli, a ceramiche e compositi, sono molti i materiali che sono stati creati, ognuno di questi con i propri vantaggi e svantaggi.

Ogni tecnologia (SLS, SLA, FDM, POLYJET, ecc.) sfrutta i propri materiali, e in questa guida, saranno brevemente spiegati, di seguito, i materiali FDM.

Alcuni dei materiali più comuni per la modellazione a deposizione fusa (FDM) sono:

- PLA (acido polilattico): Facile da stampare, molto preciso, basso punto di fusione, rigido. Utile per la maggior parte dei casi, non per aree calde.
- ABS (Acrilnitrile Butadiene Stirene): Tende a deformarsi, forte e leggermente flessibile. Usato per molte parti meccaniche.
- PETG (variante del polietilene tereftalato): Facile da stampare e accurato, tende a incordare/stingere, buona adesione dei livelli.
- TPU (Poliuretano Termoplastico): Polimero flessibile; adatto per la stampa, un po' come la gomma rigida. Meglio usato con macchine a trazione diretta.
- Nylon: Forte e flessibile; esiste un filamento speciale per stampanti.

5. Limiti

Di seguito, verranno specificati alcuni limiti, concentrandosi sempre sulla tecnologia di modellazione a deposizione fusa (FDM):

- Produzione di massa non redditizia: La manifattura additiva e la stampa 3D sono progettate per serie molto brevi di pezzi (circa 1 - 10 unità). Per serie più lunghe, la produzione con queste tecnologie non è redditizia.
- Scarsa finitura superficiale e bassa velocità di stampa rispetto ad altre tecnologie di stampa 3D.
- Piccole dimensioni di stampa per le stampanti desktop FDM. La dimensione tipica di queste stampanti è 20x20x20 cm.
- Richiede strutture di supporto per stampare parti con angoli inferiori a 45 gradi.
- In generale, i fori più piccoli di 2 mm di diametro non possono essere stampati.
- I livelli determinano la direzione in cui un oggetto può assorbire determinate forze. Le forze di trazione perpendicolari alla direzione della pressione possono aiutare a separare i livelli più rapidamente. Quando si progettano oggetti da stampare usando la modellazione a deposizione fusa, queste proprietà devono essere considerate.

6. Uso pratico della stampa 3D. Esempi

In questo capitolo, vengono spiegati, con un esempio reale, tutti i passaggi da seguire per ottenere, partendo da un modello o file digitale, un vero pezzo stampato.

Si comincia dal file digitale: un file 3D che risulta dalla scansione della parte inferiore della mascella di una tigre. L'obiettivo è quello di realizzare una copia di questo pezzo per la stampa 3D. È stato necessario sistemare il file scansionato, il che capita molto spesso, in quanto gli scanner 3D non sempre ottengono l'intera geometria del modello reale. Non è questo, ad ogni modo, l'obiettivo di questa guida.

