

Politecnico di Torino

Laurea Magistrale in Ingegneria Gestionale

Tesi di laurea Magistrale

**L'adozione dell'Additive Manufacturing nel settore della
componentistica auto e il suo impatto sulle performance
aziendali**



Relatori accademici

Prof. Luigi Benfratello

Prof. Alessandra Colombelli

Laureato

Eugenio Mariani

Numero di matricola: 242141

Anno accademico 2017/2018

Astratto

L'Additive Manufacturing è una tecnologia produttiva innovativa che fa parte, più in generale, di quella che viene considerata la quarta rivoluzione industriale: Industry 4.0.

Lo sviluppo di questa tecnologia ha già raggiunto una maturità tale da poter essere utilizzata in diversi settori industriali e si prevede che in futuro la sua evoluzione continuerà permettendone una diffusione ancora maggiore.

Questo elaborato si propone l'obiettivo di descrivere il funzionamento dell'Additive Manufacturing, elencarne le principali tecniche, valutarne le implicazioni economiche e, nello specifico, indagarne la diffusione e l'impatto economico nel settore della componentistica auto.

Il primo capitolo fornisce una descrizione generale della tecnologia ed in particolare: nel primo paragrafo il funzionamento tecnologico, nel secondo le principali tecniche utilizzate ad oggi ed infine le possibili implicazioni economiche e lo stato attuale della sua diffusione.

Nel secondo capitolo è presente una descrizione del settore automotive: la sua evoluzione storica, quali sono i drivers che ne guidano lo sviluppo futuro, la sua portata economica nel nostro Paese e una possibile struttura della filiera italiana.

Il terzo capitolo, invece, analizza più nello specifico il sottosectore della componentistica auto in Italia e ne fornisce una possibile classificazione in categorie.

Inoltre, sono descritti i principali fattori innovativi e le relative risposte delle aziende fornitrici di componenti; chiude il capitolo una descrizione dei risultati economici del settore nel 2017.

Il quarto ed ultimo capitolo riporta l'analisi condotta su di una specifica categoria di aziende, classificate secondo il codice ATECO 2007.

L'analisi è composta da tre parti: uno studio sulle aziende oggetto di analisi in termini di risultati economici, distribuzione geografica e divisione delle quote di mercato; la somministrazione di un questionario ad un campione di queste imprese con l'obiettivo di indagare sull'utilizzo dell'Additive Manufacturing; un'analisi econometrica avente lo scopo di comprendere quale sia l'impatto della tecnologia sulle principali performance aziendali

Sommario

1	Additive Manufacturing.....	1
1.1	L'evoluzione storica e le caratteristiche del processo	1
1.1.1	Definizione.....	1
1.1.2	L'evoluzione della tecnologia	1
1.1.3	Il processo.....	3
1.1.4	Materiali	6
1.1.5	Vantaggi e Svantaggi.....	7
1.2	Tecniche di Additive Manufacturing.....	10
1.2.1	Tecniche per polimeri	10
1.2.1.1	Fused Deposition Modelling (FDM).....	10
1.2.1.2	Selective Laser Sintering (SLS)	12
1.2.2	Tecniche per metalli.....	15
1.2.2.1	Selective Laser Melting (SLM)	15
1.2.2.2	Electron Beam Melting (EBM)	18
1.2.2.3	Laser Deposition Technology (LDT)	20
1.3	Implicazioni economiche e diffusione della tecnologia	23
1.3.1	Implicazioni economiche e sociali	23
1.3.1.1	Economie di scala vs Economie di unità	23
1.3.1.2	Principi chiave della produzione con AM ed effetti sulla funzione di payoff	25
1.3.1.3	La soddisfazione del cliente attraverso la customizzazione	28
1.3.1.4	Impatto ambientale	30
1.3.1.5	Responsabilità sul prodotto	31
1.3.2	Applicazioni e diffusione	32
2	Settore automotive	37
2.1	Evoluzione storica e dinamiche attuali	37
2.1.1	Evoluzione storica	37
2.1.2	Dinamiche evolutive attuali	39
2.2	Portata economica del settore	41
2.3	Composizione della filiera	42
2.3.1	Le fasi della filiera	43
2.3.2	Risultati economici delle diverse fasi.....	45

2.3.3	Importanza del gruppo FCA in Italia	47
2.3.4	Il cambiamento della filiera automotive.....	48
3	Componentistica auto	51
3.1	I mestieri della componentistica	51
3.1.1	Descrizione dei mestieri della componentistica.....	51
3.1.2	Portata economica dei vari mestieri della componentistica	54
3.1.3	Rapporti con gli OEM e punti di forza dei componentisti italiani	56
3.2	I trend del settore	57
3.2.1	Industry 4.0.....	57
3.2.2	Nuovi sistemi di powertrain	59
3.3	I risultati economici della componentistica italiana	61
4	Indagine sull'utilizzo dell'additive manufacturing nel settore della componentistica	63
4.1	L'universo di riferimento.....	63
4.1.1	Distribuzione geografica nel territorio.....	64
4.1.2	Risultati economici.....	66
4.1.3	I leader del mercato.....	68
4.2	Il questionario e l'analisi delle risposte.....	76
4.2.1	Preparazione e somministrazione del questionario.....	76
4.2.2	L'analisi delle risposte	77
4.3	Analisi econometrica sulle performance aziendali.....	95
4.4	Conclusioni dell'analisi	105
	RINGRAZIAMENTI	106
	APPENDICE A.....	107
	Bibliografia.....	111

Lista delle Figure

Figura 1.1 Stereolitografia schema (1)	1
Figura 1.2 Selective laser melting schema (1)	3
Figura 1.3 Esempio generazione file STL (1)	4
Figura 1.4 Esempio di slicing (1)	5
Figura 1.5 costo della complessità (1).....	8
Figura 1.6 Fused Deposition Modelling schema.....	11
Figura 1.7 Selective Laser Sintering esempio (22)	13
Figura 1.8 Selective Laser Sintering schema	13
Figura 1.9 Esempio di componente realizzato in SLM (1)	16
Figura 1.10 Selective Laser Melting schema (1)	16
Figura 1.11 Electron Beam Melting schema (2)	19
Figura 1.12 Schema testina (1)	21
Figura 1.13 Esempio reale di lavorazione	21
Figura 1.14 Effetti dell'utilizzo di AM sulla funzione di payoff di un' impresa manifatturiera (4)	26
Figura 1.15 settori di impiego (5).....	32
Figura 1.16 Fatturato complessivo dovuto alla vendita di materiali per AM (6)	34
Figura 1.17 Andamento delle vendite di sistemi di AM che realizzano componenti metallici (6)....	34
Figura 2.1 filiera automotive (7)	43
Figura 2.2 settori Ateco nelle fasi della filiera (7)	44
Figura 3.1 Le principali attività svolte dai vari mestieri della componentistica (8)	54
Figura 3.2 impatto economico dei vari mestieri di fornitura(8).....	55
Figura 4.1 distribuzione geografica per sede legale (9)	65
Figura 4.2 distribuzione delle imprese tra Nord, Centro e Sud Italia(10)	66
Figura 4.3 Andamento dei ricavi di vendita negli ultimi dieci anni (10)	67
Figura 4.4 distribuzione delle prime 100 imprese per categoria di prodotto(10)	69
Figura 4.5 distribuzione dei ricavi di vendita tra le varie categorie di prodotto(10).....	70
Figura 4.6 Distribuzione percentuale dei ricavi dei produttori di 'Sistemi di propulsione e loro componenti'(10)	71
Figura 4.7 Distribuzione percentuale dei ricavi dei produttori di 'Parti ed accessori per carrozzerie'(10)	72
Figura 4.8 Distribuzione percentuale dei ricavi dei produttori di 'Altri componenti per autoveicoli'(10)	73
Figura 4.9 Distribuzione percentuale dei ricavi dei produttori di 'Parti per sistema frenante'(10) .	73
Figura 4.10 Distribuzione percentuale dei ricavi dei produttori di 'parti per organi di trasmissione'(10).....	74
Figura 4.11 Distribuzione percentuale dei ricavi dei produttori di 'Parti per organi di sterzo, di sospensione e cerchioni'(10).....	75
Figura 4.12 Domanda 2: L'impresa fa parte di un gruppo di imprese? (11)	77

Figura 4.13 Domanda 7: L'impresa fa parte di un gruppo la cui proprietà non è italiana? (11).....	78
Figura 4.14 Domanda 3: È un'impresa a conduzione familiare? (11)	79
Figura 4.15 Domanda 4: Dove è allocata principalmente la sua produzione? (11)	79
Figura 4.16 Domanda 5: Qual è la strategia produttiva attualmente adottata? (11)	80
Figura 4.17 Domanda 6: Dov'è localizzata la maggior parte dei fornitori dell'impresa?(11)	81
Figura 4.18 Domanda 8: L'impresa ha effettuato investimenti in tecnologie additive? (11)	82
Figura 4.19 Domanda 9: Utilizzate tecnologie additive per la lavorazione di: (selezionare una o più risposte).....	83
Figura 4.20 Domanda 10: Quali tecnologie additive avete adottato? (lista di diverse tecnologie)..	84
Figura 4.21 Domanda 11: Quando ha effettuato il primo investimento in tecnologie additive? (Specificare anno) (11)	85
Figura 4.22 Domanda 12: Qual è l'ammontare di investimento in tecnologie additive in ciascun anno dal 2013 al 2017? (11)	86
Figura 4.23 Domanda 13: Quali sono stati i principali obiettivi che l'azienda si è proposta di raggiungere con gli investimenti in tecnologie additive effettuati nel periodo 2013-2017? (11)	87
Figura 4.24 Domanda 14: Utilizza le tecnologie additive per:(selezionare una o più risposte) (11). 88	
Figura 4.25 Domanda 17: Quali sono i motivi per non aver ancora investito in tecnologie additive? (11)	90
Figura 4.26 Domanda 18: Avete già pianificato investimenti futuri in tecnologie additive? (11)	91
Figura 4.27 Domanda 15: Ritiene che un produzione supportata da tecnologia additiva potrebbe risolvere o, per lo meno attenuare, le criticità della sua Supply Chain? (11)	92
Figura 4.28 Domanda 19: Ritiene che un produzione supportata da tecnologia additiva potrebbe risolvere o, per lo meno attenuare, le criticità della sua Supply Chain? (11)	92
Figura 4.29 Domanda 16:Quali sono o potrebbero essere gli impatti delle soluzioni tecnologiche additive sulla vostra Supply Chain? (11)	94
Figura 4.30 Effetti significativi AM	97
Figura 4.31 Effetto sul ROS di un utilizzo di AM	98
Figura 4.32 Effetto sui Costi delle materie prime di un utilizzo di AM	99
Figura 4.33 Effetto sulla Durata del ciclo commerciale dell'utilizzo di AM.....	100
Figura 4.34 Effetto investimento intensivo	101
Figura 4.35 Effetto sul Valore aggiunto procapite di un investimento intensivo	102
Figura 4.36 Effetto sul Risultato Operativo di un investimento intensivo.....	103
Figura 4.37 Effetto sui Costi di produzione di un investimento intensivo	104

Lista delle Tabelle

Tabella 1.1 Materiali utilizzati	6
Tabella 1.2 Confronto di costo tra SLS e pressofusione (3)	24
Tabella 1.3 Principi chiave della produzione con AM (4)	26
Tabella 2.1 Ricavi totali e percentuali delle varie fasi della filiera (7)	45
Tabella 2.2 Dati di occupazione divisi per le varie fasi della filiera(7)	46
Tabella 2.3 EBITDA%, ROI, ROS delle varie fasi della filiera (valori mediani) (7).....	47
Tabella 4.1 Prime 10 imprese per fatturato(10).....	75



1 Additive Manufacturing

1.1 L'evoluzione storica e le caratteristiche del processo

1.1.1 Definizione

L'Additive Manufacturing, o Fabbricazione Additiva, è una tecnologia produttiva innovativa che consente di realizzare un oggetto finito senza la necessità di fondere materiale o di sottrarre da una forma grezza iniziale. Nelle tecniche di Fabbricazione Additiva il materiale viene aggiunto in maniera selettiva, strato dopo strato, coerentemente con il modello matematico del pezzo disegnato su di un sistema CAD 3D.

La stampa 3D, altro nome con cui è nota la nuova tecnologia, rispetto alle tecniche tradizionali consente un minore utilizzo di materiale ed una maggiore libertà nella concezione del pezzo, ampliando indefinitamente la gamma di forme e complessità realizzabili.

Date le sue caratteristiche uniche, l'AM è stata adottata in diversi ambiti applicativi (tra i principali: Automotive, Aerospace, Biomedicale e Gioielleria) principalmente per la prototipazione rapida e per la produzione di piccole serie.

1.1.2 L'evoluzione della tecnologia

La nascita ufficiale dell'Additive Manufacturing risale al 1982, quando il signor Chuck Hull inventò la stereolitografia, schema in Figura 1.1, tecnica di Fabbricazione Additiva per polimeri, fondando la prima realtà commerciale di rapid prototyping: la 3DSystems, azienda ancora ai vertici del settore.

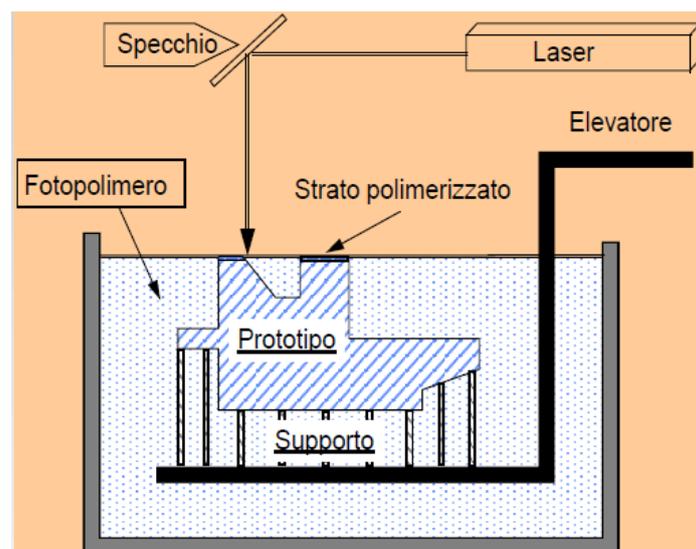


Figura 1.1 Stereolitografia schema (1)

In questa tecnica ogni strato viene realizzato per mezzo di una sorgente laser in grado di innescare in maniera selettiva, coerentemente con la geometria dello strato da realizzare, la reazione termoindurente di un fotopolimero liquido, successivamente la piattaforma di lavoro, immersa nel materiale liquido, scende di un certo delta così da consentire la lavorazione di un nuovo strato. Il principio base di tale invenzione, la creazione di un oggetto fisico attraverso una sequenza di strati sovrapposti, venne ripreso dalle tecniche inventate successivamente ed è valido ancora oggi. Nel 1986 Carl Deckard, Joe Beaman e Paul Forderhase (e altri ricercatori), studiando la stereolitografia, idearono la Selective Laser Sintering, un processo simile a quello in precedenza scoperto, ma il fotopolimero liquido è sostituito da un termoplastico in polvere. Il processo prevede che una sorgente laser, di maggior potenza rispetto alla tecnica precedente, fonda in maniera selettiva lo strato di polvere interessato, successivamente la piattaforma di lavoro scende di un certo delta ed un rullo deposita un nuovo strato di polvere pronto ad essere lavorato.

Rispetto alla stereolitografia due sono i vantaggi principali: la possibilità di realizzare parti definitive in materiale termoplastico; la facilità di rimozione dei supporti, costituiti dalla polvere non portata a fusione.

Nel 1988 Scott Crump brevettò la Fused Deposition Modeling, questa tecnologia consiste nel realizzare i diversi strati sovrapposti attraverso la deposizione di un filamento di materiale termoplastico contenuto in un bobina e quindi estruso; l'estrusione avviene mediante due testine, una per il materiale del componente e l'altra per il materiale del supporto, che si muovono sul piano XY e depositano i filamenti su di una piattaforma di lavoro.

Anche in questo caso il vantaggio principale è la possibilità di utilizzare un materiale termoplastico che consente di realizzare parti definitive, Crump per sfruttare la sua invenzione fondò la Stratasys, azienda divenuta leader nel settore.

Nel 1993 il professore Emanuel Sachs dell'MIT, Massachusetts Institute of Technology, con sede a Boston, sviluppò la Three dimensional printing, tecnologia di stampa che permette di stampare elementi colorati al fine di ottenere una resa foto realistica migliore. Il limite risiede nel materiale utilizzato che non consente la produzione di parti definitive e confina l'utilizzo di questa tecnica alla prototipazione concettuale.

Un anno di svolta per l'Additive Manufacturing è il 1995, per la prima volta la tecnologia permise di fondere polveri di metallo e realizzare oggetti con una densità paragonabile a quella ottenibile con l'industria tradizionale. Tale risultato è stato possibile attraverso la tecnica del Selective Laser Melting, sviluppata dai tedeschi del Fraunhofer Institute. Il processo, di cui la Figura 1.2 fornisce uno schema, è analogo a quello della Selective Laser Sintering con l'aggiunta di alcuni accorgimenti dovuti alla natura del materiale metallico.

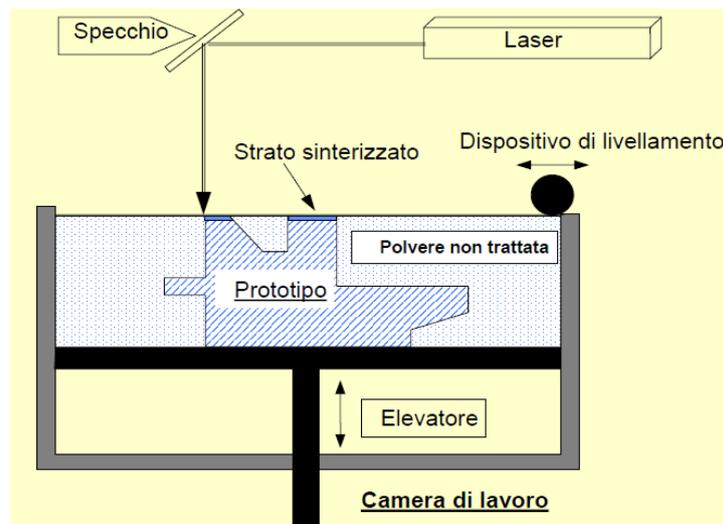


Figura 1.2 Selective laser melting schema (1)

Successivamente, nel 2002, venne sviluppato l'Electron Beam Melting, la tecnologia consiste nel colpire con un fascio di elettroni, opportunamente focalizzato e accelerato, uno strato di polvere metallica, durante l'impatto l'energia cinetica si trasforma in energia termica e permette la completa fusione delle polveri garantendo una densità ancora maggiore rispetto al Selective Laser Melting.

In questo paragrafo sono state citate le tecniche di Additive Manufacturing più note e consolidate nel mercato, attualmente i ricercatori sono ancora impegnati nella ricerca di soluzioni migliorative ed alternative alle tecnologie già sviluppate, specialmente con l'obiettivo di rendere La Fabbricazione Additiva più adatta alla produzione di parti definitive.

1.1.3 Il processo

La Fabbricazione Additiva, in quanto processo produttivo, si compone di diverse fasi successive che consentono la realizzazione del prodotto, durante queste fasi si generano due errori insiti nella tecnologia stessa che si possono minimizzare, ma non eliminare del tutto (Facetting e Stair case).

Creazione del modello matematico tridimensionale del prodotto

Il prerequisito per l'utilizzo della Stampa 3D è l'esistenza del modello matematico tridimensionale del prodotto realizzato su di un sistema CAD, se in passato la limitata disponibilità di tale modello costituiva un limite, oggi l'utilizzo di questi sistemi è ormai diffuso in ogni contesto di progettazione.

Generazione del file STL

Per i modelli matematici nell'Additive Manufacturing si utilizza un linguaggio standard, STL (Standard Triangulation Language). Il modello CAD 3D viene convertito in un modello tipo "Shell" nel quale le superfici interne ed esterne sono approssimate da triangoli di differenti dimensioni, in funzione della complessità geometrica e della risoluzione richiesta, così da ricreare il profilo dell'oggetto, la

Figura 1.3 ne mostra un esempio. Nonostante la conversione avvenga in maniera intelligente, ovvero mantenendo l'errore cordale costante, l'approssimazione di superfici curve con dei triangoli genera inevitabilmente uno dei due errori sopra citati, ed in particolare l'errore di faceting.

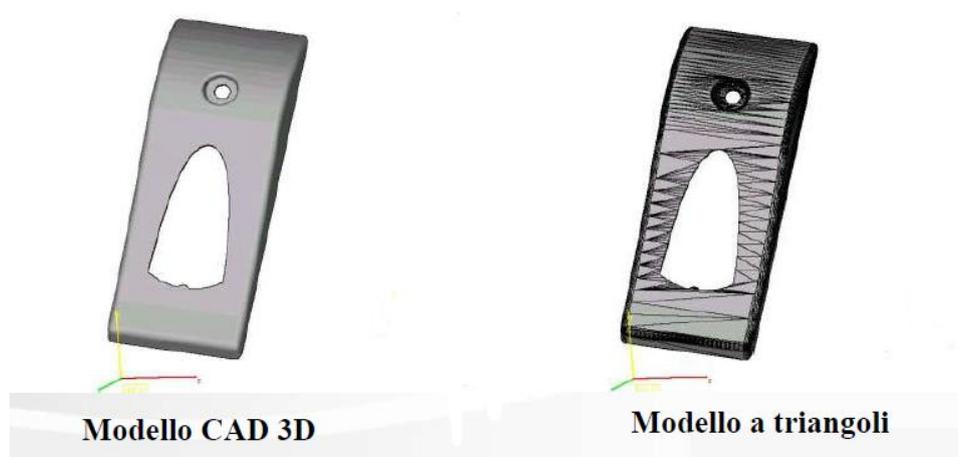


Figura 1.3 Esempio generazione file STL (1)

Orientamento del modello e generazione dei supporti

Il file in formato STL serve da interfaccia tra il modello CAD ed il Software della macchina di Fabbricazione Additiva. Tale Software, ricevuto il file, definisce l'orientamento con cui l'oggetto verrà realizzato e genera in automatico i supporti. I supporti hanno tre scopi: ancorare l'oggetto alla piattaforma di lavoro durante la costruzione, proteggere le pareti laterali durante la lavorazione, supportare le parti sporgenti.

La scelta del materiale con cui realizzare i supporti e della loro geometria deve quindi tenere conto di differenti necessità:

- Sorreggere il pezzo durante la costruzione e impedire che esso aderisca con la piattaforma di lavoro;
- Essere collocato in prossimità di superfici che non richiedono finiture superficiali particolarmente elevate, in quanto la successiva rimozione incrementa la rugosità superficiale.
- Facilitare la rimozione dei supporti ultimata la lavorazione.

Esecuzione dello Slicing

La fase successiva eseguita in automatico dal Software della stampante 3D è la realizzazione delle diverse sezioni che andranno a costituire il modello fisico. Il modello in formato STL viene fatto intersecare con piani paralleli con normale parallela all'asse z e distanziati l'uno dall'altro di una quantità che dipende dalla risoluzione della macchina, un esempio è riportato in Figura 1.4.

I dati risultanti sono quelli utilizzati dalla macchina per eseguire la lavorazione.

L'approssimazione delle superfici curve del modello con degli strati rettangolari crea il secondo errore insito nella tecnologia, lo staircase, questo si traduce in una rugosità superficiale che dipenderà dalla complessità della geometria e dallo spessore di ciascuno strato. Per minimizzare questo effetto è possibile utilizzare lo Slicing adattivo, che adatta lo spessore dello strato alla geometria del componente, e orientare opportunamente il pezzo.

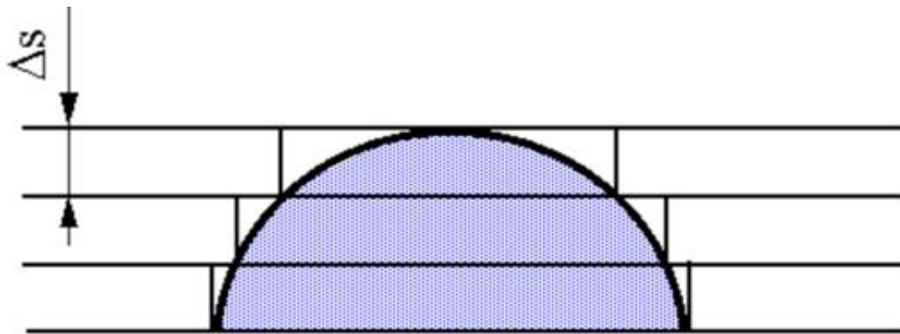


Figura 1.4 Esempio di slicing (1)

Costruzione dell'oggetto

Effettuato lo Slicing, la macchina di Fabbricazione Additiva procede con la realizzazione del prodotto generando uno strato sopra l'altro. Le modalità attraverso le quali avviene questa fase dipendono dalla specifica tecnica di Additive Manufacturing utilizzata.

Attività di post-trattamento

Una volta ultimata la lavorazione sono necessarie delle attività di post-trattamento come la pulizia, la rimozione dei supporti, lavorazioni di finitura superficiale, trattamenti termici o altre. La necessità di queste attività dipende dalla tecnica di Stampa 3D utilizzata e dall'uso a cui è destinato il pezzo realizzato.

1.1.4 Materiali

In completamento dell'analisi sul processo produttivo, nella tabella seguente vengono illustrati i principali materiali attualmente utilizzati per la realizzazione di componenti dalle principali tecnologie di Additive Manufacturing; principalmente vengono utilizzati materiali polimerici, metallici, compositi e ceramici.

Tabella 1.1 Materiali utilizzati

Materiali	Tecnologie
Fotopolimero (Resina termoindurenti)	Stereolitografia, Polyjet, Project, Direct Light Projection
Termoplastico a basso punto di fusione	Drop on Demand
Termoplastico definitivo	Fused Deposition Modelling, Selective Laser Sintering
Ceramici	Three Dimensional Printing, Selective Laser Sintering
Metalli	Three Dimensional Printing, Selective Laser Melting, Electron Beam Melting, Laser Deposition
Compositi	Ultrasonic Additive Manufacturing

Materiali polimerici

I materiali polimerici sono la famiglia di materiali che conta la più ampia varietà di scelta quando si tratta di Additive Manufacturing. Le diverse tipologie sono caratterizzate da diverse proprietà tra cui scegliere: trasparenza, colore, resistenza alla trazione, temperatura di transazione del vetro, biocompatibilità e altre.

Una tipica classificazione delle plastiche si basa sul loro comportamento ad alte temperature, si distinguono quindi due gruppi:

- Materiali termoplastici: conservano le loro proprietà anche ad alte temperature e possono subire ripetuti processi di fusione e solidificazione.
- Materiali termoindurenti: una volta raggiunto lo stato solido non è possibile fonderli nuovamente, se sottoposti ad alta temperatura vengono danneggiati.

I prezzi dei polimeri utilizzati dall'AM sono molto più alti rispetto agli equivalenti materiali utilizzati dalle tecniche tradizionali. Nella Fabbricazione Additiva, la maggior parte di questi materiali ha un costo che si aggira tra i \$175 e i \$250 per kilogrammo, mentre nelle tecniche tradizionali di stampaggio a iniezione il costo è tipicamente incluso tra i \$2-\$3 per kilogrammo, significa avere un costo della materia prima superiore di 58-125 volte.

Metalli

Il numero di metalli disponibili nella Fabbricazione Additiva, sebbene ancora molto inferiore rispetto ai polimeri, è in forte aumento, ad oggi, considerando tutte le tecniche a disposizione, è possibile utilizzare: Acciaio per utensili, Acciaio inossidabile, Leghe di Alluminio, Leghe di Titanio, Leghe a base di Nickel, Leghe di Cobalto-Cromo, Oro, Argento ed altre.

Allo stato attuale le tecnologie riescono a realizzare componenti metallici con una densità prossima al 100%, questa caratteristica è molto importante in quanto impedisce la creazione di microfratture all'interno che potrebbero comportare la rottura del pezzo. Inoltre il processo di realizzazione di componenti metallici con tecniche di AM prevede una solidificazione in tempi ridotti rispetto alle tecniche tradizionali, questo comporta la generazione di grani di dimensione minore aventi una distribuzione più uniforme, e di conseguenza si ottengono componenti con proprietà meccaniche migliori.

Anche nel caso dei metalli, i materiali utilizzati nella Fabbricazione Additiva hanno un costo molto elevato: gli Acciai e le Leghe di alluminio risultano essere i meno costosi con un range di \$78-\$120 per kilogrammo, le Leghe di Titanio invece sono le più costose, si va dai \$340 ai \$880 per kilogrammo, le altre si collocano in mezzo.

Sebbene questi prezzi sono soggetti a variazione, e nel tempo tendono a scendere, rimangono molto più alti rispetto agli equivalenti utilizzati nelle tecniche convenzionali.

Compositi e materiali ibridi

I materiali compositi sono realizzati unendo un secondo materiale ad una base di natura differente, il materiale più comunemente utilizzato per fare da base è il poliammide, conosciuto più spesso come Nylon. Alla base si aggiungono materiali come vetro, alluminio e fibre di carbonio allo scopo di incrementare le proprietà del componente (resistenza a trazione, durezza e rigidità tra le più comuni).

La UAM (Ultrasonic Additive Manufacturing) è una tecnica in grado di produrre componenti ibridi metallici: ad una base formata da alluminio, o rame, è possibile aggiungere, tra gli strati, un altro materiale così da generare un componente con proprietà uniche.

Infine per applicazioni più di nicchia, è possibile anche realizzare componenti in materiale ceramico o materiale specifico utilizzato nei processi di colata tradizionali.

1.1.5 Vantaggi e Svantaggi

L'Additive Manufacturing è un innovativo processo produttivo che si contrappone alle tecnologie tradizionali che si basano sull'asportazione di materiale. Nelle tecniche "sottrattive" la lavorazione consiste nel tagliare ed asportare materiale da un pezzo grezzo di maggiore dimensione così da ottenere un elemento di dimensioni ridotte avente la geometria voluta.

I diversi metodi di Fabbricazione Additiva presentano vantaggi e svantaggi, ognuno rispetto agli altri, riconducibili alle loro specifiche caratteristiche del processo produttivo; tuttavia, mettendoli in contrapposizione con le tecniche tradizionali, è possibile identificare una serie di benefici e limiti riconducibili all'intera categoria.

Tra i principali vantaggi legati al processo di produzione:

- La possibilità di realizzare forme illimitate con un'unica macchina di lavoro, supera un grosso limite tipico dello stampaggio dove è necessario utilizzare uno stampo per ogni geometria che si intende ottenere.
- L'assenza di attrezzature o sistemi di bloccaggio, necessari nelle tradizionali tecniche di lavorazione.
- Un unico step produttivo: per passare dalla lavorazione di un elemento ad un altro non è necessario il tempo di set up per cambiare gli utensili di lavoro, le attrezzature, i sistemi di bloccaggio e altri provvedimenti.
- L'intervento da parte dell'operatore è minimo e riguarda le fasi precedenti e successive alla lavorazione, questo significa che durante la lavorazione può essere impegnato in altre mansioni.
- I tempi e i costi di realizzazione dipendono solo dalle dimensioni del pezzo e non dalla sua complessità geometrica, questo è forse l'aspetto più rilevante della Fabbricazione Additiva. Mentre nelle tecniche tradizionali il costo per ciascuna unità aumenta in maniera esponenziale al crescere della sua complessità geometrica, nelle tecniche additive tale costo in funzione della complessità risulta quasi costante, come illustrato in Figura 1.5.

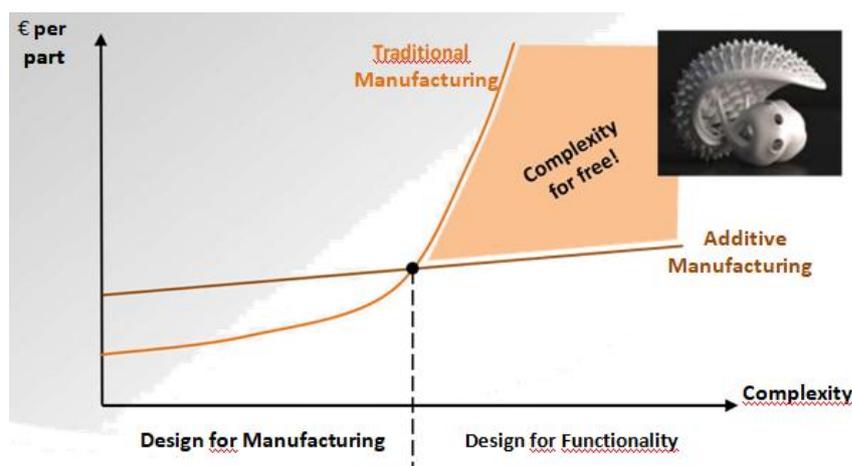


Figura 1.5 costo della complessità (1)

Invece per quanto riguarda il prodotto si ha:

- Maggiore libertà nella progettazione, questo perché con l'AM si riducono i limiti progettuali legati al processo produttivo.
- Gli oggetti realizzati hanno mediamente un peso minore rispetto a quelli ottenuti con le tecniche tradizionali, questo perché con le tecniche additive si aggiunge materiale solo là dove necessario, riducendo al minimo lo scarto di materiale tipico nelle lavorazioni ad asportazione di materiale.
- Un'altra caratteristica rilevante riguarda la possibilità di costruire parti integrate, mentre nelle tecniche tradizionali era necessario produrre indipendentemente ogni singolo componente per poi assemblarlo, con la Fabbricazione Additiva è possibile realizzare parti integrate eliminando uno step produttivo.
- Elevata personalizzazione del prodotto; questo è un elemento sempre più richiesto nel mercato del largo consumo ed è possibile in quanto per produrre elementi differenti è sufficiente disporre del modello CAD 3D, senza la necessità di cambiare macchina o attrezzatura di lavorazione.

Tuttavia ci sono ancora diversi limiti caratteristici di questa innovativa tecnologia, distinguibili anche in questo caso per processo e per prodotto.

In relazione al processo si riscontra:

- Dimensioni dei pezzi vincolati alla grandezza della macchina e volumi di lavoro che a causa delle modalità di lavorazione non possono essere sfruttati al massimo, fa eccezione la tecnica Selective Laser Sintering che è in grado di sfruttare l'intero volume di lavoro.
- Velocità di lavorazione inferiore rispetto alle tradizionali tecniche produttive, non paragonabili ad esempio allo stampaggio.
- Ogni macchina è in grado di utilizzare una ristretta gamma di materiali, limitandone così la flessibilità di produzione.

Il limiti relativi al prodotto sono:

- L'esigenza di inserire strutture di supporto, questo genera nelle zone di contatto tra il supporto e il pezzo una maggiore rugosità superficiale e la necessità di un processo di post trattamento per separare i due elementi.
- La finitura superficiale varia al variare delle diverse tecniche e anche delle macchine adottate, ma è comunque inferiore rispetto a quella ottenibile con le lavorazioni "sottrattive", se la finitura richiesta è particolarmente alta è necessaria quindi una successiva lavorazione.

- I materiali: la gamma di materiali commerciali è ancora ridotta e soltanto alcuni di questi permette la realizzazione di parti definitive; inoltre il costo di questi è elevato in quanto sono venduti dalle rispettive aziende produttrici delle macchine.

1.2 Tecniche di Additive Manufacturing

Dal 1982, anno in cui viene collocata la nascita ufficiale della Fabbricazione Additiva, ad oggi, si sono sviluppate numerose tecniche differenti. Ciascuna di esse possiede una serie di caratteristiche che la rendono diversa dalle altre, tra le più importanti possono variare: i materiali utilizzati per il componente stampato, i materiali utilizzati per i supporti, la velocità di stampa, tolleranze e rugosità superficiali del componente stampato, volume massimo di stampa, capacità di realizzare parti definitive o soltanto prototipi.

In questo capitolo si è scelto di descrivere le tecniche di Additive Manufacturing ritenute più rilevanti in un contesto applicativo come quello della componentistica auto, i due criteri di selezione scelti sono stati: capacità di realizzare parti finali o capacità di realizzare prototipi per il settore di riferimento.

Tra le possibili classificazioni disponibili, si è scelto di adottare quella che si basa sui materiali utilizzati dalla tecnologia.

1.2.1 Tecniche per polimeri

1.2.1.1 Fused Deposition Modelling (FDM)

La Fused Deposition Modelling è una delle tecniche di Stampa 3D più conosciute in assoluto, la sua fama deriva dall'essere stata la prima tecnologia in grado di realizzare un componente utilizzando un materiale termoplastico definitivo. Un'altra caratteristica peculiare è la possibilità di realizzare i supporti di un materiale differente scioglibile in una soluzione formata da acqua e soda caustica, rendendo più agevole la rimozione a lavorazione ultimata.

