



UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI PADOVA
DIPARTIMENTO DI SCIENZE ECONOMICHE E AZIENDALI
“MARCO FANNO”

CORSO DI LAUREA MAGISTRALE IN ECONOMIA INTERNAZIONALE
LM-56 Classe delle lauree magistrali in SCIENZE DELL'ECONOMIA

Tesi di laurea

La Fabbrica 4.0: alla scoperta del nuovo paradigma produttivo e delle tecnologie che lo supportano. Il caso WASP.
Industry 4.0: discovering the new production paradigm and the technologies that support it. The WASP case.

Relatore:
Prof.ssa DI MARIA ELEONORA

Laureando:
PAIOLA NICOLÒ

Anno Accademico 2015-2016

Il candidato dichiara che il presente lavoro è originale e non è già stato sottoposto, in tutto o in parte, per il conseguimento di un titolo accademico in altre Università italiane o straniere.
Il candidato dichiara altresì che tutti i materiali utilizzati durante la preparazione dell'elaborato sono stati indicati nel testo e nella sezione "Riferimenti bibliografici" e che le eventuali citazioni testuali sono individuabili attraverso l'esplicito richiamo alla pubblicazione originale.

Firma dello studente

*A questo incredibile viaggio. A tutte le persone che sono state per me un
supporto sia concreto che morale.*

Indice Tesi

Introduzione	1
Capitolo 1: Dalla prima alla quarta rivoluzione industriale: nasce la smart factory.	3
1.1. Cenni Storici: Dalla Prima alla terza Rivoluzione Industriale	3
1.1.1. La Prima Rivoluzione Industriale.	3
1.1.2. La Seconda Rivoluzione Industriale.	6
1.1.3. La Terza Rivoluzione Industriale.	8
1.2. La Nuova Rivoluzione Digitale.	12
1.2.1. La nuova manifattura a confronto con il passato.	13
1.3. Le Idee Centrali: Digitalizzazione e Informatizzazione.	18
1.3.1. Digitalizzazione e Informatizzazione: le caratteristiche.	20
1.3.2. La Comunicazione M2M	21
1.4. Il passato per comprendere il futuro	23
Capitolo 2: Le tecnologie a supporto della Fabbrica 4.0.	25
2.1. I software di modellazione CAD 2D - 3D.	25
2.2. Lo Scanner 3D.	27
2.3. Il laser cutter	28
2.4. Le macchine CNC	29
2.5. Il Kit di elettronica	30
2.6. La Stampante 3D	30
2.6.1. Il mercato della stampante 3D	31
2.6.2. Una produzione a strati	34
2.6.3. I materiali	36
2.6.4. Le tecnologie di stampa	38
2.6.5. Le implicazioni economiche	45
2.7. Il cloud computing	48
2.7.1. Il mercato del Cloud Computing	50
2.8. L'interazione tra cloud computing e stampante 3D	51
2.9. Verso il nuovo paradigma produttivo	52
Capitolo 3: Digital Manufacturing, il nuovo paradigma produttivo.	54
3.1. La nuova pianificazione e il nuovo controllo della produzione	58
3.2. Una logistica lean	61
3.3. Il paradigma digitale nel lancio di un nuovo prodotto	64
3.4. Un modello sostenibile	68
Capitolo 4: L'Italia al passo con le nuove tecnologie.	75
4.1. Il caso WASP	88
4.1.1. Le stampanti a catalogo	90
4.1.2. Un sogno ecosostenibile	91
4.1.3. La stampante 3D: il punto di vista dei WASPERS	92
Conclusioni	95

Introduzione

Il seguente elaborato presenta un viaggio tra i paradigmi produttivi che hanno fatto la storia del nostro sistema economico fino a giungere a quello che caratterizza il nostro presente e probabilmente il nostro futuro. Nel corso della storia molte sono state le invenzioni che hanno permesso innovazioni e modifiche nel nostro processo produttivo e che hanno, talvolta, generato vere e proprie rivoluzioni. Basti pensare alla macchina a vapore, all'energia elettrica, e alla diffusione dei primi personal computer. Proprio in tale ambito, gli ultimi decenni si sono dimostrati fertili nella creazione di tecnologie che hanno dato il via a quella che molti economisti piace chiamare "Quarta Rivoluzione Industriale". Di seguito, una breve rassegna storica lascerà spazio alla descrizione delle idee centrali che ne hanno permesso l'avvenire ma soprattutto all'analisi di tutte quelle tecnologie, come la stampa 3D e il cloud computing, per citarne alcune, che si sono profondamente radicate nel modo in cui fino ad ora siamo stati abituati a definire il processo produttivo creando non solo una nuova idea di azienda, la "Fabbrica 4.0", ma anche un nuovo paradigma manifatturiero, il cosiddetto "Direct Digital Manufacturing". Si cercherà di comprendere il loro funzionamento, ma verranno anche evidenziati i vantaggi e gli svantaggi del loro utilizzo all'interno della supply chain.

Il quadro che emerge permetterà di contestualizzare la diffusione di queste nuove tecnologie nel territorio e nella manifattura italiana determinando il nostro livello e quello di molte altre potenze economiche che ci circondano.

Interessante e doveroso è stato anche scoprire il punto di vista di chi queste tecnologie rivoluzionarie ha deciso di fornirle. Per questo motivo, grazie ad un'intervista ottenuta con una delle realtà più attive nella produzione delle stampanti 3D nel nostro territorio, WASP, si otterrà una visione a 360° del fenomeno di cui poco si parlava fino a pochi anni fa ma che nell'ultimo anno sta diventando sempre più attuale e oggetto di discussione da parte di molte personalità non solo legate al mondo economico.

Capitolo 1: Dalla prima alla quarta rivoluzione industriale: nasce la smart factory.

1.1. Cenni storici: Dalla Prima alla terza rivoluzione industriale.

Per capire dove va il mondo è opportuno, almeno inizialmente, riflettere sul passato e su quelli che sono gli sviluppi e gli avvenimenti che hanno portato all'evoluzione del sistema industriale che oggi consideriamo attuale. Abbiamo imparato a considerarlo come un qualcosa di perpetuo, che nasce, cresce, ma che non ha una fine determinata, che si arricchisce di nuove processi in favore di quelli che ormai vengono considerati obsoleti. La domanda sorge quindi spontanea: da dove nasce il modo di fare impresa che studiamo e viviamo nei nostri giorni?

Sicuramente descrivere tutte le tappe storiche verificatesi in tre secoli e le invenzioni che lo riguardano si rivelerebbe eccessivo. D'altro canto, però, si rivela doverosa una sintesi dettagliata di quelle tappe che di fatto risultano essere propedeutiche alla cosiddetta quarta rivoluzione industriale. In tale ambito illuminante è un libro di Ian Morris, celebre storico inglese, che nel 2010 pubblica "Why the West Rules—For Now". Analizzando quelli che sono i fatti e i progressi che hanno segnato l'umanità fino ai nostri giorni, egli cercò di tracciare quella che chiama curva dello sviluppo sociale, che non esprime altro se non "la capacità di un gruppo di dominare il proprio ambiente fisico e intellettuale per fare le cose" (Ian Morris, Why the West Rules—For Now). Nel cercare di delineare questa curva, lo stesso autore dimostra che per molte migliaia di anni l'umanità ha seguito sì una traiettoria ascendente, ma molto graduale, caratterizzata da un progresso incredibilmente lento e quasi invisibile. Storicamente parlando non furono i vari imperi e le varie religioni a dare una scossa a questo noioso andamento, furono molteplici progressi tecnologici avvenuti quasi simultaneamente a causare il netto balzo in avanti dell'umanità. Vediamo quali.

1.1.1. La Prima Rivoluzione Industriale.

Il periodo che ingloba tutti questi sviluppi tecnologici è quello che noi tutti conosciamo come Prima Rivoluzione Industriale e che, con il suo avvento, segnò, a cavallo del XVIII secolo, lo storico passaggio da un'economia pre-industriale ad una industriale.

Considerata una delle tappe più importanti, almeno dal punto di vista economico, si situa in una Gran Bretagna caratterizzata da povertà in termini di reddito nazionale e la stagnazione di un processo produttivo che vedeva sì qualche sviluppo ma in maniera terribilmente lenta. Elevata era anche la dipendenza dall'agricoltura, con il 68% delle famiglie dedite al lavoro nei campi; ed infine un carente sistema di telecomunicazioni delineava un processo decisionale variabile a seconda del mercato regionale, identificando uno scarso grado di integrazione geografica.

Tutti elementi tipici di un'economia pre-industriale. Gli inizi di un'inversione di tendenza erano però già visibili a metà del XVIII secolo quando non una, ma una serie di rivoluzioni presero piede nella stessa Inghilterra, partendo in primis da un continuo aumento, non solo della popolazione, ma conseguentemente anche della produzione. I motivi di questa improvvisa crescita sono molti e alcuni di essi non sono unanimemente condivisi. Si possono, tuttavia, riassumere in un aumento del tasso di natalità probabilmente dovuto, non solo, ai progressi della scienza in campo medico e sanitario, ma anche al miglioramento generale del livello di vita e una crescita della domanda di lavoro. Risulta interessante notare come la crescita della popolazione e quello della produzione siano stati facilitati l'uno dall'altro.

Altra rivoluzione accaduta parallelamente a quella industriale ma che di fatto la influenzò in maniera inaspettata è la rivoluzione agraria. Può infatti apparire controverso il ruolo dell'agricoltura nel processo di industrializzazione ma un elenco dei tratti salienti può semplificare questo improbabile accostamento. Tra di essi troviamo: l'esercizio dell'attività in unità di ampie dimensioni, l'estensione della superficie arabile e l'allevamento intensivo di bestiame, la trasformazione dei vecchi villaggi in comunità di lavoratori con un livello di vita migliore permettendo un aumento della quantità prodotta per unità di forza lavoro.

Molto importanti furono inoltre le nuove tecniche produttive adottate, tra cui le più importanti furono senza dubbio le nuove rotazioni delle colture e il sempre maggior impiego del bestiame all'interno di esse. Condizione necessaria ma non sufficiente fu poi l'introduzione, grazie alla legge, delle enclosures, o recinzioni, che se da un lato limitavano fortemente la figura del contadino rafforzando quella del proprietario terriero borghese, dall'altro permisero la riduzione della popolazione attiva in agricoltura dal 68% al 37%, operazione doverosa nel passaggio da un'economia pre-industriale ad una industriale. Trasformazione possibile anche grazie al mutamento dell'atteggiamento tipico dell'imprenditore. Più precisamente non vi era più la volontà di servire esclusivamente i mercati interni ma anche quelli internazionali, aumentando la specializzazione economica resa possibile anche grazie all'applicazione delle nuove scoperte scientifiche. L'apertura al mercato internazionale portava con sé alcuni importanti benefici: apriva un nuovo mercato di esportazioni il cui bene di riferimento era senza dubbio la lana, migliorava il livello nazionale di vita e spingeva i produttori nazionali a specializzarsi, sviluppando particolari attività e tecniche di organizzazione economica permettendo così di produrre non più per il sostentamento familiare, ma puntare ad una produzione su larga scala. Questa rivoluzione commerciale permise quindi la creazione di una fitta rete commerciale, in cui, ovviamente, chi traeva principale vantaggio erano proprio gli

inglesi. Grazie ai flussi di cassa generati da questa rete, Londra divenne non solo il centro degli scambi mondiali nel XVIII secolo ma anche il centro di credito per il mondo intero.

Doverosi per il corretto funzionamento della suddetta rete furono gli investimenti compiuti per il miglioramento dei trasporti e in particolare molto importante fu il capitale investito in infrastrutture di trasporto di base, ovvero porti, strade, ponti e ferrovie, rendendo le risorse dell'economia inglese utilizzabili e accessibili a chiunque e permettendo l'introduzione di uno dei prodotti simbolo della prima rivoluzione industriale: la locomotiva a vapore.

Tutti questi mutamenti rivoluzionari, sia in ambito tecnologico che in ambito economico, permisero all'Inghilterra del XVIII secolo di diventare "l'officina del mondo". In particolare modo furono due le attività che per prime li sperimentarono: l'industria del cotone e quella del ferro. La prima si sviluppò grazie ad importanti invenzioni tra le quali le più importanti furono sicuramente il filatoio idraulico introdotto da Arkwright nel 1769 che garantiva, come molte tecnologie introdotte recentemente, una miglior qualità del prodotto finale; e l'utilizzo del vapore come forza motrice che rese possibile la produzione di massa permettendo l'attività economica in grandi stabilimenti. Le attività tessili, in cui possiamo individuare non solo l'industria del cotone ma anche quella della lana, che continuava a svilupparsi parallelamente alla prima, divennero in maniera graduale attività industriali a carattere capitalistico in cui era l'innovazione, nel senso Shumpeteriano del termine, che permetteva il profitto, l'imitazione e quindi lo sviluppo.

Diversa per certi aspetti fu l'altra industria che per prima trasse beneficio dal sistema economico derivante dal susseguirsi di rivoluzioni in più campi, quella siderurgica. L'organizzazione era già da tempo improntata in forma capitalistica ma non per questo fu meno soggetta ad innovazioni. Vale la pena ricordare infatti, come il prodotto derivante da questa industria sia un bene intermedio che non gode di una domanda diretta vera e propria e che veniva utilizzato, per esempio, nelle ferrovie che richiedendone grandi quantità ne favorirono di fatto l'esplosione. Non meno importante fu il miglioramento nella produzione grazie al passaggio dal legno al coke che, con l'introduzione della macchina a vapore, migliorò l'efficienza della fusione e di conseguenza anche il prodotto finale.

Riassumendo, queste due industrie svolsero un ruolo di attivazione e di stimolo nel processo di industrializzazione, traendo beneficio dalle innovazioni e dall'ambiente dinamico risultante dalle rivoluzioni occorse in questo periodo.

Quale fu il risultato di questa prima tappa storica importante per la comprensione di quello che oggi sta succedendo nel nostro sistema economico? Sicuramente emerge dall'analisi di tre aspetti molto importanti: la struttura industriale e sociale, la produttività e i livelli di vita

associati e il tasso di sviluppo economico. Si evidenzia inizialmente una differenza rilevante rispetto al secolo precedente: un maggior grado di specializzazione dei lavoratori con un ampio miglioramento del tenore di vita nazionale grazie ad una crescita del reddito pro-capite. I lavoratori stavano mediamente meglio anche se l'occupazione era fortemente a rischio essendo maggiormente suscettibile a crisi. Quello che intendiamo con il termine sviluppo economico, infine, non fu uniforme e risulta difficile pensare come potesse esserlo data l'ampiezza del territorio inglese e soprattutto la disparità di risorse e popolazione tra le varie zone dello stesso. Concludendo possiamo dire che la prima rivoluzione industriale ha inaugurato la prima età delle macchine dell'umanità, il primo periodo in cui il nostro progresso è stato spinto dall'innovazione tecnologica, il momento della trasformazione più radicale che il nostro mondo abbia mai conosciuto (Brynjolfsson e McAfee). Come sostiene un altro autore, Morris, la capacità di generare immense quantità di energia meccanica è stata talmente importante che è riuscita a ridicolizzare tutto il pathos della precedente storia del mondo.

1.1.2. La Seconda Rivoluzione Industriale.

Se per certi aspetti e soprattutto in determinati ambiti la Seconda Rivoluzione Industriale, avvenuta tra l'800 e il 900, è la continuazione della prima, in altri diverge in maniera cruciale. La consapevolezza che un'invenzione può comportare un forte miglioramento si era ormai diffusa, tanto che gli anni tra il 1859 e il 1873 furono tra i più densi in termini di scoperte e innovazioni nella storia. Appartenente a questo periodo, invece, è il desiderio di integrare queste nuove scoperte nell'ecosistema creato un secolo precedente facendo interagire tra di loro le nuove tecnologie e le nuove conoscenze in ambito scientifico non solo nel loro settore di appartenenza ma anche in altri andando a sottolineare come solo alcune tecnologie siano abbastanza significative da accelerare la normale marcia dell'avanzamento economico (Tyler Cowen, *The Great Stagnation*). Per fare in modo che questo avvenga esse devono, però, diffondersi in tanti settori, se non in tutti, quasi. Per comprendere al meglio questo articolato ragionamento si possono considerare alcuni esempi semplificativi.

Se analizzando la prima rivoluzione industriale si pensa a carbone, ferro, ferrovie e lana, la seconda si caratterizza per l'introduzione e l'approfondimento degli studi in altri settori quali quello chimico e quello elettrico.

Il primo, grazie alle ricerche effettuate da esponenti tedeschi e inglesi quali Von Liebig e Perkin, vede l'introduzione di un'innovazione non fine a se stessa: il fertilizzante. Lo stesso prodotto che si era scoperto fu subito messo a disposizione di un altro settore, quello agricolo. Questo espediente permise non solo un incremento nella produzione domestica e non, ma migliorò

notevolmente il benessere della popolazione. In estrema sintesi, una scoperta in ambito chimico portò notevoli benefici a quello agricolo. Un altro esempio, rimanendo nello stesso settore fu quello della scoperta del processo di vulcanizzazione della gomma da parte di Goodyear, che permise l'utilizzo e la diffusione all'interno dell'industria dello stesso materiale.

Come quello chimico, studi effettuati in ambito elettrico finirono per favorire l'introduzione di nuove tecnologie che almeno inizialmente facevano riferimento ad un altro settore affine, quello delle comunicazioni. Von Soemmering, ed altri studiosi, svilupparono il telegrafo, e un importante studioso americano, Samuel Morse, creò il celebre codice che prese poi il suo nome. Intorno al 1870 si svilupparono poi i veri e propri generatori elettrici e la lampada ad arco che in poco tempo sostituì quella a gas.

In ambito metallurgico invece l'innovazione vera e propria fu l'introduzione di un nuovo metallo. L'acciaio, infatti, si rivelò essere non solo un materiale meno difficile e meno costoso da produrre, ma anche più duttile ed elastico. Questi suoi pregi tuttavia non gli permisero di prevalere definitivamente sul ferro, metallo caratterizzante la prima rivoluzione industriale, bensì lo resero una valida alternativa al suo utilizzo. La motivazione principale di questo mancato sorpasso non sta tanto nella produzione vera e propria, che come anticipato precedentemente risultava essere meno complicata di quella del ferro, ma nella produzione di un acciaio di qualità, dati gli elevati standard qualitativi del tempo. Problemi che vennero risolti in seguito ad importanti studi effettuati da Bessemer, che introdusse il celebre forno a pera che passerà alla storia con il suo nome e che per primo permise di ottenere acciaio di alta qualità in forma liquida, sfruttando l'eliminazione del carbonio in eccesso tramite l'aria che vi penetrava all'interno grazie a particolari fori.

Come visto in precedenza per i fertilizzanti, anche l'acciaio trova impiego in un altro settore, quello dei trasporti. A partire dal 1870 divenne il materiale, mischiato a piccole quantità di ferro, maggiormente utilizzato nella produzione di barche, permettendo la costruzione di battelli di più ampie dimensioni rispetto a quelli producibili con il legno.

Quelli marittimi non furono gli unici mezzi di trasporto a diventare maggiormente efficienti. All'interno della seconda rivoluzione industriale il sistema ferroviario, con cabine più comode e l'incremento della velocità di percorrenza dei treni, garantiva un trasporto sicuro e sempre più apprezzato dalla popolazione. Veri punti di svolta in questo senso furono l'introduzione del motore a Diesel e delle locomotive elettriche introdotte alla fine del XIX secolo da parte del celebre inventore ed ingegnere Rudolf Diesel. Sempre in questo settore non meno importante fu lo sviluppo e la vendita delle prime biciclette che divennero non solo uno strumento in voga, ma che causarono anche notevoli modificazioni dei classici modelli residenziali urbani del

tempo, specialmente dopo l'introduzione dello pneumatico da parte di Dunlop. Infine degni di nota sono gli studi effettuati dai fratelli Wright che per primi, progettando e costruendo quello che passa alla storia come Flyer I, considerato il primo mezzo motorizzato più pesante dell'aria ad aver eseguito un volo controllato, diventarono due tra i più importanti aviatori dell'era pionieristica.

Non appartengono ad alcun settore finora descritto due delle scoperte che hanno fatto nascere l'idea moderna di manifattura: l'intercambiabilità delle componenti di un prodotto e la produzione a flusso continuo. La prima, non identificabile come innovazione vera e propria, creò un nuovo metodo di produzione, non solo di beni ma anche di servizi enfatizzando la cura per i dettagli e la qualità delle suddette componenti. La seconda, modifica, invece, l'abitudinaria attività lavorativa permettendo agli operai di rimanere fermi, di evitare sprechi di tempo causati da spostamenti ma soprattutto di specializzarsi in un'attività e di svolgerla al meglio.

Questi due concetti rivoluzionari furono combinati e trovarono applicazione nel celebre impianto di assemblaggio di automobili di Henry Ford. Un prodotto molto complesso diventava, in questo modo, facile da produrre con un costo contenuto, agevolando i compratori finali.

Interessante notare quindi il passo in avanti che si compie in questo periodo denso di scoperte ed innovazioni. Quest'ultime non sono più fini a sé stesse ma si scoprono versatili, intercambiabili e applicabili in più settori, creando un ecosistema economico dal potenziale elevato che non fa altro che incentivare ulteriori studi e ricerche.

1.1.3. La Terza Rivoluzione Industriale

Si noti come con il passare dei secoli e l'avvenire di nuove rivoluzioni si delinei quel sistema produttivo che caratterizza il nostro tempo: nuove tecnologie a servizio dell'uomo, create dallo stesso. Prima di approfondire questa tematica però è necessario affrontarne un'altra, la terza rivoluzione industriale, l'ultima tappa storica degna di nota, che ci separa dal modo di considerare l'impresa come la intendiamo oggi. Anche quest'ultima rivoluzione dipende da innovazioni scientifico-tecnologiche, che se inizialmente erano destinate ad incrementare la competizione militare, successivamente si riversano sempre più ampiamente nel mondo della produzione e delle comunicazioni a uso civile. Una delle scoperte che sicuramente diede il via a quest'era fu quella del transistor, che insieme ad invenzioni successive come i microprocessori, rese possibile la miniaturizzazione di alcuni apparecchi tecnologici che si erano diffusi in precedenza quali radio, televisori, radar, altoparlanti, ed ogni altro strumento basato sull'elettronica.

Particolarmente utile ed esplicativo è l'esempio del calcolatore elettronico. Il primo esemplare costruito negli anni 40 funzionava per mezzo di 19 mila valvole collegate fra loro da mezzo milione di contatti saldati a mano ed era ovviamente di grandissime dimensioni. L'uso dei transistor, di circuiti integrati e poi di microprocessori ha permesso di ridurre le dimensioni, di aumentarne la potenza, la velocità di calcolo e il numero di funzioni, arrivando alla costruzione, nel 1977, dei primi personal computer. Come diretta conseguenza alla diffusione di questi prodotti, si affermano discipline come la cibernetica, che studia i meccanismi degli organismi viventi per riprodurli nelle macchine; l'informatica, che produce programmi per elaborare e trasmettere dati e la robotica, che punta a creare macchine in grado di sostituire l'uomo in sempre più attività.

