

POLITECNICO DI TORINO



Dipartimento di
Ingegneria Gestionale e della Produzione

Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Gestionale

Tesi di Laurea Magistrale

Riduzione degli scarti e ottimizzazione del processo produttivo nel settore dell'additive manufacturing: il caso 3DRap s.r.l.

Relatore: Ch.mo prof. Paolo Minetola

Candidato: Armando Iannaccone

Matr: 237664

Anno Accademico 2018/2019

INDICE

INDICE	1
INDICE DELLE FIGURE	3
ABSTRACT	6
CAPITOLO 1: L'azienda 3DRap s.r.l.	7
1.1 Presentazione dell'azienda	7
1.2 Premi e riconoscimenti	8
1.3 Settore di applicazione	8
1.4 Descrizione ed evoluzione dell'additive manufacturing	9
1.5 Il Core Business	11
1.6 Analisi SWOT	12
1.6.1 Strengths	13
1.6.2 Weaknesses	14
1.6.3 Opportunities	14
1.6.4 Threats	15
1.7 Le 5 Forze di Porter	15
CAPITOLO 2: Descrizione ed analisi dell'attività aziendale	18
2.1 La produzione	18
2.2 Tecnologia di produzione	20
2.3 Le macchine aziendali	20
2.3.1 Creativity CR-10	20
2.3.2 Anet A6 PRO	21
2.3.3 Titan XY	22
2.3.4 Delta RepRap	23
2.3.5 Wanhao Duplicator 7	24
2.4 I Materiali	25
2.4.1 PLA	26
2.4.2 ABS	27
2.4.3 FilaFlex	28
2.5 I Prodotti	29
2.5.1 Poly	30
2.5.2 Volante By Speed Max Racing	31
2.5.3 Volante F1	32
2.5.4 Hand controller	32
2.5.5 Pezzi di ricambio	33
CAPITOLO 3: Analisi ABC	37

3.1 Analisi ABC 3DRap	38
3.2 Metodo di indagine e obiettivi dell'analisi	43
<i>CAPITOLO 4: Analisi della domanda</i>	45
4.1 Previsione della domanda	45
4.1.1 Prodotto SL013_00AF	45
4.1.2 Prodotto SL016_00AP	47
4.1.3 Prodotto SL017_00AP	49
4.1.4 Prodotto SL018_00AM	50
4.1.5 Prodotto SL031_00BP	52
4.1.6 Prodotto ST009_00AP	53
4.2 Studio della distribuzione della domanda	55
4.3 Politica di gestione del magazzino prodotti finiti	57
<i>CAPITOLO 5: Analisi degli investimenti</i>	61
5.1 Valutazione delle problematiche aziendali e possibili investimenti	61
5.2 Valutazione tecnica	62
5.2.1 Rapid granulator RG Series	63
5.2.2 Estrusore Felfil	64
5.3 Analisi Economica	65
5.3.1 Calcolo degli scarti attuali	67
5.3.2 Soluzioni possibili	68
<i>CONCLUSIONI</i>	70
<i>BIBLIOGRAFIA E SITOGRAFIA</i>	71

INDICE DELLE FIGURE

Figura 1. Logo dell'azienda	7
Figura 2. Postazione di guida con Visore Oculus Rift	9
Figura 3. Evoluzione della Supply Chain tradizionale	11
Figura 4. Presentazione delle core competence e del core business aziendale	12
Figura 5. Analisi SWOT 3DRap.	13
Figura 6. Analisi delle 5 forze di Porter	16
Figura 7. Rappresentazione del ciclo relativo al servizio offerto ai clienti di tipo A	19
Figura 8. Logo Solidworks	20
Figura 9. Creatility CR-10 stampante 3D	21
Figura 10. Stampante Anet A6 Pro	22
Figura 11. Stampante Titan XY	23
Figura 12. Stampante Delta "RepRap"	24
Figura 13. Stampante Wanhao Duplicator.	25
Figura 14. Struttura chimica dell'acido polilattico.	26
Figura 15. Struttura chimica dei singoli componenti dell'ABS.	27
Figura 16. Struttura chimica dell'ABS.	28
Figura 17. Bobine in Filaflex	29
Figura 18. Dispositivo hotend	29
Figura 19. Componenti della stampante Poly.	30
Figura 20. Stampante 3D Poly	31
Figura 21. Dispositivo DTM/GT RIM ADDON CARBON	31
Figura 22. Dispositivo GT1 RIM ADDON CARBON.	32
Figura 23. Hand controller per disabili	33
Figura 24. MOD cambio step 1	33
Figura 25 Componenti MOD cambio V3.5	34
Figura 26. Design MOD cambio V3.5	34
Figura 27. Montaggio MOD cambio V3.5	35
Figura 28. Brake pedal MOD	35
Figura 29. Utilizzo Brake pedal MOD	35
Figura 30. Spessori pedaliera Thrustmaster, prodotti da 3DRap	36
Figura 31. Potentiometer Replacement kit	36

<i>Figura 32. Dati relativi alla percentuale di fatturato e di prodotti (in alto) e rappresentazione grafica dei dati con Curva di Pareto (in basso).</i>	39
<i>Figura 33. Analisi ABC Fatturato</i>	40
<i>Figura 34. Rappresentazione grafica della curva ABC del fatturato.</i>	41
<i>Figura 35. Dati relativi alla percentuale di valore aggiunto di prodotti (in alto) e rappresentazione grafica dei dati con Curva di Pareto (in basso).</i>	41
<i>Figura 36. Analisi ABC Valore Aggiunto</i>	42
<i>Figura 37. Rappresentazione grafica della curva ABC del valore aggiunto</i>	43
<i>Figura 38. Prodotto SL013_00AF</i>	46
<i>Figura 39. Andamento della domanda del prodotto SL013_00AF</i>	46
<i>Figura 40. Analisi di previsione per il prodotto SL013_00AF</i>	46
<i>Figura 41. Andamento della domanda e delle previsioni per il prodotto SL013_00AF</i>	47
<i>Figura 42. Prodotto SL016_00AP</i>	47
<i>Figura 43. Andamento della domanda del prodotto SL016_00AP</i>	48
<i>Figura 44. Analisi di previsione per il prodotto SL016_00AP</i>	48
<i>Figura 45. Andamento della domanda e delle previsioni per il prodotto SL016_00AP</i>	49
<i>Figura 46. Prodotto SL0017_00AP</i>	49
<i>Figura 47. Andamento della domanda del prodotto SL017_00AP</i>	49
<i>Figura 48. Analisi di previsione per il prodotto SL017_00AP</i>	50
<i>Figura 49. Andamento della domanda e delle previsioni per il prodotto SL017_00AP</i>	50
<i>Figura 50. Prodotto SL018_00AM</i>	51
<i>Figura 51. Andamento della domanda del prodotto SL018_00AM</i>	51
<i>Figura 52. Analisi di previsione per il prodotto SL018_00AM</i>	51
<i>Figura 53. Andamento della domanda e delle previsioni per il prodotto SL018_00AM</i>	52
<i>Figura 54. prodotto SL031_00BP</i>	52
<i>Figura 55. Andamento della domanda del prodotto SL031_00BP</i>	52
<i>Figura 56. Analisi di previsione per il prodotto SL031_00BP</i>	53
<i>Figura 57. Andamento della domanda e della previsione per il prodotto SL018_00AM</i>	53
<i>Figura 58. Prodotto ST009_00AP</i>	53
<i>Figura 59. Andamento della domanda del prodotto ST009_00AP</i>	54
<i>Figura 60. Analisi di previsione per il prodotto ST009_00AP</i>	54
<i>Figura 61. Andamento della domanda e delle previsioni per il prodotto ST009_00AP</i>	55
<i>Figura 62. Analisi Chi Quadrato per il prodotto SL013_00AF</i>	55
<i>Figura 63. Analisi Chi Quadrato per il prodotto SL016_00AP</i>	56
<i>Figura 64. Analisi Chi Quadrato per il prodotto SL017_00AP</i>	56
<i>Figura 65. Analisi Chi Quadrato per il prodotto SL018_00AM</i>	56
<i>Figura 66. Analisi Chi Quadrato per il prodotto SL031_00BP</i>	57

<i>Figura 67. Analisi Chi Quadrato per il prodotto SL009_00AP</i>	57
<i>Figura 68. Parametri della distribuzione per i prodotti analizzati.</i>	58
<i>Figura 69. Schema di funzionamento e principali componenti della stampante 3D.</i>	62
<i>Figura 70. Rapid granulator RG Series</i>	63
<i>Figura 71. Modelli e caratteristiche del granulatore RG series.</i>	64
<i>Figura 72. Componenti dell'estrusore Felfil</i>	65
<i>Figura 73. Caratteristiche tecniche dell'estrusore Felfil</i>	65
<i>Figura 74. Bobina e suoi componenti</i>	66
<i>Figura 75. Calcolo degli scarti di filamento delle bobine</i>	66
<i>Figura 76. Calcolo del valore degli scarti di cuore delle bobine</i>	67
<i>Figura 77. Calcolo degli scarti di produzione</i>	67
<i>Figura 78. Calcolo degli scarti totali da produzione</i>	67
<i>Figura 79. Calcolo del vantaggio economica della possibilità di vendere il PLA residuo</i>	68
<i>Figura 80. Calcolo del vantaggio economica della possibilità di acquistare granulatore ed estrusore</i>	69

ABSTRACT

L'additive manufacturing ha permesso l'evoluzione del concetto di produzione. Questo studio riguardo la start up 3DRap s.r.l. è finalizzato all'analisi della supply chain aziendale, sfruttando i dati provenienti dallo storico delle vendite e dalla capacità produttiva giornaliera. Utilizzando i risultati ottenuti è stato possibile individuare eventuali cambiamenti, che consentano l'ottimizzazione del rendimento produttivo e la minimizzazione degli scarti di lavorazione. Nell'ambito del medesimo studio, inoltre, è stata determinata una politica di gestione delle scorte focalizzata sullo sfruttamento efficace dei residui di produzione.

In conclusione, valutando la situazione economica dell'azienda, si è potuta effettuare un'indagine di settore con l'intento di vagliare potenziali investimenti, rivolti a migliorare il grado di efficienza della linea produttiva e l'inserimento della stessa in nuovi segmenti di mercato.

CAPITOLO 1: L'azienda 3DRap s.r.l.

1.1 Presentazione dell'azienda

L'azienda **3DRap s.r.l.** (Figura 1) nasce nel 2016 dall'iniziativa di un gruppo di giovani studenti di ingegneria meccanica, con l'obiettivo di innovare il settore della prototipazione digitale.

La *mission* della 3DRap è quella di consentire a chiunque di concretizzare la propria idea riducendo costi e tempi nelle fasi di progettazione e prototipazione del prodotto. La filosofia Open source, infatti, rappresenta le fondamenta su cui si edifica il pensiero aziendale, strutturato ad hoc per implementare un processo di Job-Shop, con sistema di produzione MTO (Make To Order) ed ETO (Engineering To Order). Si tratta, pertanto, di un INDUSTRY 4.0, in grado di realizzare una vasta gamma di prodotti grazie all'elevata flessibilità, relativa alla capacità di autoconfigurazione della linea produttiva.

L'azienda opera, prevalentemente, nel settore del SimRacing, un e-sport che consente di simulare in modo realistico gare automobilistiche. La produzione della componentistica di guida, da volanti a pedaliere, infatti, è curata nei minimi dettagli, al fine di garantire al cliente un'esperienza di guida esclusiva.

3DRap, inoltre, per soddisfare le diverse esigenze dei clienti e rendere "unica" l'esperienza di acquisto, ha sviluppato **Create**: una piattaforma, semplice e



Figura 1. Logo dell'azienda

flessibile, il cui scopo è quello di materializzare la propria idea in 3D. Create è il frutto del know-how acquisito durante la progettazione, l'analisi e la produzione di oggetti per applicazioni in

vari settori. Inoltre, la pulizia e la semplicità dell'interfaccia grafica, unita alla flessibilità e alla capacità di riconfigurare la linea di produzione (tipica delle stampanti 3D), rendono questo servizio uno strumento ideale per chiunque voglia

realizzare piccole serie di prodotti con una vasta gamma di materiali, caratteristiche tecniche ed estetiche disponibili.

1.2 Premi e riconoscimenti

La 3DRap, ad oggi, risulta essere tra le start-up più innovative sul territorio nazionale. L'innovazione, la dedizione e la passione, sono le chiavi del successo aziendale, che ha portato l'impresa al conseguimento di diversi premi, tra cui:

- **Premio Best practices:** si tratta di un premio nato dall'iniziativa di Confindustria Salerno, al fine di valorizzare e diffondere la "cultura" dell'innovazione sul mercato. L'azienda ha ottenuto questo riconoscimento nel dicembre del 2017, in seguito alla realizzazione di **Poly**, una stampante 3D costituita per il 60% da materiale biodegradabile, ed in grado di stampare non solo materiale plastico, ma anche cioccolato.
- **Premio "Pinuccio Lamura":** l'azienda ha vinto nell'Ottobre del 2018 il primo premio all'evento "Start up Evolution Lamura", organizzato da DFL s.r.l. , nota impresa di distribuzione. A portare sul gradino più alto del podio 3DRap è stato il progetto dell'Hand controller per disabili; si tratta di un dispositivo dedicato agli appassionati di guida simulata, impossibilitati nell'uso degli arti inferiori.
- **Premio Lamarck SMAU 2018:** A SMAU¹ Napoli 2018 3DRap ha ricevuto il premio Lamarck. Si tratta di un riconoscimento, attribuito alle start up italiane più promettenti, realizzato in collaborazione con il Gruppo Giovani Imprenditori di Confindustria.

1.3 Settore di applicazione

In base alle competenze ed al know-how dei fondatori, l'azienda opera prevalentemente nel settore del SimRacing.

Il SimRacing è uno dei tanti e-Sport che sta diventando popolare online. Consiste, appunto, in una vera e propria simulazione di corse automobilistiche, attraverso

¹ SMAU è la principale fiera italiana, dedicata alla valorizzazione dell'innovazione. Da diversi anni SMAU organizza eventi nelle principali regioni della penisola, al fine di favorire l'innovazione nelle imprese e negli enti locali.

l'utilizzo di simulatori, caratterizzati da avanzati modelli matematici, tali da garantire una realtà virtuale molto vicina al mondo reale.

Operare in questo business, richiede molta passione, ma allo stesso tempo competenza e capacità di cogliere opportunità dal punto di vista innovativo. Sono sempre di più, infatti, le persone che si avvicinano a questo sport virtuale, e che giorno dopo giorno sono sempre più esigenti. Un approccio iniziale prevede l'installazione di software dedicati su console come Playstation, fino a creare una vera e propria postazione di guida, in grado di catapultare il "pilota" in una realtà virtuale del tutto esclusiva ed autentica. Con volanti e pedaliere di alto livello, infatti, si ha la possibilità di entrare in un mondo variegato, in grado di garantire prestazioni di guida molto simili a quelle reali.

Il driving simulator non è utilizzato soltanto da appassionati ed amatori, ma anche da compagnie di Formula 1, che mediante l'utilizzo di sofisticati devices riescono a carpire performance ed eventuali problematiche legate alle componenti di guida. Pertanto, simdrivers esperti, oltre ad investire su PC specializzati, periferiche e visori VR, come Oculus Rift (Figura 2), che garantiscono ottimo senso di prospettiva e percezione della realtà, dovranno affrontare possibili costi annuali legati alla fruibilità di servizi software ed iscrizioni a tornei virtuali, per un investimento totale di circa diecimila euro. In conclusione, mediante un'accurata indagine di mercato, è possibile affermare che il settore attualmente stima fatturati di centinaia di miliardi di euro, con prospettive di crescita prossime al 10% annuo.



Figura 2. Postazione di guida con Visore Oculus Rift

1.4 Descrizione ed evoluzione dell'additive manufacturing

L'utilizzo dell'additive manufacturing, ha permesso a 3DRap di ottimizzare l'impiego delle materie prime, riducendo al minimo gli scarti derivanti dalle diverse fasi di

lavorazione. La fabbricazione additiva consente una grande libertà nell'ideazione del pezzo, estendendo indefinitamente la gamma di geometrie e complessità realizzabili, rimuovendo vincoli di progettazione e di lavorazione, in un'ottica di prototipazione rapida o di piccole serie. I principali benefici derivanti dall'applicazione dell'additive manufacturing nei processi manifatturieri sono:

- **Riduzione dei tempi di progettazione:** è possibile realizzare il pezzo direttamente dal modello 3D, svincolandosi dalla creazione di attrezzature, utensili e stampi.
- **Riduzione lead time di produzione:** una stampante 3D può stampare "on demand", cominciando la realizzazione nel momento in cui l'oggetto viene richiesto. Adottare una tecnica simile significa apportare un notevole cambiamento nell'ambito gestionale e produttivo. L'applicazione dell'additive manufacturing, infatti, comporta una sostanziale riduzione dei lead time produttivi, legati al fatto che un pezzo sarà realizzato tramite un solo processo piuttosto che essere sottoposto a differenti lavorazioni, come, invece, avviene nell'ambito della fresatura e tornitura. Al fine di evidenziare la convenienza della stampa 3D è possibile paragonare quest'ultima ad un'altra tecnica di produzione: l'injection moulding. Lo stampaggio ad iniezione prevede, infatti, numerosi steps da rispettare durante il ciclo produttivo, quali ad esempio la fase di cooling e progettazione dello stampo; nel caso, invece, dell'additive manufacturing, molti tempi legati alle suddette fasi obbligate, sono evitati ed, inoltre, è possibile ottenere un prodotto finale più coerente con il progetto iniziale, eliminando probabili errori dovuti, nel caso dell'injection moulding, all'eventuale deformazione del materiale utilizzato. È evidente, quindi, che l'utilizzo della stampa 3D permette al consumatore finale di ottenere un prodotto decisamente più vicino alle sue aspettative in tempi più brevi e con costi limitati.
- **Ready assembly:** l'additive manufacturing è in grado di produrre pezzi già assemblati in fase di costruzione, eliminando così il processo di montaggio e riducendo il problema delle movimentazioni all'interno dello stabilimento. La stampa 3D è utile, dunque, per moderare possibili danni dovuti all'assemblaggio in più fasi, nonché allo spostamento delle componenti del prodotto finale, che durante il trasporto potrebbero essere accidentalmente danneggiati; in definitiva questa nuova tecnologia bypassa la fase di assemblaggio a posteriori, garantendo così una riduzione dei costi, nonché dei tempi di fornitura.

- **Maggiore sostenibilità ambientale del processo:** per via della riduzione degli scarti di materiale e della riduzione dei consumi energetici. Secondo il “USA Energy Department” la fabbricazione additiva può ridurre i costi di energia del 50% e i costi dei materiali del 90%.

È evidente, infine, che la stampa 3D ha rivoluzionato la struttura della supply chain (Figura 3), sarà infatti, addirittura possibile superare il tradizionale modello di produzione industriale e si potrà pensare alla realizzazione di prodotti direttamente in casa, facendo in modo che la produzione diventi competenza del consumatore; la 3DRap ha sviluppato una piattaforma dedicata a questa feature: **Create**. Il cliente ha, dunque, la possibilità di creare e progettare il prodotto desiderato, per poi procedere alla fase esecutiva.

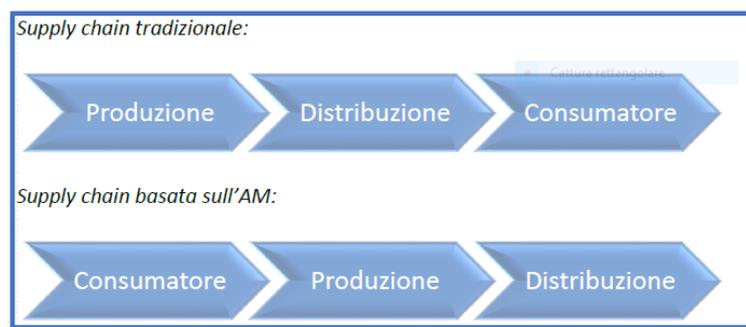


Figura 3. Evoluzione della Supply Chain tradizionale

1.5 Il Core Business

Attualmente la 3DRap s.r.l., è considerata tra le più talentuose start-up italiane operanti nell'ambito della manifattura additiva. Motivo di questo successo, oltre alla passione per il SimRacing e l'utilizzo di tecnologie innovative, è l'ambizione e la dedizione dei fondatori. Quotidianamente, infatti, nel laboratorio di progettazione sono sviluppati prodotti esclusivi e compatibili con le più moderne piattaforme di guida.