Processo

Lo stampaggio avviene attraverso l'estrusione di due filamenti di materiale differente su una piattaforma di lavoro: le due testine, che attingono materiale da due bobine intelligenti, muovendosi sul piano XY, depositano il materiale in maniera da comporre il primo strato; successivamente la piattaforma di lavoro scende lungo l'asse Z permettendo alla testina di comporre lo strato successivo. Il processo prosegue fino al completamento del pezzo, la Figura 1.6 ne mostra una rappresentazione.

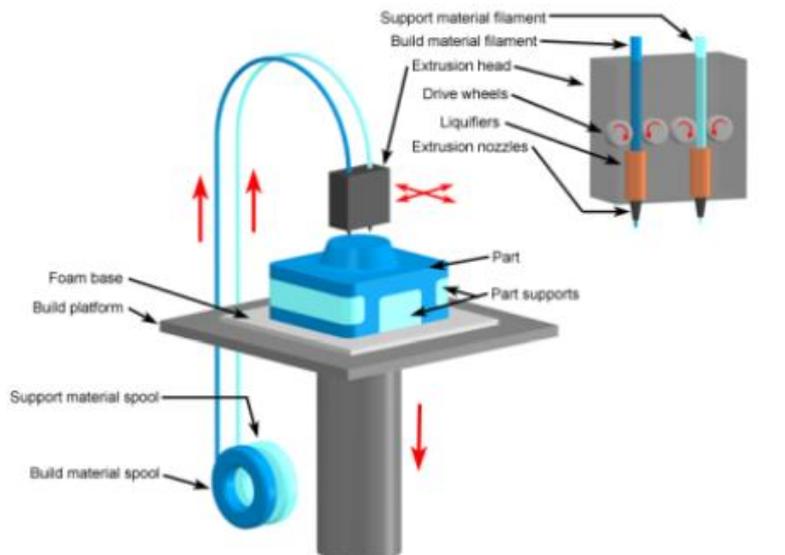


Figura 1.6 Fused Deposition Modelling schema

La logica alla base del processo è semplice, tuttavia è necessario un adeguato controllo sulle sue caratteristiche, in particolare la temperatura di estrusione deve essere adeguata: un suo valore eccessivo provocherebbe un processo di colata che comprometterebbe la precisione della lavorazione, una temperatura troppo bassa impedirebbe l'adesione del filamento con lo strato già depositato.

Una volta terminata la lavorazione si procede con la rimozione dei supporti, questa attività, favorita di solito dal differente colore utilizzato per i due materiali, si compone di due fasi: inizialmente avviene una rimozione grossolana svolta manualmente, successivamente il rimanente materiale di supporto viene sciolto depositando il pezzo all'interno di una vasca contenente una soluzione formata da acqua e soda caustica.

Macchine e materiali

Le macchine che utilizzano questa tecnologia possono essere divise in due categorie: Design Series e Production Series.

Le prime vengono utilizzate per creare i primi prototipi a valle della fase di progettazione, i valori specifici delle loro caratteristiche variano da macchina a macchina, ma possono essere generalizzati come di seguito:

- Volume massimo di lavoro: 254x254x304mm;
- Spessore dello strato: 0.178mm, 0,254 mm, 0.33 mm;
- Precisione: decimi di mm.

Le Production Series sono macchinari di dimensioni maggiori e che permettono di realizzare i componenti definitivi. A causa del volume di lavoro maggiore, per non rendere eccessivamente lenta la lavorazione, lo spessore di strato utilizzato è maggiore. Le sue caratteristiche sono:

- Volume massimo di lavoro: 910x610x914 mm;
- Spessore dello strato: .178mm, 0,254 mm, 0.33 mm, 0.58 mm;
- Precisione: ± 0.0015 mm/mm.

I materiali attualmente disponibili sul mercato, forniti direttamente all'interno delle bobine intelligenti sono: ABSi, PC-ISO, ABS-M30, PC, ABS-M30i, FDM Nylon 12, ABS-ESD7, ULTEM9085 resin, PC-ABS, PPSF, ULTEM 1010 resin, ASA.

Quelli elencati rientrano tutti nella categoria dei materiali termoplastici, l'ABS in particolare è un materiale molto utilizzato nella realizzazione di componenti auto.

Vantaggi e svantaggi

Tra i principali punti di forza di questa tecnica, oltre alla già citata possibilità di realizzare componenti definitivi e alla facilitata rimozione dei supporti, vi è l'assenza di lavorazioni di post trattamento e l'assenza di problemi di sicurezza legati alla macchina, la lavorazione infatti avviene all'interno della macchina e non c'è alcun contatto con l'operatore. Inoltre è una tecnologia che permette di ottenere un componente con tolleranze dimensionali e rugosità superficiali soddisfacenti.

I due principali limiti si possono invece ritrovare nell'impossibilità di sfruttare l'intero volume di lavoro: non è possibile realizzare un pezzo sopra l'altro a causa dell'eccessiva difficoltà nella rimozione del supporto, e nella limitata velocità della macchina, dovuta all'utilizzo di sole due testine che estrudono materiale.

Date le caratteristiche della tecnologia, le principali applicazioni per cui è utilizzata sono:

- Realizzazione di prototipi funzionali
- Realizzazione di parti definitive
- Realizzazione di stampi preserie: permette di ottenere stampi in grado di produrre 50-100 pezzi in materiale differente rispetto al termoplastico.

1.2.1.2 Selective Laser Sintering (SLS)

La Selective Laser Sintering è una tecnica di Fabbricazione Additiva che venne sviluppata contemporaneamente dall'Università di Austin, con la cooperazione della società DTM, e dalla società tedesca EOS. Questa tecnologia è una delle più diffuse sul mercato e si basa sul fondere, in maniera selettiva, polvere di materiale polimerico per mezzo di una sorgente laser; il materiale utilizzato è solitamente un polimero termoplastico definitivo, questo permette la realizzazione di componenti finiti, inoltre è l'unica tecnica che permette di saturare interamente il volume di lavoro lungo l'asse Z, consentendo la lavorazione di più componenti alla volta.

Il processo

Il processo inizia con la deposizione di uno strato di polvere sulla piattaforma di lavoro cui segue il passaggio di un rullo per effettuare un livellamento della superficie. Successivamente una sorgente laser, di adeguata potenza, proietta un raggio laser che traccia sullo strato di polvere la sezione da realizzare così da portare a fusione le particelle polimeriche. Realizzata la sezione, l'elevatore fa abbassare la piattaforma di lavoro di un certo delta, permettendo nuovamente l'alimentazione della polvere e la successiva fusione. In

Figura 1.8 viene rappresentato uno schema del processo, mentre in

Figura 1.7 un esempio realistico della fusione per sorgente laser. Il processo prosegue in maniera iterativa fino al completamento della lavorazione, a quel punto avviene l'estrazione del componente e la successiva pulizia della polvere non portata a fusione.

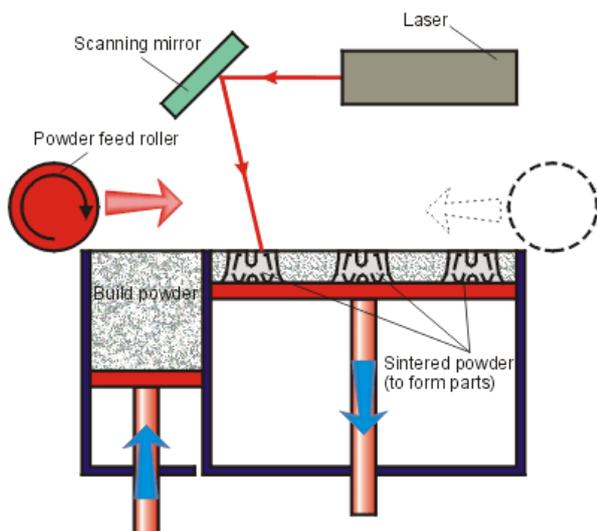


Figura 1.8 Selective Laser Sintering schema

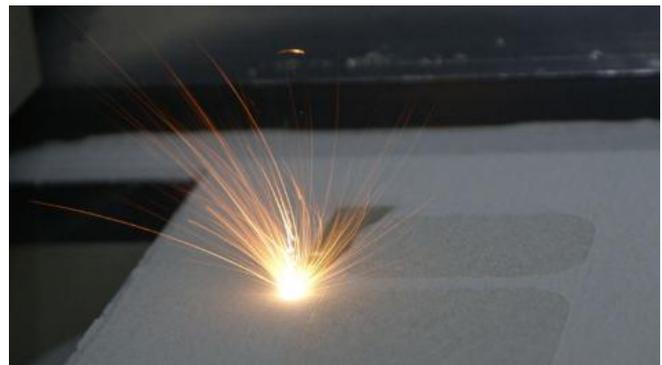


Figura 1.7 Selective Laser Sintering esempio (22)

Questa tecnologia ha la caratteristica di non utilizzare un materiale differente per il supporto, ma utilizza semplicemente la polvere non portata a fusione, infatti il componente realizzato non sprofonda in quanto le densità dei due elementi sono sostanzialmente le stesse. La possibilità di utilizzare la polvere come supporto permette la realizzazione di più componenti alla volta uno sopra l'altro, sfruttando così l'intero volume di lavoro lungo l'asse Z.

Al fine di ottenere una lavorazione di qualità è necessario che la camera di lavoro venga preriscaldata ad una temperatura prossima a quella di fusione della polvere ed inoltre che operi sotto copertura di azoto, così da evitare l'ossidazione della polvere.

Preriscaldare la camera di lavoro comporta due vantaggi:

- Ridurre il ritiro del materiale in fase di solidificazione, e la conseguente creazione di cavità di ritiro, in quanto questo dipende direttamente dallo sbalzo termico generato dal raggio laser.
- Ridurre la potenza necessaria erogata dal laser, quest'ultima ha un rendimento molto basso ed erogare una potenza elevata genererebbe un costo elevato.

Tuttavia il preriscaldamento comporta che al termine della lavorazione il blocco formato da polvere e componente si trovi ad una temperatura molto elevata; quindi è necessario attendere che il blocco si raffreddi fino ai 30-40 gradi per procedere con la rimozione della polvere in eccesso, poiché svolgere tale operazione ad una temperatura alta provocherebbe il rischio di deformare il prodotto realizzato.

La rimozione della polvere, svolta manualmente, rende difficoltoso l'utilizzo di questa tecnica per una produzione industriale. La polvere in eccesso può essere riciclata e utilizzata in una nuova lavorazione se miscelata con della polvere vergine.

Macchine e materiali

Le macchine che utilizzano questa tecnologia hanno il vantaggio di non essere soggette ad usura, l'unica manutenzione necessaria riguarda la sorgente laser che va cambiata una volta esaurita.

Sono due i principali fornitori sul mercato di macchine che utilizzano questa tecnologia: EOS e 3D Systems, a seconda del produttore si possono ottenere caratteristiche differenti.

I macchinari commercializzati da 3D Systems hanno le seguenti caratteristiche:

- Volume di lavoro: varia dai 381x330x460 mm, delle macchine più piccole, ai 550x550x750 mm delle macchine di più grande dimensione.
- Spessore dello strato: compreso tra 0.08 e 0.15 mm
- Velocità di lavorazione: 1.8 l/h
- Sorgente laser utilizzata: CO2 30W, per le macchine più piccole, CO2 200 W, per le macchine di dimensioni maggiori

Due sono i principali materiali che è possibile utilizzare:

- CastForm: un polistirene utilizzabile per la produzione di modelli a cera persa nella microfusione.
- DuraForm: materiale corrispondente al Nylon 12, sono inoltre disponibili diverse varianti a seconda dell'aggiunta di vetro, alluminio o fibre di carbonio al fine di incrementarne le prestazioni.

I nomi di questi materiali sono stati dati direttamente dalla ditta che li commercializza.

Per quanto riguarda le macchine prodotte da EOS si riscontrano i seguenti parametri:

- Volume di lavoro: varia dai 200x250x330 mm, delle macchine più piccole, ai 700x380x560 mm delle macchine di più grande dimensione.
- Spessore dello strato: 0.06mm - 0.1mm - 0.12mm, le macchine di più grande dimensione sono in grado di realizzare solo quest'ultimo valore.

- Velocità di lavorazione: dai 7mm/h, per le macchine più piccole, fino ai 20mm/h per le macchine più grandi.
- Sorgente laser utilizzata: CO2 30W, per le macchine più piccole, CO2 50W, per le macchine di dimensioni maggiori

Oltre al Nylon12 ed al polistirene, EOS offre altre due tipologie di materiali:

- Poliammide 11;
- PEEK HP3: materiale particolarmente interessante per applicazioni nel settore aerospaziale in quanto oltre a garantire elevate prestazioni meccaniche ha una temperatura di fusione molto elevata pari a 372°C.

Vantaggi e svantaggi

Ricapitolando quanto detto nella descrizione del processo, i principali vantaggi di questa tecnologia sono: la possibilità di realizzare componenti in materiali termoplastici definitivi; l'elevata produttività; l'assenza di materiale differente per i supporti; la possibilità di lavorare sull'intero volume della camera di lavoro. La Selective Laser Sintering, inoltre, permette di aggiungere nuovi componenti da realizzare a lavorazione già avviata, questa caratteristica unica assicura una notevole flessibilità e la possibilità di eseguire parallelamente ordini di fabbricazione pervenuti ad istanti temporali differenti.

I limiti che è possibile riscontrare sono sostanzialmente due: la ridotta gamma di materiali disponibili (solamente due) ed i lunghi tempi necessari ad eliminare la polvere in eccesso dal prodotto finito ed a pulire accuratamente l'intera camera di lavoro tra una lavorazione e l'altra.

In conclusione, le principali applicazioni della SLS sono:

- Produzione di modelli sacrificali per la fusione a cera persa, riguarda però soltanto il 10% circa delle applicazioni;
- Realizzazione di prototipi funzionali;
- Realizzazione diretta di parti definitive.

1.2.2 Tecniche per metalli

1.2.2.1 Selective Laser Melting (SLM)

La Selective Laser Melting è una tecnica di Fabbricazione Additiva che, analogamente alla Selective Laser Sintering per i materiali polimerici, realizza i componenti attraverso la fusione selettiva di un letto di polvere. La differenza di nome tra le due tecnologie ha origini storiche, in passato la radiazione laser non consentiva di raggiungere la completa fusione delle particelle metalliche lasciando porosità all'interno del prodotto realizzato.

Ad oggi la SLM, con adeguati accorgimenti durante il processo, riesce a produrre componenti con una densità molto vicina al 100% e senza porosità.

Questa tecnica può essere considerata come alternativa ai più tradizionali processi di lavorazione per deformazione plastica e processi di fonderia; in entrambi i casi durante la realizzazione del componente è necessario prevedere uno strato di sovrametallo nelle zone di accoppiamento, così da permettere la successiva finitura superficiale eseguita attraverso lavorazioni ad asportazione di truciolo.

Il processo

Il processo inizia con la deposizione di uno strato di polvere sulla piattaforma di lavoro successivamente livellato dal passaggio di un opportuno rullo. In seguito un raggio laser, emesso da una sorgente laser, viene proiettato con degli specchi sullo strato di polvere, coerentemente con la sezione da realizzare, portando a fusione le particelle metalliche interessate. Ottenuto il primo strato, l'elevatore fa scendere la piattaforma di una quantità pari allo spessore del successivo strato ed il processo può così ripetersi. Una volta ultimata la lavorazione è possibile estrarre il componente e passare alla susseguente rimozione dei supporti e delle particelle non interessate dalla fusione. La

Figura 1.10 mostra uno schema del processo.

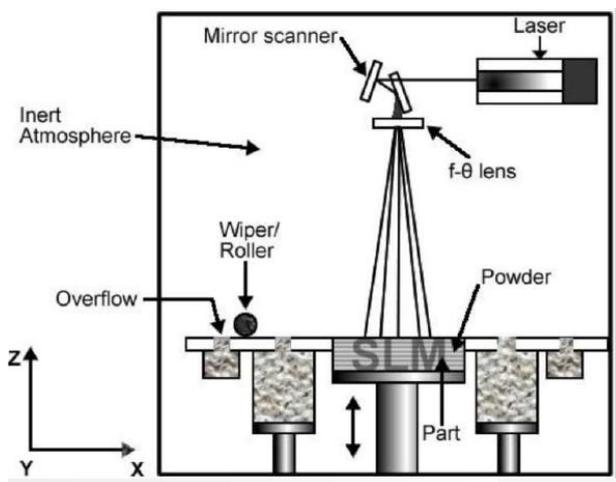


Figura 1.10 Selective Laser Melting schema (1)



Figura 1.9 Esempio di componente realizzato in SLM (1)

In analogia alla SLS per i componenti polimerici, all'interno della camera di lavoro è necessario realizzare il sottovuoto per evitare il fenomeno dell'ossidazione, quest'ultimo causato dalla reazione tra l'ossigeno e le polveri metalliche al momento della fusione. Per la lavorazione di materiali particolarmente reattivi, come le leghe di Titanio, è necessario l'impiego di Argon.

Nella SLM il letto di polvere non viene preriscaldato, ma portato a fusione direttamente dalla temperatura ambiente, questo provoca effetti contrastanti:

- I grani fusi subiscono un elevato sbalzo termico a contatto con la temperatura ambiente, la solidificazione in tempi così rapidi provoca la creazione di grani di dimensione molto piccola che garantiscono di ottenere componenti con proprietà meccaniche migliori rispetto a quelli ottenibili per fonderia o deformazione plastica.
- Allo stesso tempo il grande sbalzo termico genera un elevato ritiro del materiale, di conseguenza, per evitare il distacco del componente dalla base su cui è allocato, è necessario inserire una piattaforma di lavoro di un materiale compatibile con quello delle particelle metalliche. La
- Figura 1.9 mostra un esempio di componente realizzato in SLM ancora ancorato alla sua piattaforma di lavoro.
- Un altro effetto del forte sbalzo termico può essere la formazione di tensioni residue all'interno del materiale, per la rimozione delle quali talvolta è necessario sottoporre a successivi trattamenti termici il pezzo realizzato.

Terminata la lavorazione, avviene la rimozione della piattaforma di lavoro che può essere fusa e riutilizzata, questa fase è resa complicata dall'utilizzo di un materiale resistente in grado di impedire il distacco del componente.

Macchine e materiali

Sul mercato sono presenti diversi fornitori di macchinari che utilizzano la SLM come tecnica di fabbricazione additiva, ciascun produttore offre a sua volta diverse tipologie di macchine, questo rende complicato generalizzarne le caratteristiche tecniche.

Al fine di offrire una rappresentazione dei parametri tecnici, di seguito sono riportati i dati relativi alla EOS M 400 - 4, fornita dal produttore leader EOS:

- Volume di lavoro massimo: 400mmx400mmx400m;
- Tipologia di Laser utilizzato: Yb-fiber laseri, 1kW di potenza;
- Velocità di costruzione: 100cm³/h

Le macchine fornite dall'impresa EOS, leader nella produzione di macchinari che utilizzano SLM, sono caratterizzate da un processo di costruzione nel quale il fascio d'aria viene emesso in direzione opposta rispetto all'avanzamento del fascio laser, questo permette di ridurre al minimo la possibilità di avere inclusioni di polvere metallica nella zona di fusione.

Tale peculiarità è stata oggetto di brevetto, per cui le altre aziende produttrici devono sfruttare un processo nel quale il getto d'aria viene emesso nella stessa direzione del fascio laser, riducendo la qualità del componente realizzato.

I materiali utilizzati sono numerosi: Lega di alluminio AlSi10Mg; Cobalto Cromo per applicazioni nel biomedicale, motorsport e aerospazio; Acciaio per stampi; Acciaio inox; Lega di titanio Ti6Al4V; Inconel IN625; Inconel 718 e Leghe Au.

Vantaggi e svantaggi

Tra i vantaggi di questa tecnologia i più rilevanti sono: la possibilità di realizzare componenti in materiale definitivo; l'elevata produttività; la possibilità di ottenere componenti di qualità superiore rispetto ai tradizionali processi per fonderia o deformazione plastica e uno stato di avanzamento tecnologico superiore alle altre tecniche di Additive Manufacturing per metalli.

Un limite, difficilmente superabile, risiede nel volume massimo confinato a circa il mezzo metro cubo: il motivo è l'elevato peso del cubo metallico che rende difficoltosi gli spostamenti millesimali necessari all'elevatore per svolgere il processo di costruzione.

La SLM viene utilizzata anche per la realizzazione di stampi, a fronte di un costo superiore del 10%-15% rispetto agli stampi ottenuti con tecniche tradizionali, con questa tecnica si ottiene una produttività ed una qualità superiore.

1.2.2.2 Electron Beam Melting (EBM)

L'Electron Beam Melting è un'altra tecnica di Fabbricazione Additiva per metalli che sfrutta il principio di fondere in maniera selettiva un letto di polvere, tuttavia si differenzia dalla SLM in quanto non utilizza una sorgente laser ma un fascio di elettroni.

Questa tecnologia è in grado di realizzare prototipi funzionali in materiale metallico o componenti definitivi con una densità prossima al 100%.

Processo

Il processo di lavorazione si scompone nei seguenti passaggi:

1. Deposizione di uno strato di polvere metallica (granulometria delle polveri: 45-80 um) e successivo livellamento del letto attraverso un apposito rullo.
2. Una sorgente di elettroni, costituita da un filamento metallico (spesso in tungsteno), viene riscaldato ad una temperatura di circa 800°C; a tale temperatura il filamento rilascia un fascio di elettroni che viene proiettato sullo strato di polvere al fine di pre-riscaldarlo e renderlo più compatto.
3. Lo stesso filamento metallico viene poi portato ad una temperatura superiore ai 2500°C, il fascio di elettroni risultante viene accelerato da un anodo fino al raggiungimento di una velocità pari a circa la metà della velocità della luce. Il fascio accelerato, passando attraverso due campi magnetici, il primo con l'obiettivo di focalizzare il fascio di elettroni, il secondo per controllarne la deviazione, viene proiettato in maniera selettiva sul letto di polvere.
4. L'impatto tra il fascio di elettroni e le particelle metalliche converte l'energia cinetica in energia termica portando così a fusione la sezione metallica interessata.
5. Successivamente l'elevatore si abbassa e consente la lavorazione dello strato successivo. Una volta terminata la costruzione si ottiene un blocco compatto di polvere da cui è necessario estrarre, tramite pallinatura, il componente realizzato.

La Figura 1.11 mostra uno schema del processo descritto.

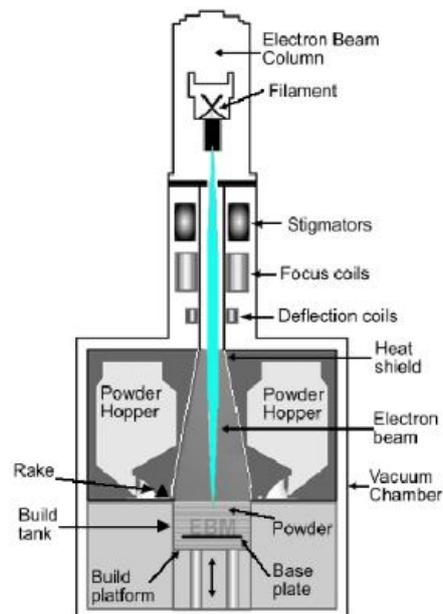


Figura 1.11 Electron Beam Melting schema (2)

Durante il processo è necessario ottenere un sottovuoto spinto (dell'ordine di 10^{-5} mbar) così da evitare l'ossidazione delle polveri e la deviazione del fascio.

Il pre-riscaldamento del letto di polvere comporta due vantaggi: necessità di avere uno sbalzo termico inferiore per arrivare alla temperatura di fusione delle polveri; la possibilità di compattare lo strato, l'impatto tra il fascio di elettroni, opportunamente accelerato, e uno strato di polvere non compatto farebbe saltare la polvere impedendo il raggiungimento di una qualità soddisfacente.

Macchine e materiali

La principale produttrice di macchine che adottano questa tecnologia è l'azienda svedese ARCAM, che offre 4 tipologie di macchine: Arcam Q10plus, Arcam Q20plus, Arcam A2X, Arcam Spectra H, questa ultima, ancora in fase di sviluppo, garantirà una maggiore produttività di lavoro rispetto alle precedenti.

Il volume di lavoro massimo risulta essere di 350 x 380 mm (\varnothing /H), ottenibile con la Q20plus.

Allo stato attuale queste macchine vengono impiegate principalmente per la realizzazione di componenti nel settore aerospaziale, ma, specialmente con la Spectra H, sarà possibile una loro diffusione anche in altri ambiti applicativi.

I materiali disponibili sul mercato sono: lega di Titanio Ti6Al4V, lega di Titanio Ti6Al4V ELI, Titanio grado 2, Arcam ASTM F75 Cobalto-Cromo, Lega 718.

Vantaggi e svantaggi

L'EBM permette la costruzione di componenti definitivi aventi geometrie non realizzabili con le tradizionali tecniche di lavorazione, inoltre, se confrontata con i tradizionali processi di fusione, garantisce una qualità del componente paragonabile ai getti ottenuti per microfusione utilizzando un minor consumo di energia e di materiale (si evita ad esempio la necessità della materozza).

Le tolleranze e le rugosità superficiali risultano peggiori invece se confrontate con tecniche come la SLS o SLM, oltre che con le lavorazioni ad asportazione di truciolo: nelle zone di accoppiamento è quindi essenziale aggiungere uno strato di sovrametallo (di circa 1-2 mm) per la successiva finitura superficiale.

Un altro limite è che la rimozione dei supporti deve essere svolta manualmente e per mezzo di una pallinatrice, la polvere rimossa può essere miscelata con polvere vergine e riutilizzata.

Questa tecnologia trova principalmente le sue applicazioni nel settore aerospaziale, medicale e nel manufacturing in generale.

1.2.2.3 Laser Deposition Technology (LDT)

La Laser Deposition Technology è una tecnica di Fabbricazione Additiva nettamente differente rispetto alla SLM o alla EBM. Questa tecnologia infatti non sfrutta il principio di portare a fusione un letto di polvere, ma consiste nell'apportare direttamente il materiale nella zona interessata sfruttando un principio analogo a quello della saldatura.

Il differente metodo di costruzione permette di ottenere una serie di vantaggi che rendono la tecnologia molto interessante in ottica futura, tuttavia ancora persistono delle problematiche che ne limitano una più ampia diffusione.

Processo

Il macchinario che esegue la lavorazione è composto da una testina collocata al di sopra della piattaforma di lavoro ed in grado di muoversi lungo il piano XY. La testina è composta da tre ugelli, come mostrato in Figura 1.12: due ugelli sono collocati alle due estremità e forniscono un getto di polvere metallica sulla zona interessata; l'ugello collocato al centro invece emette un fascio laser in grado di fondere le particelle metalliche, la fusione avviene direttamente nel punto di lavorazione. La Figura 1.13 mostra un esempio reale di lavorazione.

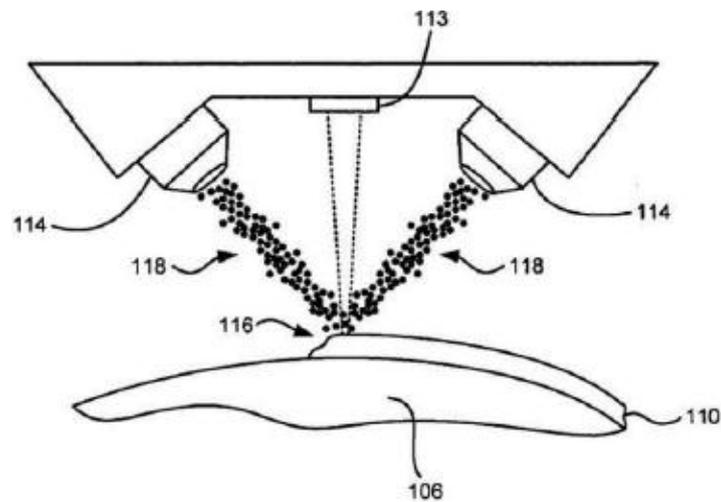


Figura 1.12 Schema testina (1)

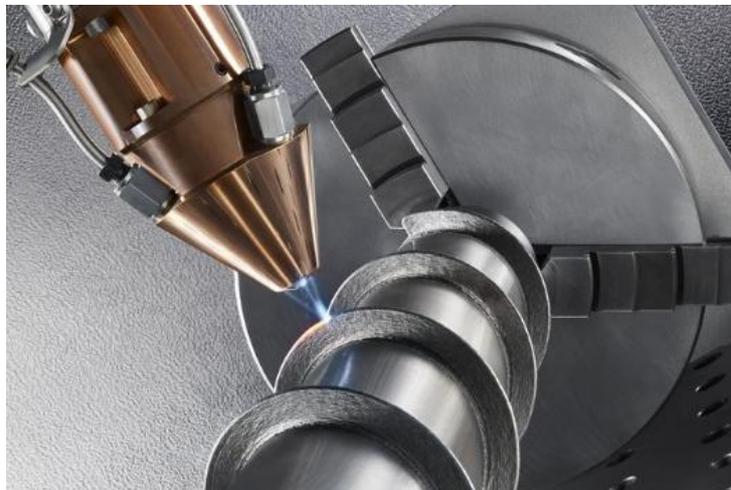


Figura 1.13 Esempio reale di lavorazione

La logica alla base del processo è semplice, tuttavia i parametri del processo devono essere opportunamente controllati al fine di garantire una qualità metallurgica soddisfacente degli strati depositi. Durante il processo, in analogia con tutte le lavorazioni che operano particelle meccaniche, è necessario utilizzare un gas di copertura nella zona interessata dalla lavorazione, così da evitare il verificarsi dell'ossidazione.

Un grosso vantaggio, peculiare di questa tecnica, è l'elevata flessibilità sui materiali utilizzabili durante la lavorazione stessa: infatti è possibile realizzare componenti in leghe metalliche differenti semplicemente cambiando la natura delle particelle apportate durante la costruzione, generando una zona di transazione continua, costituita da una miscela delle due leghe.

Nelle tecniche tradizionali invece, per realizzare componenti metallici costituiti da leghe differenti, è necessario effettuare una saldatura, con la seguente formazione di un cordone di saldatura che costituisce un punto di debolezza e spesso si rivela fonte di rottura.

Dal punto di vista geometrico, date le caratteristiche del processo, non ci sono sostanziali limiti al volume realizzabile in quanto è la testina che si sposta sul piano ed intorno al componente in fase di lavorazione. Tuttavia, per le stesse ragioni, sono limitate le forme geometriche realizzabili, ad esempio risulta impossibile ottenere elementi sporgenti. Questo limite spesso viene superato aggiungendo materiale in eccesso successivamente lavorato con le convenzionali tecniche per asportazione di materiale.

Macchinari e materiali

Relativamente ai macchinari in commercio, poiché la tecnologia è ancora in fase di sviluppo, non c'è un unico fornitore leader, ma è possibile identificare i quattro principali: OPTOMECH (USA), DMD 3D (USA), DGM Mori Seiki (Giappone) e Prima Industrie (Italia).

Sia la soluzione giapponese che quella Italiana sono costituite da un sistema ibrido, quindi la macchina è in grado di compiere in contemporanea lavorazioni di tipo additivo e lavorazioni ad asportazione di materiale, così da ottenere un componente finito che non necessita di ulteriori passaggi.

Non c'è un sostanziale limite ai materiali che è possibile adottare, l'unico requisito è che il materiale metallico possa essere portato a fusione; di seguito i principali materiali adottati:

Lega di alluminio, Cobalto Cromo per applicazione nel settore biomedicale, Cobalto Cromo per applicazioni nel settore del motorsport e dell'aerospazio, Acciaio per la realizzazione di stampi, Acciaio inox, Lega di titanio Ti6Al4V, Inconel IN625, Inconel 718.

Vantaggi e svantaggi

Date le caratteristiche del suo processo è quindi possibile riassumere i principali vantaggi di questa tecnologia:

- Possibilità di realizzare componenti definitivi in un'ampia gamma di materiali metallici;
- Possibilità di realizzare pezzi metallici composti da leghe differenti senza l'inconveniente del cordone di saldatura;
- Produttività maggiore rispetto alle altre tecniche additive;
- Assenza di vincoli sul volume massimo di lavoro;

Invece le principali limitazioni sono:

- Limitata libertà geometrica nella realizzazione del componente;
- Necessità di effettuare la finitura tramite lavorazioni ad asportazione di materiale.

L'automotive e l'aerospazio sono i settori in cui ritrovare la maggior parte delle applicazioni di questa tecnologia.

1.3 Implicazioni economiche e diffusione della tecnologia

1.3.1 Implicazioni economiche e sociali

Nel valutare la Fabbricazione Additiva come nuovo processo produttivo è indispensabile indagare su quali possono essere le implicazioni economiche che derivano da una sua adozione, quali differenze si generano rispetto all'utilizzo delle tecniche tradizionali, come varia il rapporto con il cliente e l'impatto ambientale.

1.3.1.1 Economie di scala vs Economie di unità

Dal punto di vista economico, la differenza principale che si constata tra tecnologie tradizionali e tecnologie additive è che i due processi sfruttano paradigmi economici diversi. Nei processi tradizionali, semplificando, i costi di produzione si dividono in costi fissi, molto elevati, ma comuni a tutte le unità prodotte, e in costi variabili, ridotti e riferibili alla singola unità. A causa di questa struttura di costo, produrre poche unità risulta essere molto costoso, mentre produrre quantità elevate permette di dividere gli alti costi fissi su un numero maggiore di pezzi ottenendo costi unitari molto bassi, questo fenomeno viene definito Economia di Scala ed è molto sfruttato nella produzione in serie. Al contrario, nell'Additive Manufacturing i costi più rilevanti sono quelli variabili, di cui la voce principale è la materia prima nonostante la tecnologia consenta di ridurre gli sprechi; questo significa che il costo unitario non varia al variare della quantità prodotta. Il costo della materia prima attualmente risulta essere molto elevato, anche a causa dell'esclusiva concessa dai brevetti, limitando così la diffusione della tecnologia.

Al fine di comprendere meglio quali possono essere le differenze economiche tra processi tradizionali e additivi, si riporta di seguito un caso di studio contenuto nel saggio "Economics of additive manufacturing for end-use metal part", scritto da Eleonora Atzeni e Alessandro Salmi, nel quale viene effettuato un confronto tra il costo di un componente prodotto con pressofusione ad alta pressione ed uno realizzato con selective laser sintering.

Come descritto in Tabella 1.2, nel caso di studio sono stati considerati quattro fattori che contribuiscono a generare il costo di produzione del singolo componente: costo del materiale, costo dello stampo (per la pressofusione) e costo di preparazione del processo (per la SLS), costo del processo e costo di post trattamento.

Nello specifico il caso di studio analizzava i costi per la realizzazione di un carrello di atterraggio di un aeroplano.

Tabella 1.2 Confronto di costo tra SLS e pressofusione (3)

	Selective Laser Sintering	Pressofusione ad alta pressione
costo del materiale	$(\text{Costo del materiale al kg}) \times (\text{volume del componente}) \times (\text{densità del metallo})$	$(\text{peso del componente}) \times (\text{costo unitario del materiale})$
costo dello stampo/ costo di preparazioni e del processo	$(\text{Costo orario dell'operatore}) \times (\text{tempo per il set - up della macchina})$	$\frac{(\text{costo standard dei componenti}) + (\text{costo delle cavità dello stampo}) + (\text{costo ausiliario})}{(\text{numero di pezzi prodotti})}$
costo del processo	$\frac{(\text{Costo orario della macchina}) \times (\text{tempo di lavorazione})}{(\text{numero di parti realizzate in un lotto})}$	$(\text{costo orario del macchinario}) \times (\text{tempo ciclo di lavorazione})$
costo di port-trattamento	$(\text{Costo orario dell'operatore}) \times (\text{tempo per il post - trattamento}) + (\text{costo trattaemtno termico})$	$(\text{costo trattamento termico}) + (\text{costo operazioni di finitura}) + (\text{costo orario di lavoro del post trattamento}) \times (\text{tempo operatore})$

I risultati dello studio sono chiari. Produrre un numero di componenti tendenti all'infinito con il processo di pressofusione, sfruttando le economie di scala, genera un costo unitario di circa 20€, viceversa, realizzare un'unica parte con lo stesso processo costa più di 20.000€.

Utilizzando invece la fabbricazione additiva il costo di un componente si aggira intorno ai 500€, qualsiasi sia il numero di unità prodotte.

Il punto di indifferenza calcolato, con alcune ipotesi, si attesta sulle 42 unità; nel calcolo non sono state inserite alcune considerazioni rilevanti come il tempo necessario per l'attrezzaggio nel caso di pressofusione, questo ritardo sull'inizio della produzione genera un costo difficilmente stimabile.

Come già descritto, la voce più importante di costo nel caso di additive manufacturing è la materia prima, l'andamento sul mercato di questo costo influenzerà in futuro la diffusione della tecnologia.

Tuttavia, da una ricerca condotta dall'Università di Loughborough, emerge come, per piccoli volumi di lavoro, non è preciso affermare che con l'utilizzo delle tecniche di AM è impossibile sfruttare le economie di scala. Al contrario, la ricerca ha quantificato e dimostrato che, sebbene con tassi di riduzione del costo molto inferiori rispetto a quelli ottenibili nelle tecniche tradizionali,

anche la Fabbricazione Additiva può sfruttare tali economie aumentando l'efficienza del processo grazie a volumi di lavoro maggiori. In particolare la ricerca è stata effettuata considerando le tecniche che utilizzano il letto di polvere, ma è stato dimostrato che è possibile espandere i risultati anche alle altre tecnologie.