I settori industriali trainanti diventano la microelettronica, le telecomunicazioni, i computer, le macchine utensili, i robot industriali e le biotecnologie. Tratto distintivo di questi nuovi ambiti è lo scarso utilizzo di energia e materie prime in favore di tecnologie leggere che permettono di valorizzare maggiormente quelle che sono la progettazione e la ricerca scientifica piuttosto che la produzione materiale in senso proprio.

Per le ovvie ragioni che fino ad ora sono state esposte molti autori definiscono questa terza rivoluzione industriale come la rivoluzione informatica. Essa, infatti, ha come assi portanti la fusione fra il computer e le reti telefoniche e televisive in un'unica rete, e l'applicazione dell'informatica nelle fabbriche, negli uffici e nella distribuzione. Questa più di qualsiasi altra scoperta osservata fino ad ora, svolge un ruolo fondamentale nell'eliminazione di due delle variabili chiave delle precedenti tappe di sviluppo del sistema economico: lo spazio e il tempo. Non solo annulla le distanze e riduce in maniera drastica lo scambio di informazioni, ma rende le attività reali virtuali. La comunicazione non è più qualcosa di vincolante, che deve avvenire nella realtà, si smaterializza. Conseguenze implicite in questo processo diventano la creazione di un unico mercato globale in cui la variabile determinante all'interno di un'azienda non è più la sua grandezza in senso materiale, ma piuttosto, data la possibilità di decentrare la produzione in varie reti di piccole e medie aziende collegate tra di loro, il fatto di rappresentare un cervello centrale di progettazione e controllo.

Più delle altre due, questa rivoluzione determina profondi cambiamenti nella vita e nel modo di lavorare delle persone. Interessante in merito è il pensiero di un economista e provocatore statunitense, Jeremy Rifkin. In un suo intervento egli spiega come, dopo la diffusione del vapore e dell'elettricità, la terza rivoluzione industriale riguardi il digitale e introduca l'economia della condivisione. Delinea questa come una trasformazione radicale che non si focalizza più solo sulla figura del consumatore ma anche su quella del prosumer, produttori e consumatori allo

stesso tempo, permettendo la nascita di nuovi mestieri completamente diversi da quelli attuali e immaginando un giorno in cui dovremo spiegare ai nostri nipoti come mai ci sia stato un tempo in cui un camion doveva essere guidato dal suo proprietario per otto ore al giorno. Quello che conterà non sarà più il possesso, ma la possibilità di accedere ai servizi.

Argomentazioni che possono risultare provocatorie ed esagerate, ma che correttamente esprimono l'ambizione e la vicinanza nel modo di pensare che appartiene ai nostri giorni.

In questo quadro generale da cosa dipenderà il successo di un'impresa? Sicuramente dalla sua capacità di cogliere le opportunità derivanti dalle nuove tecnologie, da un più facile accesso ai mercati, dal saper migliorare le proprie strategie organizzative e la qualità della propria produzione ed infine essere elastica e, quindi, capace di sperimentare ed esplorare soluzioni e mercati sempre più nuovi.

Parallelamente al progresso registrato dalle strutture finanziarie, industriali e sociali, si sono sviluppate anche le aziende fornitrici di servizi che hanno, fin da questo momento, iniziato ad assumere un ruolo trainante nell'economia (Jeremy Rifkin). Grazie alla celebre raccolta annuale, Italia in cifre, effettuata dall'ente ISTAT possiamo verificare come le quote relative ai servizi mostrino una netta crescita e di fatto raddoppino partendo dal 29% del 1960 al 59,6% del 1991. Queste raccolte statistiche si dimostrano utili al nostro scopo per sottolineare come negli ultimi 50 anni si sia verificato un cambiamento nel sistema economico e più in particolare come il ruolo dei servizi, e quindi del settore terziario, diventi sempre più importante nei paesi industrializzati a danno di quello agricolo.

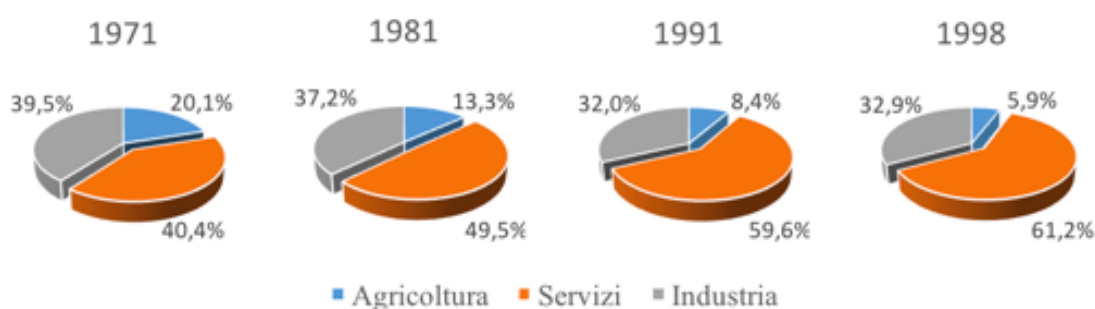


Figura 1: Occupati per settore produttivo. (ISTAT, Italia in cifre, 1999)

Diviene essenziale, nel cercare di comprendere la ragione di questa crescita esponenziale, l'analisi delle diverse tipologie di servizi alle imprese. Uno studio del Ministero delle Comunicazioni in ambito di sviluppo economico permette una suddivisione dei più noti. Tra di essi possiamo considerare i servizi avanzati all'interno dei quali fanno capo le forniture di attrezzature, macchinari e beni; informatica, ricerca e sviluppo, consulenza legale, fiscale e

tecnica; indagini di mercato e analisi dei dati raccolti per capire i bisogni dei consumatori, pubblicità, ecc. Altra tipologia è quella dei servizi a rete in cui si situano i trasporti e le comunicazioni per trovare infine i servizi commerciali.

Lo stesso studio non riporta semplicemente questa classificazione ma evidenzia le ragioni di questo mutato epicentro dell'economia del XX secolo. Il motivo principale è la notevole riduzione dei costi di produzione da parte delle aziende. Essa è avvenuta non solo grazie all'automazione di gran parte dei processi produttivi con la relativa sostituzione del personale addetto alle macchine, ma anche grazie alle possibilità offerte dall'outsourcing che hanno permesso una maggior concentrazione su quelle fasi che più interessavano l'azienda.

La crescita innesca un ciclo virtuoso che si traduce in un incremento della domanda e permette la creazione di un ambiente in cui sempre più imprenditori e professionisti sono disposti ad investire il loro capitale.

Quale può essere il risultato, in estrema sintesi, di quello che è avvenuto negli ultimi 50 anni? Sicuramente, l'introduzione di nuove tecnologie, a partire da Internet, connessa al sempre maggior numero di servizi offerti, garantiscono vantaggi sia alle industrie, come abbiamo visto in precedenza, sia al consumatore. Benefici che derivano dalle maggiori possibilità di scelta e di libertà che ci offre la tecnologia permettendoci di conoscere l'aspetto, le caratteristiche e il prezzo del prodotto a cui siamo interessati, abbattendo distanze e tempi ma potendo comunque scegliere sia la varietà sia il volume del nostro consumo. Il risultato finale è sicuramente la creazione di un mercato potenzialmente enorme a costi inferiori rispetto a quello tradizionale che porta con sé alcune questioni spinose. La digitalizzazione rapida e in via di accelerazione porterà probabilmente alterazioni economiche più che ambientali, riconducibili essenzialmente al minor bisogno di certi tipi di dipendenti data la sempre maggior potenza dei computer (Brynjolfsson, McAfee). Si delinea quindi il bisogno di lavoratori altamente specializzati a danno dei lavoratori con capacità ordinarie le cui competenze saranno replicabili da computer, robot e altre tecnologie ad una velocità sicuramente maggiore.

Lo scenario che si prospetta imminente, quello che da molti storici ed economisti viene definita "Seconda Età delle Macchine", non è comunque maturo. Rappresenta sicuramente un punto di svolta che porterà con sé sfide e difficoltà che dovranno essere risolte ma così come sono state necessarie più generazioni per migliorare la macchina a vapore ci vorrà altrettanto per mettere a punto le nostre macchine digitali.

1.2. La Nuova Rivoluzione Digitale

Il percorso storico finora descritto ci permette di comprendere il passaggio da un'economia pre-industriale, in cui il settore dominante era l'agricoltura e in cui si produceva per il sostentamento, sfruttando una delle poche risorse disponibili, la terra; ad una seconda fase caratterizzata da un'economia industriale in cui si identificano due tipologie di attori: produttori in posizione dominante e consumatori in posizione dominata, in cui le risorse principali sono costituite dalle fonti energetiche che presero piede nel periodo della seconda rivoluzione industriale. Più recentemente abbiamo vissuto una terza fase. Essa delinea un'economia post-industriale, con un'ampia gamma di servizi, con un'inversione rispetto al periodo precedente in termini di dominanza degli attori (produttori in posizione dominata, consumatori in posizione dominante), in grado di sfruttare risorse come informazione, conoscenza e creatività per servire un consumatore sempre più esigente e difficile.

Questi cambiamenti non sono altro che il preludio all'avvento di un'ulteriore rivoluzione: la quarta. Dopo il vapore (prima), l'elettricità (seconda) e i computer (terza), impareremo a considerare come il perno centrale della quarta sia l'Internet of Things e la sua integrazione all'interno di una nuova idea di impresa, la Fabbrica 4.0 con i suoi processi industriali.

Calandosi nel particolare, tuttavia, è un altro il termine più corretto per identificare lo scopo e la volontà di quest'ultima rivoluzione: "Manufacturing 4.0". Il motivo risiede nel fatto che l'obiettivo è quello di aumentare la competitività delle industrie manifatturiere, attraverso la crescente integrazione di "sistemi cyber-fisici" (cyber-physical systems o CPS), nei processi industriali.

Questi sistemi costituiscono macchine intelligenti e connesse ad internet che non fanno altro che sostituire, come accennato precedentemente, il lavoro svolto dagli esseri umani. In questo modo va a delinearsi un sistema produttivo totalmente nuovo in cui i progettisti delle aziende non studiano più una nuova catena di montaggio, ma un network di macchine che non solo riescano a produrre di più e con meno errori, ma anche modificare autonomamente gli schemi di produzione a seconda degli input ricevuti esternamente, e nel frattempo mantenere un'elevata efficienza.

Non solo, l'IoT sta trasformando il controllo in fabbrica e nelle strutture produttive, ma sta anche aumentando l'agilità e la flessibilità nei processi di produzione. Permetterà alle aziende di coinvolgere i loro clienti più da vicino nel processo di produzione e di reagire più velocemente alle mutevoli esigenze e cambiamenti del mercato.

1.2.1. La nuova manifattura a confronto con il passato.

Se il processo produttivo vero e proprio verrà curato nel dettaglio nei prossimi capitoli, ancora una volta per capire quale sia il risultato di questa quarta rivoluzione industriale è opportuno calarsi all'interno della nuova manifattura e confrontarla con alcuni paradigmi del passato e in particolare sugli attori, sui luoghi dove avviene la produzione, sulla tipologia di prodotto che si ottiene alla fine del processo e chi ne diventa il destinatario.

Illuminante in tale ambito è l'indagine di Abel ed altri ricercatori che declinano nel seguente grafico quattro diversi paradigmi di manifattura che sono presenti nei nostri giorni.

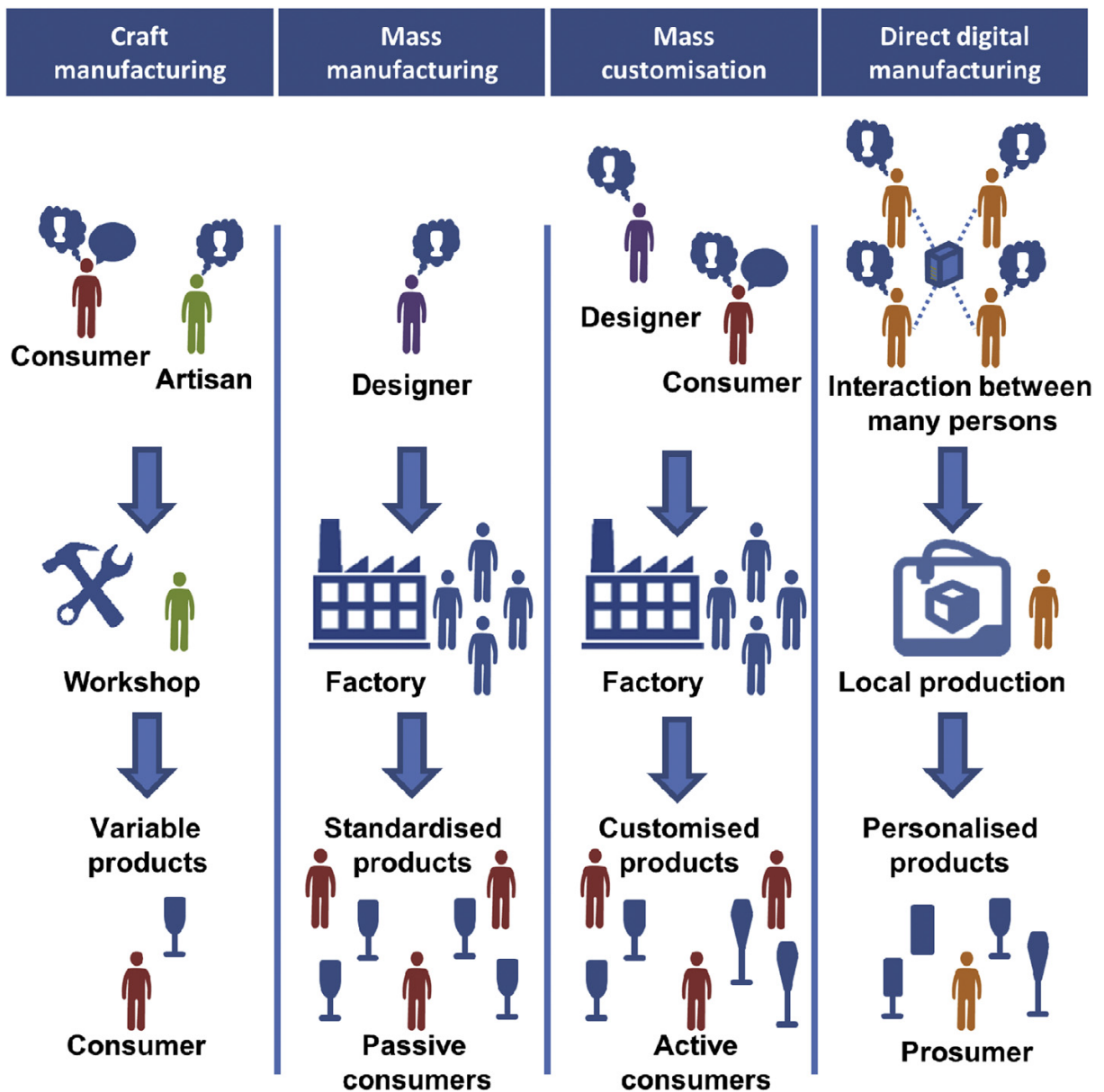


Figura 2: Confronto tra le diverse tipologie di manifattura (Chen et al., *Direct Digital manufacturing: definition, evolution, and sustainability implications*”, *Journal of Cleaner Production*, 2016)

Un buon punto di partenza all'interno di questa nostra analisi può essere considerato il modello della manifattura artigianale. Al suo interno pochi esperti si adoperano, utilizzando le loro conoscenze e le loro capacità, alla produzione di una vasta gamma di oggetti che però presentano similitudini e per loro natura sono difficilmente personalizzabili. Tutto il processo produttivo avviene all'interno di laboratori specializzati e permette la fruizione del prodotto ad alcuni consumatori che ai più oggi giorno piace definire "di nicchia", e quindi ai consumatori disposti ad acquistare un prodotto il cui valore è direttamente proporzionale al lavoro impiegato per ottenerlo. Nonostante sia uno dei modelli più antichi permane con un'elevata percentuale all'interno del nostro territorio dove l'artigianato ed il "made in Italy" sono implicazioni l'uno dell'altro. A dimostrazione di ciò, la seguente tabella mostra una raccolta di dati statistici presentata annualmente dalla Camera di Commercio, permettendoci non solo di sintetizzare la percentuale di imprese artigiane sul totale delle imprese attive in Italia ma anche di evidenziare come nel corso degli ultimi tre anni la stessa non sia mai scesa al di sotto del 26%. Stando a quanto sotto riportato, si evince quindi che nel nostro territorio un'impresa su quattro opera ancora utilizzando questo metodo di produzione.

	2014				2015				2016
	31 Mar	30 Giu	30 Sett	31 Dic	31 Mar	30 Giu	30 Sett	31 Dic	31 Mar
TOT.	26,78%	26,74%	26,68%	26,64%	26,50%	26,40%	26,30%	26,24%	26,08%

Tabella 1: Percentuale di imprese Artigiane attive nel territorio (Camera di Commercio, 2016)

Il paradigma direttamente successivo a quello appena analizzato è quello in cui non ci si serve più delle abilità di pochi all'interno di un laboratorio specializzato, bensì della catena di montaggio. Essa permette la produzione su larga scala di prodotti standardizzati e a basso costo unitario, destinati ad un gruppo di consumatori passivi, che non ha quindi la possibilità di determinarne le caratteristiche. Non è richiesta la specializzazione dei lavoratori che guidano il prodotto nelle varie fasi della sua lavorazione ma più che altro una corretta divisione delle loro mansioni. Risulta inoltre caratterizzata da un'elevata meccanizzazione, un attento utilizzo dei materiali e attenzione all'efficienza. L'ambiente più idoneo al sistema che abbiamo brevemente descritto risulta quindi essere la fabbrica, essendo in grado di contenere macchinari di grandi dimensioni necessari a produrre un altrettanto grande quantità di prodotti. Se da un lato la grande parte delle aziende esistenti ai nostri giorni utilizza questo paradigma, esso non si è mai dimostrato esente da critiche, in particolar modo riguardanti lo stress a cui sono sottoposti i lavoratori specializzati nell'affiancamento alla catena di montaggio.

Nonostante queste critiche la produzione di massa permette un risparmio notevole in termini di energia fisica del lavoratore, come sottolineavano alcuni autori. Hounsbell, in particolare, confrontò la produzione di massa con la tarda produzione di tipo artigianale mettendo in luce il

<i>Minuti di lavoro per montaggio di:</i>	<i>Tarda produzione Artigianale (Autunno 1913)</i>	<i>Produzione di Massa (Primavera 1914)</i>	<i>Risparmio di energia (%)</i>
Motore	594	226	62
Magnete	20	5	75
Assale	150	26.5	83
Veicolo completo a partire dai componenti principali	750	93	88

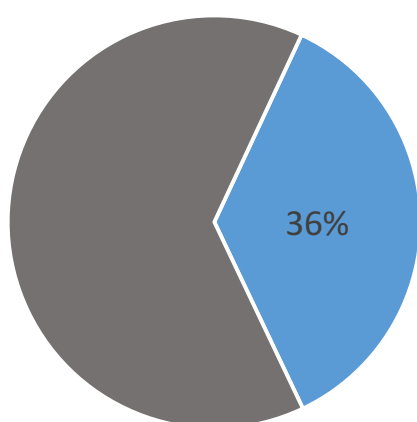
Tabella 2: Diminuzione del lavoro (% di energia risparmiata) nel passaggio tra produzione artigianale e produzione di massa al reparto di assemblaggio della Ford, 2010.

risparmio di energia che derivava dall'utilizzo della catena di montaggio nel reparto di assemblaggio della Ford. La seguente tabella riporta i dati contenuti all'interno del suo celebre libro "From the American System to Mass Production".

Un ulteriore paradigma molto simile a quello appena descritto è la personalizzazione di massa. Quest'ultimo modello differisce da quello descritto in precedenza per il ruolo fondamentale che ricopre, al suo interno, il consumatore. Il destinatario del prodotto finale non è più una figura passiva ma agisce attivamente nella produzione del bene che in seguito acquisterà. Potrà infatti agire non solo sugli aspetti funzionali del prodotto, cioè quelli che ne influenzano l'utilizzo, ma anche su quelli emozionali determinandone il design e alcuni attributi estetici. Proprio per questa ragione la comunicazione non è più unidirezionale come nella produzione di massa ma diventa bidirezionale. Da questa premessa nascono svariati modi con cui il consumatore finale interagisce con chi di fatto costruisce il prodotto creando implicitamente diverse tipologie di personalizzazione. Esempi sono la collaborative customization (personalizzazione collaborativa) in cui l'impresa definisce insieme a ciascun cliente le specifiche del prodotto o servizio in grado di soddisfare al meglio i suoi bisogni, e produce il bene personalizzato sulla base delle informazioni ricevute; adaptive customization (personalizzazione adattiva): l'impresa produce un prodotto standard, che però può essere personalizzato direttamente dai clienti finali, i quali hanno pertanto la possibilità di modificarne le caratteristiche. Proseguendo possiamo considerare la transparent customization (personalizzazione trasparente) in cui l'impresa fornisce ai clienti prodotti personalizzati ma non mette in evidenza questo aspetto; in questo caso è fondamentale soddisfare accuratamente i bisogni della clientela; ed infine la cosmetic customization (personalizzazione cosmetica) dove l'impresa produce un unico

prodotto standardizzato e ne personalizza esclusivamente la fase di vendita. Se da un lato, com'è facilmente intuibile, aumentano sia le alternative di acquisto che il produttore può sottoporre al cliente finale, sia le varianti di prezzo applicabili agli stessi; anche questo paradigma, come gli altri finora descritti, non si dimostra esente da critiche. Sicuramente offrire alternative è un pregio ma è necessario individuare la soglia oltre il quale il consumatore si sentirebbe poi disorientato. I tempi di attesa per la personalizzazione del prodotto non possono essere eccessivi e in caso negativo questo porterebbe ad una scarsa fidelizzazione del cliente.