Il SimRacing è una realtà in continua evoluzione, pertanto, è necessario condurre un adeguato programma di ricerca, al fine di realizzare periferiche e accessori in grado di garantire ai virtual drivers un programma di guida unico. Lo scopo di 3DRap, a tal proposito, è progettare non solo componenti customizzati, ma

accessori che permettano agli utenti di vivere un'esperienza paragonabile alla guida reale. L'azienda, infatti, produce volanti, pedaliere, cambi e molti altri accessori che riproducono fedelmente le componenti reali delle automobili, consentendo a chi li utilizza di percepire finanche le stesse vibrazioni tipiche della guida.

I prodotti 3DRap sono frutto di know-how specializzato e core competence sviluppate nel tempo (Figura 4); per questo motivo i devices progettati risultano, ad oggi, essere top gamma sul mercato. Gruppi come Logitech e Thrustmaster, leader nel settore, difatti, hanno deciso di stabilire una forte partnership con la giovane start-up, in modo da assicurare ai propri clienti, periferiche personalizzate e con caratteristiche peculiari.

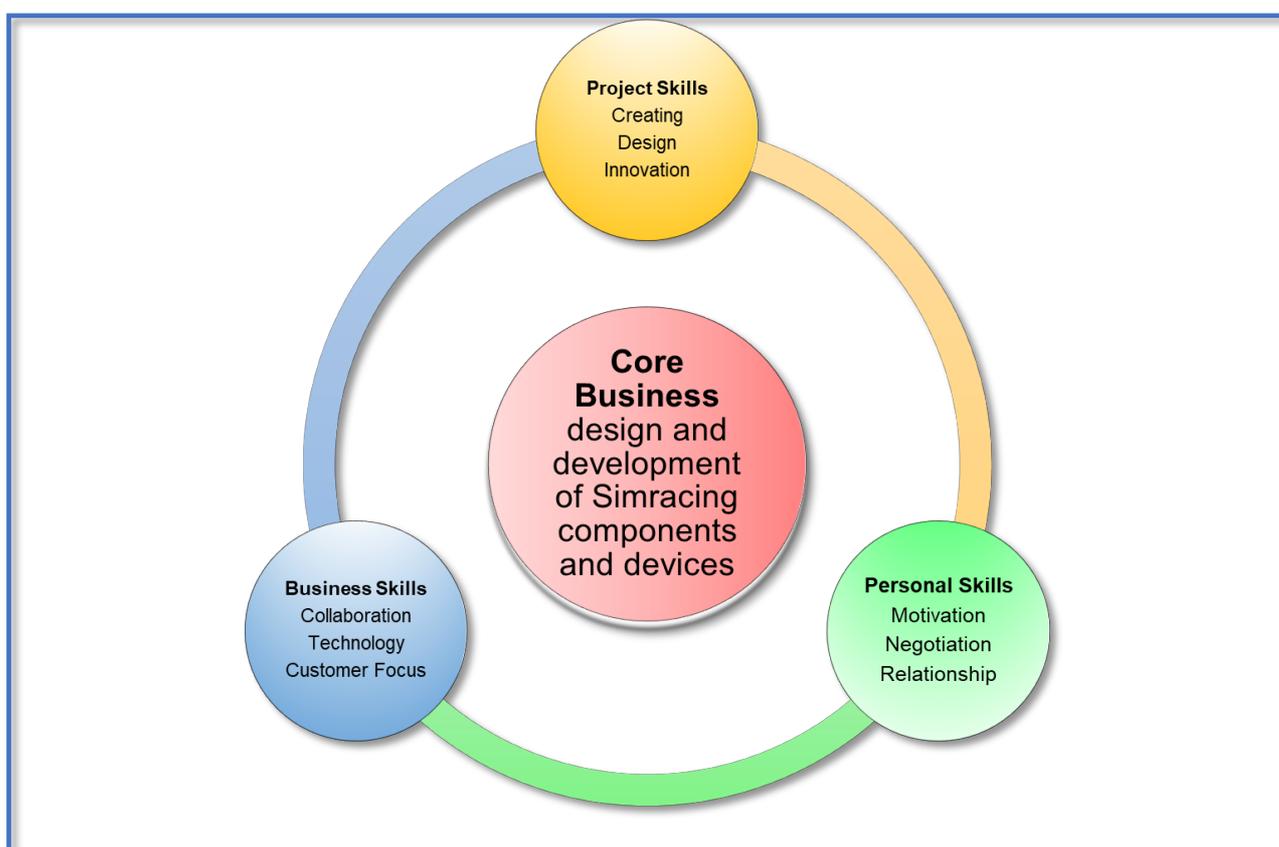


Figura 4. Presentazione delle core competence e del core business aziendale

1.6 Analisi SWOT

Per valutare la bontà degli obiettivi strategici dell'azienda è necessario effettuare l'analisi SWOT (Figura 5), al fine di individuare: i punti di forza (Strengths), le

debolezze (Weaknesses), le opportunità (Opportunities) e le minacce (Threats) relative al business dell'impresa.

Questo tipo di studio, permette di verificare la fattibilità di un progetto, considerando simultaneamente variabili interne ed esterne. Le variabili interne fanno parte del sistema aziendale, pertanto sono individuabili ed è dunque possibile intervenire; quelle esterne, al contrario, non dipendendo dall'organizzazione, possono essere monitorate, al fine di sfruttare i fattori positivi ed allo stesso tempo di limitare gli elementi che rischiano di compromettere il raggiungimento degli obiettivi prefissati.

	Helpful	Harmful
Internal Origin	<ul style="list-style-type: none"> ✓ <i>Innovazione</i> ✓ <i>Customizzazione</i> ✓ <i>Collaborazioni</i> ✓ <i>Customer service</i> 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ <i>Gestione degli scarti</i> ✓ <i>Visibilità</i> ✓ <i>Financial Management</i>
External Origin	<ul style="list-style-type: none"> ✓ <i>Potenzialità del settore</i> ✓ <i>First Mover</i> ✓ <i>Sponsorizzazioni</i> ✓ <i>Introduzione granulatore</i> ✓ <i>Acquisto estrusore</i> 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ <i>Concorrenza</i> ✓ <i>Interruzione dei rapporti di collaborazione</i> ✓ <i>Immaturità del settore</i>

Figura 5. Analisi SWOT 3DRap

1.6.1 Strengths

Il punto di forza di 3DRap è la passione e la comprovata competenza dei fondatori nel settore del SimRacing. L'azienda conduce, infatti, continue ricerche al fine di progettare e creare prodotti innovativi, che possano soddisfare le richieste di tutti i clienti. Un esempio significativo, a riguardo, è stata la realizzazione dell'Hand

controller per disabili, un dispositivo in grado di agevolare la guida, grazie alla presenza di comandi sul volante stesso.

3DRap, inoltre, sviluppa accessori del tutto personalizzati, a seconda delle richieste del consumatore finale, fornendo a quest'ultimo anche la possibilità di progettare da solo il prodotto desiderato mediante la piattaforma **Create**, semplice da utilizzare e dall'interfaccia grafica estremamente intuitiva. Attualmente, l'azienda ha riscosso il successo sperato, grazie alla continua collaborazione con i top brand del settore (Thrustmaster, Logitech), che hanno da subito apprezzato la serietà e l'attenzione ai dettagli che la giovane start-up dedica alla produzione, ma soprattutto al servizio di assistenza che offre quotidianamente ai clienti.

1.6.2 Weaknesses

I problemi che affliggono maggiormente la gestione aziendale riguardano la minimizzazione degli scarti ed il conseguente riutilizzo del materiale obsoleto. Alla fine del processo produttivo, difatti, è possibile constatare la presenza di bobine non completamente utilizzate e pezzi non conformi agli standard richiesti; per ovviare a ciò, dunque, sarà necessario un planning adeguato alle esigenze aziendali, in modo da massimizzare l'efficienza e minimizzare i costi di obsolescenza.

Un'altra problematica è legata alla visibilità dell'azienda sul panorama nazionale ed internazionale. Come tutte le realtà nate da poco, anche 3DRap è in cerca di maggiore pubblicità, che possa attrarre sia i clienti amatoriali, sia i consumatori più esperti che pretendono le migliori condizioni per quanto concerne qualità dei servizi, costi e tempi di consegna.

Infine è opportuno identificare tra le debolezze anche l'impossibilità di determinare in modo preciso i cash flow aziendali, essi infatti, possono soltanto essere calcolati come previsione, poiché il sistema produttivo è del tipo MTO e ETO.

1.6.3 Opportunities

Il settore del SimRacing, è in continua crescita, ci sono, infatti, sempre più utenti interessati al mondo automobilistico virtuale; basti pensare all'introduzione della figura dei virtual drivers, che tramite l'utilizzo di simulatori riescono a vivere

un'esperienza di guida vera e propria, in grado di fornire informazioni indispensabili per la migliore progettazione della vettura finale.

Possiamo considerare la 3DRap come “first mover” in questo tipo di mercato, che seppur in crescita, richiede uno specifico know-how, indispensabile per migliorare, poi, la produzione e realizzare elementi sempre più innovativi e all'avanguardia. Per le start-up, inoltre, è importante instaurare partnership con i più grandi gruppi operanti nel settore, in modo da ottenere sponsorizzazioni utili al proseguimento del progetto aziendale.

Un' ulteriore opportunità di crescita per l'azienda nell'ambito produttivo, potrebbe essere l'introduzione di un granulatore ed un estrusore, che sfruttando gli scarti di lavorazione consentano la realizzazione di una nuova bobina filamentosa.

1.6.4 Threats

Nonostante il comprovato know-how aziendale, tra le possibili minacce sul mercato bisogna considerare la concorrenza di aziende, che producendo volumi più elevati, offrono prezzi di vendita ridotti, seppur con una qualità del prodotto più scadente. Inoltre, considerando i prezzi accessibili per entrare nel business, è possibile che nuovi competitors si inseriscano con successo nel settore.

Attualmente la 3DRap collabora principalmente con i maggiori venditori di drive devices; questa partnership permette all'azienda di crescere e consolidarsi tra i maggiori venditori; l'interruzione, dunque, di questo tipo di rapporto potrebbe frenare lo sviluppo della start-up sul mercato.

In conclusione, è opportuno affermare che per quanto affascinante ed in rapida evoluzione, il mondo della manifattura additiva risulta ancora acerbo e ricco di incognite.

1.7 Le 5 Forze di Porter

L'analisi delle 5 forze di Porter è un elemento essenziale per caratterizzare la rilevanza della 3DRap sul mercato. Tramite il loro esame, infatti, è possibile identificare le principali caratteristiche del settore in cui un'impresa opera, basando l'indagine su alcuni fattori strutturali, che favoriscono la comprensione del sistema competitivo in cui è coinvolta l'azienda.

Quando parliamo di un particolare settore di mercato ciò che ne definisce la struttura concorrenziale è la simultanea interazione delle seguenti 5 forze: i principali competitors, il potere contrattuale dei clienti, il potere contrattuale dei fornitori, la minaccia dei potenziali concorrenti entranti, e l'introduzione sul mercato di prodotti o servizi sostitutivi.

Per quanto riguarda la 3DRap possiamo considerare il seguente diagramma di Porter (Figura 6).

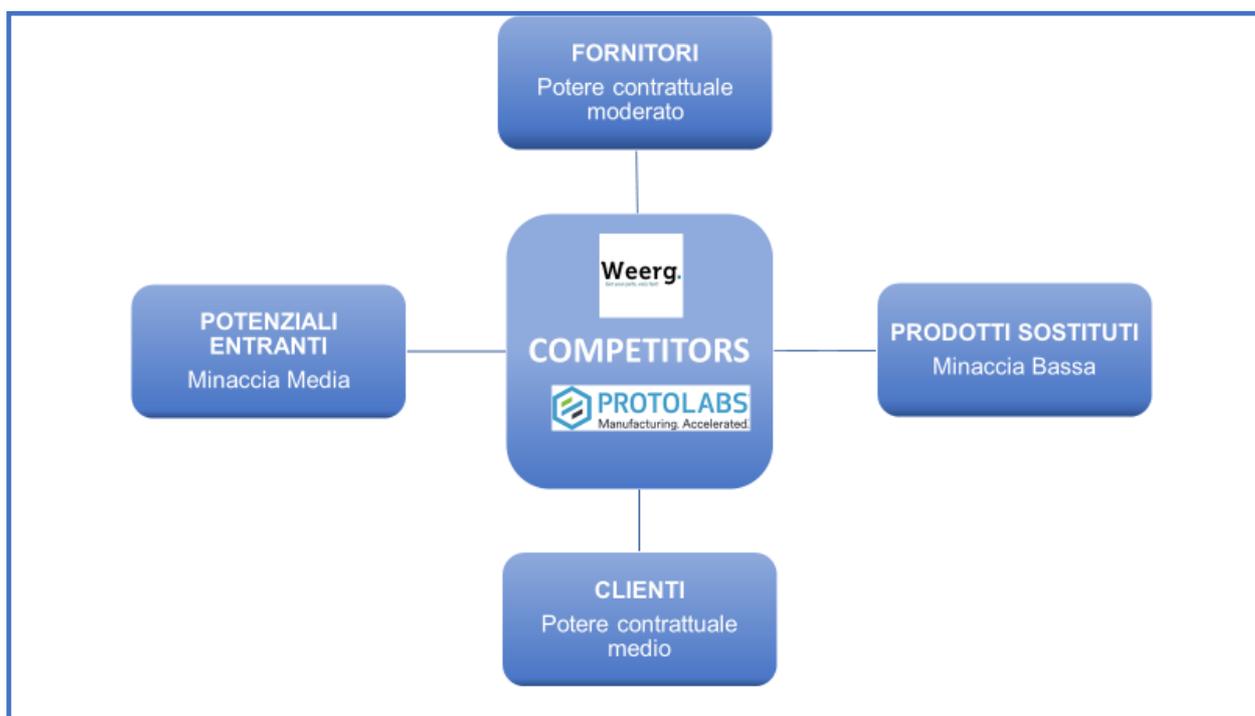


Figura 6. Analisi delle 5 forze di Porter

→ **Intensità concorrenti del settore: Moderata.** Attualmente, considerato il particolare settore in cui opera la 3DRap (SimRacing), sul territorio campano e nazionale non sono molte le aziende che possono considerarsi veri e propri competitors della start-up. È opportuno, però, valutare la presenza anche di imprese come Weerg e Protolabs, entrambe impegnate nel mondo dell'additive manufacturing, che, nonostante, non si occupino della realizzazione di prodotti dell'ambito del SimRacing, hanno come loro punto di forza la possibilità di generare maggiori volumi.

→ **Minaccia nuovi entranti: Media.** Nonostante il mondo della stampa 3D non preveda elevati investimenti sono comunque necessarie peculiari conoscenze di progettazione e del settore di competenza; bisogna, allora, tenere in considerazione l'ingresso nel settore di nuove imprese di questo genere, adottando, dunque, un modello aziendale che permetta di ottenere i maggiori vantaggi.

→ **Minaccia di prodotti/servizi sostitutivi: Bassa.** Il settore dell'additive manufacturing è in continua crescita e ciò è dovuto alla ricerca, da parte del cliente, di un prodotto personalizzato e con caratteristiche specifiche di design. I customers, quindi, delle aziende che si occupano dello stampaggio 3D non possono affidarsi per la realizzazione dei prodotti a tecnologie tradizionali, come, ad esempio, il lavoro artigianale o la produzione di massa.

→ **Potere contrattuale dei clienti:**

Medio-Basso. Nel caso dei consumatori finali il potere contrattuale è da considerarsi basso, poiché si tratta di prodotti altamente differenziati, personalizzabili e, quindi, non riproducibili dalla concorrenza.

Medio-Alto. Nel caso, invece, di esperti nel settore, il potere contrattuale è medio-alto, poiché il cliente, in questo caso, potrebbe rivolgersi ad aziende competitors, nel caso offrano migliori servizi e costi più bassi.

→ **Potere contrattuale dei fornitori: Medio.** Se si considerano i materiali utilizzati in questo settore, i fornitori non hanno un alto potere contrattuale, poiché si tratta di materiali facilmente reperibili, proposti da un notevole numero di concorrenti; se, invece, consideriamo la fornitura dei macchinari disponibili per lo stampaggio 3D, essi sono prodotti da pochi fornitori, che, quindi, avranno un potere contrattuale più elevato.

CAPITOLO 2: Descrizione ed analisi dell'attività aziendale

2.1 La produzione

I servizi offerti da 3DRap, coinvolgono sostanzialmente due tipologie di clienti, ai quali si offre un trattamento adeguato alle proprie esigenze. Le categorie in questione, riguardano:

A. Le aziende partner: si tratta di imprese che intendono stabilire una partnership con 3DRap, al fine di realizzare i propri progetti e vendere i prodotti sul web site aziendale.

B. I consumatori finali: sono tutti coloro che acquistano online o da catalogo, i quali possono richiedere, qualora abbiano bisogno, consulenze specifiche e supporto nella fase di progettazione e realizzazione del prodotto finale.

Il servizio offerto ai clienti di tipo A (Figura 7), prevede le seguenti fasi:

1. Instaurazione del patto collaborativo: i designer che contattano l'azienda avranno la possibilità di presentare i propri progetti e dopo averne accertato la fattibilità è possibile sottoscrivere un contratto di partnership.
2. Upload file digitali: i progettisti, potranno caricare il project work direttamente sul sito 3DRap.it ed accedere successivamente alla piattaforma **Create**, dove è possibile materializzare la propria idea.
3. Fattibilità dell'opera: l'azienda partner, potrà usufruire della competenza di un operatore 3DRap, al fine di verificare la bontà e la fattibilità del progetto.

Successivamente è prevista la fase di produzione, che si suddivide in:

1. Fabbricazione: una volta valutata la bontà del progetto presentato, l'azienda procederà alla fase di produzione, che in base alla geometria e alla complessità del prodotto richiesto, avverrà tramite l'utilizzo di una specifica macchina.
2. Quality control: terminata la fase realizzativa, l'operatore addetto allo stampaggio, mediante un'analisi visiva e tecnica, valuterà la conformità del pezzo.

3. Spedizione: Il cliente che acquisterà il prodotto, riceverà l'ordine dal corriere di fiducia dell'azienda, cercando di rispettare i tempi stabiliti.

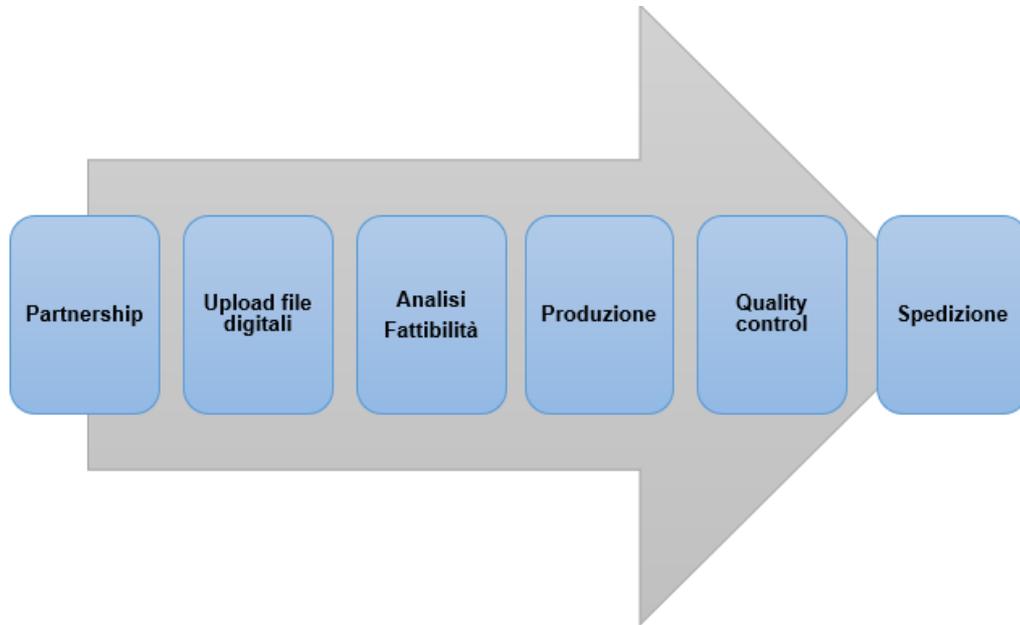


Figura 7. Rappresentazione del ciclo relativo al servizio offerto ai clienti di tipo A

Per quanto riguarda, invece, la categoria di clienti di tipo B, il servizio offerto da 3DRap prevede:

1. Ricezione Ordine: l'azienda riceve l'ordine da parte del consumatore finale, che una volta scelto il prodotto sul catalogo multimediale, può richiedere un preventivo. Nel caso in cui il cliente necessita di un prodotto customizzato, 3DRap offre assistenza tecnica e commerciale.
2. Produzione: ricevuto l'ordine e testata la fattibilità del progetto, si passa alla fase di fabbricazione del prodotto, in linea con i canoni tecnici e temporali stabiliti.
3. Quality Control: ultimata la fase realizzativa, il pezzo sarà sottoposto ad ispezione da parte di un tecnico specializzato.
4. Spedizione: effettuata la fase di controllo, il prodotto sarà spedito al consumatore finale dal corriere di fiducia dell'azienda.