Ogni volta che si intende realizzare un componente è necessario pre-riscaldare il letto di polvere e successivamente aspettarne il raffreddamento a lavorazione ultimata, questo comporta costi e tempi di attesa. Con volumi di lavoro maggiori invece, è possibile andare a realizzare più componenti alla volta durante lo stesso processo di lavoro, sostenendo gli stessi costi e tempi precedenti, ma divisibili su più unità prodotte.

1.3.1.2 Principi chiave della produzione con AM ed effetti sulla funzione di payoff

Di seguito viene proposto un risultato della ricerca " Economic Perspectives on 3D Printing" condotta da Christian Weller, in collaborazione con Frank T. Piller e Daniel Wentzel, in particolare viene riportato lo studio del possibile impatto dell'additive manufacturing sulla funzione di profitto di un' impresa monopolista.

Lo studio riportava quattro fattori principali di distinzione tra la fabbricazione additiva e i tradizionali processi di manifattura flessibile: "l'AM è un macchinario versatile di produzione", "customizzazione e flessibilità gratis", "complessità gratis" e "il lavoro di assemblaggio richiesto è ridotto".

La Tabella 1.3 è una traduzione dell'originale contenuta nella ricerca e fornisce una descrizione di questi quattro fattori.

Tabella 1.3 Principi chiave della produzione con AM (4)

l'AM è un macchinario versatile di produzione	<ul style="list-style-type: none"> • Prodotti finiti rapidamente disponibili con un margine di costo costante (no economie di scala) • Disponibilità locale di risorse produttive versatili con interfacce standardizzate. • Produzione diretta dal modello matematico 3D.
customizzazione e flessibilità gratis	<ul style="list-style-type: none"> • La customizzazione del disegno di un prodotto non genera costi e tempi aggiuntivi in fase di produzione. • Flessibilità nel volume e nella tipologia di prodotto senza subire costi e tempi aggiuntivi dovuti al set-up delle macchine. • Non sono necessari utensili o stampi
complessità gratis	<ul style="list-style-type: none"> • Possibilità di aumentare la complessità del disegno senza incorrere in costi aggiuntivi in fase di produzione. • Ridotti vincoli sul prodotto. • Un aumento nella varietà di prodotti non genera costi aggiuntivi
il lavoro di assemblaggio richiesto è ridotto	<ul style="list-style-type: none"> • Possibilità di realizzare prodotti che integrano già più componenti • Un numero di step produttivi coinvolti inferiore • Necessità di un minore intervento manuale all'interno del processo produttivo

Questi principi chiave sono stati poi confrontati con la funzione di payoff definita da Milgrom e Roberts che descriveva il profitto generato da un'impresa manifatturiera caratterizzata da produzione flessibile.

In particolare nella ricerca si è valutato per ogni parametro che costituisce la funzione di payoff, se l'adozione dell'AM abbia un effetto positivo (segno +) o negativo (segno -); la funzione con gli effetti considerati è riportata in Figura 1.14.

$$\begin{aligned}
 & \underbrace{\Pi(p, q, m, a, b, c, d, e, r, s, w, \tau)}_{+} = \\
 & \underbrace{(p - c - r \times \rho - l/m)}_{+} \times n \times \underbrace{\mu(p, q, n, \tau)}_{+} \times \underbrace{\delta(a + \omega(m, r, n) + b, \tau)}_{+} \\
 & - \underbrace{m \times (s + w)}_{-} - n \times \underbrace{q \times (d + e)}_{-} - \underbrace{\kappa(a, b, c, d, e, r, s, w, \tau)}_{+/-}
 \end{aligned}$$

Figura 1.14 Effetti dell'utilizzo di AM sulla funzione di payoff di un'impresa manifatturiera (4)

Prima di tutto, attraverso l'adozione dell'AM, il prezzo dei prodotti (p) potenzialmente potrebbe essere fissato più in alto poiché un prodotto altamente customizzato e realizzato in maniera da rispondere alle specifiche esigenze del cliente incrementa la disponibilità a pagare da parte dei consumatori.

Da un punto di vista produttivo, la fabbricazione additiva permetterebbe di realizzare in maniera più frequente: miglioramenti di prodotto (q), cambiamenti nel design (d) e set-ups (m) senza incorrere in costi aggiuntivi legati al set-up delle macchine (e,s).

Inoltre, la possibilità di produrre direttamente dal modello CAD 3D, unito a processi di tipo *design-to order* o *make-to order*, consentirebbe di ridurre i tempi complessivi per la realizzazione dell'ordine (a, b, ω, t).

Il fatto di processare direttamente gli ordini potrebbe anche significare l'eliminazione dei magazzini (l) e la riduzione dei costi di capitale (κ); ancora, tempi di attesa minori per i consumatori potrebbero permettere anche di diminuire la contrazione della domanda (δ).

Il processo produttivo, attraverso l'utilizzo dell'AM, risulterebbe altamente automatizzato, ciò si tradurrebbe in meno lavoro manuale e in una conseguente diminuzione di: lotti difettosi (r), rottami (w) e costi per rilavorazioni (ρ).

Infine, la domanda base per ciascun prodotto potrebbe risultare aumentata grazie alla flessibilità produttiva e alla capacità di adattarsi a cambiamenti nelle esigenze dei consumatori.

Tuttavia, l'utilizzo dell'AM genera alti costi legati ai materiali e al consumo energetico, questo impatta negativamente sul costo marginale di produzione (c).

Inoltre, altri fattori che limitano la competitività di questa tecnologia sono: i possibili sprechi di produzione dovuti a problemi con la qualità del prodotto, la limitata gamma di materiali disponibili, i limiti sul volume di produzione di ciascun macchinario e la necessità di avere il giusto know-how e manodopera qualificata

Le ipotesi alla base del risultato mostrato in Figura 1.14 sono: incremento dei costi marginali di produzione moderato, tempi di lavorazione non eccessivi, una qualità dei prodotti realizzati sufficiente e un'impresa in condizioni di monopolio.

Sotto queste ipotesi, l'utilizzo dell'additive manufacturing risulterebbe quindi avere un impatto positivo sui profitti dell'impresa monopolista.

L'introduzione dell'impresa in un contesto competitivo sicuramente complica la valutazione dell'effetto sulla sua funzione di profitto, ma le considerazioni fatte sui singoli parametri rimangono comunque valide.

Appropriabilità del valore creato

Relativamente invece all'appropriabilità del valore creato, da una parte la necessità di acquisire conoscenza in merito alla nuova tecnologia e i diritti sui brevetti ancora attivi rendono costoso l'accesso al nuovo processo produttivo, dall'altra l'AM riduce le barriere in ingresso nei vari settori manifatturieri in quanto, senza dover cambiare l'impianto produttivo e/o senza dover acquisire

nuove conoscenze tecniche, chiunque è in grado di cambiare tipologia di produzione entrando in un settore diverso rispetto al precedente.

La nuova tecnologia pone anche una sfida alla tradizionale protezione fornita dai brevetti.

La possibilità di riprodurre un oggetto dotandosi semplicemente di una stampante 3D, magari a basso costo, e del relativo file CAD 3D in formato elettronico facilita enormemente la riproduzione di copie di prodotto.

1.3.1.3 La soddisfazione del cliente attraverso la customizzazione

Nel seguente paragrafo verrà approfondito il tema, già anticipato, della possibilità offerta dall'AM di avere una produzione in grado di rispondere maggiormente alle specifiche esigenze del cliente.

Ci sono mercati dove non ha senso customizzare il prodotto e sono sufficienti componenti standard per soddisfare le esigenze del cliente, in questi contesti i processi produttivi che sfruttano le economie di scala sono i migliori.

Altri mercati invece, o per la loro natura o per le richieste del cliente, richiedono una maggiore customizzazione: ad esempio questo accade nella costruzione di aeroplani, perché il numero di prodotti realizzati è basso, oppure in mercati come la gioielleria, in quanto si realizzano beni di lusso che devono soddisfare le specifiche esigenze del cliente.

Un aspetto caratteristico di questa tecnologia è la flessibilità di produzione: nel passare dalla realizzazione di un lotto ad un altro non è necessario cambiare attrezzature, utensili o addirittura impianto produttivo, è sufficiente inserire nel software della macchina il nuovo disegno; questa caratteristica garantisce una produzione in grado di soddisfare le diverse esigenze dei clienti in tempi e costi ridotti rispetto a quanto ottenibile con le tecniche tradizionali, fornisce inoltre uno strumento senza rivali per la fase di prototipazione di un nuovo prodotto in fase di sviluppo.

Questa caratteristica permette di occupare mercati di nicchia nei quali è necessario soddisfare le differenti esigenze del cliente senza incorrere in costi eccessivi. Nel settore della gioielleria, ad esempio, è possibile realizzare un gioiello secondo le richieste fornite direttamente dal cliente, oppure nel settore medico è possibile realizzare protesi che si adattano perfettamente alla fisiologia del paziente. Ovviamente una così ampia possibilità di customizzare il prodotto deve essere gestita da parte dell'azienda in quanto stravolge i modelli più tradizionali, ad esempio è necessario definire: il mezzo attraverso il quale il cliente può esplicitare le proprie richieste; quanto valore viene aggiunto a seguito di eventuali modifiche rispetto al modello standard; quanto il cliente è disposto a pagare per un prodotto simile.

La realizzazione di componenti su misura in alcuni settori può generare un incremento delle performance del prodotto e di conseguenza la soddisfazione del cliente stesso. Nelle tecniche tradizionali spesso la geometria del pezzo realizzato è un compromesso tra il disegno ideale e ciò che realisticamente è possibile ottenere, riducendo così le performance del prodotto. L'AM supera questo problema grazie alla libertà di geometrie realizzabili, massimizzando così le performance ottenibili.

A fronte di queste caratteristiche emerge che, per la produzione in serie di grosse quantità di pezzi, le tecniche tradizionali risultano ancora oggi le più convenienti, mentre l'Additive Manufacturing può trovare impiego nella realizzazione di prototipi o nella produzione di piccoli lotti, specialmente dove è richiesta un'elevata customizzazione del prodotto.

Prototipazione rapida

Un prototipo è la rappresentazione fisica di quello che sarà il prodotto finale, viene realizzato durante il processo di sviluppo di un nuovo prodotto al fine di testare e ottimizzare il prodotto stesso, anche se esso verrà realizzato in fase produttiva con un processo differente.

Il termine "prototipazione rapida" nasce proprio con la Fabbricazione additiva ed evidenzia uno dei vantaggi principali dell'utilizzo di questa tecnologia in questa fase, ovvero la possibilità di realizzare il prototipo in tempi molto minori rispetto all'impiego di tecniche tradizionali.

Un risparmio di tempo nella fase di sviluppo prodotto si traduce in un'immissione nel mercato più rapida e di conseguenza in un possibile vantaggio competitivo nei confronti dei competitors.

Inoltre, i tempi brevi di costruzione e l'elevata libertà di progettazione rendono l'AM perfetta per raggiungere la soluzione migliore attraverso la sperimentazione e il testing di differenti geometrie e forme.

Infine la prototipazione rapida favorisce il coinvolgimento da parte del cliente nella fase di sviluppo prodotto, riducendo i problemi di comunicazione tra le parti.

Ad oggi sicuramente questo è l'impiego della fabbricazione additiva più diffuso, alcuni tra i settori in cui è adottata con questo scopo sono: aeronautico, automotive, aerospaziale, dentale, energetico e gioielleria.

Produzione rapida e di piccoli lotti

Nelle tecniche tradizionali per produrre un componente è necessaria la realizzazione del corrispondente stampo, questo ha un costo molto elevato sostenibile solo se diviso su una quantità elevata di unità prodotte. La Fabbricazione Additiva, invece, data la sua struttura di costo e le sue caratteristiche di flessibilità, si adatta perfettamente alla produzione rapida e di piccoli lotti e l'adozione di questa tecnologia per scopi produttivi è in continua espansione.

I motivi dietro a questa diffusione sono diversi. L'additive manufacturing non utilizza tutte le attrezzature e gli utensili necessari alle tecniche tradizionali, limitando così i tempi e i costi dovuti ad una loro sostituzione per rottura o usura.

Inoltre, la flessibilità di produzione permette alle imprese di rispondere ai cambiamenti nelle richieste del cliente in maniera immediata, coerentemente con la filosofia del *just in time*. Un altro fattore che permette una maggiore vicinanza tra l'impresa produttrice e il proprio cliente è che la produzione dello specifico componente può essere decentralizzata e localizzata nei pressi del cliente stesso senza incorrere in costi eccessivi.

Una caratteristica tipica della fabbricazione additiva è quella di costruire prodotti senza la necessità di comporre più componenti, questo permette di ridurre i costi di assemblaggio e anche di diminuire lo stock di magazzino.

Infine, la libertà nella progettazione di forme e geometrie permette di ottenere prodotti con migliori performance o con performance uguali, ma con un peso complessivo ridotto.

Se da una parte tutti questi fattori sono a vantaggio di un suo utilizzo per scopi produttivi, dall'altra rimangono ancora alcuni aspetti che ne limitano la diffusione, tra i principali: elevato costo dei macchinari e delle materie prime, scarsa velocità di costruzione e una generale propensione delle piccole e medie imprese nel continuare ad utilizzare le tecniche tradizionali senza rischiare innovazioni di processo.

1.3.1.4 Impatto ambientale

Nella valutazione di un processo produttivo è importante effettuare anche considerazioni sull'impatto che esso può avere sull'ambiente esterno.

L'Additive manufacturing si basa sul principio di costruire il prodotto aggiungendo materiale solo dove necessario, al contrario delle tradizionali tecniche di lavorazione dove spesso è necessario asportare del materiale per raggiungere il risultato voluto.

Questo si traduce in un minore utilizzo di materiale, a parità di prodotto realizzato, ed in conseguenti benefici sull'ambiente.

La possibilità di realizzare geometrie molto complesse, semplicemente realizzando l'opportuno modello CAD, permette di ottenere prodotti composti da meno materiale rispetto a quelli realizzabili con le tecniche tradizionali, ma che grazie alla loro particolare struttura garantiscono le stesse proprietà meccaniche.

Oltre ad avere un impatto ambientale dovuto al minor impiego di materiale, questa caratteristica, permette di realizzare componenti più leggeri che riducono il peso complessivo del prodotto assemblato. In un settore come quello aerospaziale questo si traduce in un prodotto che consuma meno carburante, riducendone i relativi costi, ma soprattutto riducendo l'impatto ambientale dovuto alle conseguenti emissioni.

Tuttavia, l'additive manufacturing non è una tecnologia nata con l'obiettivo di ridurre l'impatto ambientale e l'utilizzo di materiale non è l'unico fattore da tenere in considerazione.

In particolare questa tecnologia ha un consumo energetico molto elevato: un processo di fusione del letto di polvere, per la lavorazione di 1kg di titanio, può generare un consumo di energia elettrica 100 volte superiore rispetto ai processi tradizionali (ad esempio lavorazioni con macchine a controllo numerico CNC).

Anche nelle tecniche di AM che trattano materiali plastici il consumo energetico è superiore di 10-50 volte rispetto ad uno stampaggio a iniezione.

Per completare il confronto andrebbe considerato anche l'impatto ambientale legato agli utensili, le attrezzature e gli stampi utilizzati nelle tecniche tradizionali.

A tal proposito si riporta di seguito uno studio condotto dal DOE (Department of Energy) in collaborazione con l'ORNL (Oak Ridge National Laboratory) e contenuto nel Wohlers report 2013.

Lo studio aveva l'obiettivo di confrontare il consumo di energia durante l'intero ciclo vita di una staffa aerospaziale in titanio realizzata con processi tradizionali e tecnologie additive, il risultato è stato che utilizzando quest'ultima si otteneva un effettivo risparmio energetico.

Il processo di AM, confrontato con una tecnica tradizionale, riduceva il consumo energetico di: 15 volte nella produzione della materia prima, 8 volte nella costruzione della staffa, 3 volte nel trasporto e nell'uso dell'oggetto stesso.

Il fattore principale di questo risparmio è stata la possibilità di riprogettare il componente incrementandone le performance e riducendone il peso complessivo.

I risultati di questo studio ovviamente fanno riferimento ad uno specifico caso e non possono essere generalizzati nel confronto tra le due tecniche, però forniscono un esempio di come è necessario considerare l'intero ciclo di vita del prodotto per effettuare una corretta analisi.

Infine, può essere considerato che la fabbricazione additiva permette una decentralizzazione della produzione consentendo di produrre le parti direttamente dove richieste senza necessitare del trasporto.

Tuttavia, la riduzione di emissioni dovuti ad un minor trasporto di componenti, a fronte dei fattori precedentemente considerati, ha un peso poco rilevante nella valutazione complessiva della sostenibilità ambientale del processo.

1.3.1.5 Responsabilità sul prodotto

L'AM è una tecnologia che potrebbe cambiare radicalmente il concetto di responsabilità di prodotto in quanto è in grado di trasformare ogni casa in una mini-fabbrica.

Ogni individuo potenzialmente potrebbe scaricare il disegno di un prodotto da internet, almeno per quelli reperibili in rete, e riprodurlo attraverso una stampante 3D acquistata a costi contenuti.

Questa tecnologia è quindi in grado di stravolgere la tradizionale catena di fornitura (progettazione, produzione, distribuzione e vendita) concedendo al consumatore finale un ruolo all'interno di essa.

Tradizionalmente, le imprese manifatturiere, prima di iniziare la produzione di un prodotto, svolgono una dettagliata fase di progettazione e successivamente una fase di validazione del progetto attraverso delle verifiche eseguite su di un prototipo, queste fasi assicurano all'impresa di realizzare un prodotto conforme ai requisiti di sicurezza e performance.

Nel caso in cui la progettazione venga eseguita da un'azienda differente rispetto a quella manifatturiera, comunque le responsabilità sul progetto sono ben identificate dalla presenza di un contratto.

Con l'obiettivo di customizzare il prodotto, e rendere partecipe il cliente finale nella progettazione di esso, si aprono scenari nei quali è il cliente stesso che, acquisito il progetto in formato elettronico, apporta modifiche al progetto e successivamente realizza il componente con una stampante 3D.

In casi come questi risulterebbe molto difficile tracciare lo storico delle modifiche effettuate su di un disegno e di conseguenza risulterebbe difficile individuare la responsabilità di un eventuale difetto o danno provocato dal prodotto realizzato.

1.3.2 Applicazioni e diffusione

La Fabbricazione Additiva, grazie alle sue caratteristiche di flessibilità, è una tecnologia impiegata in diversi settori e con diverse applicazioni. Secondo il "Wholers Report 2017" nel 2016 l'utilizzo di questa tecnologia si divideva tra i settori nel seguente modo (come illustrato anche in Figura 1.15): per il 19% viene utilizzata nella produzione di beni strumentali, settore con il maggior numero di componenti, segue il settore aerospaziale con il 18%, dato in crescita rispetto all'anno precedente ed in linea con le previsioni. Altri valori rilevanti vengono registrati nei settori: automotive (15%) che in passato ha trainato la diffusione della tecnologia, biomedicale (11%) e beni di consumo (13%).

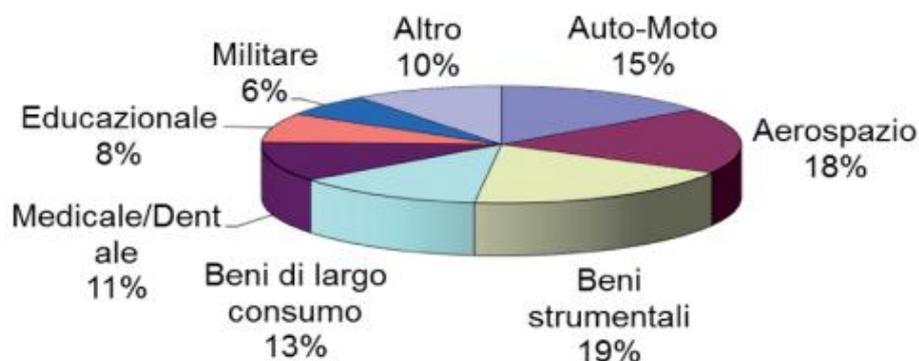


Figura 1.15 settori di impiego (5)

L'applicazione principale a cui sono destinati i componenti realizzati per fabbricazione additiva è la costruzione di parti definitive (34%), sicuramente una tra le applicazioni più interessanti ed in rapida crescita rispetto all'anno precedente. Con il 16% segue l'utilizzo per effettuare test di assemblaggio, a dimostrazione del miglioramento continuo delle prestazioni dei materiali utilizzati. Altre applicazioni che misurano una percentuale rilevante sono quello educativo e di ricerca (11%), la visualizzazione di progetti (7%), la realizzazione di inserti per stampi, la realizzazione di modelli concettuali e master per il tooling e fonderia.

Dal punto di vista della diffusione geografica, il Nord America risulta l'area con il maggior numero di applicazioni con il 39%, di cui il 37% appartiene agli USA, paese d'origine della tecnologia. Divisi

da un solo punto percentuale seguono l'area Asia-Pacifico (29%) ed Europa (28%), all'interno di quest'ultima l'Italia registra il 3,3% delle applicazioni a livello mondiale.

Nel report si stima, inoltre, che nel mondo sono installati complessivamente 105.000 unità di sistemi industriali, esclusi quelli a basso costo, di cui 13.058 soltanto nel 2016, dato in crescita del 4% rispetto all'anno precedente. Relativamente, invece, alla suddivisione delle quote di mercato tra le aziende produttrici, la Stratasys risulta essere l'azienda leader con uno share di circa il 36%, seguono 3D Systems (12,6%) e Envisiotec (9,4%). Questi dati non fanno riferimento tuttavia al fatturato, ma al numero di sistemi venduti, questo perché la maggior parte delle aziende non è quotata in borsa e ciò rende complicato reperire i dati di bilancio. La distribuzione cambierebbe sostanzialmente considerando i ricavi di vendita, si stima che la società EOS (3,1% delle unità vendute) si attesterebbe ai vertici raggiungendo la Stratasys.

Complessivamente l'additive manufacturing risulta essere una tecnologia in forte espansione come dimostrano alcuni dati presenti nel "Wohlers Report 2018" e riportati di seguito.

Nel 2017 il mercato globale dell'AM, comprensivo di tutti i prodotti e servizi ad esso annesso, è stato stimato essere di 7,336 miliardi di dollari, questo significa una crescita del 17,4% rispetto ai 6,063 miliardi registrati nel 2016 (a sua volta nel 2016 si era registrata una crescita del 25,9%).

Questo a dimostrare la continua crescita del mercato che gravita intorno alla nuova tecnologia additiva.

Nel grafico mostrato in Figura 1.16, è riportato l'andamento del fatturato complessivo generato dalla vendita di materiali per AM, i dati sono espressi in milioni di dollari.

Il trend generale mostra una crescita esponenziale: si è passati dai circa 200 milioni di dollari spesi nel 2009 ai 1,13 miliardi del 2017, + 25,5% rispetto al 2016 nel quale il dato si attestava sui 903 milioni. Le vendite considerate fanno riferimento sia ai sistemi industriali che alle stampanti 3D più economiche e includono tutte le tipologie di materiali utilizzati per l'AM.

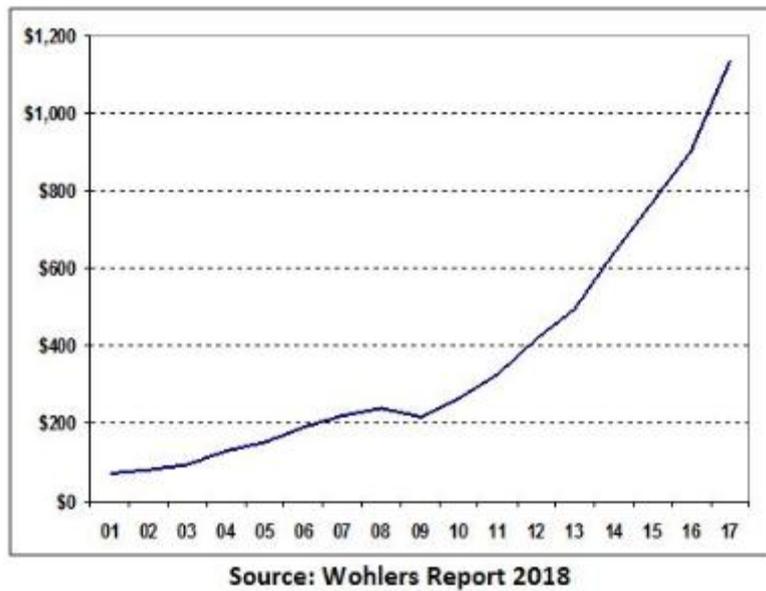


Figura 1.16 Fatturato complessivo dovuto alla vendita di materiali per AM (6)

Il report del 2018 pone l'attenzione anche sull'aspetto che più di tutti potrà nel futuro incrementare la diffusione della tecnologia, specialmente in ambito produttivo, la realizzazione di parti metalliche.

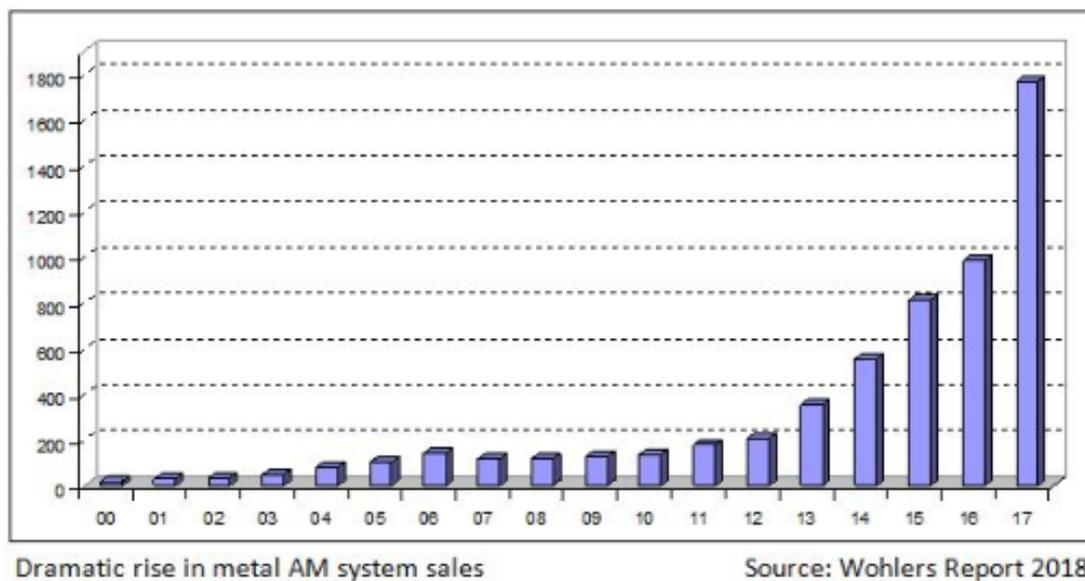


Figura 1.17 Andamento delle vendite di sistemi di AM che realizzano componenti metallici (6)

Nel grafico in Figura 1.17, vengono illustrate le unità vendute di sistemi di AM che realizzano parti metalliche dal 2000 al 2017.

La crescita appare repentina e caratterizza soprattutto gli ultimi anni: nel 2017 i sistemi di AM per componenti in metallo venduti sono stati stimati a 1,768 e, confrontati ai 983 del 2016, fanno segnare una crescita dell'80%.

A questo dato si aggiunge quello relativo alle imprese che costruiscono questi sistemi: le aziende fornitrici nel 2017 sono 135, 38 in più rispetto al 2016 (97).

Analizzato lo stato dell'arte attuale, diversi Enti di ricerca si occupano di effettuare delle previsioni sull'impiego futuro della Fabbricazione Additiva e sul relativo mercato. La IDC, International Data Corporation, nel suo report "Worldwide Semiannual 3D Printing Spending Guide" stima che il mercato attuale dell'Additive Manufacturing vale 12 miliardi di dollari, includendo vendita di hardware, software, servizi e materiali, in crescita del 19,9% rispetto al 2017. Secondo le sue previsioni nel 2021 il valore arriverà ai circa 20 miliardi di dollari, grazie ad un tasso composto di crescita annuo del 20,5%, di cui la vendita dei macchinari (6,9 miliardi) e quella dei materiali (6,7 miliardi) costituiranno insieme oltre i due terzi del mercato globale. Secondo quanto riportato da SmarTech Publishing nel suo ultimo report "Additive Manufacturing With Metal Powders 2018", dedicato al mercato della produzione additiva con metalli, in futuro la crescita della tecnologia additiva sarà guidata dalla produzione di parti metalliche. Il documento riporta che i ricavi del settore sono cresciuti del 24% nel 2017, raggiungendo ed oltrepassando il miliardo di dollari e che secondo una stima a lungo termine entro il 2027 potrebbe raggiungere i 9,3 miliardi. Secondo questa previsione, la crescita sarà guidata dai metalli leggeri, titanio e alluminio, a cui sono particolarmente interessati i settori automotive e aerospaziale.

2 *Settore automotive*

Dal Novecento ad oggi il settore automobilistico ha sempre ricoperto un ruolo importante nelle economie dei Paesi sviluppati. Nel corso della sua storia, per mantenere questo ruolo centrale, l'automobile ha subito un continuo processo di evoluzione al fine di adattarsi ai differenti contesti tecnologici, sociali ed economici; nel tempo sono mutati il know-how, le tecnologie, le funzionalità, l'aspetto estetico fino a concepire un veicolo intelligente, con migliori performance e un'efficienza energetica maggiore.

Ancora oggi questo processo di cambiamento continuo è in atto nel tentativo di rispondere alle nuove dinamiche emergenti.

2.1 *Evoluzione storica e dinamiche attuali*

2.1.1 *Evoluzione storica*

L'automobile nasce ufficialmente il 29 gennaio 1886 quando Karl Benz, ingegnere meccanico tedesco, deposita all'Ufficio Brevetti la 'Patent Motorwagen'.

Il *Velociped*, così venne chiamato, era un veicolo tubolare su tre ruote e fu il primo che sfruttava un motore a combustione interna alimentato a benzina ed azionato con accensione elettrica, completavano la vettura un impianto sterzante, un carburatore e un impianto di raffreddamento.

L'automobile nei primi anni di vita rimase un bene di lusso finché Henry Ford e Alfred P. Sloan innovarono il processo produttivo abbattendo i costi di produzione e trasformando l'auto in un bene di produzione di massa.

Nel 1913 Henry Ford, fondatore della Ford Motor Company, introdusse un nuovo concetto di produzione dell'automobile che si basava su tre principi fondamentali: standardizzazione del prodotto, produzione in linea e stipendi ai lavoratori più alti della media.

L'azienda americana produceva un unico esemplare di automobile, il famoso *Modello T*, rigorosamente nero, con l'intento di rendere il prodotto un'icona per il popolo americano, così che tutti la volessero acquistare.

La politica salariale aveva due obiettivi: da una parte assicurarsi i lavoratori migliori, dall'altra Ford riteneva che più lo stipendio dei propri lavoratori fosse alto più sarebbero cresciute le probabilità che questi comprassero la stessa auto che producevano, l'intento era quindi quello di chiudere il cerchio tra produttore e consumatore.

Infine, l'innovazione più radicale fu *la catena di montaggio*: per mezzo di un nastro trasportatore, i singoli componenti dell'auto attraversavano le differenti postazioni di lavoro; in ognuna di esse quindi l'operaio svolgeva in maniera ripetitiva un'unica elementare lavorazione. Questa tecnica, che consentì a Ford di ridurre drasticamente i tempi di produzione, è ancora alla base delle comuni produzioni in serie e può essere considerata il primo esempio di vantaggio competitivo basato sul prezzo e di sfruttamento delle economie di scala.

Tuttavia, a seguito di una crescita del benessere economico globale, i consumatori iniziano a desiderare un'auto che sia differente da tutte le altre, anche se disponibile ad un prezzo superiore. Il primo ad accorgersi e a sfruttare questo fenomeno fu Alfred Sloan, CEO della General Motors, che, per la prima volta nella storia, pianificò una produzione di differenti modelli di automobile al fine di soddisfare le diverse esigenze della clientela: le richieste dei consumatori iniziarono così ad essere una variabile nelle scelte produttive.

Sloan applicò di fatto una strategia di differenziazione sfruttando due principi cardine del marketing: la segmentazione di mercato e la customer satisfaction.

Un'altra intuizione di mercato fu quella di differenziare i vari modelli prodotti sulla base del prezzo, in questo modo non entravano in concorrenza tra loro e venivano acquistati dai consumatori in base ai differenti gusti e possibilità d'acquisto.

Queste strategie permisero alla General Motors di superare nettamente la Ford e conquistare, agli inizi del 1930, una posizione di leadership mondiale nella produzione di automobili che mantenne per oltre mezzo secolo.

I modelli produttivi portati avanti dalle due case automobilistiche americane, seppure con le differenze descritte, rappresentano il modello della produzione di massa, un modello che si basa sulla logica di tipo *push*, ovvero produrre per il magazzino in base alle previsioni di vendita, cercando di minimizzare i costi grazie alle economie di scala.

Mentre questo paradigma produttivo, grazie alla continua crescita della domanda, continuò ad avere successo nei Paesi Occidentali fino agli anni '80, nei primi anni '50 la Toyota, azienda automobilistica giapponese, iniziava a pensare ad una strategia differente che si potesse applicare alla situazione di crisi post bellica nel suo Paese.

L'idea di base del Toyota Production System (TPS) era di realizzare un processo produttivo che si adattasse alle condizioni economiche del proprio paese: non era possibile contare su un'elevata domanda di mercato e quindi non era possibile sfruttare le economie di scala ed una logica produttiva di tipo *push*. Al contrario, per produrre ad un costo sostenibile, si pensò ad un sistema produttivo che minimizzasse gli sprechi, ovvero che eliminasse tutte le attività che non fossero in grado di generare valore, e che sfruttasse una logica di tipo *pull*: produrre secondo la reale domanda di mercato.

Nasce così un nuovo sistema produttivo: la *lean production*, alla base del quale c'è il sistema denominato *Just In Time*, che segue quattro principi fondamentali:

- Eliminazione degli sprechi: si riducono al minimo le scorte che, in quanto materiali non utilizzati, costituiscono fonte di spreco; si riducono i tempi morti nel passare dalla produzione di un lotto all'altra, così facendo si ottiene una produzione più snella e flessibile.
- Coinvolgimento degli operatori: al contrario del sistema fordista, nel modello TSP i lavoratori acquisiscono potere decisionale diretto, svolgono un numero elevato di attività differenti e partecipano direttamente al miglioramento della qualità del prodotto.

- Rapporto con i fornitori: mentre nei modelli tradizionali si sceglievano i fornitori in base all'offerta più economica della singola commessa, in questo nuovo sistema si cerca di instaurare un rapporto di lungo periodo tra produttore e fornitore.
Si crea un rapporto di scambio di know-how che parte dalla progettazione del componente, inoltre il sito produttivo del fornitore solitamente viene localizzato vicino all'assemblatore finale così da garantire una spedizione immediata al manifestarsi dell'esigenza.
- Miglioramento continuo: grazie alla cultura giapponese, i lavoratori stessi erano alla continua ricerca per migliorare il processo così da garantire più elevati standard di qualità e ridurre il numero di prodotti difettosi.

Questo innovativo sistema organizzativo e produttivo permise alla Toyota di diventare uno dei principali produttori di automobili nel mondo e dagli anni '80 ha iniziato a diffondersi tra le aziende dei paesi Occidentali in qualsiasi settore, non solo quello automobilistico.

Un esempio di come i principi della *lean production* si sono diffusi nei Paesi Occidentali ed in particolare in Europa è il *World Class Manufacturing (WCM)*, sviluppato nel 2005 dal Gruppo Fiat (attuale FCA).

Il WCM è un sistema di organizzazione complessivo della fabbrica che si pone l'obiettivo di: migliorare in maniera continua i processi e la qualità del prodotto, ridurre progressivamente i costi di produzione, rispondere in maniera flessibile alle esigenze di mercato e coinvolgere maggiormente il personale.

2.1.2 Dinamiche evolutive attuali

L'industria dell'automobile è uno dei settori maggiormente influenzati dalla *digital trasformation*, l'evoluzione tecnologica che si sta verificando ha il potenziale per rivoluzionare completamente i tradizionali modelli di vendita, di produzione, organizzativi e di processo.

Questa ondata di innovazione crea nuove opportunità di business che le aziende del settore devono essere in grado di cogliere al fine di mantenere o aumentare il proprio vantaggio competitivo.

Di seguito vengono riportate le principali innovazioni e trend che riguardano il settore automotive.

Automobile a guida autonoma

Tutte le più grandi aziende del settore sono convinte che l'auto a guida autonoma sia il futuro ed infatti appaiono ingenti gli investimenti su questa nuova tecnologia. Google sta offrendo un contributo notevole allo sviluppo delle *driveless car* e fornisce un esempio di come, a fronte di un evento così disruptive, nuovi players possono entrare nel settore e stravolgerne i rapporti di forza. In caso di successo, la nuova automobile sarà molto differente rispetto a quella attuale e quindi sarà necessario modificare i tradizionali processi di progettazione e produzione.

Diversi saranno i fattori che determineranno l'affermazione o meno del nuovo paradigma: ovviamente lo sviluppo tecnologico, ma anche le regolamentazioni e l'accettazione da parte del mercato.

Due sono i principali scenari sulle previsioni di crescita entro il 2030-2035: l'ipotesi più ottimistica ritiene che la crescita sarà del 26%, mentre nel peggiore dei casi solo del 5%.

Nuovi sistemi di propulsione

Il settore automobilistico ha la necessità di adattarsi ad un contesto nel quale sono sempre più caldi temi come la sostenibilità, le emissioni nocive, il risparmio energetico; in molti mercati, come quello europeo e statunitense, gli standard di emissione e le regolamentazioni stanno pressando le case automobilistiche alla progettazione e realizzazione di veicoli ecologici.

Due sono i principali sistemi di propulsione che rispondono a queste esigenze: il motore elettrico e quello ad idrogeno.

L'interesse del mercato per l'auto elettrica è in continua crescita, la tecnologia, ancora in evoluzione, inizia a garantire performance adeguate anche se deve ancora superare alcuni limiti: velocità di ricarica ed autonomia della batteria.

Sulla scia dei modelli offerti da Toyota e Hyundai, la tecnologia ad idrogeno, seppure ancora ad uno stato evolutivo inferiore, viene indicata da molti esperti come il reale paradigma vincente.

L'affermazione di questi rivoluzionari sistemi di propulsione dipenderà da molti fattori, su tutti la disponibilità di infrastrutture adeguate per il rifornimento e le regolamentazioni messe in atto dai vari governi.

L'unica certezza sembra essere che i sistemi a combustione interna, diesel o benzina, scompariranno con il conseguente stravolgimento dell'architettura dell'automobile.

L'industria 4.0

Il concetto alla base dell'industria 4.0 è la fabbrica intelligente: un nuovo modello produttivo in grado di rivoluzionare l'intera catena del valore nel settore automobilistico.

La fabbrica intelligente è un sistema che utilizza macchinari intelligenti, collegati tra loro e connessi ad internet, in grado di generare ed analizzare dati in tempo reale.

La disponibilità di dati ed analisi permette di ottenere una produzione più veloce e flessibile, minori scarti e maggiore produttività.

Per ottenere questo risultato è necessario dotarsi delle adeguate tecnologie:

Robotica avanzata, Additive Manufacturing, Interconnessione tra tutte le fasi della catena del valore, Internet delle cose, sistemi Cloud e analisi di Big Data.

Car sharing

Il car sharing è ormai un fenomeno affermato e la sua diffusione è in continua ascesa, parte del successo deriva dall' essere una soluzione alternativa alla mobilità ecosostenibile.

Il servizio permette agli utenti di noleggiare un veicolo per un lasso di tempo breve, minuti o ore, pagando in base al tempo effettivo di utilizzo, oltre all'utilizzo da parte dei cittadini all'interno delle città si sta diffondendo anche il car sharing aziendale.

Le previsioni stimano che entro il 2025 le vendite di auto per questo servizio cresceranno del 10%, rendendo necessario da parte dei produttori di componenti e automobili adeguare le proprie produzioni

2.2 Portata economica del settore

Esaminate le dinamiche evolutive globali, questo paragrafo ha l'obiettivo di dare una rappresentazione attuale dei risultati economici raggiunti nel 2017 dal settore automotive.

Il settore dell'Automotive ha avuto sempre un ruolo rilevante nelle economie dei Paesi occidentali ed è spesso utilizzato per misurare il loro stato di salute. Nonostante la crisi economica iniziata nel 2007 abbia avuto pesanti ripercussioni anche in questo settore, ridimensionando il relativo mercato (nel 2013 il mercato in Italia e Spagna misurava una contrazione del 40%-50% rispetto al 2005), l'andamento attuale mostra una complessiva ricrescita.

Secondo gli studi effettuati dall'ANFIA (Associazione Nazionale Filiera Industriale Automobilistica) datati 23 aprile 2018, l'intera filiera produttiva automotive è composta da circa 3.200 imprese ed un totale di 253.492 dipendenti tra diretti e indiretti, corrispondente al 7% del totale dell'industria manifatturiera. Complessivamente il settore realizza un fatturato di 93 miliardi di Euro, in aumento del 5,7%, pari a circa il 5,6% del Prodotto Interno Lordo italiano;

La bilancia commerciale dell'intera filiera nel 2017 ha segnato un saldo negativo: a fronte dei 23,69 miliardi di Euro di export, l'import vale 33,27 miliardi, il saldo risultante è in passivo di 9,6 miliardi di Euro.

Una delle principali cause è l'ampia quota di mercato dei produttori esteri in Italia: 71,5% del mercato.

Il sottosettore della componentistica, invece, prosegue con il suo trend positivo che dura da 20 anni: l'export vale 21,2 miliardi di euro, mentre l'import 15,4 miliardi, definendo un saldo positivo della bilancia pari a 5,7 miliardi (+6% rispetto al 2016).

L'Italia risulta il 5° produttore di automobili nell' Unione Europea con 1.142.210 autoveicoli prodotti nel 2017, dato in crescita del 3,5% rispetto al 2016.

Gli autoveicoli prodotti risultano così suddivisi: 742.642 autovetture, 332.112 veicoli commerciali e 67.456 veicoli industriali

Complessivamente di questa produzione viene esportato il 65% pari a 742.418 veicoli, dato in crescita del 3,6% rispetto al 2016.

Sempre di maggiore rilevanza appare il segmento dei SUV, se nel 2014 costituiva il 7,7% della produzione nazionale, nel 2017 vale il 49%.

Il valore degli investimenti fissi lordi della filiera vale il 14% dell'intera industria manifatturiera.

Gli investimenti in R&S ammontano a 1,7 miliardi di Euro, pari al 13,2% del totale delle spese in R&S nel Paese e al 18,8% degli investimenti in R&S dell'industria manifatturiera; con questi dati l'automotive risulta il primo investitore privato in Italia e dimostra la sua propensione all'innovazione.

2.3 Composizione della filiera

La filiera automotive, intesa come insieme di tutte le attività necessarie per passare dalla concezione dell'automobile al suo utilizzo finale ed oltre, appare complessa: il sistema di relazioni tra le varie imprese si è evoluto nel tempo complicando la possibilità di effettuarne una rappresentazione univoca.

Innanzitutto è necessario definire il perimetro di studio; con il termine automotive, nell'analisi della filiera, si comprendono: tutti gli autoveicoli per il trasporto di persone, compresi gli autobus, i veicoli per il trasporto merci, le auto speciali, i caravan ed altri veicoli speciali; rimangono escluse le moto.

All'interno delle fasi costituenti la filiera si considerano tutte quelle attività che entrano a far parte della progettazione, realizzazione, commercializzazione e manutenzione di componenti e prodotti finiti; seppure importanti per il settore automotive, restano escluse quelle attività complementari come il mondo delle assicurazioni e della distribuzione di carburanti.

Localizzazione della produzione

Nell'ultimo decennio la tendenza è stata quella di spostare la produzione verso nuovi Paesi rispetto a quello natale delle imprese produttrici.

Risultano diversi i motivi dietro a questo fenomeno: sicuramente una domanda maggiore nei Paesi con una forte crescita economica; fattori legati alle infrastrutture e alla logistica; la manodopera, intesa come costi del lavoro, ma anche come grado di qualificazione e specializzazione; regolamentazioni e policy che rendono le condizioni produttive più favorevoli; generale globalizzazione dei mercati.

Il risultato è stato che le grandi case automobilistiche, definite anche OEM (original equipment manufacturer), per mezzo di acquisizioni, fusioni e varie forme di accordo, hanno spostato la localizzazione dei propri siti produttivi in Paesi differenti da quelli natali.

Questa ricerca verso condizioni più favorevoli può avere un impatto deleterio sull'economia di Paesi come l'Italia, dove il settore automotive ricopre un ruolo importante nell'economia complessiva.

2.3.1 Le fasi della filiera

Negli ultimi 20 anni su scala globale la filiera Automotive è stata caratterizzata da un processo di deverticalizzazione, tuttavia l'Italia rimane uno dei paesi con la catena del valore più lunga e complessa, la *figura 3.1* ne mostra una possibile rappresentazione semplificata.

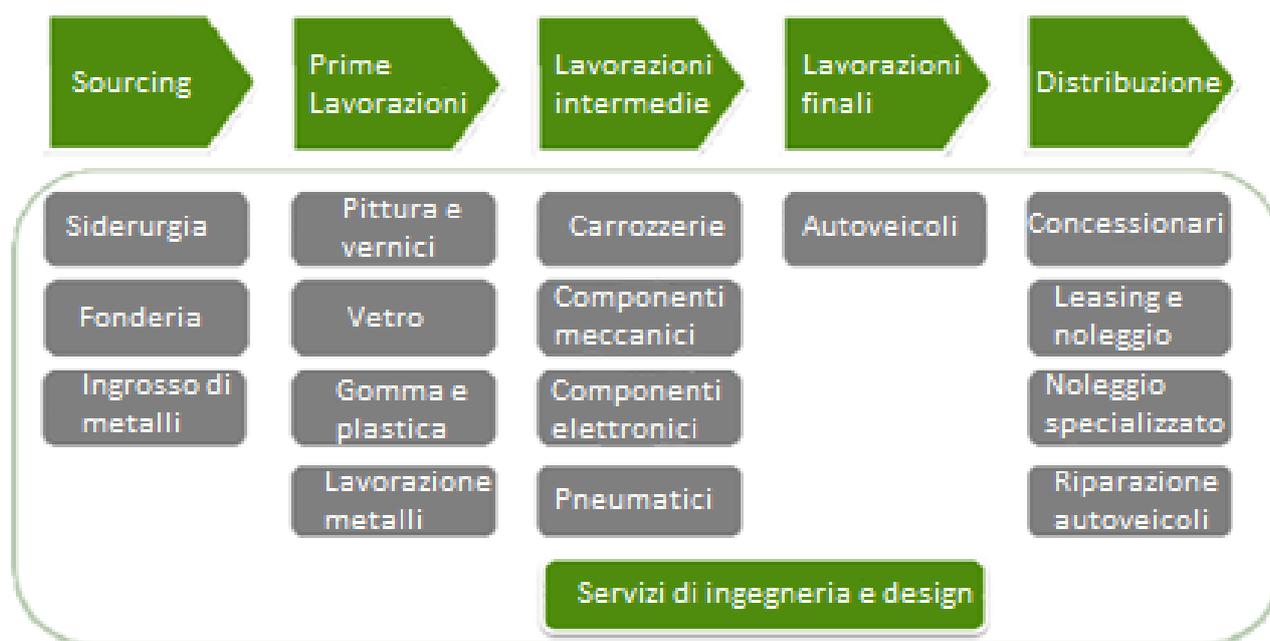


Figura 2.1 filiera automotive (7)

La filiera in Figura 2.1 si compone di: un processo industriale, costituito dalle quattro fasi che permettono la realizzazione del prodotto finito; il processo di distribuzione e vendita, composto dalle attività che garantiscono l'immissione sul mercato del prodotto e la gestione successiva alla vendita; i servizi di ingegneria e design, ovvero tutte le attività di supporto alla produzione.

Più nel dettaglio, a monte della catena del valore c'è la fase di approvvigionamento delle materie prime, seguono le tre fasi produttive che consentono la realizzazione del prodotto finito: prime lavorazioni (pittura e vernici, vetro, gomma e plastica e lavorazione metalli); lavorazioni intermedie (realizzazione di carrozzeria, pneumatici, batterie, componenti elettronici, motori e componenti meccanici); lavorazioni finali (assemblaggio e produzione di autoveicoli).

I servizi specifici di engineering e design si rivolgono principalmente alle lavorazioni finali ed intermedie e si collocano quindi in una posizione intermedia a queste; la fase che nello schema è denominata distribuzione comprende: la vendita al dettaglio e all'ingrosso di autoveicoli, la vendita di ricambi, la manutenzione e riparazione e i servizi di noleggio e leasing.

Per avere una rappresentazione più dettagliata è possibile integrare ciascuna delle fasi della filiera, viste in Figura 2.1, con i vari settori coinvolti, classificati secondo la codifica italiana Ateco 2007, il risultato è rappresentato in Figura 2.2.

Approvvigionamenti	Prime lavorazioni	Lavorazioni intermedie	Lavorazioni finali	Servizi di ingegneria e design	Distribuzione
2410 siderurgia	2030 fabbricazione di pitture, vernici e smalti, inchiostri da stampa e adesivi sintetici (mastici)	2211 fabbricazione di pneumatici e camere d'aria; rigenerazione e ricostruzione di pneumatici	2910 fabbricazione di autoveicoli	7112 attività degli studi d'ingegneria ed altri studi tecnici	451 commercio di autoveicoli
245 fonderie	2219 fabbricazione di altri prodotti in gomma	261 fabbricazione di componenti elettronici e schede elettroniche		7120 collaudi ed analisi tecniche	4520 manutenzione e riparazione di autoveicoli
4672 commercio all'ingrosso di metalli e di minerali metalliferi	2221 fabbricazione di lastre, fogli, tubi e profilati in materie plastiche	2920 fabbricazione di carrozzerie per autoveicoli, rimorchi e semirimorchi		7210 ricerca e sviluppo sperimentale nel campo delle scienze naturali e dell'ingegneria	453 commercio di parti e accessori di autoveicoli
	2311 fabbricazione di vetro piano	2931 fabbricazione di apparecchiature elettriche ed elettroniche per autoveicoli e loro motori		7410 attività di design specializzate	7711 noleggio di autoveicoli
	2312 lavorazione e trasformazione del vetro piano	2932 fabbricazione di altre parti ed accessori per autoveicoli			
	2550 fucinatura, imbutitura, stampaggio e profilatura dei metalli; metallurgia delle polveri	2720 fabbricazione di batterie di pile ed accumulatori elettrici			
	256 trattamento e rivestimento dei metalli; lavori di meccanica generale				

Figura 2.2 settori Ateco nelle fasi della filiera (7)

Secondo la codifica Ateco un'impresa appartiene ad un unico settore in base alla sua attività prevalente, ciò non toglie che probabilmente svolge anche altre attività riconducibili ad altri settori della classificazione e quindi risulta attiva anche in più fasi della filiera. Questo è particolarmente vero per le grandi case automobilistiche, l'attività prevalente di Fiat Auto S.p.a, ad esempio, è la fabbricazione di autoveicoli, ma svolge anche altre attività collocabili nelle fasi di distribuzione o produzione di componentistica. Inoltre l'organizzazione delle imprese o dei gruppi d'impresa può facilitare l'allocazione delle attività nelle diverse fasi della filiera, in questo settore spesso i grandi gruppi scelgono di differenziarsi verticalmente e/o orizzontalmente controllando direttamente

aziende dedicate ad uno specifico mercato. Un esempio di questo fenomeno è la Magneti Marelli, appartenente al Gruppo Fiat che, essendo specializzata nella produzione di componenti per auto, ha come codice Ateco 29.32 (Fabbricazione altre parti ed accessori per autoveicoli).

Dalla rappresentazione della filiera illustrata rimangono escluse quelle attività che forniscono beni e servizi anche per il settore automotive, ma che non hanno in questo il loro principale *core business*, ad esempio i produttori di materiali quali ferramenta, pelli o fibre, e le imprese appartenenti ai settori dell'energia e della logistica.

2.3.2 Risultati economici delle diverse fasi

Distinguere i risultati economici delle differenti fasi della filiera, vista anche la difficoltà di classificare le imprese in una specifica categoria, appare complesso. Tuttavia, al fine di avere una rappresentazione del contributo economico di ciascuna fase, di seguito vengono riportati i risultati ottenuti da una ricerca contenuta nel Report "Il settore automotive nei principali paesi europei"; i risultati economici, relativi al campione di imprese analizzato, sono datati 2010 e costituiscono il 70 % del fatturato complessivo del settore. I dati occupazionali invece, sempre riportati nel medesimo report, sono relativi al 2011.

Come mostrato in Tabella 2.1 la filiera mostra un fatturato complessivo di poco superiore ai 130 miliardi di Euro. Le quattro fasi che determinano la trasformazione industriale generano complessivamente solo il 44% dei ricavi totali, tra queste le due attività a valle, lavorazioni intermedie e lavorazioni finali, sono quelle che generano un fatturato maggiore.

La tabella inoltre mostra come la distribuzione, da sola, genera il 55% del fatturato complessivo della filiera, mentre i servizi di ingegneria e design ricoprono un ruolo marginale.

Tabella 2.1 Ricavi totali e percentuali delle varie fasi della filiera (7)

fasi della filiera	Fatturato (in milioni di Euro)	Fatturato percentuale sul totale
Approvvigionamenti	3.385	3%
Prime lavorazioni	5.398	4%
Lavorazioni intermedie	22.596	17%
Lavorazioni finali	26.946	20%
Totale fase di trasformazione industriale	58.325	44%
Servizi di Ingegneria e design	717	1%
Distribuzione	72.425	55%
Totale ingegneria, design e distribuzione	73.141	56%
Totale filiera	131.467	100%

Per quanto riguarda la suddivisione dei lavoratori tra le varie fasi della filiera, come mostrato nella Tabella 2.2, si assiste ad una distribuzione simile rispetto a quella osservata per i ricavi di vendita. Le quattro fasi che costituiscono il processo di trasformazione industriale danno lavoro al 49% del totale degli occupati nella filiera automotive, di queste il ruolo principale è ricoperto dalle lavorazioni intermedie con il 24% del totale.

Da notare come la distribuzione, in analogia con il fatturato, abbia un peso notevole: 220.625 dipendenti pari a circa il 50% del totale.

Tabella 2.2 Dati di occupazione divisi per le varie fasi della filiera(7)

fasi della filiera	Occupati (valore assoluto)	Occupati in % sul totale
Approvvigionamenti	11.954	3%
Prime lavorazioni	46.551	10%
Lavorazioni intermedie	106.956	24%
Lavorazioni finali	53.016	12%
Totale fase di trasformazione industriale	218.477	49%
Servizi di ingegneria e design	4.241	1%
Distribuzione	220.625	50%
Totale ingegneria, design e distribuzione	224.866	51%
Totale filiera	443.343	100%

La Tabella 2.3 mostra i valori mediani di tre indicatori di performance per ogni fase della filiera automotive.

L'EBITDA in percentuale del fatturato è un valore che misura la redditività dei margini lordi e misura quindi l'andamento dell'area operativa di gestione, tralasciando l'area finanziaria e straordinaria del conto economico.

Rispetto a questo indicatore le fasi della filiera più redditive appaiono le prime lavorazioni e i servizi di ingegneria e design, la distribuzione invece, a fronte di un giro d'affari più grande rispetto alle altre fasi, segna il valore più basso con 2,8.

Il ROI (Return On Investment) è una misura della redditività del capitale investito; relativamente a questo indicatore di performance le varie fasi della filiera non si distinguono nettamente e si attestano intorno al valore mediano complessivo di 3,0, fa in parte eccezione servizi di ingegneria e design con un valore di 5,1.

L'ultima misura di redditività riportata è il ROS (Return On Sales), misura dei ritorni rispetto ai ricavi di vendita. Dai valori descritti in tabella emerge come la fase della distribuzione, che ricopre il 55% del fatturato complessivo, registra il valore mediano minore (1,6) schiacciando verso il basso il valore mediano complessivo della filiera che si attesta a 2,2, valore inferiore rispetto a quello registrato in tutte le altre fasi.

Tabella 2.3 EBITDA%, ROI, ROS delle varie fasi della filiera (valori mediani) (7)

fasi della filiera	EBITDA in % del fatturato	ROI	ROS
Approvvigionamenti	5,0	3,2	2,5
Prime lavorazioni	7,8	4,1	3,8
Lavorazioni intermedie	6,7	3,6	3,3
Lavorazioni finali	5,7	2,7	2,7
Totale fase di trasformazione industriale	6,2	3,2	3,0
Servizi di ingegneria e design	8,3	5,1	4,8
Distribuzione	2,8	2,8	1,6
Totale filiera	4,2	3,0	2,2

Per concludere è possibile notare che le fasi con un fatturato più basso (prime lavorazioni e i servizi di ingegneria e design) risultano essere le più redditive, mentre la distribuzione e le lavorazioni finali, che insieme costituiscono il 75% dei ricavi complessivi, riscontrano i risultati peggiori in termini di redditività.

2.3.3 Importanza del gruppo FCA in Italia

In Italia il Gruppo Fiat ha sempre ricoperto un ruolo centrale nel settore automotive e di conseguenza in tutta l'economia del Paese.

Nel 2014, a seguito dell'acquisizione di Chrysler group da parte del Gruppo Fiat, nasceva FCA, Fiat Chrysler Automobiles, società con sede legale in Olanda e domicilio fiscale in Inghilterra.

L'operazione ha senza dubbio definito uno spostamento geografico del baricentro verso il territorio americano, tuttavia, la nascita della nuova società ha generato più benefici in Italia di quanti ne riuscisse a garantire l'ex Gruppo Fiat prima dell'acquisizione.

Secondo quanto riportato dall'indagine annuale su 2075 società italiane, condotta dall' "Ufficio Studi di Mediobanca" e pubblicata ad agosto del 2018, l'insieme delle società manifatturiere italiane appartenenti al gruppo FCA genera complessivamente 6,4 miliardi di Euro di valore aggiunto dando occupazione ad oltre 80.000 dipendenti. Gli investimenti netti tra il 2008 e il 2017 si attestano a 10 miliardi e gli acquisti ad oltre 45 miliardi di Euro, ovvero circa il 75% della componentistica veicolare italiana.

Complessivamente nel 2017 il gruppo FCA ha partecipato alla realizzazione del 2,43 del PIL nazionale.

L'ultimo piano industriale (2018-2022) redatto da Sergio Marchionne (ex CEO del gruppo FCA) prevedeva una conversione delle lavorazioni negli stabilimenti italiani verso la realizzazione di Suv, alcune tipologie di Jeep e modelli di gamma alta come Maserati e Alfa Romeo.

La conversione dalla tradizionale lavorazione di massa, che caratterizzava il cuore del vecchio Gruppo Fiat, alla realizzazione di veicoli con un valore aggiunto maggiore è il frutto di una strategia che punta su un'elevata specializzazione del lavoro e su tecnologie all'avanguardia, in linea con quelle adottate dai Paesi avanzati.

Il piano prevedeva che gli stabilimenti italiani arrivassero a realizzare fino a sei nuovi esemplari d'auto, 400.000 autovetture targate Alfa Romeo e 100.000 Maserati; queste, insieme alla produzione delle Jeep, avrebbero l'obiettivo di compensare la perdita della Panda, della Mito e della Punto.

Tuttavia con il prematuro allontanamento di Sergio Marchionne per motivi di salute, e la nomina del nuovo CEO Mike Manley, risulta incerto il ruolo che FCA ricoprirà in Italia nel futuro.

2.3.4 Il cambiamento della filiera automotive

Il settore automotive e la relativa filiera stanno attraversando un periodo di forti cambiamenti: Sono variati i volumi prodotti; è cambiato il rapporto tra il settore della componentistica ed il Gruppo FCA; sono cambiate le tipologie di lavorazioni targate Made in Italy e richieste dal mercato.

Storicamente l'Italia vanta un'elevata specializzazione nelle "lavorazioni intermedie" e può contare su di una filiera completa costituita sia da imprese italiane leader (tra le principali: Magneti Marelli, appartenente al gruppo FCA, Brembo, Adler, Pirelli, Fiamm) sia da multinazionali presenti sul territorio (su tutte Bosch, Skf, Denso, Michelin e Lear).

Il Gruppo Fiat è sempre stato uno dei principali clienti per il settore della componentistica italiana, quando nel 2014 è nato il gruppo FCA, la produzione negli stabilimenti italiani ha iniziato a modificarsi passando da una produzione di massa ad una di alta gamma. Questo cambiamento ha avuto forti ripercussioni su tutta la filiera obbligando i fornitori di componenti ad adattarsi rapidamente.

Un altro fattore che ha influenzato lo sviluppo e la trasformazione della filiera è la crisi economica: nel 2013 la produzione di auto in Italia ha raggiunto il minimo storico di 388mila unità mettendo a dura prova la sopravvivenza delle imprese italiane della componentistica.

Nel decennio 2007-2016 la produzione media di autovetture si è attestata sulle 892mila unità contro le 1,5 milioni prodotte mediamente nel decennio precedente.

Le imprese appartenenti ai settori: Carrozzerie, Componenti elettrici per autoveicoli e Parti e accessori sono riuscite ad adattarsi al nuovo contesto puntando sull'innovazione tecnologica, diversificandosi, aprendosi ai nuovi mercati e appoggiandosi sulle attività a maggiore valore aggiunto.

Nell'ultimo periodo i fornitori di componenti hanno diminuito costantemente la loro dipendenza dal gruppo FCA: secondo quanto riportato dall'Osservatorio sulla componentistica auto, nel 2016 Fiat Chrysler ha partecipato soltanto per il 37% al fatturato delle imprese fornitrici, dato in calo rispetto all'anno precedente e che rappresenta l'andamento costante degli ultimi anni.

Le imprese hanno invece aumentato il loro valore di esportazioni e hanno stretto nuove alleanze con partner stranieri.

La percentuale di fornitori che esportano la loro produzione è passata dal 71% (2013) al 76% (2016), un terzo di questi ha nelle vendite all'estero il driver della propria economia.

Come anticipato, si sono intensificati i rapporti con alcune case automobilistiche straniere: il gruppo Volkswagen, ad esempio, ha acquisito Italdesign e Ducati ed ha aumentato i volumi di produzione di Lamborghini nel Paese; il gruppo indiano Mahindra ha invece acquisito Pininfarina.

Una delle principali sfide per le imprese del settore appare quello di incrementare i rapporti commerciali con i mercati esteri, Usa e Asia su tutti, nonostante le problematiche legate ai dazi.

Oltre a queste esigenze commerciali, i fornitori si dovranno adattare alle nuove dinamiche evolutive che riguardano il concetto di auto: il car sharing, l'auto a guida autonoma, ma soprattutto i nuovi sistemi di propulsione green.

Quest'ultima, vista la specializzazione dei fornitori italiani nella produzione di motori a combustione, risulta essere la sfida più difficile ma necessaria per rimanere competitivi nel futuro.

3 Componentistica auto

Il settore della componentistica auto si colloca all'interno della filiera automotive; nella suddivisione della filiera precedentemente vista corrisponde alla voce "Lavorazioni intermedie" ed è costituito dall'insieme di attività che permettono la progettazione e realizzazione dei componenti che, una volta assemblati, andranno a costituire l'automobile.

In Italia, le imprese catalogabili in questo settore sono quelle classificate con il codice Ateco 29.2 "Fabbricazione di carrozzerie per autoveicoli, rimorchi e semirimorchi" ed il codice 29.3 "Fabbricazione di parti ed accessori per autoveicoli e loro motori" a cui si vanno ad aggiungere le aziende appartenenti ad altra classificazione merceologica, ma che contribuiscono in qualche parte alla progettazione e/o realizzazione di componenti per auto.

Al fine di comprendere meglio tale settore di seguito sono stati approfonditi i seguenti temi: una possibile classificazione delle imprese sulla base delle attività svolte e della loro posizione all'interno della catena di fornitura; i rapporti con gli OEM e i punti di forza delle aziende italiane; i principali trend che caratterizzano questo settore ed infine la portata economica complessiva dei fornitori di componenti.

3.1 I mestieri della componentistica

3.1.1 Descrizione dei mestieri della componentistica

Dagli inizi degli anni '80 ad oggi, a causa delle trasformazioni sociali ed economiche che hanno investito i Paesi industrializzati, il settore dell'auto ha visto crescere l'esigenza di ridurre i costi di struttura e aumentare la propria flessibilità così da poter rispondere ad una domanda di mercato sempre più diversificata e adattarsi ad uno sviluppo tecnologico sempre più rapido.

Queste necessità si sono tradotte in una riorganizzazione che ha portato ad una progressiva de-verticalizzazione della filiera rafforzando il ruolo dei fornitori all'interno di essa.

In particolare si è formata una struttura piramidale con logica gerarchica:

Tier I

In cima alla piramide ci sono i fornitori di I livello (anche definiti Tier I), questi si interfacciano direttamente con il produttore di autoveicoli con il quale instaurano solitamente una stretta collaborazione.

Le imprese appartenenti a questa categoria sono spesso grandi fornitori globali in grado di produrre sistemi complessi e sono solitamente collocati nei pressi degli stabilimenti di assemblaggio.

A causa della complessità dei prodotti realizzati, queste aziende hanno spesso una forte propensione all'innovazione e all'acquisizione di competenze nuove e specifiche, inoltre hanno la necessità di investire sulle nuove tecnologie per rimanere competitive nel tempo.

Data la loro posizione all'interno della catena di fornitura, spesso si trovano a coordinare gli altri fornitori e a funzionare da raccordo tra questi e gli OEM.

Tier II

Al secondo livello si collocano i cosiddetti Tier II, all'interno di questa categoria è possibile trovare quelle imprese che realizzano sottosistemi e componenti specifici per un'auto o una piattaforma, ma non venduti direttamente agli assemblatori finali.

La caratteristica di specificità può riguardare tanto il processo (ad esempio specialisti nello stampaggio o nella pressofusione) quanto la realizzazione e l'assemblaggio di un componente (ad esempio un sistema dei pedali o il piantone dello sterzo).

Tier III ed oltre

Le imprese collocate al terzo livello od oltre sono l'insieme di realtà che realizzano componenti standardizzati a basso valore aggiunto o che forniscono direttamente le materie prime.

Mentre solo i Tier I hanno un rapporto diretto con le Case Automobilistiche, tra i fornitori appartenenti ai diversi livelli si articola un complesso sistema di relazioni.

La complessità della struttura riflette quella nella realizzazione di un autoveicolo: un bene ad alto contenuto innovativo, ottenuto dall'aggregazione di sistemi e sub sistemi che complessivamente comprendono un numero di parti e componenti che supera le 10.000 unità. Gli ambiti tecnologici interessati nella produzione del prodotto finale risultano quindi molteplici; all'interno dell' "Osservatorio sulla componentistica automotive italiana 2017" è riportata una possibile classificazione in categorie di fornitori: gli integratori di sistemi e i fornitori di moduli, gli specialisti, i subfornitori, le attività di Engineering and Design.

Gli integratori di sistemi e i fornitori di moduli (SIST/MOD)

Vengono definiti come 'grandi fornitori', di solito organizzati in multinazionali, producono sistemi funzionali o moduli che necessitano di un elevato grado di competenza. Si collocano al vertice della piramide (Tier I) commercializzando i propri prodotti agli assemblatori finali o al secondo livello (Tier II) nel caso in cui vendano moduli ai fornitori Tier I. In generale hanno un ruolo di interfaccia tra la testa della filiera e i livelli inferiori della piramide di fornitura.

Gli specialisti (SPEC)

Sono produttori di parti e componenti caratterizzati da un elevato contenuto innovativo e da competenze specifiche necessarie per la loro realizzazione. È possibile suddividerli in ulteriori quattro categorie:

Gli specialisti puri, le parti e i componenti che realizzano sono destinati prevalentemente al primo impianto, ma all'occorrenza anche al mercato del ricambio (a seconda quindi possono essere considerati Tier I o II).

Gli specialisti Aftermarket, producono parti e componenti commercializzati direttamente sul mercato, talvolta possono avere contratti di fornitura anche con le Case automobilistiche attraverso le Divisioni Ricambi di queste. Inoltre talvolta le multinazionali della componentistica decidono di costituire specifiche società destinate all'aftermarket (ad esempio Valeo S.p.a e Robert Bosch S.p.a).

Gli specialisti Telematica, producono quell'insieme di dispositivi, sistemi e procedure che cercano di migliorare la mobilità attraverso la distribuzione di informazioni raccolte ed elaborate.

Gli specialisti Motorsport, progettano e producono componenti che, nati per essere adottati nel settore racing, vengono poi impiegati per le produzioni di serie.

I subfornitori (SUB)

Appartengono alla categoria di Tier III o successive realizzano parti e componenti standardizzati seguendo le specifiche fornite dal cliente. Rientrano, inoltre, in questa categoria tutte quelle imprese che si occupano di lavorazioni meccaniche: tornitura, fresatura, laminatura, stampaggio o altri trattamenti

Le attività di Engineering e Design (E&D)

Imprese che offrono servizi di ingegneria, di processo o di prodotto, ai fornitori di componenti o direttamente ai produttori di autoveicoli, possono essere quindi collocati in differenti livelli della piramide a seconda del target di clienti forniti.

La Figura 3.1 mostra una possibile classificazione delle varie attività svolte dai fornitori di componenti all'interno delle categorie appena descritte. La tabella è stata presa dall'annuale ricerca intitolata "Osservatorio sulla componentistica automotive italiana 2018"

Integratori di sistemi e modulist	Specialisti e subfornitori	E&D (engineering e design)
Moduli elettrici integrati	Attrezzatura e stampi	Studi di stile
Moduli in acciaio e alluminio	Stampaggio	Ingegneria e modellizzazione progettazione
Moduli in materie plastiche	Fonderia	Impianti, linee e processi
Moduli in vetro	Alimentazione/scarico	Motori (progettazione)
Sistemi di sicurezza attivi/passivi e controllo	Avviamento/accensione	Sviluppo piattaforme dedicate
Sistemi elettrici/elettronici	Carrozzeria/abitacolo (parti di)	Prototipazione
Sistemi fluidi/aria e comfort	Componenti elettrici ed elettronici	Produzione (autoveicoli, scocche, prototipi)
Sistemi trasmissione/guida/frenata	Illuminazione/segnalazione	Validazione prodotto (testing e calcolo)
Sistemi propulsivi/motore/powertrain	Componenti motore	Logistica
	Sterzo/sospensione/frenata	
	Componenti trasmissione (ad es. frizione)	
	Materie plastiche (diversi da moduli) e altri materiali	
	Servizi di assemblaggio	
	Servizi per la mobilità (sistemi satellitari, rilevamento veicoli, sistemi di trasporto intelligenti, sistemi telemati)	
	Trattamenti (verniciatura, galvanici, termici)	
	Lavorazioni meccaniche (tornitura, fresatura, laminatura a caldo e a freddo, stampaggio a caldo e a freddo)	

Fonte: Indagine Osservatorio sulla componentistica automotive italiana 2018

Figura 3.1 Le principali attività svolte dai vari mestieri della componentistica (8)

3.1.2 Portata economica dei vari mestieri della componentistica

Per avere una comprensione del diverso impatto economico delle varie categorie di fornitori si riportano di seguito i risultati offerti dalla ricerca "Osservatorio sulla componentistica automotive italiana 2018".

I dati esaminati fanno riferimento ad un universo complessivo costituito da 2.190 imprese; i risultati, rappresentati in Figura 3.2, mostrano il fatturato generato dai differenti mestieri negli anni 2016 e 2017 e le unità di dipendenti assunte per ciascuna categoria nei medesimi anni.

Imprese	2017	2016 (rettificato)	Var.% 2017/2016	2017	2016 (rettificato)	Var.% 2017/2016
	fatturato auto (mln Euro)	fatturato auto (mln Euro)	Fatturato auto	addetti auto	addetti auto	Addetti auto
Subfornitori	725	4.712	10,2%	25.237	24.841	1,6%
Subfornitori (lavorazioni)	265	1.255	10,9%	6.639	6.392	3,9%
Specialisti*	576	19.840	5,4%	58.472	57.453	1,8%
Specialisti (motorsport)	101	652	8,7%	2.877	2.741	5,0%
Specialisti (aftermarket)	283	2.363	5,9%	9.057	9.052	0,1%
Engineering & Design	146	998	3,1%	7.711	7.561	2,0%
Sistemisti/ modulisti	94	13.647	7,9%	46.470	46.341	0,3%
TOTALE	2.190	43.467	6,9%	156.463	154.381	1,3%

* specialisti puri e telematica
Fonte: Indagine Osservatorio sulla componentistica automotive italiana 2018

Figura 3.2 impatto economico dei vari mestieri di fornitura(8)

I risultati complessivi delle imprese fornitrici appaiono in crescita: nel 2017 il settore ha generato complessivamente un fatturato di circa 46,5 miliardi di Euro (+6,9% rispetto al 2016) dando lavoro a oltre 156mila dipendenti, con una leggera crescita del 1,3% rispetto all'anno precedente.

I fornitori appartenenti alla categoria Sistemi/modulisti, nonostante rappresentano meno del 5% delle imprese, hanno realizzato il 31,7% del fatturato complessivo impiegano una forza lavoro vicina al 30% del totale degli occupati. Questi risultati sono in linea con la caratteristica di essere solitamente grandi realtà che realizzano prodotti ad alto valore aggiunto.

Gli "specialisti puri e telematica" confermano il loro ruolo chiave nella componentistica italiana: 576 aziende che generano il 45% dei ricavi totali di vendita e contano più di 58mila unità assunte. All'interno della categoria specialisti, la sotto-categoria motor sport, sebbene con valori assoluti minori, registra una forte crescita conseguita negli ultimi due anni: +8,7% nei ricavi e +5% di occupati.

Ciò che emerge per la sotto-categoria dell'aftermarket è il confronto tra l'elevato numero di imprese (283) e il valore basso dei ricavi (2,5 miliardi di Euro) che lascia intendere un insieme di realtà di piccola dimensione.

I subfornitori, considerati congiuntamente, contano 990 imprese, pari al 45,2% dell'intero settore, ed impiegano una forza lavoro complessiva di 31.876 unità.

Il fatturato, rispetto alla numerosità delle aziende coinvolte, risulta modesto: 6,583 miliardi, ma è anche quello che fa registrare la crescita maggiore (+10,3%).

Chiudono l'analisi le 146 imprese appartenenti alla categoria Engineering & Design che, totalizzando poco più di un miliardo di fatturato, appaiono una realtà di dimensioni ridotte rispetto alle altre categorie.

3.1.3 Rapporti con gli OEM e punti di forza dei componentisti italiani

I nuovi trend del settore stanno accrescendo l'importanza dell'innovazione, dello sviluppo tecnologico e della complessità di alcuni sottosistemi che costituiscono l'auto. All'interno della filiera produttiva questa tendenza potrà portare ad una variazione dei rapporti di forza tra le case automobilistiche ed i grandi fornitori (Tier I) a vantaggio di questi ultimi, con il rischio che gli OEM perdano progressivamente il loro controllo sulla catena di fornitura.

Il settore della componentistica in Italia svolge un ruolo molto importante all'interno della filiera, tuttavia la Magneti Marelli (controllata dal gruppo FCA) è l'unica impresa italiana che figura tra le prime 100 imprese fornitrici di componenti al mondo; le principali nazioni rappresentate sono: il Giappone con 29 aziende, gli USA, 25 realtà, e la Germania con 21.

Questo risultato è dovuto al fatto che gran parte delle imprese italiane della componentistica appartengono alla categoria degli specialisti, classificandosi come fornitori Tier II.

L'essere fornitrici di tipo Tier II impedisce alle aziende italiane di poter acquisire un ruolo di coordinamento dell'intera filiera e di trarre vantaggio dall'interscambio di know how che si genera dal contatto diretto tra i Tier I e gli OEM.

Tuttavia gli specialisti hanno comunque caratteristiche rilevanti che consentono loro di ritagliarsi il loro spazio all'interno della filiera:

- Le attività svolte hanno un elevato grado di complessità, anche se inferiore rispetto a quelle dei Tier I, e si basano su un contenuto tecnologico che potenzialmente può generare un elevato grado di appropriabilità; è necessario però attuare appropriati investimenti in innovazione.
- I fornitori specializzati, rispetto ai Tier I, hanno un rapporto di minore dipendenza con le case automobilistiche e hanno quindi la possibilità di decidere dove collocare i propri stabilimenti produttivi in base alla loro convenienza. I Tier I, invece, a fronte dei benefici che ottengono dallo scambio di competenze con gli OEM, sono vincolati nel situare il proprio sito produttivo nelle vicinanze degli stabilimenti di assemblaggio per motivi di costi di trasporto e logiche di just in time.
- La possibilità di scegliere dove collocarsi non è un fattore trascurabile: permette alle aziende di rimanere nel territorio dove sono cresciute e avvalersi dei vantaggi derivanti dagli effetti di spillover caratteristici delle economie di agglomerazione. Affinché gli specialisti usufruiscano dei vantaggi derivanti dallo sviluppo dei distretti industriali sul territorio, è necessario che questo rimanga fortemente attrattivo e stimolante e che sia attivo un interscambio tra gli enti di ricerca e le aziende e/o tra le imprese stesse, così da accrescere e diversificare le competenze di ciascuna realtà.

Inoltre, al fine di rimanere competitivi, è fondamentale che il fenomeno dei distretti non si traduca in un isolamento territoriale: le aziende devono essere capaci di sfruttare le competenze acquisite per aprirsi ai nuovi mercati e proseguire quel processo di internazionalizzazione che i componentisti italiani hanno già iniziato.

3.2 I trend del settore

Nel capitolo relativo alla filiera automotive sono stati elencati i principali trend che caratterizzano il settore, questo paragrafo si propone di approfondire due di questi trend: l'industria 4.0 e lo sviluppo di nuovi sistemi powertrain, con particolare riferimento a come queste dinamiche evolutive potranno incidere sulle imprese della componentistica auto e come queste stanno rispondendo al cambiamento.

3.2.1 Industry 4.0

Quando si parla di industry 4.0, o di quarta rivoluzione industriale, ci si riferisce ad un nuovo modello di industria costituita da un complesso di tecnologie che, attraverso internet, risultano connesse e comunicanti tra loro. La caratteristica principale di questa innovazione è la trasversalità: non solo all'interno della singola azienda interessa tutte le funzioni aziendali e coinvolge sia prodotti che processi, ma crea un sistema informatico nel quale vengono connessi più attori appartenenti alla stessa catena del valore così da mettere in comunicazione tutte le differenti fasi.

Le tecnologie abilitanti per questo nuovo paradigma di sistema produttivo sono:

Internet of Things (dispositivi connessi ad internet), *Big Data and Analytics* (collezione e analisi di grandi quantità di dati per aumentare le performance di processi e prodotti), *Cloud* (spazio di archiviazione dati disponibile on demand in rete), *advanced manufacturing solutions* (robot che lavoreranno insieme agli operatori umani apprendendo da loro), *additive manufacturing* (tecnologia di produzione che si basa sull'aggiunta di materiale in maniera selettiva, ampiamente descritta nel primo capitolo), *augmented reality* (dispositivi in grado di incrementare la naturale percezione della realtà), *simulation* (simulazioni di processi reali al fine di analizzarli ed ottimizzarli), *cybersecurity* (tecnologie utili alla protezione da accessi esterni non autorizzati)

L'adozione di questo innovativo sistema produttivo dovrebbe generare diversi benefici per le aziende, tra questi, l'incremento di flessibilità dei processi e dei prodotti appare quello più rilevante. La nuova tecnologia si sposa con la necessità, sempre crescente, di rispondere alle differenti esigenze dei clienti (*mass customization*) nei tempi più rapidi possibili, senza che questo abbia effetti deleteri sulla qualità del prodotto offerto.

Le aziende italiane, attraverso gli investimenti in queste nuove tecnologie, hanno l'opportunità di rispondere alle nuove tendenze del mercato e riportare così la produzione ai livelli del passato.

Tuttavia, nonostante i potenziali benefici, la diffusione in Italia del modello industry 4.0 appare ancora ridotta, come mostra la ricerca svolta dal Ministero dello Sviluppo Economico tra il 2017 e il 2018.

Del totale delle imprese considerate appartenenti al settore dell'Industria in senso stretto soltanto l'8,4% adotta una o più tecnologie riconducibili al nuovo paradigma, mentre l'86,9% di chi non ne fa attualmente uso prevede di effettuare investimenti nel futuro; ovviamente, sono le grandi (47,1%) e medie imprese (35,5%) a trainarne la diffusione.

Restringendo l'analisi sull'adozione del modello industry 4.0 nel settore della componentistica auto, si riporteranno di seguito i risultati della ricerca contenuta all'interno dell'"Osservatorio sulla componentistica 2018" che fa riferimento ad un campione di 441 imprese.

I risultati appaiono migliori rispetto a quelli relativi all'intera Industria: il 48,5% dei rispondenti ha già introdotto almeno una tecnologia legata all'industry 4.0, solo il 14,3% ritiene che non investirà in questo nuovo modello, la quota restante ha in previsione investimenti in futuro.

Entrando all'interno delle singole categorie di fornitori, gli specialisti confermano di essere la categoria più attiva in Italia e anche quella con maggiore propensione all'innovazione: il 72% dei rispondenti ha intrapreso iniziative 4.0 e il 60% ha già effettuato investimenti in tal senso.

Il 55,2 % degli integratori di sistemi e fornitori di moduli ha attivato iniziative ma sono soltanto il 24% quelli che hanno già effettuato degli investimenti (la categoria con la percentuale più bassa)

Le altre tipologie di fornitori registrano percentuali che oscillano tra il 65% e il 42,3% relativamente all'aver già avviato iniziative di industry 4.0.

Raggiungere un modello di industria 4.0 è molto complesso, oltre ai necessari investimenti in specifiche tecnologie all'avanguardia, sono necessarie adeguate strutture di supporto e opportune competenze specifiche, fattori che risultano limitanti soprattutto per la diffusione tra le piccole e medie imprese.

Attualmente l'Italia manca di un'idonea infrastruttura di comunicazione in grado di sostenere uno scambio così massivo e continuo di dati. Inoltre, le piccole imprese sono tradizionalmente caratterizzate da una difficoltà nel reperire finanziamenti e da una limitata cultura manageriale.

Questi fattori di difficoltà sono affiancati da un colpevole ritardo sulle competenze necessarie:

L'Eurostat dichiara che il livello di competenze digitali italiano è decisamente inferiore rispetto alla media Europea.

Per affrontare la sfida sottoposta dal modello industry 4.0, le aziende italiane dovranno coniugare l'acquisizione di nuove tecnologie con lo sviluppo di nuove competenze in grado di padroneggiarle. Lo sforzo del Governo nel promuovere il nuovo paradigma industriale si è concretizzato con il Piano Calenda presentato a settembre del 2016. Il centro del Piano era proprio orientato verso queste due direttive: da una parte incentivi sugli investimenti in ambito 4.0 (ad esempio l'iperammortamento o il credito all'innovazione), dall'altra cercando di stimolare lo sviluppo di nuove competenze (ad esempio attraverso i Competence Center nazionali e i Digital Innovation Hub).

In questo difficile contesto, il settore automotive appare come una realtà più dinamica ed innovativa rispetto alla media nazionale, confermando il ruolo storicamente ricoperto di promotore delle innovazioni tecnologiche.

3.2.2 Nuovi sistemi di powertrain

La diffusione di autoveicoli che sfruttano sistemi di powertrain ecosostenibili è in continuo aumento. Come descritto nel capitolo precedente, la crescente sensibilità della società nei confronti della salvaguardia dell'ambiente e le politiche dei vari Governi stanno accentuando sempre di più questa tendenza.

Si definiscono Alternative Fuel Vehicles (AFV) quei veicoli che adottano sistemi di propulsione che non sono alimentati dai tradizionali carburanti fossili (benzina, diesel e metano tra i più utilizzati), esempi appartenenti a questa categoria sono le auto elettriche, le auto ibride e le auto ad idrogeno.

I dati complessivi delle immatricolazioni in Europa confermano questo trend: nel 2017 la crescita della produzione di AFV è stata del 44,2% rispetto al 2016, crescita doppia in confronto a quella avvenuta nell'anno precedente.

Trainano la crescita le auto elettriche (+48,8%) e le auto ibride (+50,1%) mentre più contenuto, ma comunque rilevante, è stato l'aumento di auto ibride plug-in (+33,1%).

Complessivamente in Europa nel 2017 si sono vendute più di 740.000 Alternative Fuel Vehicles. In Italia le auto ad alimentazione alternativa prodotte sono quasi totalmente auto ibride, ma la percentuale di crescita è ancora maggiore rispetto a quella Europea: +70% nel 2017.

Al fianco delle nuove tecnologie, i sistemi di propulsione dominanti, quelli alimentati a diesel, appaiono in crisi: nel 2017 in Europa le automobili alimentate a diesel sono state il 44,4% del totale, il valore più basso registrato dal 2003 ad oggi.

Questa riduzione della domanda è la conseguenza dell'incertezza del mercato sul futuro dei motori diesel alimentato, in parte, dalle dichiarazioni degli stessi OEM: Volvo, Toyota, Nissan, FCA e Subaru figurano tra le grandi case automobilistiche che hanno annunciato un distacco dai motori diesel in un futuro più o meno prossimo; viceversa alcuni leader mondiali della componentistica come Daimler e BMW hanno difeso il diesel in funzione delle migliori performance per quanto riguarda le emissioni di CO₂.

La crisi dei motori diesel, ed in generali dei sistemi a combustione interna, avrà necessariamente pesanti ripercussioni sulla filiera automotive italiana. Secondo un rapporto di ricerca prodotto dal CAMI (Center for Automotive and Mobility Innovation) quasi il 7% delle imprese appartenenti al settore della componentistica (circa 140 realtà) hanno come loro *core business* produzioni riferite unicamente ai sistemi a combustione interna, in gran parte motori diesel.

Questo dato dimostra come questo trend porterà forti cambiamenti all'interno del settore e le imprese dovranno necessariamente adattare la propria produzione e le proprie competenze per mantenere un certo livello di competitività.

In questo contesto i componentisti italiani appaiono ancora in forte ritardo rispetto allo sviluppo tecnologico. Una delle principali cause di tale ritardo è riconducibile alla forte dipendenza delle imprese dal gruppo FCA, gruppo automobilistico che non ha ancora intrapreso un reale piano di sviluppo nel campo dei motori elettrici, sebbene tale dipendenza tenda a decrescere.

In un settore come quello automobilistico è naturale che le strategie di prodotto finale adottate dal cliente finiscano per influenzare in maniera rilevante le scelte di innovazione tecnologica dei fornitori.

La già citata indagine contenuta nell' "Osservatorio sulla componentistica 2018" dimostra, in maniera preoccupante, come le imprese italiane della componentistica siano in ritardo rispetto ai nuovi paradigmi tecnologici del powertrain.

Meno del 19% dei rispondenti dichiara di aver fatto parte di progetti di sviluppo di sistemi di propulsione alternativa (elettrici o ibridi), dato praticamente costante rispetto all'anno precedente, e ben il 68,5% non ha partecipato ad alcun progetto di questo tipo.

Un altro dato emerso dalla ricerca è che quasi il 55% dei rispondenti ritiene che il nuovo trend tecnologico non avrà alcuna conseguenza sulla competitività nei prossimi cinque anni, il 27,7% reputa che l'impatto sarà positivo per la propria azienda e soltanto il 18,4% teme delle ripercussioni negative.

Quest'ultima percentuale, però, cresce quando si fa riferimento in maniera specifica all'impatto dovuto al motore elettrico ed arriva al 30% di rispondenti che prevede conseguenze negative sulla propria competitività.

I dati relativi alle immatricolazioni e alle produzioni di veicoli di tipo AFV forniscono una chiara rappresentazione di come i nuovi paradigmi tecnologici del powertrain hanno superato la fase iniziale del ciclo vita e sono ormai introdotti verso la fase di diffusione, spinti anche da fattori esterni: sociali e politici.

Non sarebbe la prima volta che un'innovazione tecnologica comporta un cambiamento nell'intera architettura di prodotto e conseguentemente nella relativa filiera produttiva, ma le imprese interessate hanno l'obbligo di adattarsi a questo cambiamento per rimanere competitive.

A fronte di questa imminente rivoluzione tecnologica, le imprese appartenenti al settore della componentistica italiana appaiono in leggero ritardo anche a causa delle strette relazioni commerciali con FCA.

Specialmente i fornitori la cui produzione è direttamente legata ai sistemi powertrain avranno la necessità di convertire le proprie competenze dai sistemi a combustione interna ai nuovi sistemi ad alimentazione alternativa, così da mantenere competitività non solo a livello nazionale, ma anche a livello globale.

3.3 I risultati economici della componentistica italiana

Le aziende italiane fornitrici di componenti si concentrano storicamente nel Nord Italia.

Piemonte e Lombardia contano una varietà di aziende tale da occupare ogni fase produttiva dalla progettazione alla realizzazione di sistemi e moduli pronti all'assemblaggio finale.

La cosiddetta 'Motor Valley', l'Emilia Romagna, è caratterizzata dalla presenza di imprese specializzate nel fornire veicoli di alta gamma, sono presenti qui Ferrari e Lamborghini, e soluzioni per il motor sport.

Le aziende del settore localizzate nel Sud Italia, invece, sono prevalentemente produttori di componenti a basso valore aggiunto e sono caratterizzate da una forte dipendenza dalle case automobilistiche, per questo i loro siti produttivi solitamente si trovano nei pressi degli stabilimenti di assemblaggio.

I risultati ottenuti nel 2017 mostrano un settore che è riuscito finalmente a tornare ai livelli precedenti alla crisi, realizzando però un duro processo di selezione: si sono rafforzate quelle imprese che già a fine secolo avevano iniziato un processo di internazionalizzazione e di fornitura a diversi clienti, viceversa le realtà che avevano puntato su un unico acquirente sono state costrette alla chiusura.

I dati di seguito riportati provengono dalla relazione "L'industria autoveicolistica italiana nel 2017" redatta dall'Associazione Nazionale Filiera Industriale Automobilistica (ANFIA).

Nel 2017 il fatturato realizzato complessivamente dalle imprese della componentistica automotive è stato di 46,5 miliardi di euro che, se paragonato ai 40 miliardi generati nell'anno precedente, si traduce in un aumento del 6,9%.

'La fabbricazione di parti e accessori per autoveicoli e loro motori' (Codice Ateco 29.3) ha registrato una crescita dei ricavi del 7,7%, soprattutto grazie alla componente interna, il fatturato generato dal settore 'fabbricazione di carrozzerie, rimorchi e semirimorchi' (Codice Ateco 29.2) è cresciuto invece del 10,6%.

Il Piemonte appare la regione che maggiormente ha partecipato a questo risultato: le 762 imprese presenti nel territorio (il 35% del totale) hanno generato 18,4 miliardi di euro (quasi il 40% dei ricavi complessivi) impiegando una forza lavoro che conta 58.570 addetti.

L'indice della produzione, indice ISTAT che valuta gli scostamenti temporali del volume di produzione, ha registrato una crescita dell'8,3% per le imprese appartenenti alla codifica 'fabbricazione di carrozzerie, rimorchi e semirimorchi' e solo dello 0,5% per 'La fabbricazione di parti e accessori per autoveicoli e loro motori'.

Per quanto riguarda invece gli ordinativi le imprese appartenenti alla classificazione con Codice Ateco 29.2 hanno riscontrato un aumento del 7%, quelle del Codice Ateco 29.3 hanno chiuso con un +9%.

Il settore della componentistica italiana da oltre vent'anni segna un saldo positivo sulla bilancia commerciale: nel 2017 il valore dell'export (che comprende anche gli scambi intra-aziendali) è stato di 21,2 miliardi di euro (in crescita del 6% rispetto all'anno precedente), le importazioni invece sono ammontate a 15,4 miliardi, anch'esse in aumento del 6%, il saldo complessivo risultante vale circa 5,7 miliardi di euro (+6% rispetto al 2016).

Il valore delle esportazioni verso i Paesi extra UE pesa per il 30% del totale (6,4 miliardi di euro) registrando un saldo positivo di 2,35 miliardi. La classifica dei primi 10 Paesi di destinazione è la seguente: Germania (19% dell'export totale), Francia (11%), Spagna (8%), Regno Unito (7%), Polonia (6%), Turchia (5,7%), Usa (4,9%), Brasile (2,6%), Repubblica Ceca (2,6%) e Austria (2,6%). Il comparto delle parti meccaniche (comprensivo di vetri e accessori) realizza il 65,8% dell'export totale, pari a 13,9 miliardi di euro, seguono i motori (19,2%) e chiude il podio il comparto pneumatici e articoli in gomma (5,9%).

Il peso dell'UE28 sul totale dell'import è del 74%, pari a 11,4 miliardi di euro; La classifica dei primi 10 Paesi da cui il nostro settore importa componenti è la seguente: Germania (25,7%), Francia (10,5%), Polonia (9,5%), Cina (7,2%), Spagna (5,4%), Repubblica Ceca (4,5%), USA (4%), Turchia (4%), Romania (2,4%) e Ungheria (2,4%).

Il comparto delle parti meccaniche vale quasi il 56% delle importazioni totali, seguono i motori (19,2%), i componenti elettrici (12,2%) e gli pneumatici (11,4%).

4 Indagine sull'utilizzo dell'additive manufacturing nel settore della componentistica

La ricerca effettuata è stata condotta con l'obiettivo di indagare circa l'adozione della tecnologia *additive manufacturing*, rientrante nel paradigma industry 4.0, da parte delle aziende italiane della componentistica auto e per valutare il possibile impatto economico derivante da un suo utilizzo.

Una volta determinato l'universo di riferimento oggetto di indagine, si è individuato un campione di imprese a cui sottoporre la compilazione di un questionario on-line.

Raccolte le risposte del questionario, sono stati analizzati i dati e successivamente sono state effettuate analisi statistiche per verificare la presenza di effetti economici derivanti dall'impiego della Fabbricazione Additiva.

4.1 L'universo di riferimento

All'interno del variegato contesto della componentistica auto, seguendo la classificazione merceologica ATECO 2007, si è scelto di analizzare le imprese appartenenti alla categoria 'Fabbricazione di altre parti ed accessori per autoveicoli e loro motori nca' (Codice Ateco 293209).

Questa categoria lascia fuori le aziende che hanno nel loro *core business* la realizzazione di componenti in gomma o pneumatici e di apparecchiature elettriche o elettroniche, la scelta è dovuta all'incompatibilità tra l'AM e la tipologia di prodotti da queste realizzati.

La categoria d'interesse 'Fabbricazione di altre parti ed accessori per autoveicoli e loro motori nca' comprende:

- "fabbricazione di parti ed accessori per autoveicoli: freni, cambi di velocità, assi, ruote, ammortizzatori di sospensione, radiatori, silenziatori, tubi di scappamento, catalizzatori, frizioni, volanti, piantoni e scatole dello sterzo, filtri per motori
- fabbricazione di parti ed accessori per carrozzerie di autoveicoli: cinture di sicurezza, airbag, portiere, paraurti" (fonte: "Classificazione delle attività economiche Ateco 2007", ISTAT)

Le imprese codificate con il codice 293209 contenute nel database AIDA risultano essere 1202, tuttavia, al fine di dare una rappresentazione più attuale e realistica, è stato necessario effettuare una pulizia nel database.

In particolare non sono state prese in considerazione le imprese aventi: ultimi dati di bilancio relativi all'anno 2012 o prima, stato "in liquidazione", ricavi registrati nulli; ulteriori aggiustamenti sono stati effettuati in seguito alla navigazione all'interno dei siti web di alcune aziende e in seguito alle indicazioni fornite dalle imprese stesse durante la fase di invio dei questionari.

Il risultato complessivo è un universo composto da 742 imprese.

4.1.1 Distribuzione geografica nel territorio

In questo paragrafo si approfondirà il tema della distribuzione geografica delle imprese appartenenti alla categoria oggetto di indagine.

Lo studio sulla localizzazione delle imprese è utile per comprendere se in questo settore si è sviluppato il fenomeno dei distretti industriali: un insieme di imprese specializzate in determinate attività produttive, collocate in uno stesso territorio e accomunate da una simile esperienza storica, sociale, economica e culturale.

In Italia, anticipando i risultati ottenuti dall'analisi, le concentrazioni principali si trovano nell'area settentrionale in regioni quali Piemonte, Lombardia ed Emilia-Romagna. Lo sviluppo di questo fenomeno è influenzato sicuramente anche dalle scelte delle grandi case automobilistiche, definite OEM, un esempio è riportato all'interno del "Osservatorio sulla componentistica automotive italiana 2017": nel 2016 i due gruppi Volkswagen (VW) e Fiat Chrysler Automobiles (FCA) hanno entrambi deciso di incrementare la loro presenza in Emilia-Romagna, il primo aumentando la produzione nello stabilimento Lamborghini, il secondo stanziando a Modena l'unità di R&S di Maserati. Azioni come queste mirano a trarre i benefici derivanti dalla fitta rete di competenze sviluppata tra le imprese fornitrici localizzate sul territorio e al tempo stesso causano un incremento di qualità e diversità nel territorio.



Figura 4.1 distribuzione geografica per sede legale (9)

Come mostra la Figura 4.1, il Piemonte, non sorprendentemente visto il ruolo storicamente giocato da FCA, risulta la regione con la più alta percentuale di imprese con il 25,1%, segue con il 22,5% la Lombardia, altro storico polo industriale nel settore, mentre all'ultimo gradino del podio si posiziona l'Emilia-Romagna (14,6%). Con il 11,2% il Veneto occupa la quarta posizione e va a completare un'area geografica settentrionale nella quale è stanziato il 73,3% delle imprese.

Dal punto di vista dei ricavi è interessante notare come Piemonte (49,3%) e Lombardia (26%) insieme realizzano il 75,3% del fatturato complessivo, mentre Emilia-Romagna e Veneto, in confronto al numero di imprese, registrano un valore più basso: rispettivamente 7% e 4%. Altre regioni con una percentuale di imprese superiore al 2% sono: Abruzzo (4,7%), Campania (4,4%), Lazio (4,3%), Puglia (3,5%) e Toscana (2,6%). Dall'analisi inoltre risulta che la distribuzione percentuale dei dipendenti tra le diverse regioni segue sostanzialmente quella dei ricavi, Piemonte e Lombardia insieme costituiscono il 69% del totale degli occupati.

I dati relativi alla regione Piemonte, quasi il 50% del fatturato complessivo del settore, non devono sorprendere, qui nel tempo si è sviluppato un distretto industriale che, nato grazie all'ex Fiat S.p.a, con sede a Torino, comprende oggi un insieme di imprese aventi una varietà e qualità di competenze tali da poter servire tutte le fasi di produzione ed in grado di attrarre partner commerciali internazionali, al punto che numerose risultano le acquisizioni delle imprese subalpine da parte di gruppi stranieri.

Raggruppando i dati nelle tre aree geografiche: Nord Italia, Centro Italia e Sud Italia si ottengono i dati rappresentati dal grafico in Figura 4.2. La grande maggioranza delle imprese del settore si concentra al Nord: 77%, la restante parte si divide tra Sud, 15%, e Centro, 8%. Ancora più netta appare la ripartizione delle quote di mercato, alle imprese del settentrione infatti è riconducibile un fatturato complessivo superiore ai 15 miliardi di euro corrispondente all'86% del complessivo; le aziende del Centro e del Mezzogiorno si spartiscono la piccola quota di mercato rimasta rispettivamente con il 6% e il 9%.

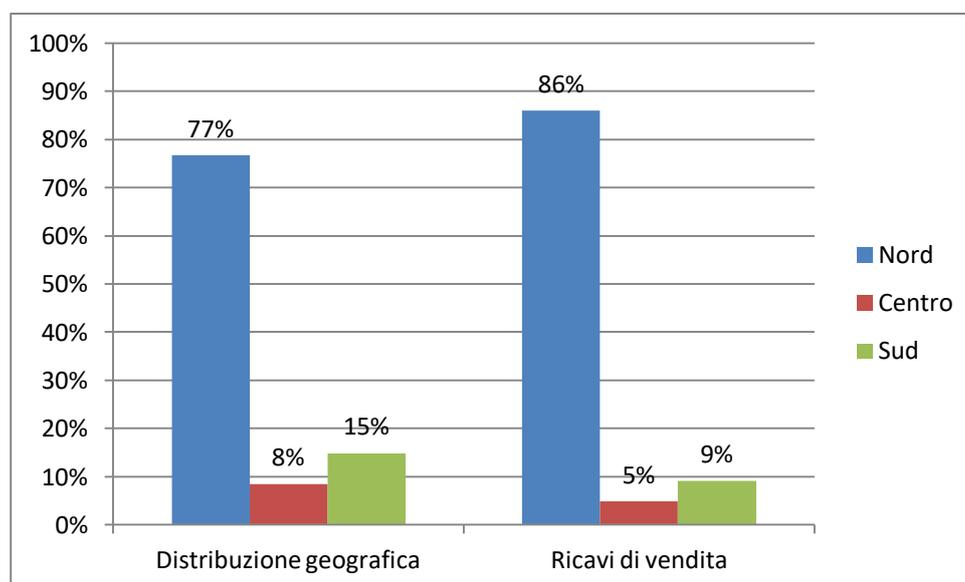


Figura 4.2 distribuzione delle imprese tra Nord, Centro e Sud Italia(10)

4.1.2 Risultati economici

L'analisi condotta fa riferimento, come già detto, alle 742 imprese appartenenti alla categoria "Fabbricazione di altre parti ed accessori per autoveicoli e loro motori nca" risultanti dalla pulizia del database ed i rispettivi dati economici utilizzati per l'analisi sono relativi all'ultimo bilancio disponibile, tutti compresi tra il 2013 e il 2017.

I ricavi complessivi del settore, considerando gli ultimi dati a bilancio disponibile, superano leggermente i 17,6 miliardi di euro, la Fiat Powertrain Technologies Industrial S.p.a, azienda

appartenete al gruppo FCA, risulta avere un ruolo centrale fatturando circa 3,2 miliardi di euro, quasi il 18,5% del totale.

Nel grafico in Figura 4.3 viene riportato l'andamento dei ricavi di vendita delle imprese considerate negli ultimi dieci anni, i valori sono espressi in migliaia di euro e sono influenzati dalla mancanza di dati per alcuni bilanci, questo giustifica la differenza tra il valore riferito al 2017 mostrato nel grafico e quello riportato in precedenza.

L'andamento complessivo di crescita appare piuttosto lineare, fa eccezione un picco in negativo registrato nel 2009 ed uno, meno accentuato, di crescita nel 2011.

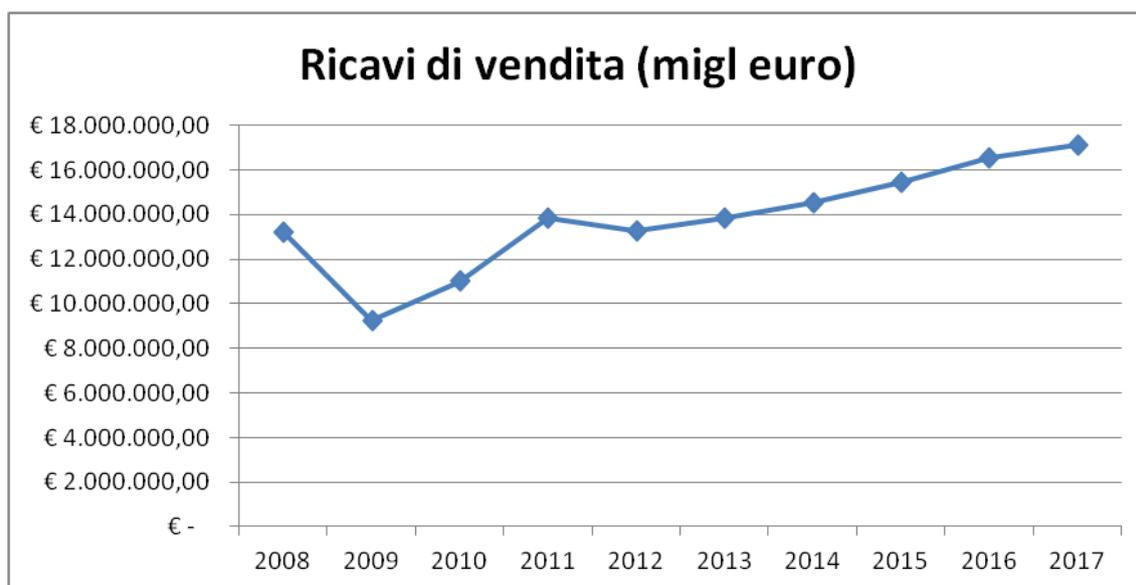


Figura 4.3 Andamento dei ricavi di vendita negli ultimi dieci anni (10)

Il settore risulta essere molto frammentato, infatti l'indice di *Herfindahl-Hirschman (HHI)* misura un valore di 446 lontano dal valore di 1500 che, secondo le "US Merger Guidelines", è considerato la soglia per ritenere un settore moderatamente concentrato.

Tra i diversi indicatori possibili che misurano la redditività del settore sono stati scelti: il ROI, redditività del capitale investito calcolato come rapporto tra Risultato operativo netto e Capitale Investito, ed il ROS, calcolato come rapporto tra Risultato operativo netto e Ricavi di Vendita. L'utilizzo di questi indici permette di valutare i risultati dell'area operativa escludendo i fattori a valle del conto economico (oneri e proventi finanziari, gestione straordinaria e componente fiscale).

Il ROI, *Return on Investment*, essendo il rapporto tra il risultato derivante dalla sola gestione caratteristica e la somma degli investimenti destinati a questa, è un indicatore che misura l'efficienza nell'utilizzo delle risorse al fine di creare utili mediante il suo core business; dall'analisi sulle aziende del settore emerge un valore pari a 6,52%, risultato uguale sia se calcolato con la mediana che con la media.

Il ROS, *Return On Sales*, indica la profittabilità operativa dell'azienda in relazione alle vendite effettuate, ovvero esprime in termini percentuali quanto profitto genera l'impresa per ogni euro di fatturato; nel settore oggetto di studio questo indicatore misura un valore medio pari a 4,02% e un valore mediano di 3,63%.

Le 742 imprese possono contare su una forza lavoro complessiva pari a 60.105 unità, queste si distribuiscono diversamente tra le aziende: la differenza tra il valore mediano, 15, e il valore medio, 81, evidenzia come un numero ridotto di grandi imprese contribuisce alla maggior parte degli occupati, mentre un ampio numero di piccole imprese mantengono un assetto familiare.

Il costo del lavoro per addetto medio si attesta a 34.925€ che è possibile confrontare con il valore aggiunto pro-capite che vale 54.902€, definendo un saldo positivo.

Per quanto riguarda la struttura del capitale, è stata analizzata sia la composizione del capitale investito sia il rapporto tra le fonti di finanziamento. Relativamente agli impieghi le immobilizzazioni nette, escluse quelle finanziarie, incidono sul totale dell'attivo per il 22,63% (valore mediano), mentre l'incidenza percentuale del capitale circolante operativo ammonta al 19,08% (valore mediano).

Il livello di indipendenza finanziaria, calcolato come il rapporto tra Posizione finanziaria netta (risorse finanziarie apportate da terzi a titolo di debito al netto delle disponibilità liquide) e Patrimonio netto (risorse finanziarie apportate dagli azionisti), misura quanto il capitale investito nell'attività operativa d'impresa sia finanziato con capitale a pieno rischio degli azionisti piuttosto che con capitale di debito. Mediamente tra le aziende del settore si registra una tendenza nell'utilizzare maggiormente il capitale proprio: il valore medio è pari a 0,31 e non si riscontrano particolari differenze tra le aziende più grandi e quelle più piccole, per le prime 100 imprese in termini di fatturato il valore medio si attesta a 0,36; generalmente si considera che un valore non troppo superiore ad 1 corrisponda ad un livello di equilibrio.

A fronte di un ampio utilizzo di questa fonte di finanziamento, il ROE, misura della redditività del capitale proprio, registra valori positivi: una mediana del 8,72% e una media del 10,85%.

Questi dati, anche se risultanti dall'aggregazione di realtà molto diverse tra loro, permettono di avere una visione complessiva sui risultati economici e sui valori di bilancio tipici del settore.

4.1.3 I leader del mercato

Al fine di avere una comprensione più dettagliata delle imprese oggetto di indagine, è stata effettuata una ricerca per comprendere come i principali leader del settore si distribuiscono nella realizzazione delle diverse tipologie di componenti.

Per individuare la tipologia di offerta proposta da ciascuna azienda è stato fatto ricorso a due principali strumenti: la consultazione dei siti web delle imprese e la banca dati on-line Kompass.

Spesso le aziende del settore offrono un'ampia gamma di prodotti, tuttavia ciascuna impresa è stata classificata in un'unica categoria merceologica. L'attribuzione è stata effettuata cercando di individuare quale fosse il prodotto *core* dell'azienda sulla base delle informazioni trovate.

L'analisi è stata condotta su un campione formato dalle prime 100 imprese in ordine di fatturato, il mercato così ricoperto vale un giro d'affari complessivo di € 14.683.588 corrispondente a circa l'83,4% di ricavi totali di vendita generati dal settore.

Terminata la raccolta di informazioni circa i prodotti offerti dalle imprese del campione, è stata effettuata una classificazione delle realtà secondo una logica di tipo funzionale, sono così risultate sei categorie differenti: 'Sistemi di propulsione e loro componenti' (comprende anche i sistemi di raffreddamento del motore), 'Parti per sistema frenante', 'Parti per organi di trasmissione', 'Parti per organi di sterzo, di sospensione e cerchi' (la categoria ha raggruppato i componenti che costituiscono complessivamente l'assetto della vettura, ad esclusione del sistema frenante che, dato l'elevato numero dei fornitori, è stata considerata come una categoria a parte), 'Altri componenti per autoveicoli' (comprende tutti quei componenti ausiliari non classificabili nelle categorie precedenti quali: serbatoi, componenti elettrici, cavi, sistema di scarico, filtri, bulloneria e altri), 'Parti ed accessori per carrozzeria' (carrozzeria, sedili, maniglie, cerniere, volanti, airbag, tappetini, poggiatesta e simili).

Come rappresentato in Figura 4.4, le imprese analizzate si distribuiscono in maniera abbastanza omogenea tra le differenti categorie individuate: la categoria maggiormente rappresentata, con 30 imprese, è quella che realizza Parti ed accessori per carrozzerie', seguono nell'ordine: i produttori di 'Sistemi di propulsione e loro componenti' con 21 realtà, 'Altri componenti per autoveicoli' con 18, "Parti per organi di trasmissione" a quota 12, "Parti per sistema frenante" a quota 10 e infine "Parti per organi di sterzo e di sospensione e cerchi" a cui appartengono 9 imprese.

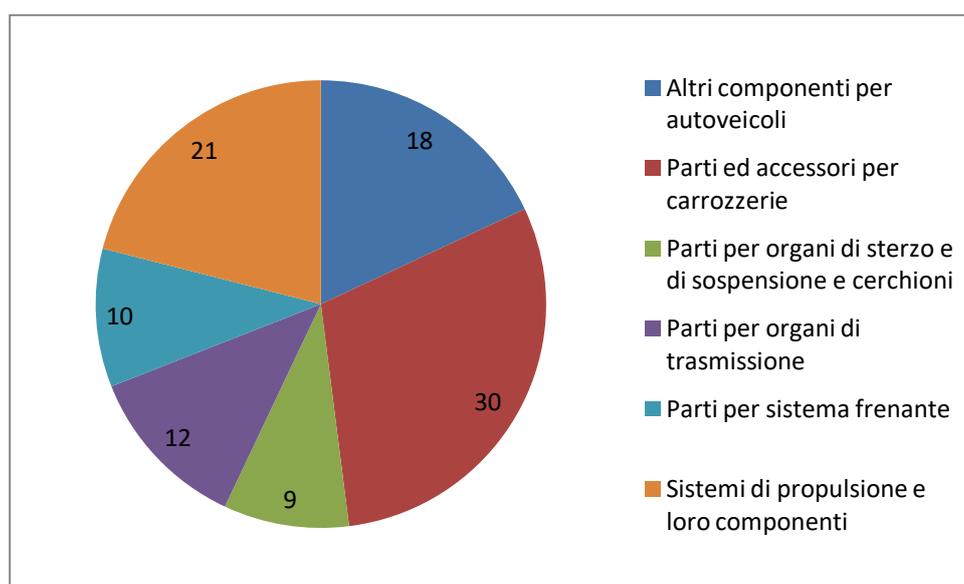


Figura 4.4 distribuzione delle prime 100 imprese per categoria di prodotto(10)

La distribuzione dei ricavi di vendita tra le sei categorie individuate, osservabile in Figura 4.5, risulta meno omogenea rispetto a quella osservata in precedenza.

I produttori di 'Sistemi di propulsione e loro componenti', con un fatturato totale di oltre 5,6 miliardi, realizzano il 38% dei ricavi totali di vendita delle 100 imprese prese a campione.

Nettamente distaccata segue la categoria 'Parti ed accessori per carrozzerie' che, nonostante la maggiore rappresentanza di imprese, costituisce il 20% (2,906 miliardi di euro), l'ultimo gradino del podio è occupato, praticamente a pari merito con il 13%, dai fornitori di 'Altri componenti per autoveicoli' e di 'Parti per sistema frenante'.

Questa ultima risulta essere la seconda classificata se si considera il valore medio dei ricavi generati dalle imprese (188,3 milioni di euro) superata soltanto dai fornitori di motori che registrano una media di oltre 268 milioni.

Le restanti quote di mercato appartengono ai produttori di: 'Parti per organi di trasmissione' (1,425 miliardi pari al 10%), 'Parti per organi di sterzo, di sospensione e cerchioni' (908,9 milioni e 6% del totale).

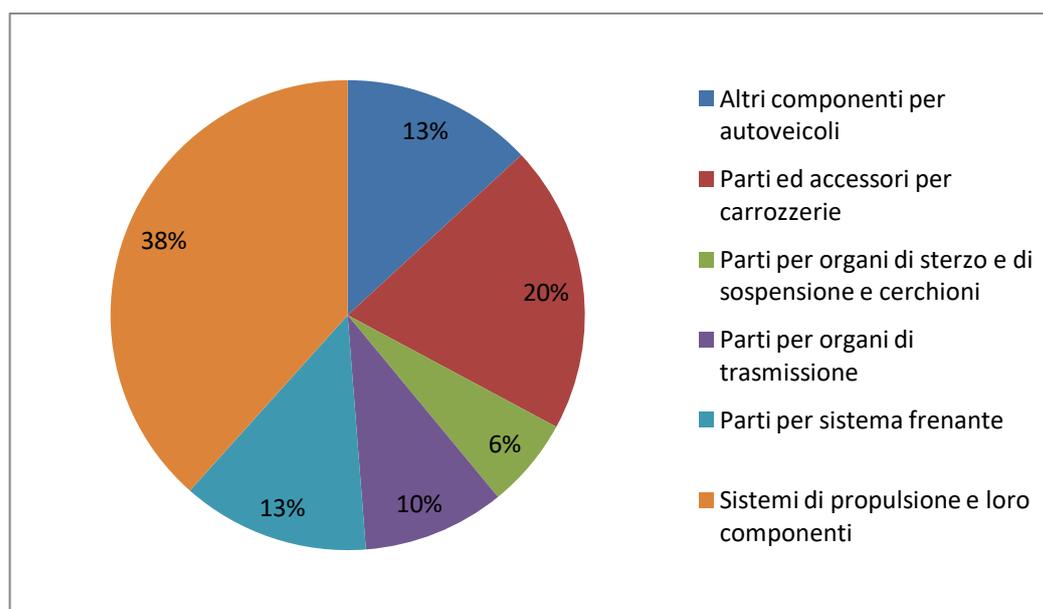


Figura 4.5 distribuzione dei ricavi di vendita tra le varie categorie di prodotto(10)

Analisi dei leader all'interno delle specifiche categorie di prodotto

L'analisi prosegue andando ad indagare come le imprese si suddividono le quote di mercato all'interno di ciascuna categoria di appartenenza. Il dato interessante che emerge è che in ogni categoria delle sei individuate sembra esserci un'azienda che detiene, più o meno nettamente, la leadership di mercato.

Tra i produttori di 'Sistemi di propulsione e loro componenti' figura la Fiat Powertrain Technologies Industrial S.p.a, impresa appartenente al gruppo FCA, che non solo risulta il leader indiscusso della sua categoria, ma anche dell'intero settore della componentistica.

Questa realtà, con un fatturato di € 3.267.494, possiede il 58% di quota di mercato nella sua categoria e quasi il 18,2% di tutte le 742 imprese considerate.

Nettamente staccate troviamo, più o meno a pari merito, la IHI Charging Systems International S.p.a, la Tecnologie Diesel S.p.a e la Valeo S.p.a, ognuna con circa il 5% dei ricavi totali. Le altre imprese si spartiscono le quote restanti tutte al di sotto del 4%.

La Figura 4.6 mostra la distribuzione percentuale tra le varie imprese.

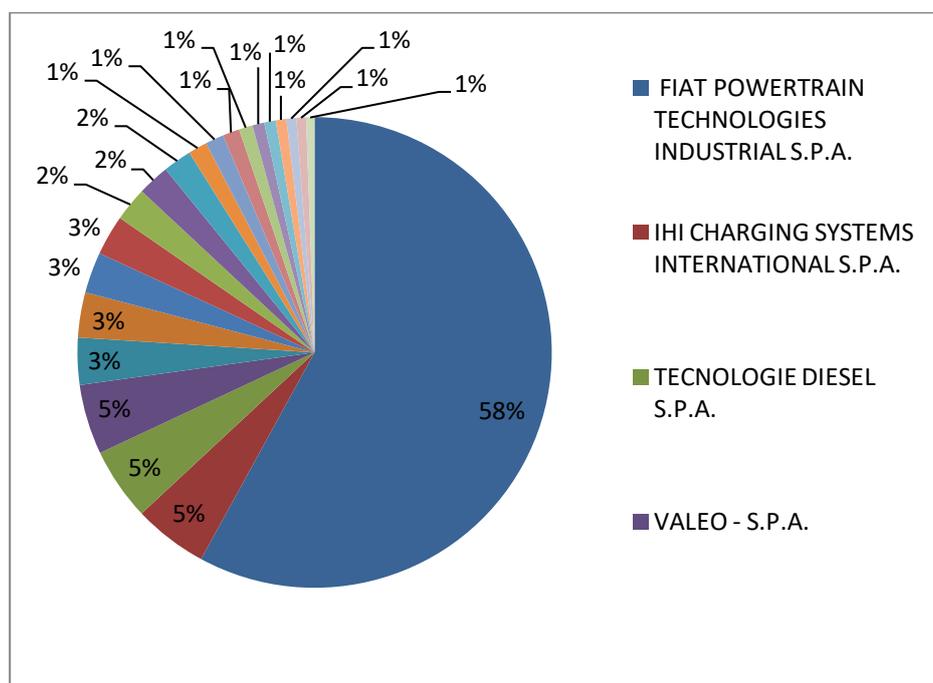


Figura 4.6 Distribuzione percentuale dei ricavi dei produttori di 'Sistemi di propulsione e loro componenti'(10)

All'interno della categoria 'Parti ed accessori per carrozzerie' il leader di mercato risulta essere la Lear Corporation Italia S.r.l con un fatturato di oltre 652 milioni pari al 22% del totale, tale risultato le vale anche il terzo posto nella classifica del settore. Il podio prosegue con la TRW Automotive Italia S.r.l., che ha totalizzato ricavi per 264 milioni (9% del mercato), e con la Plastic Components and Modules Automotive S.p.a (oltre 170 milioni di fatturato che valgono una quota dell'6%).

Come rappresentato dal grafico a torta in Figura 4.7, il mercato rimanente appare molto frammentato con 27 imprese che si dividono il 63% dei ricavi generati.

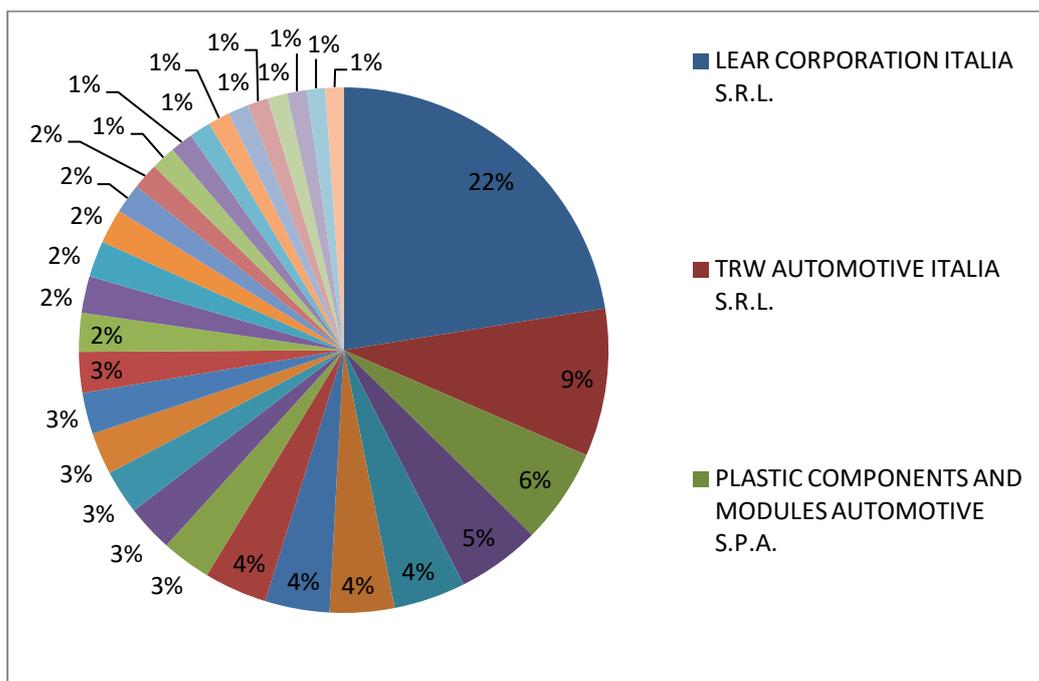


Figura 4.7 Distribuzione percentuale dei ricavi dei produttori di 'Parti ed accessori per carrozzerie'(10)

La società Automotive Lighting Italia S.p.a (appartenente al gruppo Magneti Marelli) risulta come il leader tra i fornitori di “Altri componenti per autoveicoli”: il suo fatturato, che supera i 500 milioni di euro, vale il 26% dei ricavi complessivi. Ci sono altre tre società che riescono ad ottenere una quota di mercato superiore al 5% e, riportate in ordine di classifica, sono: UFI filters S.p.a (quasi 200 milioni di ricavi pari a circa il 10% di quota), Aptive Services Italia S.r.l (191 milioni e quota del 10%) e Faurecia Emissions Control Technologies Italy S.r.l (ricavi per 161 milioni par al 9% del mercato). La distribuzione delle quote di mercato tra tutte le imprese della categoria è rappresentata in Figura 4.8.

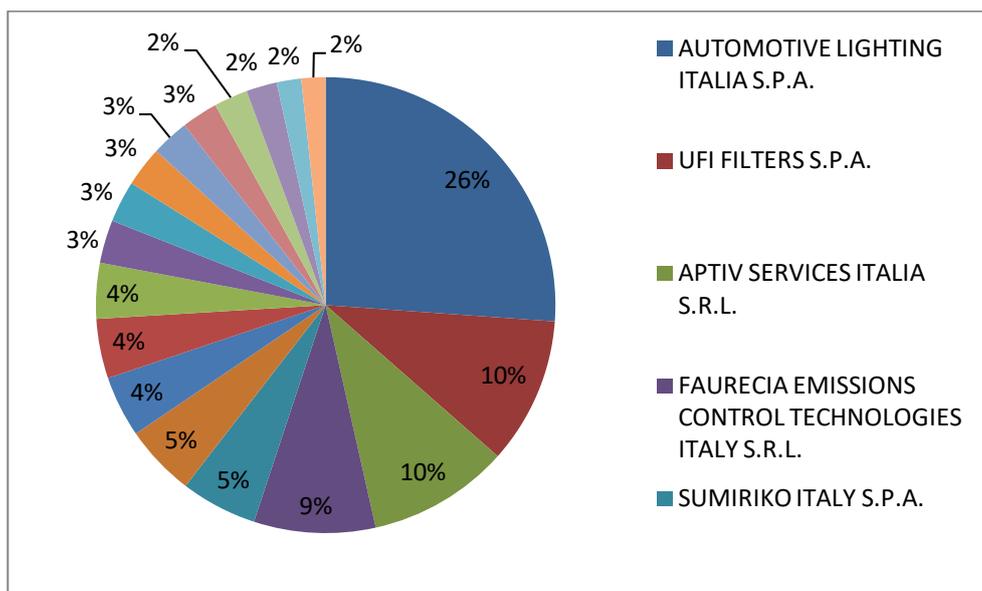


Figura 4.8 Distribuzione percentuale dei ricavi dei produttori di 'Altri componenti per autoveicoli'(10)

Il grafico in Figura 4.9 rappresenta la divisione delle quote di mercato all'interno della categoria 'Parti per sistema frenante': il leader indiscusso risulta la società Freni Brembo S.p.a che raggiunge una quota di mercato del 48% grazie ad un fatturato di 900 milioni di euro, valore che le vale anche il secondo posto tra le 742 imprese.

La ITT Italia S.r.l si posiziona al secondo posto totalizzando comunque una quota rilevante: 24% con un fatturato di oltre 460 milioni di euro. Con oltre 135 milioni la Lpr S.r.l guadagna il 7% di quota, mentre il restante 21% è diviso tra le 7 imprese rimanenti.

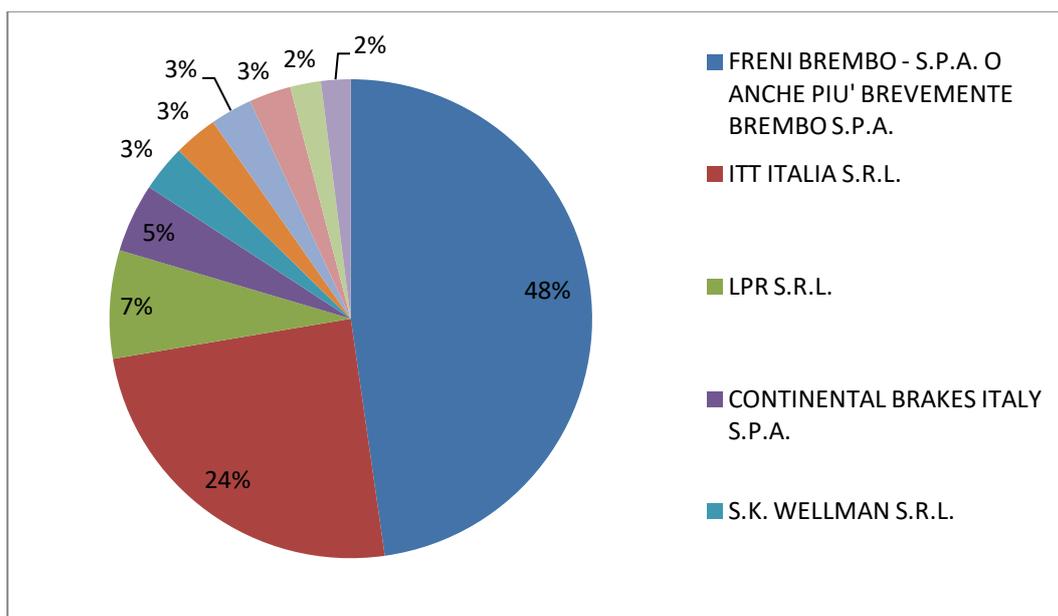


Figura 4.9 Distribuzione percentuale dei ricavi dei produttori di 'Parti per sistema frenante'(10)

Tra quelle analizzate, la categoria 'Parti per organi di trasmissione' appare come quella più equilibrata rispetto alla suddivisione delle quote di mercato tra le imprese.

L'impresa con la maggiore quota (28%) è la Getrag S.p.a che totalizza un fatturato di oltre 400 milioni, il secondo posto, comunque con un notevole distacco, è occupato dalla Meritor Heavy Vehicle Systems Cameri S.p.a che, con quasi 190 milioni, raggiunge il 13% del totale.

Seguono altre tre imprese che riescono a totalizzare un valore dei ricavi superiore ai 100 milioni: GKN Driveline Firenze S.p.a(11%), Euroricambi S.p.a (9%), Borgwarner Morse Systems Italy S.r.l (9%). I dati sono rappresentati in Figura 4.10.

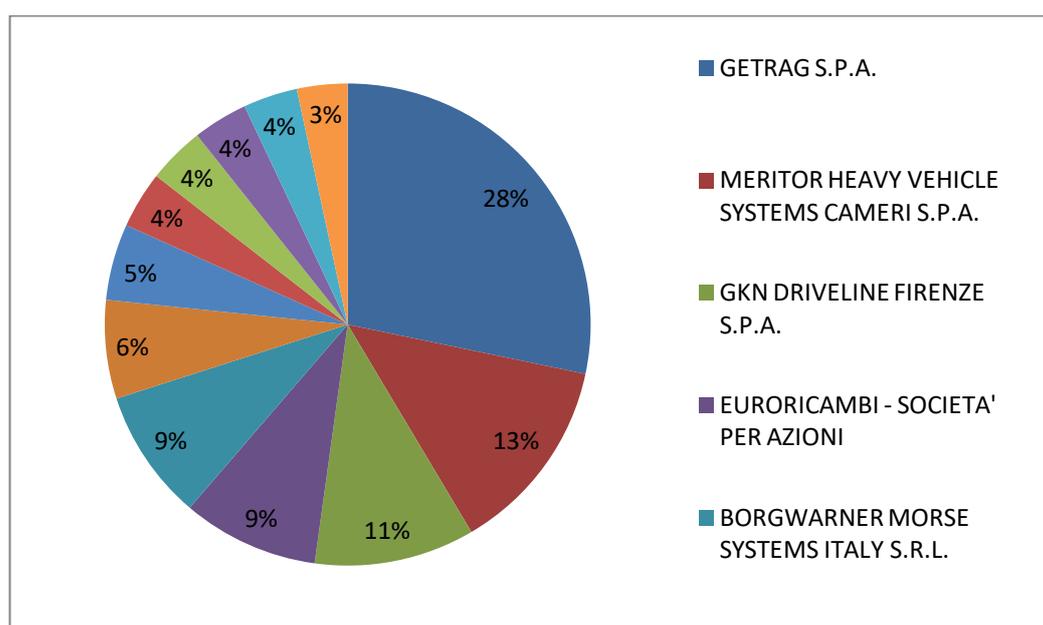


Figura 4.10 Distribuzione percentuale dei ricavi dei produttori di 'parti per organi di trasmissione'(10)

L'ultima categoria oggetto di analisi è quella costituita dai produttori di componenti che costituiscono l'assetto dell'autoveicolo 'Parti per organi di sterzo, di sospensione e cerchioni', la Sistemi Sospensioni S.p.a, anch'essa appartenente al gruppo Magneti Marelli, detiene ben il 51% del mercato totale con un fatturato di 462 milioni di euro.

Un altro grande player di questa categoria è la Streparava S.p.a che con oltre 150 milioni di ricavi ottiene una quota pari al 17%.

Le restanti sette imprese si dividono in maniera piuttosto equa il restante mercato, come è possibile osservare in Figura 4.11.

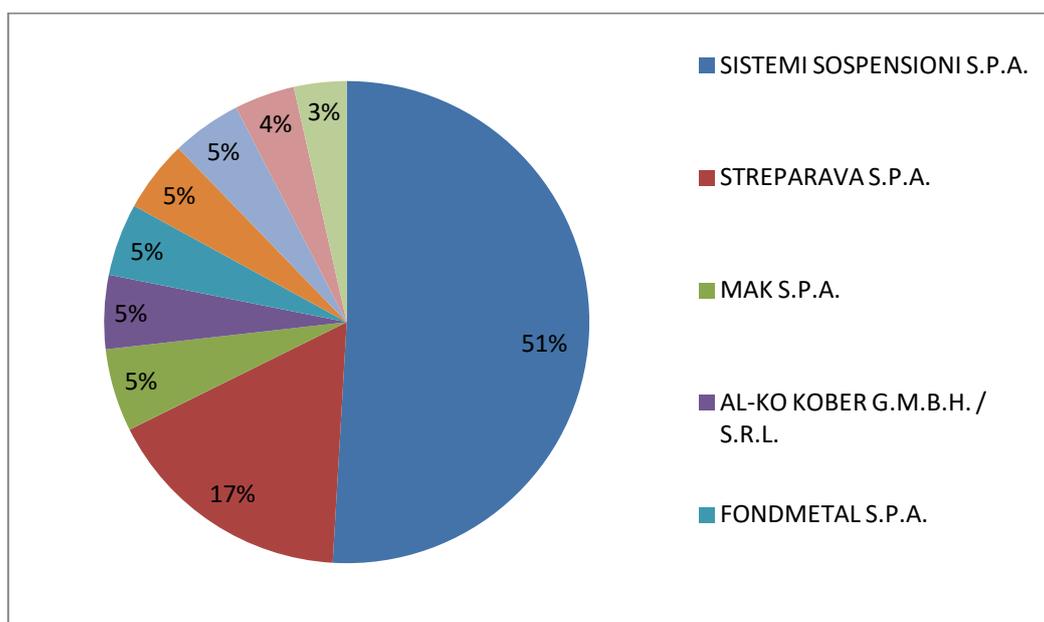


Figura 4.11 Distribuzione percentuale dei ricavi dei produttori di 'Parti per organi di sterzo, di sospensione e cerchi'(10)

A conclusione di questa analisi è possibile osservare come all'interno dell'universo di riferimento delle 742 imprese un ruolo preponderante è ricoperto dalla Fiat Powertrain Technologies Industrial S.p.a produttrice di sistemi di propulsione.

Un altro risultato emerso dall'indagine è che, seguendo la classificazione sopra descritta, le imprese di più grande dimensioni sono ben distribuite rispetto alla tipologia di prodotto offerto; a testimonianza di questo dato si osservi la Tabella 4.1 che riporta le prime 10 imprese per fatturato, risulta all'occhio come tra le prime 7 imprese risultano rappresentate tutte e 6 le categorie individuate.

Tabella 4.1 Prime 10 imprese per fatturato(10)

Ragione sociale	Categoria	Ricavi di vendita (migliaia di euro)
Fiat Powertrain Technologies Industrial S.p.a	Sistemi di propulsione e loro componenti	3.267.494
Freni Brembo S.p.a	Parti per sistema frenante	899.125
Lear Corporation S.r.l	Parti ed accessori per carrozzerie	652.531
Automotive Lighting Italia S.p.a	Altri componenti per autoveicoli	502.125
Sistemi Sospensioni S.p.a	Parti per organi di sterzo e di sospensione e cerchi	462.838
ITT Italia S.r.l	Parti per sistema frenante	462.667
Getrag S.p.a	Parti per organi di trasmissione	403.120
IHI Charging Systems International S.p.a	Sistemi di propulsione e loro componenti	285.490
Tecnologie Diesel S.p.a	Sistemi di propulsione e loro componenti	280.732
Valeo s.p.a	Sistemi di propulsione e loro componenti	271.008

4.2 Il questionario e l'analisi delle risposte

4.2.1 Preparazione e somministrazione del questionario

L'indagine è proseguita attraverso la somministrazione di un questionario on-line, mostrato nell'appendice A, ad un campione di imprese con l'obiettivo di approfondire il tema dell'utilizzo dell'Additive Manufacturing.

Il questionario è stato strutturato in questa maniera: una prima sezione nella quale sono state richieste informazioni anagrafiche e descrittive per inquadrare l'impresa e una seconda sezione dedicata all'utilizzo della Fabbricazione Additiva, quest'ultima si differenziava a seconda che il rispondente dichiarasse o meno di aver effettuato investimenti in tecnologie additive.

Per la somministrazione del questionario sono state selezionate le prime 151 imprese (in ordine di fatturato) tra le 752 di riferimento, i dati utilizzati sono sempre riferiti a quelli disponibili nel database AIDA.

Per prima cosa è stato creato un database che potesse supportare la fase successiva di somministrazione ed è stato necessario ricercare i recapiti telefonici delle imprese del campione attraverso i singoli siti web.

Successivamente, insieme ai relatori, è stato definito un protocollo che potesse guidare la fase di somministrazione al fine di renderla più strutturata e maggiormente efficiente, data anche la difficoltà nell'ottenere risposte da un settore come quello considerato.

La fase di preparazione si è conclusa con la realizzazione delle lettere di presentazione del progetto, firmate dal relatore, da allegare con la richiesta di compilazione del questionario.

Uno step decisivo per l'indagine è stato quello di chiamare telefonicamente le imprese e cercare di convincere gli operatori a lasciare i riferimenti a cui inviare il questionario.

Durante questa fase ci si è scontrati con l'impossibilità di entrare in contatto con alcune realtà, con il rifiuto da parte di alcune di ricevere il questionario ed altri impedimenti specifici. Il risultato del contatto telefonico è abbastanza variegato:

Le imprese con cui è stato possibile entrare in contatto sono 144, ne rimangono escluse 7 realtà, tra queste: 12 imprese non sono state considerate per l'indagine in base a quanto da loro dichiarato, principalmente o perché in fase di ristrutturazione/cessazione dell'attività o perché non hanno più nella componentistica auto il loro settore di riferimento; 20 imprese si sono rifiutate di partecipare all'indagine a causa della politica aziendale, 5 imprese hanno dichiarato di non saper rispondere e di spostare la richiesta all'impresa capogruppo (quest'ultima già facente parte del campione considerato).

Al netto di quanto descritto, 107 risultano essere le imprese di cui si sono ottenuti i riferimenti per l'invio dell'email contenente il questionario e la lettera di presentazione.

Questo processo ha permesso di ottenere un ottimo risultato: 55 risposte, ovvero il 51,4% rispetto alle imprese a cui è stato inviato il questionario, il 41,67% considerando le 25 imprese che hanno rifiutato di partecipare o per politica aziendale o perché non in grado di rispondere.

Nella valutazione della percentuale di risposta non sono state considerate le imprese che non sono più attive nel settore della componentistica auto o che stanno per uscirne.

4.2.2 L'analisi delle risposte

Il questionario si apriva chiedendo al rispondente di inserire la propria e-mail, questa è stata l'unica domanda imposta come obbligatoria in quanto necessaria per ricondurre la risposta all'impresa di provenienza.

Successivamente la seconda domanda indagava sull'appartenenza ad un gruppo di imprese, ovvero un insieme di più imprese controllate, direttamente o indirettamente, dalle medesime persone fisiche o dalla medesima impresa; come mostrato in Figura 4.12, 35 rispondenti, pari al 64%, hanno dichiarato di farne parte. Questo dato non è sorprendente visto che storicamente il settore della componentistica auto è solito strutturarsi con grandi gruppi all'interno dei quali le singole imprese si occupano di eseguire specifiche attività.

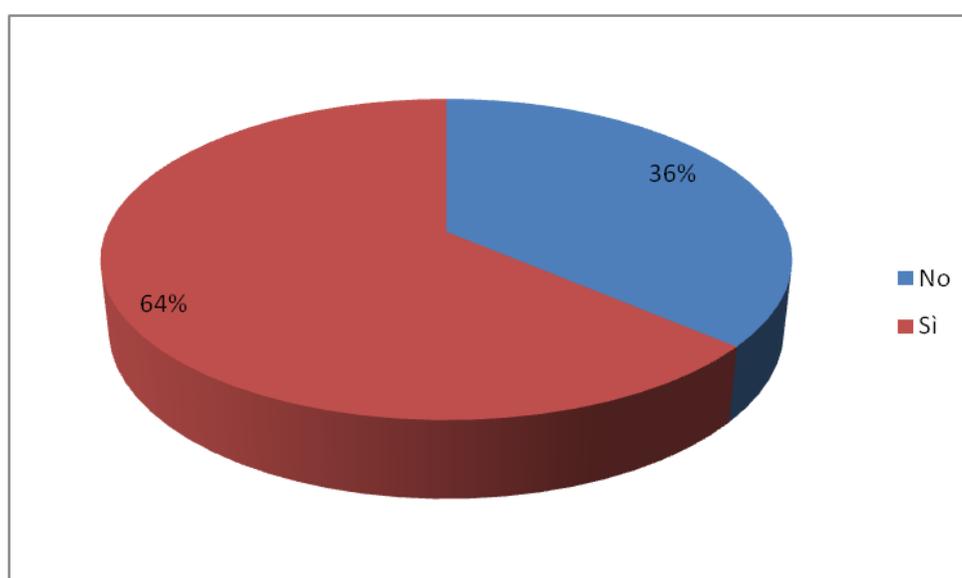


Figura 4.12 Domanda 2: L'impresa fa parte di un gruppo di imprese? (11)

Alle 35 imprese che hanno risposto di far parte ad un gruppo è stato richiesto se la proprietà di questo fosse italiana, il risultato ottenuto è una quasi perfetta parità: 18 risposte per il sì e 17 per il no. (risultato riportato in Figura 4.13)

L'importante presenza di gruppi stranieri è una conseguenza dello sviluppo di competenze specifiche e distretti industriali all'interno del Paese che rendono questo ultimo attrattivo nei confronti delle imprese multinazionali.



Figura 4.13 Domanda 7: L'impresa fa parte di un gruppo la cui proprietà non è italiana? (11)

La seconda domanda invece richiedeva se l'impresa fosse a conduzione familiare o meno. Come raffigurato in Figura 4.14, soltanto 18 imprese su 55 (33%) si definiscono a conduzione familiare, le restanti 37 invece no.

Questo risultato appare coerente con l'esito della risposta precedente e denota la caratteristica di medio-grande impresa: su 35 imprese che hanno dichiarato di appartenere ad un gruppo di imprese ben 28 non risulta a conduzione familiare.

Questi dati appaiono linea con quanto atteso considerando che il questionario è stato sottoposto alle prime imprese in ordine di fatturato.

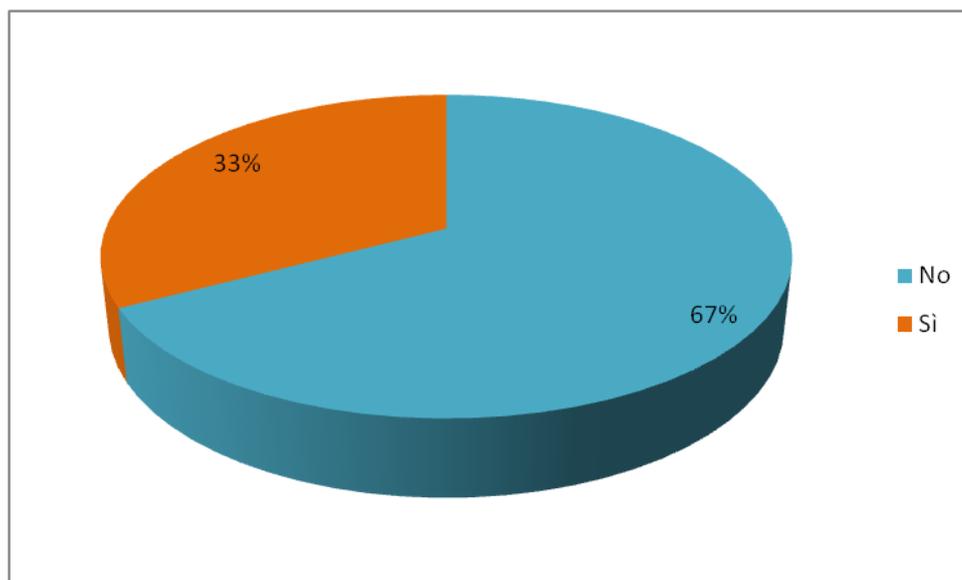


Figura 4.14 Domanda 3: È un'impresa a conduzione familiare? (11)

La terza domanda indagava invece sulla localizzazione della produzione delle imprese all'interno dell'Italia o nel resto del mondo, le risposte, illustrate in Figura 4.15, mostrano una distribuzione variegata con una prevalenza per l'Italia e nello specifico per le regioni settentrionali.

43 imprese su 55, pari al 78,18%, collocano in Italia la sede principale della loro produzione, più nello specifico ben 35 nel Nord Italia, 5 nel Centro Italia e soltanto 3 nel Sud Italia.

Tra le restanti 12 rispondenti, 6 aziende hanno la loro produzione situata principalmente in Europa (11,1%) e 6 dichiarano una presenza globale.

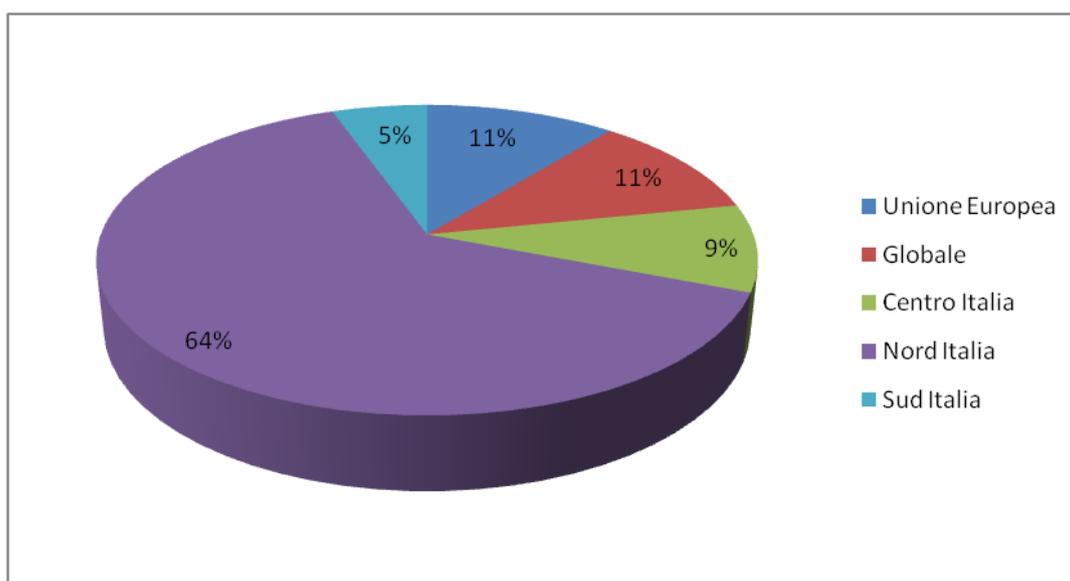


Figura 4.15 Domanda 4: Dove è allocata principalmente la sua produzione? (11)

La quinta domanda del questionario era nuovamente relativa al sito produttivo e nello specifico chiedeva se l'impresa fosse organizzata su un unico sito o su molteplici.

Come mostra la Figura 4.16 anche la strategia produttiva sottolinea le dimensioni medio-grandi delle imprese considerate: 35 aziende, pari al 64%, hanno dichiarato di adottare più di un sito produttivo contro le 20 (36%) che ne adottano soltanto uno.

Nel confronto con la domanda precedente emerge come tutte le imprese che avevano dichiarato una presenza a livello mondiale impiega molteplici stabilimenti produttivi.