% consumatori che vogliono un prodotto personalizzato



Specifiche:

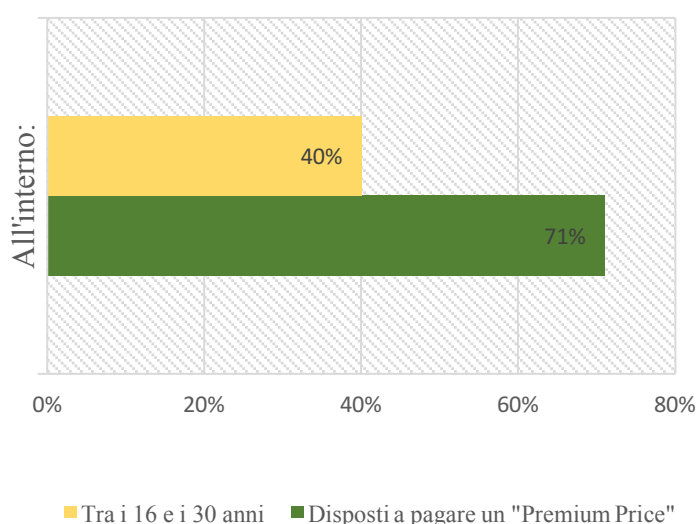


Figura 3: Trend relativi alla personalizzazione di massa. (Deloitte LLP, 2016)

Nonostante le criticità descritte, la possibilità di personalizzare un prodotto e in altre parole di renderlo proprio, stuzzica il consumatore dei nostri giorni. Come riportato graficamente nella figura 3 grazie ad un recente sondaggio effettuato da Deloitte, il 36% dei consumatori vuole e ama personalizzare un prodotto. In particolare all'interno di questa percentuale il 40% ha un'età compresa tra i 16 e i 30 anni e il 71% di essi è disposto a pagare un "premium price" derivante dal servizio di personalizzazione garantitogli.

Dalla comprensione di questi primi tre paradigmi è facilmente intuibile come ognuno di essi sia parte integrante del nostro sistema economico e come ognuno di essi non prevalga in maniera definitiva sugli altri due. La loro diversità in fin dei conti sta nel come offrono il prodotto finale e a chi lo forniscono. Possiamo quindi considerare il quarto paradigma, ovvero quello che emerge dalla quarta rivoluzione industriale, come una sintesi dei precedenti? Ne raccoglie solo gli aspetti positivi? Anche se verrà analizzato in seguito in maniera più

approfondita, è interessante comprendere in questo momento lo scenario che ne ha permesso lo sviluppo e quelle che sono le idee centrali all'interno della nuova manifattura.

Se, come detto precedentemente l'obiettivo è aumentare la competitività dell'industria manifatturiera, sono forti le sue interazioni con il resto del tessuto economico, dall'approvvigionamento all'impiego delle materie prime e forniture energetiche, a monte, ai servizi alle imprese (ad esempio logistica, ingegneria, informatica, consulenza, marketing e comunicazione, servizi tecnici e professionali, valutazioni di conformità), a valle, fino alle attività rivolte ai consumatori (ad esempio servizi post vendita per i beni durevoli) o di supporto al turismo e alla cultura.

Comprendere a pieno le dimensioni di questo cambiamento non è facile, soprattutto per la vastità delle sue applicazioni e dei nuovi strumenti di cui si serve. A riguardo, Boston Consulting Group ha pubblicato un interessante manuale in cui evidenzia le 9 aree tecnologiche che daranno vita alla trasformazione dell'industria del futuro: nuovi sistemi di integrazione verticali e orizzontali che permettono di sfruttare l'IT per fare networking fra i dipartimenti aziendali e fra i partner della catena di valore; l'Internet of Things, ovvero, un insieme di dispositivi e macchine che comunicano fra loro con sistemi di controllo centralizzati permettendo una migliore automazione dei processi; Cybersecurity per l'ovvia crescita del rischio derivante dalla condivisione di dati; Cloud, cioè la gestione flessibile di dispositivi, memoria e dati. Proseguendo troviamo i Big Data Analytics che rivoluzioneranno il marketing, la produzione e la strategia d'azienda permettendo un maggior numero di ricerche di mercato e clienti identificabili in target più specifici; la Stampa 3D che verrà sempre più utilizzata offrendo creazione immediata, personalizzata e precisa; ed infine due aree che agli occhi di molti sembrano fantascienza ma si potrebbero rilevare più attuali del previsto: la realtà aumentata e i robot. La prima avrà un ruolo importante nell'incrementare la produttività e aiutare a prendere le decisioni in maniera più efficace e consapevole permettendo la formazione del personale e istruzioni "digitali" sul posto di lavoro; mentre la seconda trova già applicazione all'interno di un'industria tramite l'utilizzo di braccia meccaniche che contribuiscono all'assemblaggio e allo spostamento dei pezzi lungo la catena di montaggio. Quello che si intende qui, invece, è il vero e proprio robot pensante in grado di decidere la soluzione migliore, all'interno di una lista di decisioni disponibili e in base alle necessità del caso.

Come sottolinea Ennio Lucarelli, presidente di Confindustria Servizi Innovativi e Tecnologici, «dobbiamo cogliere le opportunità che offre quella che definiamo la quarta rivoluzione industriale. Le attività industriali sono integrate in catene di valore sempre più ricche e complesse a cui partecipano grandi aziende industriali e piccole o medie imprese (PMI) attive

nei diversi settori e paesi. Questa quarta rivoluzione industriale sta aumentando le sinergie tra manifattura e servizi, in particolare tra manifattura e Business Services che diventano sempre più importanti nella ridefinizione delle catene del valore globali. Deve essere una rivoluzione che aiuti le imprese, soprattutto le PMI, a meglio comprenderne le dinamiche e a individuare nuove strategie di crescita e sviluppo; sia di un ripensamento delle politiche industriali, non più orientate solo al manifatturiero, ma ripensate e integrate con obiettivi di crescita, innovazione e produttività del manifatturiero e dei servizi, e ridefinite appunto come "politiche per la crescita". Tecnologie come la manifattura digitale, l'Internet delle cose, i big data, il cloud e fenomeni come l'open innovation, il crowdsourcing, la circular economy da cui si generano nuovi modelli di business ma anche nuovi sistemi di finanza come il crowdfunding, stanno avendo un impatto rilevante nella manifattura e nei servizi collegati e stanno rivoluzionando la competitività nella manifattura. Non solo le tecnologie stanno cambiando il modo di competere delle imprese ma anche come si costruiscono e si identificano i talenti, come si fa innovazione, in azienda e per l'azienda».

Grazie a queste parole, possiamo sicuramente intuire l'importanza e la portata di quest'ultima rivoluzione e di ciò che essa determina nella comune accezione di impresa manifatturiera. Questo nuovo modello trova i suoi punti cardine in un'accentuata interazione, nella personalizzazione che permane come desiderio di chi richiede il prodotto e in un'inversione di tendenza del destinatario dello stesso che non è più il consumatore ma il prosumer, parola con cui ci si riferisce ad un "utente" con un ruolo più attivo nelle fasi di creazione, produzione, distribuzione e consumo di un prodotto.

Dopo aver sintetizzato in poche pagine la storia della tecnologia e i paradigmi manifatturieri esistenti risulta opportuno approfondire le due idee che ne sono la base: la digitalizzazione e l'informatizzazione.

1.3. Le Idee Centrali: Digitalizzazione e Informatizzazione.

Molte situazioni e molte nostre abitudini che diamo per scontate sono diventate possibili e fattibili solo negli ultimissimi anni grazie all'accumularsi della potenza digitale e al calo dei costi ad essa connessi. Moore, cofondatore di Intel, aveva già previsto tutto ciò nel 1965 quando in una rivista specializzata, "Electronics" pubblicò un articolo, dal titolo "Infilare più componenti nei circuiti elettrici", all'interno del quale intravide il potenziale degli stessi. Scrisse infatti che "i circuiti integrati ci porteranno meraviglie come i computer casalinghi, o almeno i terminali collegati ad un computer centrale, i controlli automatici per le automobili e gli apparecchi portatili per le comunicazioni personali". La crescita della potenza di calcolo

permessa da una riduzione dei componenti ormai costante nel recente passato (legge di Moore), incide nel contesto economico su diversi mercati, da quello dell'editoria, a quello della musica, fino all'e-commerce. Esempi chiari sono i supporti musicali come i cd o i vinili la cui diffusione è ampiamente venuta meno grazie alla nascita della distribuzione digitale di album o di singoli brani. Pensiamo anche ad Amazon, che nonostante i 15 anni spesi per la creazione e l'ottimizzazione degli e-book oggi vanta la più ampia scelta di libri in commercio ed è diventata la più grande libreria al mondo. La maggior velocità dei processi digitali ha portato inoltre alla trasformazione di interi settori come per esempio quello dei viaggi. Tale settore, che era completamente controllato da luoghi fisici quali le agenzie, ora è in mano a pochi siti di livello internazionale, basti pensare ad Expedia.

Gli effetti economici di tutto questo, sono sintetizzabili in una fortissima redistribuzione dei margini e della ricchezza. Il processo che sta portando a tutto ciò è ben noto e sempre più presente nella nostra economia: la digitalizzazione. Essa non è altro che l'attività che consiste nel trasformare ogni tipo di informazione e supporto, testi, suoni, foto, video, dati provenienti da strumenti e sensori di ricerca nell'uno e nello zero che formano il linguaggio binario del computer e dei suoi derivati. Per comprendere a pieno questo cambiamento è necessario "slegare" il concetto di digitalizzazione dall'elettronica o dall'informatica e applicarlo ogni volta che si ha a che fare con la rappresentazione o con la misura di quantità o di grandezze. Di fronte alla comune e storica misurazione analogica, caratterizzata da una serie infinita di valori possibili che devono essere interpretati da chi di fatto compie la misurazione, se ne sviluppa un'altra: quella digitale. Essa consiste nel confrontare la grandezza che si vuol misurare con una serie di valori campione, per stabilire quali e quanti di tali campioni approssimano più da vicino il valore della grandezza che rappresenta l'incognita. Le differenze principali sono essenzialmente due. La prima sta nel fatto che se si misura una grandezza in modo analogico, il risultato può assumere uno qualsiasi degli infiniti valori possibili, anche talmente vicini da non essere distinguibili, basti pensare ad una fotografia scattata da una macchina fotografica che potenzialmente è formata da infiniti pixel; d'altro canto misurando una grandezza con la tecnica digitale, il risultato è rappresentato tramite riferimento ad un numero limitato di simboli di valore prestabilito e può pertanto essere soltanto uno dei valori ottenibili dalla combinazione dei valori utilizzati. Un'immagine digitale è quindi costituita da un insieme di numeri che rappresentano ciascuno un elemento dell'immagine che corrisponde ad un punto.

La possibilità di compiere queste misurazioni digitali, e di trasformare tutto in un linguaggio conoscibile dal computer è un fenomeno che negli ultimi anni, al pari della quarta rivoluzione industriale, ha assunto direzioni inattese. Si è vista infatti un'esplosione non solo in termini di

volume ma anche di velocità e varietà che comporta due principali conseguenze: da un lato sono visibili nuovi modi di acquisire informazioni e conoscenza; dall'altro sempre maggiori ritmi di innovazione.

Ovviamente, come rivela il rapporto Assinform effettuato a marzo di quest'anno, l'avvento della digitalizzazione sconvolge le dinamiche del mercato e particolarmente interessante risulta essere la situazione italiana che in questi termini è uno dei paesi più carenti in Europa. Nonostante ciò, come mostra la figura, negli ultimi due anni il mercato della digitalizzazione mostra trend positivi con crescita in tutti gli ambiti e in particolar modo nell'ambito dei contenuti e delle tecnologie digitali.

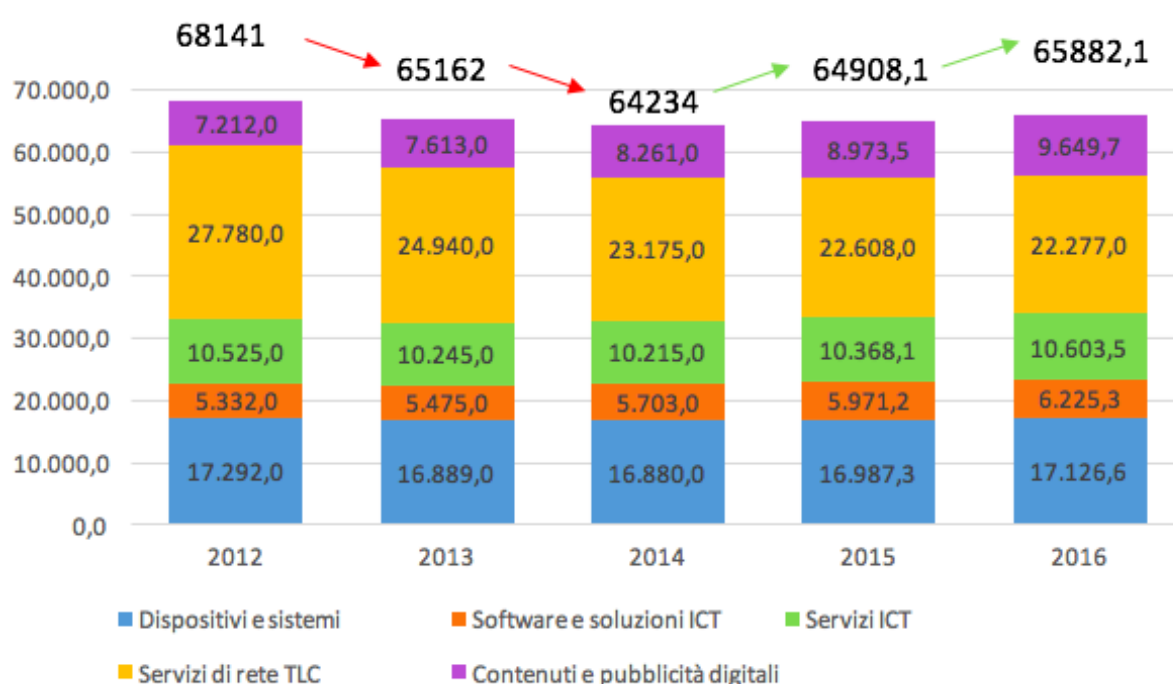


Figura 4: Il mercato della digitalizzazione in Italia. (Assinform, 2016).

1.3.1. Digitalizzazione e Informatizzazione: le caratteristiche.

Una volta compreso come la legge di Moore ha, fin dall'inizio, influenzato e reso possibile la digitalizzazione; è opportuno considerare le caratteristiche e le ben note proprietà dell'informazione digitale. La prima è sicuramente quella di essere "non rivale" con un costo marginale di riproduzione prossimo allo zero. Essa, quindi, non si esaurisce nel momento del suo utilizzo e si dimostra facilmente copiabile una volta usata. Un primo concetto da chiarire è sicuramente quello di bene "rivale" e "non rivale". Ad aiutarci entra in gioco la disciplina della sociologia. Se i primi sono quei beni che possono essere consumati da una sola persona o cosa alla volta, come il carburante o il cibo; i secondi sono quelli il cui consumo da parte di un

individuo non comporta alcuna sottrazione del consumo dello stesso bene da parte di un altro individuo. L'esempio di un bene non rivale può essere quello di una lezione universitaria: la presenza di uno studente non impedisce e non influenza la presenza da parte di un altro.

Se due individui volessero leggere contemporaneamente la raccolta di poesie di Edgar Allan Poe di fronte a loro si presenterebbero due strade: la prima sarebbe quella di fotocopiare l'intera raccolta passando però molto tempo alla fotocopiatrice che, oltre a non rivelarsi una scelta economica, garantirebbe sicuramente un risultato di qualità minore rispetto all'originale, senza considerare i problemi che potrebbero emergere in tema di diritti d'autore. D'altro canto la seconda strada che, ai nostri giorni, si sta rivelando la più percorribile, è quella di acquistare una copia digitale dei poemi di Poe che, con un paio di clic di mouse o di tastiera, può essere facilmente duplicata, salvata ed inviata a chiunque; garantendo anche un risultato perfettamente identico all'originale, seguendo un procedimento che, esclusa la prima copia che potrebbe essere costosa da riprodurre, si rivelerebbe economico, veloce e facile. Tutto questo identifica una proprietà tipica dei bene non rivali che è quella di avere un costo marginale di riproduzione prossimo allo zero. Non c'è un costo addizionale ogni volta che spediamo o riceviamo dati se non quello derivante dall'utilizzo di Internet.

Shapiro e Varian riassumono queste caratteristiche sostenendo che in un'era come la nostra, caratterizzata da computer e reti, "l'informazione è costosa da produrre ma poco costosa da riprodurre". Una parte di essa risulta addirittura fruibile in maniera gratuita vista la grande quantità di persone che dedicano il proprio tempo a produrre contenuti da mettere in rete senza chiedere soldi in cambio. Esempio eloquente è rappresentato da Wikipedia, il più grande corpus enciclopedico al mondo i cui contenuti sono scritti, inizialmente, e corretti successivamente da volontari sparsi in tutto il mondo che svolgono questo servizio in maniera completamente gratuita e altrettanto vale per la grandissima quantità di siti web o blog che popola internet i cui creatori non percepiscono alcuna ricompensa monetaria. Tutto questo non ci stupisce se pensiamo alla continua volontà di interagire e di condividere che contraddistingue non solo l'essere umano, ma anche l'utente e che, come diretta conseguenza, lo ha portato a generare sei dei dieci più popolari siti di contenuti in tutto il mondo.

1.3.2. La Comunicazione M2M

Quello che in realtà dovrebbe stupirci non è quindi la gioia di esprimerci e di comunicare tra di noi utilizzando le nuove possibilità che ci vengono fornite dalla seconda era delle macchine, bensì la crescente capacità delle stesse di "parlare" tra di loro: la cosiddetta comunicazione M2M. Acronimo di Machine-to-Machine, è un termine che, stando alla definizione fornita

dall'Autorità per le Garanzie nelle Comunicazioni nel documento "Indagine conoscitiva concernente i servizi di comunicazione Machine to Machine" indica le tecnologie e i servizi che permettono il trasferimento automatico delle informazioni da macchina a macchina con limitata o nessuna interazione umana. Esempi sono le apparecchiature che si occupano di localizzazione, che tracciano cioè la posizione dei veicoli e quelle che si occupano della gestione del magazzino e che monitorano il materiale in ingresso e in uscita.

La stessa Autorità per le Garanzie nelle Comunicazioni, sulla base della schematizzazione proposta in un altro rapporto, definito SCREEN (Servizi e Contenuti per le reti di Nuova Generazione), suggerisce quattro elementi che contraddistinguono le comunicazioni M2M: la raccolta di dati, la trasmissione di essi, l'estrazione dell'informazione ed infine il suo utilizzo. Citando le loro parole «il processo di una comunicazione M2M parte dall'acquisizione dei dati da una macchina per poterli poi analizzare e trasferire utilizzando una rete di comunicazione. L'obiettivo di un sistema M2M è di creare un ponte tra l'intelligenza della macchina e il sistema di elaborazione/fruizione dell'informazione». La trasmissione invece può essere costituita dalla rete cellulare, dalla linea telefonica, dalle comunicazioni satellitari e da reti ad hoc e risulta quindi variabile in relazione alle aree di riferimento. L'estrazione di un'informazione è un elemento che dipende dalle «capacità computazionali e di analisi del sistema, di ricezione ed elaborazione»; mentre per quanto riguarda l'ultimo elemento, l'utilizzo dell'informazione, si punta a migliorare l'efficienza del processo «tramite l'automatizzazione del flusso dei dati verso i possibili utilizzatori».

Sempre AGCOM compie un utile classificazione di quelle che sono le realtà aziendali e i soggetti che entrano di diritto all'interno dell'ecosistema M2M. In particolare troviamo: operatori di rete che forniscono l'accesso vero e proprio agli M2M. Considerando le stime di Machina Research emerge che l'80% degli accessi è di tipo wireless e la maggior parte degli stessi si realizza attraverso reti cellulari (60%), in particolare di seconda generazione (2G). Proseguendo troviamo i produttori di contenuti, che in realtà risultano essere i veri e propri utenti che forniscono informazioni che si possono definire pregiate, come ad esempio componenti del nucleo familiare, età, status sociale, capacità di spesa, etc.

Considerando invece quelle che sono le possibili aziende che appartengono a questo ecosistema troviamo: le imprese ICT (Information and Communication Technology), che producono apparati e sviluppano software per servizi M2M e le aziende fornitrici di servizi in cui si registra un alto tasso di innovazione legato soprattutto al segmento di comunicazione M2M che utilizza una connessione, l'IoT. Proprio in questo ambito Wired individua due settori promettenti: il personal area networking e l'home automation. Nel primo caso, un servizio potrebbe essere lo

shopping personalizzato (avvicinandosi ad uno scaffale, si ricevono informazioni sui prodotti), mentre nel secondo caso i dispositivi connessi al WiFi domestico potrebbero interagire e ottimizzare i consumi. AGCOM, tuttavia, grazie ad una stima di fine 2014, evidenzia come sia un altro il principale segmento di sviluppo, quello delle “connected cars”, ossia le automobili che utilizzano la connessione per le dotazioni di sicurezza (chiamata di emergenza) e per i servizi di infotainment che, con una crescita del 50% rispetto a quella verificatasi nel 2013 sia in termini di diffusione che in valore di mercato raggiunge le 4,5 milioni di auto connesse. La Smart Home considerata da Wired risulta effettivamente essere un settore promettente anche secondo questa stima da cui si evince che il 46% degli intervistati dichiara di essere interessata all’acquisto, anche se futuro, di servizi o oggetti connessi all’interno della propria abitazione. Proseguendo con i dati numerici che l’Autorità per le garanzie nelle comunicazioni ci fornisce, possiamo considerare come in Italia, nello stesso anno, si sia verificata una forte crescita della connessione tra oggetti, trainata sia dagli ambiti più tradizionali che utilizzano la rete cellulare sia da applicazioni che sfruttano altre tecnologie di comunicazione. In particolare si sono registrati oltre 8 milioni (fine 2014) di oggetti connessi tramite rete cellulare, in forte crescita rispetto al passato (+33% rispetto alla rilevazione di fine 2013). Il valore di mercato associato alle soluzioni M2M in Italia, dopo questa crescita, è stato pari a 1,15 miliardi (+28% nel 2014, rispetto a +11% nel 2013), dimostrando come lo sviluppo della comunicazione fra le macchine non sia una semplice tendenza ma stia determinando un cambio di paradigma all’interno del nostro modo di concepire il lavoro.

1.4. Il passato per comprendere il futuro

L’analisi fino a qui svolta, partendo dalla rapida rassegna storica riguardante la prima, la seconda e la terza rivoluzione industriale fino ad arrivare alla digitalizzazione, descrive eventi passati o perlomeno attuali che si dimostrano estremamente utili nella comprensione di quella che è, e sarà, la quarta rivoluzione industriale. Ciascuno di questi “momenti” racchiude elementi propedeutici a quello che sta accadendo alla nostra economia e a quello che noi associamo al concetto di lavoro, qualcosa che oggi diamo per scontato ma che è essenziale per la sua realizzazione. La prima rivoluzione industriale per il progresso spinto dalle innovazioni e la seconda per l’intercambiabilità e la versatilità delle stesse, hanno contribuito alla realizzazione di un ecosistema economico fertile e stimolante per nuove ricerche e studi che culminati, poi, nell’esplosione del calcolatore elettronico che, grazie alle sue possibilità applicative e anche, come sostiene Moore, alla riduzione della dimensione dei suoi componenti ha permesso, non

solo la creazione delle macchine di cui tanto parliamo oggi, ma anche l'opportunità di comunicare e interagire con loro.