2.2 Tecnologia di produzione

3DRap per la creazione e lo sviluppo dei componenti utilizza *Solidworks* (Figura 8), un software di progettazione, che permette la realizzazione di disegni bidimensionali e tridimensionali, grazie ad un sistema geometrico/parametrico. Il software è estremamente intuitivo, permettendo così anche agli utenti meno esperti la



Figura 8. Logo Solidworks

possibilità di concretizzare la propria idea. La versione di Solidworks, utilizzata da 3DRap comprende tutti i moduli necessari alla progettazione, al reverse engineering e all'analisi degli elementi finiti.

Per materializzare i progetti sviluppati, l'azienda utilizza un parco macchine basato sul sistema FDM (Fused Deposition Modeling). La tecnica FDM, meglio nota come Modellazione a Deposizione Fusa, consiste nell'iniezione, attraverso un estrusore, del materiale plastico fuso sul piatto di stampa, seguendo uno schema di linee che costituiscono gli strati (layers) sovrapposti ai precedenti.

Con le stampanti FDM è possibile realizzare oggetti di qualsiasi dimensione, senza tuttavia, perdere in accuratezza e precisione.

2.3 Le macchine aziendali

Nella seguente sezione saranno descritte le principali macchine utilizzate dalla 3DRap. Ciascuna delle quali, adibita ad un particolare processo produttivo.

2.3.1 Creatility CR-10

Prodotta dalla Creatility3D, la CR-10 (Figura 9) è una stampante 3D con telaio in alluminio. Essa è dotata di un grande volume di costruzione (300x300x400 mm) e possiede un ugello di diametro di 0.4 mm, che può, eventualmente, essere sostituito, da uno di 0.3/0.2 mm. Questa macchina ha uno schermo LCD e una tastiera per un facile uso offline, e fra le caratteristiche principali c'è anche la possibilità di stampare direttamente con l'adattatore USB. La CR-10 è pensata, dunque, per utenti che amano il DIY (Do It Yourself); tutti i pezzi, infatti, sono facilmente assemblabili e anche chi è nuovo al mondo dell'additive manufacturing, sarà in grado di utilizzarla al pieno delle sue possibilità.

È importante, inoltre, considerare che con questo modello si ottiene una maggiore affidabilità e stabilità di stampa grazie alla presenza della piastra in alluminio. Secondo le indicazioni della casa produttrice la stampante funziona con diversi tipi di materiali: ABS/PLA/TPU; tuttavia l'utilizzo di ABS non risulta molto performante in quanto si tratta di un materiale che per la lavorazione richiede calore costante.

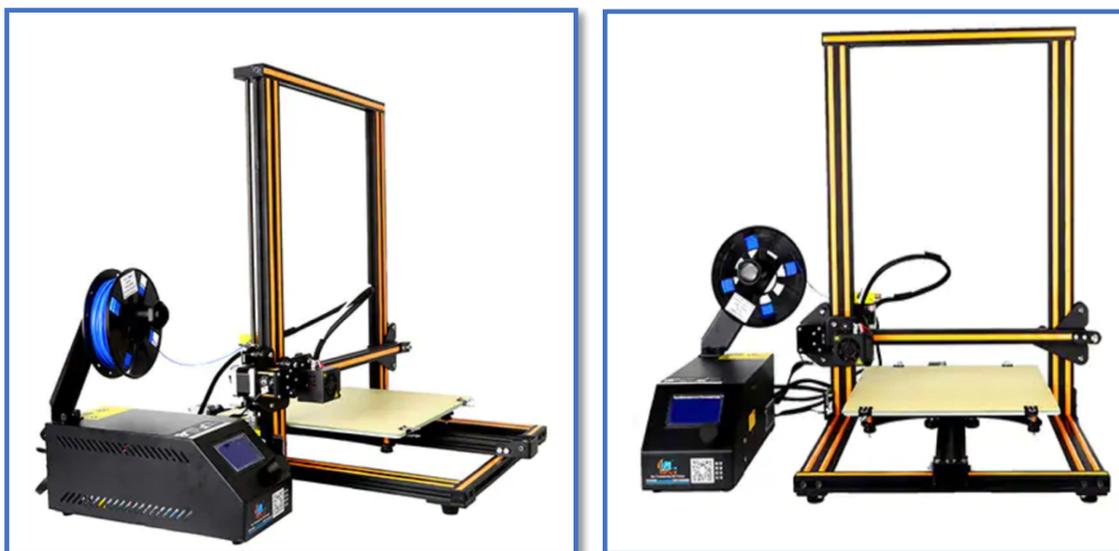


Figura 9. Creatility CR-10 stampante 3D

2.3.2 Anet A6 PRO

La stampante Anet A6 PRO (Figura 10) è realizzata partendo da un telaio in acrilico nero tagliato a laser e singolo estrusore; possiede un volume di stampa 220x220x550 mm, il diametro dell'ugello è di 0.4 mm. Anche questo prodotto, così come la CR-10 è fornito come kit DIY, così da garantire agli utenti una buona esperienza di apprendimento durante l'assemblaggio, che risulterà comunque semplice e veloce.

Per la stampa è possibile utilizzare diversi materiali, quali: ABS/PLA/polimero-legno/Nylon/PLA flessibile e PVA. Questo tipo di macchina è fornita di tecnologia FDM, quindi a partire dalla progettazione a computer, che definisce un percorso utensile, la stampante 3D estrude il filamento termoplastico fuso e lo deposita in strati per costruire la parte dal basso verso l'alto, facilitando notevolmente la produzione di parti complesse.



Figura 10. Stampante Anet A6 Pro

2.3.3 Titan XY

La Titan XY (Figura 11) è una stampante 3D dotata di tecnologia FDM, essa ha un volume di stampaggio di 620x620x480 mm ed ha un telaio costruito da profilati in alluminio da 45 mm. Questa macchina è dotata di sistema di alimentazione del materiale “Direct”, e del sistema Autobed, che consente tramite un sensore di livellamento automatico la livellazione del piatto di stampa. La specifica di questa stampante è la possibilità degli estrusori di muoversi nel piano X-Y; ciò è permesso dalla presenza di una cinghia che corre su tutto il profilo superiore della macchina; il movimento avviene per scorrimento su barre cilindriche di diversa misura (3 e 8 mm; 4 e 12 mm), riducendo, così, al minimo eventuali vibrazioni che comprometterebbero la qualità della stampa finale. Il movimento lungo l’asse Z, invece, è affidato a due motori “passo-passo”: Nema 17; mentre allo scorrimento sui cilindri sono deputate 4 TitanTower TT, equipaggiate con otto cuscinetti che

consentono un movimento fluido, senza danneggiare, quindi, la qualità della stampa finale.

Quando si utilizza la Titan XY è possibile adoperare i seguenti materiali: ABS/PLA/NYLON/GOMMA/LAYWOOD.

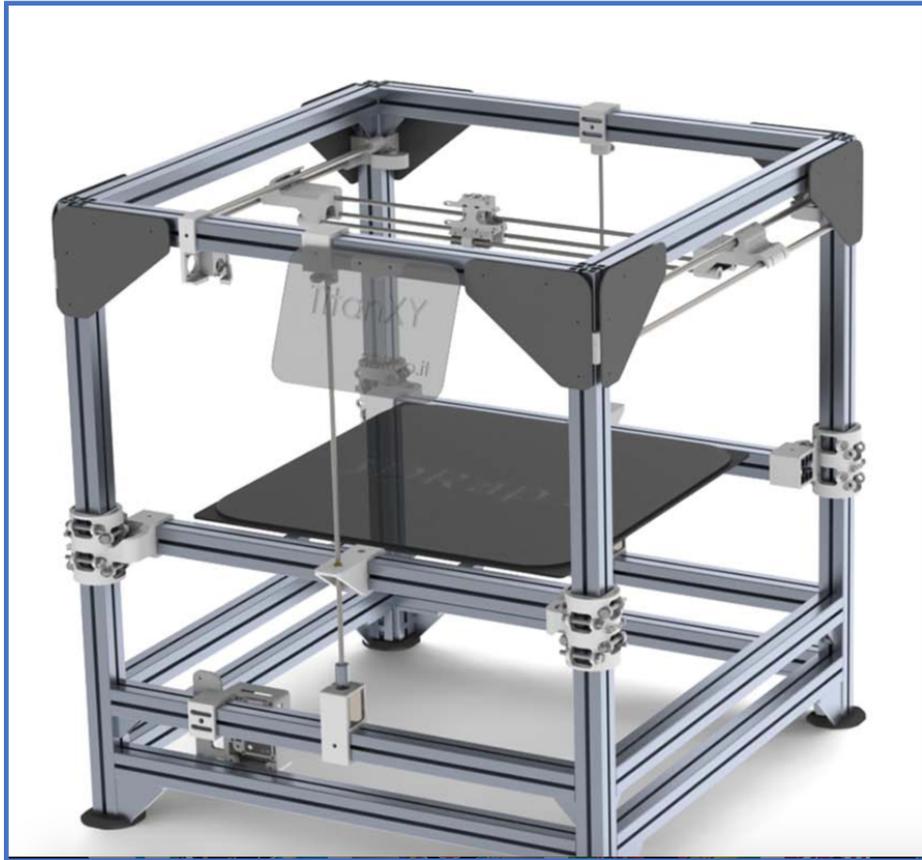


Figura 11. Stampante Titan XY

2.3.4 Delta RepRap

Il nome “Delta” si riferisce ad una categoria particolare di stampanti 3D (Figura 12), caratterizzate dalla presenza di tre bracci, uniti alla base da giunti universali. I robot Delta sono stati utilizzati nelle aziende per lo più nell’ambito del “picking and packing”; essi sono infatti molto veloci e possono effettuare fino a 300 “picks” al minuto.

Attualmente la tecnologia “Delta” è utilizzata soprattutto nell’ambito della manifattura additiva, in questo tipo di macchine l’estrusore non è spostato lungo i binari, ma si muove grazie all’impiego di tre bracci che agiscono in sincronia. Gli

attuatori lineari verticali, inoltre, sono stati recentemente introdotti, sostituendo quelli rotazionali, in modo da offrire vantaggi nella stampa 3D con trasmissione a vite, poiché consente un più rapido accesso ad un volume di costruzione maggiore, utilizzando, però, lo stesso spazio hardware. Questo nuovo dispositivo nasce nell'ambito del progetto "RepRap", un'iniziativa volta a sviluppare una macchina che produca da sé la maggior parte dei suoi stessi componenti.



Figura 12. Stampante Delta "RepRap"

2.3.5 Wanhao Duplicator 7

La Wanhao Duplicator 7 (Figura 13) ha stravolto il mercato delle stampanti a resina, essa garantisce risultati precisi in tempi brevi. Ha un'area di stampa di 120x70x200 mm, e mentre una normale stampante 3D sfrutta lo scioglimento del materiale nell'estrusore, questo tipo di dispositivo, per materializzare gli strati, utilizza il Digital Light Processing, anche detto DLP. Con il DLP, si sfrutta una vasca, con fondo trasparente, riempita a metà di resina liquida. Al di sotto si trova uno schermo LCD,

e un proiettore UV. Per la formazione del layer di resina, dunque, la luce UV è proiettata attraverso lo schermo LCD e sul sottile strato di resina sotto la piastra di costruzione, rendendola, così, solida. Ultimato il primo strato, poi, la macchina continua il processo di solidificazione e stampaggio, sollevando la piastra per agire sul secondo strato, finché il modello non sarà ultimato. Per ottenere il miglior risultato lo spessore del layer minimo consigliato è di 0.0025 mm e l'esposizione consigliata per layer da 50 micron è di 8 sec.



Figura 13. Stampante Wanhao Duplicator.

2.4 I Materiali

I materiali utilizzati nel campo della stampa 3D sono per lo più materiali termoplastici; essi devono, infatti, avere le caratteristiche necessarie per essere modellabili durante i processi di produzione. Oltre alle proprietà fisiche che devono rendere il materiale in grado di sopportare il riscaldamento e il ritorno allo stato solido dopo il raffreddamento, è importante anche la scelta di materiali

biodegradabili, che consentano la diminuzione degli scarti e siano “eco-friendly” anche nel loro processo produttivo.

2.4.1 PLA

L'acido polilattico (Figura 14) è uno dei materiali biodegradabili più utilizzati; il PLA è considerato fra i polimeri più promettenti poiché è costituito da monomeri ottenuti da materie prime non tossiche. Questo materiale, infatti, è ricavato dalla polimerizzazione dell'acido lattico, derivato dal destrosio principalmente ottenuto dal mais.

L'acido polilattico è trasparente, lucido, rigido ma fragile nella sua forma standard, tuttavia esso è molto utilizzato nel campo della stampa 3D, sia perché consente di avere una migliore estetica del prodotto finale, sia perché quando riscaldato, diventa molto liquido, favorendo così la creazione di un forte legame fra gli strati che lo costituiscono; quando è raffreddato, poi, permette la creazione di dettagli più nitidi senza il rischio di fessurazione o curvatura.

Poiché naturalmente trasparente, inoltre, esso può essere colorato con vari gradi di traslucidità e opacità, portando, così, alla realizzazione di un prodotto che incontri le necessità e le richieste del cliente.

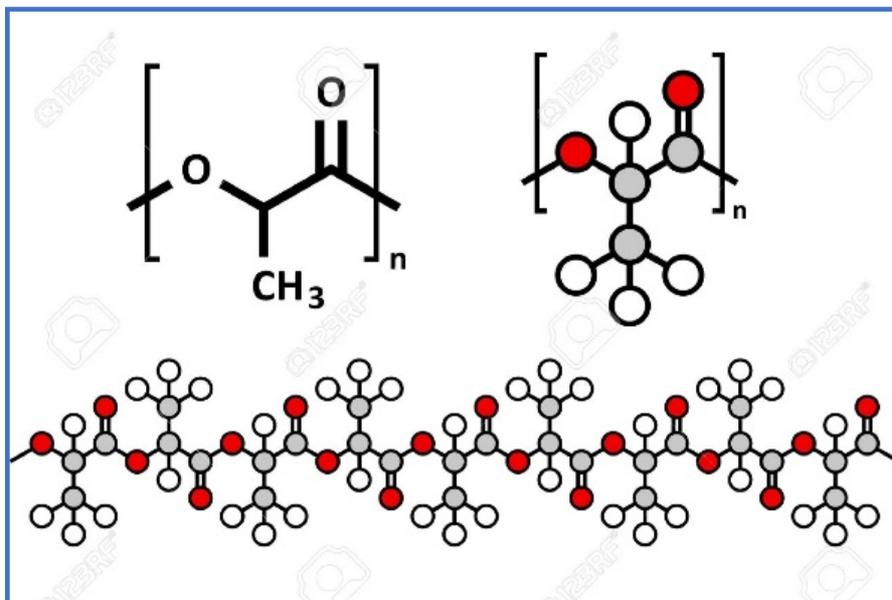


Figura 14. Struttura chimica dell'acido polilattico.

2.4.2 ABS

L'ABS (Acronitrile-Butadiene-Stirene) è una resina termoplastica sintetica ottenuta per copolimerizzazione dell'acronitrile, del butadiene e dello stirene (Figura 15); questo materiale presenta caratteristiche diverse dal sopracitato PLA. Esso è un materiale non-tossico, tuttavia non è biodegradabile; è un termopolimero molto diffuso nell'ambito della stampa 3D e ad iniezione, poiché presenta leggerezza e rigidità. A differenza del PLA possiede buone proprietà meccaniche e sopporta temperature più alte, tuttavia se raffreddato troppo in fretta tenderà a ritirarsi e deformarsi. L'ABS (Figura 16) è facilmente levigabile e il suo solvente, l'acetone, consente di modellarlo o saldare le sue parti semplicemente utilizzandone poche gocce. In generale, l'ABS per le sue caratteristiche di robustezza, flessibilità e lavorabilità è la plastica preferita da chi opera nel campo della stampa 3D, nonostante il suo impiego richieda, ad esempio, un piano di stampa riscaldato per evitare il brusco raffreddamento.

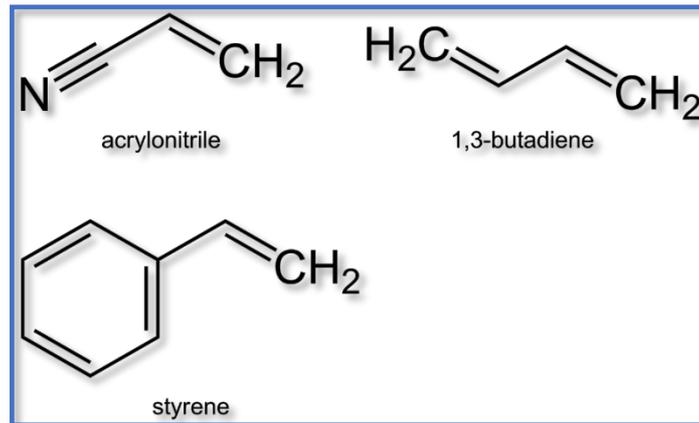


Figura 15. Struttura chimica dei singoli componenti dell'ABS.

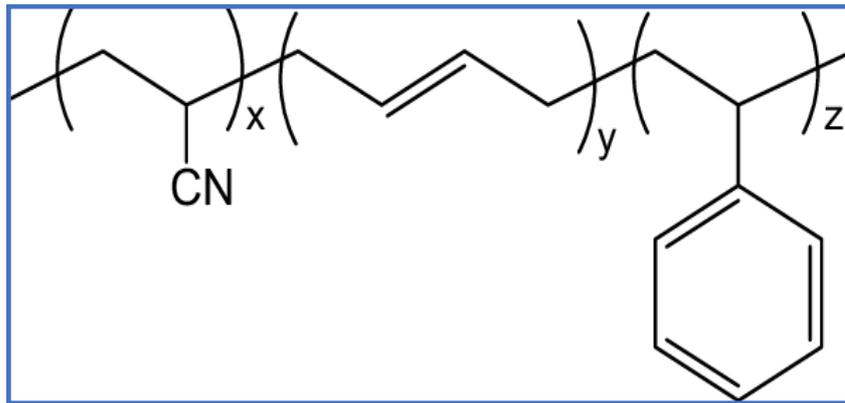


Figura 16. Struttura chimica dell'ABS.

2.4.3 FilaFlex

Il filaflex (Figura 17) è un filamento di poliuretano elastico, che offre un alto coefficiente di attrito e straordinarie proprietà elastiche. Esso è un TPE (elastomero termoplastico), e nonostante alcune accortezze da considerare quando si utilizza, è un ottimo materiale per la stampa 3D.

Questo particolare materiale risulta essere altamente performante e presenta le seguenti caratteristiche tecniche:

- Temperatura di stampa (225-260 °C) in relazione ad estrusore ed *hotend*² (Figura 18).
- Elevata aderenza al piatto di stampa.
- Materiale inodore.
- Velocità di stampa (20-110 m/s).
- Resistente ad acetone, benzina e solvente.

² Il dispositivo Hotend è un componente fondamentale nella stampante 3D. Esso svolge due funzioni importanti: la fusione del materiale plastico e il deposito della plastica sul piatto di stampa.