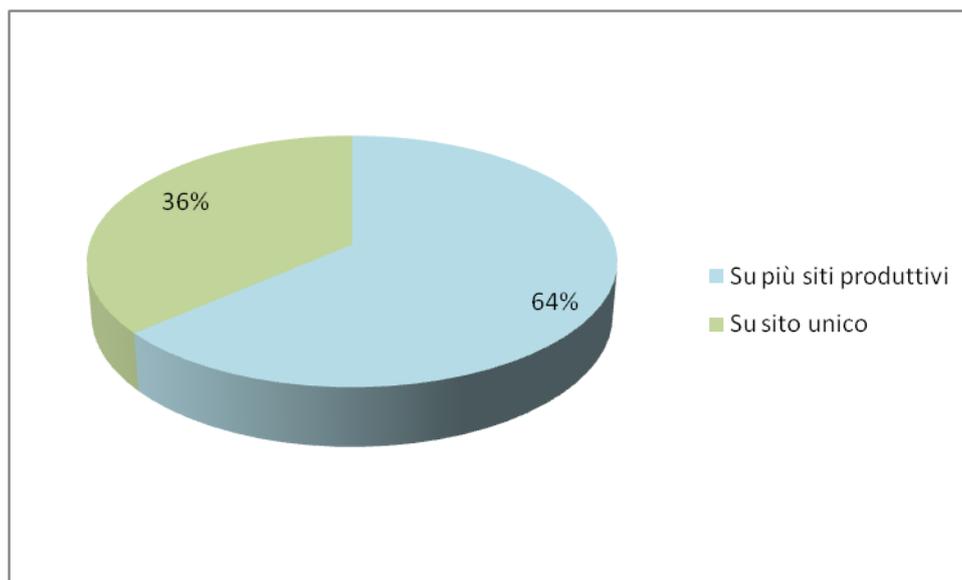


Figura 4.16 Domanda 5: Qual è la strategia produttiva attualmente adottata? (11)

Infine l'ultima domanda di questa prima sezione era dedicata alla localizzazione dei fornitori delle imprese sottoposte al questionario.

Alla domanda "Dov'è localizzata la maggior parte dei fornitori dell'impresa?" 36 rispondenti hanno indicato il Nord Italia, 65%, 3 il Centro Italia e nessuno il Sud Italia.

L'Unione Europea è stata indicata da 8 aziende come provenienza principale dei propri fornitori mentre le restanti 8 hanno dichiarato una distribuzione globale di questi: quindi complessivamente il 30% dei fornitori sono localizzati oltre i confini italiani.

La Figura 4.17 mostra la distribuzione percentuale delle risposte.

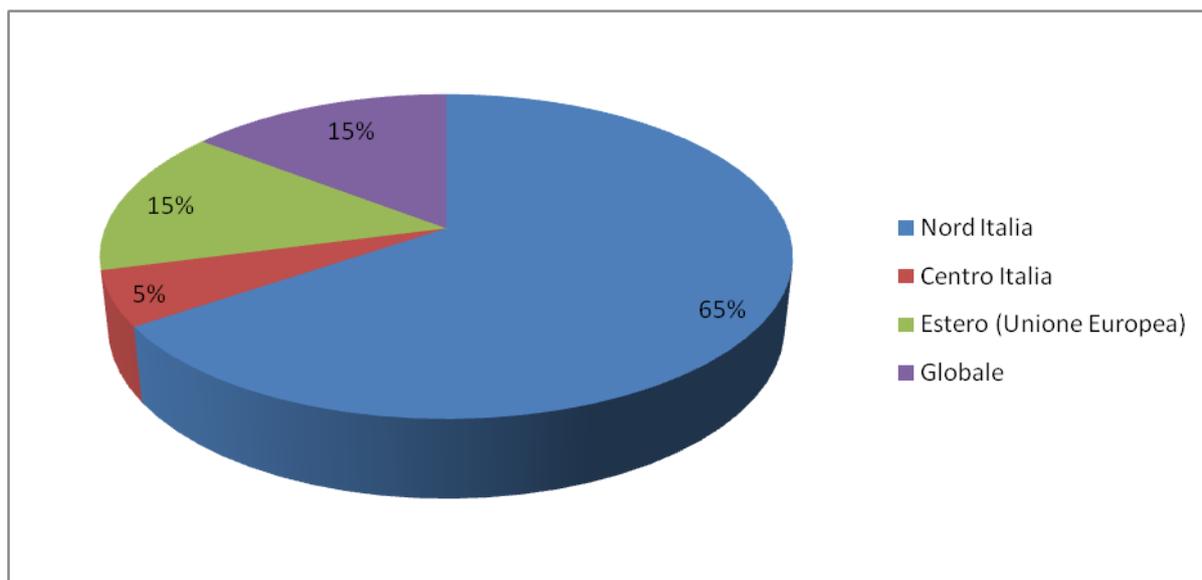


Figura 4.17 Domanda 6: Dov'è localizzata la maggior parte dei fornitori dell'impresa?(11)

La domanda chiave del questionario è la numero 8 nella quale è stato chiesto alle aziende se avessero effettuato investimenti in tecnologie additive.

16 imprese, pari al 29% dei rispondenti, hanno dichiarato di aver investito in Additive Manufacturing, contro le restanti 39 che ancora dichiarano di non farne uso.

La percentuale di adozione, rappresentata anche in Figura 4.18, non risulta particolarmente alta, tuttavia è necessario considerare che si tratta di una tecnologia relativamente nuova, ancora in fase di sviluppo, e non applicabile a tutte le tipologie di prodotti forniti dalle imprese del settore.

Successivamente a questa domanda, in base alla risposta fornita, il questionario proseguiva in maniera differente; di seguito si riportano prima le domande sottoposte a chi ha dichiarato di aver effettuato investimenti in AM e successivamente le altre.

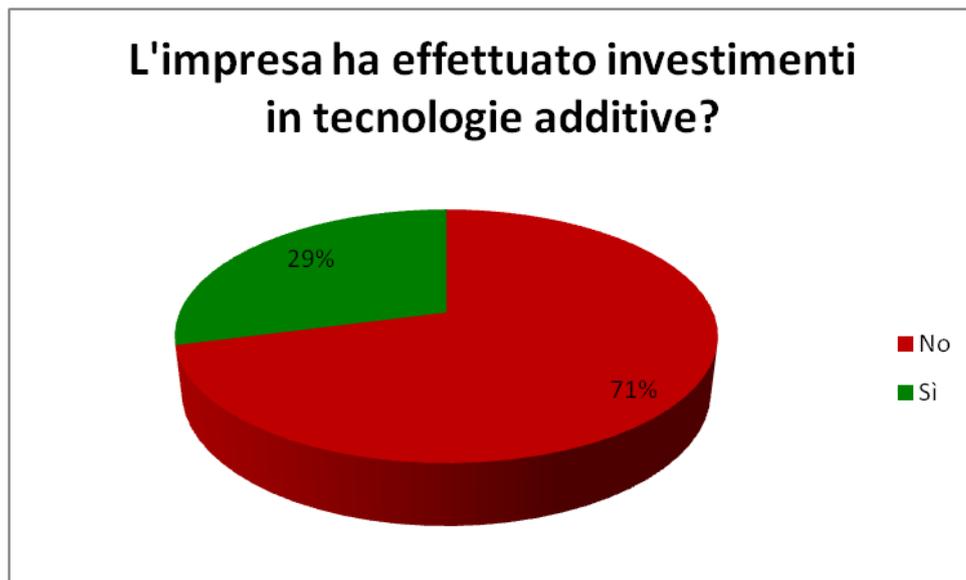


Figura 4.18 Domanda 8: L'impresa ha effettuato investimenti in tecnologie additive? (11)

Per chi ha dichiarato di utilizzare Additive Manufacturing la successiva domanda interrogava circa la tipologia di materiale adottato in questa tecnologia.

Come rappresentato in Figura 4.19 il materiale polimerico è sicuramente quello più adottato: 11 imprese su 16, pari al 69%, mentre soltanto 4 imprese (25%) adottano la tecnologia per realizzare oggetti metallici.

Il sedicesimo rispondente (il 6% rappresentato nel grafico) ha dichiarato: "Usiamo stampanti 3D per produrre prototipi in fase di sviluppo prodotto", la risposta denota una differente comprensione della domanda rispetto all'obiettivo prefissato, tuttavia lascia intendere con tutta probabilità un utilizzo di polimeri.

La prevalenza dei materiali plastici rispetto a quelli metallici non è un dato sorprendente: indipendentemente dalla natura del componente realizzato dall'impresa (che ovviamente caratterizza la scelta del materiale), le tecniche di AM che utilizzano polimeri sono state sviluppate da più tempo e quindi risultano maggiormente conosciute e consolidate rispetto a quelle per metalli, inoltre c'è una notevole disparità di costo dei macchinari a vantaggio delle prime.

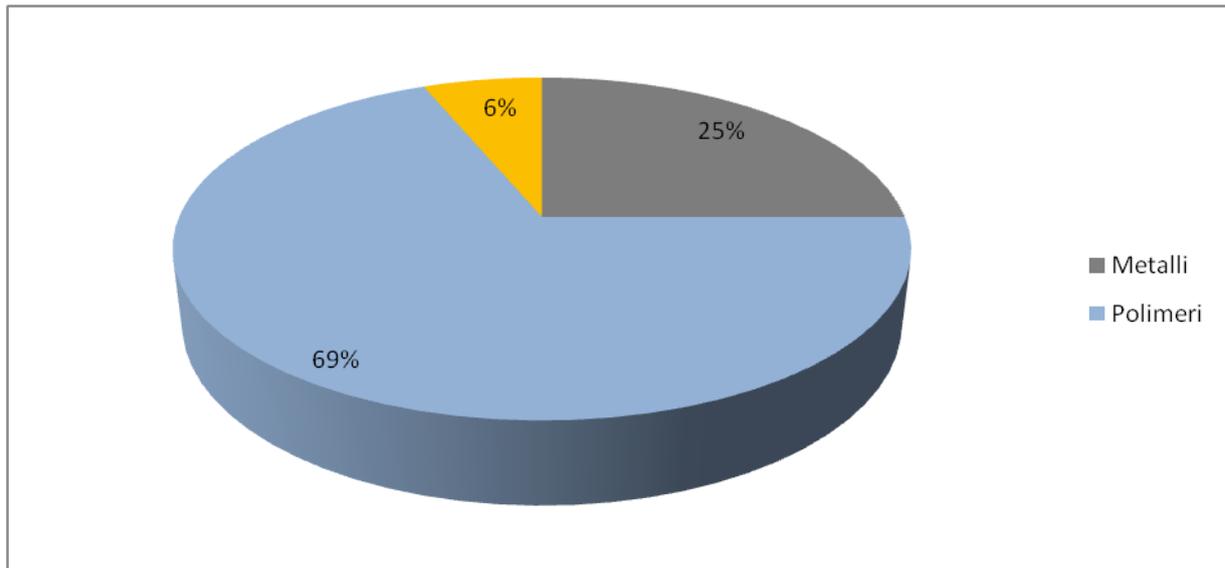


Figura 4.19 Domanda 9: Utilizzate tecnologie additive per la lavorazione di: (selezionare una o più risposte)

(11)

La domanda successiva chiedeva di elencare le differenti tecniche di Additive Manufacturing adottate dall'impresa, di conseguenza ogni rispondente poteva indicare più di una tecnica adottata.

11 imprese hanno fornito una, o più di una, risposta; tra queste un'azienda ha fornito la risposta generica "stampante 3D", impossibilitando l'identificazione di una specifica tecnica.

Come mostrato in Figura 4.20, la FDM (Fused Deposition Modelling) è senza dubbio la tecnica più adottata, con 10 utilizzatori sulle 10 imprese che hanno fornito una risposta significativa; anche questo risultato non sorprende data la versatilità della tecnologia, la possibilità di realizzare anche componenti definitivi e la semplicità del processo di esecuzione.

La Stereolitografia (SLA) è l'unica altra tecnica che conta più di un utilizzatore (2), seguono quindi a quota 1: la Selective Laser Sintering (SLS) e la DMLS (direct metal laser sintering, tecnica molto simile alla Selective Laser Melting).

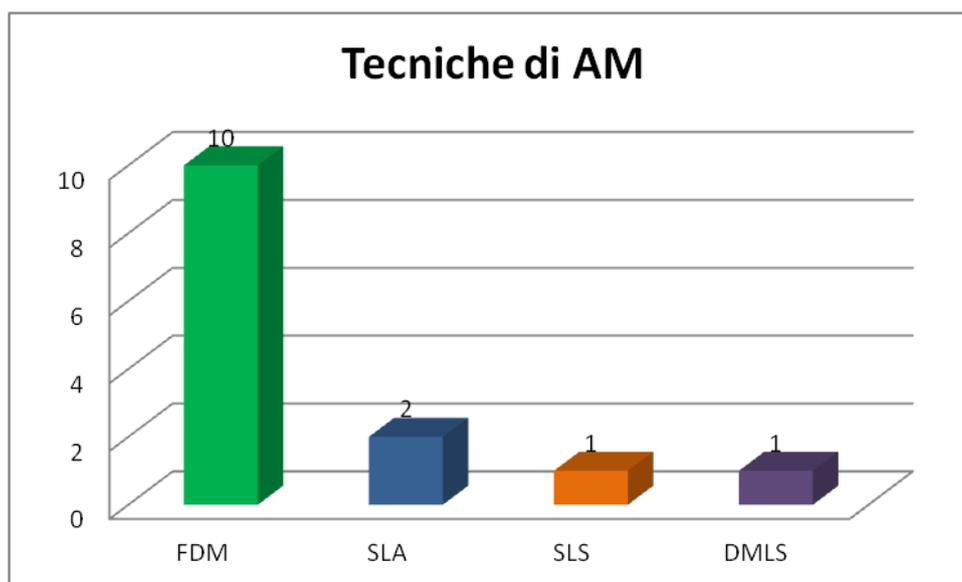


Figura 4.20 Domanda 10: Quali tecnologie additive avete adottato? (lista di diverse tecnologie)

(11)

Con la domanda 11 è stato chiesto di specificare in quale anno l'impresa avesse effettuato il primo investimento in Additive Manufacturing, anche questa era una domanda fondamentale perché, oltre a descrivere da quanto tempo si sta diffondendo la tecnologia nel settore, ha permesso di effettuare delle successive analisi econometriche.

Delle 16 imprese a cui è stata sottoposta la domanda hanno risposto in 12, generando una distribuzione rappresentata in Figura 4.21.

Gli investimenti in tecnologie additive appaiono distribuiti nel tempo in maniera abbastanza uniforme anche se con un buco tra il 2010 e il 2015.

Non è sorprendente notare che ben 7 investimenti su 12 si sono verificati negli ultimi 3 anni, con il 2016 e il 2017 che sono stati indicati per tre volte ciascuno.

Tuttavia è interessante osservare che diverse imprese avevano creduto nella nuova tecnologia già diversi anni fa, tra il 2004 e il 2009 complessivamente sono stati dichiarati 5 investimenti da differenti imprese.

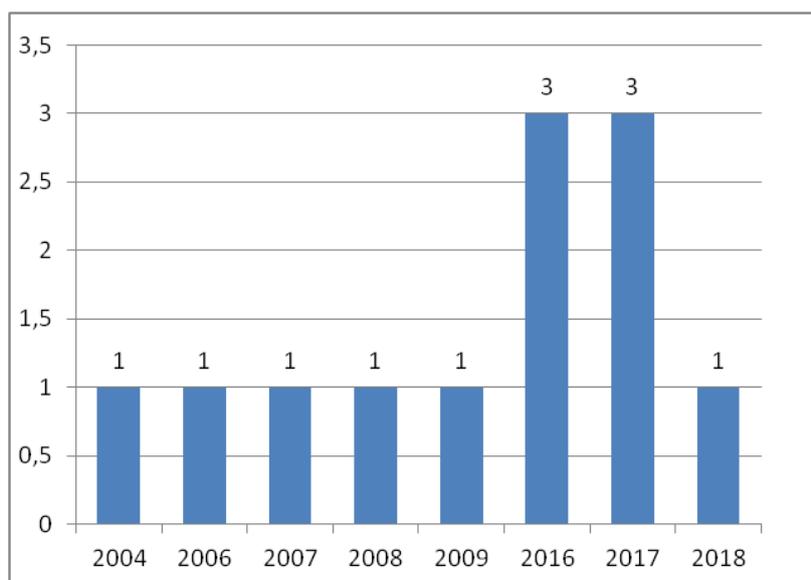


Figura 4.21 Domanda 11: Quando ha effettuato il primo investimento in tecnologie additive? (Specificare anno) (11)

La domanda successiva chiedeva di stimare l'ammontare di investimento effettuato per ogni anno dal 2013 al 2017, per ogni anno si poteva scegliere tra sei fasce: 0 - 15.000€, 15.000 € - 40.000 €, 40.000 € - 70.000 €, 70.000 € - 100.000 €, 100.000 € - 200.000 €, Oltre 200.000€.

Come nella precedente domanda, 12 sono state le imprese che hanno fornito almeno una risposta, da notare come una delle imprese che aveva mancato la domanda numero 11 ha indicato investimenti, di importo notevole, in ogni anno tra il 2013 e il 2017; mentre l'azienda che ha effettuato il primo investimento nel 2018 non ha fornito alcuna indicazione.

Nel grafico in Figura 4.22 sono stati riportati i risultati: l'andamento complessivo dimostra una leggera crescita negli investimenti (anche se i dati fanno riferimento ad intervalli e non a valori puntuali);

la spesa che rientra nella fascia più bassa è sicuramente quella più rappresentata, passando da un valore di 4 nel 2013 a 7 nel 2017; gli investimenti compresi tra 15.000€ e 100.000€ sono stati indicati soltanto per 4 volte distribuiti nei quattro anni di riferimento; il dato riferito agli investimenti di fascia alta è risultato positivo ed in crescita, ogni anno ha registrato almeno un investimento superiore ai 100.000€ fino ad arrivare nel 2017 a due investimenti superiori ai 200.000€.

Complessivamente quindi, sulla base delle risposte fornite, sembrerebbe che le aziende principalmente debbano scegliere tra effettuare investimenti di fascia bassa (inferiore ai 15.000€) e investimenti di importo superiore ai 100 mila euro.

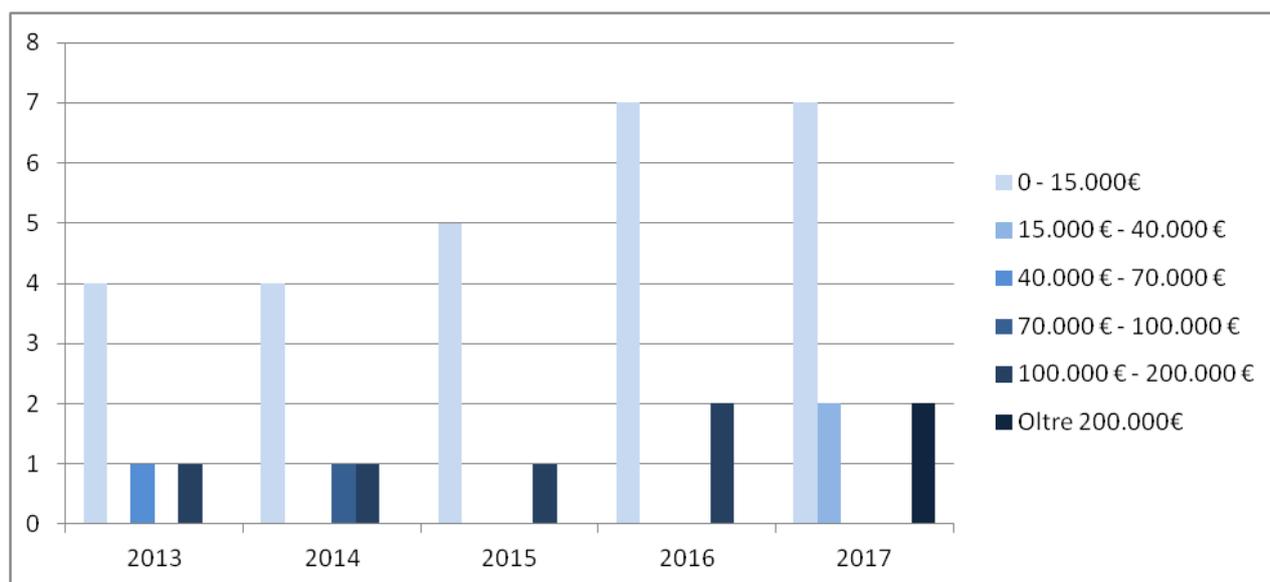


Figura 4.22 Domanda 12: Qual è l'ammontare di investimento in tecnologie additive in ciascun anno dal 2013 al 2017? (11)

La domanda numero 13 aveva l'obiettivo di cogliere quali sono stati gli scopi per cui le imprese del settore si sono dotate di questa tecnologia. Come mostrato nell'appendice A, i rispondenti erano chiamati ad attribuire un grado di importanza (da 1, più importante, a 4, meno importante) ai 4 obiettivi proposti: Riduzione dei costi di produzione, aumento della varietà della gamma dei prodotti, maggiore corrispondenza con i bisogni dei clienti, riduzione dei tempi di passaggio dalla progettazione alla produzione in serie.

A questa domanda, 3 risultano essere le risposte mancanti, le restanti 13 imprese hanno attribuito un grado di importanza ad uno o più obiettivi, i risultati sono rappresentati in Figura 4.23.

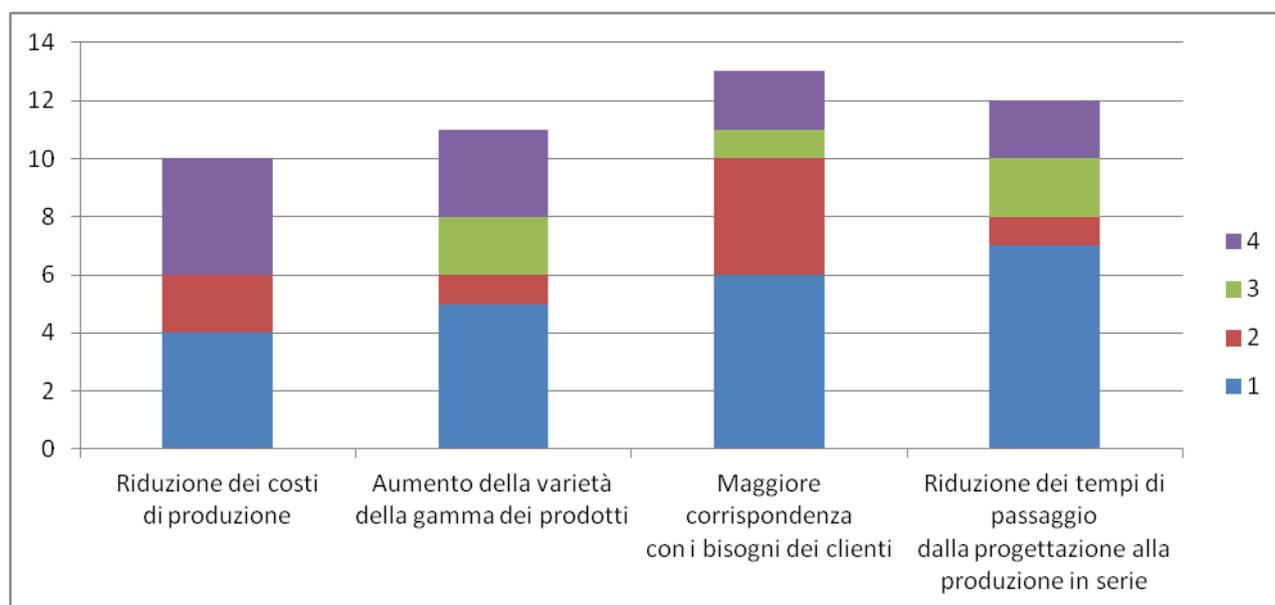


Figura 4.23 Domanda 13: Quali sono stati i principali obiettivi che l'azienda si è proposta di raggiungere con gli investimenti in tecnologie additive effettuati nel periodo 2013-2017? (11)

La possibilità di ottenere una produzione più customizzata (corrispondente alla risposta “maggiore corrispondenza con i bisogni dei clienti”) è risultata come l’obiettivo più importante per i rispondenti al questionario: 6 di questi gli hanno attribuito importanza prioritaria, 4 importanza medio alta.

Utilizzare l’Additive Manufacturing nella fase di ricerca e sviluppo al fine di ridurre il tempo necessario per la messa in produzione è risultato il secondo obiettivo più importante: 7 rispondenti gli hanno assegnato l’importanza maggiore (livello 1) e una soltanto il livello 2.

Leggermente meno importanti sono stati considerati gli altri due scopi, nell’ordine:

l’incremento della flessibilità nella produzione (“aumento della varietà della gamma dei prodotti”) e la riduzione nei costi di produzione.

Questo ultimo dato era facilmente prevedibile in quanto allo stato attuale della tecnologia, specialmente per la produzione in serie, l’utilizzo dell’Additive Manufacturing risulta ancora molto più costoso rispetto all’impiego di tecniche tradizionali.

La domanda successiva indagava circa le finalità nell’utilizzo di tecnologie additive, in particolare alle imprese era richiesto di specificare se adottassero la Fabbricazione Additiva per: produzione, rapid prototyping (Ricerca&Sviluppo) o altro (descrivendolo direttamente); con la possibilità di indicare una o più risposte.

I risultati riferiti alle 14 imprese rispondenti sono rappresentati nella Figura 4.24.

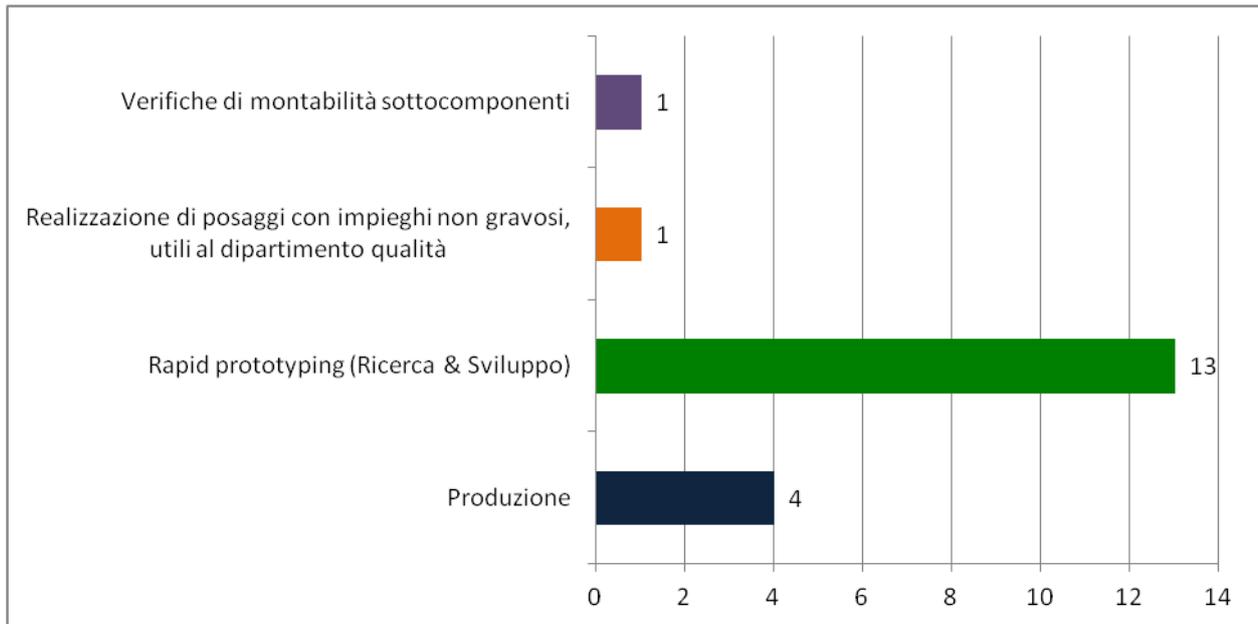


Figura 4.24 Domanda 14: Utilizza le tecnologie additive per:(selezionare una o più risposte) (11)

L'applicazione principale per la quale le imprese si sono dotate della nuova tecnologia è la prototipazione rapida (13), segue la produzione di parti definitive con 4 e poi altre due applicazioni fornite dai rispondenti: "verifiche di montabilità sottocomponenti" e "realizzazione di posaggi con impieghi non gravosi, utili al dipartimento qualità".

L'ampio utilizzo della fabbricazione additiva per la realizzazione di prototipi è un risultato ampiamente prevedibile in quanto è lo scopo iniziale per il quale era nata la tecnologia.

La presenza di 4 applicazioni nell'ambito della produzione, sebbene il valore non sia particolarmente alto, rappresenta come questa tecnologia può essere impiegata nel settore della componentistica anche al di fuori della fase di ricerca e sviluppo.

A questo punto è possibile incrociare le risposte provenienti dalle domande: 9, 12 e 14 e trarre alcune considerazioni.

Delle 4 imprese, che avevano dichiarato nella domanda 9 di utilizzare l'AM per materiali metallici, 3 hanno poi risposto che uno dei campi di applicazione è la produzione di componenti, il quarto non ha fornito la risposta 12.

A completare il quartetto che impiega tecnologie additive per la produzione si aggiunge un'impresa che adotta materiale polimerico; al netto di una di queste che non ha risposto alla domanda numero 14, le altre 3 corrispondono alle uniche imprese che hanno realizzato investimenti superiori ai 100.000€.

Quindi ciò che emerge, almeno sulla base delle risposte fornite, è un quadro coerente:

- L'utilizzo di Additive Manufacturing per scopi produttivi, sia che si tratta di polimeri che di metalli, richiede investimenti molto elevati; la portata di tale investimento sembrerebbe giustificata maggiormente se i materiali prodotti sono in metallo.
- Al contrario, l'impiego di tecnologie additive per la realizzazione di prototipi richiede investimenti per un ammontare molto inferiore ed impiega esclusivamente materiali plastici.

La sezione riferita specificamente per le imprese che hanno effettuato investimenti in fabbricazione additiva termina con la domanda 14, le domande 15 e 16 verranno successivamente analizzate in quanto comuni per tutti i rispondenti al questionario.

Come visto in precedenza, le aziende rispondenti che non risultano utilizzatrici di tecnologie additive risultano essere 39, a queste sono state sottoposte due specifiche domande al fine di comprendere le cause principali della scelta e se hanno pianificato investimenti nel futuro.

Alla prima domanda, che chiedeva alle imprese di indicare i motivi per non aver effettuato già investimenti in tecnologie additive, sono state fornite complessivamente 27 risposte differenti che sono state successivamente raggruppate entro 7 categorie.

Come rappresentato in Figura 4.25, tralasciando la voce "altro", nella quale sono state raggruppate 7 risposte che non erano riconducibili a nessuna delle altre categorie, il motivo più frequentemente imputato al non utilizzo (5 risposte) è stata la scarsa adattabilità della tecnologia alla tipologia di prodotto realizzato dall'impresa.

Seguono con 4 risposte ciascuno: "economicamente svantaggioso" e "mancanza di competenze interne".

3 imprese tra quelle rispondenti non utilizzano direttamente Additive Manufacturing perché si rivolgono a ditte esterne (nel grafico indicati come "servizi esterni"), 2 realtà hanno dichiarato di non avere un processo di sviluppo al proprio interno (no R&S svolto internamente) ed infine 2 imprese hanno affermato di non essere a conoscenza delle tecnologie adattive.

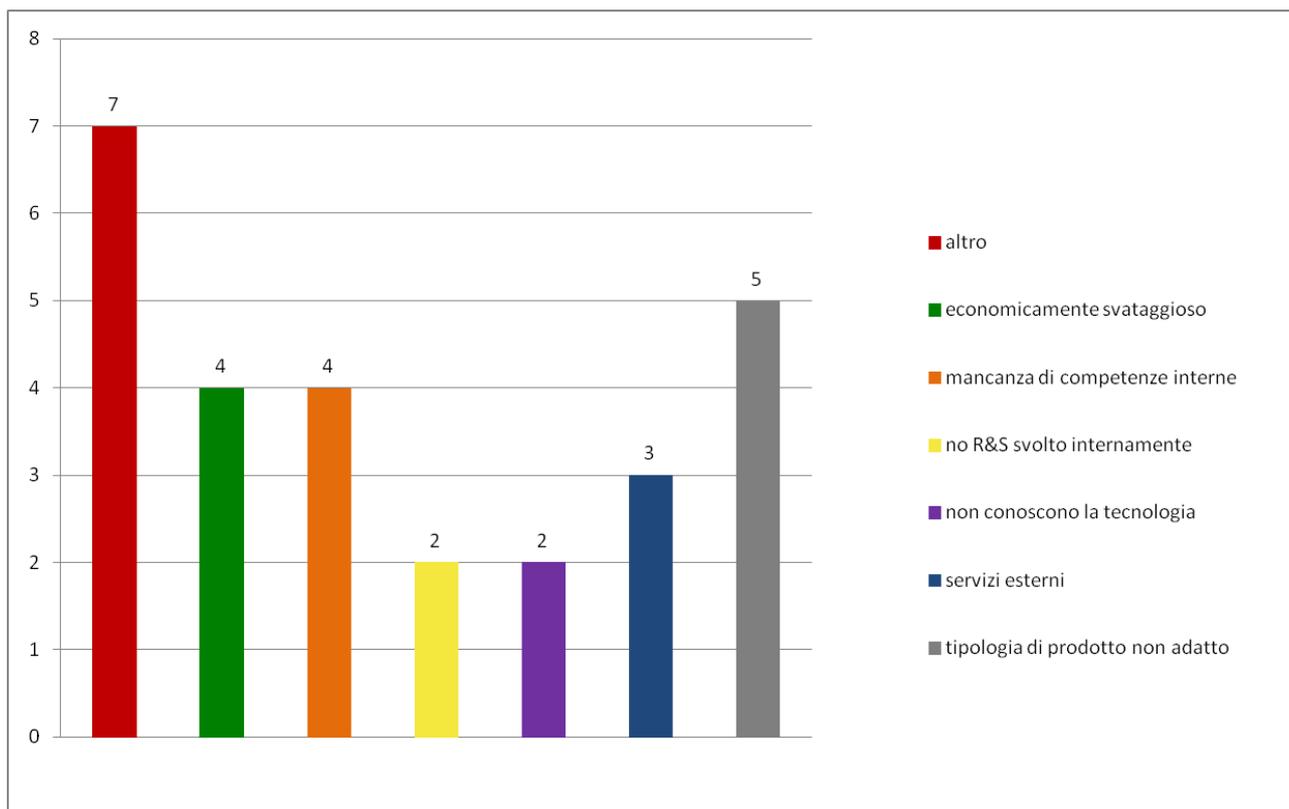


Figura 4.25 Domanda 17: Quali sono i motivi per non aver ancora investito in tecnologie additive? (11)

La domanda 18, invece, aveva lo scopo di capire se sono previsti investimenti nel breve o nel lungo periodo, la distribuzione percentuale delle risposte è rappresentata in Figura 4.26.

I dati non risultano promettenti: 31 imprese, pari al 80% delle 39 che accedevano a questa fase, hanno dichiarato che non hanno pianificato alcun investimento, il 15%, ovvero 6 realtà, hanno dichiarato di avere un piano entro i prossimi 5 anni e soltanto 2 aziende (5%) prevedono un investimento nel giro di un anno.

Risulta quindi che solamente il 20% delle imprese che attualmente non adotta tecnologie additive ha effettuato un piano di investimenti nel medio termine.

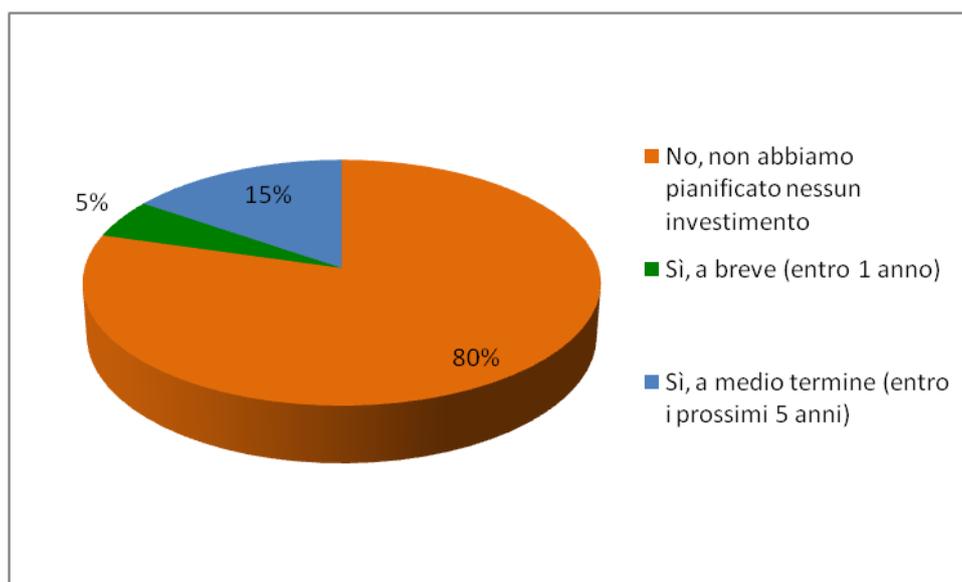


Figura 4.26 Domanda 18: Avete già pianificato investimenti futuri in tecnologie additive? (11)

Come anticipato, le ultime due domande del questionario fanno riferimento all'impatto che la nuova tecnologia ha, o potrebbe avere, sulla *supply chain* e sono state sottoposte a tutte le 55 le aziende rispondenti.