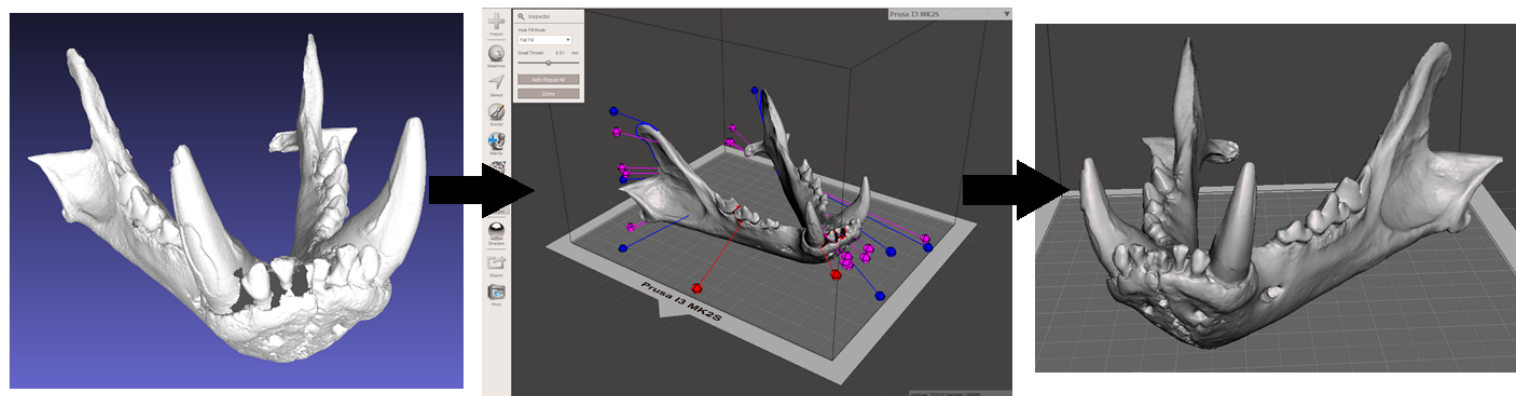


Figura 26. Sistemare il file 3D. Fonte: CETEM.

Adesso, il modello sistemato e fissato deve essere esportato o salvato di nuovo in formato STL.

Il passo successivo è quello di caricare il file in un software che permetta di fare almeno le seguenti operazioni:

- Scegliere un orientamento nel letto di stampa. Ruotare e spostare il modello.
- Scalare il modello.
- Scegliere la qualità o l'altezza del livello.
- Scegliere il riempimento e la densità.
- Generare le strutture di supporto necessarie.

Quindi, il modello riparato viene importato nel software Cura. In questo caso, conviene configurare il software per mostrare il letto di stampa della macchina. Cura dispone di un database molto grande di stampanti 3D commerciali. Se la macchina utilizzata non è in quel database, la si può anche creare da zero.

Questo modello sarà scalato al 60%. 0,2 mm. è la qualità di livello scelta. È stato scelto anche un riempimento a griglia del 15% di densità. Saranno generate ovunque delle strutture di supporto automatiche, e per ottenere una buona adesione per il primo livello, la "velocità del primo livello" sarà impostata a 20 mm/s. È stato scelto anche il materiale di lavoro: il PLA. Infine, il G-Code viene salvato nel dispositivo da inserire nella stampante cliccando su "Salva come File".

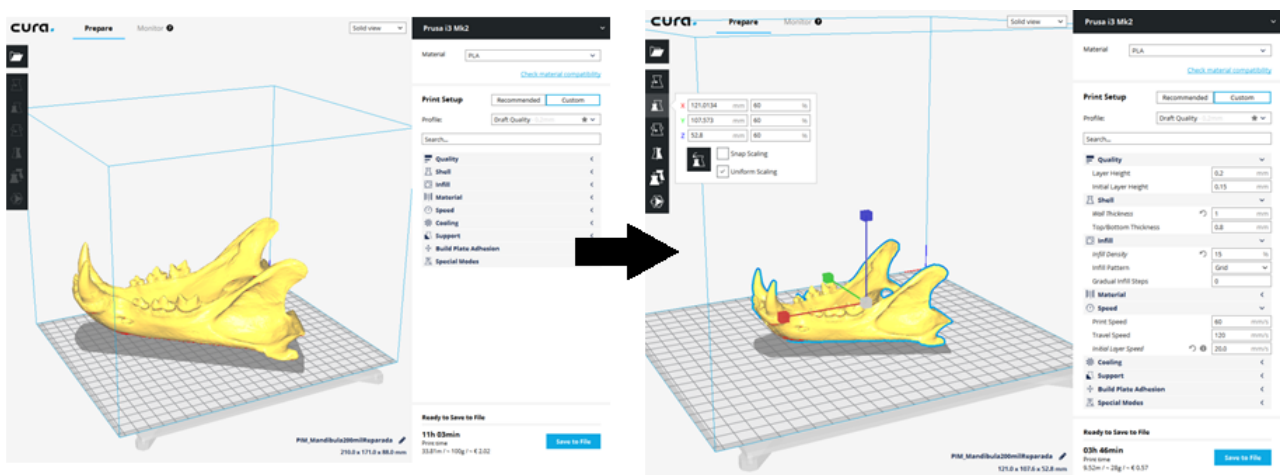
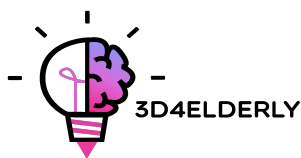