La visione di massima di quelli che sono i paradigmi di manifattura esistenti, invece, è utile al fine di capire qual è il terreno al di sopra del quale poggiano le fondamenta di quello che sta succedendo non solo quotidianamente ma soprattutto di quello che accadrà in futuro sia nel nostro territorio sia nel resto del mondo.

Insomma, questa prima parte, che contiene una necessaria premessa per la comprensione dei prossimi capitoli termina qui, lasciando spazio ad un focus su quelle che sono le vere protagoniste del cambiamento che sta avvenendo attorno a noi: le nuove tecnologie della "Fabbrica 4.0". Il terzo capitolo toccherà, invece, in maniera dettagliata il paradigma produttivo che la contraddistingue per poi lasciare spazio ad un caso pratico che ne vede l'applicazione.

Capitolo 2: Le tecnologie a supporto della Fabbrica 4.0.

Dopo aver sintetizzato gli eventi passati che hanno portato alla nascita della “Smart Manufacturing”, è arrivato il momento di addentrarsi al suo interno e di analizzare in primis le tecnologie che stanno delineando il nuovo paradigma produttivo della manifattura.

Utile a tale scopo si dimostra uno studio effettuato da Chris Anderson che all’interno del suo libro, “Makers: per una nuova rivoluzione industriale”, esamina non solo il potere degli strumenti digitali ma anche quali di questi sembrano essere i principali attori in quella che egli stesso chiama l’officina del XXI secolo, che non è altro se non un luogo che contiene le principali innovazioni soggette alla rivoluzione digitale. Al suo interno troviamo software di modellazione 3D, scanner 3D, stampanti 3D, fresatrici a controllo numerico (CNC), laser cutting e kit di elettronica che di seguito cercheremo di analizzare singolarmente con particolare riguardo alla stampante 3D.

2.1. I software di modellazione CAD 2D - 3D.

La modellazione 3D è quel processo volto alla creazione virtuale di un oggetto tridimensionale su computer. Il risultato di questo processo prende il nome di modello 3D e i software che ne rendono possibile la costruzione, modellatori o semplicemente software 3D.

Quest’ultimi permettono di trasferire le idee proprie di un individuo costruendo tracce digitali che il laser cutter e la fresatrice a controllo numerico seguono nella progettazione dell’oggetto finale. Differiscono sia in termini di costo e facilità di utilizzo, partendo da Google SketchUp (gratuito e relativamente semplice da utilizzare) fino a considerare Solidworks e AutoCad utilizzati da ingegneri e architetti e caratterizzati da un elevato costo d’acquisto, sia in termini di tipologie di applicazione, software votati al disegno di molecole biologiche o quelli utili al disegno di circuiti stampati per l’elettronica. Un’ulteriore distinzione utile a comprendere il loro funzionamento è distinguere tra i software che progettano in 2D e quindi in due dimensioni e quelli in 3D e quindi in tre dimensioni. I primi permettono la creazione di un’immagine bidimensionale in cui ogni linea e forma può essere però manipolata a proprio piacimento e quindi soggetta ad uno spostamento, ad un allungamento o accorciamento e ad un’eliminazione in qualsiasi momento nella fase di creazione del modello. Una volta ultimate le modifiche esse segnaleranno allo strumento, la testina del laser o una macchina CNC, dove andare a tagliare.

L’abilità nell’utilizzo di questi strumenti deriverà quindi dalla capacità di estrapolare elementi standard per poi ridimensionarli e combinarli fra loro in modo da ricavare la forma voluta.

Per quanto riguarda invece la costruzione di oggetti più complessi sarà utile allo scopo l’uso di un programma di grafica tridimensionale in cui si riuscirà a scolpire un oggetto in

tre dimensioni su uno schermo di computer che ne mette a disposizione soltanto due. Il processo di creazione del modello è sostanzialmente lo stesso visto prima nei programmi di modellazione 2D ma in questo caso si deve porre molta attenzione alle componenti che devono toccarsi l'una con l'altra e non generare spazi di alcun tipo per non confondere la stampante 3D o la fresatrice CNC che si occuperà in seguito della fabbricazione del prodotto finale. Molto interessanti sono le potenzialità che derivano da questi software che permettono di utilizzare forme geometriche semplici che combinate tra di loro garantiscono il disegno di qualsiasi cosa, dal macchinario più complesso alla forma umana.

Si possono poi distinguere non solo due grandi famiglie di modellazione che differiscono in base alla tipologia di modelli in grado di generare, ma anche diverse tecniche che permettono la produzione di un modello in maniera diversa. Per quanto riguarda le prime possiamo distinguere la modellazione organica utilizzata per tutti i soggetti "naturali" come animali, figure umane, alberi e rocce; e quella geometrica, utilizzata per la costruzione di oggetti artificiali e di modelli meno curati dal punto di vista estetico ma molto più precisi dal punto di vista dell'utilità tra le parti e il loro legame. Le tecniche di modellazione si distinguono invece in tre grandi categorie: procedurale, in cui il modello viene costruito in modo sequenziale fornendo ad ogni passo le grandezze geometriche e i parametri necessari; quella manuale che partendo da un certo numero di figure primitive come parallelepipedi, cubi, sfere e cilindri, permette la modifica di profondità o l'assegnazione di angoli di rivoluzione; ed infine una modellazione che prende spunto da dati provenienti da modelli reali tramite l'utilizzo di scanner 3D, che verranno analizzati in seguito.

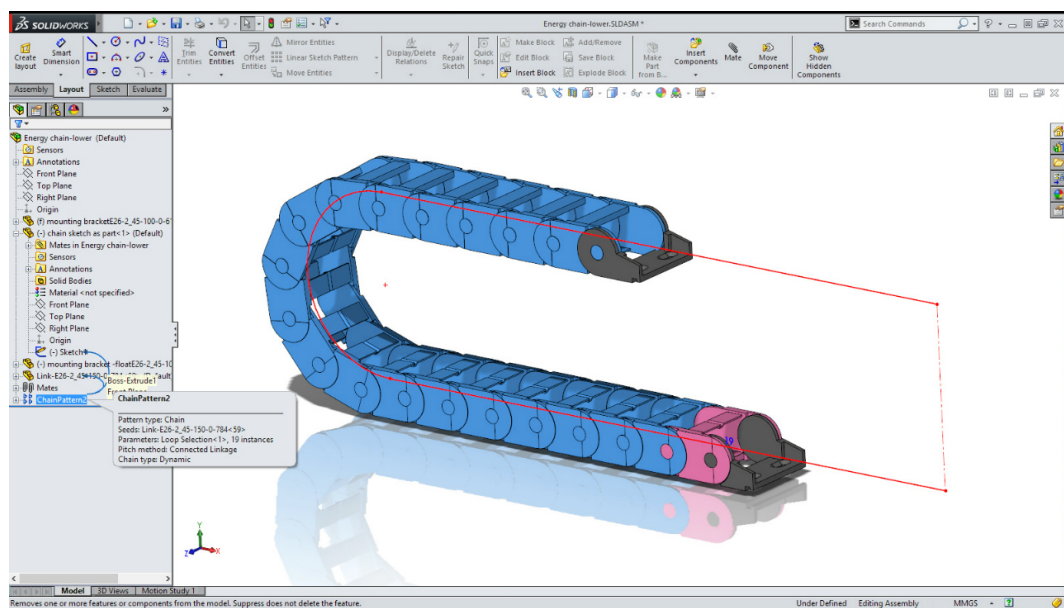


Figura 5: Esempio di modellazione 3D con SolidWorks

Comuni a tutte queste differenziazioni sono i campi in cui trovano una possibile applicazione questi software. Essi stessi possono essere utilizzati in ambiti come le scienze matematiche, fisiche e naturali, in discipline come l'archeologia, la geologia e la medicina, fino ad arrivare ai disegni industriali, all'architettura, al web design e alla generica produzione artistica.

2.2. Lo Scanner 3D.



Per comprendere a pieno il concetto di modellazione 3D che prende spunto da dati provenienti da modelli reali, è opportuno considerare anche se brevemente uno degli strumenti più innovativi e di recente concezione: lo scanner 3D. Questo strumento consente di saltare una delle fasi più complesse della lavorazione 3D, ovvero la creazione di un modello da zero. Esso conferisce infatti la possibilità di scannerizzare un

oggetto esistente e modificarlo poi in seguito con uno qualsiasi tra i programmi citati precedentemente. Tutto questo è possibile grazie ad una serie di foto che vengono scattate da varie angolazioni e che vengono scomposte e ricomposte istantaneamente da software appositi permettendone la successiva manipolazione. Dalla breve spiegazione del procedimento necessario si evince che la variabile determinante per l'ottenimento di un oggetto il più coerente possibile con la realtà sono le foto che vengono scattate per la ricostruzione del modello. I risultati migliori deriveranno quindi non solo dal maggior numero di scatti da più angolazioni possibili ma anche dalla luce, dalle caratteristiche dello sfondo e dalla possibilità di ricavare la profondità dell'oggetto che si vuole riprodurre tramite le foto.

Attualmente esistono tre principali tipologie di scanner 3D: a triangolazione, a tempo di volo e a luce strutturata. Il primo prevede due camere a distanza nota e un fascio di luce laser proiettato sull'oggetto. Il fascio di luce si sposta da sinistra a destra molto lentamente, quasi come se dipingesse l'oggetto con una pennellata, e nel frattempo il dispositivo stima continuamente la distanza di ogni puntino laser che colpisce l'oggetto, necessaria per ricostruirne il modello 3D. Il secondo trova applicazione negli studi relativi all'architettura, in quanto ben si presta ad acquisire aree molto grandi come facciate di palazzi o addirittura intere piazze. Esso è in grado di emettere un fascio di luce laser e misurare quanto tempo impiega la luce a tornare allo stesso dopo essere stata riflessa da qualche oggetto lungo il suo cammino. Più tempo impiega per tornare più l'oggetto sarà lontano; da qui il nome "a tempo di volo". Il terzo rappresenta la

tipologia di scanner maggiormente diffusa grazie, principalmente, al suo basso costo e permette di misurare le deformazioni che uno schema di luci noto proietta nell'oggetto che si desidera scannerizzare. Tuttavia, dato che le luci proiettate sono per la maggior parte dei raggi infrarossi, questa tipologia non è utilizzabile alla luce del sole.

Lo scanner 3D è sicuramente uno strumento ancora acerbo e rappresenta una tecnologia ancora problematica, non tanto per la cattura delle immagini ma quanto per la possibilità di modificarle utilizzando i software attualmente in commercio che richiedono elevate competenze. Nonostante ciò, garantisce comunque la riduzione delle tempistiche di progettazione per una percentuale che varia dal 20% all'80%, riducendo errori e costi in fase di creazione virtuale.

2.3. Il laser cutter

Operando in maniera inversa rispetto alla stampante 3D, questo strumento sottrae il materiale presente da un foglio o da un blocco, tagliando pressoché qualsiasi tipologia di materiale, dalla plastica all'acciaio, tramite un fascio laser CO₂. Più precisamente, esso è basato su un sistema di trasmissione del fascio laser dal tubo, che viene refrigerato tramite acqua distillata, al materiale attraverso specchi. Il fascio generato si riflette sugli specchi e attraversando una lente giunge sul pannello da tagliare. La traccia, che il laser deve seguire è ovviamente data dal disegno CAD sviluppato al computer ma per fare in modo che lo strumento funzioni correttamente è necessario che il disegno sia progettato tramite CAD 2D, poiché esso funziona come una forbice tagliando solo su un piano, da destra a sinistra, dall'alto in basso (asse x e y). I vantaggi sono chiari e sono riscontrabili nell'assenza di materiali di scarto, la mancanza di polveri derivanti dalla lavorazione e una maggior precisione superficiale. Parlare di diverse tipologie di laser cutter o delle diverse lavorazioni che tale strumento è in grado di compiere risulta superficiale in quanto tutto si riduce a differenze dimensionali, strumenti più piccoli o più grandi, che riescono a lavorare fogli o blocchi ampi, medi e di piccole dimensioni con diversi gradi di precisione. Certamente possiamo sottolineare, però, che se il laser cutter è stato, nel tempo, una strumentazione attribuibile al settore industriale, favorendo le aziende nella lavorazione dei materiali e offrendo precisione e velocità; attualmente il proliferare di sistemi open source e l'abbassamento dei prezzi hanno concorso, con la sua diffusione, anche nei piccoli laboratori artigiani e negli scantinati di casa di qualche hobbista anche se per un uso domestico spesso si rivela inutile dato il proliferare di siti specializzati che svolgono questa funzione affiancata da una consulenza.

2.4. Le macchine CNC

Presse, piegatrici, punzonatrici, torni, fresatrici, saldatrici e macchine di taglio lamiera (laser, ossitaglio, plasma, a getto d'acqua, ecc.); rappresentano l'evoluzione delle macchine CN, perché permettono il controllo numerico diretto da un computer esterno (CNC). Simili ai laser cutter per il modo in cui operano sfruttano una tecnologia sottrattiva che consiste nell'utilizzo di testine capaci di ruotare, smerigliare o tagliare in modo da rimuovere il materiale in eccesso ai fini della produzione del modello. Questo modo di operare si rivela migliore con l'utilizzo di alcuni materiali come legno o metallo ma queste macchine sono comunque in grado di tagliare e modellare qualsiasi materiale. Caratteristica fondamentale, nonché una delle principali differenze con il laser cutter, è la capacità di operare su più di due assi che variano da 3 a 5 permettendo il movimento su X, Y e Z e aggiungendo l'inclinazione e la rotazione che sono possibili in base allo strumento che andrà a sottrarre il materiale superfluo secondo un percorso determinato da un software a computer seguendo le istruzioni che l'operatore fornisce al programma, determinando la posizione dell'utensile e governandone gli spostamenti durante l'esecuzione del processo. Queste istruzioni fanno generalmente capo ad un linguaggio standardizzato, il codice G o codice ISO che poi viene rielaborato da ogni produttore seguendo le proprie necessità. In linea di massima, i codici G determinano le modalità di lavoro, i codici M, attivano o disattivano funzioni accessorie della macchina, mentre i codici X, Y, Z muovono gli assi corrispondenti della quantità (o alla quota) specificata. Il seguente rappresenta un programma in forma semplificata di una lavorazione di una macchina a controllo numerico.

```
P00001 (PROGRAMMA ESEMPIO)
N10 G54 G01 G90 G80 G40 G94;
N20 S1000 F300; (mandrino 1000 giri/min - avanzamento assi 300 mm/min)
N30 M03 M08; (start rotazione mandrino - accensione refrigerante)
N40 X100. Y100.;
N50 X0.;
N60 Y0.;
N70 X100.;
N80 Y100.;
N90 M05 M09; (stop mandrino - stop refrigerante)
N100 M30; (termine programma)
```

Figura 6: Utilizzo del codice ISO per la programmazione di una macchina CNC

La precisione che queste macchine riescono a raggiungere è di 0,001 millimetri, cioè di un micron rendendo possibile la creazione di un oggetto che non conosce alcun limite dimensionale e di forma.

2.5. Il Kit di elettronica

La quarta rivoluzione industriale è stata in grado di legare il mondo dell'elettronica con quello digitale. Comprendere come questo sia potuto succedere è più facile di quello che sembra e lo stesso Anderson sottolinea come sia una diretta conseguenza dell'emergente "Internet delle cose". Il motivo? L'elettronica permette di creare versioni più intelligenti degli oggetti fisici, munendoli di sensori, rendendoli programmabili e collegandoli al web.

Un esempio che rende possibile tutto ciò è lo starter kit di Arduino che oltre a contenere un manuale per muovere i primi passi con l'elettronica digitale contiene moltissimi componenti tra cui diverse tipologie di cavi, diverse tipologie di sensori, potenziometri, led, condensatori e resistenze. Se l'acquisto di un kit generico, come quello di Arduino, rappresenta una scelta hobbistica ed economica, esiste un'ampia gamma di kit con componenti più specifici e soprattutto più idonei ad un uso industriale che, come suggerito ancora una volta da Anderson, affiancati ad un multimetro e ad una stazione saldante rappresentano una combinazione molto valida per compiere progetti di alta qualità.

2.6. La Stampante 3D

Una stampante 3D è il più avanzato strumento per la prototipizzazione, nonché il modo più rapido per trasformare qualcosa da semplici bit a veri e propri oggetti tangibili da tenere fra le mani. Proprio per questo motivo rappresenta lo strumento a servizio della fabbrica 4.0 che più di ogni altro merita di essere approfondito.

Partendo dalle origini, Charles "Chuck" Hull, 74enne ingegnere fisico americano entrato da poco a far parte della National Inventors Hall of Fame statunitense, al fianco di figure storiche quali Thomas Edison, Henry Ford e Steve Jobs, è colui che ha inventato, di fatto, la stampa 3D. Nel 1983 egli ebbe l'intuizione di impilare in strati laminati molto sottili la resina sintetica allo stato liquido utilizzata per i rivestimenti, sfruttando la luce a raggi ultravioletti per "cuocere" i suddetti vari strati in un'unica forma. Una volta induritosi uno strato, inizia la stampa dello strato successivo fino al componimento dell'oggetto finale. Il principio che sta alla base della stampa 3D, che impareremo a conoscere come tecnologia stereolitografica, prese così vita senza che il suo ideatore potesse immaginare gli effetti a cascata della sua scoperta.

Constatate le difficoltà finanziarie e l'incapacità di sostenere ulteriori investimenti da parte dell'Ultraviolet Product, azienda per cui lavorava come dipendente, fondò una propria azienda, ottenendo, in licenza dalla sua ex compagnia, la tecnologia brevettata. Nacque così 3D Systems, di cui Hull è tutt'ora Executive Vice President e Chief Technology Officer, una delle realtà più importanti al mondo nel campo del printing 3D, con un catalogo che spazia dai singoli

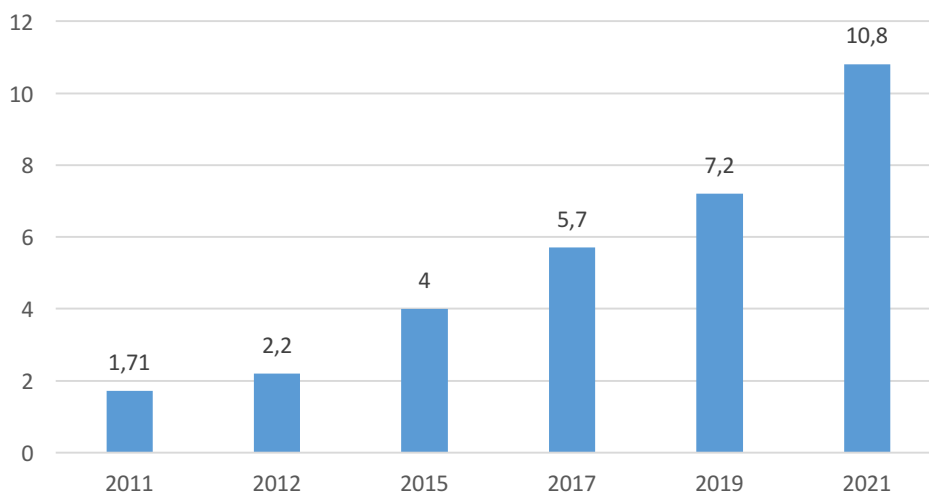
componenti prodotti su misura alle stampanti vere e proprie con a bordo una tecnologia software sviluppata in house. I primi soggetti a beneficiare della sua scoperta furono le grandi aziende, dati gli elevati costi di approvvigionamento dell'attrezzatura di stampa. Con il tempo questi investimenti risultarono proficui in molti settori. In primis in quello automobilistico, grazie all'introduzione della stampante, diminuirono drasticamente i mesi necessari allo sviluppo dei prototipi dei motori ad alte prestazioni per la auto di Formula 1 o delle leve e dei pulsanti delle comuni vetture di serie, dimostrando come essa permettesse il grande salto in avanti e riuscisse a rendere più efficiente, veloce ed economico l'intero processo di realizzazione di un prodotto finito. Con il passare del tempo le aree di applicazione della tecnologia di stampa prototipale sono aumentate considerevolmente. In particolare nel campo medico dove non solo si riproducono, ad esempio, le mandibole e le strutture facciali di un paziente, ma si stanno studiando anche nuovi modi per la ricostruzione di singoli organi con materiali organici; in quello sanitario con la produzione di apparecchi acustici; nell'industria meccanica con la produzione di ali di aerei e biciclette elettriche e in varie altre ancora manichini intelligenti per i crash test, modelli architettonici, oggetti di arredo e giocattoli. Da questa breve spiegazione si evince il motivo per cui il brevetto depositato anni fa da Hull, che nel corso del tempo è diventata l'attuale stampante 3D, sia considerato uno degli strumenti essenziali della Smart Factory nonché uno degli elementi che hanno dato vita alla quarta rivoluzione industriale.

2.6.1. Il mercato della stampante 3D

Per comprendere da un altro punto di vista l'importanza che questo strumento sta avendo nella nostra economia, risulta interessante analizzarne gli indici di mercato e capire l'importanza che sta guadagnando nel corso del tempo.

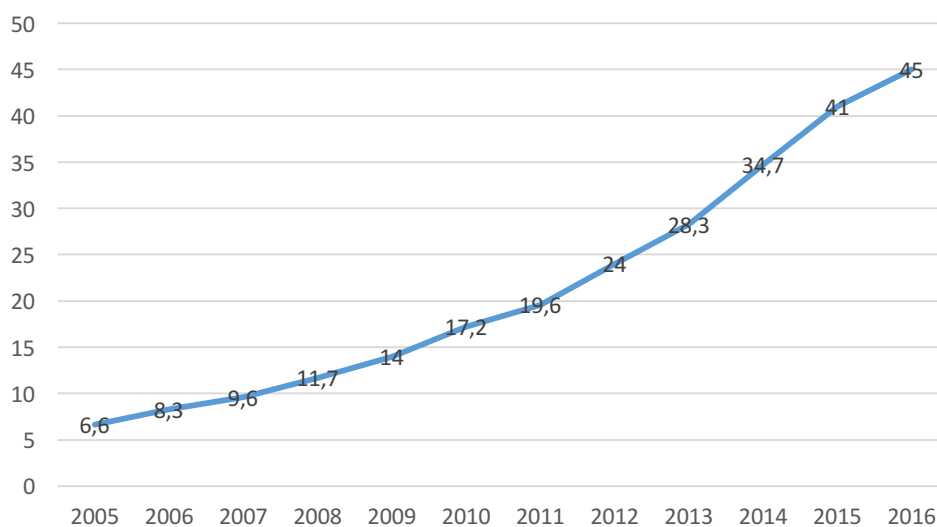
Nonostante siano utilizzate da ormai molto tempo, è nell'ultimo decennio che le stampanti 3D hanno sviluppato un mercato di dimensioni rilevanti con tassi di crescita importanti che sembrano non accennare a fermarsi. A giustificazione di ciò, all'interno del "Wohlers Report 2014" (Wohlers, 2014), possiamo considerare una statistica che spiega come il tasso di crescita del mercato negli ultimi 26 anni, praticamente dalla nascita di tale strumento, cresca di circa il 27% annuo con picchi saltuari come nell'anno tra il 2011 e il 2013 dove risulta essere pari al +32% dopo aver risentito di una diminuzione avvenuta negli anni immediatamente successivi alla crisi economica del 2007. Questi dati non fanno altro che sottolineare come queste tecnologie possano migliorare molti aspetti della produzione ma anche innalzare notevolmente il livello di innovazione in diversi ambiti.

Per quanto riguarda il futuro invece, si prevede, grazie ad alcune previsioni effettuate da note società di analisi come Deloitte, Freedonia e Gartner, che la crescita porterà il mercato delle stampanti 3D ad un valore di 5,7 miliardi di dollari che addirittura potrebbe quasi raddoppiare fino a raggiungere un valore di 10,8 miliardi nel 2021.



*Figura 7: Mercato globale della stampa 3D
(Elaborazione propria su dati Deloitte, Freedonia e Gartner, 2016)*

Questa crescita, che si dimostra costante con il passare degli anni, è sicuramente dovuta non solo al sempre maggior utilizzo della stampante 3D nei settori di riferimento quali auto motive, medicale e aerospaziale, che richiedono elevata accuratezza e precisione; ma soprattutto grazie all'apertura del mercato verso il settore consumer, con la diffusione di strumenti economici e materiali che riescono a sostituire quelli tradizionali permettendo la produzione di oggetti di interesse nelle abitazioni di chiunque.



*Figura 8: Quota di prodotti finiti sul totale della produzione tramite stampa 3D
(Elaborazione propria su dati Deloitte, Freedonia e Gartner, 2016)*

Altro trend interessante risulta essere la crescita dell'utilizzo di tale strumentazione all'interno delle aziende. Se un tempo era utilizzata solo per prototipazione o per la creazione di stampi, ai nostri giorni garantisce performance tali da poter essere utilizzata nella produzione di prodotti finiti, segno che tali tecnologie stanno penetrando nel nostro sistema economico in maniera assai pervasiva. Come si evince dalla figura 8, partendo dal 6,6% sul totale a metà degli anni 2000, raggiungendo il 20% nel 2011 e arrivando al 35% nel 2014, il valore dei prodotti finali destinati alla vendita e generati tramite stampa 3D continua ad aumentare e raggiunge nei nostri giorni una quantità di circa il 45% (Wohlers, 3D Hubs).

L'espansione del mercato e tutti questi trend in crescita dimostrano il fondamentale ruolo che la stampa 3D sta ricoprendo sia in termini economici sia in termini di innovazione. Questi sviluppi come si ripartiscono in termini geografici? 3D Hubs offre una classifica di quelle che sono le principali città ad offrire servizi legati alla stampa e alla modellazione 3D e quindi, implicitamente ci permette di capire dove questi trend di crescita siano localizzati. Il continente che si dimostra più attivo è sicuramente l'America e in particolare le città di New York, Los Angeles, Chicago e San Francisco si dimostrano le più attive in tali ambiti, seguite a ruota da Toronto che è la città con il più alto tasso di crescita legato alla strumentazione 3D del mondo. In Europa, secondo continente nella classifica, spiccano invece le città di Londra, Milano, Parigi ed Amsterdam. Per quanto riguarda i paesi africani e asiatici le percentuali sono molto minori ma comunque non insignificanti (3D Hubs, 2016).

Città	Numero di Stampanti	Crescita Mese per Mese
New York	505	4,1%
Los Angeles	401	4,2%
Londra	352	4,1%
Milano	298	1,0%
Parigi	295	3,5%
Amsterdam	252	2,9%
Chicago	218	3,3%
Toronto	208	5,1%
San Francisco	200	2,6%

Tabella 3: Classifica delle città per numero di stampanti 3D (3D Hubs, 2016)

Numeri che dimostrano quanto questa strumentazione sia sempre più parte attiva nella nostra economia, ma soprattutto nei nuovi modelli produttivi. Tutti la desiderano, consumatori finali e aziende, ognuno con motivazioni e scopi diversi, visto le enormi varietà di oggetti che si possono produrre e i continui progressi che la coinvolgono. Dopo aver svolto questa breve analisi è fondamentale capire le ragioni del successo della stampante 3D, non considerando solamente le sue straordinarie possibilità applicative e le diverse tecniche che ne derivano ma sottolineando anche quelle che nel corso del recente passato si sono dimostrati i punti critici di un oggetto che apparentemente sarebbe in grado di cambiare, da solo, la nostra concezione di produzione, lavoro e società.

2.6.2. Una produzione a strati

Comprendere il funzionamento di una stampante 3D può essere molto complicato ma un esempio semplifica di molto il processo. Come nella produzione di una casa o di un grattacielo la stampante 3D opera a strati, o layers. Di fondamentale importanza risultano essere le fondamenta, che una volta create forniscono il supporto necessario a tutta la struttura. Una volta costruito un piano si procede alla costruzione del successivo e così via. La variabile determinante per la buona riuscita dell'intero processo è che il piano precedente a quello che sta per essere prodotto sia completamente formato e costruito. Ugualmente, la stampante procede nello stesso modo alla creazione del primo strato del prodotto depositando o fondendo il materiale di costruzione e realizza lo strato successivo solo nel momento in cui quello precedente risulta terminato. La sovrapposizione di centinaia o addirittura migliaia di strati, in base alla grandezza del modello, genera il prodotto finito che verrà destinato al consumatore. Compreso quindi che la creazione di questi strati è uno dei fattori critici all'interno della produzione con una stampante 3D il passo successivo è sicuramente quello di analizzare le caratteristiche che essi debbono avere per far sì che il prodotto finito risulti valido e di pregevole fattura. I fattori essenziali sono due: la risoluzione del contorno e lo spessore di ognuno di essi. I motivi per cui queste due variabili risultano di vitale importanza non sono difficili da capire. Tornando all'esempio della casa e del grattacielo, quale sarebbe il risultato di una costruzione irregolare, in cui il numero di mattoni non fosse distribuito in maniera consona in ogni strato? La risposta è molto semplice, il crollo della costruzione. Rapportando ancora una volta questo esempio alla stampa 3D di un oggetto, la risoluzione del contorno esterno è fondamentale a far sì che gli strati successivi non collassino su sé stessi rendendo le parti curve definite e regolari. Allo stesso modo, tanto più sottili saranno i vari strati che compongono il prodotto, tanto più la superficie esterna risulterà uniforme. Di conseguenza si capisce che è proprio il numero degli

strati che permette la creazione di un prodotto definito, sinonimo di migliore qualità e della possibilità di generare forme sempre più complesse. Il rapporto elevata definizione-elevata qualità, tuttavia, non è così facile da rispettare e il motivo principale risiede nel fatto che la creazione di un modello dettagliato che rispetti le caratteristiche appena descritte comporta un notevole dispendio di tempo. Sta, quindi, all'azienda valutare se la maggior definizione di un prodotto giustifichi il maggior tempo necessario non solo alla creazione del modello tramite software ma anche alla produzione dell'oggetto vero e proprio da parte della stessa stampante. Un'ulteriore riflessione sulla tempistica necessaria a creare un prodotto si deve quindi compiere sapendo che in entrambi i modelli produttivi, ovvero quello tradizionale e quello in cui si utilizza una stampante 3D, è comunque necessaria la presenza di una persona fisica che se nel primo caso assembla con le proprie mani il prodotto, nel secondo si dovrà occupare della costruzione del modello 3D che poi verrà trasformato nell'oggetto reale. La convenienza, in termini di tempo, nell'utilizzo della seconda tipologia di produzione cresce con la complessità di quello che vuole essere il risultato del processo e il motivo risiede nel fatto che gli strumenti tradizionali non consentono direttamente la costruzione di una struttura all'interno di un'altra, cosa che invece è possibile con una stampante 3D se il modello e soprattutto la struttura di ogni strato lo prevede. Un esempio che rende chiaro quest'ultima riflessione è la produzione di un cubo con una spirale al suo interno. Con il metodo classico sarebbe necessario produrre prima la spirale e successivamente il cubo per poi saldare i vari pezzi, quando lo stesso oggetto, se stampato, sarebbe realizzabile con un unico processo riuscendo a ricreare sia le pareti esterne del cubo sia la spirale al suo interno. La discriminante sta quindi nel capire se è più opportuno un ottimo saldatore o un esperto in modellazione 3D, consci del fatto che il secondo avrà possibilità di successo maggiori al crescere della complessità del prodotto finale.

Analizzando poi i concetti fondamentali di questo nuovo processo di produzione e le sue caratteristiche di rilievo è impossibile non citare la riduzione degli sprechi che da esso deriva se posto in relazione a quelli che sono i metodi tradizionali. Se, infatti, nella produzione tramite quest'ultimi l'oggetto finale viene creato dalla lavorazione del materiale grezzo, con scarti che possono raggiungere anche l'80-90% della quantità di materiale iniziale (Burton M.) lo stesso processo con la stampa 3D prevede una riduzione drastica di questa percentuale in quanto risulta possibile utilizzare solo la quantità di materiale che viene depositato e che in seguito si solidificherà, essendo il prodotto finale frutto di un modello creato a computer che rappresenta la traccia non solo per la struttura dello stesso ma anche per la fuoriuscita di composto necessario all'ottenimento di una corretta costruzione (La Monica, 2013).

Questa spiegazione è la chiara contrapposizione tra additive manufacturing, ovvero il modello produttivo tipico della stampa 3D, e la subtractive manufacturing paradigma più vicino a quelli che vengono considerati processi di lavorazione tradizionali quali fresatura, perforazione o tornitura (Afsharizand B. et al, 2014).

Additive Vs. Subtractive Technology		
	Pro	Contro
Additive	Elevato grado di automazione Precisione Durabilità delle parti Elevata ripetibilità	Limitazione nell'utilizzo di materiali Lentezza Difficile da riciclare
Subtractive	Elevato grado di automazione Ampia selezione di materiali Elevata ripetibilità Controllo maggiore del prodotto	Limitazioni strutturali e geometriche Materiali di scarto

Tabella 4: Pro e contro dell'Additive Technology in relazione alla Subtractive Technology (Efficient Manufacturing, 2015)

La tabella 4 ci offre, in maniera sintetica, una panoramica generale di quelle che sono le motivazioni per cui propendere verso uno dei modelli sopra citati sempre tenendo conto delle proprie esigenze. All'interno di essa possiamo considerare un tema che fino a questo momento è passato in secondo piano, quello dei materiali che si utilizzano all'interno del processo produttivo che pone al centro la stampante 3D e cercare di capire il motivo per cui non sia un punto a favore ma costituisca una limitazione dell'additive technology.

2.6.3. I materiali

Guo e Leu forniscono una delle liste aggiornate dei materiali che si possono utilizzare all'interno della produzione di un oggetto tramite stampa 3D e quindi con il processo dell'additive manufacturing. Al suo interno troviamo:

- Polimeri. Questo tipo di materiale è sicuramente il più utilizzato con particolare riferimento al nylon visto la sua elasticità, la sua durezza e la capacità di resistere alle abrasioni, caratteristiche comuni anche agli altri materiali che appartengono a questa famiglia. Altri esempi sono l'ABS (acrilonitrile butadiene stirene) uno dei polimeri largamente utilizzati dalle stampanti più economiche sotto forma di filamento e un altro

termopolimero, il PLA, meno resistente e meno durevole ma altamente biodegradabile e consigliato per progetti di più grandi dimensioni (Stampa3DForum)

- **Metalli.** Il numero dei metalli che vengono utilizzati sta crescendo nel tempo. Se i primi erano alluminio e acciaio inossidabile recentemente sono entrati a far parte di questo gruppo anche oro e argento, con le conseguenti applicazioni nel settore della gioielleria, essendo materiali molto forti ed elaborabili in polvere.
- **Ceramiche.** Vengono utilizzate prevalentemente per le loro capacità di resistenza alle alte temperature. D'altro canto però questa tipologia di materiale è molto fragile e questa sua proprietà non gli permette di essere la scelta ideale nella costruzione di prodotti con geometrie complesse. Allumina, Silice e la Zirconia sono le principali ad essere utilizzate e anch'esse possono essere create per via diretta o indiretta.
- **Composti.** Banalmente, come ci viene suggerito dal nome, i composti, non sono altro che la combinazione di due o più materiali creati sia tramite un processo che possiamo definire naturale, sia tramite un processo ingegnerizzato. A loro volta gli stessi composti possono essere utilizzati per la creazione di un ulteriore materiale ancora più complesso e per questa ragione trovano molta applicazione in svariati ambiti.
- **Materiali Bio.** Grosse ricerche vengono effettuate sulla possibilità di ricorrere a tale tipologia di materiali soprattutto negli ambiti medici e in particolare nella ricostruzione di alcuni organi o tessuti.
- **Cibo.** Anche se a livello puramente sperimentale alcune stampanti riescono ad utilizzare sostanze alimentari tra cui il più comune e desiderato è il cioccolato, mentre in seconda battuta troviamo lo zucchero.

Dalla lista sembrerebbe contraddittorio considerare scarsa la quantità di materiali che possono essere utilizzati nell'additive manufacturing. Per comprendere in modo migliore il motivo per il quale quello dei materiali è un fattore critico all'interno del processo produttivo della stampante 3D è opportuno introdurre il concetto di flessibilità dei materiali.

Si fa riferimento alla capacità di elaborare una vasta gamma di materiali in tutta la progettazione del prodotto e quindi in tutte le fasi della filiera produttiva. Specificato ciò, se la tecnica additiva richiede l'utilizzo di un materiale specifico, da cui può dipendere addirittura la strumentazione necessaria alla produzione, in quella sottrattiva la capacità di elaborare più materiali simultaneamente è molto maggiore e questo la rende una tecnologia più flessibile rispetto alla prima. La ragione per cui l'utilizzo dei materiali è un punto dolente nel mondo della stampa 3D

deriva, quindi, non tanto dalla scarsità di materiali che potenzialmente possono essere utilizzati, bensì, dalla non flessibilità della stampa stessa.

Ovviamente, visto il grado di innovazione e l'ampia gamma di componenti che si riescono a produrre verrà trovata una soluzione che permetterà di sopperire a questo problema. In merito si possono contare numerosi progressi che, negli ultimi anni, hanno visto non solo l'introduzione di nuovi materiali ma anche un miglioramento delle microstrutture e delle tollerabilità di quelli che invece rimangono i materiali largamente utilizzati. Tutto questo a dimostrazione del fatto che sempre una maggior compagine di individui vuole rendere quello della stampa 3D un sistema produttivo valido e duraturo nel tempo.

2.6.4. Le tecnologie di stampa

Dopo aver compreso la tecnica produttiva e i materiali necessari all'ottenimento dei prodotti finiti il passo successivo è quello di analizzare le diverse tecnologie di stampa e concentrarsi sulle principali. Sintetizzando quanto detto fino a questo momento, il primo passo è quello di elaborare un progetto tramite un software di modellazione 3D che viene trasmesso alla macchina tramite un particolare formato di file chiamato STL. Utilizzando questo tipo di file tramite altri software appositi si riesce a dividere il disegno CAD in sezioni orizzontali, i cosiddetti layers, che verranno trasmessi alla stampante per la produzione vera e propria. Il proseguo della costruzione del modello dipenderà poi dal software di elaborazione installato sulla stampante che dovrà fornire le indicazioni sul movimento delle parti meccaniche per stampare l'oggetto nel migliore dei modi e quindi dovrà essere in grado di gestire una grossa mole di dati, ovviamente anche in base alle dimensioni dell'oggetto da produrre. Oltre a questa prima precisazione di carattere operativo risulta fondamentale anche la scelta del materiale visto che non solo è in grado di influenzare la tecnologia di stampa che si desidera adottare, ma diventa anche un elemento di differenziazione. Alcune saranno più portate per la creazione di un prodotto più resistente mentre altre riescono a produrre in modo migliore oggetti flessibili.

Di seguito viene riportata la serie delle principali tipologie di additive manufacturing:

- Stereolitografia: questo processo creato da Hull negli anni 80 è ampiamente riconosciuto come il primo processo di stampa in 3D ed il primo ad essere commercializzato. In particolare questa tecnica sfrutta la reazione tra il laser e le resine fotopolimeriche in due modi diversi. Il primo consiste nell'immersione progressiva della base di stampa nella resina liquida permettendo al laser di solidificare i vari strati del prodotto che si vuole ottenere. Ovviamente, l'immersione della base avverrà in

modo tale da permettere che lo stesso oggetto sia ricoperto da una quantità di resina sufficiente alla produzione del successivo strato.

Il secondo metodo prevede invece che la resina fotopolimerica venga raccolta in una vaschetta di contenimento trasparente permettendo al laser, posto questa volta al di sotto del materiale, di colpire la resina sfruttando la trasparenza del contenitore. Al contrario di quanto succede con il primo metodo, nel secondo, la base si alza, solidificando il prodotto non più dall'alto verso il basso ma dal basso verso l'alto. Comune a questi due metodi è la gestione delle sporgenze e delle rientranze che devono essere rimosse manualmente. Per quanto riguarda la pulizia e la cura del prodotto finale il procedimento prevede che lo stesso venga inserito in un forno e sottoposto ad una luce intensa per indurire in modo definitivo la resina.

La stereolitografia è generalmente accettata come uno dei più accurati processi di stampa 3D data l'ottima finitura superficiale che si ottiene dalla lavorazione. Non è, tuttavia, esente da critiche tra cui possiamo sottolineare le fasi di post-elaborazione e la stabilità dei materiali utilizzati nel tempo con possibile aumento di fragilità strutturali.

Di seguito un esempio grafico di una lavorazione stereolitografica.

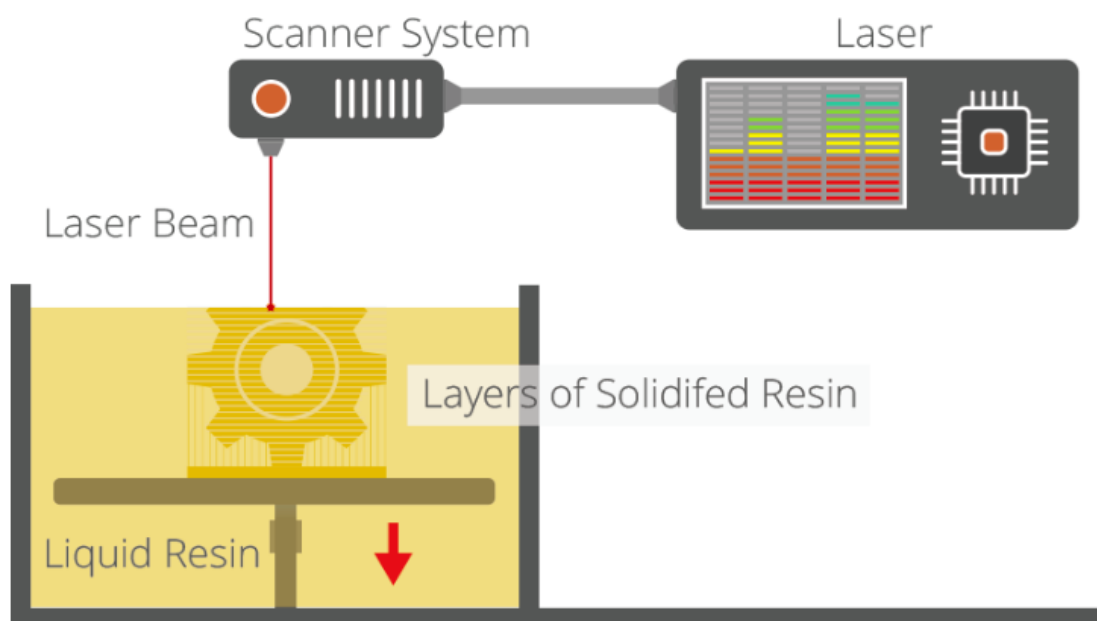


Figura 9: Esempio di lavorazione Stereolitografica (3D Printing Industry, 2016)

- Digital Light Processing (DLP): processo molto simile alla stereolitografia, sfrutta, in realtà, un diverso metodo per la solidificazione dei fotopolimeri. Sostanzialmente, questo metodo non prevede l'utilizzo di un laser, bensì, di una sorgente luminosa come ad esempio una lampada ad arco con display a cristalli liquidi o con uno specchio

deformabile che viene proiettata nell'intera vasca in un unico passaggio. Data la similitudine al metodo descritto precedentemente, si mantengono le problematiche relative all'utilizzo dei materiali poco stabili e alle fasi di post-elaborazione ma ai vantaggi si aggiungono, invece, i minori costi di gestione e una minore quantità di materiale scartato.

Di seguito, un esempio grafico di una lavorazione tramite "Digital Light Processing".

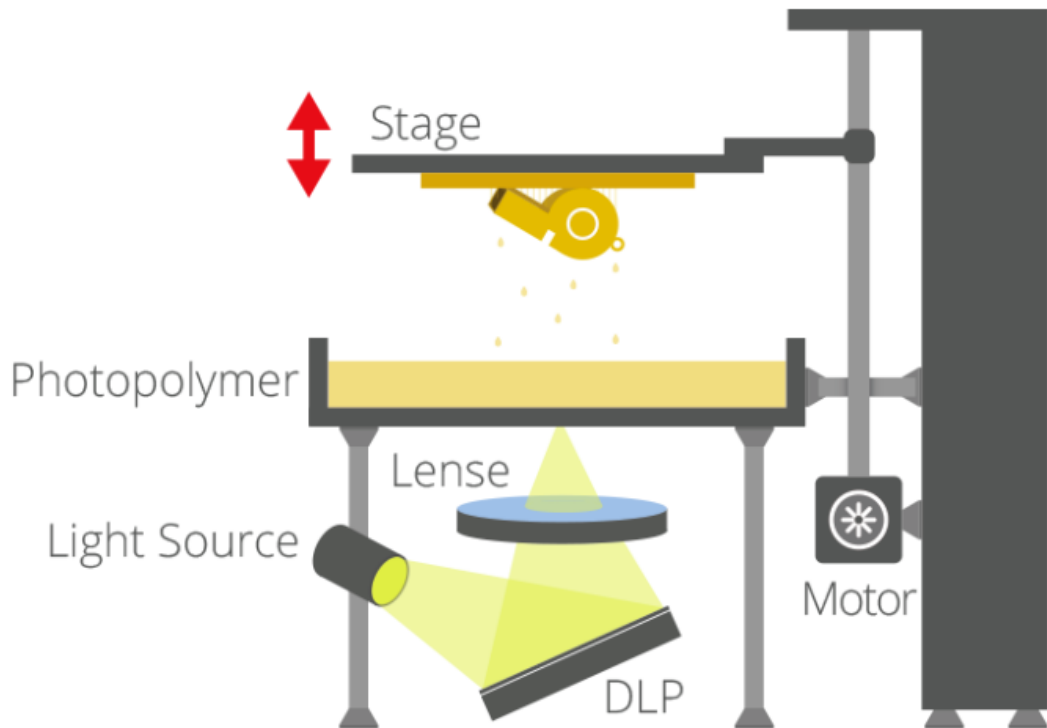


Figura 10: Lavorazione tramite Digital Light (3D Printing Industry, 2016)

- Fused Deposit Model (FDM): volendo essere precisi questo termine è un marchio registrato da Stratasys, leader mondiale dei sistemi di additive manufacturing, e sarebbe più corretto parlare di "material extrusion" ma in sostanza entrambi i termini si riferiscono ad uno dei processi più noti e facilmente comprensibili dell'intero mondo della stampa 3D. La lavorazione prevede semplicemente il deposito del materiale strato su strato grazie all'utilizzo di un ugello. Più precisamente, il materiale stesso sotto forma di filamento plastico o metallico, viene fatto passare all'interno di un estrusore in cui è inserito un ugello riscaldante che ne permette il deposito e favorisce la formazione dei vari strati seguendo il file STL. Com'è facilmente comprensibile, uno degli strumenti determinanti in tutto questo processo è sicuramente l'ugello. Se il piano di lavoro si muove lungo l'asse Y, dovendosi abbassare o alzare per permettere la stampa completa e conferire all'oggetto la propria tridimensionalità, l'ugello stesso si muove sia

orizzontalmente che in profondità e mantiene il materiale ad una temperatura appena superiore al rispettivo punto di fusione di modo che una volta stampato la solidificazione dello stesso sia praticamente istantanea.