Figura 17. Bobine in Filaflex



Figura 18. Dispositivo hotend

2.5 I Prodotti

La 3Drap si colloca nel settore dell'additive manufacturing con una mission aziendale di innovazione e una filosofia "open source", che apre il mondo dello stampaggio 3D a chiunque, anche da casa, voglia materializzare la propria idea, riducendo i costi e i tempi di produzione.

In questa sezione saranno descritti i principali prodotti della 3Drap, che punta, soprattutto, all'innovazione nell'ambito del SimRacing.

È grazie alla passione ed al know-how specializzato dei fondatori, che, quotidianamente, è possibile condurre opportune analisi di mercato ed in seguito progettare e sviluppare dispositivi all'avanguardia in linea con le esigenze delle varie categorie di clienti. L'azienda, infatti, oltre alle convenzionali pedaliera, cambi, e volanti, ha voluto distinguersi, producendo un "hand controller" per "simmers" disabili.

I prodotti della 3Drap possono essere divisi in diverse categorie, partendo da quella delle stampanti 3D per finire, poi, con il mondo del SimRacing e della virtual reality.

2.5.1 Poly

Uno dei pezzi, fiore all'occhiello dell'azienda, è la stampante 3D "**Poly**" (Figura 19); la creazione di questa macchina, unica nel suo genere, è basata su tre principi fondamentali: "open-source", "eco-friendly" e "upcycling".

L'idea dietro questo tipo di stampante 3D, infatti, è proprio quella di rendere il mondo dell'additive manufacturing accessibile a chiunque, ponendo, però, particolare attenzione anche al riciclo e all'ambiente. Poly è, infatti, costruita a partire da un telaio completamente biodegradabile (Figura 20), derivante da una bioplastica ricavata dagli scarti agricoli (come l'amido di mais), che la 3DRap ha sviluppato in collaborazione con Eumakers. Si tratta di una stampante portatile, funzionante a batteria, con un'interfaccia utente semplice ed intuitiva: è possibile stampare direttamente dal PC, o tramite smartphone via wireless. Ha un'area di stampa di 6cmx6cmx6cm e con essa, oltre a pezzi in PLA, possono essere prodotti anche oggetti in cioccolato di varie forme e dimensioni.

Il "progetto Poly", pertanto, non è finalizzato soltanto allo sviluppo di un determinato dispositivo, ma apre il mondo della manifattura additiva a tutti i possibili settori di applicazione.

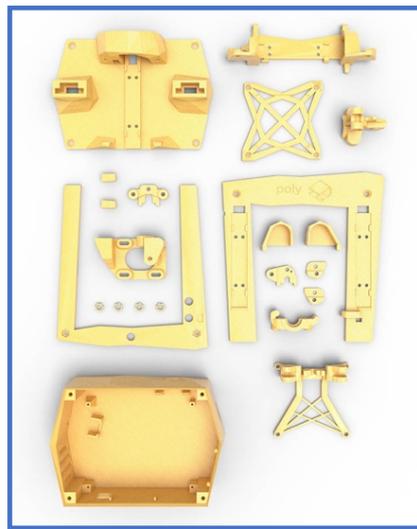


Figura 19. Componenti della stampante Poly.



Figura 20. Stampante 3D Poly

2.5.2 Volante By Speed Max Racing

Il volante DTM/GT RIM ADDON CARBON (Figura 21) è una produzione della 3DRap, ma distribuito da Speed Max Racing. Esso è assemblato in fibra di carbonio con manici simil alcantara cuciti a mano; è, inoltre, dotato di paddles per il cambio marcia in fibra di carbonio e grazie alla sua leggerezza e all'elevata qualità dei materiali offre un'esperienza di guida estremamente reale.



Figura 21. Dispositivo DTM/GT RIM ADDON CARBON

2.5.3 Volante F1

Altro pezzo top di gamma per la 3DRap è il volante F1 (Figura 22), anch'esso costituito in carbonio; presenta una massa ridotta, che consente di fornire agli utenti una maggiore risposta dinamica della periferica, aumentando così il feeling di guida. Dispone di paddles per il cambio e frizioni in fibra di carbonio, con meccanismo a calamita.

Si tratta di un dispositivo dotato di display da 4,3'', configurabile attraverso i pulsanti laterali, ognuno dei quali personalizzabile con il software Z1Dashboard.

Nonostante la complessità del prodotto, la 3DRap riesce a contenere il lead time di produzione; esso viene, infatti, assemblato in soli quindici giorni.



Figura 22. Dispositivo GT1 RIM ADDON CARBON

2.5.4 Hand controller

Come detto in precedenza, la 3DRap, sin dalla fondazione ha fatto dell'innovazione il suo punto di forza; ciò ha permesso all'azienda di sviluppare pezzi per il SimRacing che non solo aumentassero e migliorassero le sensazioni di guida, ma includessero anche soggetti con disabilità.

Nasce, allora, un hand controller per simmers che non possono utilizzare le gambe per accelerare o frenare durante l'impiego delle periferiche. Lo strumento (Figura 23) è un controller per simmers disabili, indossabile sulla mano, che consente di

accelerare e frenare con il pollice. Questo strumento, sostanzialmente, replica lo stesso sistema a potenziometri delle pedaliera Logitech e Thrustmaster. L'acceleratore è trattenuto da una molla lineare, mentre il freno, da 2 calamite a poli contrapposti, che garantiscono una sollecitazione limitata del pollice stesso.

Non sono passate inosservate l'intuizione e l'ingegno dei fondatori di 3DRap, riguardo lo sviluppo di questo particolare dispositivo, che gli ha consentito di vincere il primo premio al contest *Lamura*; un evento organizzato dalla nota azienda di distribuzione DFL, mirato a riconoscere il talento delle start-up emergenti sul territorio nazionale.



Figura 23. Hand controller per disabili

2.5.5 Pezzi di ricambio

La produzione di 3DRap si basa, principalmente, sulla progettazione e lo sviluppo di pezzi di ricambio, compatibili con i vari devices presenti sul mercato e distribuiti dalle più importanti aziende operanti nel campo del SimRacing. Di seguito sono illustrati alcuni prodotti maggiormente richiesti sul mercato:



Figura 24. MOD cambio step 1

- **MOD cambio step 1:** si tratta di un prodotto sperimentale (Figura 24), realizzato in PLA ed ABS. Questo particolare componente è frutto dell'ingegno e della competenza del team 3DRap e rappresenta per i clienti un prodotto economicamente accessibile ed ideale ad irrobustire gli innesti di leva fino a due volte di più. Nonostante una buona fase di testing, il cursore "MOD cambio step 1", presenta una struttura fragile,

creata ad hoc per bypassare il problema di ingombro; pertanto è necessario prestare attenzione nella fase di assemblaggio del pezzo.

- **MOD cambio V3.5:** è un cursore (Figura 25) realizzato dall'upgrade della precedente versione (MOD cambio step 1). Questo componente offre la possibilità di intercambiare le piastre superiori, come H-Shifter o Sequenziale, pertanto offre un design più esclusivo ed elegante (Figura 26).

Si tratta di un componente "Plug and Play", in quanto semplice da assemblare (Figura 27) Tuttavia, è bene specificare, che nonostante la buona resistenza del pezzo, esso risulta essere soggetto ad usura, in quanto costituito da materiale soggetto ad usura.



Figura 25. Componenti MOD cambio V3.5



Figura 26 Design MOD cambio V3.5

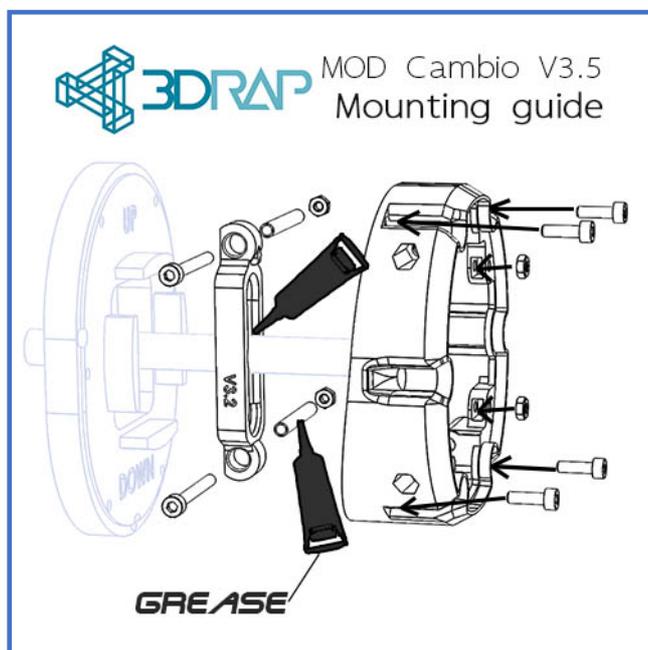


Figura 27 Montaggio MOD cambio V3.5

- **Brake pedal MOD:** è un componente progettato per rendere più realistica la sensazione della frenata (Figura 28). Infatti, sia che si stia facendo una frenata intensa, sia che si stia frenando poco, la molla originale opporrà sempre la stessa forza al piede dell'utente (Figura 29).



Figura 28. Brake pedal MOD

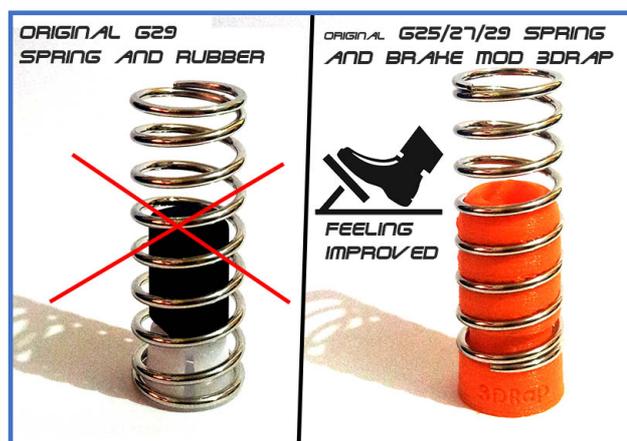


Figura 29. Utilizzo Brake pedal MOD

- **Spessori Pedaliera:** si tratta di un kit contenente due pedaliere, compatibili con i dispositivi Thrustmaster. È un prodotto esclusivo, che permette di sollevare i pedali di freno e frizione, rispetto a quello dell'acceleratore, rendendo l'esperienza di guida più realistica (Figura 30).



Figura 30. Spessori pedaliera Thrustmaster, prodotti da 3DRap

- **Potentiometer Replacement Kit:** è un kit che permette di sostituire i potenziometri usurati della pedaliera Logitech G25/G27/G29/G920, con dei nuovi potenziometri universali (Figura 31) .



Figura 31. Potentiometer Replacement kit

CAPITOLO 3: Analisi ABC

Il metodo ABC (Activity Based Costing) rappresenta un approccio più efficace, rispetto a quello tradizionale, per allocare ai prodotti i costi generali di produzione e controllarli. Questo tipo di analisi permette all'azienda di classificare gli articoli di magazzino da A a C. Si tratta di un sistema capace di fornire all'azienda i dati sull'effettiva rilevanza dei costi associati a ciascun prodotto. La classificazione dovrebbe seguire le seguenti regole:

- Gli articoli "A" sono quelli con il più alto valore di consumo annuo. Il 70-80% del valore di consumo annuo dell'azienda corrisponde solitamente ad appena il 10-20% di tutti gli articoli di magazzino;
- Gli articoli "B", sono considerati intermedi, cioè con un valore medio di consumo annuo, che corrisponde circa al 15-25% e comprende circa il 30% del magazzino
- Gli articoli "C", infine, hanno il più basso valore di consumo annuo dell'azienda. È stimato che più del 50% dei prodotti in magazzino genera solo il 5% del valore di consumo annuo dell'azienda.

Per adottare questo tipo di metodo l'azienda deve seguire quattro step principali: (1) individuare le attività svolte per realizzare l'oggetto di misurazione (disgregare i processi aziendali in attività elementari); (2) individuare gli elementi che generano il costo di tali attività; (3) determinare il costo di ogni attività elementare; (4) calcolare il costo unitario dei cost driver di ogni attività.

Il valore di consumo annuo è calcolato con la formula:

$$\text{(domanda annua)} \times \text{(costo unitario dell'articolo)}$$

La categorizzazione sopra citata è utile, soprattutto, nell'ambito della logistica al fine di identificare i punti deboli del magazzino, così da separarli dagli altri articoli.

In conclusione, il metodo ABC, è una valida soluzione per ottimizzare la gestione del magazzino, così da:

- Prevenire il rischio di *stockout*
- Ridurre le scorte di prodotti poco venduti
- Analizzare la vita dei prodotti
- Ottenere la migliore allocazione
- Ridurre i tempi di carico/scarico del magazzino.

Saranno così ridotti i costi di gestione delle scorte e aumentata la redditività dell'impresa.

3.1 Analisi ABC 3DRap

In questa sezione si analizzerà l'incidenza dei prodotti 3DRap, al fine di tenere sotto controllo la produzione e carpire informazioni utili riguardo i costi all'interno della catena logistica. È opportuno, dunque, eseguire un'analisi ABC su fatturato e valore aggiunto.

- **ABC fatturato:** si elencano tutti i codici articolo in ordine decrescente in relazione al fatturato di vendita (Figura 33); poi si procede al calcolo della cumulata. I prodotti di classe A richiedono particolare attenzione, in quanto generano maggiore fatturato; pertanto, è necessario effettuare una buona analisi previsionale al fine di evitare *stockout*. I prodotti di classe B e C, invece, sono meno critici, poiché presentano una bassa incidenza sui ricavi aziendali (Figura 34).

Il fatturato è calcolato come: $fatturato = domanda \times prezzo$.

- **ABC valore aggiunto:** si procede ad elencare tutti i codici articolo in ordine decrescente a seconda del valore aggiunto del singolo prodotto (Figura 36); dopodiché si procede al calcolo della cumulata. I prodotti di classe A, influenzano maggiormente l'utile aziendale, pertanto è necessario effettuare un'adeguata politica delle scorte, al fine di massimizzare i guadagni. Al contrario, invece, i prodotti B e C presentano un'incidenza più bassa e quindi sono meno critici (Figura 37).

Il valore aggiunto è calcolato come: $valore\ aggiunto = domanda \times (prezzo - costo)$.

Per avere una prospettiva statistica dell'analisi ABC è opportuno ricorrere al diagramma di Pareto.

Esso è uno strumento valido, che consiste nella rappresentazione grafica della distribuzione di uno specifico fenomeno (Figura 32 e 35).

L'analisi di Pareto si articola nelle seguenti fasi:

1. Stabilire i criteri di classificazione dei dati.
2. Individuare i dati ed ordinarli.
3. Rappresentare il diagramma.
4. Costruire la linea cumulativa.
5. Inserire le informazioni di base.

	Percentuale fatturato	Percentuale prodotti
A	77,47%	20,22%
B	17,31%	24,72%
C	5,22%	55,06%

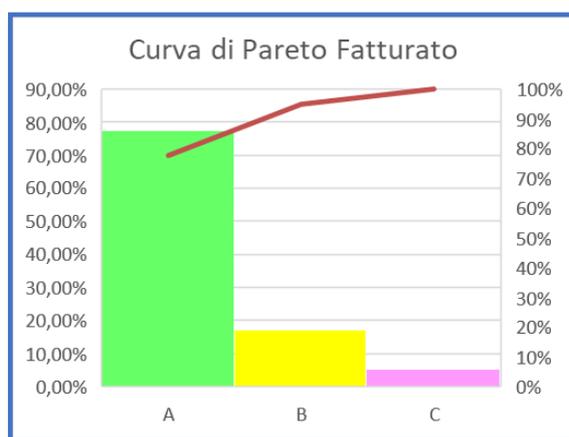


Figura 32. Dati relativi alla percentuale di fatturato e di prodotti (in alto) e rappresentazione grafica dei dati con Curva di Pareto (in basso).

PRODOTTI	DOMANDA	PREZZO DI VENDITA	COSTO UNITARIO	FATTURATO	FATTURATO %	CUMULATA
SL031_00BP	403	26,9	1,6	10840,7	13,45%	13,45%
SL018_00AM	469	14,9	1,03	6988,1	8,67%	22,12%
SL013_00AF	338	16,9	1,07	5712,2	7,09%	29,21%
SS001_00BM	34	165	24,66	5610	6,96%	36,17%
ST009_00AP	340	14,9	0,94	5066	6,29%	42,45%
ST008_00AP	163	18,9	0,75	3080,7	3,82%	46,27%
SS007_00CM	12	249	42	2988	3,71%	49,98%
SL021_00AM	167	16,9	0,76	2822,3	3,50%	53,48%
ST006_00CP	72	32,9	2,42	2368,8	2,94%	56,42%
SL001_00AP	136	16,2	2,1	2203,2	2,73%	59,16%
SL017_00AP	471	4,6	0,31	2166,6	2,69%	61,84%
SL010_00AP	111	19,5	1,42	2164,5	2,69%	64,53%
SL024_00AF	125	16,9	0,98	2112,5	2,62%	67,15%
Carbon SS004_00BM	13	139	21	1807	2,24%	69,39%
ST012_00AP	86	19,9	1,43	1711,4	2,12%	71,52%
SL016_00AP	372	4,6	0,31	1711,2	2,12%	73,64%
SL014_00AF	84	18,9	0,51	1587,6	1,97%	75,61%
SS004_00BM	19	79	10,25	1501	1,86%	77,47%
SL015_00AF	80	16,9	0,98	1352	1,68%	79,15%
Microswitch	125	10,5	1,1	1312,5	1,63%	80,78%
SL033_00AP	41	28	12,58	1148	1,42%	82,20%
ST002_00BP	31	32	2,44	992	1,23%	83,43%
ST010_00BP	40	19,9	1,43	796	0,99%	84,42%
ST011_00BP	40	19,9	1,43	796	0,99%	85,41%
ST005_00AF	41	16,9	0,77	692,9	0,86%	86,27%
SL018_03AC	67	9,9	0,49	663,3	0,82%	87,09%
SL006_00AP	34	18,9	1,51	642,6	0,80%	87,89%
SL011_00BP	29	21,9	2,84	635,1	0,79%	88,67%
SL022_00AP	19	29,9	1,53	568,1	0,70%	89,38%
SL023_00AM	41	12,9	0,65	528,9	0,66%	90,04%
SF023_00BP	16	32,9	1,72	526,4	0,65%	90,69%
SL025_00AP	17	29,9	2,15	508,3	0,63%	91,32%
SS009_00AP	14	34,9	2,83	488,6	0,61%	91,93%
SL012_00AP	24	15,9	1,34	381,6	0,47%	92,40%
push_button	14	24,5	2,57	343	0,43%	92,82%
SS005_00AP	11	29,9	3,09	328,9	0,41%	93,23%
SL008_00AP	17	18,9	1,45	321,3	0,40%	93,63%
AdesivoCarbon-ModCambioV3	160	2	0,4	320	0,40%	94,03%
SL031_01BP	34	8,9	0,11	302,6	0,38%	94,40%
SF011_00AM + SF012_00AM + SF013_00AP	4	75	15,28	300	0,37%	94,78%
SF024_00AM + SF025_00AM + SF013_00AM	4	75	14,08	300	0,37%	95,15%
ST007_00AF	16	16,9	0,67	270,4	0,34%	95,48%
SL007_00AP	15	16,9	1,19	253,5	0,31%	95,80%
ST013_00AP	12	19,9	1,43	238,8	0,30%	96,09%
SL020_00AM	15	15,9	1,76	238,5	0,30%	96,39%
SL005_00AP	12	18,9	2,33	226,8	0,28%	96,67%
ST003_00BP	6	34,9	2,43	209,4	0,26%	96,93%
Potenziometro	17	11,9	1,25	202,3	0,25%	97,18%
switch_on_off_on	8	20,5	2,15	164	0,20%	97,39%
ST016_00AP	7	22,9	1,43	160,3	0,20%	97,58%
SF016_00BP	8	18,9	1,15	151,2	0,19%	97,77%
SL027_00AP	5	29,9	1,89	149,5	0,19%	97,96%
SL026_00AP	13	9,9	2,37	128,7	0,16%	98,12%
SF029_00AP	13	9,9	1,53	128,7	0,16%	98,28%
SL002_00AP	18	6	0,79	108	0,13%	98,41%
SF027_00BP + SF028_00BP	5	18,9	2,3	94,5	0,12%	98,53%
SF015_00BP	3	29,9	2,19	89,7	0,11%	98,64%
SL018_01AA	12	6,9	0,2	82,8	0,10%	98,74%
SL019_00AP	7	10,9	0,42	76,3	0,09%	98,84%
SF002_00AP	20	3,6	0,42	72	0,09%	98,93%
SF005_00AP	28	2,5	0,31	70	0,09%	99,01%
ST015_00AP	3	22,9	1,43	68,7	0,09%	99,10%
SF001_00AP	19	3,6	0,42	68,4	0,08%	99,18%
SF004_00AP	33	2	0,31	66	0,08%	99,27%
SL029_00AP	3	18,9	1,27	56,7	0,07%	99,34%
SF026_00AP	2	25,9	1,61	51,8	0,06%	99,40%
SL028_00AP	5	9,9	2,89	49,5	0,06%	99,46%
SF014_00AP	4	11,9	0,83	47,6	0,06%	99,52%
SL003_00AP	1	42	3,88	42	0,05%	99,57%
SL032_00AP	8	5	0,16	40	0,05%	99,62%
ST018_00AP	2	19,9	1,43	39,8	0,05%	99,67%
SF019_00AP	3	11,9	0,53	35,7	0,04%	99,72%
SF009_00AP	6	5,3	0,42	31,8	0,04%	99,76%
SF003_00AP	1	24,9	1,01	24,9	0,03%	99,79%
ST004_00AP	1	24,9	1,62	24,9	0,03%	99,82%
SF030_00AP	2	11,9	1,67	23,8	0,03%	99,85%
SF031_00AP	2	11,9	1,67	23,8	0,03%	99,88%
SF008_00AP	4	5,9	0,45	23,6	0,03%	99,91%
SF007_00AP	3	6,8	0,51	20,4	0,03%	99,93%
SL030_00AP	1	18,9	1,27	18,9	0,02%	99,95%
SL009_00AP	1	16,9	1,21	16,9	0,02%	99,97%
SF006_00AP	2	7,6	0,56	15,2	0,02%	99,99%
SF010_00AP	2	2,5	0,28	5	0,01%	100,00%
SL004_00AP	0	42	4,56	0	0,00%	100,00%
SL018_02AP	0		0,09	0	0,00%	100,00%
ST001_00BP	0	29,9	2,4	0	0,00%	100,00%
ST014_00AP	0	19,9	1,43	0	0,00%	100,00%
ST017_00AP	0	29	1,43	0	0,00%	100,00%
ST019_00AF	0	16,9	1,42	0	0,00%	100,00%
TOTALE				80600,7		