La prima domanda era la seguente: "Ritiene che una produzione supportata da tecnologia additiva potrebbe risolvere o, per lo meno attenuare, le criticità della sua Supply Chain?", i dati riportati di seguito si differenziano tra le risposte provenienti da chi ha già effettuato investimenti in tecnologie additive e chi no.

La Figura 4.27 mostra i risultati relativi a chi adotta già Additive Manufacturing: quasi il 43% dei rispondenti ha risposto alla domanda in maniera affermativa, soltanto il 21,4% pensa che non possa avere un impatto positivo, il restante 35,7% ritiene che in parte potrà avere un qualche effetto positivo.

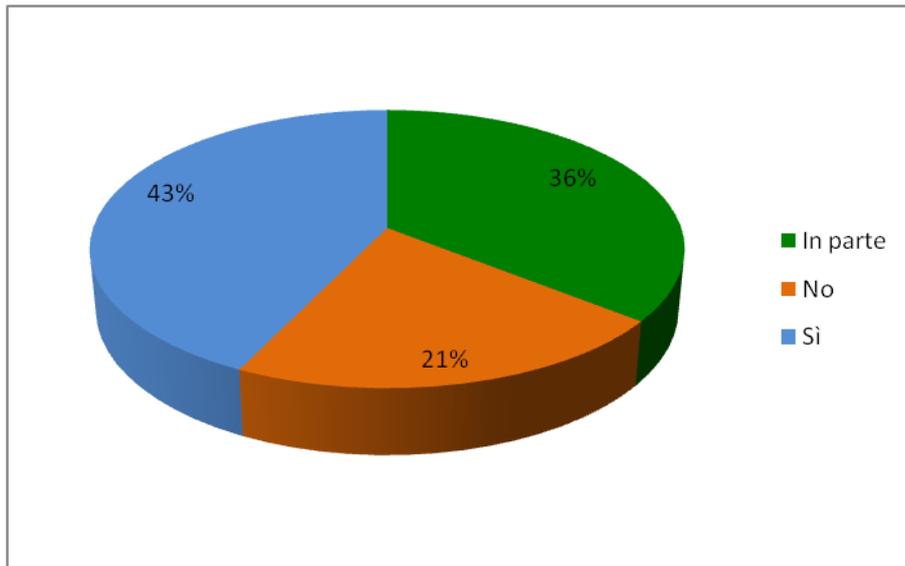


Figura 4.27 Domanda 15: Ritiene che un produzione supportata da tecnologia additiva potrebbe risolvere o, per lo meno attenuare, le criticità della sua Supply Chain? (11)

Le risposte alla stessa domanda fornite dalle imprese che attualmente non adottano tecnologie additive sono rappresentate in Figura 4.28 e appaiono notevolmente differenti.

In questo caso il 44% delle aziende rispondenti considera che l'impiego di AM non potrebbe avere alcun effetto positivo sulla propria *supply chain*, una percentuale simile (41%) ritiene che l'impatto positivo potrebbe esserci solo in parte, e soltanto il restante 15% ha risposto in maniera pienamente affermativa.

La differenza di fiducia nei confronti della tecnologia rispecchia le scelte di investimento delle imprese.

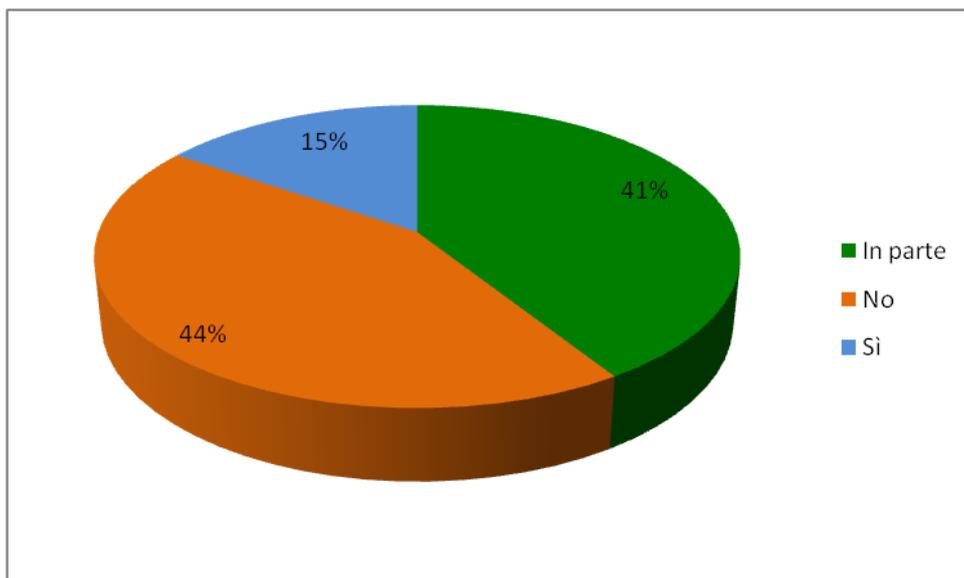


Figura 4.28 Domanda 19: Ritiene che un produzione supportata da tecnologia additiva potrebbe risolvere o, per lo meno attenuare, le criticità della sua Supply Chain? (11)

L'ultima domanda del questionario è la numero 16, questa è stata sottoposta ad entrambi i gruppi ma soltanto a chi alla domanda precedente aveva risposto in maniera affermativa (ovvero con "sì" oppure "in parte"), ed indagava su quale tipologia di impatto la tecnologia additiva ha o potrebbe avere.

La domanda concedeva la possibilità di segnare una, o più di una, tra le risposte suggerite: "Aumento dell'efficienza", "Aumento della flessibilità", "Riduzione del numero dei fornitori", "Possibilità di diversificazione delle materie prime/tecnologie utilizzate", oppure di descrivere un altro possibile impatto.

Come mostrato in Figura 4.29, a pari merito a quota 17, l'aumento dell'efficienza e l'aumento della flessibilità sono considerati come gli effetti principali sulla *supply chain*, 9 rispondenti hanno indicato la possibilità di diversificare le materie prime o le tecnologie e soltanto 5 un'effettiva riduzione nel numero dei fornitori.

Sono stati inoltre identificati dai rispondenti altri 8 possibili effetti dell'utilizzo delle tecnologie additive: autoproduzione di alcuni particolari di ricambio, miglioramento analisi progetto, ad oggi valutabili solo su PROTO o alta tecnologia, analisi immediata soluzioni tecniche, qualità, riduzione dei problemi legati alle split lines degli stampi, riduzione del time-to-market, intercettare per tempo problemi qualitativi e velocizzare avvio fornitori, riduzione tempi fornitura campioni iniziali.

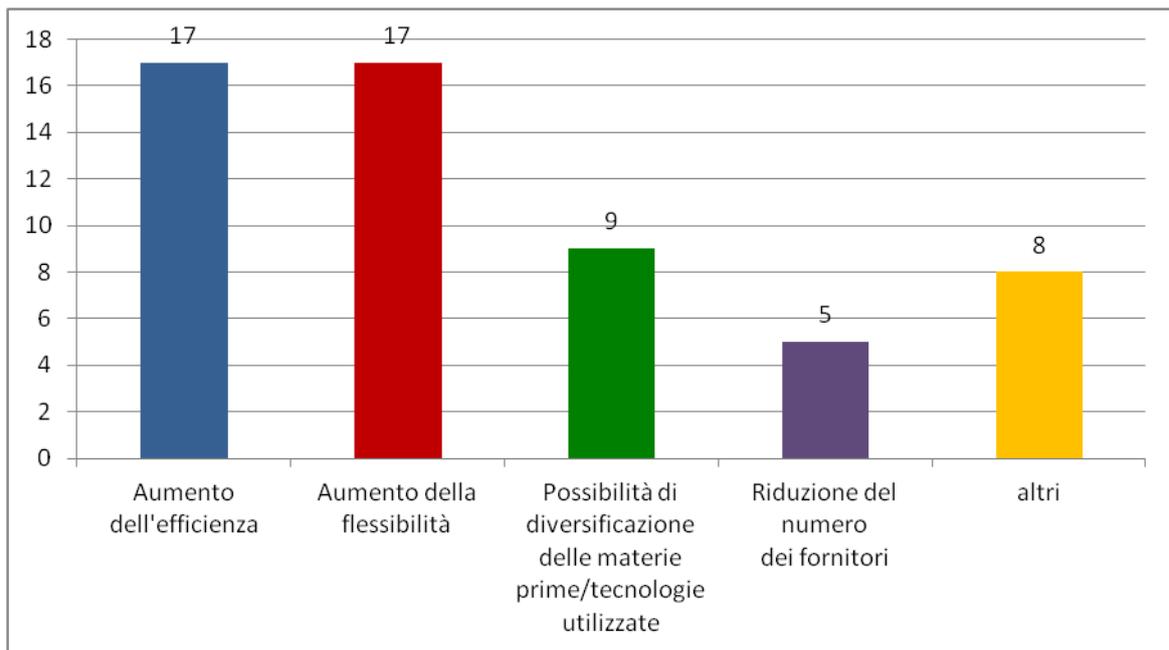


Figura 4.29 Domanda 16:Quali sono o potrebbero essere gli impatti delle soluzioni tecnologiche additive sulla vostra Supply Chain? (11)

4.3 *Analisi econometrica sulle performance aziendali*

Le risposte del questionario sono state utilizzate per la creazione di un database nel quale sono state inserite soltanto le aziende rispondenti e le relative performance aziendali scaricate dal database elettronico AIDA.

Sono stati presi in considerazione i risultati economici compresi tra il 2008 e il 2017 che, considerando le 55 imprese rispondenti, hanno generato un panel di dati composto da 550 osservazioni oggetto di analisi.

Oltre ai dati scaricati da AIDA, sono state importate per ciascuna azienda alcune informazioni provenienti dal questionario: l'impiego o meno all'Additive Manufacturing, con relativo anno di adozione; la tipologia di utilizzo (per prototipazione o per produzione); la tipologia di materiali adottati (polimeri o metalli); l'investimento effettuato (per inserire un dato univoco è stata considerata la media degli estremi delle varie fasce utilizzate nel questionario).

Al fine di ottenere un'analisi più accurata, è stato necessario effettuare una fase di pulizia del database valutando i risultati sia in termini assoluti che in termini di crescita percentuale tra gli anni.

Quindi, sono stati inseriti dei valori, calcolati considerando un andamento lineare; là dove c'erano dati mancanti o outliers, l'inserimento è stato eseguito solo quando erano disponibili sufficienti dati per effettuare la regressione lineare.

Nonostante questo processo, alcune osservazioni hanno continuato a presentare dei dati mancanti.

Di seguito sono riportati i valori considerati per l'analisi.

Dati appartenenti allo stato patrimoniale: totale delle immobilizzazioni materiali, il valore degli impianti, il valore delle attrezzature industriali, il valore dei prodotti finiti, il valore dei semilavorati e il valore delle materie prime.

Risultati appartenenti al conto economico: ricavi di vendita, totale dei costi della produzione, costi per materie prime e consumo, costo di salari e stipendi, EBITDA, valore aggiunto, risultato operativo, utile netto.

Indicatori di performance: ROS, valore aggiunto pro-capite, rendimento dei dipendenti, rapporto tra immobilizzazioni materiali e dipendenti, numero di dipendenti, giacenza media delle scorte, giorni di copertura delle scorte, durata del ciclo commerciale.

Le variabili, tra quelle elencate, che hanno un'unità di misura monetaria sono state sottratte per l'indice dei prezzi relativi all'anno di riferimento, così da eliminare un possibile effetto dovuto all'inflazione.

L'analisi econometrica è stata effettuata utilizzando un modello di regressione lineare ad effetti fissi al fine di eliminare l'incidenza delle diverse grandezze delle imprese considerate.

Sono state inserite, inoltre, delle variabili dummy corrispondenti ai vari anni, così da eliminare l'effetto dovuto ad un trend generale dell'anno che può dipendere da fattori esterni non considerati.

L'impatto della Fabbricazione Additiva sulle differenti variabili dipendenti considerate è stato valutato con differenti approcci:

Il primo e più semplice con un'unica variabile dummy che rappresenta l'utilizzo o meno dell'Additive Manufacturing, facendo collapsare su di essa l'impatto di tutti gli anni.

Il secondo creando più variabili dummy, ognuna delle quali corrispondente al numero di anni di utilizzo della tecnologia. Questo approccio è stato adottato considerando che l'effetto può variare al variare dell'esperienza pregressa nell'utilizzo della tecnologia.

Successivamente si è approfondita l'analisi considerando l'entità dell'investimento utilizzando i valori medi rispetto al range dichiarato dalle imprese sul questionario.

Si è calcolata la percentuale di tale ammontare rispetto al totale delle immobilizzazioni materiali e si è calcolata la distribuzione percentuale di questi valori, successivamente è stata creata una variabile dummy (investimento intensivo) che assumeva valore unitario se il valore calcolato in precedenza si trovava oltre il 50% della distribuzione. La stessa analisi è stata effettuata considerando anche come soglia il 75% della distribuzione per definire intensivo l'investimento.

Come in precedenza, anche in questo caso, e per entrambe le soglie, si è provveduto a valutare se l'utilizzo di Additive Manufacturing con un investimento intensivo avesse un impatto differente al variare degli anni di esperienza nell'utilizzo.

Un'ultima analisi che è stata tentata è stata quella di differenziare l'effetto sulla base delle finalità, dividendo quindi tra produzione e prototipazione. Purtroppo per le poche imprese che utilizzano la tecnologia per produzione non si hanno a disposizione dati sufficienti per supportare questo tipo di analisi.

Di seguito sono stati riportati soltanto quei risultati considerati rilevanti, nell'ordine sopradescritto.

Indagine sull'utilizzo dell'additive manufacturing nel settore della componentistica

VARIABLES	EBITDA reale (migl Euro)	Valore aggiunto reale (migl Euro)	Valore aggiunto procapite reale	Durata Ciclo Commerciale (gg)
additive	-27.21* (-1.901)	-41.29** (-1.995)	-187.8** (-2.024)	39.06*** -2.741
Constant	82.80*** (11.97)	224.4*** (22.70)	881.3*** (19.48)	78.80*** (10.65)

t-statistics in parentheses

*** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1

Figura 4.30 Effetti significativi AM

Nella tabella in figura Figura 4.30, per motivi di pulizia grafica, sono state escluse dalla rappresentazione le variabili corrispondenti agli anni e sono state incluse solo le 4 variabili dipendenti per le quali il risultato è risultato statisticamente significativo.

Come è possibile notare, se si considera l'effetto dell'Additive Manufacturing collassato in un'unica variabile l'impatto risulta essere negativo sia su variabili di performance economica come EBITDA e Valore aggiunto sia su variabili legate alla gestione del ciclo di produzione.

La Durata del ciclo commerciale indica il numero di giorni che intercorrono tra l'istante in cui si pagano i costi di produzione e di magazzino e l'istante in cui si incassa.

Più il valore è basso più l'impresa è efficiente.

Segue l'analisi effettuata considerando il numero di anni di adozione della tecnologia.

Postadditive0 è la variabile che identifica l'osservazione in cui l'impresa ha iniziato ad adottare la tecnologia, postadditive1 l'osservazione per cui l'impresa adotta AM già da un anno e così via.

L'impatto sulle variabili dipendenti ovviamente è variato rispetto all'analisi precedente, per questo di seguito si riportano quelle considerate più significative.

	ROS
postadditive0	2.608 (1.296)
postadditive1	-0.00577 (-0.00494)
postadditive2	-0.925 (-1.563)
postadditive3	0.681 (0.748)
postadditive4	-0.0694 (-0.0481)
postadditive5	2.066** (2.227)
postadditive6	-0.302 (-0.325)
postadditive7	-3.592*** (-3.534)
postadditive8	-5.977*** (-2.772)

Figura 4.31 Effetto sul ROS di un utilizzo di AM

Come mostrato in Figura 4.31 l'effetto sul ROS risulta essere per i primi anni poco significativo, mentre per chi adotta la tecnologia da più tempo si riscontra un effetto negativo.

Analizzando invece l'effetto sui costi, come mostrato in Figura 4.32, l'effetto dell'Additive Manufacturing appare positivo ed, in particolare, risulta che i costi per le materie prime aumentano per i primi anni di adozione, mentre se si arriva ad un utilizzo di 7,8 anni tendono a diminuire.

Costi materie prime reali (migl Euro)	
postadditive0	-58.77 (-1.394)
postadditive1	-23.76 (-0.600)
postadditive2	35.55** (2.024)
postadditive3	17.64 (0.967)
postadditive4	7.067 (0.280)
postadditive5	94.17* (1.930)
postadditive6	143.1 (1.522)
postadditive7	-51.38*** (-2.988)
postadditive8	-91.40** (-2.501)

Figura 4.32 Effetto sui Costi delle materie prime di un utilizzo di AM

Relativamente invece alla Durata del ciclo commerciale, l'effetto risulta essere nuovamente negativo. Come è possibile osservare in Figura 4.33, eccezion fatta per la variabile postadditive2, sostanzialmente l'effetto che ha l'Additive Manufacturing è quello di aumentare i giorni di durata del ciclo commerciale, indipendentemente dagli anni di esperienza nell'utilizzo.

	Durata Ciclo Commerciale (gg)
postadditive0	21.24 (1.087)
postadditive1	4.180 (0.336)
postadditive2	-15.56* (-1.678)
postadditive3	9.886 (1.237)
postadditive4	5.648 (0.862)
postadditive5	19.83** (2.225)
postadditive6	23.15** (2.654)
postadditive7	-4.308 (-0.395)
postadditive8	30.50 (1.529)

Figura 4.33 Effetto sulla Durata del ciclo commerciale dell'utilizzo di AM

Successivamente segue l'analisi eseguita considerando gli investimenti intensivi in Fabbricazione Additiva, classificando come investimento intensivo sia quello sopra alla soglia del 50% sia quello sopra al 75% della distribuzione.

Considerando l'effetto raccolto in un'unica variabile dummy, come mostrato in Figura 4.34, non si ottengono risultati particolarmente rilevanti, sono stati riportati i dati relativi ai valori con una significatività maggiore.

Indagine sull'utilizzo dell'additive manufacturing nel settore della componentistica

VARIABLES	EBITDA reale (migl Euro)	Risultato Operativo reale (migl Euro)	Valore aggiunto procapite reale	ROS
Invest intensive 50%	-18.06 (-1.019)	-21.03 (-1.145)	-130.7 (-1.138)	-1.949 (-0.941)
Invest intensive 75%	-16.32 (-0.906)	-19.21 (-1.030)	-138.1 (-1.160)	-2.739 (-1.302)

t-statistics in parentheses

*** $p < 0.01$, ** $p < 0.05$, * $p < 0.1$

Figura 4.34 Effetto investimento intensivo

Come anticipato, l'analisi prosegue valutando l'effetto degli anni di utilizzo di Additive Manufacturing, considerando però soltanto gli investimenti ritenuti intensivi. I risultati non differivano al variare della soglia impostata, di conseguenza sono stati riportati quelli relativi al modello in cui un investimento è ritenuto intensivo se la percentuale di investimento sul totale delle immobilizzazioni materiali ha un valore maggiore rispetto al valore medio delle imprese considerate.

Come mostra la Figura 4.35, anche suddividendo l'effetto in base agli anni di utilizzo, l'impatto sul Valore aggiunto procapite risulta essere negativo, con un aumento della significatività in corrispondenza di una maggiore esperienza.

Per il Risultato Operativo, Figura 4.36, si ottiene un esito pressoché analogo, confermando i risultati ottenuti con la prima analisi che non considerava l'entità dell'investimento.

Valore aggiunto procapite reale

postadditive0	-61.64 (-0.584)
postadditive1	-46.15 (-0.741)
postadditive2	-90.53 (-1.223)
postadditive3	23.82 (0.282)
postadditive4	-11.63 (-0.110)
postadditive5	123.0** (2.668)
postadditive6	-69.62** (-2.219)
postadditive7	-118.9* (-1.992)
postadditive8	-152.2*** (-2.887)
postadditive9	

t-statistics in parentheses

*** $p < 0.01$, ** $p < 0.05$, * $p < 0.1$

Figura 4.35 Effetto sul Valore aggiunto procapite di un investimento intensivo

Risultato Operativo reale (migl Euro)	
postadditive0	-3.855 (-0.287)
postadditive1	9.799 (1.307)
postadditive2	-8.779 (-1.178)
postadditive3	-5.561 (-0.643)
postadditive4	-8.204 (-0.664)
postadditive5	10.07** (2.297)
postadditive6	-0.538 (-0.124)
postadditive7	-19.19*** (-2.852)
postadditive8	-30.39*** (-2.981)
postadditive9	

t-statistics in parentheses

*** $p < 0.01$, ** $p < 0.05$, * $p < 0.1$

Figura 4.36 Effetto sul Risultato Operativo di un investimento intensivo

Un effetto positivo risulta invece se si considerano i costi, in questo caso, come è possibile notare in Figura 4.37, un investimento in Additive Manufacturing consente di abbassare i costi di produzione e l'effetto aumenta proprio con il numero di anni di utilizzo della tecnologia.

Costi produzione reali (migl Euro)	
postadditive0	-38.41** (-2.175)
postadditive1	57.45 (1.212)
postadditive2	25.69 (1.085)
postadditive3	2.509 (0.116)
postadditive4	13.45 (0.480)
postadditive5	16.21 (0.605)
postadditive6	-6.768 (-0.283)
postadditive7	-50.67** (-2.328)
postadditive8	-77.35** (-2.254)
postadditive9	-97.26** (-2.214)

t-statistics in parentheses

*** $p < 0.01$, ** $p < 0.05$, * $p < 0.1$

Figura 4.37 Effetto sui Costi di produzione di un investimento intensivo

4.4 Conclusioni dell'analisi

Dall'analisi effettuata sul campione delle 55 imprese rispondenti al questionario, il risultato che emerge è che nel complesso l'utilizzo di Additive Manufacturing ha un impatto negativo sui principali indicatori di performance di un'impresa, indipendentemente dagli anni di utilizzo della tecnologia e indipendentemente dall'entità dell'investimento effettuato. Un effetto positivo, invece, si riscontra considerando l'impatto sui costi di produzione, ma soltanto per le imprese che hanno effettuato un investimento importante e utilizzano la tecnologia da un numero elevato di anni.

I risultati ottenuti sembrerebbero bocciare la diffusione della nuova tecnologia nel settore della componentistica auto, tuttavia c'è da considerare che i risultati ottenuti fanno riferimento ad un campione di imprese all'interno del quale la grande maggioranza di chi adotta AM la impiega in fase di Ricerca e Sviluppo e non in fase di produzione.

Sebbene la fase di Ricerca e Sviluppo sia necessaria per il successo di un'impresa, i suoi effetti difficilmente sono misurabili con le comuni variabili di performance; questa potrebbe essere una spiegazione ai risultati dell'indagine non proprio in linea con le aspettative.

L'Additive Manufacturing, inoltre, è una tecnologia ancora in fase di sviluppo, specialmente in riferimento ai macchinari in grado di realizzare componenti metallici. Il miglioramento nelle prestazioni di questi macchinari favorirà nel futuro la diffusione della tecnologia anche in fase di produzione così da garantire un impatto più significativo nelle performance aziendali.

RINGRAZIAMENTI

Con il presente lavoro di tesi termina la mia permanenza al Politecnico di Torino e la mia esperienza da studente universitario.

Ci tengo a ringraziare i miei due relatori, la professoressa Alessandra Colombelli e il professore Luigi Benfratello, per l'enorme disponibilità concessami e per avermi seguito costantemente lungo tutto il percorso di elaborazione.

Ringrazio la mia famiglia, perché, fin dall'inizio, ha creduto in me e nel raggiungimento di questo traguardo, per aver condiviso con me le ansie e le gioie di ogni esame, infine, la ringrazio perché in tutti questi anni, nonostante la distanza che ci separava, mi è sempre stata vicina, ricordandomi il significato della parola casa;

Ringrazio tutti gli amici e le persone a me care che mi sono state accanto durante tutti questi anni e con i quali ho condiviso sia i momenti più belli che quelli più scoraggianti.

APPENDICE A

Nelle pagine successive viene riportato il questionario che è stato somministrato alle imprese della componentistica auto italiana.

31/10/2018

Questionario sulle tecnologie additive

Questionario sulle tecnologie additive

1. Indirizzo email *

2. L'impresa fa parte di un gruppo di imprese? (per gruppo si intende un insieme di più imprese controllate - direttamente o indirettamente - dalle medesime persone fisiche o dalla medesima impresa)

Contrassegna solo un ovale.

- Sì *Dopo l'ultima domanda in questa sezione, passa alla domanda 6.*
 No *Dopo l'ultima domanda in questa sezione, passa alla domanda 7.*

3. È un'impresa a conduzione familiare?

Contrassegna solo un ovale.

- Sì
 No

4. Dove è allocata principalmente la sua produzione?

Contrassegna solo un ovale.

- Nord Italia
 Centro Italia
 Sud Italia
 Estero (Unione Europea)
 Altro: _____

5. Qual è la strategia produttiva attualmente adottata?

Contrassegna solo un ovale.

- Su sito unico
 Su più siti produttivi

6. Dov'è localizzata la maggior parte dei fornitori dell'impresa?

Contrassegna solo un ovale.

- Nord Italia
 Centro Italia
 Sud Italia
 Estero (Unione Europea)
 Altro: _____

Interrompi la compilazione del modulo.

Gruppo imprese

31/10/2018

Questionario sulle tecnologie additive

7. L'impresa fa parte di un gruppo la cui proprietà non è italiana?

Contrassegna solo un ovale.

- Sì
- No

Interrompi la compilazione del modulo.

Adozione tecnologie additive

8. L'impresa ha effettuato investimenti in tecnologie additive?

Contrassegna solo un ovale.

- Sì *Passa alla domanda 8.*
- No *Passa alla domanda 16.*

Interrompi la compilazione del modulo.

Adozione di tecnologie additive: Sì

9. Utilizzate tecnologie additive per la lavorazione di: (selezionare una o più risposte)

Contrassegna solo un ovale.

- Polimeri
- Metalli
- Altro: _____

10. Quali tecnologie additive avete adottato? (lista di diverse tecnologie)

11. Quando ha effettuato il primo investimento in tecnologie additive? (Specificare anno)

12. Qual è l'ammontare di investimento in tecnologie additive in ciascun anno dal 2013 al 2017?

Contrassegna solo un ovale per riga.

	0 - 15.000 €	15.000 € - 40.000 €	40.000 € - 70.000 €	70.000 € - 100.000 €	100.000 € - 200.000 €	Oltre 200.000 €
2013	<input type="radio"/>					
2014	<input type="radio"/>					
2015	<input type="radio"/>					
2016	<input type="radio"/>					
2017	<input type="radio"/>					

31/10/2018

Questionario sulle tecnologie additive

13. Quali sono stati i principali obiettivi che l'azienda si è proposta di raggiungere con gli investimenti in tecnologie additive effettuati nel periodo 2013-2017?

Indicare in ordine decrescente, 1 il più importante
Contrassegna solo un ovale per riga.

	1	2	3	4
Riduzione dei costi di produzione	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Aumento della varietà della gamma dei prodotti	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Maggiore corrispondenza con i bisogni dei clienti	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Riduzione dei tempi di passaggio dalla progettazione alla produzione in serie	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

14. Utilizza le tecnologie additive per:(selezionare una o più risposte)

Seleziona tutte le voci applicabili.

- Rapid prototyping (Ricerca & Sviluppo)
- Produzione
- Altro: _____

15. Ritieni che un produzione supportata da tecnologia additiva potrebbe risolvere o, per lo meno attenuare, le criticità della sua Supply Chain?

Contrassegna solo un ovale.

- Sì *Passa alla domanda 15.*
- No *Interrompi la compilazione del modulo.*
- In parte *Passa alla domanda 15.*

Interrompi la compilazione del modulo.

Criticità Supply Chain

16. Quali sono o potrebbero essere gli impatti delle soluzioni tecnologiche additive sulla vostra Supply Chain?

Seleziona tutte le voci applicabili.

- Aumento dell'efficienza (es. riduzione del tempo ciclo dell'ordine, riduzione dei livelli di scorta, etc.)
- Aumento della flessibilità
- Riduzione del numero dei fornitori
- Possibilità di diversificazione delle materie prime/tecnologie utilizzate
- Altro: _____

Interrompi la compilazione del modulo.

Adozione di tecnologie additive: No

31/10/2018

Questionario sulle tecnologie additive

17. Quali sono i motivi per non aver ancora investito in tecnologie additive?

18. Avete già pianificato investimenti futuri in tecnologie additive?

Contrassegna solo un ovale.

- Sì, a breve (entro 1 anno)
- Sì, a medio termine (entro i prossimi 5 anni)
- No, non abbiamo pianificato nessun investimento

19. Ritieni che un produzione supportata da tecnologia additiva potrebbe risolvere o, per lo meno attenuare, le criticità della sua Supply Chain?

Contrassegna solo un ovale.

- Sì *Passa alla domanda 15.*
- No *Interrompi la compilazione del modulo.*
- In parte *Passa alla domanda 15.*

Powered by
 Google Forms

Bibliografia

1. *Materiale didattico corso di laurea Ingegneria Gestionale*. **Iuliano, Luca**. 2017.
2. *Sito Web Beam - it*. [Online] <http://www.beam-it.eu/tecnologia/electron-beam-melting/>.
3. **Atzeni, Eleonora e Salmi, Alessandro**. *Economics of additive manufacturing for end-usable metal parts*. Ottobre 2012.
4. **Weller, Christian**. *Economic Perspectives on 3D Printing*. 2015.
5. **Wohlers Associates**. "*Wohlers Report 2017 - 3D Printing and Additive Manufacturing State of the Industry*". Aprile 2017.
6. **Wohlers associates**. *Wohlers report 2018 - 3D Printing and Additive Manufacturing State of the Industry*. 2018.
7. **Unioncamere, Prometeia Spa**. "*Il settore automotive nei principali paesi europei*". Luglio 2015.
8. **ANFIA, CAMERA DI COMMERCIO INDUSTRIA ARTIGIANATO E AGRICOLTURA DI TORINO, CAMI**. *Osservatorio sulla componentistica automotive italiana 2018*. s.l. : Ca' Foscari, 2018.
9. **Greco, Filomena**. "Così è cambiata la filiera dell'auto made in Italy nell'era Marchionne". *ilsole24ore*. 30 Luglio 2018.
10. **AIDA**. [Online] <https://aida-bvdinfo-com.ezproxy.biblio.polito.it/version-2018912/home.serv?product=AidaNeo>.
11. *QUESTIONARIO TECNOLOGIE ADDITIVE (SETTORE COMPONENTISTICA AUTO)*. Ottobre 2018.
12. "*Rapid Product Development - TECNOLOGIE E MATERIALI INNOVATIVI PER L'INGEGNERIZZAZIONE E L'INDUSTRIALIZZAZIONE DEL PRODOTTO*". **Eriseventi**. Settembre 2017.
13. **SmarTech Markets Publishing LLC**. *Additive Manufacturing with Metal Powders 2018*. Aprile 2018.
14. **IDC - International Data Corporation**. "*Worldwide Semiannual 3D Printing Spending Guide*". Gennaio 2018.
15. **ANFIA, CAMERA DI COMMERCIO INDUSTRIA ARTIGIANATO E AGRICOLTURA DI TORINO, CAMI**. "*Osservatorio sulla componentistica auto motive italiana 2017*". s.l. : Ca' Foscari, Ottobre 2017.
16. **Regione Piemonte**. "Il distretto automotive e la componentistica auto". [Online] http://www.regione.piemonte.it/archivio/internazionale/ris_online/s_tecniche/dwd/Educational%20-%20Economia%20Giugno/cartella%20stampa/Italiano/03automotive.pdf.
17. **Calefatti, Paolo**. *Tecnologie additive - una opportunità da cogliere*. [Online] 12 Aprile 2018. http://www.aita3d.it/wp-content/uploads/dlm_uploads/2018/05/prima-industrie.pdf.
18. *3D parts*. [Online] <http://www.3dparts.co.uk/how-it-works/>.
19. **Sito Web Società EOS**. [Online] https://www.eos.info/systems_solutions/metal/systems_equipment.
20. **Sidamble, Alfred**. [Online] https://www.researchgate.net/figure/Schematic-drawing-of-an-electron-beam-melting-system_fig2_269836411.

21. **Arcam EBM**. [Online] <http://www.arcam.com/wp-content/uploads/arcamebm-corp-brochure-fnlv3.pdf>.
22. **Scott, Frey**. Introduction to Selective Laser Sintering. *The ortho cosmos*. [Online] 5 Giugno 2017. <https://theorthocosmos.com/selective-laser-sintering/>.
23. **Castronovo, Valerio**. Torino e l'Italia centrali nel futuro di FCA. *ilsole24ore*. 24 Luglio 2018.
24. **Bruno, Francesco**. Quale futuro industriale per l'Italia, tra la dipendenza da Fca e le scelte del Governo. *ilsole24ore*. 21 Settembre 2018.
25. **Barbaresco, Gabriele**. *Quel 2017 da non sprecare... "Dati cumulativi di 2075 Imprese italiane"*. Area Studi Mediobanca. 9 Agosto 2018.
26. **Berta, Giuseppe e Ciravegna, Luciano**. Il sistema mondiale dell'auto e la sua nuova configurazione. 2005.
27. L'evoluzione dell'industria automobilistica e la necessità di sistemi ERP strutturati. [Online] 17 Gennaio 2018. <https://abas-erp.com/it/news/l%E2%80%99evoluzione-dell%E2%80%99industria-automobilistica-e-la-necessit%C3%A0-di-sistemi-erp-strutturati>.
28. **Banca Nazionale del Lavoro S.p.a.** Dove sta andando l'industria automobilistica? Ecco 7 trend. [Online] 26 Aprile 2017. https://mestiereimpresa.bnl.it/roller/MI/entry/industria_automobilistica_trend.
29. Auto, i megatrend 2018: mobilità condivisa, digitale, guida autonoma e motori elettrici. [Online] 5 Gennaio 2018. <https://www.economyup.it/automotive/automotive-sono-questi-i-4-megatrend-per-il-2018/>.
30. 130 anni fa la prima auto con motore a scoppio, il brevetto di Benz che cambiò la storia. *Rainews*. [Online] 29 Gennaio 2016. <http://www.rainews.it/dl/rainews/media/prima-automobile-motore-a-scoppio-Carl-Friedrich-Benz-2816da30-4886-4c55-9ed2-be2b9426b3c9.html#foto-1>.
31. **Stradi, Andrea**. La rivoluzione di Henry Ford. [Online] 13 Maggio 2018. <http://www.startingfinance.com/la-rivoluzione-henry-ford/>.
32. **Caruso, Eugenio**. Alfred Sloan e la General Motors. *impresaoggi*. [Online] 17 Gennaio 2017. http://www.impresaoggi.com/it2/1447-alfred_sloan_e_la_general_motors/.
33. Lean Manufacturing - Usare meno risorse per ottenere di più. [Online] <http://qualitiamo.com/leanmanufacturing/leanmanufacturingportale.html>.
34. Industria 4.0: definizione e benefici della produzione intelligente. *smactory*. [Online] <http://www.smactory.com/industria4-0-definizione-e-benefici/>.
35. **ANFIA**. Assemblea Pubblica ANFIA Automotive 4.0: trasformazione digitale e nuove competenze. *Relazione del Presidente ANFIA*. 18 Dicembre 2017.
36. **ANFIA - AREA STUDI E STATISTICHE**. *L'industria autoveicolistica italiana nel 2017*. 23 Aprile 2018.
37. Componentistica 2017: 46,5 miliardi di euro, +6,9%. *Notiziario motoristico*. [Online] 15 Ottobre 2018. <http://www.notiziariomotoristico.com/news/10349/componentistica-2017-46-5-miliardi-di-euro-6-9>.
38. **KOMPASS**. [Online] <https://it.kompass.com>.
39. **ISTAT**. *Classificazione delle attività economiche - Ateco 2007*. 16 Gennaio 2015.

40. Parti dell'automobile. [Online] <http://ww2.autoscout24.it/glossario/parti-dell-automobile/217800/>.
41. **Wohlers Associates.** *Wohlers Report 2013 - Additive Manufacturing and 3D Printing State of the Industry - Annual Worldwide Progress Report.* 2013.
42. **Weller, Christian, Kleer, Robin e Piller, Frank.** Economic applications of 3D printing: Market structure models in light of additive manufacturing revised. 2015.