Di seguito un esempio grafico di una lavorazione tramite “Fused Deposit Model”.

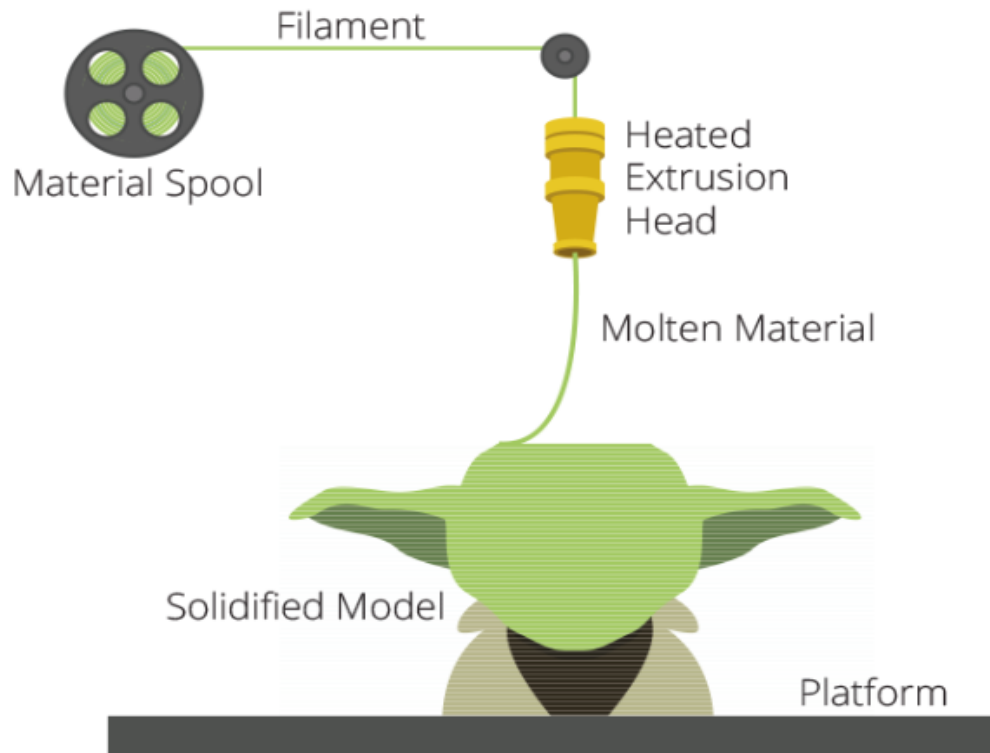


Figura 11: Lavorazione tramite estrusione di materiale. (3D Printing Industry, 2016)

Questa tecnica riporta vantaggi derivanti dall'assenza dell'utilizzo di un laser e risulta quindi una delle procedure di stampa più economiche. Maggiormente efficace con materiali plastici e con metalli a bassa temperatura di fusione anche qui la struttura derivante da materiali poco resistenti può essere considerato uno dei limiti più grandi dell'FDM. Proprio per questo motivo risulta utile la presenza di un secondo ugello necessario alla stampa del materiale di supporto in modo da garantire che il prodotto, o parte di esso, non collassi durante la fase di lavorazione. Una volta che l'oggetto è stato creato, questi supporti sono in alcuni casi facilmente removibili mentre in altri no. Per questi ultimi risulta fondamentale scegliere nella maniera più corretta possibile la combinazione di materiali. Esempio più semplice è quello di abbinare ad un oggetto del materiale di supporto solubile in acqua e che può essere quindi rimosso con un semplice lavaggio. Come si evince da quest'ultima breve spiegazione, ancora una volta, al termine della formazione del prodotto è necessaria una fase di post-elaborazione, in cui si procede con una finitura manuale o automatica per rendere l'oggetto perfetto.

- Selective Laser Sintering (SLS) e Selective Laser Melting (SLM): con riferimento a queste tecnologie di stampa si intendono tutti quei processi di stampa laser 3D in cui sono coinvolti materiali in polvere. Nel SLS, la prima fase è la stesura di uno strato di polvere su di una superficie di lavoro. Il laser, seguendo disegno e forma contenuti all'interno del modello 3D, sinterizza il materiale, ovvero lo rende indivisibile, grazie alle elevate temperature implicite in questa lavorazione. Una volta compiuta per il primo strato, la superficie di lavoro si abbassa e viene riempita nuovamente di polvere che subirà lo stesso processo e si legherà quindi al primo strato formando, dopo i numerosi strati, il prodotto finito. Al di là del metodo, risultano interessanti i tratti distintivi che questo processo ha se messo in relazione con i precedenti. Di tutta la polvere utilizzata, solo una piccola percentuale andrà a comporre l'oggetto finito ma la restante quantità potrà essere riutilizzata nelle lavorazioni successive generando una quantità di materiale di scarto pari a zero. Un'ulteriore differenza sta nella presenza delle strutture di supporto che aiutano il processo di produzione. In questo non sono presenti visto che è la polvere stessa a fungere da supporto evitando lo spostamento o lo sbilanciamento, del prodotto in questione, durante la lavorazione.

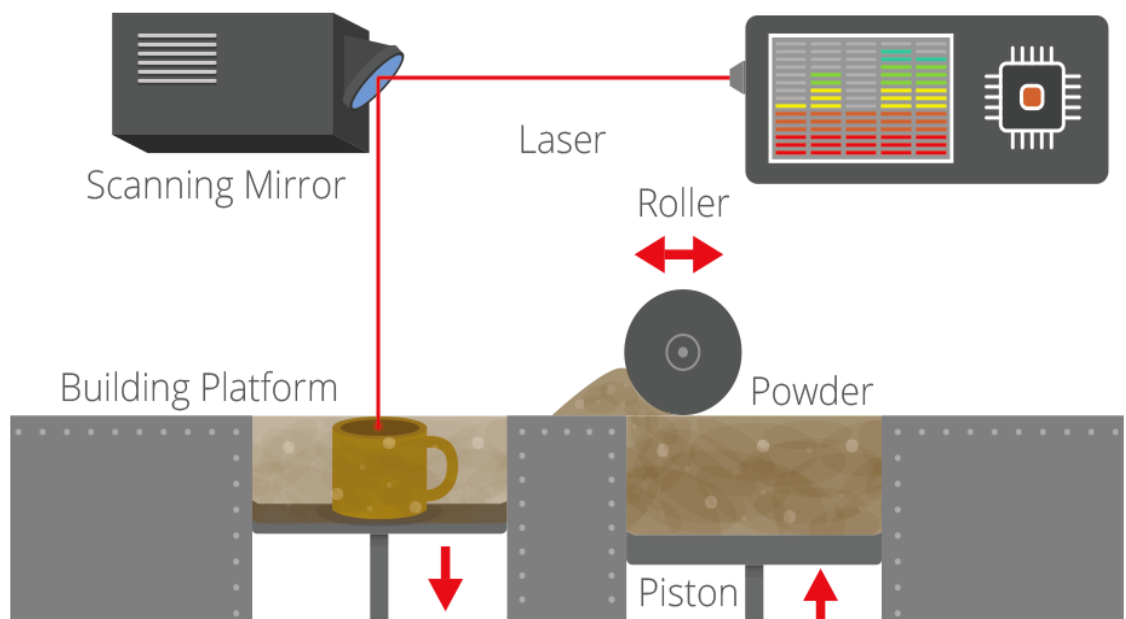


Figura 12: Lavorazione tramite SLS/SLM (3D Printing Industry, 2016)

Il processo di SLM, d'altro canto, garantisce un prodotto con qualità e resistenza maggiori fondendo direttamente tra di loro le particelle di materiale plastico, metallico o ceramico. Per la restante parte della lavorazione il processo è pressoché identico e per questo molto spesso i due termini si confondono e vengono utilizzati alternativamente.

I vantaggi derivanti da queste due tecnologie di stampa, sono essenzialmente legati all'utilizzo di una vasta gamma di materiali, infatti, potenzialmente, qualsiasi materiale fornito sotto forma di polvere può essere utilizzato. In verità, un utilizzo così ampio non è facilmente realizzabile a causa di incompatibilità tra i laser e i materiali che potrebbero dar vita a prodotti poco stabili e quindi non garantire elevate prestazioni.

Possiamo dunque individuare alcuni fattori chiave all'interno della lavorazione al fine di ottenere un prodotto di elevata qualità. In primis lo spessore dello strato di polvere depositato sulla superficie di lavorazione, molto importante, poi, è anche il diametro del raggio laser utilizzato e la velocità dello scanner che permette il funzionamento del laser sulla base del modello 3D; ed infine la temperatura di fusione che deve essere adatta al materiale utilizzato (Liu B., Bai P., Li Y., 2011). L'ottenimento di un oggetto resistente sarà direttamente proporzionale alla temperatura generata dal laser: più elevata sarà, minore sarà il tempo in cui il materiale viene fuso migliore sarà la qualità del risultato finale. Proprio per questo motivo, l'intero processo avviene all'interno di una camera riscaldata che serve principalmente per permettere un raggiungimento più rapido della temperatura di fusione necessaria.

- Binder Jetting: questo tipo di processo, inventato dalla ZCorporation nel 1995, è un processo totalmente diverso dalla stereolitografia e più vicino a quelle tecniche basate sull'assemblaggio delle polveri. Qui, non si utilizza però un laser, ma come suggerisce il termine inglese "Binder" un collante.

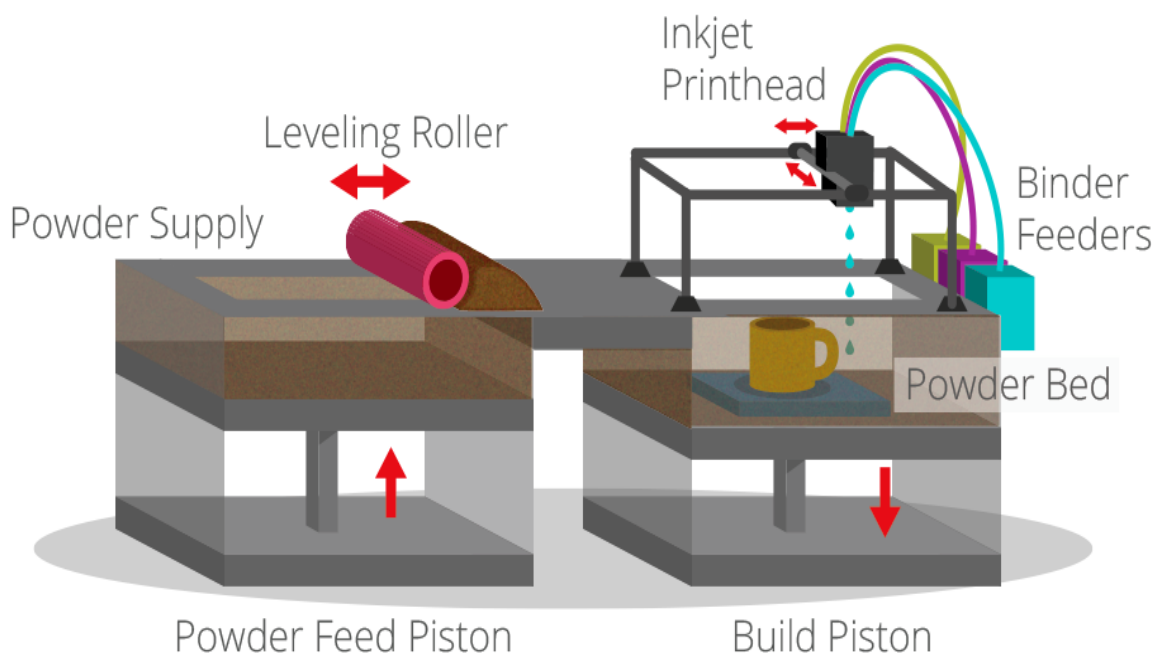


Figura 13: Lavorazione tramite Binder Jetting (3D Printing Industry, 2016).

Il processo consiste nel gettare questa sostanza sulla polvere e abbassando e riempiendo ad ogni strato il piano di lavoro con la polvere necessaria alla creazione di quello successivo porta alla creazione di un prodotto tridimensionale. Anche questa tecnologia coglie i vantaggi del simile processo di sinterizzazione, e quindi, l'inevitabile utilizzo di supporti di lavoro costituiti dagli stessi strati che vengono creati volta per volta. Una novità invece è la possibilità di legare il collante a qualsiasi tipologia di colori permettendo la costruzione di prodotti di circa 6 milioni di colorazioni diverse.

- **Material Jetting:** al contrario dei precedenti questo processo non utilizza polveri, bensì, diverse tipologie di materiale che fuoriescono da molteplici testine in grado di espellere diverse sostanze riconducibili per la maggior parte a fotopolimeri liquidi che una volta depositati su di una superficie piana, e non più su di una vaschetta, vengono induriti da una luce UV. Questa tecnica permette, di fatto, la produzione di un oggetto con diversi materiali e con le relative proprietà e presa in considerazione la panoramica che fino a qui abbiamo svolto è facile intuire come questo possa essere considerato sia un pregio ma anche un difetto. Al di là di questo piccolo appunto, quello del material jetting è un metodo che prevede la creazione di oggetti molto precisi e con una finitura particolarmente liscia risultando, inoltre, una delle tecnologie più versatili considerate le moltissime combinazioni di colori e materiali ottenibili nel processo.

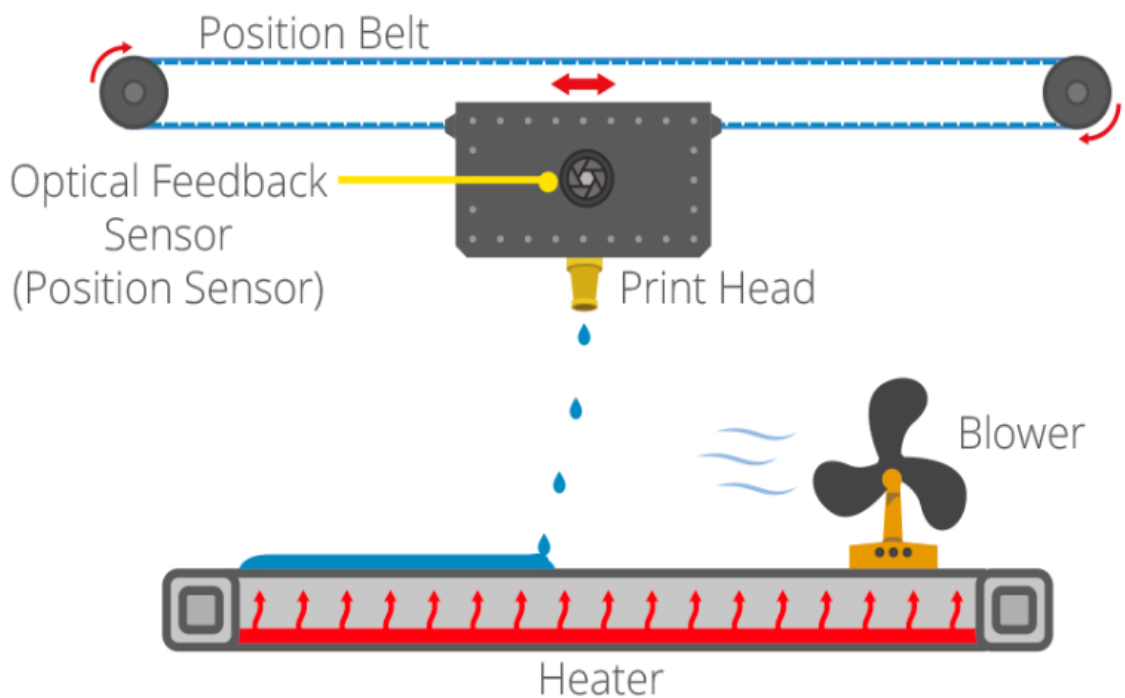


Figura 14: Lavorazione con Material Jetting (3D Printing Industry, 2016).

2.6.5. Le implicazioni economiche

Dopo aver considerato una breve carrellata di strumenti che fanno capo al fenomeno della quarta rivoluzione industriale, con un particolare focus sulla stampa 3D, è doveroso cercare di analizzare le implicazioni economiche che questa nuova frontiera offre considerando che si è in presenza di continue innovazioni ed evoluzioni.

Nonostante ciò, la produzione additiva fa propri alcuni principi che modificano, talvolta in maniera realistica, altre in maniera velleitaria, quelle che sono le dinamiche aziendali. Di seguito vengono riportati i principali:

- **Rapid Prototyping.** Una delle fasi che più sta beneficiando di questa nuova tecnologia è la prototipazione. Il motivo è molto semplice. Con la stampante 3D è più facile e meno costoso toccare con mano quello che sarà l'oggetto finale. La conseguenza logica sta nel fatto che il progettista riuscirà a fornire più alternative possibili di uno stesso prodotto ad un cliente che li richiede in tempi molto veloci e flessibili. I prototipi saranno più precisi e di conseguenza si ridurranno anche le possibilità di vedere un progetto su carta che evidenzia poi complicazioni nella fase di produzione, o comunque sarà possibile crearne una nuova versione testabile in poche ore, al contrario di quanto accadrebbe nei sistemi tradizionali. Seppur datata la tabella sottostante evidenzia le tempistiche e conseguentemente il risparmio di tempo che si ottiene utilizzando una stampante 3D piuttosto che una tradizionale lavorazione con macchine CNC.

Lavorazione CNC		Lavorazione con Stampante 3D	
Fase	Ore	Fase	Ore
Modello CAD	1	Modello CAD	1
Pianificazione processo	1	Generazione e verifica file .stl	1,25
Programmazione toolpath	25	Esecuzione slicing	0,7
Generazione file ATP	1	Settaggio macchina	0,5
Post-processo	2	Costruzione pezzo	14,2
Verifica codice ISO	3	Rimozione supporti	0,25
Settaggio macchina utensile	1	Pulizia pezzo	0,5
Lavorazione	7	Post-trattamento	4
Totale	41	Totale	22,45

Tabella 5: Ore impiegate per la prototipazione con lavorazione CNC e con stampante 3D.

(Prototipazione rapida: la tecnologia per la competizione globale. A.Gatto, L.Iuliano, 1997)

La stampa 3D prevede, inoltre, la possibilità di eliminare la necessità di stampi che diventano, pensando in ottica additive, un materiale superfluo, dando la possibilità di modificare il progetto liberamente e stamparlo in tutte le versioni desiderate. Diviene possibile anche la creazione degli stampi stessi, destinati quindi ad un uso in produzione risparmiando sul tempo totale di produzione dello stesso fino al 70 % del tempo altrimenti necessario (Barnatt C., 2013). Si parla in questo caso del cosiddetto rapid tooling, ma i vantaggi com'è facilmente intuibile sono gli stessi di quelli evidenziati con il prototyping e si traducono in un risparmio dei costi e dei tempi, nella libertà di progettazione di qualsiasi tipologia di forma complessa, nella possibilità di realizzare parti mobili, verificarne il funzionamento e apportare eventuali modifiche in tempo reale e in una migliore comunicazione e in una minore probabilità di incorrere in errori.

- **Meno scorte di magazzino.** Sicuramente un primo cambiamento riguarda la gestione del magazzino e delle attività logistiche. La predisposizione di un file CAD permette, infatti, la possibilità di non predisporre complesse lavorazioni, tanto meno prevede l'utilizzo di stampi o di calchi. Il fatto che un articolo o un particolare componente possano essere "stampati" just in time andrà ad alleggerire senza ombra di dubbio la detenzione di scorte. Il fatto che i costi unitari di produzione siano talvolta maggiori può essere un'informazione fuorviante visti i risparmi derivanti dall'ottimizzazione della gestione del magazzino sia da un punto di vista finanziario (riduzione dei capitali immobilizzati), sia se si considera la potenziale riduzione delle superfici dei magazzini e dei costi della logistica.
- **Meno vincoli alla progettazione.** Rispetto alle tecniche tradizionali e soprattutto quando parliamo di manifattura additiva, siamo di fronte all'annullamento quasi completo dei vincoli legati alle geometrie dell'oggetto. Le forme possono essere adattate ed utilizzate per contenere alcuni componenti, si possono realizzare strutture più robuste utilizzando al contempo meno materiale e alla riduzione di peso si associano benefici evidenti sul piano del consumo energetico. Un'ulteriore implicazione è la riduzione del numero dei pezzi da assemblare determinando un minor costo del lavoro per unità prodotta e l'eliminazione degli eventuali punti di fragilità rappresentati dai punti di saldatura. Infine, questi minori vincoli incidono anche sull'estetica dell'oggetto determinando un ampliamento delle possibilità di design con la ricerca di forme più particolari e accattivanti che possono essere sfruttate in ambito commerciale (Centro Studi Confindustria).

- Massimizzazione dell'efficienza produttiva. Entrando nell'ottica dell'additive manufacturing si deve vagliare la possibilità che la realizzazione di un oggetto sia più costosa con la stampante 3D. Se la tecnica sottrattiva cerca di puntare alla minimizzazione del materiale con lo scopo di generare meno materiale di scarto possibile, quella additiva si basa sul principio per il quale meno materiale impiego, meno costa. Si è quindi di fronte alla possibilità di ottenere un vantaggio economico derivante da un nuovo modo di pensare alla progettazione e dalla re-ingegnerizzazione delle forme costruttive.
- Indipendenza costo-volumi. Grazie a questo nuovo modo di produrre si è davanti all'assenza, quasi totale di economie di scala. La quantità che riesce ad essere prodotta da una stampante 3D varia da uno ad un massimo di alcune decine, centinaia o migliaia in base alla grandezza dei pezzi ma anche a quella della stampante stessa. La produzione su larga scala e questa nuova tecnica non sono quindi affini ma questo tasto dolente si rivela un pregio nel momento in cui si producono piccole quantità di pezzi essendo i costi delle varianti praticamente nulli. Non si andrà a modificare un macchinario bensì un semplice disegno CAD evitando i costi di manutenzione e gli stampi necessari, talvolta, alla produzione su larga scala.

Tutto questo genera vantaggi non indifferenti alle piccole e alle medie imprese diminuendo non solo, il rischio legato alla produzione di un lotto minimo, in quanto lo stesso avrebbe la potenzialità di coprire i costi legati agli investimenti in innovazioni; ma anche le barriere economiche per l'entrata in mercati che apparentemente sembrerebbero impenetrabili.

- Mass customization. La sempre maggior quantità di dati sui gusti e sui comportamenti dei propri clienti, la possibilità di interagire con loro grazie agli strumenti offerti dal mondo digitale amplifica il successo potenziale di questa nuova tecnica produttiva. Ora siamo raggiungibili ovunque, nei luoghi che visitiamo, sui siti in cui navighiamo, attraverso i social network che possediamo, tramite i motori di ricerca che usiamo e i programmi televisivi che guardiamo. Tutto questo facilita la vicinanza della domanda a quello che effettivamente è il prodotto finale. In quest'ottica la produzione standard perde di significato e l'idea di base diventa quella di creare prodotti ad hoc permettendo al consumatore finale di interagire nella loro progettazione.

Come dimostra la figura 15 è proprio per la produzione di questi beni che la stampa 3D mostra il suo massimo potenziale. Una possibilità produttiva di pochi lotti, in un mercato ristretto ma con enormi capacità di personalizzazione.

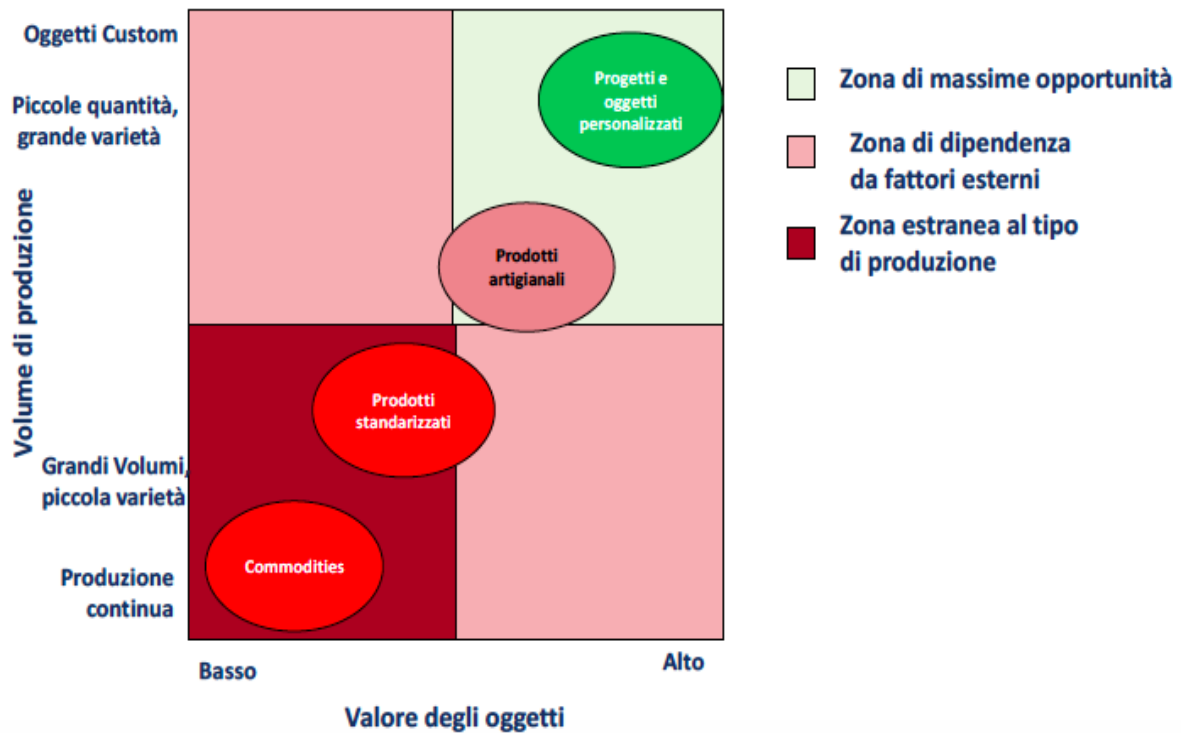


Figura 15: La stampa 3D in base alla tipologia di beni. (NetConsulting, 2016)

Gli esempi di chi si sta adoperando in ciò sono molti e citando tra i vari possiamo considerare Levi Strauss's, Nike e Swatch.

- Re-shoring. Lo sviluppo della tecnica additiva potrebbe ridurre la tendenza che si ripete ormai da anni di delocalizzare i centri produttivi in paesi in cui il lavoro costa meno. La motivazione legata a questo fenomeno è molto semplice e quasi ovvia. Il fattore lavoro incide molto meno in rapporto al costo totale, il costo della materia prima è sostanzialmente identico e le minori problematiche legate all'inquinamento ambientale riducono l'importanza dei vantaggi competitivi dei paesi con normative ambientali meno rigide. Al contrario però, sappiamo che l'intensità di lavoro legata al mondo additive è inferiore, e di molto, rispetto a quella che contraddistingue la produzione manifatturiera tradizionale. Possiamo quindi concludere che, se tali considerazioni assumono una connotazione positiva per le economie dei paesi occidentali occorre però riflettere sulle implicazioni di una simile trasformazione sul piano occupazionale.

2.7. Il cloud computing

Se il concetto di stampante 3D è stato, fino ad ora, più che ampiamente sviluppato, l'universo del cloud computing risulta ancora da esplorare. Con esso si identifica quella serie di tecnologie che permettono di elaborare, archiviare e memorizzare dati grazie all'utilizzo di risorse

hardware e software distribuite nella rete.

Generalizzando, possiamo affermare che si utilizzi un servizio cloud quando in qualche modo, tramite pc, smartphone o altri dispositivi vengono sfruttate delle risorse o dei servizi attraverso la rete. Le infrastrutture di cloud computing sono grandi data center che consentono all'utilizzatore di poter disporre delle risorse (storage, applicativi, programmi, servizi) di cui necessita, con la formula del pagamento a consumo. Questo rende possibile la nascita di un nuovo modello aziendale che permette alle stesse aziende di ridurre considerevolmente il proprio potere informatico interno per acquisirlo esternamente, in base alle esigenze e alle problematiche del caso. Il fornitore, o "hosting service provider", sarà quindi in grado di offrire servizi hardware e software fruibili, in qualsiasi momento, da ogni luogo e con qualsiasi dispositivo; dall'altra il cliente, o "cloud consumer", potrà, on demand e pagamento secondo utilizzo, accedere in remoto ai servizi senza alcun tipo di installazione, aggiornamento e backup o della manutenzione dell'infrastruttura.

Un servizio cloud può essere distribuito in tre tipologie principali:

- SaaS (Software as a Service): è la tipologia più conosciuta e di conseguenza anche quella che si riscontra con maggiore frequenza all'interno di un'azienda. Rappresenta il caso in cui, invece di procedere all'installazione del software direttamente nelle proprie macchine, ci si avvale di un'azienda terza, e quindi del sopra citato hosting service provider, che predispose i programmi rendendoli accessibili via internet, ovunque e su qualsiasi dispositivo, prevedendo un pagamento in base all'uso effettivo;
- PaaS (Platform as a Service): è quasi identico al SaaS come funzionamento, ma l'erogazione del servizio è attinente ad una piattaforma software rappresentata da una serie di programmi, librerie, servizi, etc.;
- IaaS (Infrastructure as a Service): quest'ultimo caso è più attinente al mondo hardware che a quello software e infatti prevede l'utilizzo di risorse hardware in remoto. Non è altro se non un processo che permette da un lato di rendere virtuali oggetti fisici e dall'altro di utilizzarli al di fuori del perimetro aziendale.

Anche quest'altro aspetto caratteristico della Fabbrica 4.0 permette, da un lato di ottenere vantaggi, sia economici che tecnici ma, dall'altro, come abbiamo fino a qui avuto modo di intuire, tutte le tecnologie legate ad essa, seppur sviluppate e presenti da ormai diverso tempo sono già obsolete e presentano per tale motivo anche degli svantaggi. Partendo dai primi possiamo considerare, innanzitutto i vantaggi dal punto di vista economico:

- Abbattimento dei costi fissi iniziali. La motivazione di ciò, risiede nel fatto che l'acquisto, la configurazione, l'installazione, la manutenzione e la dismissione di

hardware e software non è più necessaria, come non è più necessario possedere computer di fascia alta per accedere a questo servizio. Tutto questo sarà gestito da personale molto qualificato ed esperto.

- Maggiore flessibilità dovuta sia a quanto espresso nel punto precedente, sia alla possibilità di un facile adeguamento delle condizioni in base alle esigenze.
- Personale maggiormente focalizzato nel proprio core business, in quanto la gestione di tutta l'architettura informatica è demandata al provider.

Tra i vantaggi dal punto di vista tecnico possiamo, invece, individuare:

- Accesso al cloud in mobilità. La connessione ai dati può, infatti, avvenire in qualsiasi momento e da una molteplicità di dispositivi come smartphone, tablet, ultrabook e portatili di qualsiasi genere.
- Indipendenza dalle periferiche, dovuta alla possibilità di accesso con qualsiasi collegamento internet attraverso un browser qualsiasi.

I potenziali rischi riscontrabili sono per lo più dovuti al rischio comune insito all'interno della rete. Basti pensare al blocco di qualsiasi attività a cui si andrebbe incontro in caso di mancato funzionamento della connessione internet. A questo si aggiunge la maggior probabilità di subire attacchi informatici essendo più esposti alla pirateria informatica o a qualsiasi violazione della privacy. Le leggi attuali non aiutano una protezione esaustiva verso questo tipo di violazione che si concentra per lo più in settori come quello degli utensili, dei giocattoli e dei gioielli considerando le limitate capacità di stampa delle macchine che i consumatori normalmente possiedono.

2.7.1. Il mercato del Cloud Computing

Nonostante quello che è stato detto riguardo ai rischi connessi all'adozione del cloud, il suo mercato presenta una costante crescita come del resto quello della stampante 3D. Dai dati della ricerca dell'Osservatorio Cloud & ICT as a Service della School of Management del Politecnico di Milano si riscontra una percentuale di sviluppo fissata al 18% per il mercato italiano, che dovrebbe, a seguito di ciò, raggiungere un valore assoluto pari a 1,7 miliardi di euro. Dal punto di vista dei mercati di approdo arrivano conferme molto importanti per il mondo manufacturing che rappresenta il 23%, della spesa totale seguito dalle banche con il 21%, dai media con il 14% e dai servizi con il 10%.

Questi dati ci permettono di capire come il fenomeno sia parte integrante dei nuovi paradigmi produttivi italiani e non solo. Uno studio di Gartner stima che nel corso di quest'anno il mercato

crecerà del 16,5 percento toccando la quota di 204 miliardi di dollari e che la crescita maggiore del mercato verrà grazie ai servizi IaaS, che nel 2016 dovrebbero crescere del 38,4 percento. Nella seguente tabella è riassunta la restante parte dei dati raccolti dalla famosa società di consulenza strategica.

	2016	2016 Growth (%)
Cloud Business process services (BPaaS)	42,6	8,7
Cloud Application services (SaaS)	37,7	20,3
Cloud Application infrastructure services (PaaS)	4,6	21,1
Cloud system infrastructures services (IaaS)	22,4	38,4
Cloud management and security services	6,2	24,7
Cloud Advertising	90,3	13,6
Total Market	203.9	16,5

Tabella 6: Andamento del mercato cloud (Gartner, 2016)

Come sostiene Sid Nag, research director di Gartner, non esprimono altro se non la tendenza da parte delle aziende di soddisfare le loro necessità strutturali tramite cloud e non più potenziando i propri data center. Qual è la conseguenza di tutto ciò? Sicuramente un grosso aumento in termini di fatturato anche nei prossimi anni con trend che molto difficilmente si riveleranno negativi.

2.8. L'interazione tra cloud computing e stampante 3D

Dopo questa panoramica per comprendere come il mondo cloud svolga un ruolo centrale nella fabbrica 4.0, possiamo considerare a cosa porta un'eventuale connessione tra questo "strumento" e la stampante 3D. Il tutto si traduce, semplicemente, nella possibilità di rendere disponibili i modelli 3D in qualsiasi parte del mondo e in qualsiasi momento. Come abbiamo avuto modo di considerare più volte fino a questo momento la stampa 3D e l'additive manufacturing permettono la produzione di oggetti a costi fissi e molto contenuti, nonché una flessibilità produttiva mai conosciuta prima d'ora.

I progettisti grazie alla connessione di questi due strumenti, che caratterizzano due pietre miliari della nuova idea di industria che si sta sviluppando, sono in grado di scambiare qualsiasi tipo

di informazione legata al prodotto, dagli stessi modelli alle caratteristiche fisiche agevolando la progettazione e facendo quindi in modo che gli stessi prototipi siano presenti in tre o quattro sedi diverse della stessa azienda. L'integrazione tra cloud e 3D, per questi motivi, appare non solo scontata ma anche consigliata in un futuro non lontano, grazie alla possibilità garantita di uno scambio informativo preciso e grazie alla necessità di un semplice modello per una produzione si limitata, ma senza la necessità di particolari manutenzioni o sostituzioni per usura. In sintesi il vantaggio non è solo interno ma si genera in tutti gli ambiti che richiedono una qualsiasi forma di trasferimento del prodotto o del prototipo.

Il passo successivo riguarda, invece, il trasferimento del concetto di cloud dal livello informativo a quello produttivo. Come la stampante 3D ha creato il nuovo sistema produttivo dell'additive manufacturing anche il cloud computing ha dato vita ad un modello che prende il nome di cloud manufacturing e che identifica una situazione per cui viene meno la necessità di grossi centri produttivi e diventa priorità la valorizzazione di una produzione frammentata, permessa dalle possibilità di trasferimento che poco fa sono state descritte. A prescindere dalla difficoltà di creare infrastrutture in grado di far fronte ad una produzione di tale tipologia, anche questo rapporto cloud 3D non è esente da rischi che se vogliamo emergono dalle stesse motivazioni per cui questo connubio è nato. La facilità con la quale le informazioni rimbalzano da una parte all'altra della rete fa sì che si possano essere creati prodotti illegali ed un lampante esempio è la stampa di una pistola funzionante grazie ad un modello 3D trafugato dal web (Lipson H., Kurman M., 2013). Un altro danno enorme può essere causato dal plagio che visto il grande traffico di modelli 3D e l'elevato possesso di stampanti in grado di generarli può essere fatale, soprattutto per le aziende.

2.9. Verso il nuovo paradigma produttivo

Dopo queste pagine in cui si è svolta una rassegna di quelle che sono le strumentazioni di riferimento all'interno della Fabbrica 4.0 e aver capito le dimensioni del fenomeno stampante 3D e cloud computing e averne analizzato rispettivamente le tecniche produttive e le modalità distributive è arrivato il momento di addentrarsi ulteriormente all'interno del nuovo paradigma industriale che fin dall'inizio abbiamo imparato a chiamare Direct Digital Manufacturing.

Tutto questo con la consapevolezza di quello che permettono additive e cloud manufacturing sia in termini di vantaggi, dovuti ad una produzione rapida, estremamente flessibile e a costi costanti, trovando, per questi motivi, terreno fertile soprattutto nella prototipazione; ma anche in termini di svantaggi, riconducibili per lo più all'incapacità di queste tecnologie di evolversi in modo definitivo e privo di rischi.

Il prossimo capitolo sarà quindi utile nella comprensione del quarto ed ultimo paradigma manifatturiero presente nella nostra quotidianità e che promette di esserlo anche nel nostro futuro.

Capitolo 3: Digital Manufacturing, il nuovo paradigma produttivo.

L'evoluzione della fabbrica con gli strumenti tecnologici che fino ad ora si ha avuto modo di analizzare non è di certo attuabile in tempi brevi, ma numerose sono le aziende che hanno già avviato programmi di trasformazione o che nel corso degli ultimi anni si stanno avviando verso questa direzione. I principali attori di questo cambiamento sono, per adesso, le grandi realtà industriali e tutto questo perché l'implementazione dei suddetti strumenti risulta particolarmente onerosa e di difficile adozione soprattutto in un territorio ricco di PMI come l'Italia. Tuttavia, grazie ai vantaggi che essi portano, sempre più realtà di piccole e medie dimensioni stanno investendo per cercare di abbandonare quello che viene dai più considerato un paradigma "analogico", in favore dell'emergente paradigma "digitale", che permetterà, grazie all'introduzione di un sistema governato dalle informazioni e dai dati raccolti dall'azienda stessa, di prendere decisioni sempre più precise, nel minor tempo possibile, ottimizzando i processi di produzione e logistica.

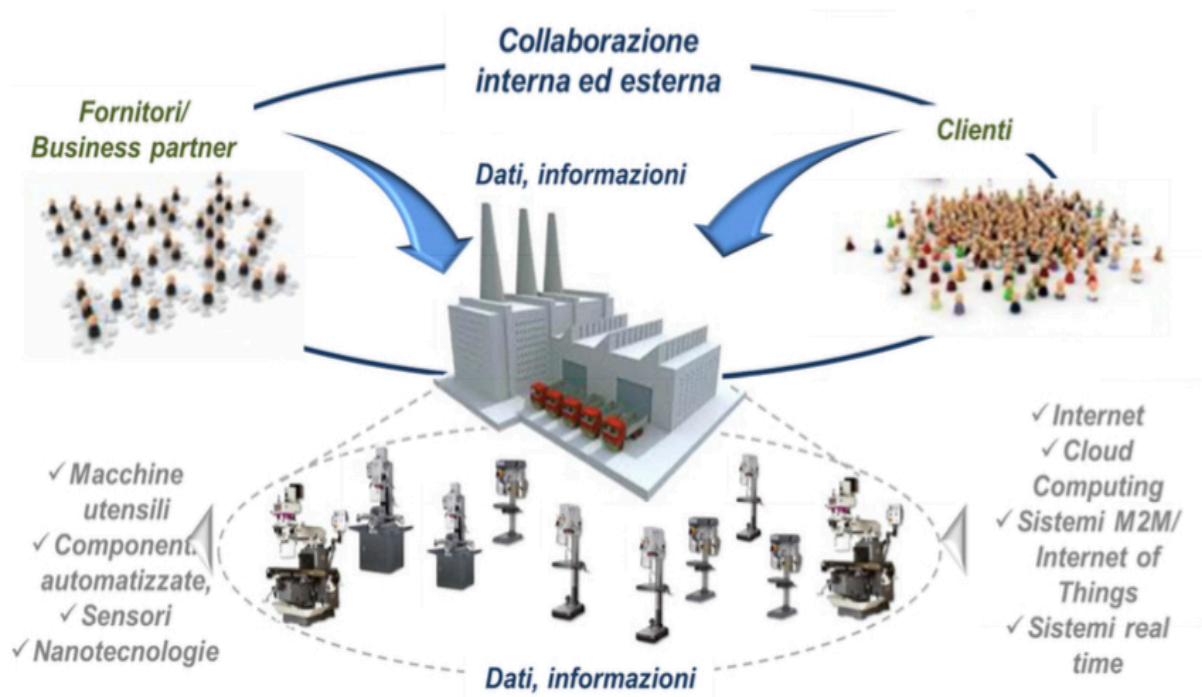


Figura 16: La fabbrica digitale (Net Consulting, 2014)

Di seguito si cercherà di mettere in luce come la stampa 3D, l'Internet of Things, il cloud computing e la comunicazione M2M, considerati gli elementi chiave di questa nuova rivoluzione industriale (Anderson 2012; Markillie 2012; Winnan 2012) riescano a mutare profondamente non solo la strategia e la competizione tra le aziende ma soprattutto la supply chain, in molte delle sue fasi. Un buon punto di partenza nella comprensione di tutto ciò è una

rappresentazione grafica del vecchio paradigma manifatturiero, basato quindi sull'utilizzo di macchine utensili, posto a confronto con il nuovo paradigma digitale.

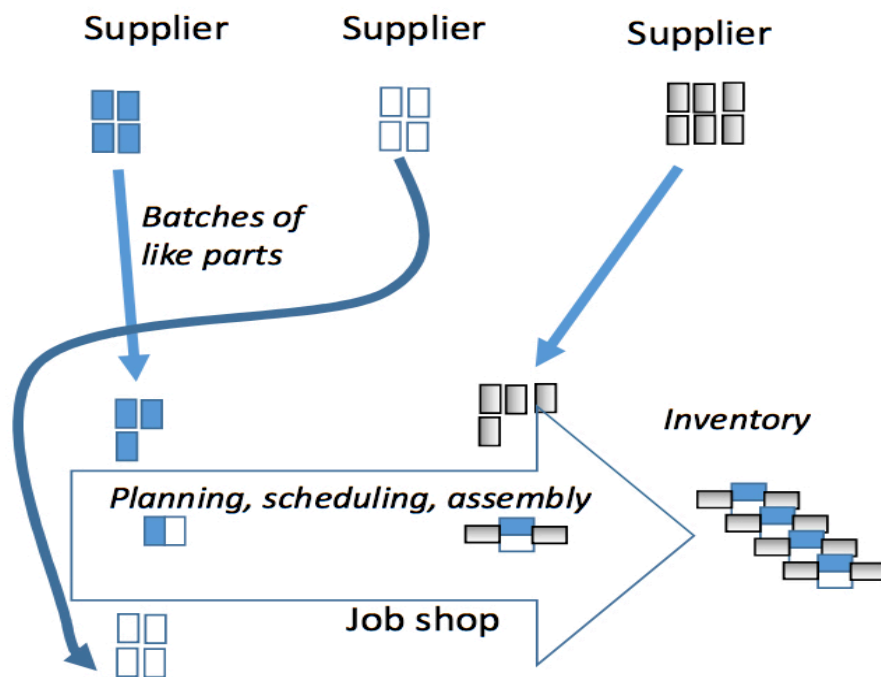


Figura 17: Tradizionale sistema manifatturiero.
The direct digital manufacturing revolution. Holmström, Holweg et al, 2016)

Il tradizionale sistema manifatturiero basa il proprio successo su di una strategia di delocalizzazione effettuata, prevalentemente, per ridurre i costi.