A

B

C

Figura 33.
Analisi ABC
Fatturato

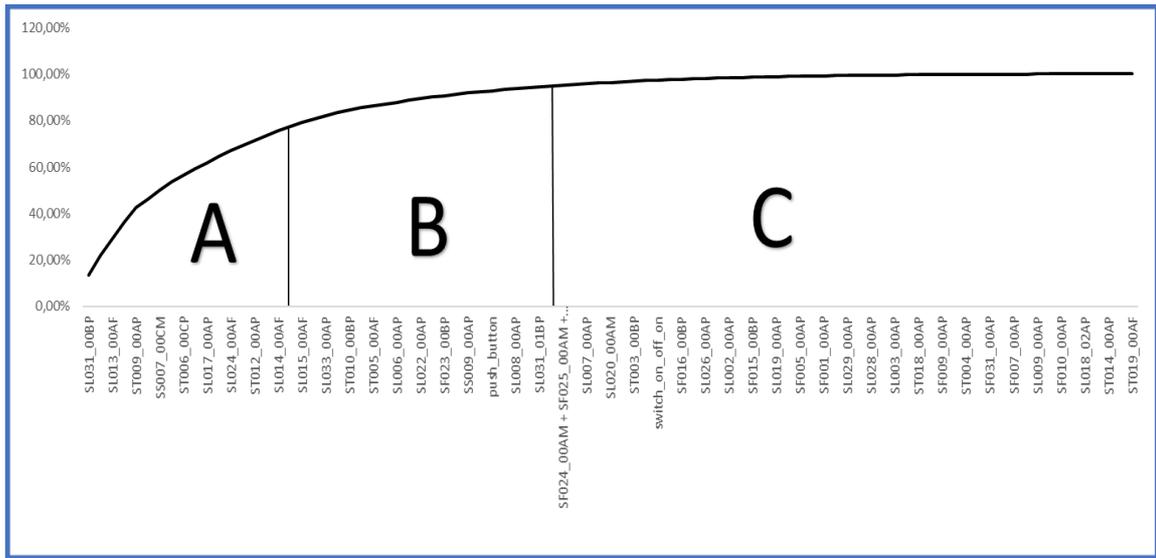


Figura 34. Rappresentazione grafica della curva ABC del fatturato.

	Percentuale valore aggiunto	Percentuale prodotto
A	77,99%	20,22%
B	16,89%	24,72%
C	5,12%	55,06%

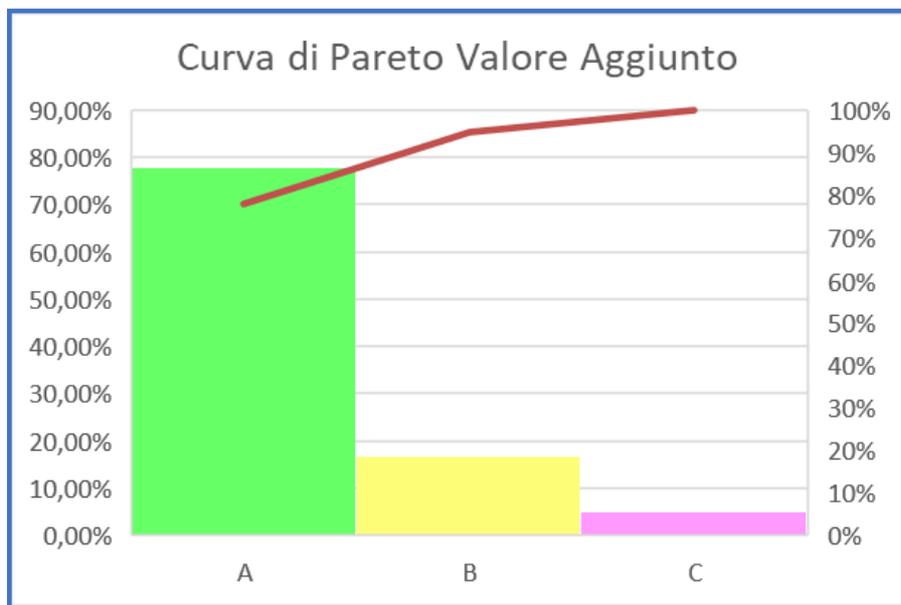


Figura 35. Dati relativi alla percentuale di valore aggiunto di prodotti (in alto) e rappresentazione grafica dei dati con Curva di Pareto (in basso).

PRODOTTI	DOMANDA	PREZZO DI VENDITA	COSTOUNITARIO	VALORE AGGIUNTO	VALORE AGGIUNTO %	CUMULATA
SLO31_00BP	403	26,9	1,6	10195,9	13,85%	13,85%
SLO18_00AM	469	14,9	1,03	6505,03	8,84%	22,69%
SLO13_00AF	338	16,9	1,07	5350,54	7,27%	29,96%
SS001_00BM	34	165	24,66	4771,56	6,48%	36,44%
ST009_00AP	340	14,9	0,94	4746,4	6,45%	42,89%
ST008_00AP	163	18,9	0,75	2958,45	4,02%	46,91%
SLO21_00AM	167	16,9	0,76	2695,38	3,66%	50,57%
SS007_00CM	12	249	42	2484	3,37%	53,94%
ST006_00CP	72	32,9	2,42	2194,56	2,98%	56,92%
SLO17_00AP	471	4,6	0,31	2020,59	2,74%	59,67%
SLO10_00AP	111	19,5	1,42	2006,88	2,73%	62,40%
SLO24_00AF	125	16,9	0,98	1990	2,70%	65,10%
SLO01_00AP	136	16,2	2,1	1917,6	2,61%	67,70%
SLO16_00AP	372	4,6	0,31	1595,88	2,17%	69,87%
ST012_00AP	86	19,9	1,43	1588,42	2,16%	72,03%
SLO14_00AF	84	18,9	0,51	1544,76	2,10%	74,13%
Carbon SS004_00BM	13	139	21	1534	2,08%	76,21%
SS004_00BM	19	79	10,25	1306,25	1,77%	77,99%
SLO15_00AF	80	16,9	0,98	1273,6	1,73%	79,72%
Microswitch	125	10,5	1,1	1175	1,60%	81,31%
ST002_00BP	31	32	2,44	916,36	1,24%	82,56%
ST010_00BP	40	19,9	1,43	738,8	1,00%	83,56%
ST011_00BP	40	19,9	1,43	738,8	1,00%	84,57%
ST005_00AF	41	16,9	0,77	661,33	0,90%	85,46%
SLO33_00AP	41	28	12,58	632,22	0,86%	86,32%
SLO18_03AC	67	9,9	0,49	630,47	0,86%	87,18%
SLO06_00AP	34	18,9	1,51	591,26	0,80%	87,98%
SLO11_00BP	29	21,9	2,84	552,74	0,75%	88,73%
SLO22_00AP	19	29,9	1,53	539,03	0,73%	89,47%
SLO23_00AM	41	12,9	0,65	502,25	0,68%	90,15%
SFO23_00BP	16	32,9	1,72	498,88	0,68%	90,83%
SLO25_00AP	17	29,9	2,15	471,75	0,64%	91,47%
SS009_00AP	14	34,9	2,83	448,98	0,61%	92,08%
SLO12_00AP	24	15,9	1,34	349,44	0,47%	92,55%
push_button	14	24,5	2,57	307,02	0,42%	92,97%
SLO31_01BP	34	8,9	0,11	298,86	0,41%	93,37%
SLO08_00AP	17	18,9	1,45	296,65	0,40%	93,78%
SS005_00AP	11	29,9	3,09	294,91	0,40%	94,18%
ST007_00AF	16	16,9	0,67	259,68	0,35%	94,53%
AdesivoCarbon-ModCambioV3	160	2	0,4	256	0,35%	94,88%
SFO24_00AM + SFO25_00AM + SFO13_00AM	4	75	14,08	243,68	0,33%	95,21%
SFO11_00AM + SFO12_00AM + SFO13_00AP	4	75	15,28	238,88	0,32%	95,53%
SLO07_00AP	15	16,9	1,19	235,65	0,32%	95,85%
ST013_00AP	12	19,9	1,43	221,64	0,30%	96,15%
SLO20_00AM	15	15,9	1,76	212,1	0,29%	96,44%
SLO05_00AP	12	18,9	2,33	198,84	0,27%	96,71%
ST003_00BP	6	34,9	2,43	194,82	0,26%	96,98%
Potenziometro	17	11,9	1,25	181,05	0,25%	97,22%
ST016_00AP	7	22,9	1,43	150,29	0,20%	97,43%
switch_on_off_on	8	20,5	2,15	146,8	0,20%	97,63%
SFO16_00BP	8	18,9	1,15	142	0,19%	97,82%
SLO27_00AP	5	29,9	1,89	140,05	0,19%	98,01%
SFO29_00AP	13	9,9	1,53	108,81	0,15%	98,16%
SLO26_00AP	13	9,9	2,37	97,89	0,13%	98,29%
SLO02_00AP	18	6	0,79	93,78	0,13%	98,42%
SFO15_00BP	3	29,9	2,19	83,13	0,11%	98,53%
SFO27_00BP + SFO28_00BP	5	18,9	2,3	83	0,11%	98,64%
SLO18_01AA	12	6,9	0,2	80,4	0,11%	98,75%
SLO19_00AP	7	10,9	0,42	73,36	0,10%	98,85%
ST015_00AP	3	22,9	1,43	64,41	0,09%	98,94%
SFO02_00AP	20	3,6	0,42	63,6	0,09%	99,03%
SFO05_00AP	28	2,5	0,31	61,32	0,08%	99,11%
SFO01_00AP	19	3,6	0,42	60,42	0,08%	99,19%
SFO04_00AP	33	2	0,31	55,77	0,08%	99,27%
SLO29_00AP	3	18,9	1,27	52,89	0,07%	99,34%
SFO26_00AP	2	25,9	1,61	48,58	0,07%	99,41%
SFO14_00AP	4	11,9	0,83	44,28	0,06%	99,47%
SLO32_00AP	8	5	0,16	38,72	0,05%	99,52%
SLO03_00AP	1	42	3,88	38,12	0,05%	99,57%
ST018_00AP	2	19,9	1,43	36,94	0,05%	99,62%
SLO28_00AP	5	9,9	2,89	35,05	0,05%	99,67%
SFO19_00AP	3	11,9	0,53	34,11	0,05%	99,71%
SFO09_00AP	6	5,3	0,42	29,28	0,04%	99,75%
SFO03_00AP	1	24,9	1,01	23,89	0,03%	99,79%
ST004_00AP	1	24,9	1,62	23,28	0,03%	99,82%
SFO08_00AP	4	5,9	0,45	21,8	0,03%	99,85%
SFO30_00AP	2	11,9	1,67	20,46	0,03%	99,88%
SFO31_00AP	2	11,9	1,67	20,46	0,03%	99,90%
SFO07_00AP	3	6,8	0,51	18,87	0,03%	99,93%
SLO30_00AP	1	18,9	1,27	17,63	0,02%	99,95%
SLO09_00AP	1	16,9	1,21	15,69	0,02%	99,97%
SFO06_00AP	2	7,6	0,56	14,08	0,02%	99,99%
SFO10_00AP	2	2,5	0,28	4,44	0,01%	100,00%
SLO04_00AP	0	42	4,56	0	0,00%	100,00%
SLO18_02AP	0		0,09	0	0,00%	100,00%
ST001_00BP	0	29,9	2,4	0	0,00%	100,00%
ST014_00AP	0	19,9	1,43	0	0,00%	100,00%
ST017_00AP	0	29	1,43	0	0,00%	100,00%
ST019_00AF	0	16,9	1,42	0	0,00%	100,00%
TOTALE				73610,49		

A

B

C

Figura 36.
Analisi ABC
Valore Aggiunto

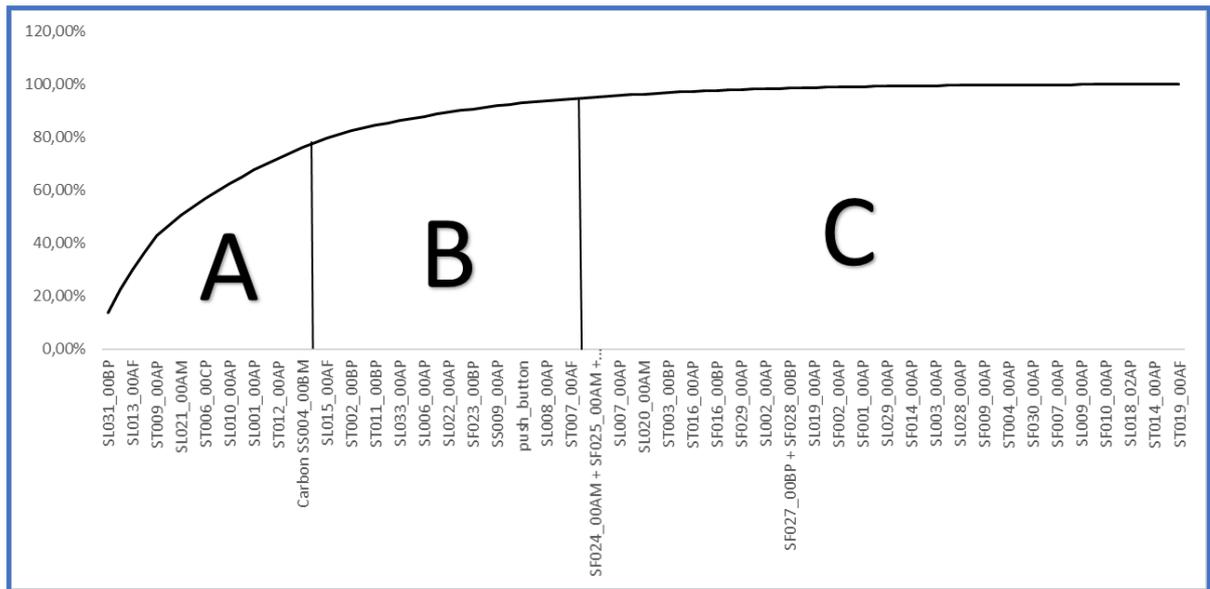


Figura 37. Rappresentazione grafica della curva ABC del valore aggiunto

Osservando i grafici in Figura 33 e 36 è evidente che i prodotti che incidono maggiormente sul fatturato (articoli di classe A) coincidono con quelli che, dall'analisi ABC, influiscono sul valore aggiunto. L'azienda, quindi, al fine di avere un incremento dei profitti, deve investire sulla sopracitata categoria di prodotti.

3.2 Metodo di indagine e obiettivi dell'analisi

Lo scopo dell'azienda è quello di massimizzare la propria efficienza produttiva e ridurre al minimo l'obsolescenza delle materie prime, che con il passare del tempo rischiano di subire alterazioni, a causa dell'igroscopicità.

Obiettivo, quindi, del progetto è quello di analizzare i singoli componenti prodotti dall'azienda e quantificare i residui di materiale plastico, così da comprendere come riutilizzarlo ed applicare una politica MTS (Make To Stock) sui prodotti con una domanda elevata.

Per valutare possibili investimenti, dunque, si è effettuata un'analisi riguardo:

- **Calcolo del peso netto di materiale filamentoso:** per ogni bobina di materiale residuo, è stato calcolato il peso netto di materiale termoplastico avvolto, in modo da capire quanti pezzi di uno specifico componente sia possibile produrre e, dunque, stoccare.

- **Osservazione dei dati storici della domanda:** è stata esaminata la domanda dei singoli prodotti, al fine di comprendere quali fra questi abbiano più mercato.
- **Valutazione del valore economico e del lead time dei componenti:** oltre ad individuare i prodotti di maggiore “*tendenza*”, è stato valutato anche il *gross margin* ed il *lead time* ad essi relativo, al fine di massimizzare il valore economico, derivante dal processo di stoccaggio.
- **Previsione della domanda:** dopo aver stabilito quali componenti era utile produrre, in base all’andamento passato della domanda e mediante l’interpolazione dei dati, è stata stimata la previsione futura di ogni prodotto considerato.
- **Ricerca di aziende partner per il riciclo dei materiali:** ricercare ed in seguito contattare aziende, operanti nell’ambito del riciclo di materie plastiche, al fine di ridurre al minimo i costi di magazzino.
- **Metodo di gestione delle scorte:** una volta analizzati i dati storici di ogni componente prodotto, è stata effettuata una stima della domanda per i periodi successivi, in modo da individuare il giusto metodo di gestione delle scorte, tale da garantire un elevato livello di servizio e limitare gli sprechi.

CAPITOLO 4: Analisi della domanda

L'analisi ABC ha messo in evidenza come vi siano alcuni prodotti che da soli rappresentano un'elevata percentuale del fatturato dell'azienda. Per tali prodotti è importante porre particolare attenzione alla gestione delle scorte e di conseguenza, all'andamento della domanda nel tempo.

Pertanto per alcuni prodotti importanti per l'azienda, tutti appartenenti alla fascia A dell'analisi ABC, viene ora effettuata un'analisi con l'obiettivo di studiarne l'andamento, la distribuzione e le previsioni di vendita per i periodi futuri.

4.1 Previsione della domanda

I prodotti per i quali si è scelto di approfondire l'analisi sono:

- SL013_00AF
- SL016_00AP
- SL017_00AP
- SL018_00AM
- SL031_00BP
- ST009_00AP

Si tratta di alcuni prodotti tipo che rappresentano, per caratteristiche e distribuzioni, l'andamento della maggior parte dei prodotti dell'azienda. Per ognuno dei prodotti si conoscono i dati di domanda di tutto il 2018 che vengono raggruppati per mese, per un totale di 12 dati per ogni prodotto. Sono effettuate previsioni, talvolta con due metodi, utilizzando coefficienti alpha e beta pari a 0,3, ed un fit sample pari a 4 periodi.

4.1.1 Prodotto SL013_00AF

Il prodotto SL013_00AF (Figura 38) è un Brake Pedal MOD "Rally/GT", pesa 8 grammi ed è realizzato in materiale FILAFLEX in circa 61 minuti di stampaggio. La



Figura 38. Prodotto SL013_00AF

domanda del prodotto SL013_00AF (Figura 39) mostra un leggero trend negativo nel primo semestre per poi stabilizzarsi nel secondo semestre con oscillazioni intorno al valore medio.

Questo suo particolare andamento potrebbe suggerire l'utilizzo di uno smorzamento esponenziale semplice oppure l'utilizzo di uno smorzamento con stagionalità con dei coefficienti di smorzamento abbastanza elevati in modo

da adattarsi più in fretta ai cambiamenti della domanda (Figura 40).

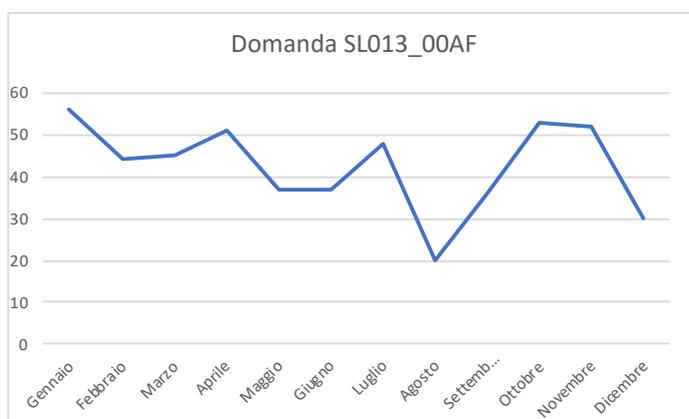


Figura 39. Andamento della domanda del prodotto SL013_00AF

SL013_00AF									
Mese	Domanda	Previsione senza trend	Errore	Errore^2	Base	Trend	Previsione con trend	Errore	Errore^2
		53,16667			53,16667	-1,67			
Gennaio	56	53,16667			52,85	-1,26	51,5		
Febbraio	44	54,01667			49,311833	-1,94	51,588333		
Marzo	45	51,01167			46,657052	-2,16	47,367217		
Aprile	51	49,20817			46,44957	-1,57	44,499386		
Maggio	37	49,74572	-12,7457	162,4533	42,513871	-2,28	44,876959	-7,87696	62,04648
Giugno	37	45,922	-8,922	79,60211	39,262634	-2,57	40,232334	-3,23233	10,44798
Luglio	48	43,2454	4,754599	22,60621	40,083131	-1,55	36,690187	11,30981	127,9119
Agosto	20	44,67178	-24,6718	608,6968	32,969997	-3,22	38,528567	-18,5286	343,3078
Settembre	36	37,27025	-1,27025	1,613526	31,623503	-2,66	29,747862	6,252138	39,08923
Ottobre	53	36,88917	16,11083	259,5588	36,174842	-0,50	28,964061	24,03594	577,7264
Novembre	52	41,72242	10,27758	105,6286	40,575044	0,97	35,678634	16,32137	266,387
Dicembre	30	44,80569	-14,8057	219,2086	38,083431	-0,07	41,547759	-11,5478	133,3507
		40,36399		1459,368			38,016848		1560,267
				13,50633					13,96544
				RMSE					RMSE

Figura 40. Analisi di previsione per il prodotto SL013_00AF

Come si può notare dal grafico in figura 41, l'andamento delle previsioni ottenute con i due metodi è molto simile.

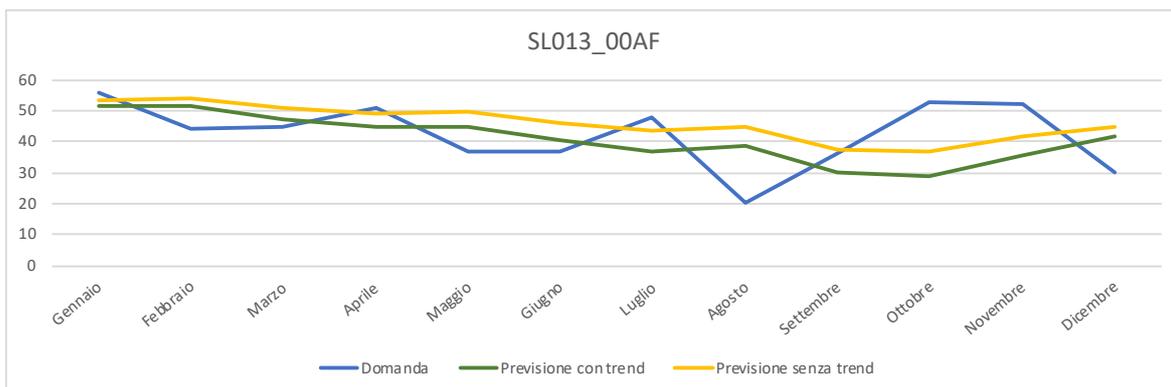


Figura 41. Andamento della domanda e delle previsioni per il prodotto SL013_00AF

Si decide di considerare valida l'ipotesi di andamento stazionario visto che le previsioni ottenute con lo smorzamento esponenziale semplice (previsione senza trend) hanno comportato un RMSE minore. Pertanto l'ultima previsione ottenuta con lo smorzamento esponenziale semplice, il valore 40,36, è considerabile come domanda attesa per ognuno dei mesi futuri. L'RMSE pari a 13,51 è invece preso in considerazione come stima della deviazione standard.

4.1.2 Prodotto SL016_00AP

Anche la domanda del prodotto SL016_00AP (Figura 42), un Clutch Pedal MOD Preloading in PLA del peso di soli 2 grammi e con un tempo di produzione di 11 minuti, mostra un trend negativo nel primo semestre per poi stabilizzarsi nel secondo semestre con oscillazioni intorno al valore medio (Figura 43). Anche in questo caso, dunque, conviene effettuare due previsioni, una con lo smorzamento esponenziale semplice ed una con lo smorzamento con stagionalità (Figura 44). Nel primo caso è stato, però, scelto di considerare come outliers i primi due valori di domanda, in quanto si discostano molto dagli altri valori e quindi la previsione avrà inizio solo dal terzo periodo.

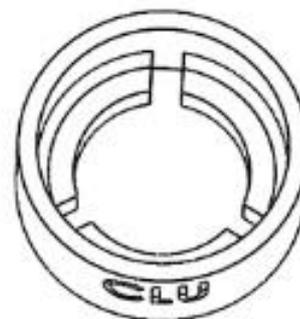


Figura 42 Prodotto SL016_00AP

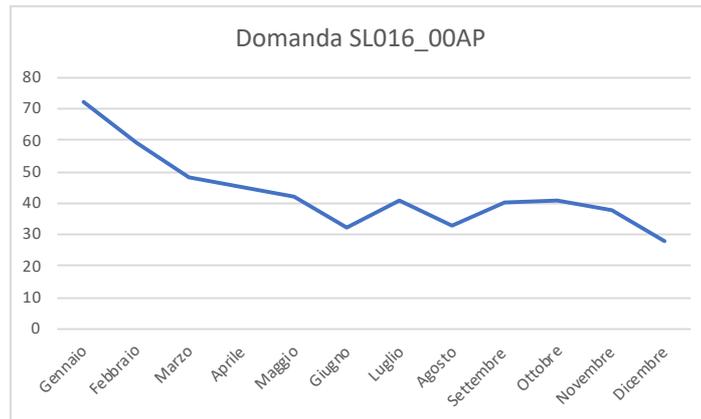


Figura 43. Andamento della domanda del prodotto SL016_00AP

SL016_00AP									
Mese	Domanda	Previsione senza trend	Errore	Errore^2	Base	Trend	Previsione con trend	Errore	Errore^2
					78,5	-9,00			
Gennaio	72				70,25	-8,78	69,5		
Febbraio	59				60,7325	-9,00	61,475		
Marzo	48	46,5			50,614325	-9,33	51,73475		
Aprile	45	46,95			42,396313	-9,00	41,280448		
Maggio	42	46,365	-4,365	19,05323	35,978037	-8,22	33,397195	8,602805	74,00825
Giugno	32	45,0555	-13,0555	170,4461	29,02722	-7,84	27,753171	4,246829	18,03555
Luglio	41	41,13885	-0,13885	0,019279	27,129198	-6,06	21,184569	19,81543	392,6513
Agosto	33	41,0972	-8,09719	65,56457	24,648955	-4,99	21,069936	11,93006	142,3264
Settembre	40	38,66804	1,331964	1,774127	25,764379	-3,16	19,663399	20,3366	413,5773
Ottobre	41	39,06763	1,932374	3,734071	28,126382	-1,50	22,609117	18,39088	338,2246
Novembre	38	39,64734	-1,64734	2,713722	30,038409	-0,48	26,626299	11,3737	129,3611
Dicembre	28	39,15314	-11,1531	124,3925	29,093372	-0,62	29,56196	-1,56196	2,439718
		35,8072		387,6975			28,476346		1510,624
				6,961479					13,74147
				RMSE					RMSE

Figura 44. Analisi di previsione per il prodotto SL016_00AP

Anche in questo caso l'RMSE è molto inferiore nella previsione ottenuta considerando l'andamento stazionario, perciò è utilizzato come previsione per i mesi successivi il valore 35,81 e come stima della deviazione standard il valore 6,96. Il grafico in figura 45 conferma come le previsioni ottenute con smorzamento esponenziale semplice seguano meglio l'andamento della domanda.

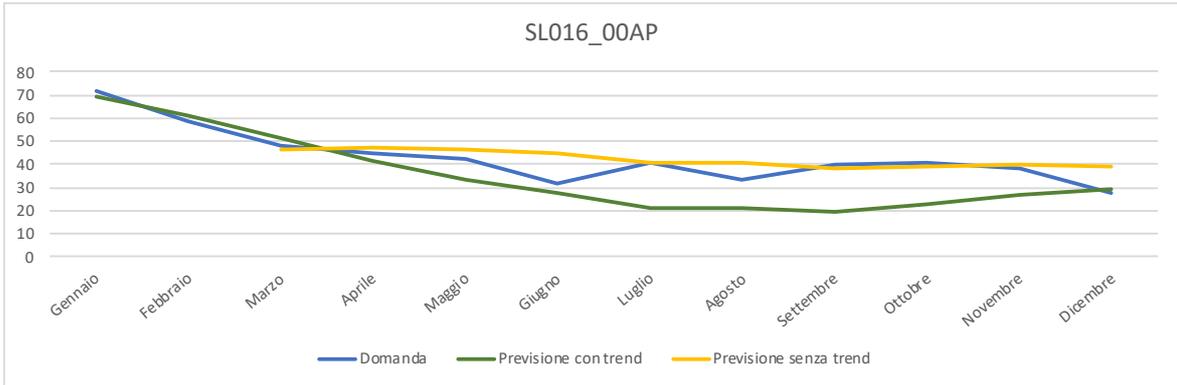


Figura 45. Andamento della domanda e delle previsioni per il prodotto SL016_00AP

4.1.3 Prodotto SL017_00AP

Il prodotto SL0017_00AP (Figura 46) è un Throttle Pedal MOD Preloading ed è molto simile al prodotto analizzato nel paragrafo precedente, anch'esso pesa soli 2 grammi e richiede 11 minuti di lavorazione per la stampa 3D. Anche quanto detto

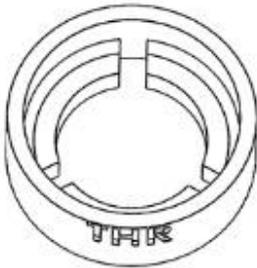


Figura 46. Prodotto SL0017_00AP

per la domanda dello SL013_00AF si conferma per questo prodotto (Figura 47), per il quale vengono fatte due previsioni, una delle quali ignorando i primi due dati di domanda (Figura 48). Anche in questo caso si può considerare la domanda stazionaria in quanto più simile all'andamento della domanda (Figura 49) e con un RMSE inferiore.

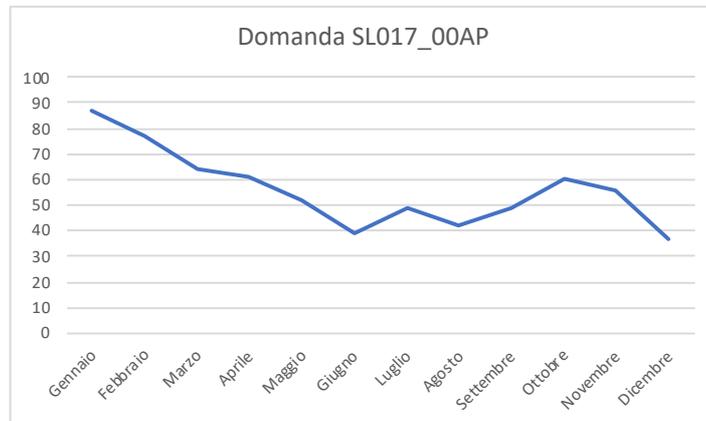


Figura 47. Andamento della domanda del prodotto SL017_00AP

SL017_00AP									
Mese	Domanda	Previsione senza trend	Errore	Errore^2	Base	Trend	Previsione con trend	Errore	Errore^2
					93,916667	-8,67			
Gennaio	87				85,775	-8,51	85,25		
Febbraio	77				77,186083	-8,53	77,265833		
Marzo	64	62,5			67,257094	-8,95	68,652992		
Aprile	61	62,95			59,113663	-8,71	58,305233		
Maggio	52	62,365	-10,365	107,4332	50,883032	-8,57	50,404331	1,595669	2,546158
Giugno	39	59,2555	-20,2555	410,2853	41,322117	-8,86	42,31731	-3,31731	11,00455
Luglio	49	53,17885	-4,17885	17,46279	37,420486	-7,38	32,457838	16,54216	273,6431
Agosto	42	51,9252	-9,92519	98,5095	33,631501	-6,30	30,045001	11,955	142,922
Settembre	49	48,94764	0,052364	0,002742	33,832376	-4,35	27,331966	21,66803	469,5037
Ottobre	60	48,96335	11,03665	121,8077	38,638075	-1,60	29,482964	30,51704	931,2895
Novembre	56	52,27434	3,725658	13,88053	42,724637	0,10	37,035196	18,9648	359,6638
Dicembre	37	53,39204	-16,392	268,699	41,080014	-0,42	42,828591	-5,82859	33,97247
		48,47443		1038,081			40,659394		2224,545
				11,39123					16,67538
				RMSE					RMSE

Figura 48. Analisi di previsione per il prodotto SL017_00AP

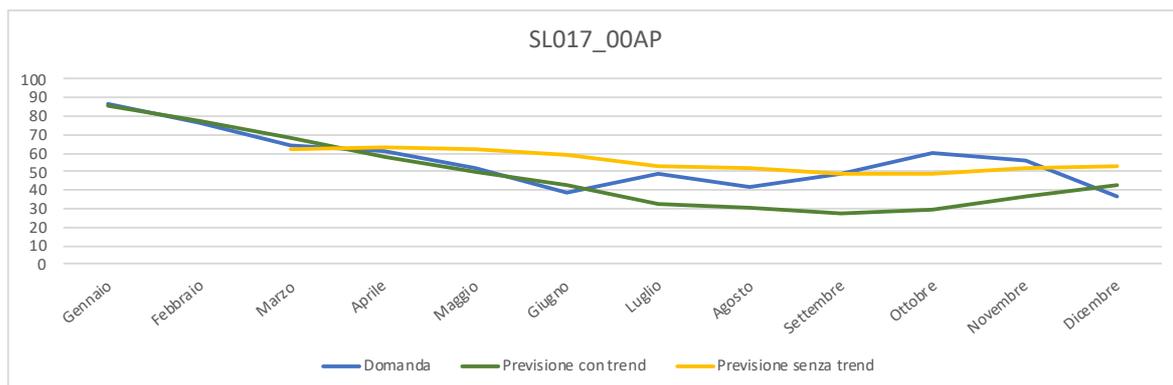


Figura 49. Andamento della domanda e delle previsioni per il prodotto SL017_00AP

Per il prodotto SL017_00AP quindi la previsione per i prossimi periodi può essere approssimata a 48,47, con una deviazione standard pari a 11,39.

4.1.4 Prodotto SL018_00AM

Si tratta di un Mod Cambio / H Shifter Logitech (Figura 50) multimateriale del peso di 11 grammi e che richiede circa 80 minuti per la stampa. Anche la domanda del prodotto SL018_00AM (Figura 51) si comporta come i due prodotti analizzati nei paragrafi precedenti tranne che per la presenza di un solo outlier considerato nello smorzamento esponenziale semplice. Questo caso come i precedenti dimostra la

stazionarietà della domanda. Con un RMSE di molto inferiore nel caso di smorzamento esponenziale semplice (Figura 52).

Un RMSE comunque inferiore a quello riportato considerando un trend decrescente (17,61 contro 38,30), si sarebbe ottenuto considerando anche il primo dato, tuttavia si preferisce nelle analisi successive considerare i valori ottenuti eliminandolo in



Figura 50. Prodotto SL018_00AM

quanto la previsione generata ha un andamento molto più simile a quello della domanda e la previsione è migliore eliminando dati outliers (Figura 53).

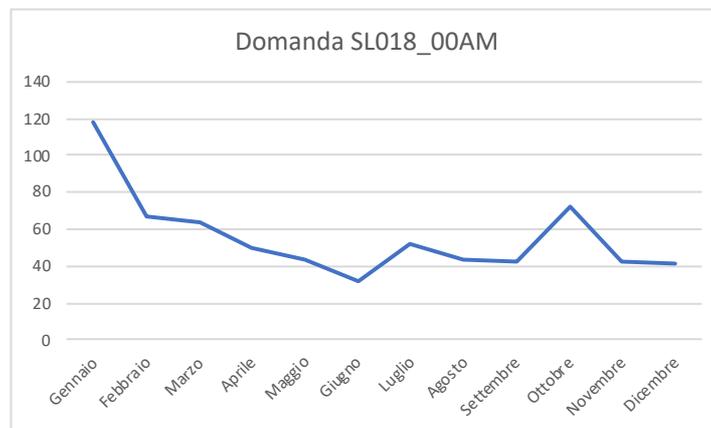


Figura 51. Andamento della domanda del prodotto SL018_00AM

SL018_00AM									
Mese	Domanda	Previsione senza trend	Errore	Errore^2	Base	Trend	Previsione con trend	Errore	Errore^2
					131,41667	-22,67			
Gennaio	118	74,75			111,525	-21,83	108,75		
Febbraio	67	87,725			82,883583	-23,88	89,690833		
Marzo	64	81,5075			60,505069	-23,43	59,007242		
Aprile	50	76,25525			40,954653	-22,26	37,078076		
Maggio	43	68,37868	-25,3787	644,0771	25,983443	-20,08	18,690633	24,30937	590,9453
Giugno	32	60,76507	-28,7651	827,4294	13,735086	-17,73	5,9072658	26,09273	680,8308
Luglio	52	52,13555	-0,13555	0,018374	12,805078	-12,69	-3,9927451	55,99275	3135,188
Agosto	43	52,09489	-9,09489	82,71694	12,981616	-8,83	0,1165944	42,88341	1838,986
Settembre	42	49,36642	-7,36642	54,26414	15,506847	-5,42	4,1526385	37,84736	1432,423
Ottobre	72	47,15649	24,84351	617,1998	28,658892	0,15	10,084132	61,91587	3833,575
Novembre	42	54,60955	-12,6095	159,0006	32,766024	1,34	28,808605	13,19139	174,0129
Dicembre	41	50,82668	-9,82668	96,56368	36,172074	1,96	34,102962	6,897038	47,56913
		47,87868		2481,27			38,129746		11733,53
				17,61132					38,2974
				RMSE					RMSE

Figura 52. Analisi di previsione per il prodotto SL018_00AM

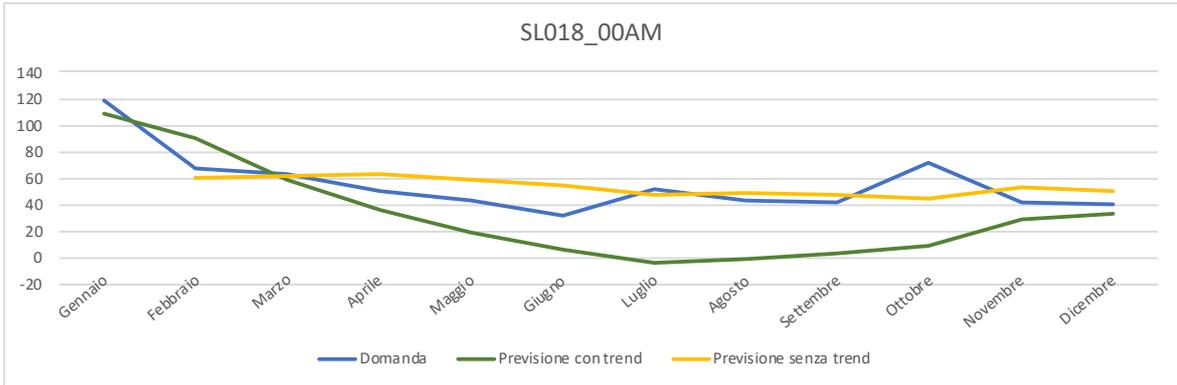


Figura 53. Andamento della domanda e delle previsioni per il prodotto SL018_00AM

4.1.5 Prodotto SL031_00BP

Il prodotto SL031_00BP (Figura 54) è un cursore di ricambio per cambio V3 del peso di 4 grammi e che richiede un tempo di produzione di 18 minuti. La domanda di tale prodotto appare da subito stazionaria (Figura 55) pertanto per essa viene effettuata solo una analisi di previsione con smorzamento esponenziale semplice (Figure 56 e 57).