Figura 27. Importare, scalare e selezionare i parametri del modello usando Cura. Fonte: CETEM.

A questo punto, è possibile passare alla fase successiva del processo: la stampa 3D in sé. Bisogna avviare la macchina e, con i mezzi appropriati, lanciare il lavoro di stampa. La macchina sarà lasciata in funzione, e si raccomanda di controllarla di tanto in tanto per vedere se tutto procede bene. È vivamente consigliato controllare che il primo livello stampato sia correttamente attaccato al letto o alla piattaforma.



Il passo successivo è, ovviamente, estrarre il pezzo stampato. Si utilizza una spatola con i bordi arrotondati, per non graffiare e non danneggiare la piattaforma di stampa.

Una volta che il pezzo è stato estratto dalla piattaforma, segue la fase di post-elaborazione, che consiste nel rimuovere manualmente e meccanicamente le strutture di supporto, e levigare quelle parti del pezzo che riportano dei segni (dalle strutture di supporto, per esempio). Il letto di stampa dovrebbe essere correttamente pulito per il lavoro di stampa successivo.

Come è stato detto, levigare i segni delle strutture di supporto, tra l'altro, è molto conveniente.

Se il risultato in qualsiasi punto del processo di stampa, o alla fine del processo di stampa non è soddisfacente, o si vedono alcuni errori e restringimenti, la seguente guida può essere molto utile, per configurare alcuni parametri di stampa o parametri della stampante: <https://www.simplify3d.com/support/print-quality-troubleshooting/>

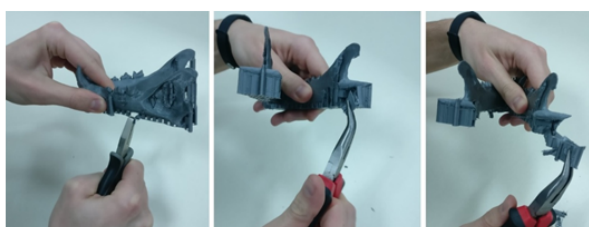
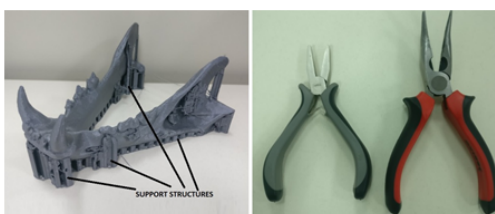
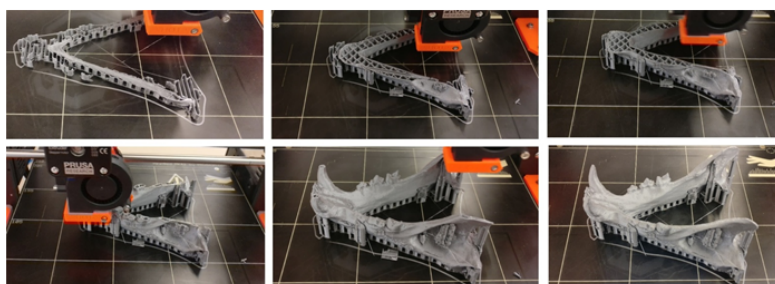


Figura 28. Processo di stampa 3D, estrazione del pezzo e rimozione dei supporti e del pezzo finale. Fonte: CETEM.



3D4ELDERLY

CONSORZIO DEI PARTNER:

