Politecnico di Torino

Corso di Laurea in Design e comunicazione visiva
A.a. 2021/2022
Sessione di Laurea Dicembre 2021

Digital 3D printed tools

le tecnologie di fabbricazione digitale, applicate agli strumenti professionali in ambito automotive

Relatore:
Prof. Vicentini Riccardo
Correlatore:
Prof. Valpreda Fabrizio

Candidati:
Galantina Andrea

Abstract:

Negli ultimi anni le tecnologie di manifattura additiva hanno ottenuto sempre più spazio, in numerosissimi ambiti.

Il loro utilizzo ha dimostrato non solo la possibilità di produrre oggetti impossibili da replicare con metodologie più tradizionali, dando il via a nuovi metodi di progettazione, ma anche la possibilità di mettersi al servizio delle persone, ottimizzando l'esperienza utente, attraverso la produzione di prodotti full custom, in base a ciò che l'utente, o le azioni che l'utente dovrà svolgere, richiedono.

Questo studio si propone di osservare come queste tecnologie possano inserirsi in ambito automotive, più specificatamente all'interno delle officine meccaniche, per realizzare un carrello portautensili su misura del meccanico, e di come questo metodo produttivo gli possa migliorare l'esperienza lavorativa.

INDICE

1. La stampa 3D *11*

1.1. Cenni storici *11*
1.2. Funzionamento *14*
1.3. Tipologie in commercio e differenze *15*

1.3.1. FDM *15*
1.3.2. SLA *17*
1.3.3. SLS *17*
1.3.4. Altre tecnologie minori *18*

1.4. Materiali stampabili *23*

1.4.1. FDM *23*
1.4.2. SLA-DLP *27*
1.4.3. Polyjet *29*
1.4.4. MJF *30*
1.4.5. SLS *31*
1.4.6. MJP *32*
1.4.7. CJP *32*
1.4.8. SLM *33*
1.4.9. EBM *33*

1.5. Vantaggi e svantaggi generali dell'Additive *34*
1.6. Ambiti di applicazione *36*

1.6.1. Esempi applicativi nei vari ambiti *36*

2. Stampa 3D in ambito automotive *34*

2.1. Tecnologie di stampa utilizzate *41*

2.1.1. SLA *41*
2.1.2. FDM *41*
2.1.3. Polyjet *42*
2.1.4. SLM-EBM *42*
2.1.5. MJF *43*
2.1.6. SLS *43*

2.2. Evoluzione tecnologica dell'Additive in campo automotive *44*

2.3. Motivazioni del suo utilizzo in campo automotive *45*

2.3.1. Velocità di sviluppo..... *45*
2.3.2. Leggerezza *45*
2.3.3. Versatilità *45*
2.3.4. Aerodinamicità *45*
2.3.5. Facilitazione produttiva *46*
2.3.6. Costi *46*

2.4. Applicazioni *47*

2.4.1. Staffaggi *47*
2.4.2. Carrozzerie *47*
2.4.3. Elementi Meccanici *47*
2.4.4. Prototipi funzionali *47*
2.4.5. Telai/elementi strutturali *48*
2.4.6. Rivestimenti *48*
2.4.7 Personalizzazioni *48*
2.4.8 Ricambi *48*

2.5. Esempi *49*

3. "Il carrello portautensili" *55*

3.1. Spiegazione: "Cos'è e come funziona" *55*

3.1.1. Forma *55*
3.1.2. Piano di lavoro *55*
3.1.3. Ruote *55*
3.1.4. Strumentazione interna *56*
3.1.5 Cassetti *56*

3.2 Analisi utenza: *58*

3.2.1. Professionisti *58*
3.2.2. Amatori *58*
3.2.3. Aspettative dell'utenza *59*

3.3. Esigenze derivanti *60*

3.3.1. Esigenze di carattere tecnico-costruttivo *60*
3.3.2. Esigenze di carattere funzionale *60*
3.3.3. Esigenze riguardanti il mantenimento *61*
3.3.4. Esigenze riguardanti la sicurezza *61*

3.4. Benchmark *63*

4. Proposta *69*

4.1. Linee guida di progetto *69*

4.2. Carrello *SATELLITE:* *70*

4.2.1. Overview *71*
4.2.2. Corpo *71*
4.2.3. Cassetti *74*
4.2.4. Ruote *76*
4.2.5. Batteria *76*
4.2.6. Maniglia *77*
4.2.7. Piano superiore *78*
4.2.8 Vano laterale *80*

4.3. Benchmark aggiornato *82*

5. Conclusione *87*

Appendice - Rappresentazioni tecniche *89*

Bibliografia - Sitografia *97*

CAPITOLO 1: LA STAMPA 3D

_1.1: CENNI STORICI

Al giorno d'oggi la stampa 3D è una tecnologia conosciuta quasi da tutti.
Chiunque ne ha sentito parlare, ed è molto semplice trovare persone che hanno visto una stampante 3D all'opera.

Chuck Hull

Gli albori di questa tecnologia risalgono al 1982, quando **Chuck Hull** inventa il processo di stereolitografia (**SLA**), e successivamente fonda la sua azienda (tuttora un'importante player nel mercato della stampa3D), la **3DSystems**.
In questo momento si cominciò a parlare di **"rapid prototyping"**, dando anche vita al formato **STL**.

Nel 1986 ottiene il brevetto, presentato un anno prima, e decide di fondare una sua azienda per essere in grado di distribuire stampanti 3D nel mercato, a partire dai primi anni 90.

Nello stesso anno Carl Deckard, Joe Beaman e Paul Forderhase svilupparono le idee di Chuck Hull, ed insieme ad altri ricercatori inventarono la tecnologia "Selective Laser Sintering" (**SLS**).
Questo processo è molto simile alla SLA sviluppata da Hull, con la differenza che al posto della resina liquida viene utilizzato del **Nylon**, che essendo in polvere presenta vari vantaggi, tra cui la non necessità di supporti in fase di stampa.

Scott Crump

Due anni dopo, **Scott Crump** inventa il processo di "Fused Deposition Modeling" (**FDM**).
Data la sua semplicità, data da un filamento di materiale plastico fuso che va a depositarsi strato dopo strato, per poi indurirsi nuovamente a temperatura ambiente, senza necessitare di elementi complessi e costosi come il laser, questa tecnologia si sviluppò velocemente, diventando una delle più utilizzate sul mercato.
In seguito Crump fonda **Stratasys**, azienda ancora oggi leader del settore, la quale nel 1991 commercializza la prima stampante 3D a tecnologia FDM.

Nel 1993, a Boston, un gruppo di ricercatori del **MIT** sviluppa una quarta tipologia di stampa3D, definendola "Three Dimensional 3D Printing".
Tecnologicamente più avanzata, è in grado di stampare a colori, fino ad un massimo di 28, garantendo oggetti molto fedeli alla realtà.

L'Europa, affascinata da questo rapido progresso, non stette solo a guardare, e nel 1995 in Germania, il Fraunhofer Institute diede vita al metodo **SLM** (Selective Laser Melting).

Fu un enorme passo in avanti, perch' l'SLM era in grado di produrre oggetti estremamente solidi, con una densità molto alta.
Fondendo polveri metalliche tramite questo processo si riesce a raggiungere densità anche del 98%.

L'anno successivo sia Stratasys, sia 3DSystems iniziarono a produrre stampanti 3D destinate agli uffici, gettando le basi per una democratizzazione di questa tecnologia.

Nel 2002 viene sviluppata una nuova tecnologia, chiamata **EBM** (Electron Beam Melting).
La traduzione letterale è "fusione a fascio di elettroni", e funziona mediante una sorgente di elevata energia, composta da un fascio di elettroni che colpisce un materiale in microgranuli, provocandone una fusione completa.
In questo modo si riesce a raggiungere un densità anche del 99.98%.

L'irlandese Mcor Technologies Ltd nel 2005 dà vita al **"3D Paper Laminated Printing"**, un procedimento molto semplice, che consiste nel sovrapporre fogli di carta sagomati e stampati.
Con questo metodo si è in grado di realizzare oggetti utilizzando quelsiasi colore.

Ma il **2005** è anche l'anno della svolta.
In Inghilterra viene creato il **"RepRap Project"** (acronimo di Replicating Rapid Prototyper), ovvero la prima stampante in grado di replicare sé stessa.
Il progetto viene messo online **opensource**, il che significa che chiunque può scaricarlo gratuitamente.
Da questo momento nascono centinaia di stampanti 3D basate sul concetto RepRap, dando la possibilità a migliaia di appassionati sparsi per il mondo di realizzarsi la propria stampante ed iniziare ad usarla.

stampante RepRap

Ciò diede vita ad un boom incredibile, la tecnologia era arrivata ad essere alla portata di qualsiasi persona.
Il tutto venne amplificato da piattaforme di crowdfunding, come KickStarter e Indiegogo, dove progettisti potevano cercare finanziatori per i propri progetti, cosa fino a poco prima quasi impossibile.

Poco dopo, nel 2007 la Royal Philips Electronics fa nascere **Shapeways**, una network di condivisione, dove è possibile depositare il proprio progetto 3D, e trovare qualcuno che sia disposto a realizzarcelo attraverso il suo macchinario
L'anno successivo vede la nascita dell'attuale hub di condivisione di file e progetti 3D più ampia al mondo, **Thingiverse**.
Qui ognuno può depositare i propri progetti, e altri utenti sparsi per il mondo possono scaricarsi gratuitamente i file, e realizzarseli da sé.

Il **2009** è un altro anno di importante transizione, se la RepRap aveva fatto esplodere la diffusione delle piccole stampanti 3D, il decadimento del brevetto della tecnologia FDM, accaduto appunto nel 2009, dà modo a tantissimi produttori sparsi nel mondo di realizzare e commercializzare centinaia di modelli di stampanti 3D a tecnologia FDM, facendo crollare i prezzi e dando la possibilità a tantissime persone di ottenere una stampante 3D economica, senza necessariamente doversela costruire da zero.

Nel 2010 si inizia a parlare del cosiddetto **“contour crafting”**.
Questo procedimento consiste nell’utilizzare il cemento come materiale di stampa, ciò significa che utilizzando stampanti di elevate dimensioni è possibile stampare abitazioni.
Nascono numerosi progetti per arrivare a poter stampare abitazioni nei paesi poveri.
Un grande finanziatore di queste tecnologie è la **NASA**, la quale comunica che questa tecnologia in futuro verrà utilizzata per costruire abitazioni su Marte.

Il 2013 è l’anno dove si cominciano a fare i primi test di **stampa 4D**, ovvero una stampa 3D che tiene conto anche di una quarta dimensione, il tempo.
Si iniziano a studiare materiali che, a contatto con determinati stimoli (temperatura, umidità, pressione, ecc) possano cambiare forma e struttura.
Un passo avanti con risvolti tecnologici molto importanti, in primis in campo medico.

_1.2: FUNZIONAMENTO

Il processo di stampa 3D, chiamato anche **additive manufacturing**, sta velocemente trovando sempre più largo uso nel campo manifatturiero, complice senza dubbio la sua versatilità d'uso.

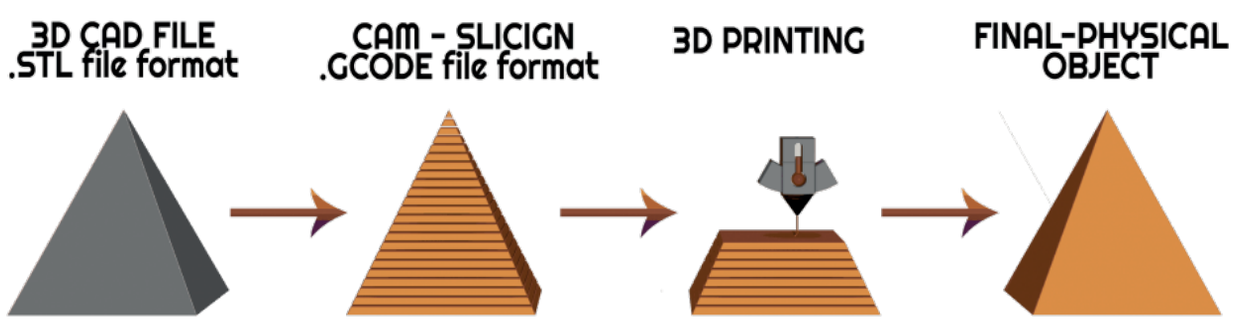
Esistono infatti moltissime varianti tecnologiche, adatte a stampare determinati materiali rispetto ad altri o per massimizzare alcune proprietà dei pezzi stampati.

Tutto parte da un file tridimensionale, che può essere realizzato attraverso qualsiasi programma di modellazione, dai programmi CAD a quelli di scultura3D.
Il file viene esportato con un'estensione denominata **STL** (Standard Triangulation Language To Layer), un formato che scompone il progetto in piccoli triangoli grafici in modo che per la stampante sia facile riprodurre la geometria iniziale.
Questa tipologia di file è standardizzata, ed è in grado di essere letta da qualsiasi stampante, a prescindere dalla tecnologia che essa usa e dal produttore del macchinario.

Il file STL viene successivamente caricato su un programma (in caso di stampanti economiche desktop vanno bene vari programmi scaricabili anche gratuitamente online, mentre le stampanti professionali hanno programmi realizzati ad hoc, venduti insieme al macchinario).
Questi programmi effettuano il cosiddetto **"slicing"**, ovvero scompongono l'oggetto in vari strati, come se fossero tante sezioni sovrapposte, secondo i parametri che l'utente imposta.
Questo slicing viene esportato in estensioni particolari, in modo che possa essere correttamente letto dal macchinario, e successivamente gli viene inviato.

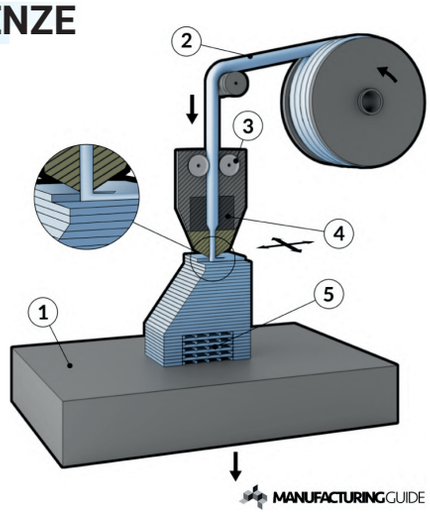
La fase di stampa vera e propria è differente da tecnologia a tecnologia, anche perchè differenti materiali necessitano di trattamenti diversi tra loro per poter essere stampati.
Alcuni partono dallo stato liquido, altri sono in stato solido e vengono fusi, altri ancora si trovano sottoforma di polvere...

Indipendentemente dalla tecnologia, il fulcro della stampa 3D consiste nella realizzazione di elementi realizzati per **addizione** anzichè per sottrazione, da qui il nome manifattura additiva (additive manufacturing in inglese).
Non si parte più dal pieno, asportando materiale finchè si raggiungono le geometrie richieste, bensì si va a creare l'oggetto aggiungendo materiale man mano, fino a costruire la geometria necessaria.
In questo modo gli scarti di materiale durante la produzione calano notevolmente, fino ad essere completamente azzerati nel caso di alcune tipologie di stampa.



1.3 - TECNOLOGIE IN COMMMERCIO E DIFFERENZE

1.3.1 - FDM



La tecnologia FDM (**Fused Deposition Modeling**) è il processo di additive più comune sul mercato.
La sua semplicità ha permesso di poter avere stampanti piuttosto **economiche**, questo è il motivo della sua forte diffusione.

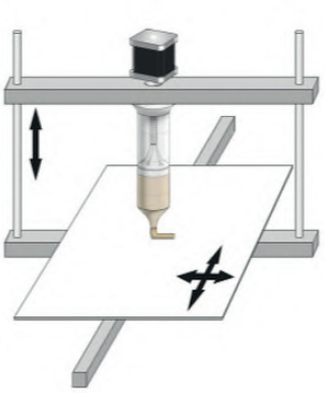
Il materiale stampabile si presenta sottoforma di **filamento** arrotolato in bobine, il quale va ad inserirsi in un estrusore, che scaldandosi scioglie il materiale e lo estrude attraverso un sottile ugello.
Il materiale viene depositato layer dopo layer su un piano di stampa, e a temperatura ambiente si solidifica nuovamente, rendendo i layer solidali e garantendo una buona compattezza al pezzo stampato.

Un'importante differenza riguarda il sistema di inserimento del materiale nell'estrusore.
Nella tipologia chiamata **Bowden** il componente che spinge il filo nell'ugello non è montato sull'estrusore ma prima, e il filamento passa prima in un tubo trasparente, collegato all'estrusore.
Nella tipologia **direct** è tutto montato sull'estrusore, garantendo maggior semplicità ma gravando sul peso del gruppo estrusore.

Esistono diverse varianti riguardo l'architettura delle stampanti FDM:

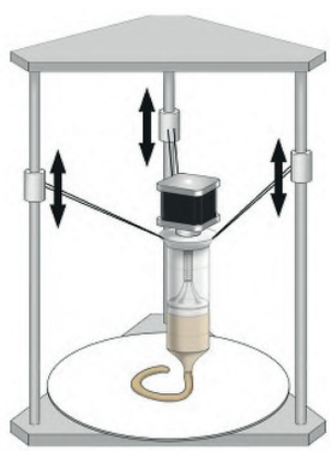
-Cartesiane:
Sono le più diffuse, in quanto robuste e di facile manutenzione, il movimento sui 3 assi può essere dato in vari modi, in alcuni casi l'estrusore si muove su XYZ, in altri solo su XY, mentre il movimento su Z è dato dal piatto di stampa che sale e scende, in altri ancora l'estrusore sale e scende su Z, mentre lo spostamento su XY è dato dal movimento del piatto di stampa.

-Delta:
Il loro piatto di stampa circolare rende il volume di stampa cilindrico, si sviluppano il altezza, ed è possibile trovare stampanti professionali di questo tipo capaci di stampare altezze di svariati metri.
Sono stampanti molto veloci, ma la struttura di bracci che sostengono l'estrusore risulta delicata, pertanto necessitano di una buona manutenzione per non far insorgere problemi meccanici.



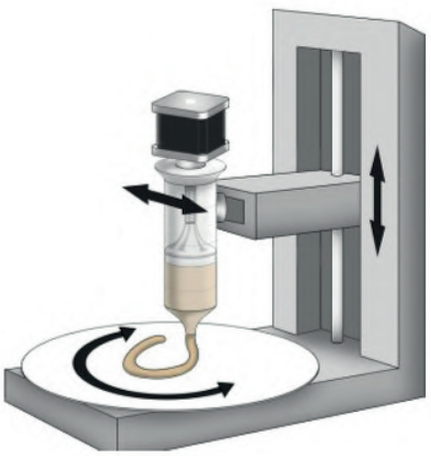
Cartesiana

Delta

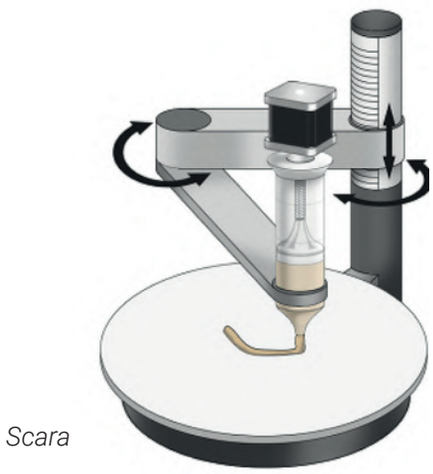


-Polari:
Non utilizzano il riferimento XYZ ma i parametri di lunghezza ed angolo.
Il piatto tondo ruota su sè stesso, l'estrusore si muove in lunghezza e altezza.
Questo sistema necessita di soli due motori anzichè tre, e le rende molto efficienti energicamente, ma è una tipologia utilizzata pochissimo.

-Scara:
Un braccio robotico snodato muove l'estrusore sul piano XY, mentre il movimento su Z è dato dal salire del braccio su un cilindro.
è una tecnologia che risulta piuttosto complicata da usare, per questo si è sviluppata pochissimo.



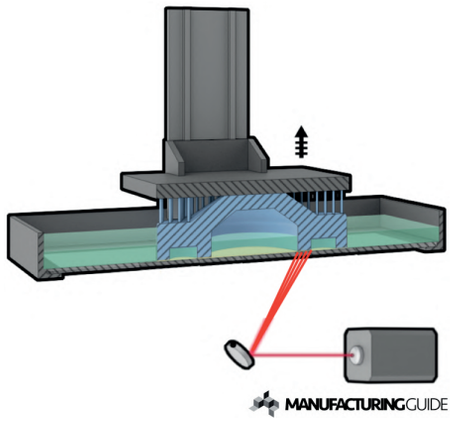
Polare



Scara

La sua grande diffusione ha favorito lo sviluppo di tantissimi materiali stampabili, di varia natura, alcuni molto semplici da gestire, altri più complessi.
Il materiale principale è senza dubbio il **PLA** (acido polilattico), una plastica biodegradabile economica e semplice da stampare.
Negli anni sono state messe in commercio decine di varianti, arrivando ad avere PLA misti ad altri elementi, come ad esempio metallo, legno, carbonio.
La lista di materiali stampabili è molto lunga, tra i quali troviamo l'**ABS**, il **PMMA**, l'**HIPS**, il **TPU**, il **PET**, e il **PVA**, tutti con proprietà differenti.

1.3.2 - SLA

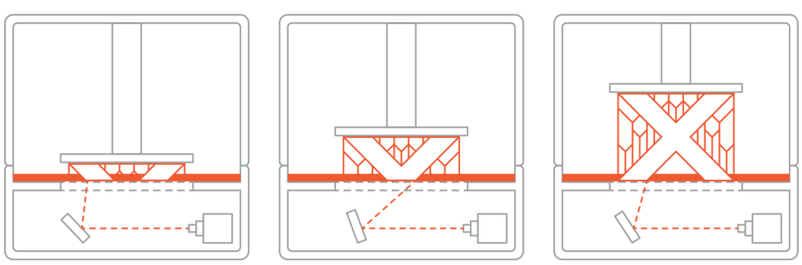


La Stereolitografia è la tecnologia di stampa 3D più antica, inventata da Chuck Hull nel 1982.
Anche conosciuta come **fotopolimerizzazione in vasca**, consiste nel realizzare oggetti partendo da **resina liquida**.
Essa è contenuta in una vasca, e utilizzando un fascio di luce viene polimerizzata layer dopo layer, estraendo man mano il piano di stampa dalla vasca colma di resina.

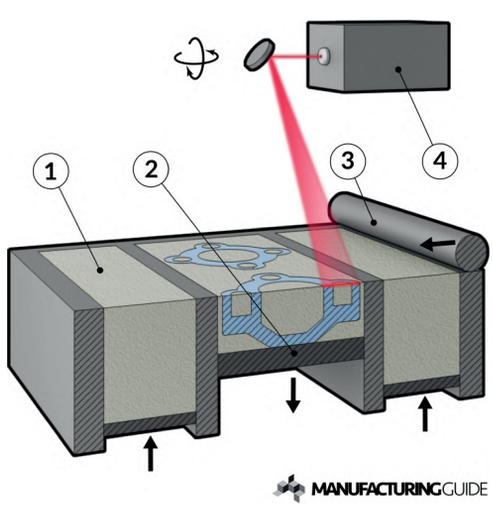
La recente scadenza del brevetto ha fatto si che tantissimi produttori iniziassero a commercializzare stampanti SLA, e seguendo le orme della democratizzazione delle FDM, i prezzi per le entry level cominciarono a scendere, arrivando ad avere macchinari accessibili a chiunque.

Il grosso vantaggio rispetto alla tecnologia FDM sta nel fatto che attraverso la stereolitografia si riescono a raggiungere precisioni molto più elevate, arrivando ad avere pezzi appena stampati (grezzi) con una **precisione superficiale** così alta che non si notano i layer.
D'altro canto però è una tecnologia più complessa, e il volume di stampa è molto piccolo, salvo particolari eccezioni tra le professionali.

Il materiale stampabile è la **resina**, che si declina in una quantità elevatissima di varianti, riguardo al colore, alla trasparenza o ad altre proprietà, ad esempio chimiche, meccaniche e conduttive.



1.3.3 - SLS

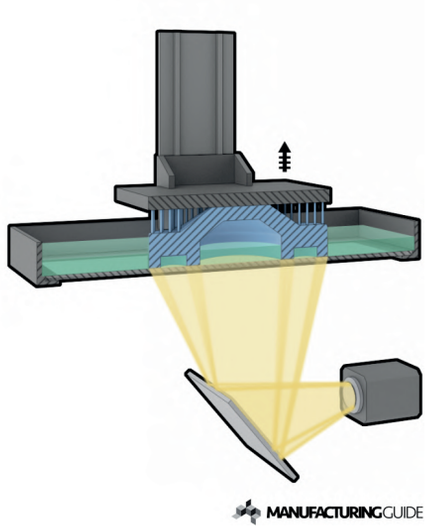


La sinterizzazione SLS (**Selective Laser Sintering**) fonde polveri di vari materiali attraverso l'uso di un **laser**.
Le polveri vengono stese strato dopo strato su una tavola che si abbassa progressivamente, e il laser viene utilizzato per saldare la varie particelle tra di loro.
Questa tecnologia presenta il vantaggio di poter utilizzare molti materiali differenti tra loro, arrivando ad ottenere prodotti con elevate proprietà termiche e meccaniche.

Rispetto alla stereolitografia i pezzi ottenuti attraverso SLS risultano molto più **resistenti**, ma esteticamente meno appetibili, data la loro **porosità superficiale**.
Sovente infatti i prototipi vengono sottoposti a processi di **finitura** per migliorarne la resa estetica.
Risulta una tecnologia molto usata in ambito industriale, data la sua versatilità in fatto di materiali e l'elevata precisione finale.

1.3.4 - ALTRE TECNOLOGIE

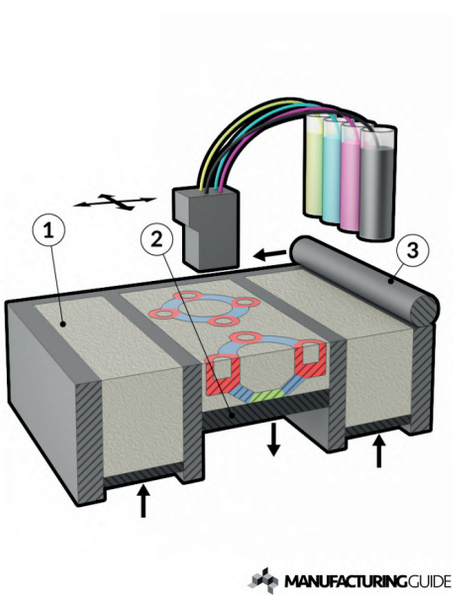
-DLP (**Digital Light Processing**)



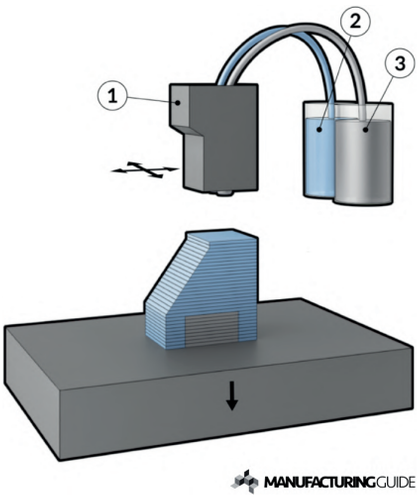
La tecnologia DLP è concettualmente molto simile alla SLA, ove la resina liquida contenuta in un serbatoio viene polimerizzata strato dopo strato.
La differenza sta nella fonte di luce, le stampanti DLP utilizzano uno **schermo di proiezione digitale** per far lampeggiare l'immagine di ogni strato su tutta la piattaforma in una sola volta, polimerizzando tutti i punti allo stesso tempo.
Il proiettore è uno schermo digitale, pertanto l'immagine di ogni layer è composta da pixel.
Ma il layer ha un determinato spessore, il quale trasforma questi pixel quadrati in cubetti tridimensionali, che prendono il nome di **voxel**.

-CJP (**Color Jet Printing**)

Questa tecnologia è relativamente semplice e si basa sul processo delle stampanti a getto di inchiostro.
Uno strato di polvere spesso circa 100micron viene steso sul piatto di stampa e delle **testine** fissano la polvere con leganti colorati o trasparenti.
Lavorando layer dopo layer viene realizzato il modello tridimensionale del file.
Risulta essere un processo **molto veloce**, che garantisce la realizzazione di modelli colorati in **quadricromia** in altissima definizione.
Nonostante sia possibile indurire il modello attraverso particolari impregnanti per aumentarne le caratteristiche meccaniche non è consigliabile usare questa tecnologia per realizzare pezzi per uso funzionale, ma solamente per elementi ad **uso estetico**.

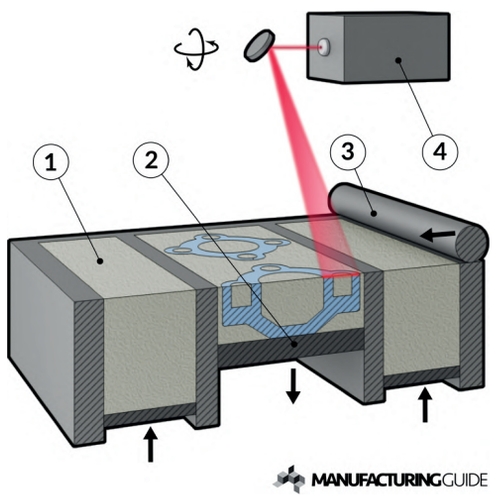


-PP (**PolyJet Printing**)



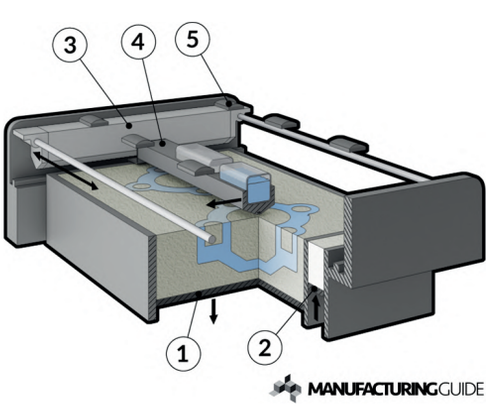
Concettualmente simile alla stampa FDM e alla SLA, la tecnologia PolyJet stende sul piatto di stampa il layer dell'oggetto da realizzare, facendo uscire **polimeri liquidi** dagli ugelli delle testine, i quali vengono subito **fotopolimerizzati** da lampade UV.
Successivamente si passa al layer superiore, ripetendo il processo fino a completare il pezzo.
La PolyJet permette di stampare con **più materiali insieme**, ciò vuol dire poter realizzare pezzi con **colori diversi**, **densità diverse** ed avere parti **rigide** insieme a parti **elastiche**.

-SLM (**Selective Laser Melting**)



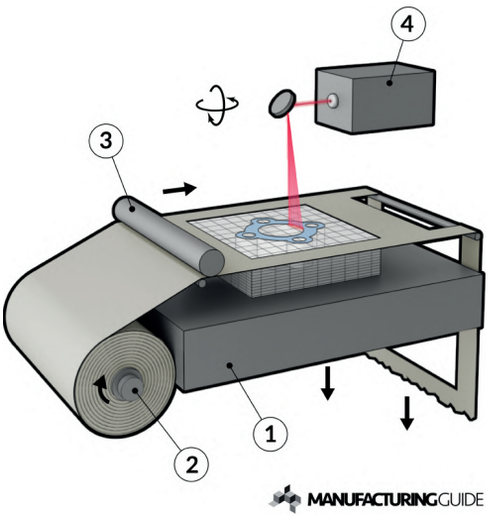
Questa tecnologia viene utilizzata per realizzare parti in **metallo**.
La tecnologia consiste nel posizionare un **letto di polveri metalliche** e fonderle successivamente attraverso un **raggio laser a fibra** ad alta intensità.
Terminata la fusione un rullo va a stendere un nuovo letto di polveri, pronte a venire fuse allo strato inferiore dal raggio laser.
Il laser effettua il passaggio solamente sulla superficie dei pezzi da realizzare, in modo da solidificare esclusivamente il necessario.
In questo modo tutta la polvere in eccesso può essere **recuperata** e utilizzata per le stampe successive.
Questo processo garantisce un'ottima qualità delle stampe, non necessita di alcun tipo di supporti e garantisce **nessuno spreco di materiale**.
3D Systems ha sviluppato una variante chiamata **DLM** (Direct Metal Printing), capace di impiegare polveri di acciaio, alluminio, titanio e cromo cobalto.

-MJF (**Multi Jet Fusion**)



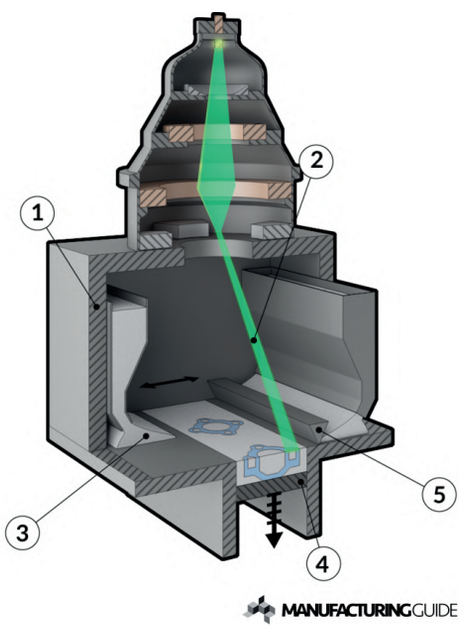
Tecnologia sviluppata da **HP**, è simile alla MJP, con la differenza che gli stratidi polvere non vengono induriti attraverso una lampada UV, ma viene applicato un **agente di fusione**.
In questo processo viene utilizzato come materiale di stampa il **poliammide PA12**, che si distingue per unire un ottimo livello di flessibilità ad una buona resistenza alle sostanze chimiche.
Leggero ma molto resistente a graffi ed abrasioni, il PA12 è anche **biocompatibile**.

-LOM (**Laminated Object Manufacturing**)



Tecnologia **economica** ma poco usata, consiste nel fondere insieme, attraverso calore e pressione, strati di laminati di carta, plastica o metallo adesivizzato.
Utilizzano un **foglio continuo**, rivestito di adesivo, che viene fissato sul piatto attraverso un **rullo riscaldato**.
Il rullo passando sopra il foglio di materiale fonde l'adesivo e poi o un **laser** o una **lama** taglia il pezzo secondo le dimensioni desiderate.
Terminato ciò la piattaforma viene abbassata, e il procedimento ricomincia, posizionando un nuovo foglio di materiale, per realizzare il layer successivo.
Quando il pezzo è terminato può essere levigato o sigillato con una vernice.

-EBM (**Electron Beam Melting**)

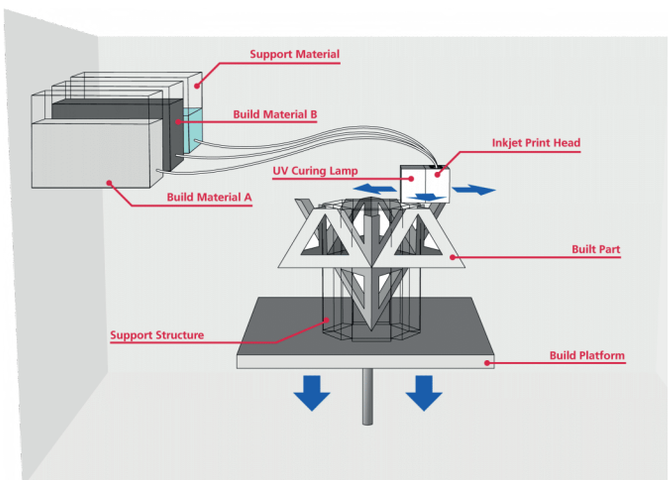


Questo processo, come anticipa il nome, effettua una fusione attraverso l'utilizzo di un **fascio di elettroni**.
Permette di produrre oggetti in metallo complessi ed estremamente **resistenti**, tanto quanto quelle prodotte attraverso le tecniche tradizionali.
Il procedimento risulta essere simile a quello SLM, con la differenza che qui non viene utilizzato un fascio laser ma un fascio di elettroni.
Questa tecnica è possibile scaldando un materiale che reagendo irradia elettroni, i quali sono poi accelerati attraverso elettromagneti.
La proiezione di questi elettroni sulla polvere fa sì che essa si scaldi e le particelle si solidifichino.
Il procedimento viene poi ripetuto per ogni strato.
Quando il pezzo è pronto viene estratto ed inserito in un **forno** per diverse ore, in quanto è necessario un trattamento di post produzione.
La stampa EBM viene realizzata sottovuoto e tutta la polvere che non viene utilizzata può essere raccolta ed essere usata per le successive stampe, garantendo **nessuno spreco**.
Questa è una tecnologia molto veloce, ma i macchinari risultano **molto costosi** e non accessibili a tutti.

-MJP (**Multi Jet Printing**)

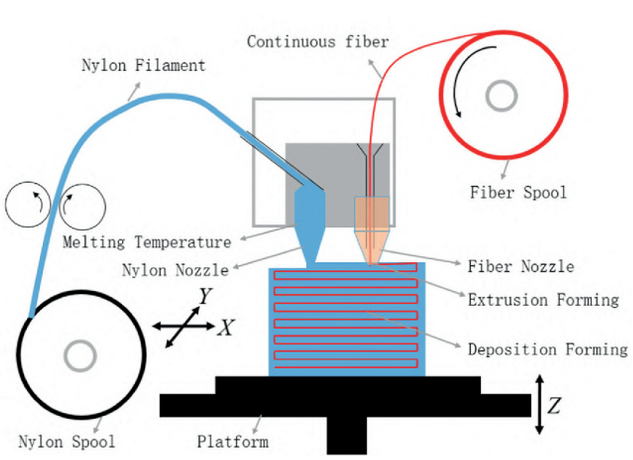
Le stampanti di questo tipo depongono strato per strato **resine plastiche fotoindurenti** allo stato liquido e **materiale ceroso**, il quale ricopre la funzione di supporto.
Il materiale viene depositato attraverso un estrusore, che fa uscire il materiale attraverso 618 ugelli, in modo da essere più preciso.
Una **lampada UV** effettua un passaggio dopo ogni strato, e solidifica il materiale appena depositato.

Una volta completato il processo il materiale di supporto viene rimosso in maniera molto semplice e rapida, permettendo di estrarre il pezzo velocemente.
Attraverso questa tecnologia si riesce a raggiungere una qualità impareggiabile, arrivando ad avere una precisione elevatissima.
Sono disponibili molti materiali stampabili attraverso MJP, ognuno con proprie peculiarità, per potersi prestare ad un'ampia varietà di applicazioni.
Esistono **materiali ingegneristici**, sviluppati per poter migliorare la resistenza del pezzo, andando a simulare ABS e Polipropilene, **materiali elastomerici**, che simulano le funzionalità della gomma, **materiali termoresistenti**, che consentono di di essere stabili e inflessibili fino a 90°C senza bisogno di postproduzioni, **materiali cerosi**, che consentono di ottenere le stesse caratteristiche di un elemento in cera, e **materiali biocompatibili**.



-CFF (**Continuous Fiber Fabrication**)

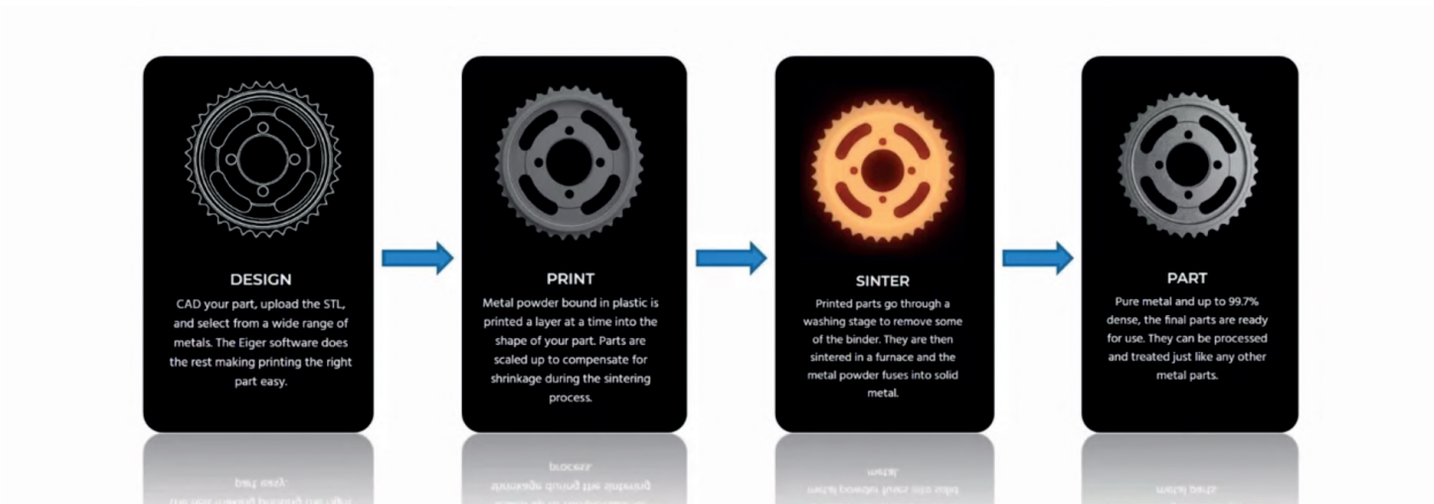
Le stampanti a tecnologia CFF utilizzano **due diversi ugelli**, uno funziona come una normale stampante ad estrusione, depositando un **filamento plastico**, a formare il guscio esterno e la matrice interna del pezzo.
Il secondo ugello applica ad ogni strato una perlina continua di **fibra composita di rinforzo** (che può essere carbonio, fibra di vetro, kevlar, ecc).
Queste fibre inserite all'interno dell'oggetto hanno la capacità di aumentarne notevolmente la resistenza, arrivando ad essere paragonabile a quella di un elemento metallico.



Ci sono due differenti modalità per depositare le fibre di rinforzo, la prima viene chiamata **"isotropica"**, e le fibre vengono depositate in diverse direzioni, per poter ottenere un comportamento simile lungo le due dimensioni del piano.
La seconda modalità viene chiamata **"concentrica"**, qui le fibre vengono disposte in modo da creare shell di rinforzo intorno a pareti interne ed esterne.

-ADAM (**Atomic Diffusion Additive Manufacturing**)

La tecnologia ADAM risulta essere molto simile all'FDM, ma viene utilizzata per realizzare elementi in **metallo**.
Polveri metalliche vengono miscelate insieme a **leganti plastici** (che rendono anche la loro gestione più sicura), e vengono estruse strato dopo strato.
Una volta terminato il processo il pezzo viene estratto e successivamente inserito in un **forno** per **sinterizzare**.
Qua il legante plastico si scioglie, mentre la parte metallica fondendo si solidifica, dando vita ad un elemento molto resistente.



Fonte: Markforged.com

1.4 - MATERIALI STAMPABILI

1.4.1 - FDM

-**PLA** (Acido Polilattico)

Plastica naturale biodegradabile, è declinata in centinaia di varianti, colori e prestazioni.
Grazie al suo costo molto contenuto, e una facilità di stampa difficilmente pareggiabile, risulta essere il materiale più diffuso.
Offre una buona resistenza meccanica e una buona rigidità, ma risulta essere sensibile ad umidità, a calore e a raggi UV, il che non lo rende adatto ad usi esterni.

-ABS (Acrilonitrile Butadiene Stirene)

Secondo materiale più diffuso per la stampa FDM.
Più complicato da stampare del PLA per via della sua ritrazione e della tendenza a deformarsi, risulta però essere molto più resistente e durevole.
Per essere stampato è necessario utilizzare una camera chiusa, per via dei fumi emanati in fase di stampa.

-**Nylon** (Poliammide sintetica)

Materiale economico, è reperibile in molte varianti cromatiche.
Risulta essere più resistente di PLA e ABS, grazie alla sua elasticità e flessibilità.
Le sue proprietà autolubrificanti e di resistenza all'abrasione lo rendono adatto alla stampa di ingranaggi e parti durevoli.
Presenta una forte deformazione in fase di raffreddamento.
La sua alta igroscopia non lo rende adatto ad ambienti umidi e/o usi esterni.

-**PMMA** (Polimetilmetacrilato)

Commercialmente conosciuto come Plexiglass, si presenta come materiale trasparente antiurto, con notevole resistenza a raggi UV e ad agenti chimici, dimostrando anche una buona resistenza meccanica.
Altamente igroscopico, non è adatto ad uso in ambienti umidi.

-**ASA** (Acrilonitrile Stirene Acrilato)

Materiale termoplastico di alta qualità, usato in sostituzione dell'ABS.
Facile da stampare, offre ottima resistenza chimica, termica e alle condizioni atmosferiche.
Ideale per elementi a contatto con agenti esterni, come parti di auto, di articoli sportivi e strumenti di giardinaggio.
Deforma poco in fase di raffreddamento, ma durante la stampa emana cattivo odore.

-**PP** (Polipropilene)

Filamento molto difficile da stampare per via della sua fortissima deformazione durante il raffreddamento.
La sua elevata resistenza all'abrasione rende gli oggetti stampati in 3D resistenti tanto quanto un oggetto stampato ad iniezione.
Materiale leggero, presenta una finitura superficiale molto liscia e gradevole al tatto.
Sopporta bene il calore, ma la sua resistenza meccanica non è delle migliori.
Risulta essere piuttosto costoso.

-**PC** (Policarbonato)

Polimero termoplastico di aspetto traslucido, combina flessibilità ad un'alta resistenza.
Viene considerato come il filamento più duro e resistente sul mercato.
È necessario di un attento stoccaggio, per ripararlo dall'umidità, data la sua elevata igroscopicità.
Necessitando di temperature di stampa molto alte, risulta poi essere molto resistente al calore.

-**TPU** (Poliuretano termoplastico)

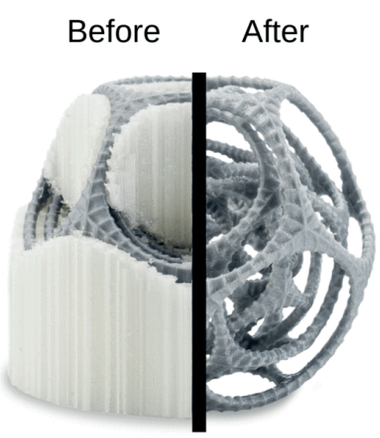
Materiale elastico e flessibile, generalmente trasparente, è dotato di un'ottima resistenza a tagli e abrasioni, e di una scarsa ritrazione termica.
Risulta essere molto adatto per la realizzazione di custodie di device tecnologici e di wearable.
Resiste bene a oli e grassi, ma non a sostanze chimiche e raggi UV.
L'elevato costo e la complessità di stampa non lo rendono un materiale molto diffuso.

-**HIPS** (Polistirene antiurto)

Materiale concettualmente simile al PVA e BVOH, ma solubile nel limonene anzichè in acqua.
Ottimo come materiale di supporto in stampe realizzate in ABS.
Risulta però utilizzato anche come materiale di stampa in stampanti mono estrusore.
Economico e leggero, presenta un'elevata rigidità, ma deve essere stampato necessariamente in camera chiusa, e con piano di stampa riscaldato.

-**PVA** (Alcol Polivinilico) / **BVOH** (alcol vinilico copolimerizzato ad alta prestazione)

Polimeri totalmente idrosolubili, sono estremamente adatti nel realizzare i supporti delle stampe, in stampanti con più estrusori.
Una volta terminata la stampa è sufficiente immergere il pezzo in acqua e tutti i supporti si dissolvono autonomamente.
Questa loro idrosolubilità li rende però molto delicati durante la fase di stoccaggio, la quale deve essere totalmente priva di umidità.



-**PET** (Polietilene Tereftalato) / **PETG** (Copoliestere di Polietilene Tereftalato)

Resina termoplastica trasparente e biodegradabile, dotata di un'elevata resistenza meccanica, consente di realizzare stampe molto durevoli nel tempo.
Idrorepellente e adatto al contatto con alimenti, mostra una bassissima ritrazione in fase di stampa, pertanto risulta adatto a stampe di grandi dimensioni.
La finitura superficiale è liscia e lucida, ma durante la stampa tende a produrre sottili filamenti residui tra le varie parti della stampa.

-**PEEK** (Polietere Etere Chetone)

Filamento molto costoso, resistente alle alte temperature, offre una buona resistenza anche a prodotti chimici organici e inorganici.
Trova largo uso nell'industria e nella tecnologia medica.
Unisce eccellenti proprietà meccaniche ad un'ottima leggerezza.
Avendo un punto di fusione oltre i 300°C necessita di temperature di stampa elevatissime (anche oltre i 400°C).

-**PEI** (Polieterimmide)

Commercialmente conosciuto come Ultem, è un filamento biocompatibile molto resistente alle alte temperature, nonchè ritardante di fiamma.
Dotato di elevata resistenza a flessione e trazione è anche molto adatto in utilizzo alimentare e medicale.
Molto difficile da stampare, necessita di temperature di stampa estremamente alte ed è necessaria una ricottura del pezzo.

-**PVB** (Polivinilbutirrale)

Anche conosciuto come PolySmooth è un materiale realizzato appositamente per ottenere superfici molto lisce.
Essendo facile da stampare, risulta assomigliare molto al PLA, ma il risultato visivo è migliore, data la superficie molto liscia.
Non richiede piano di stampa riscaldato ed è disponibile sia trasparente che opaco, ma resiste poco alle temperature e soffre di igroscopia.

-**PPSF** (Polifenilsulfone)

Viene considerato uno dei materiali più performanti stampabili tramite FDM.
Il materiale è autoestinguente e tollera l'esposizione prolungata ad acidi, solventi e idrocarburi, senza perdere o veder alterate le proprie caratteristiche.
È un filamento molto costoso e molto complesso da stampare.
Le sue applicazioni variano dall'ambito medicale all'aerospace, all'automotive, data la sua resistenza meccanica.

-**TPE** (Elastomero termoplastico)

Materiale elastico, non semplice da stampare, è in grado di realizzare oggetti elastici e flessibili, molto simili alla vista e al tatto alla gomma vulcanizzata.
Proprio come la gomma, ha un eccellente smorzamento delle vibrazioni e una lunga durata.

-**Brick**

Materiale che permette di stampare oggetti che hanno l'aspetto della pietra arenaria.
Ideale per modelli d'architettura e paesaggi, questo materiale può essere colorato e scartavetrato dopo essere stato stampato.
A seconda della temperatura di stampa la superficie dell'oggetto risulta più o meno liscia.
Il filamento ha una bassissima deformazione, non necessita di piano riscaldato per essere stampato, ma è necessaria una ventola di raffreddamento per una corretta stampa.
Prima di rimuovere il pezzo dalla stampante vanno attese 2-4ore.

-**Wood**

Permette di stampare oggetti che hanno l'aspetto e l'odore del legno.
Questo materiale è composto dal 40% di legno riciclato unito a dei polimeri leganti che permettono la fusione e l'estrusione come altri filamenti utilizzati nella stampa 3D.
A seconda della temperatura d'estruzione la superficie risulta più o meno chiara.
Il legno all'interno lo rende biodegradabile e fa emanare un buon odore in fase di stampa, ma lo rende sensibile all'umidità.
Deforma molto in fase di raffreddamento, e tende ad otturare l'estrusore, pertanto è necessaria molta attenzione durante la stampa.

-**Durabio**

Plastica tecnica, combina le proprietà vantaggiose del PC e del PMMA, con un'origine biologica della materia prima.
Ha ottime proprietà ottiche e meccaniche, elevata resistenza al calore, ai graffi, ai raggi UV e all'abrasione.
Risulta essere costoso e necessita di un piano di stampa riscaldato.
Può essere opaco o trasparente e viene utilizzato in campo edilizio, elettrico e automobilistico.

-**Carbonfil**

Filamento rinforzato con fibra di carbonio, unisce un'ottima leggerezza ad elevata rigidità.
Pur essendo un materiale tecnico risulta molto semplice da stampare, non necessitando di piatto di stampa riscaldato.
La sua stampa è praticamente esente da distorsioni.
Di contro, ha una bassa resistenza termica e tende a rovinare gli ugelli dell'estrusore.

1.4.2 - SLA-DLP

-Resina “standard”

Fotopolimero semplice, dal costo contenuto, è ideale per realizzare pezzi che necessitano di un alto livello di dettaglio.
Piuttosto leggera, mostra una buona resistenza ad abrasione e a sostanze chimiche.

-Resina “draft”

Presenta tutte le proprietà della resina standard, ma è possibile stamparla fino a 4 volte più velocemente.
Risulta quindi molto adatta a progetti più grandi, dove i lunghi tempi di fotopolimerizzazione della resina standard sarebbero ingestibili.

-Resina Trasparente

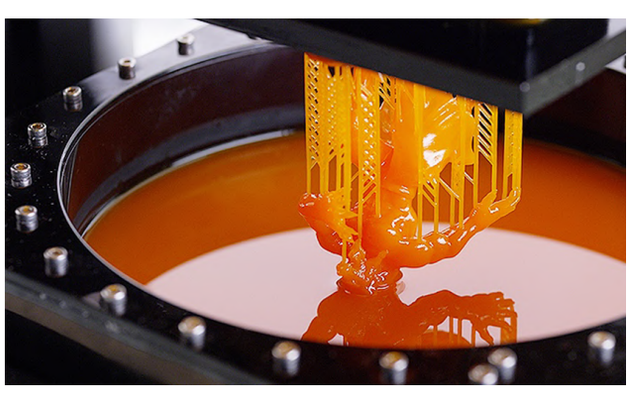
Viene utilizzata per parti prototipali che necessitano di trasparenza, come lenti o elementi per l’illuminazione.
Offre un’ottima finitura superficiale e una buona trasparenza, ma risulta piuttosto fragile.
Può essere levigata per arrivare ad avere una trasparenza ottica quasi totale.

-Resina “high temperature”

Resina termoresistente, si usa in modelli per test ambientali, carcasse, prototipazione di stampi, fusioni a cera persa ed elementi che necessitano di resistere ad elevati stress termici, data la sua resistenza fino a circa 290°C.

-Resina ceramica

Fotopolimero riempito di silice, dopo la cottura la componente fotopolimerica brucia, facendo rimanere quella di silice e formando una vera parte in ceramica.
Il processo risulta differente dallo stampaggio di altre resine, dovendo poi passare in un apposito forno per eliminare la componente polimerica.
Risulta essere una resina dotata di un’altissima resistenza al calore, fin oltre ai 1000°C, e alle deformazioni nel tempo.
È idonea a stare a contatto con alimenti.



-**Resina elastica**

Materiale concettualmente simile a quella flessibile, questa resina va a simulare il silicone.
Dotata di un'elevata morbidezza e un grande allungamento a rottura è ideale per realizzare parti soggette a cicli ripetuti di sforzi di trazione, compressione e flessione.

-**Resina "rigid"**

La resina "rigid" è ideale per stampare 3D parti con dettagli piccoli e pareti sottili.
È una resina rinforzata con vetro che offre ai pezzi stampati 3D una finitura molto lucida e liscia, e resiste bene alle alte temperature.
Presenta un'elevata stabilità anche nel corso del tempo.

-**Resina "tough and durable"**

Uno dei materiali più resistenti stampabili attraverso processi SLA.
Le resine tough hanno moduli elastici fino a circa 2000 MPa, che le rendono leggermente più flessibili di una resina standard, pur mantenendo un'elevata resistenza meccanica e all'urto, il che le rende perfette per realizzare elementi soggetti ad usura.

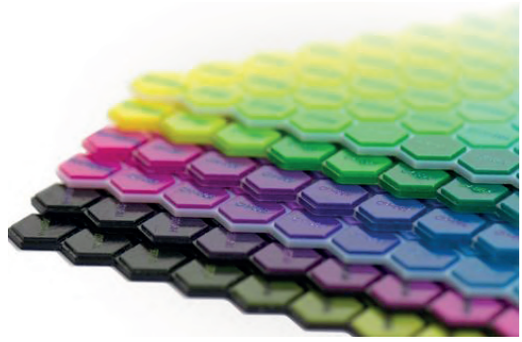
-**Resina "castable"**

Le resine Castable sono studiate per la microfusione.
Questi materiali fondono senza lasciare residui, caratteristica che le rende perfette per la creazione di gioielli o componenti in metallo attraverso processi di fusione a cera persa.
Presentano buona resistenza a corrosione e a sostanze chimiche.
Esistono anch le resine "Castable Wax", chiamate così perchè formate dal 20% di cera, studiate per microfusioni di parti molto piccole, come filigrane e pavè complessi.
Questa tipologia di resina non necessita di essere successivamente cotta in forni uv.

-**Resina dentale**

Particolare resina fotopolimerica studiata per le applicazioni odontotecniche.
Ha la particolarità che dopo essere stata sterilizzata, risulta biocompatibile.
L'accuratezza dimensionale garantita dalla resina dentale è molto alta (circa ± 100 micron), risultando adatta alla realizzazione di guide chirurgiche o applicazioni simili.
Alcune tipologie molto performanti arrivano ad avere precisioni dimensionali fino a 35 micron.
Hanno finiture superficiali lisce e lucide, ed è possibile trovarle opache o trasparenti.

1.4.3 - Polyjet



-Vero

Resine molto versatili, sono disponibili sia trasparenti che opache, di vari colori.
Offrono proprietà meccaniche migliorate rispetto a resine standard e resistono bene a flessione.
è possibile miscelare diversi colori tra loro, per ottenere colori e traslucenze desiderati.
Ideale per test di adattabilità e forma, per parti in movimento e assemblate,
modelli per marketing e da esposizione e per parti definitive.

-Digital ABS

Resina fotopolimerica studiata per simulare l'ABS standard, coniuga resistenza alle alte temperature con la robustezza.
Sono disponibili tante varianti, ognuna con particolari proprietà meccaniche migliorate.
Viene utilizzato per prototipi funzionali, pezzi da assemblare a incastro per l'utilizzo in ambienti ad alte o basse temperature, parti elettriche, custodie per telefoni cellulari e carter per motori.

-Durus

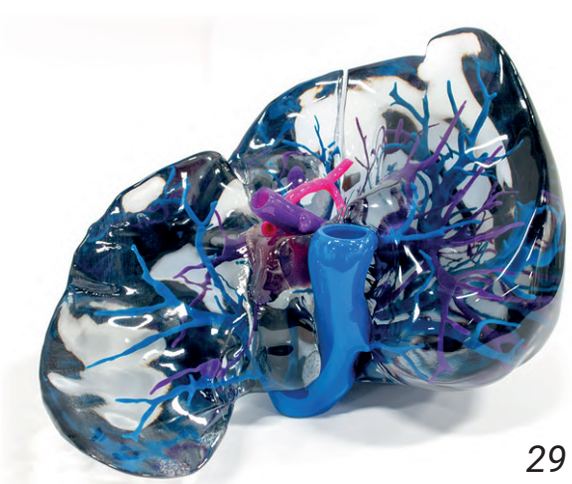
Resina che simula per aspetto e funzionalità il polipropilene, permette la creazione di prototipi robusti, flessibili e durevoli.
Essendo possibile creare rapidamente modelli per testarne la forma, l'idoneità e l'efficienza, risulta deale per produrre contenitori e imballaggi, applicazioni a incastro, giocattoli, apparecchiature per laboratori e componenti per automobili.

-Tango

Materiale simil-gomma offre caratteristiche elastomeriche di diversi livelli.
Ideale per pezzi che necessitano di assorbire colpi e vibrazioni, viene usato per realizzare bordi e sovrastampaggi in gomma, rivestimenti morbidi e superfici antiscivolo, guarnizioni, tubi flessibili, calzature e modelli da esposizione e per presentazioni.

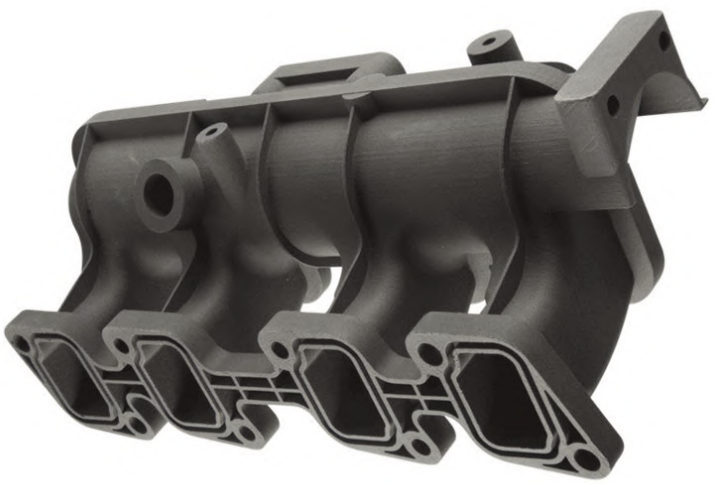
-MED610

Resina fotopolimerica biocompatibile, particolarmente indicata per usi nel settore medicale e dentale.
Trasparente e capace di mantenere un'ottima stabilità dimensionale, è utilizzato per creare rapidamente prototipi adatti a molte applicazioni mediche, come guide ortopediche chirurgiche, contenitori per impianti e apparecchi acustici.



-**Alte temperature**

Il materiale per alte temperature è caratterizzato dalla resistenza al calore più elevata di qualsiasi altro materiale PolyJet rendendo il materiale ideale per i test termici.
Con una temperatura di deviazione del calore di 80°C dopo il trattamento termico, questo materiale è ideale per testare le parti statiche e il flusso di aria o di acqua calda nelle tubature e nei rubinetti.
Si possono realizzare parti resistenti al calore con diversi valori Shore A combinando l'alta temperatura con materiali simil-gomma PolyJet.



1.4.4 - MJF

-**PA12**

Questo materiale consente di produrre, a costi ridotti, componenti funzionali, complessi e robusti, caratterizzati da una buona finitura superficiale, alta densità, proprietà meccaniche isotrope, eccellente resistenza chimica.
La sua biocompatibilità lo rende idoneo per le applicazioni a diretto contatto con la pelle.
Risulta molto adatto per la realizzazione di assiemi, alloggiamenti, custodie, applicazioni a tenuta stagna e per l'impiego in molti settori, tra cui automazione industriale, automotive, motorsport, sanità, beni di consumo, design ed elettronica.

-**TPU01**

Poliuretano termoplastico, garantisce un ottimo assorbimento di urti e una buona flessibilità, uniti ad un'eccellente resistenza ai raggi UV, all'usura e all'abrasione.
Tali caratteristiche lo rendono ideale per produzioni e prototipi che richiedono un'elasticità simile alla gomma per un ampio range di temperature.
Trova impiego in moltissime applicazioni, tra cui nell'industria dei trasporti, essendo ignifugo.

-**PP**

Polimero termoplastico, caratterizzato da un elevato carico a rottura, elevata duttilità, bassa densità, ottima resistenza termica e all'abrasione.
Per le sue ottime proprietà, ha trovato vaste applicazioni per condutture, contenitori, parti di apparecchi elettrici, parti di apparecchiature resistenti sia agli agenti chimici sia al calore, per la preparazione di fibre tessili e nel settore medicale.

1.4.5 - SLS

-**Nylon**

Materiale più utilizzato per il processo SLS, è una termoplastica ampiamente in uso in ambito meccanico grazie alle sue proprietà di flessibilità, resistenza e leggerezza.
Risulta essere inoltre resistente agli urti, agli attacchi chimici, termici, alla luce UV ed è idrorepellente.
Principalmente si stampano due varianti di Nylon, il PA11 e il PA12, le loro polveri si usano o singolarmente o miscelandole con altri materiali, ad esempio vetro o carbonio, per otterenere pezzi con proprietà meccaniche più elevate.
È indicato in tutte quelle situazioni nella quale si necessita di parti in materiale plastico che non degradino e non diventino fragili col passare del tempo, data la sua resistenza all'usura.

-**TPU** (Poliuretano termoplastico)

Materiale flessibile stampabile attraverso sinterizzazione, replica la gomma, avendone simili proprietà.
Adatto per prototipi che necessitano di elevata resistenza a lacerazione ed abrasione, e che debbano essere flessibili e con buon ritorno elastico.
Non è adatto ad un contatto continuo con liquidi.

-**Polistirene fondibile**

Materiale ideale per modelli a perdere per prototipi in metallo fuso.
La sua precisione è minore rispetto agli altri materiali sinterizzabili, ma il costo contenuto lo rende adatto a stampe di dimensioni maggiori.
Trova ampio uso in applicazioni meccaniche, specialmente di dimensioni medio-grandi.

-**PP** (Polipropilene)

Il polipropilene è una delle plastiche più versatili e comunemente utilizzate nella produzione industriale.
Robusto, resistente alla fatica e leggero, il suo elevato allungamento a rottura lo rende paragonabile al polipropilene stampato ad iniezione.
I prototipi stampati attraverso un processo SLS in hanno il vantaggio di essere prodotti nello stesso materiale della parte finale.
Le applicazioni ideali includono prototipi funzionali per assemblaggi a scatto o cardini mobili in componenti automobilistici, imballaggi e beni di consumo.

1.4.6 - MJP

-**VisiJet**

Famiglia di materiali molto versatile, si declina in tantissime varianti, per ottimizzare le proprie prestazioni e migliorare la propria applicabilità in diversi utilizzi.
Ad esempio troviamo materiali resistenti ad alte temperature, altri flessibili, rigidi e molto resistenti meccanicamente, adatti all'utilizzo dentale, trasparenti, opachi o traslucidi, che simulano ABS o polipropilene, addirittura il gruppo di materiali denominati VisiJet Cast è in cera, per la realizzazione di stampi.
Tutte queste varianti lo rendono adatto
ad applicazioni in tantissimi ambiti.

1.4.7 - CJP

-**VisiJet PXL**

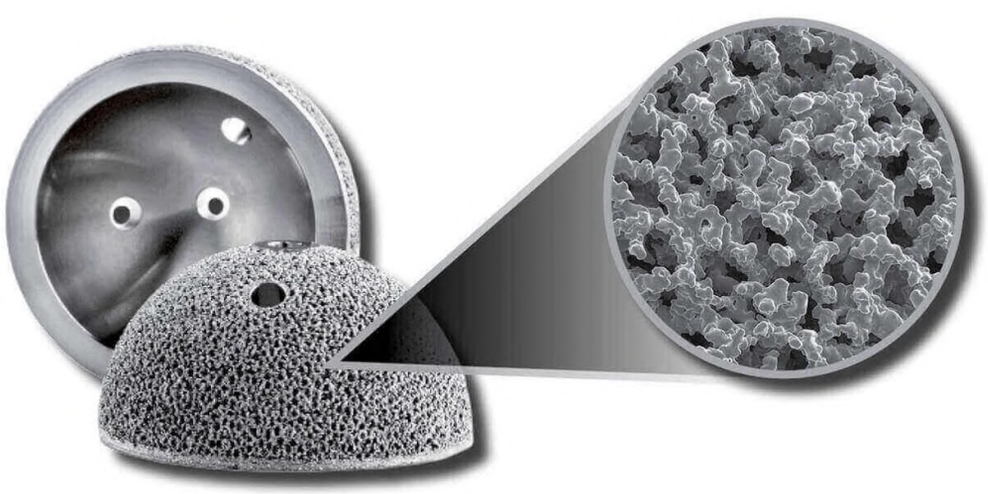
Composito caratterizzato da materiali di base e collante, composto da una finissima polvere minerale di color bianco latte, simile al gesso, contiene speciali additivi che la rendono immune dall'umidità.
La polvere viene colorata in fase di stampa, in modo che si possano crere pezzi multicolore partendo da una base monocromatica.
Il prodotto finito (dalla superficie con finitura granulare) risulta duro ma fragile, pertanto bisogna prestare attenzione nel maneggiarlo.
Questa particolarità lo rende più adatto per la realizzazione di pezzi ad uso estetico, che non richiedono particolari proprietà meccaniche.
Le superfici possono essere sabbiate, perforate, incise e verniciate, ampliando le opzioni disponibili per le caratteristiche delle parti finite.

1.4.8 - SLM

Questa tecnologia permette l'utilizzo di moltissimi metalli, e i pezzi stampati sono adatti a post-lavorazioni come fresatura, tornitura CNC, trattamenti termici, trattamenti superficiali sia estetici che protettivi.
La lista di metalli stampabili è molto lunga, in quanto per ogni metallo è possibile usare tantissime sue leghe.
Sono molto utilizzate leghe a base di titanio per ottenere pezzi leggeri, resistenti e biocompatibili, a base di alluminio per la sua facilità di lavorazione e costo contenuto, di cromo-cobalto, inconel e/o nichel per le loro proprietà meccaniche e resistenza alla corrosione, acciaio e acciaio inossidabile per la loro versatilità, di rame per la conduttività, e di bronzo per le sue applicazioni in ambito gioielleria.
Il processo SLM è piuttosto semplice, avendo solamente un laser che fonde le polveri nei punti desiderati, per questo motivo la lista di metalli utilizzabili risulta essere così ampia.

1.4.9 - EBM

Concettualmente simile al processo SLM, con la differenza che la polvere di metallo non viene fusa da un fascio laser ma da un fascio di elettroni, i materiali stampabili sono i medesimi.
Le leghe di metallo più utilizzate in questo caso sono principalmente quelle di titanio e di cromo-cobalto.



1.5 - VANTAGGI E SVANTAGGI GENERALI DELL'ADDITIVE

VANTAGGI:

Sempre più attività stanno implementando tecnologie di additive nel proprio lavoro.
La **diversità** di tecnologie presenti sul mercato permette di potersi declinare ottimamente in differenti ambiti e applicazioni, ma i **benefici** apportati rispetto all'utilizzo di tecnologie di produzione tradizionali valgono per l'intera industria della produzione additiva.

-Rapidità:
Senza dubbio uno dei punti cardine del crescente utilizzo della stampa3D è la velcità con cui si riesce a passare **dal progetto** su pc **al prodotto** tridimensionale.
In **poche ore** si riesce ad avere pezzi stampati, semplici o complessi, un grosso vantaggio per le operazioni di verifica e **correzione** di un progetto.
In questo modo le aziende hanno la possibilità di ridurre di molto i tempi di produzione, e la conseguente possibilità di una rapida correzione di eventuali errori.

-Costi:
Per quanto riguarda i **costi di funzionamento** della macchina, le stampanti **desktop** presentano un consumo di energia pari circa a quello di un **pc**, diverso discorso invece per quelle **professionali**, le quali hanno un consumo molto alto.
Ma il fatto che la produzione additive avviene in **una sola fase** si delinea un notevole risparmio in confronto ai metodi tradizionali.
Un altro costo drasticamente abbattuto è quello della **manodopera**, in quanto una stampante 3D opera quasi in totale **autonomia**.
Una volta settati i parametri di lavoro e caricati i file la stampante fa da sé, l'intervento dell'operatore è necessario solo in fase di estrazione del pezzo a lavoro terminato (ed eventuale postproduzione).
Per tutto il tempo di lavorazione il macchinario è completamente autonomo, permettendo agli operatori di dedicarsi ad altre attività.
Differente osservazione per il discorso **materiali**, in quanto alcuni di essi sono estremamente economici, altri molto costosi, in alcuni casi anche più costosi dei materiali utilizzati in lavorazioni tradizionali.
Si nota però che le tecnologie di additive andando a realizzare solo la geometria necessaria hanno **scarti** di materiali bassissimi, in alcune tecnologie addirittura pari a **zero**, riutilizzando in lavorazioni successive il materiale non utilizzato.
Pertanto il discorso risparmio riguardo ai materiali è possibile farlo solamente rapportando i costi del progetto sviluppato attraverso additive con i costi dello stesso progetto sviluppato con metodi tradizionali.

-Facilità di realizzazione di geometrie complesse:
Essendo una produzione "additiva" e non "sottrattiva", il problema di geometrie complicate non sussiste più, andando ad eliminare molte vecchie **difficoltà progettuali**.

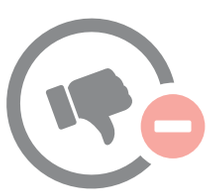
-Riduzione parti necessarie:
La possibilità di realizzare senza grossi problemi pezzi con forme molto complesse permette di stampare in un **pezzo unico** elementi che prima era necessario realizzare in più **parti divise** e assemblare in un secondo momento, conferendo un notevole risparmio di tempo, progettuale e realizzativo.

-Versatilità:
Il fatto che la stampa3D sia una produzione che permette di arrivare al pezzo finito in una sola fase permette che basti **un macchinario solo** per realizzare una quantità di pezzi di diversa forma infinita..
Un enorme vantaggio rispetto alle tecnologie tradizionali, dove erano necessari diversi macchinari, ciascuno adibito a determinate **lavorazioni**.

-Possibilità di un'ottimizzazione topografica:
Attraverso l'uso di specifici programmi tridimensionali è possibile "svuotare" il modello 3D, mantenendo solo il volume **necessario** per far sì che la resistenza non venga intaccata.
In questo modo si ottengono pezzi estremamente più **leggeri**, ma aventi la stessa **resistenza** strutturale di un pieno, con però un notevole **risparmio di materiale**.
Queste geometrie presentano forme incredibilmente complesse, irrealizzabili con qualsiasi processo **sottrattivo**.

-Riduzione del rischio:
La possibilità di **modificare rapidamente** dove necessario i progetti appena stampati permettono di diminuire l'impatto delle modifiche sul **costo finale**, riducendo di molto i **tempi** necessari per effettuare le varie correzioni.

-Personalizzazione:
Lo stesso macchinario può volendo stampare sempre file diversi, il che lo rende adatto alla produzione di **pezzi unici**, con una semplice modifica al file di stampa.
Ciò rende possibile realizzare pezzi personalizzati con **costi** estremamente più **contenuti** rispetto a processi tradizionali.

SVANTAGGI: 

-Volumi di produzione limitati:
L'additive risulta eccezionale per la produzione di **piccoli lotti** e/o **pezzi unici**, ma non per produzioni in **grande serie**, dove i costi risultano lievitare.
In questo caso è preferibile utilizzare processi più tradizionali, i quali permettono un abbassamento dei costi con l'aumentare dei volumi produttivi, cosa che invece è minima utilizzando l'additive.

-Precisione:
Salvo particolari tecnologie, professionali e costose, la **precisione** di componenti realizzati tramite la stampa 3D non è ancora comparabile con quella di processi tradizionali.
In applicazioni dove le **tolleranze** sono **importanti** l'additive non è ancora all'altezza dei processi sottrattivi.

1.6 - AMBITI DI APPLICAZIONE

Come anticipato nei paragrafi precedenti la stampa 3D sta trovando spazio in sempre più ambiti differenti tra loro, evolvendosi con tecnologie diversificate, per adattarsi meglio a diverse necessità produttive.
Senza dubbio gli ambiti dove l'additive si sta sviluppando con maggior velocità sono quello **architettonico**, dove stanno nascendo le prime case stampate interamente in 3D, quello **meccanico**, dove la crescita delle tecnologie capaci di stampare metallo stanno aiutando a contenere costi, in quello **medico**, dove la possibilità di personalizzazione e lo sviluppo di materiali atossici e biodegradabili sta rendendo possibile lo studio di elementi inseribili nel corpo umano, puntando ad essere un giorno in grado di stampare perfino interi organi, e quello **automotive**, dove la possibilità di realizzare geometrie molto complesse sta rendendo possibile realizzare forme votate al miglioramento dell'aerodinamica, finora irrealizzabil

Ma gli ambiti di applicazione sono veramente numerosi, troviamo numerose applicazioni nel settore **nautico**, nell'**industria manifatturiera**, nell'**aerospaziale**, nel settore **orafo** e **gioielleria**, in quello **dentale**...

1.6.1 - Esempi applicativi nei vari ambiti

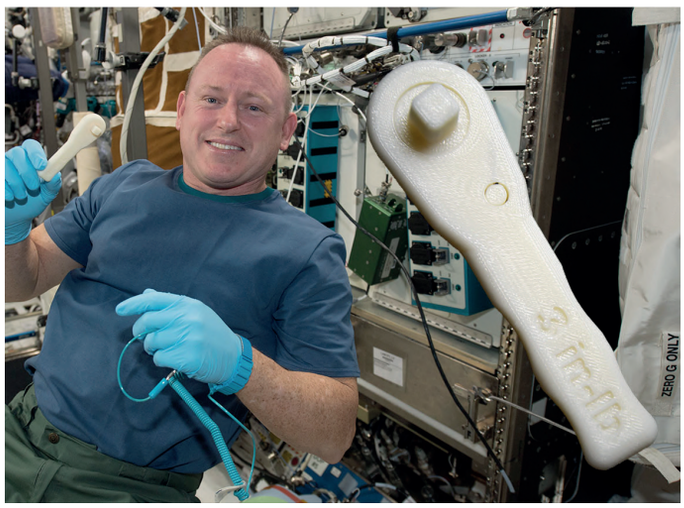
-Settore nautico:

Senza dubbio le tecnologie di additive portano numerosi benefici nel campo nautico, il quale le sta implementando sempre di più nel suo processo manifatturiero.
Tramite la stampa 3D è possibile produrre molti più componenti in loco, tagliando di molto i costi di trasporto, e soprattutto si possono produrre solo quando se ne ha necessità, abbassando i costi di stoccaggio.
Inoltre è possibile ottenere forme non ottenibili con altri processi produttivi, facilitando la personalizzazione e stimolando la maggior creatività dei progettisti.
Le tecnologie più utilizzate sono la MJF e la FDM per le parti plastiche, la SLM per ottenere quelle metalliche.

Imbarcazione MAMBO, stampata in vetroresina

-Industria aerospaziale:

Essendo quello aerospaziale un ambito molto attento alla tecnologia non poteva non essere catturato dalla crescita della stampa 3D.
La possibilità di realizzare forme molto complesse senza aumentare i costi di produzione è un aiuto non da poco nel costoso mondo aerospaziale.
Inoltre attraverso l'additive è possibile realizzare pezzi più leggeri, eliminando il volume non necessario, e il peso è un fattore molto importante in questo campo.



Recentemente alcune stampanti 3D desktop sono state mandate in orbita per essere inserite nelle stazioni spaziali, in modo che gli astronauti possano realizzarsi oggetti direttamente nello spazio, a seconda delle loro necessità.
Le tecnologie più utilizzate sono principalmente quelle capaci di produrre pezzi in metallo, specialmente metalli molto prestazionali, come titanio o inconel.
Ma anche la stampa polimerica viene ampiamente utilizzata, specialmente la MJF per la sua precisione e resistenza, e (per motivi dimensionali), la FDM nelle navicelle durante le missioni.

-Settore orafo e gioielleria:

Un altro ambito fortemente influenzato dalla stampa3D è sicuramente quello orafo.
La possibilità di realizzare forme estremamente complesse, organiche o parametriche, permette la realizzazione di gioielli dalle forme accattivanti, impossibili da replicare con altri processi industriali.
Si utilizzano principalmente tecnologie in resina (SLA e DLP), le quali garantiscono precisione altissima con costi accessibili ai più.
Resine apposite permettono di venire facilmente placcate in metallo con processi post produttivi, garantendo pezzi unici a costi molto contenuti.
Anche le tecnologie di stampa in metallo trovano largo uso, ma essendo processi meno economici della resina solitamente cengono utilizzati per produzioni di lotti maggiori.

-Industria manifatturiera:

L'industria manifatturiera è un buon esempio della coesistenza tra processi tradizionali e processi additive.
La stampa3D aiuta moltissimo in fase progettuale, dove la velocità di realizzazione e la possibilità di attuare rapidamente modifiche ai prototipi rende possibile raccogliere feedback e implementare migliorie al prodotto con una velocità impossibile da avere con processi tradizionali, consentendo una commercializzazione più rapida dei prodotti .

Le tecnologie a sinterizzazione, specialmente quelle di polimeri (come MJP, MJF, CJP) sono eccellenti in queste applicazioni, potendo ottenere prototipi funzionali molto precisi e addirittura a colori.
L'aumento delle tecnologie di sinterizzazione di metallo (come EBM, SLS, SLM) stanno allargando il campo di azione dell'additive nell'industria manifatturiera.

-Dentale:

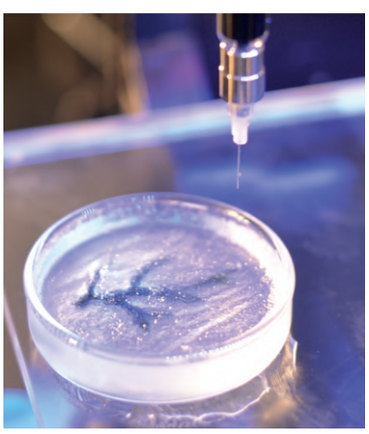
Nel corso degli ultimi anni, l'industria dentale è stata fortemente influenzata dalla tecnologia 3D, il cui impiego ha trovato spazio in diverse applicazioni, dalla semplificazione del filo interdentale al fissaggio dei denti rotti, da modelli chirurgici e guide a componenti di restauro dentale per soluzioni temporanee o permanenti.
In questo settore la stampa3D lavora pari passo con la scansione3D, la quale permette di ottenere velocemente un calco preciso della bocca del paziente, in modo da poter realizzare una soluzione perfettamente adattata al paziente.
Le stampanti utilizzate in questo campo sono principalmente stampanti a tecnologia SLA e DLP, ma si utilizzano resine apposite (chiamate appunto resine dentali), biocompatibili, adatte al contatto continuo con la bocca del paziente ed estremamente resistenti.

-Architettura:

In ambito di architettura la stampa 3D trova diverse applicazioni.
Un grandissimo aiuto viene dato dalle tecnologie FDM e SLA per la preparazione di modelli di presentazione in scala, essendo in grado di replicare fedelmente i progetti da file CAD.
Ma recentemente la stampa tridimensionale ha cominciato ad affacciarsi anche sul lato edilizio, iniziando a stampare intere abitazioni.
Utilizzando stampanti FDM di tipo Delta e Scara (le quali possono arrivare a vari metri di altezza) viene estrusa una pasta a base di argilla e altri materiali inerti, che vanno a comporre i muri dell'abitazione.
Stanno venendo stanziati molti investimenti per portare queste tecnologie in paesi poveri e poter costruire a basso costo case e villaggi.

WASP concept Tecla

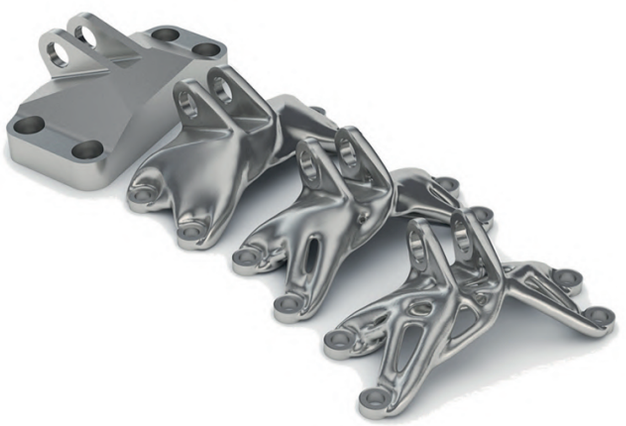
-Medicina:



L'ambito medicale è da sempre un luogo molto influenzato dalla tecnologia, pertanto la stampa3D, con la sua capacità di realizzare elementi completamente personalizzati in breve tempo trova terreno fertile.
Attualmente si stampano senza problemi protesi esterne e tutori, con differenti tecnologie in base all'utilizzo finale.
Un grosso passo avanti sta venendo dal "3D Bioprinting", ovvero una tecnologia ancora in fase di test che permette di stampare tessuti e materiale biologico, dentro gel o acqua.
In questo modo nei prossimi anni si potranno stampare organi funzionanti, interi o parziali, per inserirli nel corpo umano.

-Meccanica:

L'additive è una risorsa importante per l'industria meccanica, in quanto permette di ottimizzare il processo di progettazione, lo studio sulle geometrie dei pezzi e unisce caratteristiche come resistenza, peso ridotto e costi di produzione inferiori.
Partendo da un file 3D, è possibile stampare parti finite e prototipi con strutture molto più complesse rispetto ai metodi di produzione tradizionali.
La possibilità di stampare circuiti elettronici indica un futuro in cui i consumatori possono realizzare prodotti altamente personalizzati in base alle proprie preferenze.



Ottimizzando le geometrie è possibile realizzare elementi più leggeri, utilizzando meno materiale e stampando in un pezzo unico elementi che prima andavano assemblati insieme, per questioni di possibilità produttive.
La rapidità di realizzazione permette anche di diminuire i magazzini, prestandosi alla produzione just in time.
Le tecnologie utilizzate sono ovviamente tutte quelle capaci di stampare metalli.

-Moda:

La rapida evoluzione tecnologica della stampa3D sta rendendo possibile stampare sempre più materiali, tra cui anche alcuni ecologici, flessibili e/o simili a tessuti.
Ciò sta comportando un'implementazione dell'additive nel settore moda, con abiti ecologici e dalle forme difficili da replicare con processi standard.
In questo modo si interviene sul problema delle emissioni della filiera, spesso ancora troppo ecologicamente impattanti.
Senza dubbio la facilità di personalizzazione gioca a favore dei designer, contenendo i costi della progettazione di pezzi unici e varianti dei vari modelli.

-Automotive:

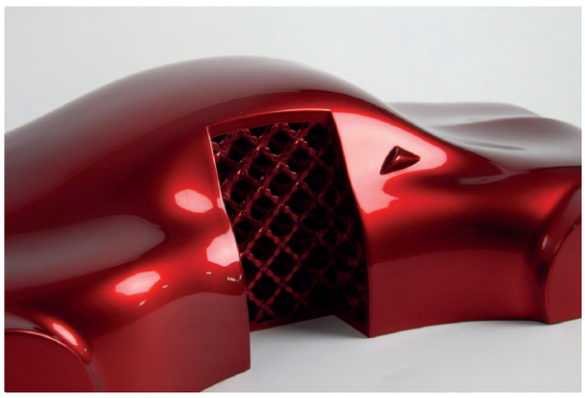
Come in altri ambiti anche nell'automotive la stampa3D sta trovando sempre più posto, complici le numerose migliorie che questa tecnologia può apportare.
In primis la possibilità di velocizzare la fase prototipale, arrivando ad avere elementi funzionali in brevissimo tempo e con costi contenuti, potendo poi applicarci tutte le correzioni necessarie per arrivare alle forme finali.
Essendo l'automotive un ambito molto legato alla meccanica anche qui la possibilità di ottenere pezzi con topologia ottimizzata, più leggeri e prestazionali, e realizzando in un pezzo solo parti che prima necessitavano di successivi assemblaggi ricade positivamente sui costi progettuali e realizzativi.
Non meno importante, i processi additive permettono ai designer di spingersi oltre con la creatività, potendo progettare forme (non solo con funzioni estetiche, ma spesso volte a miglioramenti aerodinamici) impossibili da realizzare con processi tradizionali.
La velocità di questi processi e i costi contenuti per la realizzazione di pezzi unici o piccoli lotti permettono di poter creare rapidamente pezzi di ricambio altrimenti difficili da reperire.

pistone e biella Porsche

CAPITOLO 2:
STAMPA 3D IN AMBITO AUTOMOTIVE

_2.1: Tecnologie di stampa utilizzate

2.1.1 - SLA



La stereolitografia permette di raggiungere il più alto livello di **qualità estetica** tra le varie tecnologie additive, per questo motivo risulta essere quella **più usata** nella prototipazione rapida.
Essa viene utilizzata per realizzare prototipi per verifiche estetiche e prove di montaggio, o per master per stampi di colata e/o pressofusione.
I pezzi stampati per stereolitografia presentano una superficie molto **liscia**, gradevole al tatto e alla vista, e una struttura interna reticolare, che gli permette di essere
Tuttavia questa robustezza non basta per poter realizzare elementi con applicazioni strutturali o che necessitano di alte resistenze meccaniche, ma risulta invece molto adatta per realizzare **showcar** e prototipi da mostrare al pubblico.
Le nuove stampanti industriali SLA permettono di realizzare pezzi monolitici di grandi dimensioni, facilitando la produzione di grossi elementi senza necessitare di incollaggi e assemblaggi.

2.1.2 - FDM

Seconda tecnologia più diffusa in ambito di prototipazione rapida, dopo la stereolitografia, trova ampio spazio anche in campo automotive.
Stampanti professionali di grandi dimensioni vengono utilizzate per realizzare un **gran numero di componenti**, sia destinati ad usi prototipali, sia su auto di serie.
Molti brand automobilistici si affidano a produttori di stampanti, come ad esempio **Stratasys**, per collaborare e personalizzare la produzione secondo le loro esigenze.
L'**ampia gamma di materiali stampabili** attraverso processi di tipologia FDM permette di riuscire ad implementare questa tecnologia in tantissimi punti della propria produzione, e sovente i brand automobilistici progettano e sviluppano materiali nuovi fianco a fianco con i produttori dai macchinari, adattati alle proprie esigenze per avere prestazioni più elevate.
Materiali polimerici derivati dall'ABS, policarbonato, nylon, polimeri resistenti ad agenti atmosferici e/o alte temperature, plastiche rinforzate con polveri metalliche e fibre, la lista di materiali impiegati è molto lunga ed in costante evoluzione.

Di recente i processi FDM hanno cominciato a venire usati anche per produrre in breve tempo e con costi molto bassi **maschere** e **staffaggi** per facilitare il lavoro degli operai.
Avendo parti personalizzate in base al veicolo e al lavoro che va fatto, l'addetto può svolgerlo con più facilità e in maggior sicurezza.

2.1.3 - Polyjet

Tecnologia molto versatile, permette di stampare componenti multimaterici con un'eccezionale **qualità visiva e tattile**.
Attraverso una singola stampa è possibile realizzare elementi composti da materiali di **diverso colore** e **densità**, rigidi ed elastici, opachi e trasparenti, ecc.
Ciò rende questa tecnologia estremamente adatta per la realizzazione di **prototipi dimostrativi**, dove la cura dei dettagli è molto importante, come ad esempio gli interni dei veicoli.
I pezzi stampati sono molto gradevoli alla vista e al tatto, ma non molto resistenti meccanicamente e all'usura, pertanto trovano uso solamente in applicazioni **prototipali** e da show, non per elementi da inserire in veicoli definitivi.

2.1.4 - SLM - EBM

Le tecnologie capaci di sinterizzare **polveri metalliche**, attraverso un laser (SLM) o un fascio di elettroni (EBM) offrono l'opportunità di realizzare prototipi e parti direttamente in metallo pronte per essere testate e utilizzate in maniera funzionale, senza bisogno dello sviluppo di attrezzature.
Queste tecnologie sono molto importanti in **campo meccanico**, e di conseguenza trovano terreno fertile in ambito automotive.

La capacità di realizzare forme estremamente complesse, impossibili da replicare con qualsiasi altro processo produttivo, permette la realizzazione di componenti molto più **leggeri** ma con la **stessa resistenza**, avendo un notevole risparmio di materiale.
La possibilità di sinterizzare un grande numero di **diversi metalli**, ciascuno con le proprie peculiarità, rende possibile utilizzare queste tecnologie per realizzare i più disparati elementi di un veicolo.
Le tecnologie di sinterizzazione di polvere metallica sono idonee a **post lavorazioni** come fresatura, tornitura CNC, trattamenti termici e trattamenti estetici (sia estetici che protettivi), atti a migliorarne ulteriormente le prestazioni.

2.1.5 - MJF

Il processo di **MultiJet Fusion** permette di realizzare prototipi e piccole serie di particolari in tempi più **rapidi** di qualsiasi altra tecnologia di stampa 3D con un livello di **qualità** molto elevato.
Questa tecnologia con sente di produrre anche piccole/medie serie di prodotti finiti riducendo drasticamente i **tempi di produzione** senza nessun limite di fattibilità.
Il materiale **PA12** garantisce buona flessibilità e resistenza, oltre che uno **scarto** di materiale quasi pari a zero, recuperando quello che non viene utilizzato.
Trova largo utilizzo in **funzioni prototipali**, dove è possibile avere in breve tempo elementi precisi, resistenti e gradevoli alla vista.
Si sta sviluppando sempre di più verso un utilizzo in pezzi definitivi, destinati ad essere inseriti nei veicoli in vendita.

2.1.6 - SLS

La sinterizzazione laser selettiva permette la costruzione di oggetti e modelli tramite **sinterizzazione** laser di **polveri** di diversa natura.
Le parti prodotte con tecnologia SLS possono essere utilizzate per verifiche di montaggio, test di ingombro e di forma e per parti definitive per il controllo e l'ottimizzazione dei progetti e dei prodotti sviluppati.
Si utilizza questa tecnologia per realizzare elementi in **nylon** (semplice o caricato con altri materiali, come alluminio, vetro o carbonio) o altri **polimeri**.
La versatilità di questo processo permette di ottenere prototipi molto **dettagliati** e piuttosto **resistenti**, i quali sono adatti anche ad un utilizzo attivo su veicoli, non solamente per prototipi scenografici.

_2.2: Evoluzione tecnologica dell'Additive in campo automotive

L'ambito automotive è un mondo in continua **evoluzione**, che costantemente muta seguendo il progresso tecnologico.
Era naturale che l'additive manufacturing vi si intrecciasse così a fondo.
Inizialmente utilizzata prevalentemente in **fase prototipale**, la stampa 3D ha saputo ritagliarsi sempre più spazio, dimostrando che fosse adatta ad apportare migliorie nello sviluppo dei veicoli.

In origine fu la **stereolitografia** ad inserirsi in dato ambito, era una delle tecnologie di stampa3D più avanzate, e la rapidità con cui si poteva passare da progetto su pc al pezzo tridimensionale, con un'elevata **precisione** dimensionale e una gradevole **finitura** superficiale, faceva gola ai progettisti, avidi di toccare celermente con mano i propri progetti, per verificarne le corrette dimensioni e geometrie, e poter intervenire ove necessario effettuando le dovute correzioni.

L'aumento del numero di tecnologie additive disponibili, ciascuna con le proprie peculiarità, capaci di stampare materiali con diverse proprietà, come ad esempio **polimeri** che simulano altri materiali, hanno agevolato esponenzialmente l'utilizzo di queste tecnologie nella realizzazione dei vari componenti dei prototipi.

Un importantissimo passo è stato fatto dalla possibilità di stampare **metallo**.
La stampa 3D metallica ha permesso di cominciare a realizzare componenti molto più resistenti, consentendo di inserirle in veicoli destinati alla **vendita**, non solo più prototipi ed elementi estetici.
Il continuo sviluppo della stampa 3D del metallo sta permettendo di poter usare sempre più metalli, e ottenere resistenze pari ai pezzi prodotti con processi sottrattivi.
Ciò consente di poter ottenere elementi metallici resistenti quanto quelli non prodotti con additive (o persino di più), con **costi e tempi minori**, avendo al contempo una maggior **libertà sulle forme**.

Quindi possiamo dire che le tecnologie additive si sono inserite gradualmente nel settore automotive, inizialmente occupando solo la parte **prototipale**, in seguito hanno gradualmente trovato spazio anche in fase di **produzione**, prima solo per elementi più ad uso estetico, successivamente anche per **elementi strutturali**.
Il futuro promette automobili completamente stampate in 3D, tecnologie sempre più performanti e versatili potranno permettersi di poter stampare ogni componente del veicolo.
Al giorno d'oggi non è ancora possibile utilizzare queste tecnologie per una **produzione di massa**, non essendo esse in grado di garantire dei costi più contenuti delle controparti prodotte attraverso processi standard.

_2.3: Motivazioni dell'utilizzo dell'additive in campo automotive

2.3.1 - Velocità di sviluppo

Attraverso processi di additive manufacturing si è in grado di ottenere in **breve tempo** le varie parti necessarie alla realizzazione dei prototipi.
In questo modo la **verifica** può venire svolta immediatamente, permettendo di sviluppare i componenti diminuendo di molto i tempi morti tra una correzione e l'altra.
I veicoli sono composti da un gran numero di elementi che devono venire assemblati insieme, ne conseguono tempi di progettazione molto lunghi, applicando questo sistema su tutto l'insieme, i tempi di sviluppo, dall'idea al progetto finale, risultano drasticamente minori.

2.3.2 - Leggerezza

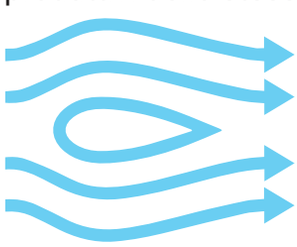
La stampa 3D permette la realizzazione di elementi **cavi** o **scavati** all'interno e di forme complesse, questo significa oltre che **risparmio di materiale** anche risparmio di peso.
Un'auto più leggera consuma meno carburante, inquina meno e ha prestazioni migliori.

2.3.3 - Versatilità

Un singolo macchinario è in grado di realizzare **qualsiasi file** gli venga inviato dai progettisti, l'unica discriminante è la tecnologia utilizzata, che permette di utilizzare un certo tipo di materiale o di avere una determinata finitura superficiale.
Questo significa che con pochi macchinari si è in grado di realizzare **molteplici elementi**, di veicoli anche molto diversi tra loro.

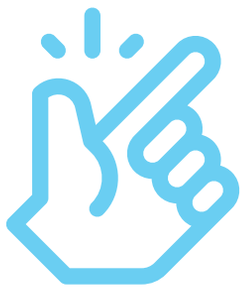
2.3.4 - Aerodinamicità

I processi di additive manufacturing sono in grado di ovviare ai problemi di produzione dei processi tradizionali relativi alle **geometrie** dei pezzi, essendo in grado di realizzare elementi che presentano anche complicati **sottosquadri**, senza particolari difficoltà.
Questa possibilità di realizzare forme molto complesse permette di realizzare elementi totalmente volti all'**aerodinamica**, capaci di aumentare le **prestazioni** riguardo ad una determinata area del veicolo, senza essere costretti ad adattare la geometria in base ai limiti produttivi dello stesso.



Ciò diventa fondamentale nei veicoli ad alte prestazioni e da corsa, dove piccoli flap e spoiler hanno un grosso impatto su **deportanza** e comportamento dell'auto alle alte velocità.

2.3.5 - Facilitazione produttiva



La possibilità di realizzare forme complesse permette anche di riuscire a realizzare in un **pezzo unico** elementi che prima erano composti da **più pezzi**.
Ciò implica avere meno **assemblaggi** da fare, con la conseguente diminuzione dei tempi di produzione e dei costi legati alla manodopera, e una diminuzione del numero di pezzi che compongono il veicolo.

2.3.6 - Costi

Per quanto riguarda **lotti di piccole e medie dimensioni** (prototipi, preserie, personalizzazioni, ricambi su misura, ecc) la stampa 3D permette di riuscire a contenere molto il costo finale, eliminando onerosi stampi e complessi processi produttivi che comporterebbero lunghi ritorni di investimento.
Sul lato produttivo la maggior **rapidità di sviluppo**, di produzione e di assemblaggio consegue un contenimento dell'impatto economico.
La versatilità dei macchinari, capaci di realizzare componenti molto diversi, di vari veicoli, permette di diminuire i tempi necessari per rientrare dell'investimento.

_2.4: Applicazioni

Il grande ventaglio di diverse **tecnologie** di additive manufacturing, capaci di stampare un gran numero di **materiali** di diversa tipologia e con varie particolarità permette il loro utilizzo in svariate applicazioni in ambito automotive.

2.4.1 - Staffaggi

La fabbricazione additiva consente di creare **maschere** e **staffaggi** in modo più rapido e a costi ridotti rispetto ai metodi di fabbricazione attuali, senza compromettere la qualità o le prestazioni.
Gli attrezzaggi stampati in 3D consentono di ottenere notevoli risparmi sui costi, grazie alla rapidità di sviluppo e realizzazione, e alla loro produzione quasi priva di manodopera.
La facilità di **personalizzazione** intrinseca della stampa3D permette di ottenere maschere e staffaggi leggeri e robusti, adattati nelle forme per rispondere alla lavorazione da svolgere, garantendo **ergonomia** e **sicurezza** per l'operatore.

2.4.2 - Carrozzerie

Consentendo la realizzazione di **forme complesse**, i processi di additive sono adatti alla produzione di parti di **carrozzerie** dei veicoli.
Non si vede ancora quest'applicazione su **intere carrozzerie** nei veicoli destinati alla vendita, ma solo su determinati elementi di esse, quali possono essere flap, spoiler, griglie o altri elementi aerodinamici.
Stampare carrozzerie complete per il momento non risulta ancora conveniente rispetto ai **processi tradizionali**, via via sempre più economici all'aumentare della produzione.
Diverso discorso per quanto riguarda i **prototipi**, i quali necessitando di pochi esemplari possono trarre più giovamento da queste tecnologie.

2.4.3 - Elementi meccanici

L'aumento della gamma di materiali stampabili aumenta a sua volta le possibilità di applicazione in elementi del veicolo, come ad esempio pinze freno, scarichi, sospensioni, o parti del motore.
La possibilità di realizzare pezzi più **leggeri**, più **resistenti**, che resistono meglio ad **alte temperature**, permette l'utilizzo di tecnologie additive in varie applicazioni, realizzando componenti più prestazionali, volti ad apportare migliorie al veicolo.

2.4.4 - Prototipi funzionali

Alcune tecnologie additive (in particolare quelli di **sinterizzazione**) sono capaci di stampare oggetti dall'eccellente resa visiva e tattile, utilizzando un ampio range di materiali, anche più di uno nello stesso processo di stampa.
Pertanto la stampa 3D trova largo uso nella realizzazione di **prototipi funzionali**, utilizzando termoplastiche tecniche, resine o metallo permette di rivelare il **comportamento** futuro del prodotto molto prima di doversi impegnare nella produzione.

La possibilità di stampare polimeri che **simulano** altri materiali (come ad esempio gomme o pellami), permette di avere prototipi esattamente uguali nei dettagli a ciò che sarà il veicolo definitivo.

2.4.5 - Telai/elementi strutturali

La crescita esponenziale della possibilità di stampare metalli, pareggiando la resistenza di elementi metallici ricavati con processi sottrattivi dal pieno sta permettendo la realizzazione di **elementi strutturali** dello **chassis** e del **telaio**.
L'ottimizzazione topologica che è possibile ricavare attraverso l'additive fa gola ai progettisti, permettendogli di realizzare telai ed elementi strutturali ottimizzati nelle **geometrie**, con una maggior quantità di materiale nei **punti più critici**, dove le sollecitazioni sono maggiori, e meno materiale dove non c'è bisogno di alte resistenze, garantendo un minor utilizzo di materiale, con conseguente risparmio di **peso**.
In questo modo si possono avere telai composti da un minor numero di pezzi, fino ad arrivare ad avere telai monoblocco, stampati in un pezzo unico.
Come per le carrozzerie però la stampa 3D trova uso ancora quasi esclusivamente per **prototipi**, in quanto una produzione di massa non risulta ancora sostenibile, nè come tempistiche, nè economicamente.

2.4.6 - Rivestimenti

Le tecnologie di additive manufacturing si stanno arricchendo di molti materiali flessibili, morbidi e simulanti gomme e tessuti.
Essi trovano felice applicazione nella realizzazione di **rivestimenti interni**, dove l'additive può vantare la possibilità di realizzare rivestimenti dalle forme e consistenze particolari, per migliorare il **comfort** dell'occupante.

2.4.7 - Personalizzazioni

Chiaramente essendo una delle virtù principali della stampa 3D, la **personalizzazione** di vari elementi è una delle applicazioni possibili dell'additive in campo automotive.
Rivestimenti interni, parti di carrozzeria, coperture del motore, oggetti aftermarket... tantissime sono le possibilità, sia per questioni **estetiche**, sia **funzionali**.
Partendo da un file di base, si può velocemente realizzare qualcosa di personalizzato, in breve tempo e con costi contenuti, anche per tirature di pochi pezzi, o addirittura pezzi unici.

2.4.8 - Ricambi

Il mondo della ricambistica può incontrare numerose **difficoltà**, tra le quali sicuramente quella di non riuscire a trovare il pezzo di cui si necessita, o trovarlo a **costi** esorbitanti perchè deve essere prodotto solo su richiesta, oppure per i quanto riguarda i produttori il dover affrontare elevati costi di **stoccaggio**, per poter avere un magazzino sempre ben fornito, in modo da essere in grado di consegnare qualsiasi ricambio i clienti necessitino.
La stampa 3D permette di realizzare i ricambi secondo la metodologia **just in time**, quando ce n'è richiesta, in breve tempo, e quindi diminuire i costi di magazzino, dove capita di avere pezzi stoccati anche per anni, in attesa che qualche cliente ne necessiti.

Questo metodo just in time aiuta anche per quello che riguarda i ricambi **rari** e **poco richiesti**, come ad esempio un particolare ricambio di un veicolo storico, che non viene più prodotto.
La possibilità di realizzare pezzi unici e piccoli lotti con costi molto infer iori rispetto ai processi tradizionale garantisce una produzione rapida ed economica del componente richiesto.

_2.5: Esempi

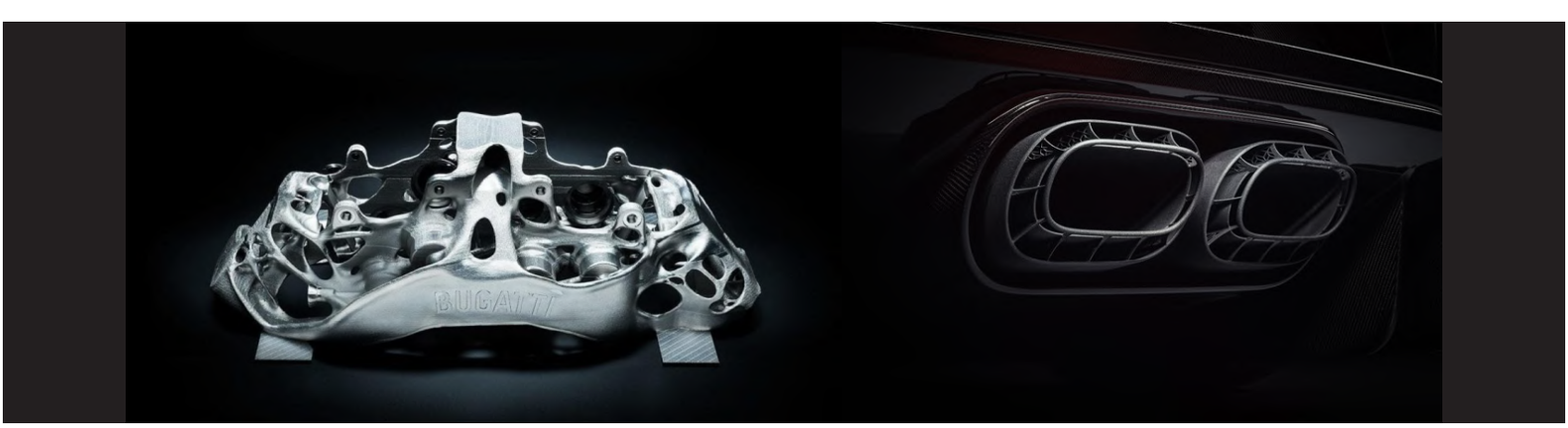
Di seguito alcuni esempi dell'utilizzo di tecnologie additive in differenti applicazioni all'interno dell'ambito automotive:

_Pistoni Porsche 911 GT2 RS

Porsche utilizza un processo di stampa 3D a fusione di metallo (**SLM**) per realizzare una nuova tipologia di **pistoni**, montati sul loro modello top di gamma, la **911 GT2 RS**.
I vantaggi sono molteplici, il laser solidifica le polveri di alluminio solamente dove necessario, eliminando tutto il materiale che non serve, pertanto il **peso** del pistone risulta minore del 10% rispetto al pistone standard.
Al contempo la struttura stampata è capace di sopportare meglio i **carichi**, in quanto generata da un software tridimensionale che ne simula con precisione l'utilizzo.
La miglioria principale è data dal condotto di **aerazione** all'interno della corona del pistone, il quale agisce raffreddando il del pezzo dall'interno, permettendo al motore di lavorare a regimi più alti, ottimizzandone la **combustione**.
Questo condotto non è possibile ottenerlo con nessuna lavorazione dal pieno, solo un processo additivo è in grado di generarlo.
L'inserimento di questi nuovi pistoni nel motore garantisce un **incremento di potenza** di 30cv, portando l'erogazione generale da 700 a 730cv, un incremento non indifferente dato che non viene modificato nient'altro, ma vengono solo sostituiti 6 pistoni.

_Pinze freno e terminale di scarico Bugatti Chiron

Bugatti è da sempre sinonimo di esclusività e attenzione al dettaglio.
Le elitarie hypercar, infatti, sono interamente assemblate a mano in Francia con componenti realizzati con le migliori e più recenti tecnologie disponibili.
La stampa 3D si annovera tra queste, vedendo applicazione nel **terminale di scarico** e nelle **pinze freno**.



Il motore, per erogare correttamente una potenza di ben **1500cv** necessita di un impianto di scarico molto prestazionale, Bugatti realizza la sua cover stampandola in 3D, con uno spessore di appena 0,4mm, con 4200 strati di polvere di **titanio** perfettamente saldati tra di loro.
La resistenza termica e meccanica è estremamente alta, e il risparmio di **peso** è notevole, arrivando a pesare solamente 1,85Kg, un peso incredibilmente basso per uno scarico di quelle dimensioni.
Bugatti sta implementando la stampa 3D anche per realizzare le sue nuove **pinze freno**.
Gli stress che devono sopportare solo molto alti, devono essere in grado di arrestare un veicolo di circa 2 tonnellate capace di superare i 430 km/h.
Ciò significa sopportare surriscaldamenti fino ad oltre **1000°C**, passando da più di 300 km/h a 0.
Per questo motivo Bugatti ha scelto di utilizzare una lega composta dal 90% di **titanio** e dal 10% di **alluminio**, che permette di realizzare le enormi pinze di 41cm di lunghezza, 21cm di larghezza e 13cm di altezza utilizzando solamente 2.9Kg di materiale, con un risparmio del 40% rispetto alle pinze standard.
La **rigidezza** registrata passa da 70GPa a ben 120GPa, ciò significa che la capacità di opporsi alle deformazioni elastiche quasi raddoppia.

_Griglia anteriore Bentley EXP10 Speed6

Bentley ha voluto utilizzare la stampa 3D per mostrare al pubblico come riuscire a realizzare **forme altrimenti impossibili** da ottenere con altri processi.
La loro visione si concretizza col concept **EXP10 Speed 6**, presentato quasi a sorpresa al salone internazionale dell'auto di Ginevra, nel 2015.
L'utilizzo di tecnologie di stampa **SLS** ha trovato applicazione in vari elementi, quali **scarichi**, **maniglie** e **fregi**, di **forme complesse** e difficilmente realizzabili con processi sottrattivi, ma sopratutto nella bellissima **griglia anteriore**.
All'apparenza la classica presente in tutti i loro veicoli, ma guardandola da una certa angolazione appare un **6** al suo interno.
Questo gioco di **prospettiva** è dato dalla complicata geometria delle maglie che compongono la griglia, le quali allineandosi se guardate da un preciso punto svelano il 6, che altrimenti rimane nascosto.

_Cerchione HRE 3D+

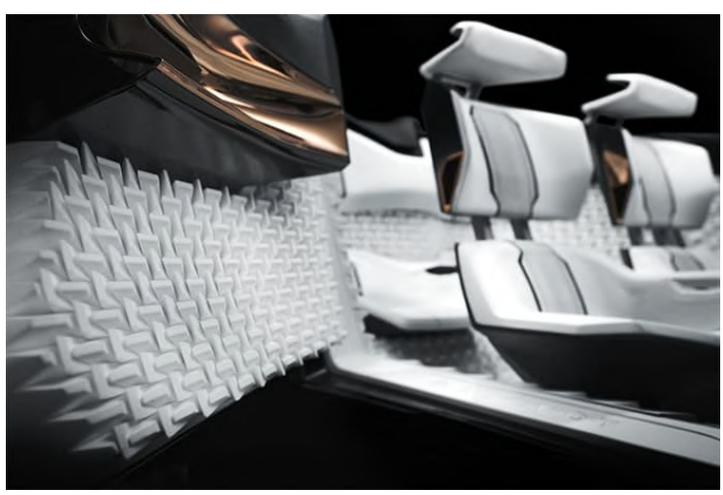
HRE Wheels, leader nel mercato di cerchioni per autoveicoli, ha collaborato con **GE Additive** per la realizzazione di una nuova tipologia di cerchi, sfruttando le potenzialità della stampa tridimensionale.

Il primo progetto, presentato nel 2019 e nominato **3D+**, è una dimostrazione di come la stampa 3D possa modificare profondamente il mercato dei cerchioni ad alte prestazioni.
Realizzato fondendo **polveri di titanio** rinforzate con **carbonio**, attraverso un processo **EBM**, il cerchio risulta più **leggero** del 20%, mantenendo la stessa **resistenza** di un cerchio standard.
Ma il grande vantaggio risulta essere il drastico calo di **materiale di scarto**, problematica ingente nella realizzazione dei cerchioni per autovetture, facendo crollare la percentuale di materiale scartato dall'80% ad appena il 5%.

La possibilità di realizzare geometrie con gradi di complessità estremamente alti ha permesso di arrivare ad avere una forma molto futuristica, impossibile da replicare con processi sottrattivi, e ciò apre la strada ai designer di poter progettare cerchioni dando completamente sfogo alla loro fantasia, senza doversi più preoccupare di **vincoli** realizzativi deti da processi produttivi.
La realizzazione di forme più complesse ha permesso di diminuire anche il numero di parti da assemblare, il nuovo design degli elementi ha consentito la riduzione delle **componenti** della ruota da 6 a 5, con conseguenti risparmi di tempo e manodopera.

_Rivestimento interno Peugeot Fractal

La casa francese, da sempre molto visionaria nelle sue concept car, ha voluto utilizzare processi additivi in maniera curiosa nel suo concept **Fractal**.
Volta ad avere un'**esperienza musicale** di alto livello, la Peugeot Fractal è equipaggiata con un **sistema audio** invidiabile, con 13 autoparlanti di elevata qualità.
Ma la vera sfida era abbassare il più possibile i rumori esterni, i quali possono danneggiare l'acustica nell'abitacolo.
Per questo motivo, con la collaborazione di **Materialise**, azienda belga operante in tutto il mondo nel campo di processi additivi, ha studiato e progettato un rivestimento interno del veicolo che riprendesse le forme di una **camera anecoica**, una geometria non possibile da realizzare attraverso processi standard, ma che ha trovato possibilità realizzative con l'utilizzo di tecnologia **SLS**.
Un rivestimento in **poliammide**, sinterizzata da un laser, ricopre l'80% dell'abitacolo, garantendo un'**insonorizzazione** mai vista su nessun veicolo.



_Allestimenti All.V.iN

ALL.V.iN., azienda bresciana, progetta, realizza e installa impianti elettrici, segnalazioni luminose ed altre apparecchiature speciali per auto, vetture di supporto logistico e uffici mobili.
La ditta fornisce **soluzioni personalizzate** per enti pubblici e privati di tutto il territorio nazionale.
Implementando processi FDM nella loro produzione gli permette di rispondere alle richieste dei clienti in **tempi** più rapidi, potendo realizzare soluzioni con elementi **adattati** al veicolo da allestire.

_XEV LSEV

La startup cinese con sede a Torino XEV, in collaborazione con la cinese **Polymaker**, ha realizzato il prototipo **LSEV**, una piccola citycar elettrica, attraverso l'utilizzo si tecniche di stampa 3D.
La mission di questa vettura è mostrare che processi additivi possono venire utilizzati nella produzione in serie di veicoli.
La LSEV è progettata per essere **interamente stampata**, pertanto l'auto è composta da circa **200 parti**, contro una media intorno alle 3000 nei veicoli tradizionali, ciò si ripercuote sui **tempi di assemblaggio**, per produrre e montare interamente una LSEV bastano 3 giorni.
Il minor numero di pezzi le consente anche di risparmiare sul **peso**, che non supera i 450Kg e di allungare l'**autonomia** della piccola batteria fino a 150km.
La produzione tramite stampa 3D permette una veloce **personalizzazione** di molti componenti, utile in un'ottica di **car sharing** (uno dei principali utilizzi per cui è stata progettata), dove le varie compagnie organizzatrici vogliano peculiarità che le differenzino tra loro.
Il contenimento del numero di componenti e dei tempi di assemblaggio permette di avere un prezzo di vendita decisamente minore rispetto ad altre autovetture, con un listino intorno agli 8000€.

_Sedili Porsche

Porsche ha realizzato il primo sedile con imbottitura stampata in 3D montato su un'auto destinata al pubblico.
Viene stampata la **sezione centrale** del sedile, ed è disponibile la scelta tra 3 differenti livelli di **rigidità** del materiale, a scelta del cliente.
Il sedile si compone di un supporto in **polipropilene espanso**,
dove si posa lo strato di **poliuretano** stampato in 3D, e un rivestimento esterno in **Racetex**, un tessuto tecnico traspirante sviluppato da Porsche.
Questa imbottitura a strati viene posizionata sul classico guscio del sedile.
Inizialmente verranno montati solo su 40 veicoli di clienti scelti, successivamente verranno implementati come optional su tutti i loro veicoli sportivi **di serie**.

_Staffaggi linea di montaggio Volkswagen

Volkswagen negli ultimi anni ha implementato l'utilizzo della stampa 3D non solo nella realizzazione di futuri veicoli, ma anche come **supporto** per la produzione di quelli attuali.
Le auto pur montando molti componenti in comune hanno forme diverse tra loro, pertanto ogni modello necessita di **attrezzature** dedicate in linea di montaggio.
Progettare e costruire queste attrezzature richiede molto tempo e alti investimenti di denaro, Volkswagen ha deciso di implementare processi di stampa 3D per realizzare questi attrezzaggi, come **maschere**, **staffaggi** e **altri utensili** per aiutare gli operatori a svolgere la mansione più rapidamente, con meno rischi di **errori** e in completa **sicurezza**.

La casa tedesca dichiara di aver in questo modo avuto un grande **risparmio di tempo e denaro**, ad esempio per realizzare le maschere per posizionare i vetri e i montanti sulla carrozzeria attraverso processi tradizionali (e quindi affidandosi a terzi) necessitavano per ogni pezzo di 180€ e 8 giorni per la realizzazione e consegna, utilizzando invece stampanti 3D all'interno dello stabilimento si scende a soli 35€, e 6 giorni di produzione.

_Ricambi W12 Audi

La casa di Ingolstadt ha deciso di ricorrere a processi di additive per realizzare i pezzi di ricambio dei suoi motori **W12**, montati sulle auto più lussuose fino a pochi anni fa, ora **fuori produzione**.
Non essendo state prodotte in un gran numero queste auto non necessitano di un parco ricambi molto ampio, però è necessario avere sempre i pezzi disponibili, in caso di **necessità** da parte dei proprietari.

Per questo motivo Audi ha deciso di realizzare i componenti sfruttando processi **SLM**, per realizzare i ricambi espressamente **su richiesta**, stampandoli in metallo, rapidamente.
In questo modo non si crea magazzino, che comporterebbe uno spreco di denaro, non avendo molta richiesta di pezzi per questo motore, ed al contempo avere sempre disponibili dopo pochi giorni tutti i componenti che possono risultare necessari.

CAPITOLO 3: “IL CARRELLO PORTAUTENSILI”

_3.1: Spiegazione: “Cos’è e come funziona”

Un carrello portautensili è un elemento che si pone **alla base** di ogni officina.
Consente di avere gli attrezzi a **portata di mano**, evitando di dover tornare sempre al banco di lavoro per prendere ciò che serve.
Esso è un **armadietto dotato di ruote**, in modo da poterlo spostare agevolmente con sè.
Analizzando le offerte presenti sul mercato si nota che le declinazioni di questo strumento sono infinite, per poter sopperire alle richieste più differenti.

3.1.1 - Forma

Le dimensioni oscillano in un **ampio range** dimensionale, si passa da piccoli armadietti, poco più grandi di un comodino, a vere e proprie cassettiere, di notevoli dimensioni, per poter contenere carichi di strumenti considerevoli.
Visivamente si presenta come un **parallelepipedo** dotato di ruote, con una serie di cassetti sul lato frontale.

3.1.2 - Piano di lavoro

Il piano superiore viene utilizzato per **effettuare lavorazioni** e per **appoggiarci strumenti**, pertanto deve essere **pratico** e **resistente**, facile da **pulire** e da sistemare.
I carrelli più economici non hanno un piano di lavoro superiore, il che rende l’utilizzo più difficoltoso.
I piani di lavoro sono realizzati con diversi materiali, tra i quali possiamo trovare svariati materiali **plastici** (meglio se antiscivolo e/o antiolio), **acciaio** e **legno**.

3.1.3 - Ruote

Punto di **contatto** tra carrello e suolo, le ruote hanno il delicato compito di far muovere agevolmente un carrello carico di pesanti strumenti di lavoro.

Devono resistere a **carichi importanti**, si arriva a parlare di centinaia di kg, ed essere in grado di muoversi su superfici irregolari, talvolta macchiate di sporcizia varia o oli, senza rendere la movimentazione troppo difficoltosa.
Le ruote possono essere di varie dimensioni, più il loro diametro è grande più risulterà facile muovere il carrello.
Possono essere **girevoli** o **fisse**, alcuni carrelli ne propongono 2 girevoli e 2 fisse, ma per avere una maggior agilità del carrello è necessario equipaggiarne 4 girevoli.
Alcune di esse presentano un **freno a pedale** che consente di bloccare il carrello sul posto.

Equipaggiarne 2 con freni e 2 senza permette di poter effettuare piccoli lavori sul carrello, mentre il montaggio di 4 ruote tutte con freno integrato permette di avere un carrello molto più stabile, in modo da poter effettuare lavorazioni che richiedono più sforzo applicato sul piano di lavoro.

3.1.4 - Strumentazione interna

Chiavi inglesi, a tubo, brugole, cacciaviti, tronchesi, martelli, ecc...
La lista degli **strumenti** utilizzati dai meccanici è estremamente lunga.
Durante il lavoro non si sa mai con precisione di quale si avrà bisogno, pertanto è necessario che nel carrello siano presenti più strumenti possibile, per poter far fronte all'esigenza del momento.
La maggior parte dei carrelli vengono venduti **vuoti**, e sarà l'utente a riempirli nel modo che reputa più congeniale.
Alcuni carrelli offrono la possibilità di avere già i **cassetti pieni** di strumenti, totalmente o solo in parte, per potersi adattare meglio a esigenze e budget della clientela.
Esistono alcuni brand che permettono di **personalizzare** in fase di acquisto **la strumentazione** interna, il cliente sceglie tutti gli elementi di cui ha bisogno, e vengono inseriti su un piano di **materiale espanso**, tagliato a misura, in modo che ogni strumento abbia il proprio spazio riservato.
Questa soluzione facilita notevolmente l'ordine interno del carrello, ma **impedisce l'aggiunta di ulteriori elementi**.

3.1.5 - Cassetti

I cassetti sono il cuore del carrello portautensili, dove tutti gli **strumenti** vengono riposti.
Devono garantire ordine, in modo che l'utente possa trovare velocemente gli utensili di cui necessita.
Una strumentazione di qualità è molto **costosa**, pertanto i cassetti devono poter garantirne la sicurezza, questo è il motivo per cui quasi tutti i carrelli presentano una **serratura** per poter **chiudere a chiave** i vari cassetti.
I carrelli più economici montano cassetti con **guide a scorrimento** semplici, quelli di qualità superiore montano carrelli con **guide a cuscinetti**, che ne permettono un'**estrazione del 100%**, facilitando la presa degli strumenti posizionati più in fondo.
L'**apertura accidentale** dei cassetti può essere un problema molto fastidioso, per questo motivo alcuni carrelli presentano una maniglia che la previene, essa appoggia su un piccolo dente interno, venendo tirata leggermente **verso l'alto** prima di far scorrere il cassetto questo dente (che svolge la funzione di fermo di sicurezza) non tocca più sulla maniglia, e il cassetto può essere estratto.
Una volta chiuso nuovamente, il dente torna a fermare il cassetto.
Un altro problema pericoloso è il **ribaltamento** del carrello.

Gli utensili pesano molto, se vengono aperti più cassetti insieme il baricentro si posiziona fuori dall'area del carrello, ed esso ribalta in avanti.
Se ciò capita, può essere **pericoloso** per l'utente, per ciò che si trova nelle vicinanze e per gli strumenti all'interno che possono rovinarsi.
A questo problema si sopperisce equipaggiando un **sistema anti ribaltamento**, che consiste nel consentire ai cassetti di essere aperti **uno per volta**, finchè un cassetto è aperto non è possibile estrarne un altro.

_3.2: Analisi utenza

L'utenza si può suddividere in due macrocategorie: i **meccanici professionisti** e gli **amatori**, che utilizzano il carrello in modo differente tra loro.

3.2.1 - Professionisti

Il meccanico professionista utilizza il carrello **tutti i giorni**.
La sua mansione consiste nell'effettuare lavori meccanici all'interno dell'officina, pertanto il carrello viene sottoposto ad un **utilizzo intensivo**.
Fa uso di **utensileria professionale**, di qualità, e in linea di massima conosce bene le lavorazioni che va ad effettuare.

3.2.2 - Amatori

Il meccanico amatore si declina in una moltitudine di varianti.
Può essere **esperto o meno**, utilizza **utensili più economici** e talvolta non dispone di quelli necessari per la lavorazione che deve effettuare, **arrangiandosi** con quelli in suo possesso.
L'**uso** che fa del carrello è **saltuario**, principalmente nel **tempo libero**, come ad esempio weekend o periodi di vacanza.

3.2.3 - Aspettative dell'utenza

Nonostante le due utenze necessitino di carrelli con caratteristiche differenti, si possono trovare **punti in comune** tra le aspettative della clientela:

-Poter eseguire lavori lontano dal banco:

Il carrello deve risultare "un prolungamento" del banco di lavoro.
Deve permettere di eseguire i lavori necessari in **qualsiasi punto** dell'officina o del garage, sia al chiuso che all'aperto, diminuendo il più possibile la **necessità** del meccanico di **dover tornare al banco**.

-Migliorare il flusso di lavoro:

Il carrello deve essere **pratico** e **ordinato**.
Il meccanico utilizza un gran numero di strumenti diversi, potendo trovare velocemente quelli necessari in quel momento si abbassano notevolmente i tempi morti dati dalla loro **ricerca**, velocizzando il flusso di lavoro.

-Non dare problemi nel tempo:

La sua **resistenza** è un fattore importante, e le sollecitazioni **chimiche** e **fisiche** a cui è sottoposto sono molteplici.
Un carrello deve poter durare nel **tempo**.

-Poter eseguire il lavoro in sicurezza:

Fattore **importante** in tutta l'officina, il carrello non deve fare eccezione.
Il suo utilizzo non deve risultare pericoloso per il meccanico né deve poter **arrecare danno** a oggetti limitrofi.

_3.3 - Esigenze derivanti

3.3.1 - Esigenze di carattere tecnico-costruttivo

_resistenza del materiale ad usura, solventi e agenti chimici

Il carrello è soggetto a ricevere colpi, graffi, ecc... pertanto il materiale deve poter **sopportare** queste **sollecitazioni** senza danneggiarsi troppo.
In officina è solito usare oli, solventi e altri prodotti chimici aggressivi, utilizzare un materiale troppo delicato significherebbe rovinarlo velocemente.

-facilità nel trasportarlo senza faticare

Essendo un carrello semovente deve risultare **comodo da movimentare**.
Gli strumenti all'interno possono raggiungere un **peso considerevole**, ciò comporta maggior difficoltà nel suo spostamento.
Il carrello deve risultare semplice da muovere anche a **pieno carico**.

-Limitazione dei danni causati dal suo urto accidentale

Non deve capitare, ma una disattenzione può fare in modo che il carrello vada a **colpire accidentalmente** altri elementi presenti in officina, quali altri mobili, muri o veicoli.
è importante che questi urti arrechino **meno danni possibile** a ciò che colpiscono.

3.3.2 - Esigenze di carattere funzionale

-possibilità di effettuare un gran numero di differenti lavori in loco

La versatilità di un carrello permette di affrontare **più lavori diversi** senza costrignere il meccanico a tornare al banco.

-possibilità di collegare strumenti di lavoro ad una presa elettrica

Sempre più **elettroutensili** stanno trovando spazio nelle officine, collegarli direttamente al carrello consente di poterli utilizzare lontani dal banco senza l'utilizzo di prolunghe.

-possibilità di poter ancorare elementi al carrello per poterli lavorare

Può capitare che il meccanico debba forare, stringere o tagliare elementi metallici, azioni che comportano un grande **sforzo** sull'elemento da lavorare.
Ciò comporta che l'elemento debba essere **ben ancorato**, per evitarne movimenti.

-possibilità di posizionare minuterie e piccoli pezzi in un luogo sicuro, senza che possano cadere

Viti, bulloni, chiodi, rondelle e altre decine di elementi di piccole dimensioni possono facilmente andare **perduti**, per questo devono sempre essere stipati in vani che non li facciano cadere.

-velocità nel trovare lo strumento necessario

Più tempo si spreca a cercare lo strumento necessario, più tempo si toglie al lavoro.
Un carrello ordinato, in cui l'utente sa perfettamente dove trovare ciò di cui necessita, rende il lavoro **più fluido** e **meno frustrante**.

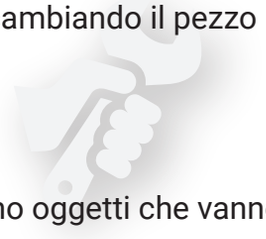
-aiuto nell'accorgersi immediatamente se uno strumento non è al suo posto

Un carrello ordinato permette di rendersi conto rapidamente se manca uno strumento, in modo da andare immediatamente alla sua **ricerca**, prevenendo **smarrimenti**.

3.3.3 - Esigenze riguardanti il mantenimento

-possibilità di effettuare manutenzione al carrello con facilità

Una corretta **manutenzione** è fondamentale per aumentare la durata del carrello, avere materiali semplici da **pulire** e poter **intervenire** su piccoli danni cambiando il pezzo danneggiato permette una manutenzione semplice e corretta.



-presenza di strumenti di pulizia rapidi da raggiungere

Può capitare che utilizzando solventi e agenti chimici si sporchino oggetti che vanno puliti celermente, per evitare che si rovinino **irrimediabilmente**.
Avere **strumenti di pulizia** sempre sottomano aiuta questo processo, evitando al meccanico di dover andarli a prendere al banco, o, ancora peggio, mettersi a **cercarli**.

3.3.4 - Esigenze riguardanti la sicurezza

-Impossibilità di ribaltamento

Il carrello una volta carico ha un **peso considerevole**, dovesse ribaltare diventerebbe molto **pericoloso** per il meccanico che lo sta usando, oltre che per gli altri elementi che potrebbe colpire.
Un ribaltamento comporterebbe anche un probabile **danneggiamento degli strumenti** all'interno, e la **rottura dei cassetti**.

-Immobilità durante sforzi creati da lavorazioni su di esso

Il carrello deve risultare sempre **stabile**, anche durante lavori sopra di esso che comportano **sforzi** notevoli.

-Assenza di punte o elementi taglienti scoperti

Chiunque passi attorno al carrello deve essere certo di non rischiare di **ferirsi** con esso.

-Prevenzione dal furto di strumenti all'interno quando l'utente non è presente

Il carrello contiene utensili costosi, e deve preservarli da **malintenzionati**.
Se l'utente si allontana deve essere certo che tutta la sua strumentazione sia al **sicuro**.

-Cattiva conduzione elettrica

Il carrello non deve condurre bene l'elettricità, in caso si appoggiasse sopra un elemento da riparare che dovesse avere una **dispersione elettrica** il meccanico deve poter toccare il carrello senza rischiare.

3.4: Benchmark

In questo benchmark viene valutato un campione di **20 differenti carrelli** portautensili presenti sul mercato.

Essi sono stati messi in relazione attraverso 7 diversi **parametri**:

_Portata del carrello;
_Fascia di prezzo;
_Facilities disponibili;
_Colori disponibili;
_Numero di cassetti;
_Estrazione dei cassetti;
_Rapporto peso-volume

Ogni carrello riceve una valutazione da **1** a **10** per **ciascun parametro**, in base a quanto soddisfa quel requisito.
Successivamente viene fatta una **media** tra tutte le valutazioni del carrello, in modo da conferirgli un **punteggio definito**.

In conclusione viene stilata una **classifica**, per ordinare i 20 campioni da quello più prestazionale a quello meno.

Lista carrelli presi in esame:

ABC Tools
3192-6

Arebos
7 cassetti

BAHCO
HUB77

Beta
C37

Eberth
WW2-1005

Einhell
TCTW 150

Fasano
101V

Fervi
C190

Frontier
TC 309

George Tools
Black Line 28 Premium

HBM
10 cassetti + armadio

Hoffmann
Garant 6

Kraftwelle
KW 2020

KS Tools
Racing Line

Stanley
6 drawer roller cabinet

Tectake
Carrello attrezzi

Unior
Eurovision 940 EV6

USAG
513 B6V

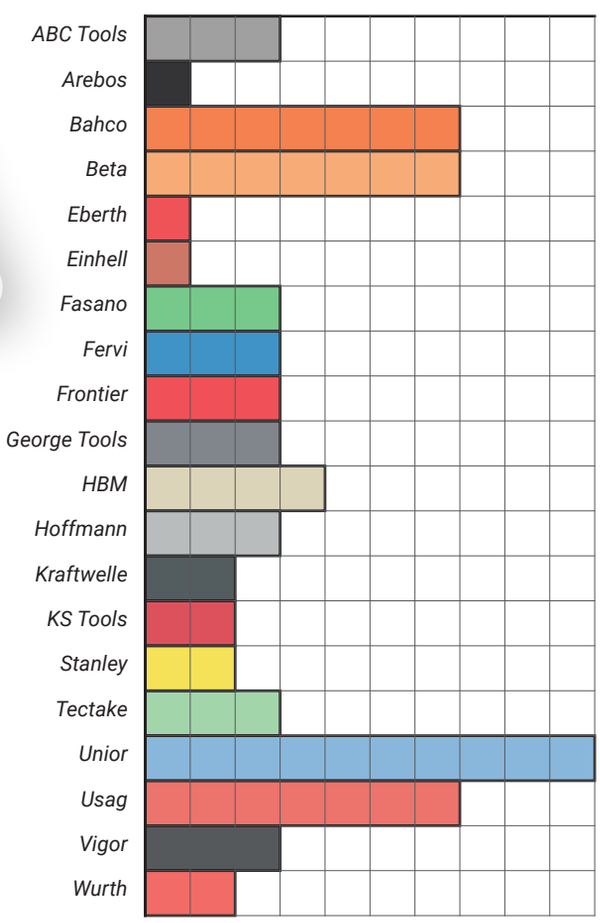
Vigor
V5489

Wurth
Basic 8.8

Portata carrello

Peso statico che il carrello è in grado di sopportare in regime di sicurezza.

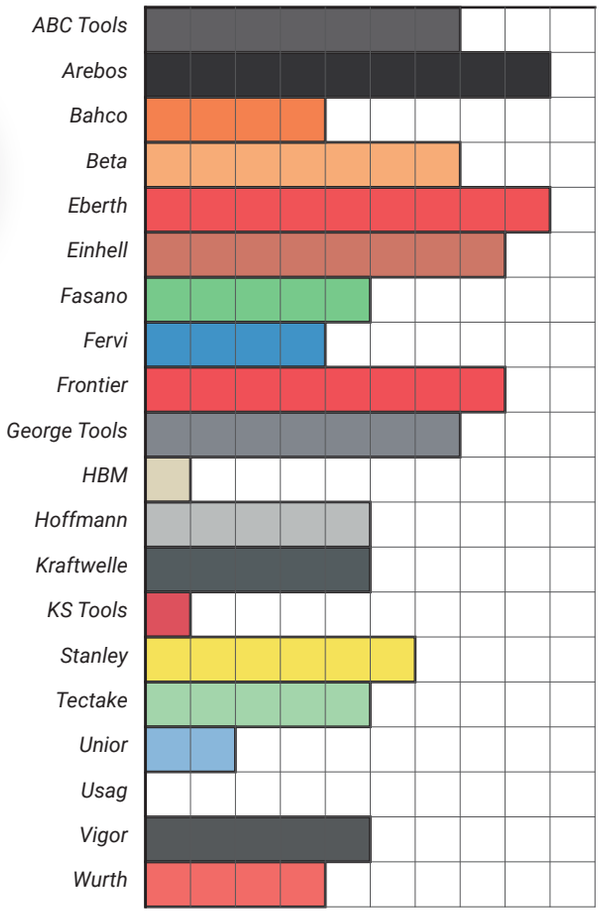
0	- di 150 kg
1	150 kg
2	300 kg
3	450 kg
4	600 kg
5	750 kg
6	900 kg
7	1050 kg
8	1200 kg
9	1350 kg
10	1500 kg



Fascia di prezzo

Prezzo medio da rivenditore

0	+ di 1000€
1	900 - 1000€
2	800 - 900€
3	700 - 800€
4	600 - 700€
5	500 - 600€
6	400 - 500€
7	300 - 400€
8	200 - 300€
9	100 - 200€
10	- di 100€

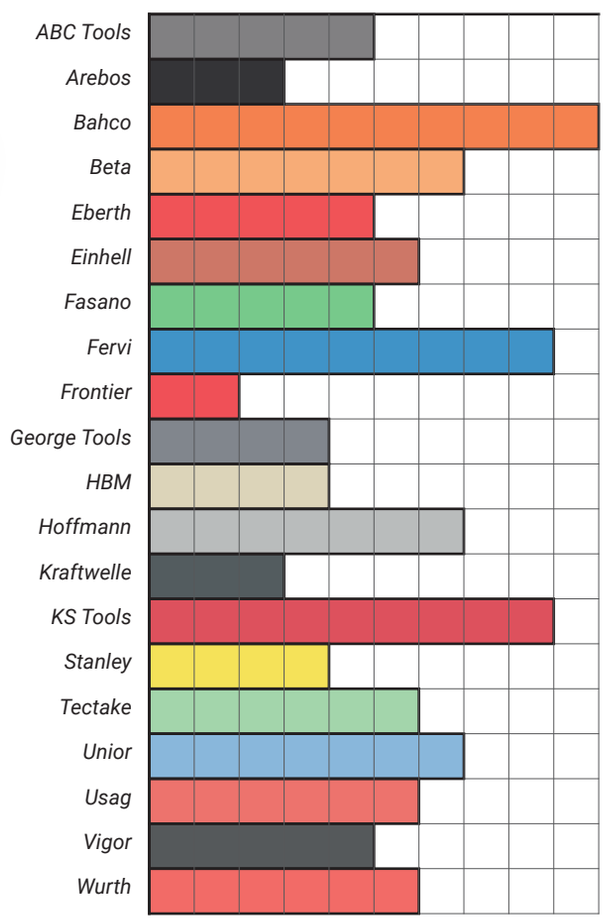


Facilities

caratteristiche presentate dal carrello

punteggi:

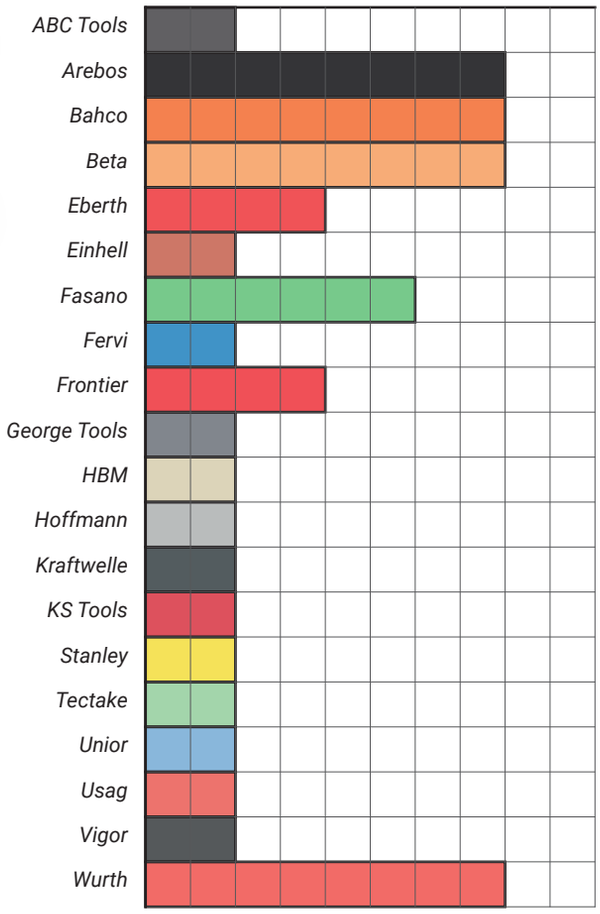
- piano di lavoro: 2pt (1 se portautensili)
- antiribaltamento: 1pt
- paracolpi: 1pt
- serratura: 1pt
- maniglia: 1pt
- strumentazione: 0pt se non c'è, 1pt se è disponibile, 2pt se è configurabile
- possibilità elementi aggiuntivi: 1pt
- freni su 2 ruote girevoli: 1pt



Colori disponibili

Varianti cromatiche disponibili di fabbrica

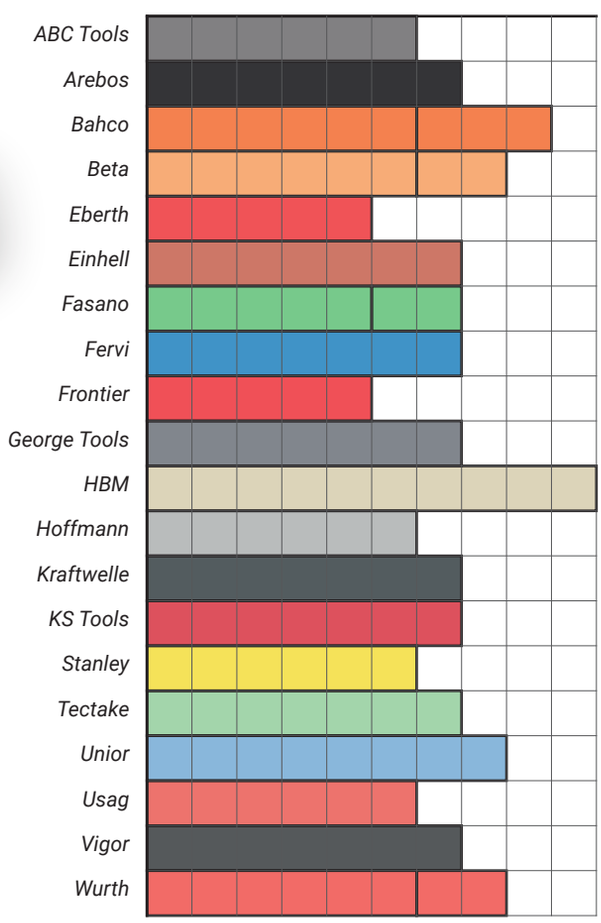
0	-
1	-
2	1 colore disponibile
3	-
4	2 colori disponibili
5	-
6	3 colori disponibili
7	-
8	4 colori disponibili
9	-
10	5 colori disponibili



N° cassetti

Numero dei cassetti frontali estraibili

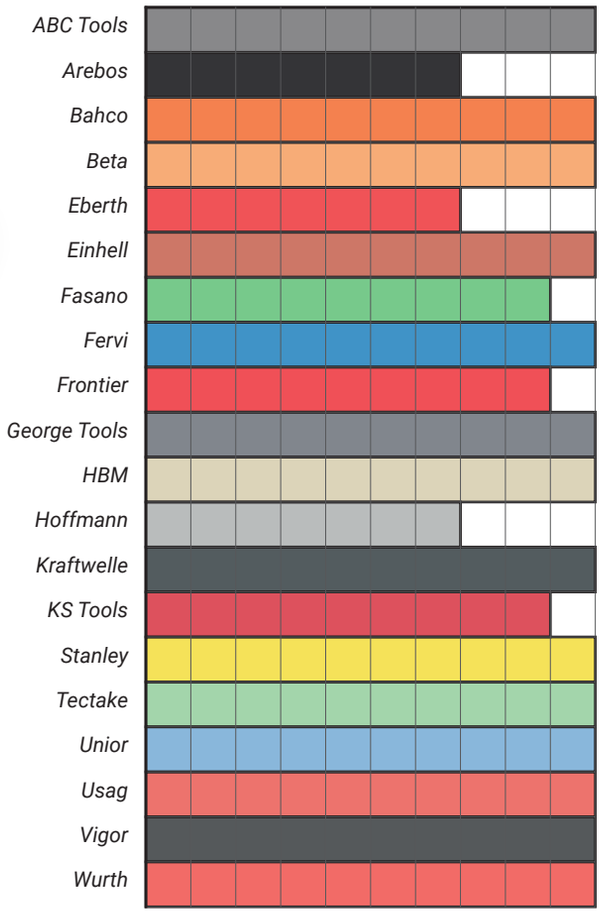
0	-
1	1
2	2
3	3
4	4
5	5
6	6
7	7
8	8
9	9
10	10



Estrazione cassetti

Percentuale di estrazione del cassetto dal carrello

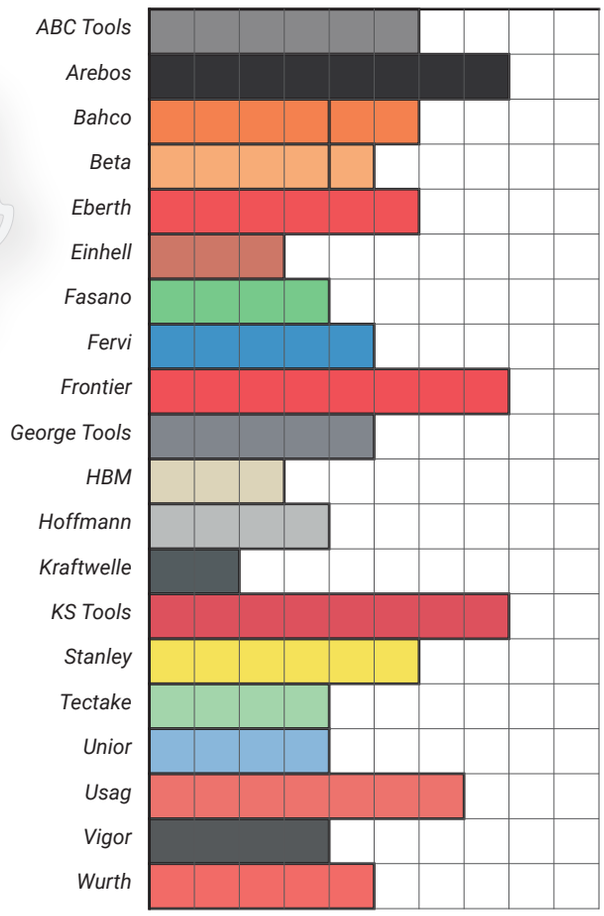
0	-
1	10%
2	20%
3	30%
4	40%
5	50%
6	60%
7	70%
8	80%
9	90%
10	100%



Rapporto peso/volume

Il rapporto tra il peso del carrello (vuoto) e il suo volume totale.

0	250 kg/m³
1	235 kg/m³
2	220 kg/m³
3	205 kg/m³
4	190 kg/m³
5	175 kg/m³
6	160 kg/m³
7	145 kg/m³
8	130 kg/m³
9	115 kg/m³
10	100 kg/m³



Valutazioni dei singoli carrelli:
(media aritmetica dei punteggi)

ABC TOOLS:	5,6
AREBOS:	6,1
BAHCO:	min 7 max 7,7
BETA:	min 6,6 max 7
EBERTH:	5,3
EINHELL:	5,3
FASANO:	min 5,3 max 5,6
FERVI:	5,7
FRONTIER:	5,6
GEORGE TOOLS:	5,4
HBM:	4,9
HOFFMANN:	4,9
KRAFTWELLE:	4,4
KS TOOLS:	5,4
STANLEY:	5,1
TECTAKE:	5,3
UNIOR:	6,1
USAG:	5,4
VIGOR:	5,1
WURTH:	min 5,9 max 6,1

*Le valutazioni dove sono presenti un **minimo** ed un **massimo** si riferiscono a carrelli che possono essere configurati con un **diverso numero di cassetti**.*
*Cambiando il parametro del numero di cassetti cambia anche il **peso**.*
*Pertanto sono stati valutati con il **maggiore** e con il **minore** numero di cassetti, per ottenere un risultato più completo.*

Migliori Carrelli

BAHCO HUB77	7,7
BETA C37	7
AREBOS 7 cassetti	6,1
UNIOR Eurovision 940 EV6	6,1
WURTH Basic 8.8	6,1

Peggiori Carrelli

KRAFTWELLE KW2020	4,4
HBM 10cassetti + armadio	4,9
HOFFMANN Garant 6	4,9

CAPITOLO 4: PROPOSTA

_4.1: Linee guida di progetto

Le esigenze raccolte in precedenza sono state trasformate in **linee guida** di progetto, in modo da ideare un **elaborato coerente** con lo scenario in cui si andrà ad inserire

-Maneggevolezza

Il carrello deve poter essere **trasportato con facilità** dall'utente, permettendo di spostare in un viaggio solo tutti gli strumenti necessari per il lavoro, senza faticare.

Facile da muovere e trasportare
Ruote che scorrono bene
Peso contenuto

-Praticità - Usabilità

Il carrello non deve intralciare un **lavoro pulito ed ottimizzato**, consentendo all'utente di sapere sempre dove si trovano gli strumenti necessari

Cassetti capienti e materiale ordinato
Fissaggio pezzi da lavorare sul carrello

-Sicurezza

Il carrello deve consentire un **utilizzo** da parte dell'utente **costantemente in sicurezza**, senza rischiare di arrecare danno a persone o cose.
Deve anche impedire **furti** o **manomissioni** degli strumenti quando l'utente non è presente.

Chiusura centralizzata
Antiribaltamento-Anti apertura accidentale
Paracolpi

-Durabilità - Manutenibilità

Il carrello deve **durare nel tempo**, e l'utente deve poter effettuare con facilità interventi di **ordinaria manutenzione**, in modo che il carrello possa risultare sempre in buono stato.

Materiali semplici da pulire
Pezzi di ricambio

-Produzione

Lo studio verte sulle migliorie che le **tecnologie di stampa 3D** possono apportare in uno scenario di officina meccanica, pertanto il suo utilizzo nella produzione dei componenti è necessario.

Produzione tramite additive manufacturing

_4.2: Carrello *SATELLITE*

Il carrello che è stato progettato prende il nome di **SATELLITE**.

Definizioni del termine “satellite”:
(fonte Treccani)

“*In origine*: guardia del corpo, persona armata che accompagna e segue ovunque un monarca, un principe, un potente”
“*In astronomia*: corpo celeste che ruota attorno a un pianeta”
“*In informatica*: elaboratore collegato a un altro di dimensioni maggiori, a favore del quale compie funzioni di elaborazione ausiliaria o preventiva, pur potendo svolgere anche compiti di elaborazione autonomi”

La funzione del carrello è **accompagnare l’utente** nei vari spazi dell’officina, **seguendolo** e **aiutandolo** nei lavori, minimizzandogli la necessità di tornare al **banco principale** per effettuare le lavorazioni occorrenti.
Esso prende la funzione di un **satellite del banco di lavoro principale**.
In officine professionali di dimensioni maggiori, dove si trovano più dipendenti insieme, ognuno dotato del suo personale carrello, il concetto di satellite viene massimizzato, il **banco principale** è **unico**, e tanti suoi **satelliti** si trovano **sparsi nell’officina**, ognuno personalizzato sul proprio dipendente, per ottimizzare il suo flusso di lavoro.

SATELLITE

4.2.1 - Overview

Il carrello **Satellite** presenta una forma parallelepipeda, come la maggior parte dei carrelli presenti sul mercato.
Le sue **dimensioni** sono anch'esse in linea con la concorrenza, un'**altezza** complessiva di 1000mm (900mm il carrello + 100mm dati dalle ruote), una **larghezza** di 800mm e una **profondità** di 500mm lo rendono **molto capiente**, ma al contempo facile da inserire anche in ambienti non molto ampi.

Il **lato frontale** ospita ovviamente il vano per i **cassetti**, e appena sopra di essi, in modo che siano più facili da raggiungere, il set di **prese elettriche** (una Schuko, due europee standard e tre USB) e la **serratura centralizzata**.

Il **lato destro** contiene il **vano personalizzabile**, un'area "jolly" che consente all'utente di sfruttare un volume spesso inutilizzato in un complemento del proprio carrello.
Sopra di esso uno **sportello** semplice da aprire consente di raggiungere la **batteria**, posta dietro alle prese frontali.

Il **lato sinistro** ospita nella parte alta un **piano a scorrimento**, il quale una volta estratto aumenta l'area di appoggio del carrello.

L'**area superiore**, anch'essa **personalizzabile**, è pensata per poter ottimizzare l'esperienza di lavoro dell'utente.

Sugli **spigoli** verticali dei morbidi **paracolpi** ne permettono una movimentazione in sicurezza, contenendo i danni da collisioni accidentali.
Una **maniglia rimovibile**, inseribile su entrambi i lati, ne permette uno spostamento più agevole.

4.2.2 - Corpo

Il corpo principale del carrello ha l'importante compito di donare **rigidità strutturale** all'intero carrello.
Per questo motivo è necessario utilizzare materiali **metallici** anzichè plastici, per garantire una corretta resistenza sotto sforzo, permettendo alla struttura di poter trasportare pesi importanti senza subire **danni**.

Si è deciso di utilizzare una tecnica di additive manufacturing denominata **SLM** (Selective Laser Melting), la quale utilizza un **fascio laser** a fibra ad alta intensità per fondere un **letto di polveri metalliche**, layer dopo layer.
I pezzi realizzati tramite SLM hanno una **resistenza molto alta**, quasi pari ad un semilavorato ricavato dal pieno, e tolleranze ottime, in più consentono di ottenere **elementi metallici cavi**, o con **densità interna variabile**, permettendo un enorme **risparmio di peso**, senza intaccarne la solidità strutturale.
Un risultato del genere è ottenibile **esclusivamente** con tecnologie di **additive manufacturing**.

Sono presenti sul mercato svariati software di **ottimizzazione topologica**, i quali, una volta caricato il file contenente il tridimensionale da realizzare, ne trasformano il volume interno in geometrie chiamate **lattices**, dei **reticolati tridimensionali** a densità variabile, che **diminuiscono** drasticamente il **materiale** da utilizzare, e conseguentemente il **peso**, valutando autonomamente le **sollecitazioni** che il pezzo stampato dovrà essere in grado di sopportare.
In questo modo il pezzo stampato **visivamente** sarà perfettamente **liscio**, come uno prodotto con processi standard, ma **internamente** sarà **reticolato**, con densità maggiore nei punti più sollecitati, e minore dove la geometria non è soggetta a sforzi.

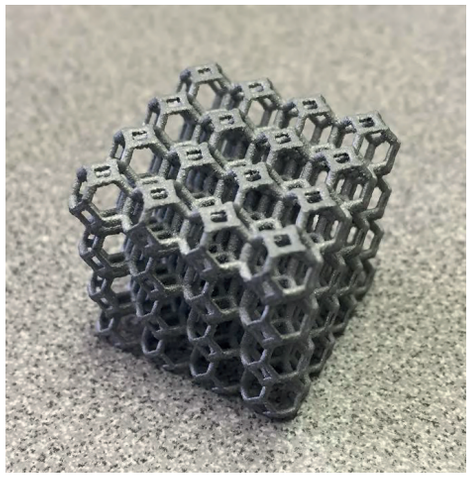
La lista di metalli stampabili attraverso processi SLM è in continua crescita, per questa applicazione si è deciso di utilizzare l'**alluminio**, per l'ottimo rapporto prestazioni-prezzo e per la sua facilità di reperimento.

L'alluminio è uno dei metalli **più utilizzati** nelle officine meccaniche, questo perchè risulta essere un metallo molto **semplice da lavorare**, e si presta bene ad un numero estremamente alto di applicazioni, nei più disparati ambiti, grazie alle sue proprietà.
Ciò comporta che venga prodotta un'enorme quantità di **trucioli di alluminio** come **materiale di scarto**.
Trasformando questo materiale di scarto in **polvere**, attraverso una fine **triturazione** (e conseguente depurazione per eliminarne impurità), essa può essere utilizzata come **materiale di fusione** per realizzare il corpo del carrello.

TRUCIOLI | **POLVERE** | **BLOCCO DI ALLUMINIO**

Questo processo consente di **realizzare nuovi strumenti per l'officina partendo da scarti provenienti da altre officine**, garantendo uno **spreco** vicino allo **zero**, perchè quasi la totalità della polvere non utilizzata per la realizzazione del carrello viene raccolta e utilizzata nella stampa successiva.

Un processo produttivo simile è l'Electron Beam Melting (**EBM**), che differenzia dall'SLM per il fatto che anzichè un fascio laser viene utilizzato un **fascio di elettroni**, e in questo caso il pezzo estratto deve subire una **post produzione** in un forno.
La scelta è ricaduta sul processo SLM in quanto quello EBM risulta essere molto più **costoso**.

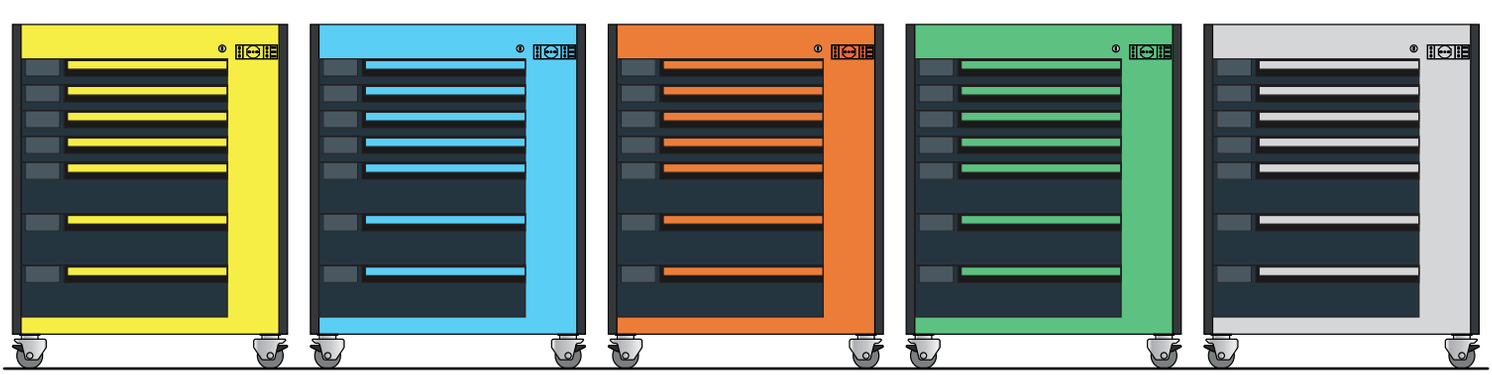


Questo è un esempio di struttura lattice realizzata in alluminio, attraverso un procedimento additive di fusione di polvere metallica.
Esperimento effettuato dalla Purdue University, in Indiana (USA) per studiare la resistenza delle strutture lattices.
Il risultato è un cubo di lato 24mm, con un peso di soli 3,9g, ma capace di resistere ad un carico di 408kg prima di rompersi.

Per ipotizzare il peso della struttura, occorre rapportare il volume del corpo principale con il volume del cubo realizzato dalla **Purdue University**.
Quel cubo misura 24mm di lato, e ha un volume di 13.824mm³.
La parte metallica di **Satellite** ha un volume di circa 83.700.000mm³, rapportando il peso otteniamo una struttura incredibilmente leggera, pari a solamente **23,6kg**.

La stessa struttura piena, in alluminio, avrebbe un peso di circa **226kg** (peso specifico dell'alluminio = 2,7g/cm³).
Per ottenere una struttura più leggera occorrerebbe utilizzare lamiere di alluminio sottili, facendo però crollare drasticamente la portata e la resistenza del carrello.

Il corpo del carrello viene successivamente verniciato, con vernice epossidica per renderlo più resistente agli agenti chimici.
Sono disponibili 5 differenti tinte, per venire incontro ai gusti della clientela.



4.2.3 - Cassetti

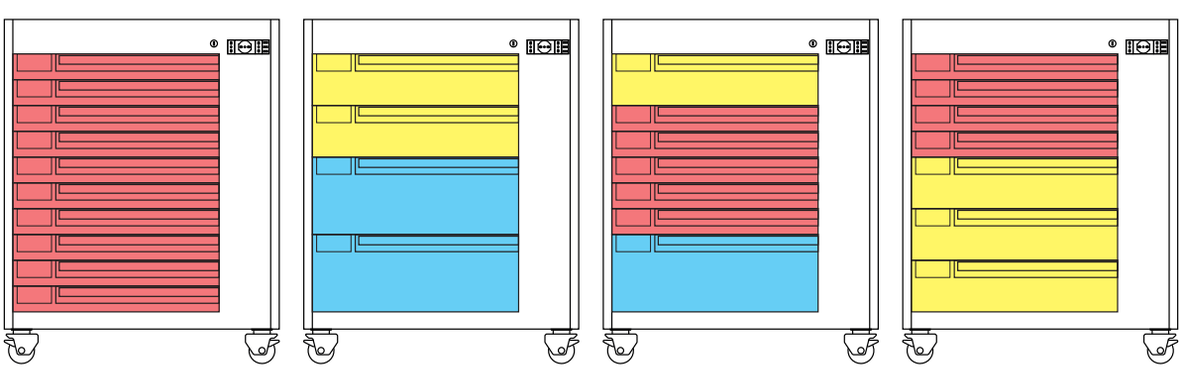
Si è scelto di realizzare **3 differenti tipologie** di cassetti, che differenziano nell'**altezza**.
Rispettivamente di 75mm, 150mm e 225mm, le 3 altezze consentono di contenere differenti tipologie di attrezzi.
Tutti i cassetti hanno una **larghezza** di 600mm e una **profondità** di 430mm.
Il loro **volume interno** misura 410x532mm, altezza 55mm, 130mm o 205mm, rendendoli particolarmente **ampi**.
Affianco alla maniglia è presente un'area 100x50mm dove poter inserire una **targhetta di riconoscimento**, in modo da poter sapere dove si trova l'utensile che si cerca ancora prima di aprire il cassetto.

Per poter aprire il cassetto è necessario tirare leggermente la maniglia verso l'alto, questo sistema previene l'**apertura accidentale** dei cassetti, per una maggior sicurezza.
Sempre per ragioni di sicurezza non è possibile aprire più di un cassetto insieme, nel momento in cui un cassetto viene aperto tutti gli altri vengono bloccati da un **sistema anti tilt**, per evitare il possibile ribaltamento del carrello in avanti.
Un ulteriore strumento di sicurezza dei cassetti è rappresentato dalla **chiusura centralizzata**, una serratura sopra di essi permette di chiudere a chiave tutti i cassetti insieme, rendendo impossibile la loro apertura a chi non è autorizzato.

Il vano adibito ad ospitare i cassetti ha un'altezza di 750mm, e viene diviso in **10 slot**.
Il cassetto **basso** occupa **uno slot**, il cassetto **medio** ne occupa **due**, mentre il cassetto **alto** arriva ad occuparne **tre**.
L'acquirente, in fase di configurazione, deve posizionare i cassetti che preferisce in modo da **riempire questi 10 slot**, sfruttando le tre tipologie di cassetti, nell'ordine e quantità che preferisce, in base all'utilizzo che intende farci per il suo lavoro.

Esempi di personalizzazioni

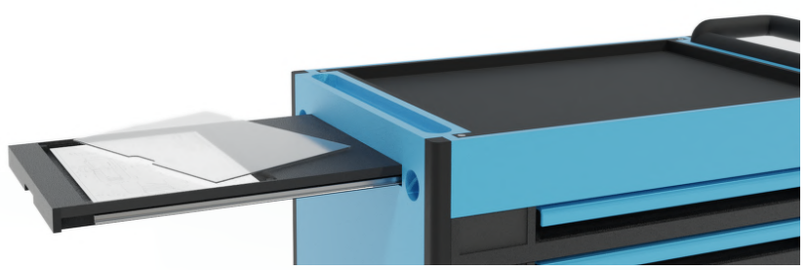
altezza 75mm
altezza 150mm
altezza 225mm



I cassetti sono realizzati in **metallo**, e vengono montati su **guide telescopiche a cuscinetti**, che ne consentono un'**estrazione del 100%**, facilitando la presa degli oggetti al loro interno.
Le guide misurano 50x13mm, e hanno una lunghezza di 400mm.
Sono dotate di **sistema soft-close**, che permette una chiusura dolce, evitando che il cassetto si chiuda sbattendo.
La parte esterna della guida viene saldata al corpo del cassetto, quella interna viene saldata al cassetto, e successivamente viene assemblato il tutto.
Ogni cassetto può sopportare **70kg** di peso al suo interno.

Sul **lato sinistro** è presente un **cassetto supplementare**, di dimensioni 550x320mm.
Si presenta come un ripiano supplementare, per aumentare l'area d'appoggio del carrello.
Su di esso è presente un **incavo** di 240x310mm, su cui poggia un piano in **plexiglas trasparente**.
Questo incavo è stato pensato per inserire **fogli A4**, con le istruzioni dei lavori da fare, o appunti utili per l'utente, senza che possano muoversi e venendo **protetti** dal plexiglas.
Questo piano risulta ottimale per posizionarci un **PC portatile**, permettendo al meccanico di averlo con sè, senza doverlo posizionare sul piano superiore del carrello, rischiando di **sporcarlo** o di **danneggiarlo**.

Il cassetto laterale ha una **maniglia ad incavo**, in modo che da chiuso sia a filo e non esca dal volume del carrello.
Da chiuso **scompare completamente**.
Scorre su delle **guide a cuscinetti** di dimensioni 17x10mm, lunghezza 500mm, dotate di un'estensione di 404mm.
Il cassetto ha una portata massima di **10kg**.



4.2.4 - Ruote

Per quanto riguarda le ruote si è scelto di utilizzare un prodotto **facilmente reperibile** sul mercato.

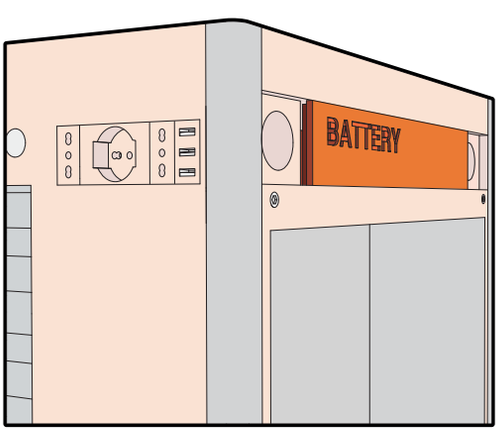
Ciascuna ruota è **piroettante**, per rendere il carrello più **agile** e **semplice da muovere**, ed ognuna di esse è provvista di un **freno a pedale**.
Ciò consente di bloccare tutte e quattro le ruote, aumentando notevolmente la **stabilità** del carrello da fermo, ottimo se dovesse essere necessario effettuare lavorazioni con forti sforzi applicati.

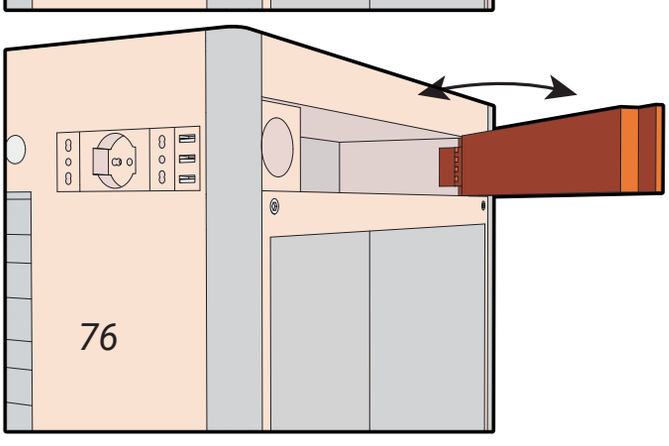
Il corpo ruota è realizzato in **polipropilene**, con coperchio di protezione, mentre la fascia, ovvero il "battistrada" della ruota, il punto di contatto col suolo, è realizzato in **TPR**, una gomma termoplastica che consente di avere un **ottimo grip** anche su superfici sconnesse, sporche o oleose.
Le ruote sono dotate internamente di **cuscinetti a sfera**, che ne consentono una miglior scorrevolezza e una maggior durata.
La ruota è già comprensiva di una piastra di fissaggio con fori diametro M8, permettendone un **comodo montaggio** sul carrello con 4 bulloni per ruota.

Il **diametro** delle ruote è di 75mm, ed ogni ruota è composta da 2 rotelle di larghezza 25mm, pertanto la larghezza complessiva della ruota gemellata è di 50mm.
Ogni ruota può resistere ad un peso di **150kg**, portando il carrello a poter sopportare un **carico complessivo di 600kg**, una prestazione ottima.

Essendo imbullonate e facilmente reperibili sul mercato, la loro **sostituzione**, in caso di necessità, risulta molto semplice ed immediata.

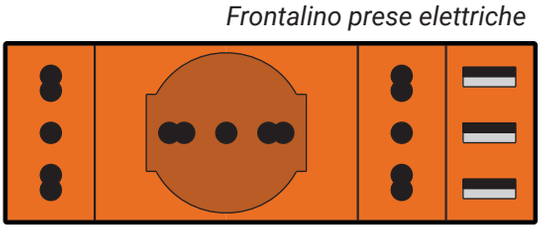
4.2.5 - Batteria





Il carrello è dotato di comodissime **prese di corrente** sulla parte alta del lato frontale, per collegare **devices** e **elettroutensili**.
Le prese sono alimentate da una **batteria** posta dietro di esse.
Per raggiungerla è necessario aprire un piccolo **sportello** posizionato sul lato destro, sopra al vano laterale.
Lo sportello è fissato al corpo principale con una **cerniera**, rendendolo agevole da aprire.

Frontalino prese elettriche

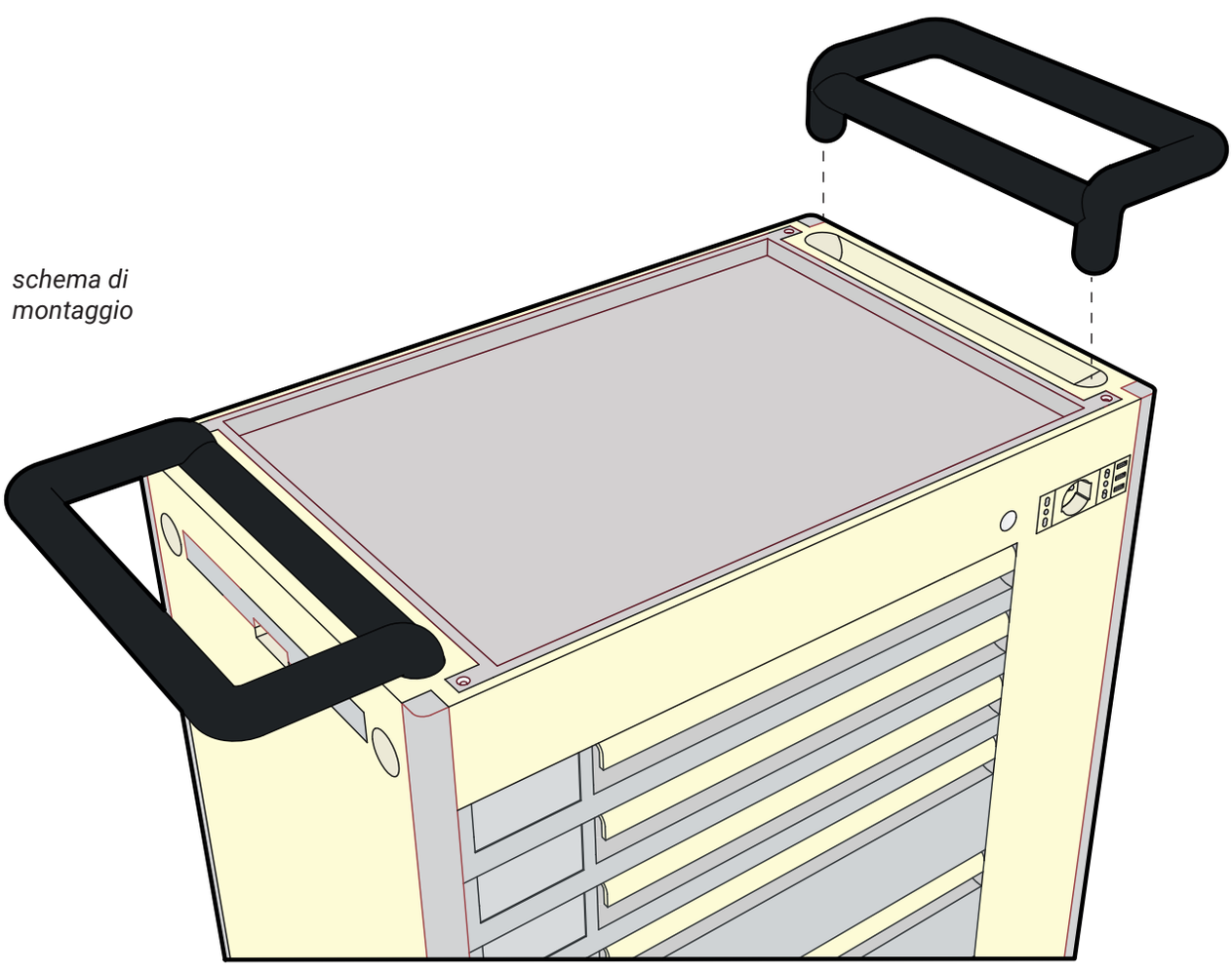


4.2.6 - Maniglia

La maniglia è un **elemento essenziale** di un carrello, perchè ci consente di spostarlo più o meno agevolmente.
La comodità di averla sul lato destro o sul sinistro dipende dal momento, a volte l'utente è più comodo ad usarla per "tirare" il carrello, altre volte può essere più comodo ad usarla per "spingerlo".
Ciò dipende da molti fattori variabili, per questo motivo è stata ideata una **maniglia rimovibile**.
Stampata in 3D attraverso un processo **MJF** (multi Jet Fusion) in **Nylon**, la maniglia risulta essere **leggera**, **resistente** e con un buon **grip**.

Il carrello presenta **due fori per ciascun lato corto**, i perni della maniglia vengono inseriti in questi fori, e una traversa appoggia su uno scasso a misura sul piano del carrello, in modo da renderla ancora più solidale.
I fori non sono ciechi, ma presentano un'**uscita laterale**, in modo da non raccogliere al loro interno sporcizia e/o oggetti di piccole dimensioni.

Una volta non più in uso può essere **rimossa** e **posizionata nei cassetti** (medio o alto), riducendo l'**ingombro** del cassetto, aiutandone lo stoccaggio in aree più ristrette.



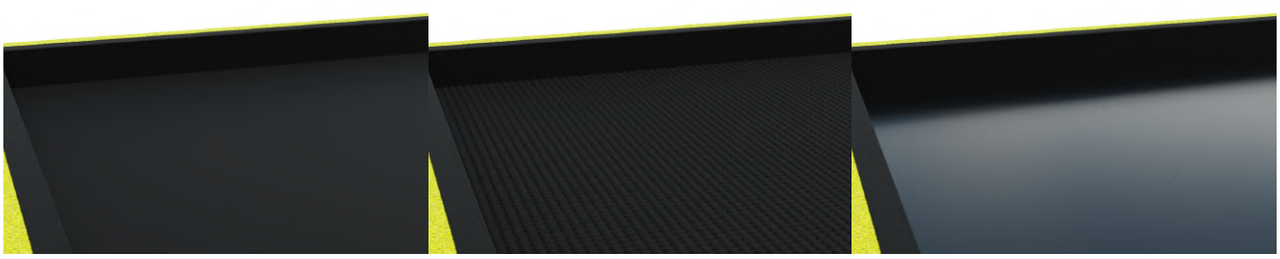
schema di montaggio

4.2.7 - Piano superiore

L'area superiore è il punto del carrello che il meccanico utilizza per effettuare le proprie **lavorazioni**, pertanto deve rispecchiare il più possibile il gusto e le esigenze dell'utente.
Attraverso la stampa 3D **MJF** è possibile realizzare un piano **100% custom**, definito dal cliente.

L'**area utile** misura 450x650mm, e ha dei **bordi rialzati** di 20mm, per evidare la caduta accidentale di oggetti.

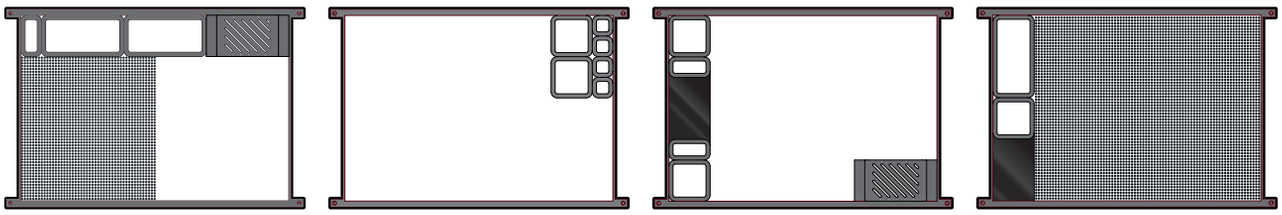
La **finitura del piano** si può scegliere tra 3 diverse tipologie, **liscia**, **zigrinata** o **magnetica**, e si possono selezionare anche solo per una parte dell'area, **combinandone** più di una insieme.
(la finitura magnetica viene realizzata incollando a quella liscia un sottile foglio magnetico).



Finitura liscia *Finitura zigrinata* *Finitura magnetica*

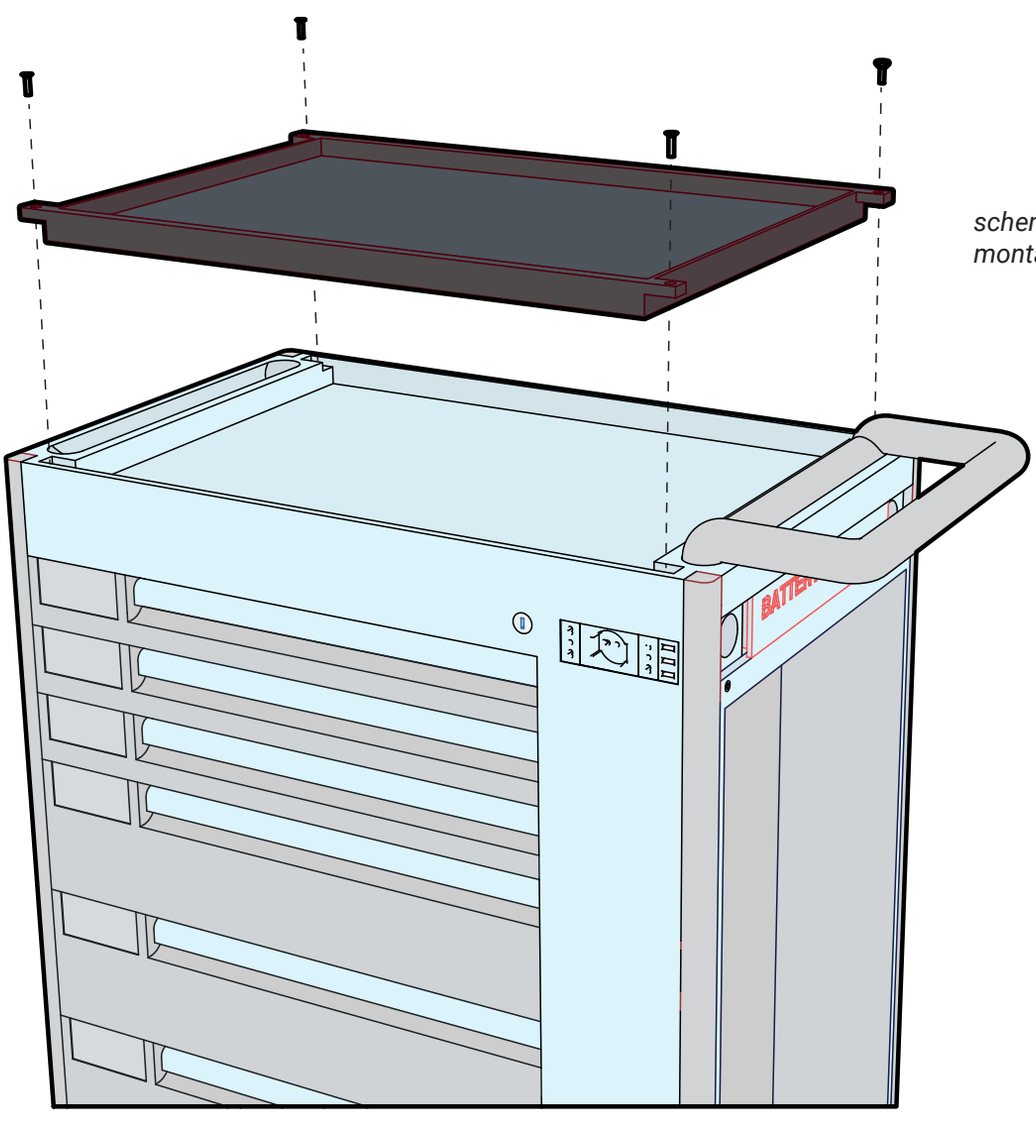
Sono selezionabili 4 diversi **vani portaoggetti**, due quadrati e due rettangolari, entrambe le forme sono disponibili in 2 dimensioni.

Un pratico **sistema di fissaggio per una morsa** completa la serie di optional, si presenta come un piccolo ponte preforato con numerose asole, per permettere il fissaggio di qualsiasi morsa, le quali possono variare di dimensioni dei fori.
Avendo asole allungate si adatta alle dimensioni di ciascuna morsa, consentendo di imbullonarla correttamente.



Esempi di personalizzazioni

L'acquirente **imposta** il proprio piano selezionando gli elementi che preferisce e posizionandoli nell'area, successivamente il piano viene stampato in **Nylon** attraverso stampa 3D **MJF** in un **pezzo unico**, per dare maggior solidità al tutto.
Viene inserito nel vano del carrello a misura, e 4 **viti di sicurezza** poste agli angoli ne impediscono movimenti accidentali.
Essendo avvitato il piano risulta **rimovibile**, permettendone il **ricambio** se dovesse rovinarsi o se l'utente volesse utilizzarne uno **differente** in futuro.



schema di montaggio

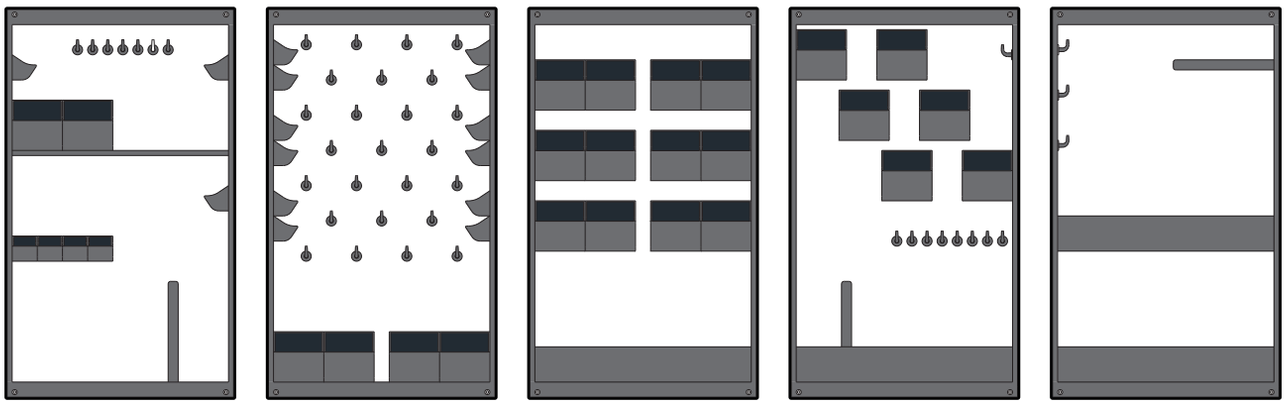
4.2.8 - Vano laterale

Sul lato destro del carrello, sotto alla batteria, si trova un vano di dimensioni 710x430mm, profondo 140mm.

Anche quest'area, come il piano superiore, è **completamente personalizzabile**, secondo i propri **gusti** e le proprie **esigenze**.
L'idea di utilizzare il volume laterale come complemento del carrello deriva dal fatto di volere **sfruttare al massimo** tutto il **volume del carrello**, riducendo al minimo le zone non utilizzate.

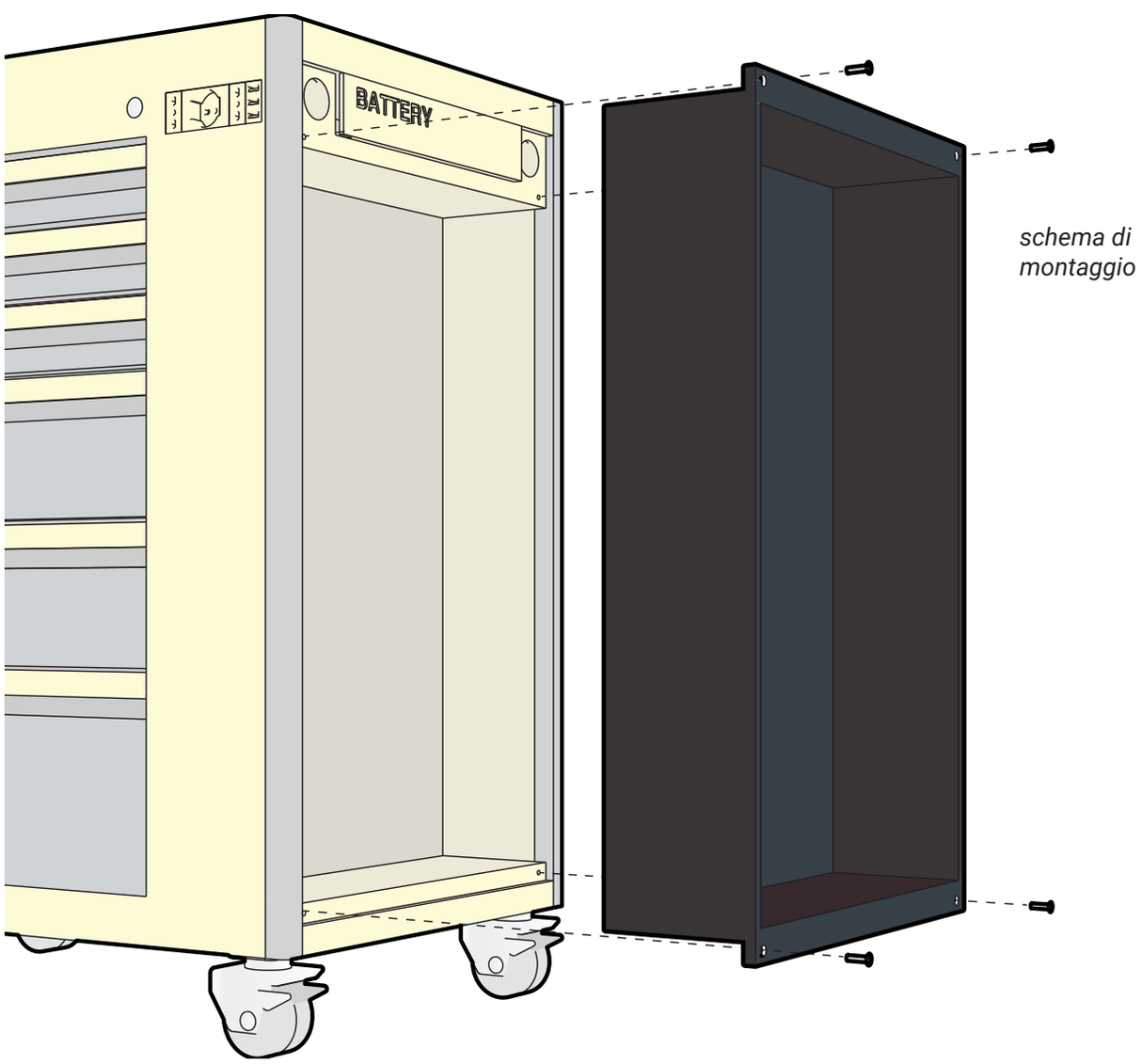
Gli **optional** selezionabili sono più numerosi di quelli relativi al piano superiore, sono disponibili:
Scatole portaoggetti di due differenti dimensioni, più capienti o meno;
Ganci per appendere utensili;
Portarotolo, per poter avere sempre con sè un rotolo di carta, in modo di essere in grado di pulire celermente la sporcizia;
Divisori, di tre tipi, una paratia frontale da posizionare in basso, una mensola semplice e una mensola con paratia frontale integrata;

Si può anche montare una comoda **anta**, viene fissata con due cerniere, e possiede una **serratura**, la quale può essere chiusa con la **stessa chiave** usata per i **cassetti**, per poter proteggere gli oggetti al suo interno.



Esempi di personalizzazioni

Proprio come il piano superiore, anche per il vano laterale, dopo che il cliente ha posizionato gli optional come ne necessita, viene creato un file tridimensionale e stampato in 3D con processo **MJF**.
Viene stampato in un **blocco unico**, per renderlo più solido e resistente, in **Nylon**.
Anch'esso viene inserito nel carrello a misura e fissato con 4 **viti di tenuta**, per renderlo **rimovibile** in caso di necessità.



schema di montaggio

_4.3: Benchmark aggiornato

Benchmark precedente, aggiornato analizzando anche il carrello **Satellite**.

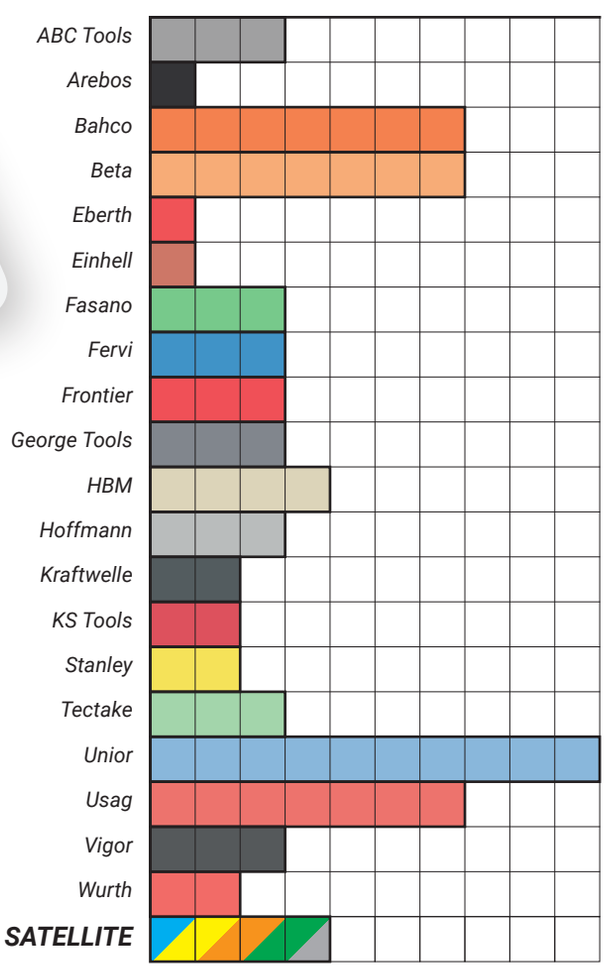
La **portata del carrello** è fissata a **600kg**, ovvero il carico sopportabile dalle **ruote**.
La tecnologia di stampa3D nonostante sia in crescita è ancora un processo relativamente costoso, pertanto si è ipotizzato un **prezzo di vendita** per il carrello di circa **700€**.
Le **facilities** prese in esame sono state tutte soddisfatte.
Avendo **5 tonalità cromatiche** disponibili, anche riguardo i colori viene attribuito il punteggio pieno.
Riguardo al **numero di cassetti** il punteggio può cambiare molto, variando da un **minimo di 4** ad un **massimo di 10** cassetti.
L'**estrazione dai cassetti** è del **100%**, garantendo punteggio massimo anche qua.
Il **peso della struttura** è di appena **23,6kg**, a cui vanno aggiunti i cassetti e i vani laterali, tutti comunque elementi piuttosto leggeri, sono ipotizzati (in eccesso) **35kg totali**.
Relazionando questi 35kg al volume totale del carrello otteniamo un incredibile **rapporto peso/volume** di **75kg/m³**, molto lontano dai valori di tutti gli altri carrelli, i quali oscillano tra 130 e 210kg/m³.

Questi dati gli fanno raggiungere un **punteggio variabile tra 7,4** (equipaggiato con soli 4 cassetti) e **8,3** (equipaggiato con 10 cassetti), ponendolo **in testa** a tutti gli altri carrelli presi in esame.

Portata carrello

Peso statico che il carrello è in grado di sopportare in regime di sicurezza.

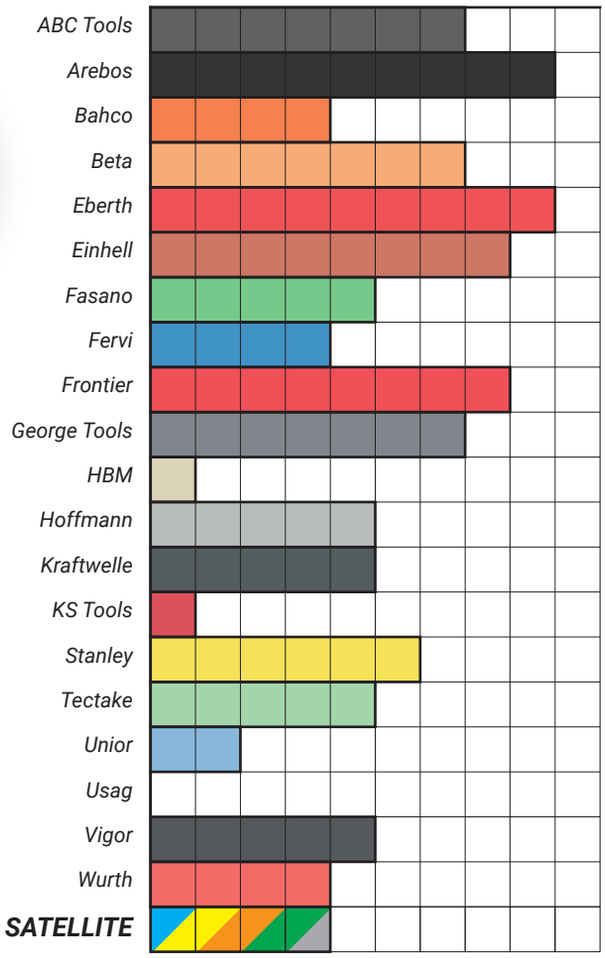
0	- di 150 kg
1	150 kg
2	300 kg
3	450 kg
4	600 kg
5	750 kg
6	900 kg
7	1050 kg
8	1200 kg
9	1350 kg
10	1500 kg



Fascia di prezzo

Prezzo medio da rivenditore

0	+ di 1000€
1	900 - 1000€
2	800 - 900€
3	700 - 800€
4	600 - 700€
5	500 - 600€
6	400 - 500€
7	300 - 400€
8	200 - 300€
9	100 - 200€
10	- di 100€

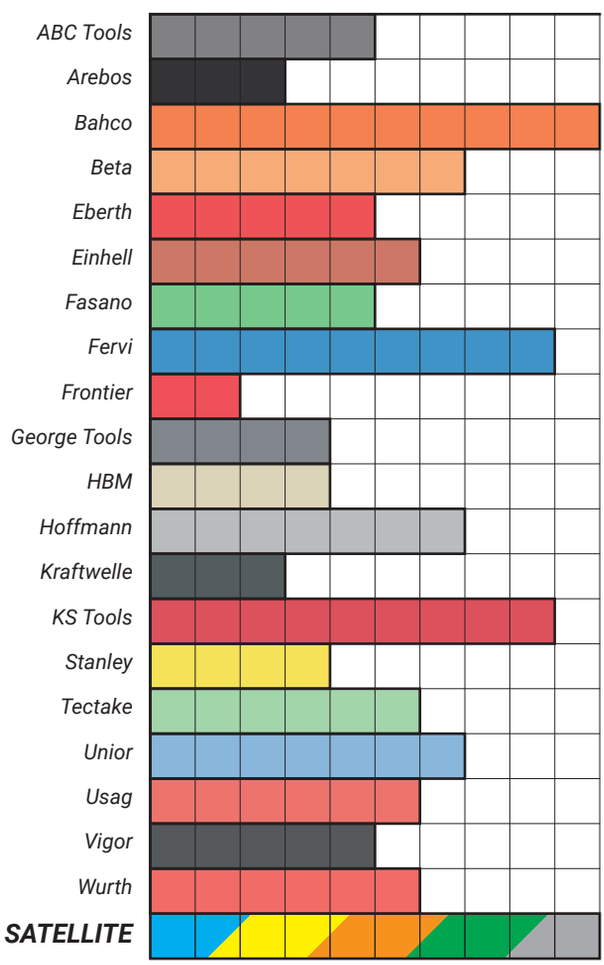


Facilities

caratteristiche presentate dal carrello

punteggi:

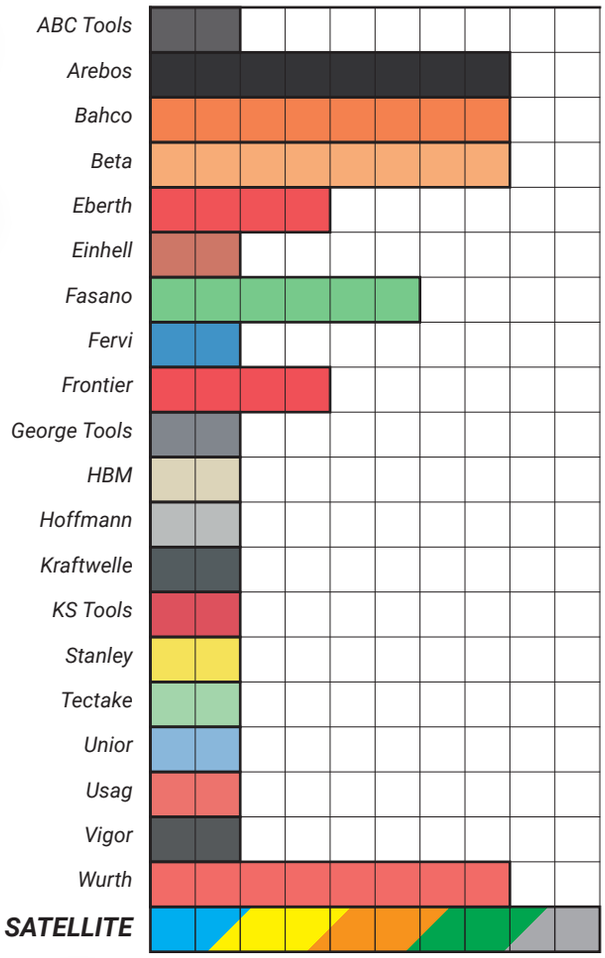
- piano di lavoro: 2pt (1 se portautensili)
- antiribaltamento: 1pt
- paracolpi: 1pt
- serratura: 1pt
- maniglia: 1pt
- strumentazione: 0pt se non c'è, 1pt se è disponibile, 2pt se è configurabile
- possibilità elementi aggiuntivi: 1pt
- freni su 2 ruote girevoli: 1pt



Colori disponibili

Varianti cromatiche disponibili di fabbrica

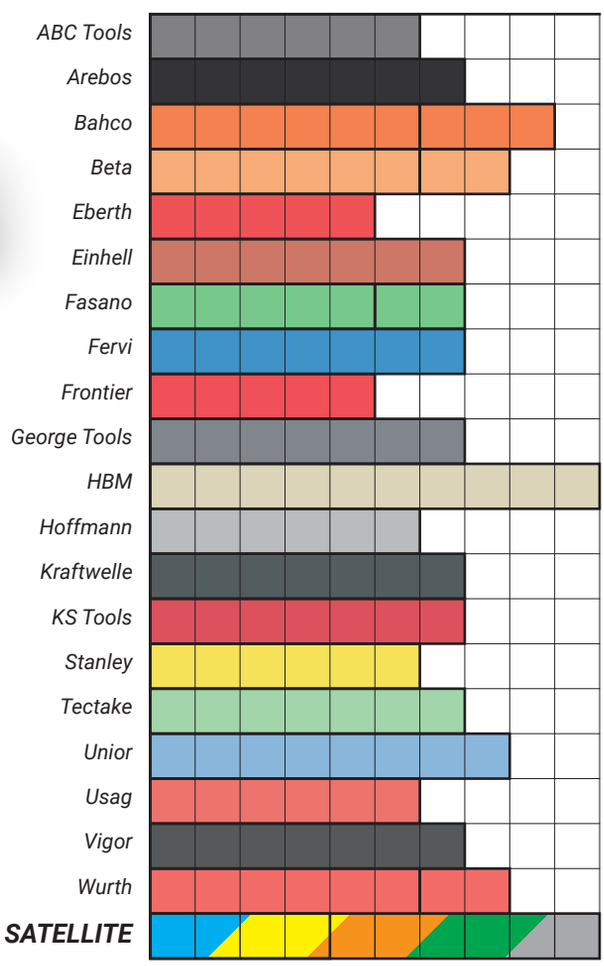
0	-
1	-
2	1 colore disponibile
3	-
4	2 colori disponibili
5	-
6	3 colori disponibili
7	-
8	4 colori disponibili
9	-
10	5 colori disponibili



N° cassetti

Numero dei cassetti frontali estraibili

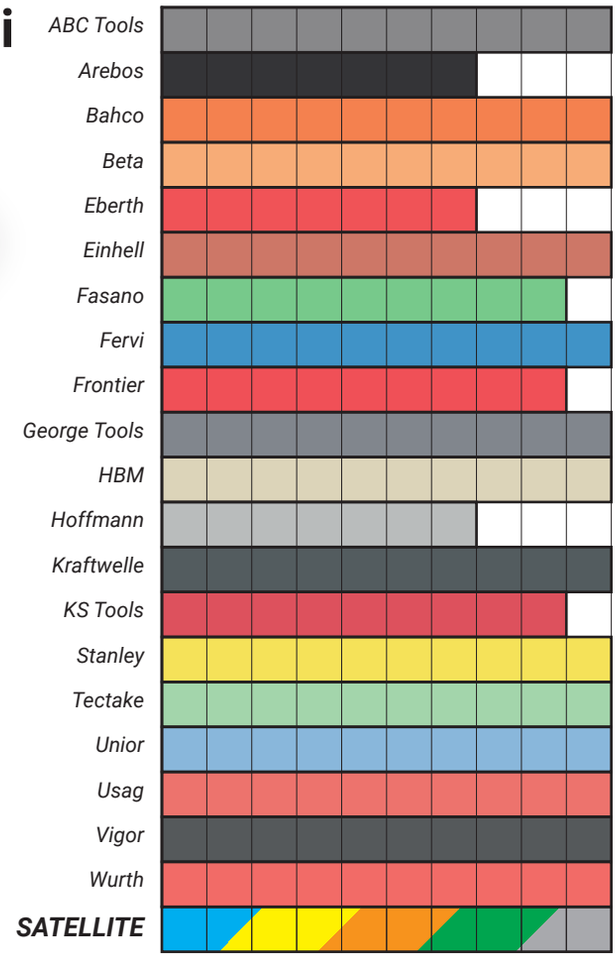
0	-
1	1
2	2
3	3
4	4
5	5
6	6
7	7
8	8
9	9
10	10



Estrazione cassetti

Percentuale di estrazione del cassetto dal carrello

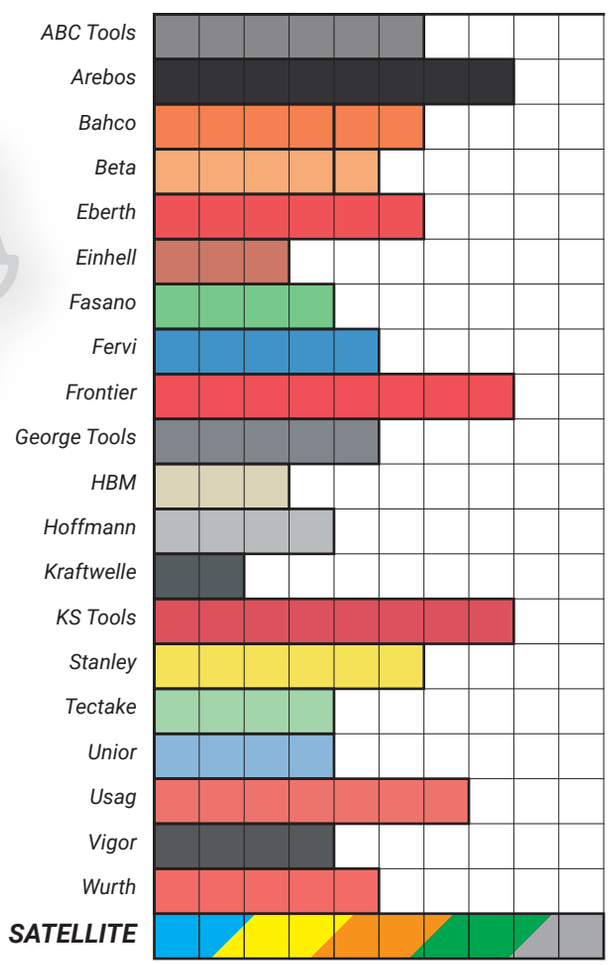
0	-
1	10%
2	20%
3	30%
4	40%
5	50%
6	60%
7	70%
8	80%
9	90%
10	100%



Rapporto peso/volume

Il rapporto tra il peso del carrello (vuoto) e il suo volume totale.

0	250 kg/m³
1	235 kg/m³
2	220 kg/m³
3	205 kg/m³
4	190 kg/m³
5	175 kg/m³
6	160 kg/m³
7	145 kg/m³
8	130 kg/m³
9	115 kg/m³
10	100 kg/m³



CAPITOLO 5: CONCLUSIONE

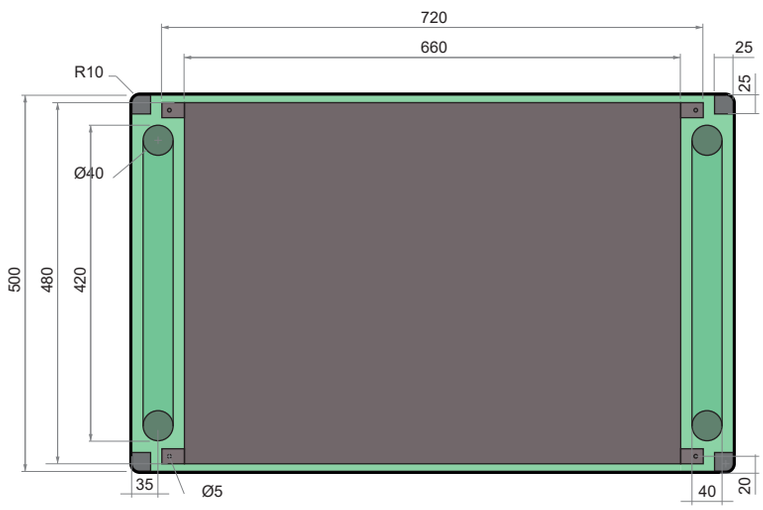
Sfruttando tecnologie di **additive manufacturing** è stato possibile ottenere un carrello **estremamente più resistente** del normale.
Ricordiamo che la sua resistenza ad un carico statico di 600kg è data dalle resistenza massima delle **ruote**, utilizzando ruote più grandi è possibile ottenere **resistenze a carichi molto più alti**, in quanto una **struttura reticolare** è in grado di sopportare **sforzi elevatissimi**.
Ciò mantenendo un **peso piuma**, che permette all'utente di avere un **carrello molto agevole** da movimentare, diminuendo la fatica e facilitando il lavoro.
Il tutto realizzato partendo da **materiale di scarto** proveniente proprio da altre officine.
A complemento, la **stampa 3D polimerica** ha dimostrato le qualità di **adattabilità** proprie dell'additive, permettendo di realizzare i complementi del carrello richiesti dall'utente secondo le proprie **esigenze** e i propri **gusti**, per facilitargli le fasi del suo **lavoro**, il tutto potendo contenere i costi produttivi rispetto alle tecniche tradizionali.

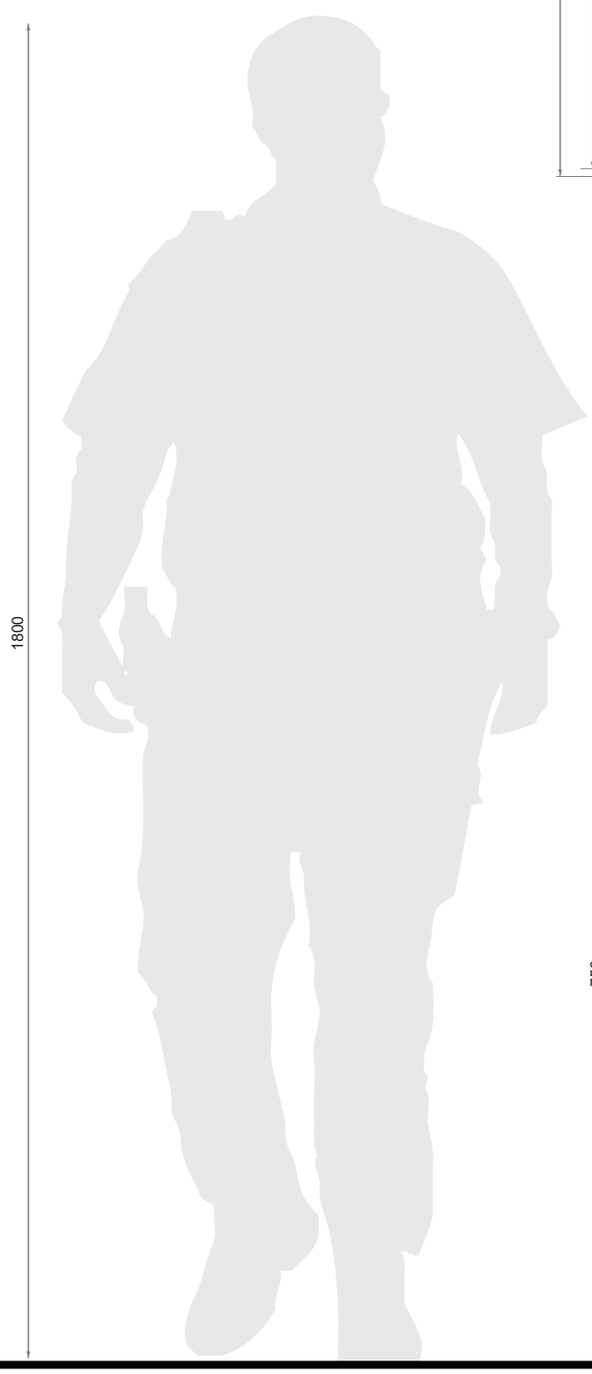
Sfruttando queste tecnologie nello scenario automotive professionale è possibile ottenere **strumenti con prestazioni visibilmente migliorate**, in cui l'utente si inserisce attivamente nella loro creazione, diventando **parte attiva della progettazione**.
Questo inserimento si riflette nell'utilizzo dello strumento da parte dell'utente, il quale si troverà nella condizione di lavorare con strumenti pensati secondo il suo metodo di lavoro e secondo le sue esigenze, rendendo l'**esperienza lavorativa più fluida e meno difficoltosa**.

Possiamo sostenere che attraverso l'utilizzo di tecnologie di additive manufacturing l'equazione dove era l'utente a doversi adattare agli strumenti che doveva utilizzare si converte negli **strumenti che si adattano ai differenti utenti**, permettendo ipoteticamente di realizzare ogni strumento presente in un'officina in modo differente, secondo il volere dei vari lavoratori al suo interno.

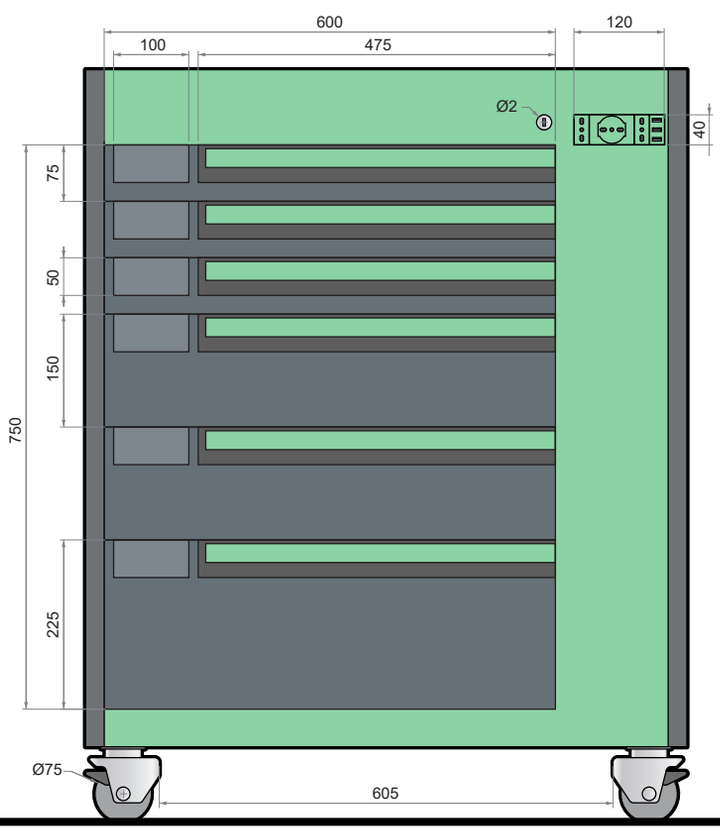
APPENDICE: RAPPRESENTAZIONI TECNICHE

vista dall'alto

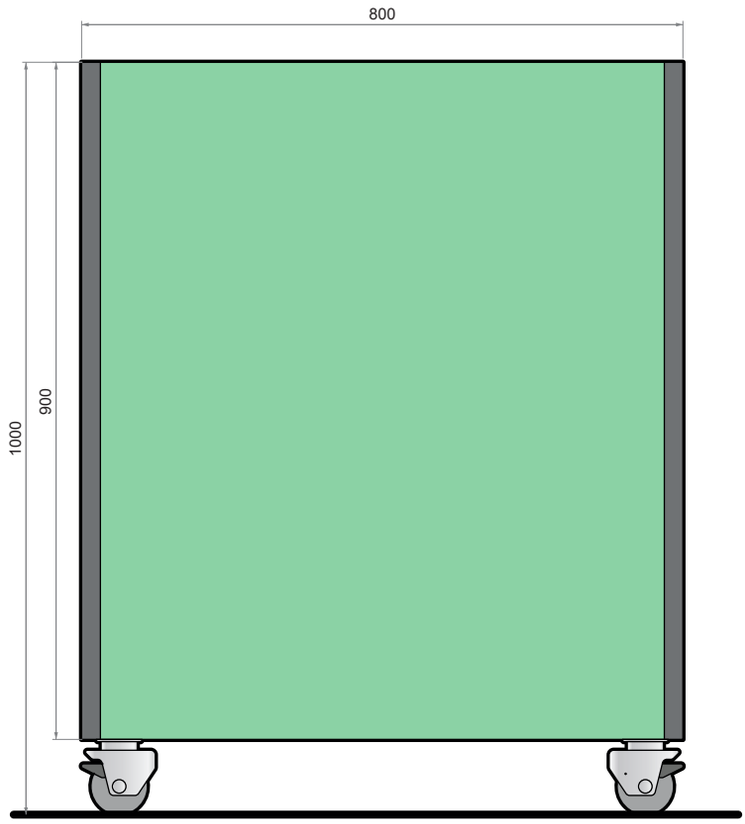




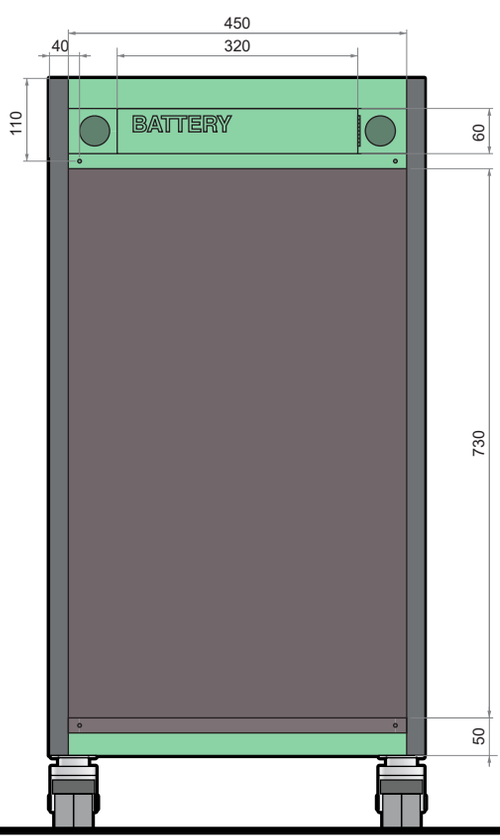
vista frontale



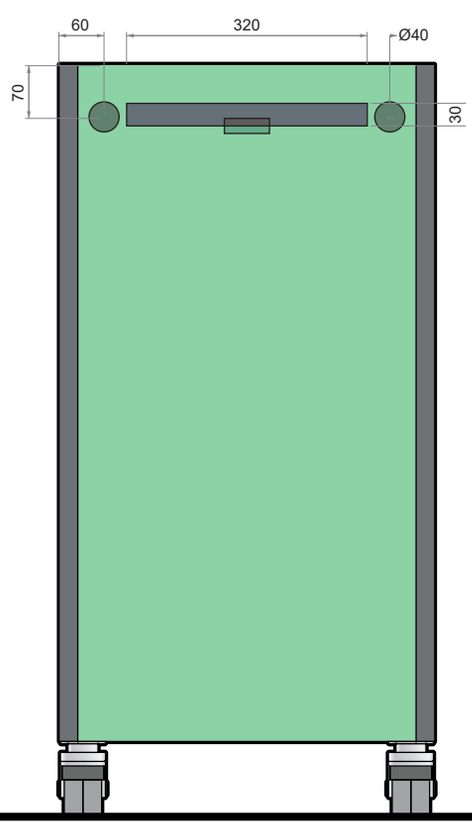
vista dal retro



vista laterale destra

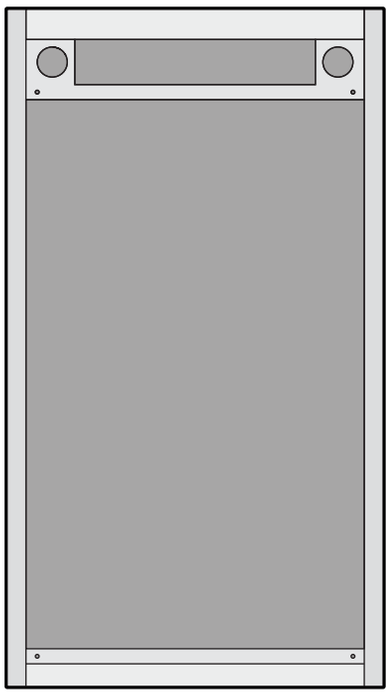


vista laterale sinistra

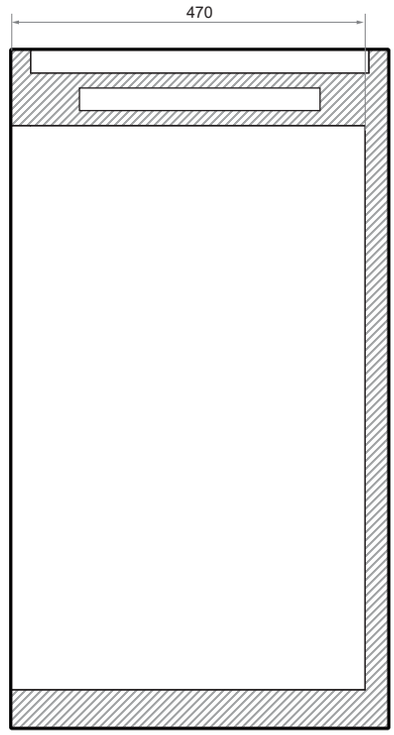


Corpo

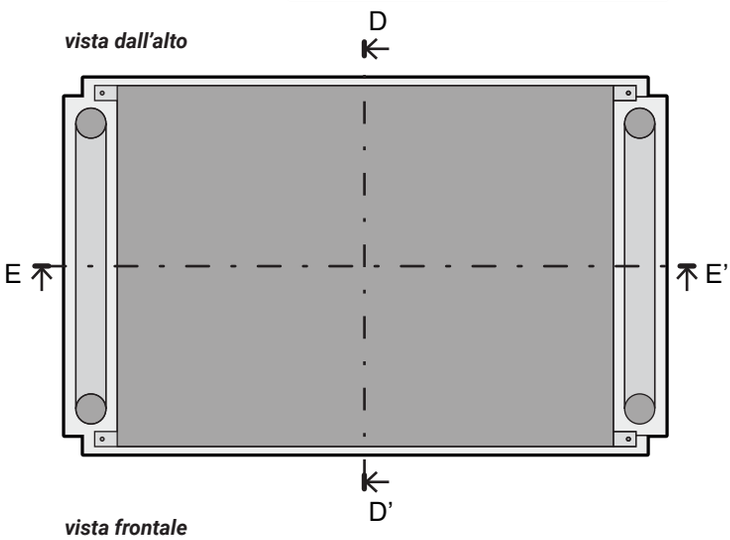
vista laterale destra



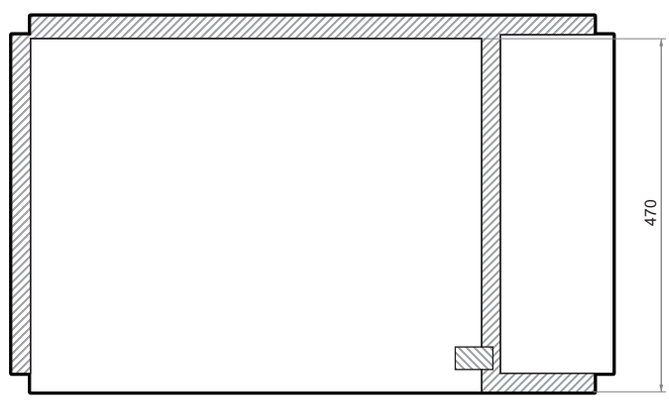
sez. D-D'



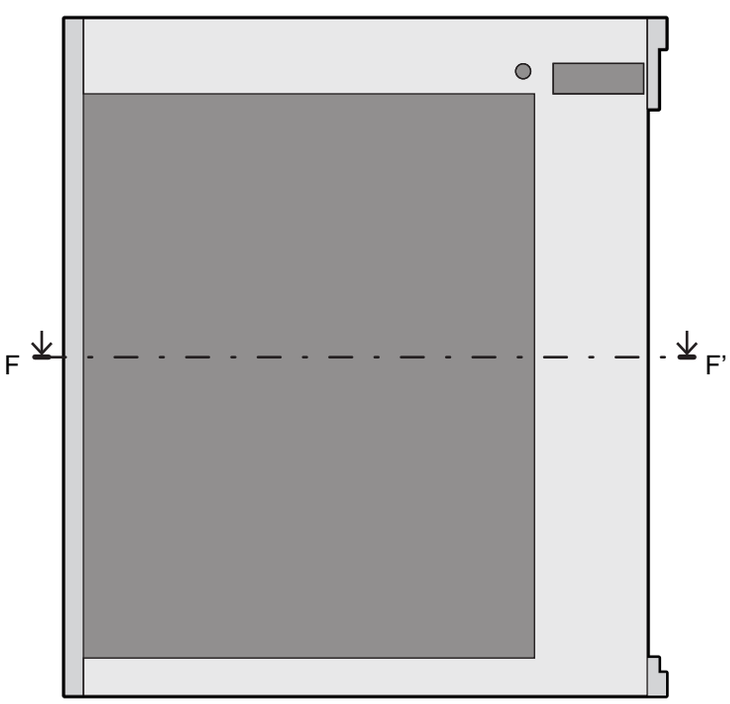
vista dall'alto



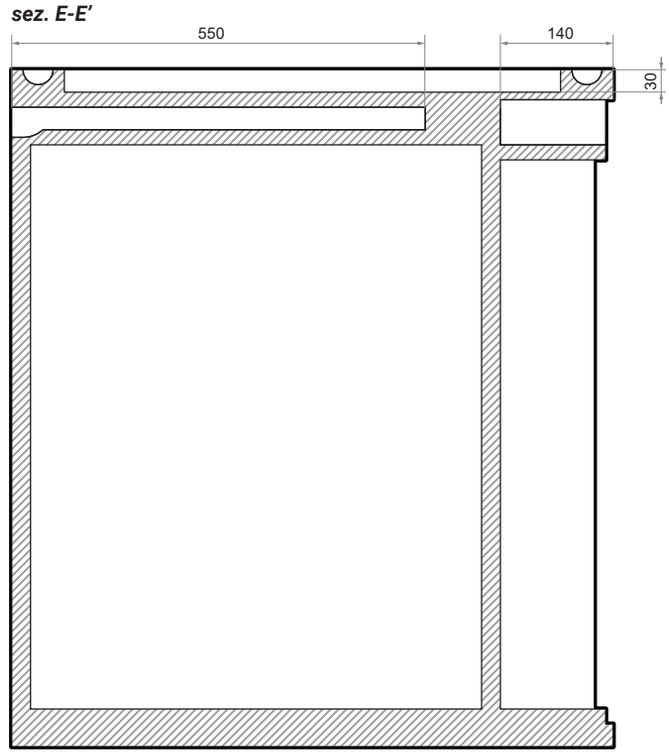
sez. F-F'



vista frontale

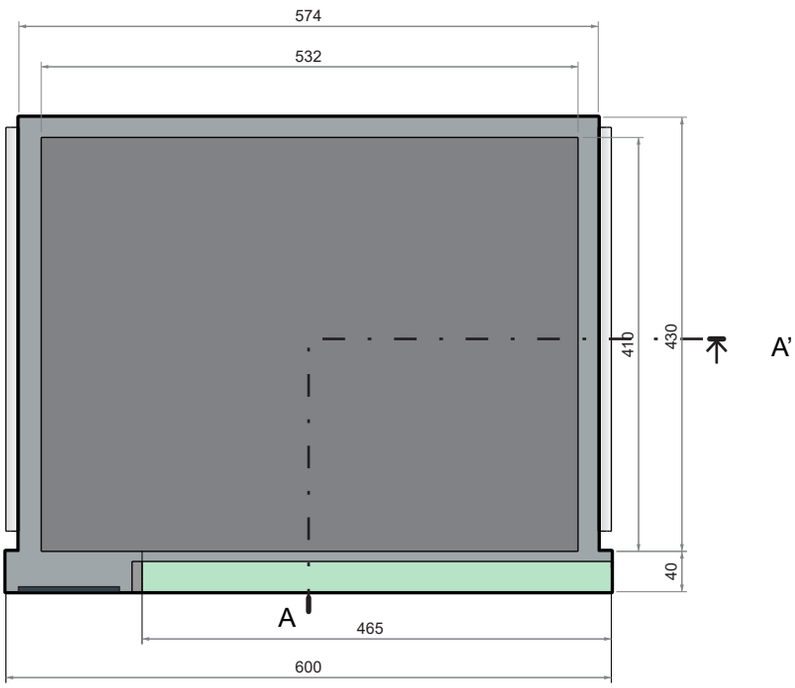


sez. E-E'

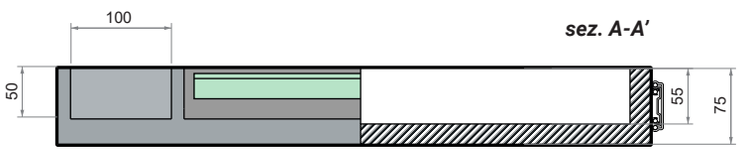


Cassetti anteriori

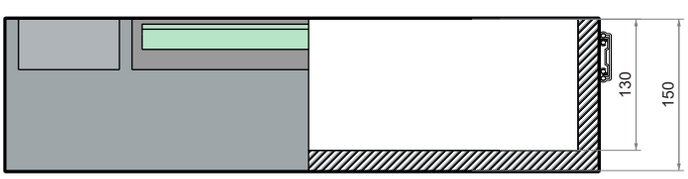
vista dall'alto



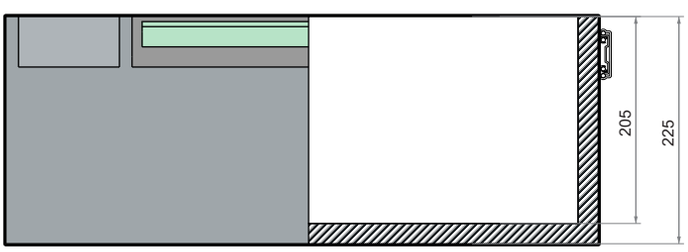
viste frontali



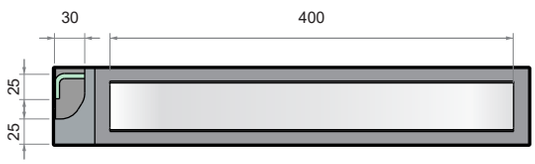
sez. A-A'



sez. A-A'



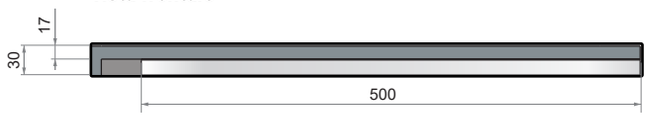
viste laterali



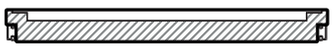
Cassetto laterale

vista laterale

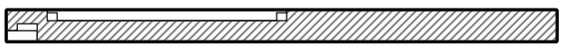
vista frontale



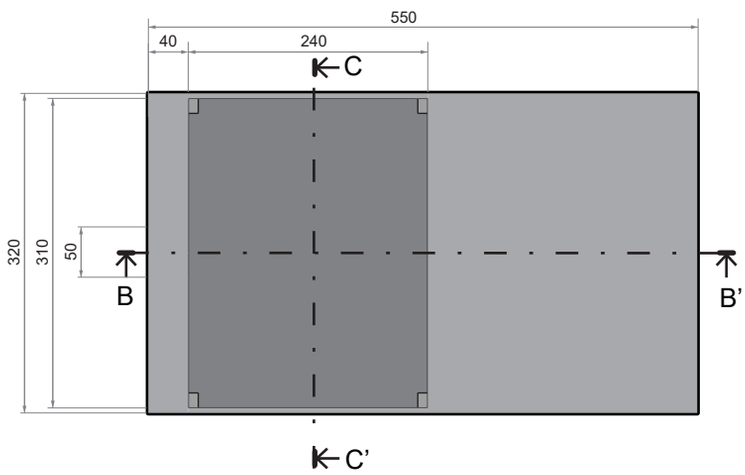
sez. C-C'



sez. B-B'

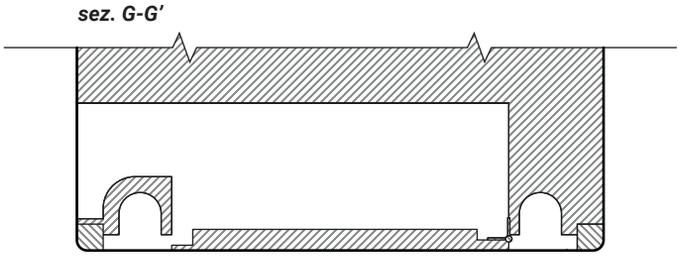


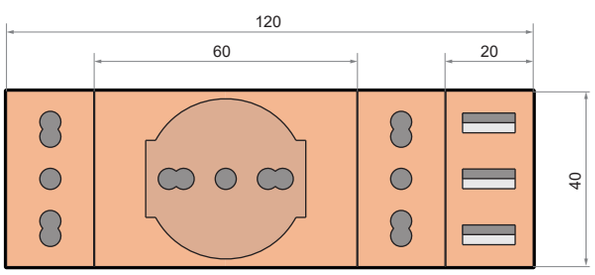
vista dall'alto



Vano batteria - prese elettriche

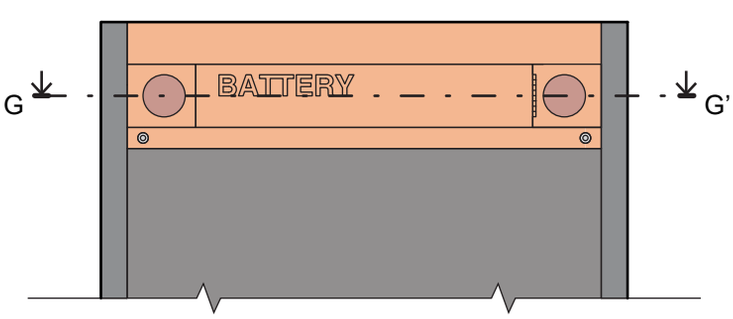
sez. G-G'





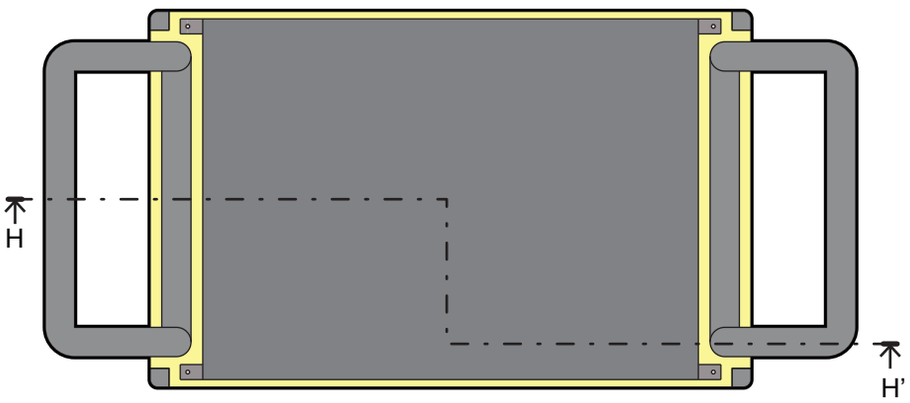
Frontalino prese elettriche

vista laterale destra

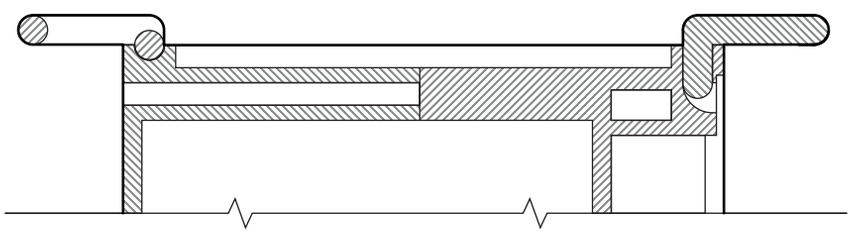


Maniglia

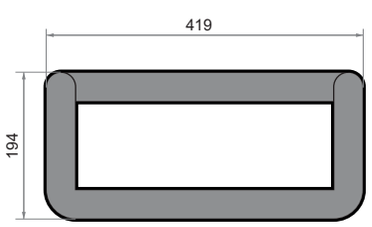
vista dall'alto



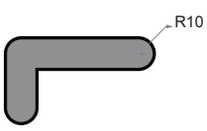
sez. H-H'



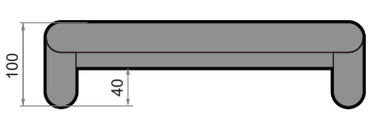
vista dall'alto



vista frontale

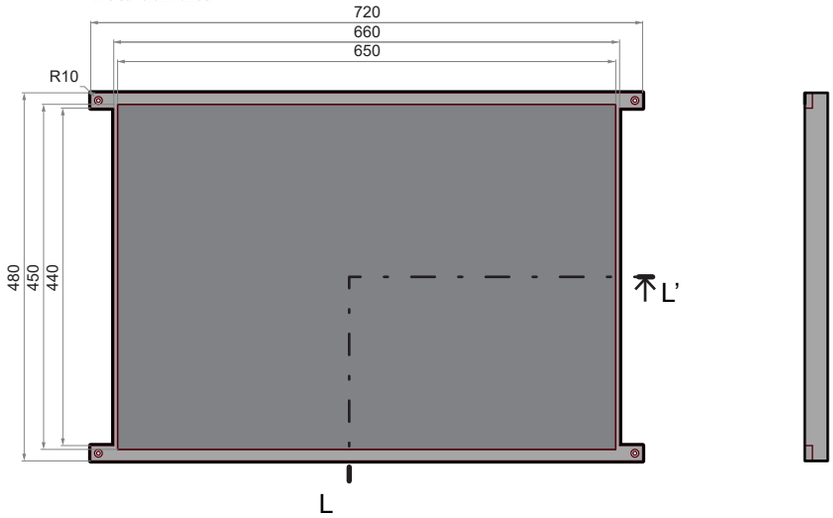


vista laterale destra

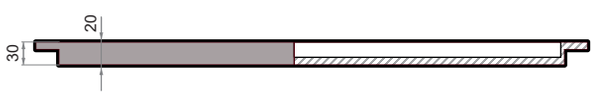


Piano superiore e complementi

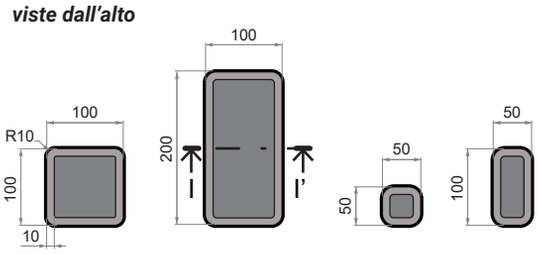
vista dall'alto

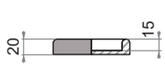


sez. L-L'



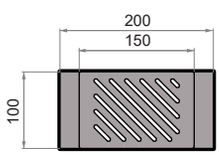
viste dall'alto



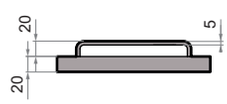


sez. I-I'

vista dall'alto



vista frontale



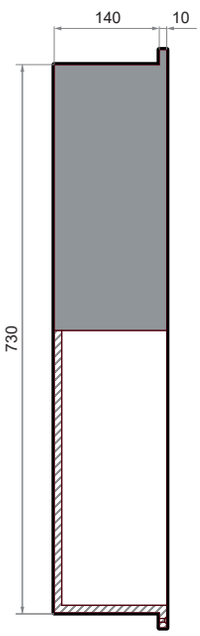
vista laterale

Vano laterale e complementi

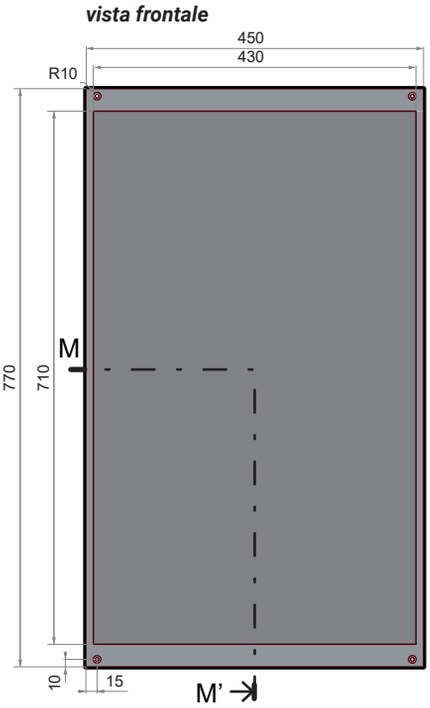
vista dall'alto

vista dall'alto

vista laterale

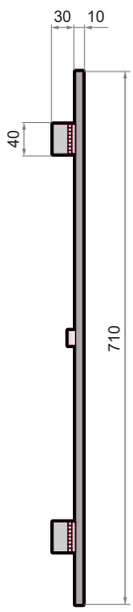


vista frontale

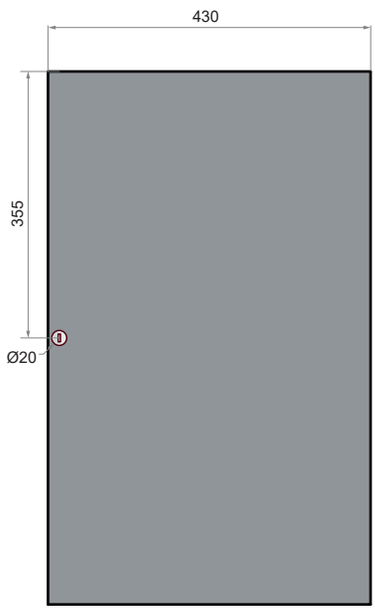


sez. M-M'

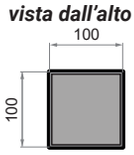
vista laterale



vista frontale

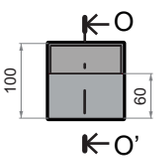


vista dall'alto



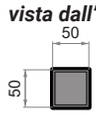
vista laterale

vista frontale



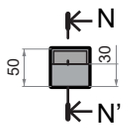
sez. O-O'

vista dall'alto



vista laterale

vista frontale

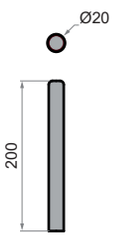


sez. N-N'

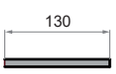
vista dall'alto

vista laterale

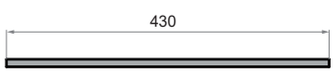
vista frontale

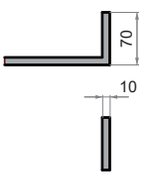


vista laterale



vista frontale





BIBLIOGRAFIA-SITOGRAFIA:

it.3dsystems.com
www.allvinallestimenti.com
www.audi.it
www.3d4growth.com
www.3dhubs.com
www.3dmoskcustoms.it
www.3ditaly.it
www.3djake.it
www.3dprint.com
www.3dprintingcreative.it
www.3dprintingmedia.network
www.3dwasp.com
www.3dz.it
www.abcaroldtimers.com
www.abctools.it
www.arebos.de
www.bahco.com
www.beam-it.eu
www.bentleymotors.com
www.beta-tools.com
www.bugatti.com
www.crea3d.com/it/blog
www.digitalic.com
www.directindustry.it
www.domotrick.com
www.easymake3d.it
www.eberth.com
www.einhell.it
www.elmec.com
www.energygroup.it
www.eshop.wuerth.it
www.fabbricafuturo.it
www.fabula3d.it
www.fasanotools.com
www.fervi.com
www.filoalfa3d.com/it
www.firasricambi.it
www.freelabster.com
www.formlabs.com
www.gadditive.it
www.georgeatwork.eu
www.gryp-3d.com/fr
www.hoffmann-group.com
www.hrewheels.com
www.hp.com
www.ilprogettistaindustriale.it
www.italia3dprint.it
www.kinbox.en.made-in-china.com
www.kraftwelle-shop.de
www.kstools.com/it
www.manomano.it
www.manufacturingguide.com
www.manufat.com
www.makerbot.com
www.markforged.com
www.materialise.com
www.motorionline.com
www.mpi-ferrari.com
www.nasa.gov
www.peugeot.it
www.protolabs.co.uk
www.qifactory.com
www.redbull.com/it-it
www.replicatore.it
www.reprapworld.it
www.reviewbox.it
www.ruote-carrelli-outlet.it
www.selltek.it
www.shapemode.it
www.shapeways.com
www.sharebot.it
www.sharemind.eu
www.shoptoolreviews.com
www.skorpionengineering.com
www.slm-solutions.com
www.spring-italia.com
www.stampa3dfacile.it
www.stampa3dstore.com
www.stampa3d-forum.it
www.stampanti3d.it
www.stanley.it
www.stratasys.com
www.tecnologiaedesign.it
www.tecnologia.libero.it
www.tectake.it
www.thingiverse.com
www.treccani.it
www.twikit.com
www.ultimaker.com
www.unior.it
www.usag.it
www.vigor-equipment.com/en
www.volkswagen.it
www.xometry.eu
www.weerg.com
www.wikipedia.org
www.wurthusa.com
www.xev-global.com