Figura 54. Prodotto SL031_00BP

Da questa si ottiene una previsione di domanda per i mesi futuri pari a 50,59 pezzi al mese con una deviazione standard di 14,27 pezzi.

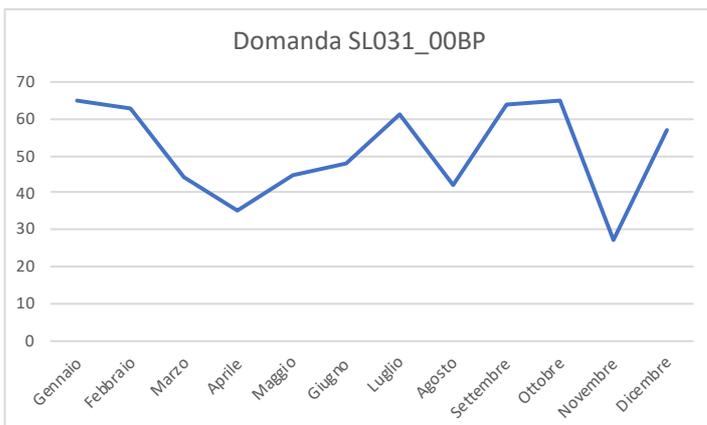


Figura 55. Andamento della domanda del prodotto SL031_00BP

SL031_00BP				
Mese	Domanda	Previsione senza trend	Errore	Errore^2
Gennaio	65	51,75		
Febbraio	63	55,725		
Marzo	44	57,9075		
Aprile	35	53,73525		
Maggio	45	48,11468	-3,11467	9,7012
Giugno	48	47,18027	0,819728	0,671953
Luglio	61	47,42619	13,57381	184,2483
Agosto	42	51,49833	-9,49833	90,21834
Settembre	64	48,64883	15,35117	235,6583
Ottobre	65	53,25418	11,74582	137,9642
Novembre	27	56,77793	-29,7779	886,725
Dicembre	57	47,84455	9,15545	83,82227
		50,59118		1629,01
				14,26977
				RMSE

Figura 56. Analisi di previsione per il prodotto SL031_00BP

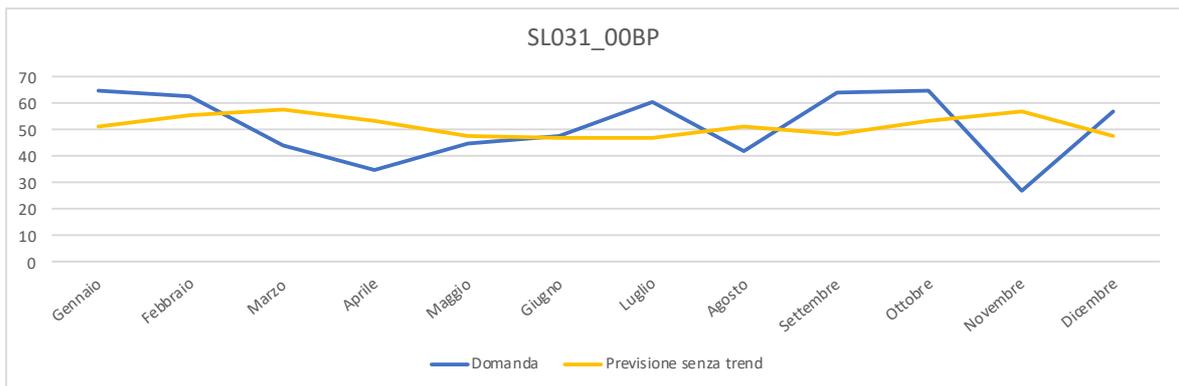


Figura 57. Andamento della domanda e della previsione per il prodotto SL018_00AM

4.1.6 Prodotto ST009_00AP

Si tratta di spessori pedaliera T3PA in PLA (Figura 58), del peso di 11 grammi e che richiedono 52 minuti per la stampa in 3D. La domanda di tale prodotto appare stazionaria o vi si potrebbe identificare un leggero trend crescente nel secondo semestre (Figura 59).



Figura 58. Prodotto ST009_00AP

Anche per questo prodotto si preferisce effettuare entrambi i tipi di analisi di previsione. Essendo il fit sample pari a 4 periodi ed essendo il quarto dato di domanda inferiore al primo, l'analisi parte però ipotizzando un trend leggermente

negativo che diventa, poi, crescente nel secondo semestre (Figura 60). Aumentando il valore del coefficiente di smorzamento beta tale aggiustamento sarebbe più rapido ma per coerenza con le previsioni precedenti si è mantenuto tale coefficiente al valore di 0,3.

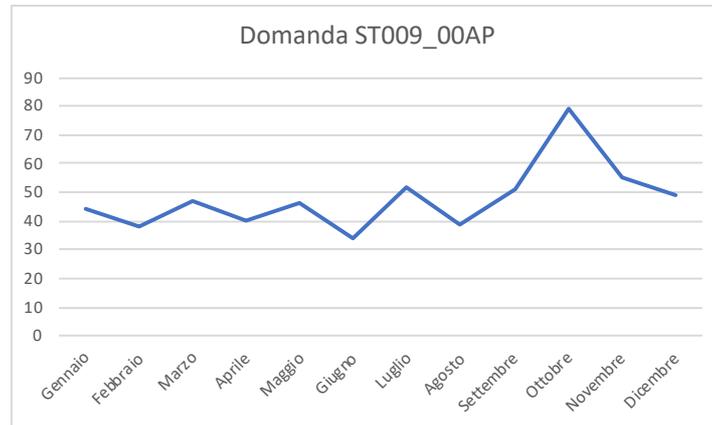


Figura 59. Andamento della domanda del prodotto ST009_00AP

ST009_00AP									
Mese	Domanda	Previsione senza trend	Errore	Errore^2	Base	Trend	Previsione con trend	Errore	Errore^2
					45,583333	-1,33			
Gennaio	44	42,25			44,175	-1,36	44,25		
Febbraio	38	42,775			41,373417	-1,79	42,819167		
Marzo	47	41,3425			41,808701	-1,12	39,583858		
Aprile	40	43,03975			40,480617	-1,18	40,686595		
Maggio	46	42,12783	3,872175	14,99374	41,307702	-0,58	39,296718	6,703282	44,934
Giugno	34	43,28948	-9,28948	86,29439	38,708969	-1,19	40,727099	-6,7271	45,25385
Luglio	52	40,50263	11,49737	132,1894	41,866048	0,12	37,522926	14,47707	209,5857
Agosto	39	43,95184	-4,95184	24,52076	41,08806	-0,15	41,982942	-2,98294	8,897946
Settembre	51	42,46629	8,533709	72,82419	43,955542	0,75	40,936489	10,06351	101,2743
Ottobre	79	45,0264	33,9736	1154,205	54,996781	3,84	44,709687	34,29031	1175,826
Novembre	55	55,21848	-0,21848	0,047735	57,685938	3,49	58,837055	-3,83705	14,72299
Dicembre	49	55,15294	-6,15294	37,85864	57,526614	2,40	61,180877	-12,1809	148,3738
		53,30706		1522,934			59,925273		1748,868
				13,79735					14,78542
				RMSE					RMSE

Figura 60. Analisi di previsione per il prodotto ST009_00AP

Anche in quest'ultimo caso la domanda si può ritenere stazionaria (Figura 61) e la previsione per i futuri periodi si può ritenere pari a 53,31 con una deviazione standard pari a 13,80 pezzi.

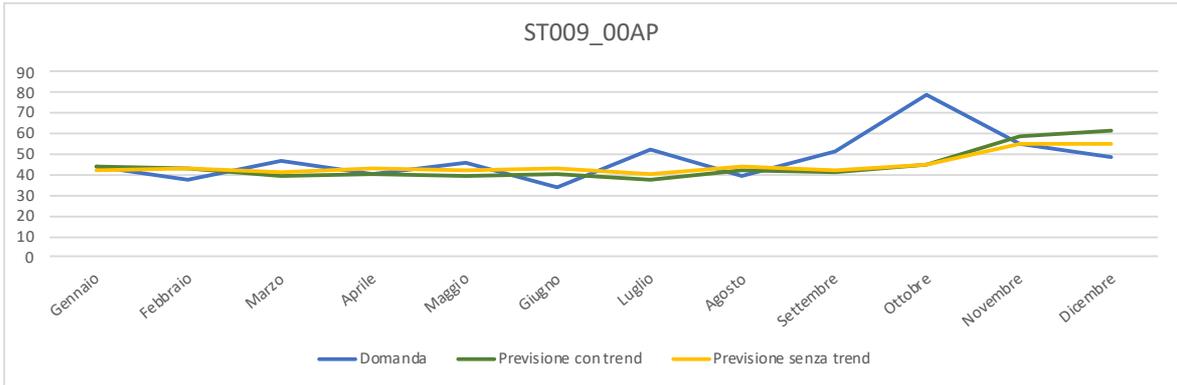


Figura 61. Andamento della domanda e delle previsioni per il prodotto ST009_00AP

4.2 Studio della distribuzione della domanda

Per poter costruire in modo corretto un metodo di gestione del magazzino occorre conoscere la forma della distribuzione ed i suoi parametri. Anche se per una migliore analisi sarebbe stato utile avere un numero molto superiore di dati, si procede al calcolo della statistica χ^2 per testare l'ipotesi nulla di normalità dei dati. Si tratta di un'ipotesi realistica e se tale ipotesi fosse soddisfatta si avrebbe una semplificazione nei calcoli dei parametri della politica di gestione scelta.

Per i prodotti per i quali si è effettuata un'analisi di previsione, pertanto, viene applicato il test χ^2 considerando, almeno in una prima analisi, anche i dati reputati outlier nei precedenti paragrafi. L'applicazione del test ha richiesto il raggruppamento in un certo numero di classi equiprobabili. Il numero esiguo di dati ha obbligato a scegliere solo 4 classi in modo da avere una frequenza teorica per ogni classe, seppur molto bassa, almeno accettabile.

SL013_00AF		freq osserv	freq teoriche	calcolo χ^2
da	a			
0	35,2009827	2	3	0,3333
35,2009827	42,4166667	3	3	0,0000
42,4166667	49,6323506	3	3	0,0000
49,6323506	100	4	3	0,3333
		χ^2 calcolato		0,66666667
		χ^2 minimo		0,48441856
		χ^2 massimo		11,1432868

Figura 62. Analisi Chi Quadrato per il prodotto SL013_00AF

SL016_00AP				
da	a	freq osserv	freq teoriche	calcolo χ^2
0	35,0792032	3	3	0,0000
35,0792032	43,25	5	3	1,3333
43,25	51,4207968	2	3	0,3333
51,4207968	100	2	3	0,3333
χ^2 calcolato				2
χ^2 minimo				0,48441856
χ^2 massimo				11,1432868

Figura 63. Analisi Chi Quadrato per il prodotto SL016_00AP

SL017_00AP				
da	a	freq osserv	freq teoriche	calcolo χ^2
0	45,9825222	3	3	0,0000
45,9825222	56,0833333	4	3	0,3333
56,0833333	66,1841445	3	3	0,0000
66,1841445	100	2	3	0,3333
χ^2 calcolato				0,66666667
χ^2 minimo				0,48441856
χ^2 massimo				11,1432868

Figura 64. Analisi Chi Quadrato per il prodotto SL017_00AP

SL018_00AM				
da	a	freq osserv	freq teoriche	calcolo χ^2
0	39,9255392	1	3	1,3333
39,9255392	55,5	7	3	5,3333
55,5	71,0744608	2	3	0,3333
71,0744608	100	1	3	1,3333
χ^2 calcolato				8,33333333
χ^2 minimo				0,48441856
χ^2 massimo				11,1432868

Figura 65. Analisi Chi Quadrato per il prodotto SL018_00AM

SL031_00BP				
da	a	freq osserv	freq teoriche	calcolo χ^2
0	42,5941014	3	3	0,0000
42,5941014	51,3333333	3	3	0,0000
51,3333333	60,0725653	1	3	1,3333
60,0725653	100	5	3	1,3333
		χ^2 calcolato		2,66666667
		χ^2 minimo		0,48441856
		χ^2 massimo		11,1432868

Figura 66. Analisi Chi Quadrato per il prodotto SL031_00BP

ST009_00AP				
da	a	freq osserv	freq teoriche	calcolo χ^2
0	39,9631184	3	3	0,0000
39,9631184	47,8333333	4	3	0,3333
47,8333333	55,7035483	4	3	0,3333
55,7035483	100	1	3	1,3333
		χ^2 calcolato		2
		χ^2 minimo		0,48441856
		χ^2 massimo		11,1432868

Figura 67. Analisi Chi Quadrato per il prodotto SL009_00AP

Per tutti e 6 i prodotti analizzati il coefficiente χ^2 calcolato è compreso tra i valori limiti ricavabili dalle tabelle della distribuzione χ^2 in corrispondenza di 4 gradi di libertà al livello di fiducia del 95% (Figure 62, 63, 64, 65, 66, 67). Se quindi le distribuzioni si possono considerare gaussiane senza escludere gli outlier, lo sono a maggior ragione escludendo tali valori estremi. Per ognuno dei prodotti valutati la distribuzione sarà considerata normale con valore medio pari alla previsione per il periodo successivo e deviazione standard pari all'RMSE.

4.3 Politica di gestione del magazzino prodotti finiti

Le materie prime utilizzate, già descritte nel capitolo 1, sono poche, di basso valore, e di basso volume, pertanto non rappresentano una criticità del sistema.

Questo paragrafo ha l'obiettivo di approfondire la gestione del magazzino prodotti finiti, che al momento è quasi inesistente.

L'azienda opera oggi con una logica make to order, giustificata dall'elevata varietà di prodotti offerta, contro il numero limitato di materie prime utilizzate. Queste caratteristiche, unite ai brevi tempi di lavorazione e la diponibilità dei clienti ad attendere la consegna, rendono tale politica efficiente.

Le risorse fondamentali alla produzione sono essenzialmente le stampanti 3D e il capitale umano. Quest'ultimo è una risorsa non critica in quanto il tempo che un operatore deve dedicare ad ogni stampa è nettamente inferiore al tempo di stampa stessa, pertanto l'attenzione va posta sulla capacità delle stampanti.

Attualmente l'azienda dispone di 4 stampanti ognuna delle quali può lavorare mediamente 8 ore al giorno per 20 giorni al mese, per un totale di 640 ore al mese. Il tempo medio ponderato di lavorazione è di circa 36 minuti, che moltiplicato per una domanda media mensile di 592 pezzi permette di stimare un tempo medio di lavorazione mensile di 355 h, che è ben al di sotto della capacità produttiva, con un tasso di utilizzo di circa il 55,5%.

$$utilizzazione = \frac{592 \text{ pz/mese} \cdot 36 \text{ min/pz}}{4 \text{ stampanti} \cdot 60 \text{ min/h} \cdot 8 \text{ h/g} \cdot 20 \text{ g/mese}} = 0,555$$

Questo risultato fa comprendere come l'azienda sia in grado di soddisfare in media la domanda anche senza agire in ottica make to stock. Si tratterebbe quindi di una eventualità che va considerata ma non nell'immediato, in quanto la precedente analisi ha confermato la stazionarietà della domanda.

La presenza di variabilità sulla domanda, però, fa riflettere sulla effettiva capacità di soddisfare la domanda con LT brevi. La presenza di variabilità genera infatti code anche in casi di tassi di utilizzazione relativamente bassi.

Prodotto	Domanda media (pz/mese)	Deviazione standard (pz/mese)	Coefficiente di variazione
SL013_00AF	40,36	13,51	0,3346
SL016_00AP	35,81	6,96	0,1944
SL017_00AP	48,47	11,39	0,2350
SL018_00AM	47,34	14,75	0,3116
SL031_00BP	50,59	14,27	0,2821
ST009_00AP	53,31	14,27	0,2677
media	45,98	-	0,2709

Figura 68. Parametri della distribuzione per i prodotti analizzati.

In questo caso il coefficiente di variazione medio è inferiore al 33% e pertanto la variabilità è da considerarsi bassa (Figura 68). A partire da questo è possibile calcolare una stima del tempo medio in coda di ogni ordine.

$$CT_q = \frac{c_a^2 + c_e^2}{2} \cdot \frac{u}{1-u} \cdot t_e = \frac{1 + 0,2709^2}{2} \cdot \frac{0,555}{1 - 0,555} \cdot 36 = 24 \text{ minuti}$$

Tale valore non considera l'eventualità di guasti o setup, ma il tempo medio di attesa è decisamente basso e non subirebbe grandi variazioni, pertanto il tempo di produzione (tempo in coda cui va sommato il tempo di produzione) resterebbe comunque piccolo se confrontato con il LT medio di consegna dei pezzi (variabile in base ai prodotti e ai clienti, ma comunque di qualche giorno).

Si può quindi concludere che l'attuale politica di gestione Make to Order è giustificata.

L'azienda per limitare gli effetti negativi della variabilità, e prepararsi nel contempo ad un eventuale aumento della domanda, potrebbe però pensare di affiancare tale politica ad una politica Make to Stock per la gestione dei prodotti finiti risultati in fascia A. Essa potrebbe quindi anticipare la produzione dei prodotti più importanti, ossia quelli con maggiore domanda e che generano più reddito, in modo da avere per ognuno di essi una piccola scorta che permetta di soddisfare la domanda in tempi brevi anche nei periodi di maggiore carico di lavoro.

Dati i lead time di produzione bassi e la particolare politica di magazzino che prevede di immagazzinare merce solo nel caso di capacità produttiva non utilizzata, si opta per una gestione PULL del solo magazzino prodotti finiti e che porta di conseguenza tutti i vantaggi ad essa correlata. Pull, ovvero tirare, significa agire su richiesta, ovvero mantenere ad un livello costante prefissato il livello di magazzino e produrre un pezzo solo nel caso la domanda effettiva abbia fatto scendere di una unità tale livello. L'ingresso dei prodotti in produzione non è quindi anticipato rispetto agli ordini ma la produzione dipende dalla domanda che, appunto, la "tira".

Si potrebbe quindi valutare di mantenere a magazzino una quantità pari, ad esempio, a 3 giorni di domanda media per ognuno dei prodotti della fascia A. Tale applicazione richiederebbe un periodo di creazione del magazzino in cui viene organizzato lo spazio e viene sfruttata la capacità produttiva non utilizzata per

permettere il raggiungimento della quantità stabilita, dopodiché si potrebbe continuare a lavorare in logica Make To Order per i prodotti di fascia B e C mentre si produrrà per il mantenimento del livello costante del magazzino per i prodotti di fascia A. Il risultato sarà, quindi, una uguale produzione e tasso di utilizzo ma con un tempo di consegna azzerato per i prodotti principali dell'azienda.

CAPITOLO 5: Analisi degli investimenti

5.1 Valutazione delle problematiche aziendali e possibili investimenti

In questa sezione saranno analizzati i possibili investimenti dell'azienda. Per migliorare l'efficienza produttiva la 3DRap, infatti, attraverso un'approfondita indagine di mercato, sta valutando la fattibilità dell'inserimento nel parco macchine di nuovi dispositivi. L'impiego di questi macchinari permetterebbe all'azienda non solo di incrementare il rendimento, ma soprattutto di minimizzare gli scarti sfruttandoli nella ricreazione delle bobine. L'idea è nata dalla possibilità di "bypassare" le problematiche legate alla conservazione dei materiali di consumo e all'immagazzinamento di pezzi non idonei agli standard aziendali.

A tal proposito, le maggiori difficoltà incontrate dalla 3DRap riguardano:

- 1. Deterioramento chimico:** l'azienda utilizza materiali igroscopici, che risultano particolarmente sensibili all'umidità. Un esempio calzante è il PLA; questo materiale è di origine vegetale, quindi biodegradabile, ed in particolari circostanze ambientali, rischia di degradarsi, provocando l'indebolimento della struttura molecolare, compromettendo, così, la qualità del prodotto finale.
- 2. Difettosità di stampa:** il processo di stampa può presentare irregolarità, tali da provocare problemi alla macchina ed il danneggiamento del prodotto finale. È possibile incorrere, infatti, in problemi legati: all'aggrovigliamento della bobina, che provoca ostruzione nel bowden o nella camera di fusione; alla meccanica dell'ingranaggio di estrusione, la cui dentatura può comprimere eccessivamente il filamento, procurando così complicazioni nella fase di iniezione del materiale; alla scarsa qualità del filamento, la cui

irregolarità impedisce il corretto funzionamento della stampante (Figura 69).

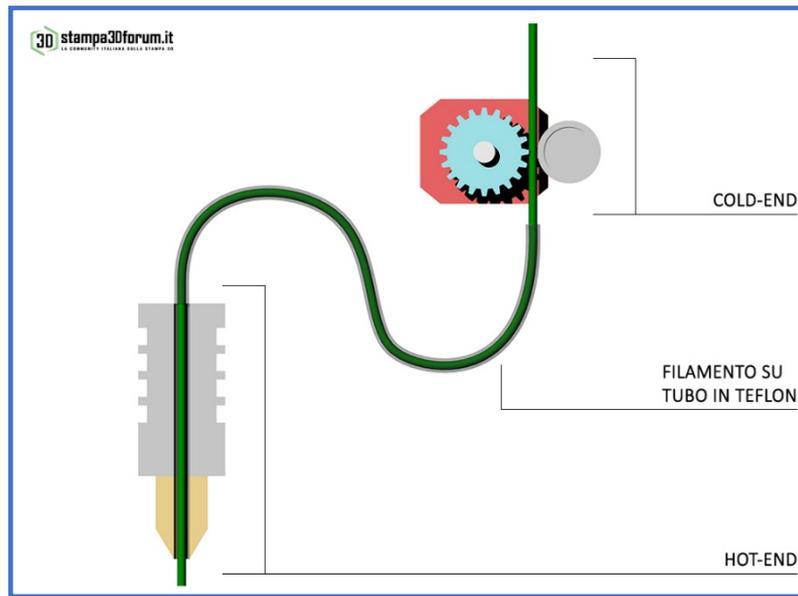


Figura 69. Schema di funzionamento e principali componenti della stampante 3D.

- 3. Conservazione bobine:** Per evitare di danneggiare le bobine è necessario conservarle in luoghi asciutti con un grado di umidità di circa il 10-15%. Pertanto è importante conservare le materie prime in contenitori ermetici sottovuoto, evitando di sottoporle per troppo tempo all'aperto.

5.2 Valutazione tecnica

In base a quanto descritto in precedenza, la 3DRap, sta valutando concretamente la possibilità di introdurre un granulatore ed un estrusore, che possano svolgere, rispettivamente, l'attività di triturazione degli scarti provenienti dalla lavorazione ed estrusione del PLA sminuzzato. Di seguito sono riportate le tipologie di macchine valutate dall'azienda.

5.2.1 Rapid granulator RG Series

Si tratta di un dispositivo specializzato nella lavorazione di materiali duri e fragili (Figure 70 e 71). Esso presenta una velocità di taglio bassa ed è dotato di sistema integrato IMD (Integrated Metal Detection technology), al fine di eludere la possibilità di trovare metalli all'interno del prodotto macinato e provocare danni alla macchina. Le caratteristiche che rendono Rapid Granulator top di gamma sono:

1. **Qualità del materiale tritato:** durante la lavorazione, il taglio netto e costante delle lame assicura una buona qualità del prodotto macinato.
2. **Peculiare tecnica di taglio:** Il sistema costante a “doppio taglio” permette la riduzione dell'energia e la fabbricazione di materiale privo di polvere.
3. **Basso consumo energetico:** per ridurre al minimo il consumo di energia della macchina è fondamentale configurare adeguatamente il rotore e la velocità di rotazione delle lame.
4. **Ricambio rapido delle lame:** Il facile accesso alla camera di taglio permette il ricambio semplice e veloce delle lame di rotazione.



Figura 70. Rapid granulator RG Series

Granulator RG series				
Modello	Camera di taglio,mm	Diametro Rotore,mm	Motore, Kw	Capacità, kg/h
RG Mini1	114x134	100	0,37	1
Rg Mini 2	176x134	100	0,37	2
RG 1	172x228	100	0,75	5
RG 2	265x228	100	0,75	10
RG 3	350x228	100	1,5	20
RG 4	435x228	100	1,5	30
RG 4 TWIN	435x510	100	2x2,2	50

Figura 71. Modelli e caratteristiche del granulatore RG series.

5.2.2 Estrusore Felfil

L'estrusore Felfil (Figure 72 e 73) è un dispositivo in grado di ricreare materiale filamentoso a partire da scarti di lavorazione o pallet vergini. Si tratta di un macchinario semplice, ma allo stesso tempo capace di soddisfare le esigenze di qualsiasi tipo di consumatore, dal principiante al più esperto. Le fasi che caratterizzano la creazione della nuova bobina sono le seguenti:

- **Riempimento della tramoggia:** la prima fase prevede il riempimento della tramoggia con il materiale plastico sminuzzato.
- **Fusione e plastificazione del materiale:** il materiale plastico entra nella camera di fusione, dove viene progressivamente riscaldato e spinto in avanti dal movimento rotatorio della vite punzonante.
- **Iniezione:** l'ultima fase prevede l'iniezione dall'ugello del materiale lavorato sotto forma di filamento.

Felfil ad oggi risulta essere tra i dispositivi più performanti nel settore della stampa 3D, in quanto non ingombrante e dotato di specifiche tecniche importanti, che garantiscono un ottimo risultato finale.



Figura 72. Componenti dell'estrusore Felfil

SPECIFICHE TECNICHE

<p>VELOCITÀ DI ESTRUSIONE da 1.15 m/minuto</p> <p>TEMPERATURE Limitata a 250° C</p> <p>VITE DA ESTRUSIONE Vite a profilo conico</p>		<p>LICENZA Open Hardware</p> <p>TOLLERANZA +/- 0.07mm</p> <p>MULTI MATERIALE PLA - ABS - HIPS - TPU ecc</p>
--	--	--

Figura 73. Caratteristiche tecniche dell'estrusore Felfil

5.3 Analisi Economica

Dopo aver analizzato i possibili benefici derivanti dall'introduzione dei macchinari precedentemente descritti; è necessario determinare la bontà economica dei possibili investimenti. La valutazione economica è stata effettuata considerando

tutte le componenti della bobina di PLA (filamento e cuore bobina, Figura 74) e gli scarti aziendali (Figura 75). Di seguito è illustrato lo studio condotto e le possibili alternative applicabili.



Figura 74. Bobina e suoi componenti

Scarti bobine	
bobine utlizzate al giorno	0,5
peso bobina (g)	1000
% scarti bobina	4%
scarti giornalieri (g)	20
costo bobina al kg	€ 30,00
costo scarti euro al giorno	€ 0,60
giorni lavorativi annui	240
scarti annui (kg)	4,8
costo scarti annui	€ 144,00

Figura 75. Calcolo degli scarti di filamento delle bobine

In riferimento alla tabella riportata è possibile osservare l'analisi effettuata direttamente sugli scarti provenienti dal filamento utilizzato. Per quantificare il costo derivante dai residui della bobina, è stato necessario considerare:

- 1) Utilizzo bobine giornaliere: dall'esperienza è possibile osservare il consumo giornaliero di materiale filamentoso.
- 2) Scarti bobina: sono calcolati in percentuale, come il totale dei chilogrammi (in peso netto) del filamento residuo rapportato ai chilogrammi totali del numero di bobine utilizzate in un determinato intervallo temporale.

- 3) Scarti giornalieri: questo parametro è ottenuto dal prodotto tra la percentuale degli scarti di filamento, il peso della bobina ed il numero di bobine utilizzate quotidianamente.
- 4) Costo giornaliero degli scarti: è ottenuto dalla proporzione tra il costo della bobina al chilogrammo e gli scarti giornalieri di materiale filamentoso.

5.3.1 Calcolo degli scarti attuali

Alla fine dell'analisi è stato possibile quantificare il costo annuo degli scarti filamentosi in euro 144; pertanto nonostante la cifra non sia così alta è importante cercare di minimizzare i costi aziendali ed aumentare l'efficienza produttiva.

Scarti cuore bobina	
bobine utilizzate al giorno	0,5
peso cuore bobina (kg)	0,25
numero bobine annue	120
peso cuore bobina annuo (kg)	30,36
valore di recupero plastica riciclabile al kg	0
valore di recupero annuo	€ 0,00

Figura 76. Calcolo del valore degli scarti di cuore delle bobine

È stato condotto un approfondimento anche sul cuore bobina e sul possibile riutilizzo e riciclo dello stesso. Tuttavia, il materiale di composizione risulta essere non riciclabile, pertanto l'azienda tende a "valorizzare" questo tipo di scarto, cercando di riutilizzarlo nella creazione e composizione di oggettistica casalinga, come le scatole porta cotone.

Scarti di produzione	
produzione annua	7104
scarti %	0,08
peso medio unitario (kg)	0,018
scarti annui (kg)	10,23
costo al kg PLA	€ 30,00
costo scarti annui	€ 306,89

Figura 77. Calcolo degli scarti di produzione

Scarti totali (kg)	
scarti annui bobine	4,8
scarti annui produzione	10,23
PLA SCARTATO	15,03

Figura 78. Calcolo degli scarti totali da produzione

Dopo aver osservato i costi derivanti dalla bobina, sono stati esaminati i costi relativi agli scarti di produzione, intesi come realizzazione di pezzi danneggiati e/o non conformi agli standard aziendali (Figure 77 e 78). Al fine di valutare i costi provenienti dagli scarti di lavorazione è stato utile osservare:

- Produzione annua: si fa riferimento ai pezzi venduti nell'anno 2018.
- Percentuale scarti: dall'esperienza è stato possibile osservare gli scarti di lavorazione.
- Peso medio unitario: calcolato come media dei pesi unitari, ponderata sulla domanda per ogni generico prodotto i .

$$peso\ medio = \frac{\sum_i d_i \cdot p_i}{\sum_i d_i}$$

- Scarti annui: sono quantificati mediante il prodotto tra produzione annua, percentuale di scarti e peso medio unitario.

Dallo studio effettuato si evince, dunque, che il costo totale relativo agli scarti di lavorazione è di euro 306,89. Nella tabella di Figura 78, è riportato, inoltre, il totale in chilogrammi del PLA scartato.

5.3.2 Soluzioni possibili

Considerati i risultati illustrati precedentemente è possibile valutare alcune alternative potenzialmente utili all'azienda per diminuirne gli scarti.

La prima opzione applicabile consiste nel vendere gli scarti di produzione a chi possiede un granulatore. In questo caso devono essere considerati i costi del corriere, il rendimento dell'operazione e il valore di recupero bobina. In particolare ogni chilogrammo di prodotto scartato è quantificato dall'acquirente in euro 3,50 per un valore totale di recupero pari a euro 52,60 (Figura 79)

PRIMA ALTERNATIVA	
Venderlo a chi ha granulatore	
euro al kg	€ 3,50
valore recuperabile	€ 52,60
Costi movimentazione	€ 20,00
Valore netto recuperato	€ 32,60

Figura 79. Calcolo del vantaggio economico della possibilità di vendere il PLA residuo

Tenendo conto del tempo per l'imballaggio, del costo del materiale di imballo, oltre al costo di trasporto, l'alternativa non risulta conveniente.

La seconda possibile soluzione è l'acquisto di granulatore ed estrusore. Il costo delle macchine sarà di circa euro 3800 totali e la durata di entrambe stimata in 10 anni; nell'analisi di questa alternativa bisogna, poi, considerare i costi variabili dovuti ai tempi per granulare e per bobinare, unitamente a spese quali, ad esempio, la paga lorda dell'operatore e l'utilizzo dell'energia elettrica.

SECONDA ALTERNATIVA	
Acquisto di granulatore ed estrusore	
costo totale	€ 3.800,00
durata estrusore/granulatore (anni)	10
tasso di interesse	6,5%
quota ammortamento annua	€ 528,60
Costo variabile utilizzo tempo, en el (al kg)	€ 2,00
Rendimento	0,9
Risparmio su una bobina	€ 15,00
Valore aggiunto bobina	€ 13,00
Break Even Point bobine	-40,66
Bobine attualmente utilizzate	120
Bobine che verrebbero create	13,53

Figura 80. Calcolo del vantaggio economica della possibilità di acquistare granulatore ed estrusore

Dall'analisi effettuata (Figura 80) si è calcolato che, considerando un tempo di ammortamento di 10 anni, bisognerebbe recuperare euro 528,60 all'anno perché l'azienda possa andare in pareggio. Sarebbe possibile, attuando questa alternativa, recuperare su ogni bobina euro 13,00. Affinché la soluzione risulti conveniente per la 3D Rap bisognerebbe, dunque, utilizzare almeno 41 bobine all'anno. In conclusione, valutando il rendimento produttivo dopo granulazione ed estrusione (90% circa), le bobine create sono di circa 14 unità, valore molto inferiore rispetto al BEP (Break Even Point) appena calcolato. È quindi evidente che l'acquisto dei macchinari per il recupero dei materiali di scarto non è al momento conveniente. Si tratta però di una soluzione che potrebbe essere presa in considerazione nel caso di netto aumento della domanda.

CONCLUSIONI

Nello studio è stata effettuata l'analisi degli scarti aziendali con lo scopo di minimizzarli ed applicare una politica delle scorte in grado di ridurre i residui di magazzino e fronteggiare eventuali picchi di domanda.

Attualmente l'azienda opera con una politica MTO ed ETO, ciò consente di iniziare la produzione solo dopo la richiesta da parte del consumatore finale. Per valorizzare gli scarti aziendali e ridurre al minimo il rischio di obsolescenza si è pensato, invece, di applicare una politica MTS sui prodotti che incidono maggiormente sui profitti aziendali. Sono stati, dunque, presi in considerazione i dati relativi alle vendite nell'anno solare 2018; quindi, una volta individuati i prodotti sui quali applicare una politica di stoccaggio si è analizzata in primo luogo la natura della domanda mediante il test chi quadrato e successivamente, considerato il suo andamento, si è sviluppata un'analisi sulla previsione della stessa per i periodi seguenti, utilizzando il metodo dello smorzamento semplice, con trend, o stagionalità a seconda della tendenza.

Nel contempo sono state valutate alcune alternative utili a valorizzare i residui di lavorazione.

In conclusione dall'analisi del caso 3DRap, considerati il coefficiente di utilizzo delle macchine e i dati relativi alle vendite, al momento non è conveniente applicare una politica di gestione Make To Stock, poiché una logica PULL soddisfa pienamente le attuali esigenze aziendali; inoltre, l'introduzione di nuovi dispositivi, quali granulatore ed estrusore, non risulta conveniente visti i bassi volumi di produzione.

BIBLIOGRAFIA

P. BRANDIMARTE, G. ZOTTERI, *Logistica di distribuzione*, Torino, 2004, CLUT.

A. ALFIERI, M. CANTAMESSA, *Programmazione e controllo della produzione*, 2016, Torino, McGraw Hill Create.

P. NEIROTTI, S. GUELFI, P. Landoni, *Economia e organizzazione aziendale*, Torino, 2016, McGraw Hill Create.

P. ALIVERTI, *Stampa 3D: stazione futuro*, Milano, 2014, Hoepli.

3DRap s.r.l.

Silva, J V L & Rezende R A, *Additive Manufacturing and its future impact in logistics, IFAC Proceedings Volumes (2013)*

Kubáč L. & Kodym O., *The Impact of 3D Printing Technology on Supply Chain*, MATEC Web of Conference (2017),

Gibson, I, Rosen, D & Stucker, *Additive Manufacturing Technologies: 3D Printing, Rapid Prototyping, and Direct Digital Manufacturing*, Additive Manufacturing Technologies (2015)

Conner BP, Manogharan GP, Martof AN, Rodomsky LM, Rodomsky CM, Jordan, DC & Limperos JW, *Making sense of 3-D printing: Creating a map of additive manufacturing products and services*, Additive Manufacturing (2014),

Spallek, J, Sankowski, O & Krause D, *Influences of Additive Manufacturing on Design Processes for Customised Products*, International Design Conference (2016)

Ko, H, Moon SK & Otto KN, *Design knowledge representation to support personalised additive manufacturing*, Virtual and Physical Prototyping (2015)

Cazon, A, Aizpurua, J, Paterson A, Bibb R & Campbell RI *Customised design and manufacture of protective face masks combining a practitioner-friendly modelling approach and low-cost devices for digitizing and additive manufacturing*, Virtual and Physical Prototyping (2014)

Tuck, CJ, Hague, RJM, Ruffo, M, Ransley, M & Adams P, *Rapid manufacturing facilitated customization*, International Journal of Computer Integrated Manufacturing (2008)

Jiao RJ, *Prospect of Design for Mass Customization and Personalization*, Design Automation Conference (2011)

Tseng MM, Jiao RJ & Wang C, *Design for mass personalization*. CIRP Annals - Manufacturing Technology (2010)

Gebhardt A, *Understanding additive manufacturing: Rapid prototyping, rapid tooling, rapid manufacturing*. (2012)

Spalleka J & Krausea D, *Process types of customisation and personalization in design for additive manufacturing applied to vascular models*, CIRP Design Conference (2016)

Zanardini M & Bacchetti A, *Quanto conviene la stampa 3D?*, Sistemi ed impresa (2015)

Mion, A, *Le dinamiche innovative della stampa 3D e l'impatto sui modelli produttivi esistenti* (2013)

Rauch E, Unterhofer M & Dallasega P, *Industry sector analysis for the application of additive manufacturing in smart and distributed manufacturing systems*, Manufacturing Letters (2018)

Wohlers T, *3D printing and additive manufacturing state of the industry Annual Worldwide Progress Report Wohlers Report*, 3D Printing and Additive Manufacturing State of Industry (2017)

Ngo T D, Kashani A, Imbalzano G, Nguyen K T Q & Hui D, *Additive manufacturing 3D printing A review of materials methods applications and challenges*, Composites part B (2018)

Ghadge, A, Karantoni, G, Chaudhuri, A & Srinivasan, A, *Impact of additive manufacturing on aircraft supply chain performance: A system dynamics approach*, Journal of Manufacturing Technology and Management (2018)

Delgado Camacho, D, Clayton, P, O'Brien, W J, Seepersad, C, Juenger, M, Ferron, R & Salamone, S, *Applications of additive manufacturing in the construction industry - A forward-looking review*, Automation in Construction (2018)

Zanardini M & Bacchetti A, *Se la stampa 3D rivoluziona anche la supply chain* (2015)

Harrington L, *From just in case to just in time*, Air Transport World, ATW (2007),

SITOGRAFIA

<https://www.freelabster.com/it/...//stampa-3d/>

www.3drap.it

https://it.gearbest.com/3d-printers-3d-printer-kits/pp_441282.html?wid=1090517

<https://shop.easy3d.it/anet-a6-fdm/393-anet-a6-kit-stampante3d.html>

<https://www.3drap.it/product/titan-xy/>

<https://www.3dhubs.com/3d-printers/wanhao-duplicator-7>