Si basa sulla gestione di rapporti con molti fornitori durante tutto il processo di produzione. Questo implica che si debbano gestire non solo i propri lotti, tempi di inventario e di consegna ma anche quelli dei fornitori esterni con il moltiplicarsi del rischio di prodotti inadeguati e di successivi ritardi di consegna e giacenze a magazzino. Per queste ragioni i tempi di risposta al cliente sono molto spesso medio-alti. Si prevede, infine, un unico punto per la pianificazione, la programmazione e l'assemblaggio e la produzione di una grande serie di lotti con prodotti tendenzialmente standard e processi ripetitivi e poco complessi.

Nel nuovo paradigma la situazione è, invece leggermente diversa. La delocalizzazione competitiva lascia il posto ad una strategia centrata nell'innovazione e nella fruizione di un servizio. Emerge prepotentemente la figura del consumatore che partecipa, talvolta di propria iniziativa, talvolta in maniera passiva, alla raccolta di dati e informazioni utili alla realizzazione di prodotti che vengono studiati ad hoc secondo la sua volontà e la sua esigenza. Il ruolo dei fornitori rimane comunque importante, ma non si basa più sulla semplice riduzione dei costi, bensì sulla condivisione di logiche di business modelli organizzativi e metodologie gestionali.

In questa logica di cambiamento, anche il rapporto con il cliente cambia grazie a tempi di consegna tendenzialmente bassi e un'elevata e continua interazione tra le parti.

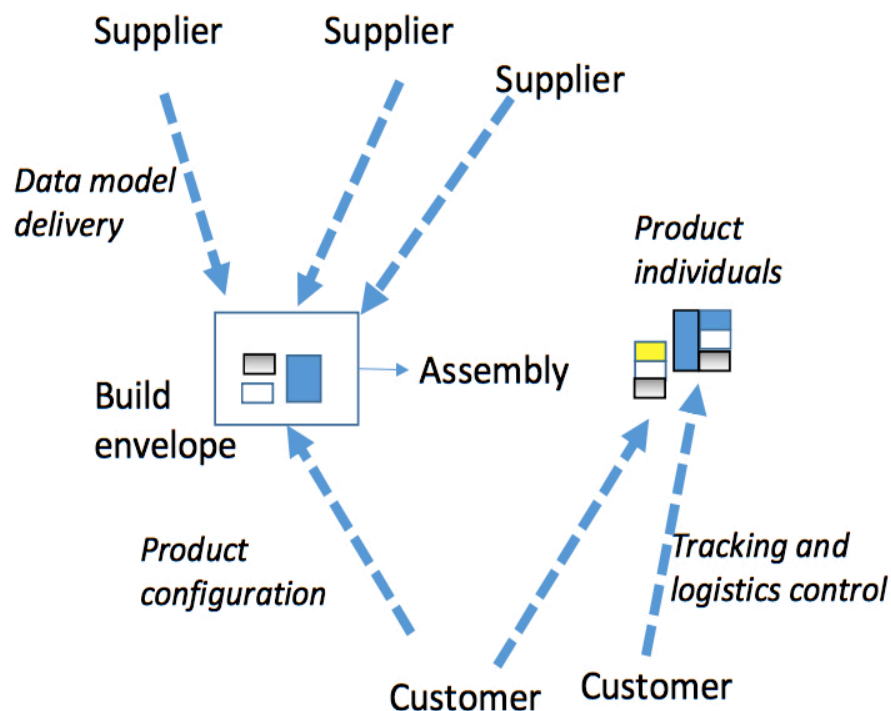


Figura 18: Nuovo paradigma produttivo, il Digital Manufacturing.
The direct digital manufacturing revolution, Holmström, Holweg et al, 2016)

Quello che fino ad ora si è descritto sembra un cambiamento di piccole dimensioni ma in realtà, visto da un punto di vista più ampio, riflette un cambiamento nell'intera economia globale. Sono due i processi fondamentali che hanno caratterizzato l'ecosistema economico negli ultimi decenni: una crescente ed altamente concentrata produzione in scala e il sottile taglio delle catene di valore globali (Buckley & Strange 2015). Recentemente alcuni fattori come la liberalizzazione internazionale del mercato, la deregolamentazione degli investimenti, la regolarizzazione dei mercati finanziari e l'avanzamento delle informazioni e delle tecnologie di comunicazione hanno permesso il dislocamento globale delle attività economiche (Buckley & Strange 2015). In questo contesto, le aziende si spostano per ottimizzare i costi di lavoro, l'accesso alle materie prime e le infrastrutture incrementando il commercio globale. Tutto questo è visibile grazie ai dati raccolti dalla World Trade Organization, che evidenziano la costante crescita delle esportazioni globali negli ultimi trent'anni. Nel 1970 il loro valore ammontava a 0.3 trilioni di dollari, nel 1990 il totale era di 10 volte più alto (\$3 trilioni), il doppio nel 2000 (\$6 trilioni), e il doppio ancora nel 2007 (\$14 trilioni). A \$19 trilioni, le esportazioni attuali sono di 60 volte quelle del valore del 1970. Questo trend fortemente

crescente segna anche una redistribuzione in termini di chi esporta e quanto. La motivazione di questo risiede nel fatto che i paesi maggiormente ricchi di materie prime rimangono i paesi che comunemente vengono definiti poveri che vedono nella delocalizzazione delle fasi ad alta intensità lavorativa e nella mobilità internazionale della tecnologia una possibilità di sviluppo che permette l'unione a catene di rifornimento esistenti invece di dover investire decenni per poter realizzare le proprie. Paradossalmente, dal 1985 al 2012, la quota delle esportazioni globali delle economie avanzate sono scese dal 70.1% al 53.5% mentre quella delle economie emergenti ha subito un incremento dal 18% al 33.5% (Buckley & Strange 2015, dati UNCTADSTAT). Negli Stati Uniti l'attività manifatturiera genera solo il 12,4% del valore dell'intera economia americana, percentuale in forte calo rispetto a quella di pochi anni fa (The World Bank, 2015), così come mostrano un calo altre economie avanzate come quella italiana (dal 20.3% al 15.5%) e quella inglese (17.6% al 9.4%).

In linea con quello che si è cercato di illustrare brevemente, questo scenario rappresenta un terreno fertile per l'ormai consolidato sistema produttivo tradizionale in cui le materie prime, i materiali dei semi-lavorati, i componenti e i prodotti finali viaggiano per lunghe distanze tra fornitori, produttori e clienti, passando in differenti mani, attraversando differenti frontiere organizzative e territoriali, facendo crescere esponenzialmente i requisiti per la coordinazione ed incrementando inevitabilmente la complessità delle catene di produzione.

Le nuove tecnologie hanno però portato ad un'inversione di tendenza. Questo perché con l'avvento della quarta rivoluzione industriale non è più fondamentale il flusso fisico ma talvolta può risultare più che sufficiente quello virtuale, permettendo a quei paesi che per diversi decenni hanno sperimentato un calo della quota di produzione, di riemergere e di tornare a ricoprire un ruolo importante nell'economia globale (Markillie 2012). Sono proprio le grandi potenze mondiali che stanno investendo per tornare a recitare un ruolo da attore principale. I principali programmi avviati nel mondo sono portati avanti da Stati Uniti, Francia, Germania e Italia. Con il programma che prende il nome di "Manufacturing USA", l'America si sta impegnando nella creazione di un network di istituti e di lab di eccellenza, per la diffusione tecnologica e delle competenze, costituiti da grandi gruppi privati ICT e università. Il tutto promosso dal governo e finanziato tramite partnership pubblico-private con lo stanziamento di 0,5 miliardi di dollari che garantiscono supporto pubblico a progetti di ricerca. Anche la Francia con Industrie du Futur permette la realizzazione di un piano di reindustrializzazione e di investimento in tecnologie 4.0 guidato dal governo e con un impegno pubblico che garantisce un fondo superiore ai 10 miliardi con manovre tra le quali spiccano incentivi fiscali per investimenti privati, prestiti agevolati per PMI e credito d'imposta per la ricerca. Industrie 4.0,

il programma avviato in Germania prevede, invece, un piano d'azione sponsorizzato a livello federale con il coinvolgimento di grandi player industriali e tecnologici. Nel territorio tedesco il fondo stanziato è di 1 miliardo di euro con l'intento di permettere il finanziamento di progettualità aziendali e centri di ricerca applicata e agevolazioni fiscali per investimenti in start-up tecnologiche.

Mentre l'approfondimento sul caso italiano e il piano adottato dal nostro governo verrà descritto nel quarto ed ultimo capitolo si cercherà, ora, di comprendere quali sono le fasi che maggiormente rischiano di essere rivoluzionate, a seguito di ciò e dell'introduzione degli strumenti che fino ad ora si è avuto modo di considerare. Verranno evidenziate quelle situazioni in cui i benefici apportati dagli stessi sono certi e altre, in cui invece un risultato positivo non è garantito. Si cercherà quindi di fornire una risposta che riesca a giustificare tutti questi cambiamenti ma soprattutto tutte queste attività e programmi che le maggiori potenze economiche mondiali hanno deciso di adottare per tornare ad essere tali.

3.1. La nuova pianificazione e il nuovo controllo della produzione

La pianificazione e il controllo di produzione sono una serie di attività progettate per rendere la produzione e la consegna dei prodotti meno problematiche e più efficienti, sia in termini di tempo, sia in termini di costo. Se da un lato, infatti, la pianificazione fissa gli obiettivi di produzione a breve, medio e lungo termine per rendere i prodotti e i processi in grado di soddisfare le esigenze dei clienti in modo completo e senza alcun tipo di interruzione; dall'altro, il controllo di produzione non fa altro che verificare e monitorare le performance dei programmi di produzione e le consegne di modo che possano emergere eventuali incongruenze con i piani stabiliti. Un'ottima pianificazione e controllo di produzione sono sinonimo di soddisfazione da parte del cliente e di un utilizzo efficiente del lavoro, dei materiali e dei macchinari che si hanno in possesso (Khajavi, Holmström). Tra le molte attività che compongono la pianificazione e il controllo alcune sono utili per determinare eventuali cambiamenti. Le principali attività che si compiono in fase di pianificazione permettono quindi di determinare la migliore sequenza di operazioni da svolgere sia in termini di efficienza, sia in termini economici e di assicurare che questa venga attentamente seguita; decidere le mansioni dei singoli lavoratori, stabilire i singoli carichi di lavoro con riferimento anche a quella che è la possibilità produttiva di ciascun macchinario posseduto e definire i tempi nello svolgimento delle attività e i rapporti di dipendenza o precedenza temporale esistenti tra le stesse, processo noto come "schedulazione", con la ripercussione che il tutto avrà nei confronti delle risorse umane e i materiali occorrenti

alle singole operazioni. In sintesi all'interno della pianificazione si determina chi, dove e quando si devono svolgere le varie attività.

Altri invece sono i punti che coinvolgono il controllo della produzione. Tra i principali troviamo le attività necessarie a fare in modo che una macchina inizi ad essere operativa e quindi gli spostamenti dei materiali tra le diverse postazioni di lavoro, la predisposizione degli strumenti necessari ad eseguire le singole operazioni e il momento in cui le stesse devono essere svolte; eventuali ritardi o deviazioni da quelli che sono i piani di produzione, dovuti sia ad un carico di lavoro troppo elevato come anche ad una situazione contraria; e tutte quelle attività volte ad assicurare la qualità del prodotto offerto con le conseguenti misure correttive da applicare se il risultato non è conforme a quanto richiesto dalla pianificazione.

Dopo questa spiegazione di ciò che sta dietro al processo produttivo uno studio effettuato da Khajavi e Holmström si presenta utile nella comprensione di ciò che accade all'interno del nuovo paradigma digitale. I due autori hanno infatti cercato di utilizzare casi studio per sintetizzare il potenziale impatto della manifattura digitale sulla pianificazione e sul controllo di produzione. Il primo caso è un esempio di un sistema di produzione digitalizzato. Essi esaminano infatti un'azienda attiva nel settore dei tubi industriali che ha sviluppato un sistema di produzione che può essere considerato un chiaro esempio di fabbrica digitale. Al suo interno è stato infatti implementato un metodo di ricezione degli ordini che permette agli stessi di essere direttamente spediti alla macchina che si occupa della lavorazione necessaria. Quando l'ordine viene recepito, un meccanismo computerizzato al suo interno permette di andare a rilevare la variante e lo spessore del tubo scelto dal cliente per poi andare a tagliarlo e continuare la medesima operazione sull'ordine successivo. Vengono inoltre suggerite eventuali altre parti metalliche da unire al tubo che verranno installate successivamente da un operatore, esempio che ci permette di sottolineare che l'uomo rimarrà comunque parte integrante della fabbrica 4.0. La diretta, e quasi ovvia, conseguenza di quello che accade con il susseguirsi di questo progetto non è altro se non una drastica semplificazione della pianificazione della produzione che ha ora un percorso più breve, sia in termini di programmazione sia in termini di chi deve fare cosa; l'ordine cartaceo sparisce come lo stesso archivio che dovrebbe contenerli e si diminuisce, infine, il rischio di possibili pezzi confezionati o spediti per errore ad un cliente sbagliato visto che la macchina procede per ordine e non per produzione in successione di prodotti. Se grazie alla digitalizzazione la pianificazione si semplifica fortemente, così accade anche per il controllo. I motivi sono presto detti. Innanzitutto, tutte le operazioni necessarie all'avviamento della produzione dipendono da un momento: il recepimento dell'ordine da parte

della macchina. Una volta avvenuto la macchina inizierà a leggerlo e a compiere le necessarie lavorazioni. Il controllo del prodotto e le eventuali azione correttive in caso di non conformità saranno sempre e comunque svolte da una mente pensante, visto che una macchina, anche a seguito della digitalizzazione, opera solo in maniera oggettiva.

Il secondo esempio che i due autori analizzano è invece un caso di insuccesso che permette di capire come si sarebbe potuto agire avendo a disposizione alcune delle tecnologie attualmente fruibili. L'analisi si basa sul celebre impianto di Kalmar di proprietà della rinomata casa di produzione automobilistica Volvo. Questo impianto fu pensato in modo da rivoluzionare l'attività di un lavoratore inserendolo in un contesto di gruppo. Ogni gruppo presiedeva una parte dello stabilimento e in un lasco di tempo doveva essere in grado di assemblare le parti dell'auto che giungevano a chi di competenza tramite una serie di carrelli appositamente studiati. Sebbene grazie a questo metodo Volvo riuscì ad accrescere la propria produttività fu costretta a chiudere questo rivoluzionario stabilimento nel 1994, vent'anni dopo la sua apertura. Uno dei motivi principali che hanno generato questo insuccesso risiede nella natura dello stesso che si riduce a mero assemblaggio. Furono proprio le enormi perdite di tempo derivanti dai trasporti dei pezzi prodotti nello stabilimento e lo spostamento dei materiali nelle varie stazioni di lavoro che fecero in modo di rendere fallimentare l'intera strategia di produzione (Khajavi, Holmström). Lo scenario sarebbe drasticamente cambiato se lo stabilimento di Kalmar avesse avuto la possibilità di utilizzare tecniche di additive manufacturing per la produzione di alcuni pezzi di modo da velocizzare, almeno in parte, la produzione e avesse affidato l'assemblaggio

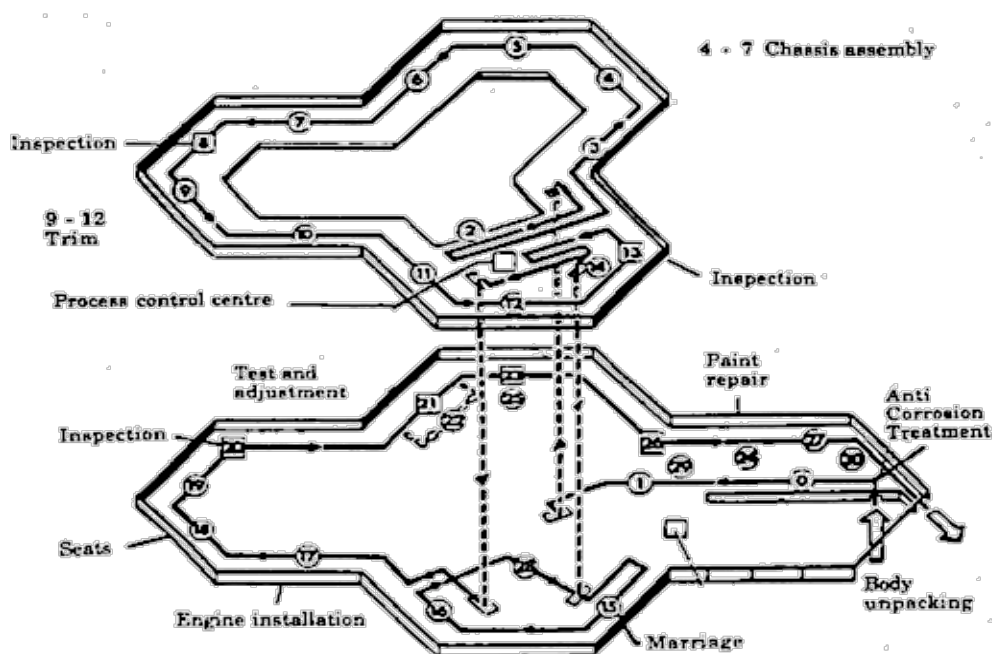


Figura 19: Struttura dello stabilimento di Volvo presso Kalmar

a macchine automatizzate.

Entrambi gli esempi che gli autori riportano non sono altro se non un modo per sottolineare come nell'era della digitalizzazione in cui il prodotto è creato con un file CAD, la maggior parte delle informazioni riguardanti pianificazione e controllo della produzione può essere elaborata dalle macchine, e diventare utile anche nella consegna del prodotto finito una volta che la produzione è completata. Il valore aggiunto di una produzione digitale si concentra nella minor complessità delle operazioni fino a cui descritte garantendo al cliente la massima qualità e un elevato grado di personalizzazione del prodotto desiderato.

3.2. Una logistica lean

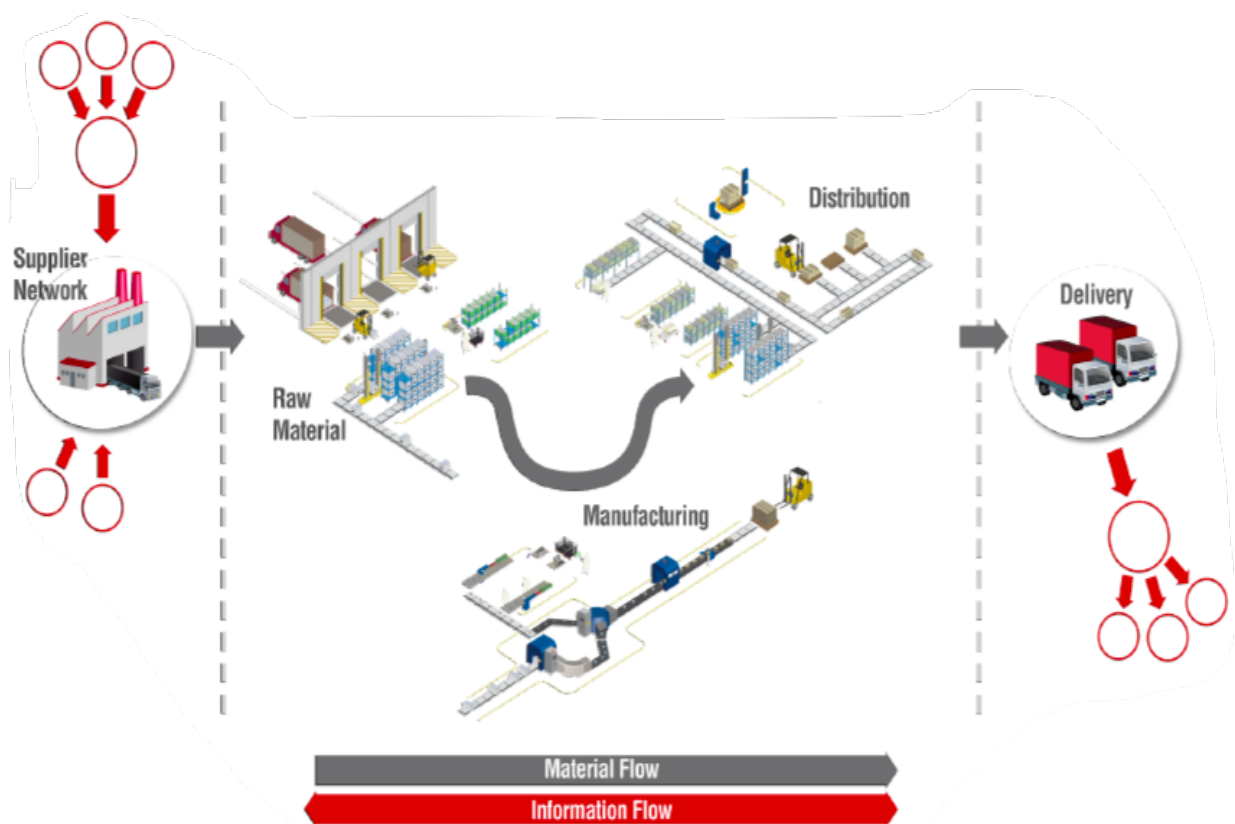


Figura 20: La nuova logistica lean: illustrazione grafica.
(La Supply Chain nella Digital Economy, Ermanno Rondi, 2016)

Come precedentemente sostenuto, una delle fasi che risente maggiormente dell'economia digitale è sicuramente il canale logistico. Esso rappresenta la rete distributiva che consente di organizzare il concentramento delle merci provenienti da una molteplicità di fornitori e prevede la selezione, lo smistamento e il trasporto delle stesse alle destinazioni finali. Come si è più volte sottolineato fino a qui, Fabbrica 4.0 e manifattura additiva permettono una riduzione dei magazzini al minimo e una personalizzazione di massa con una potenziale evasione degli ordini

in tempo reale grazie ad un continuo monitoraggio. Tutto ciò comporta una totale ristrutturazione dei magazzini e dei sistemi di trasporto. Come fare allora?

Se nel passato l'organizzazione era strutturata per reparti e l'intento era quello di ottimizzare il costo del singolo componente o semilavorato; oggi le nuove tecnologie permettono una maggiore attenzione al flusso delle merci, riducendo il più possibile i tempi di attraversamento ed il costo complessivo della produzione (Ermanno Rondi). Per comprendere questa logica, come spiega lo stesso autore, un esempio illuminante può essere quello di pensare alla fabbrica e al suo sistema logistico come ad una rete ferroviaria. I binari rappresentano i flussi di materiali e possono essere descritti come percorsi guida che permettono di unire un'area di lavoro all'altra, gli scambi sono le decisioni prese a monte e che determinano la scelta di un percorso piuttosto che un altro, le stazioni sono tutti i punti in cui il prodotto subisce una lavorazione, gli orari sono l'insieme delle capacità produttive delle singole aree operative. Altra decisione che viene presa in fase di progettazione è la destinazione del prodotto che non definisce altro, se non il piano di lavoro. Ultima variabile mancante, nonché la più importante, è il treno che, metaforicamente parlando rappresenta l'ordine. Si ferma lungo le stazioni definite dalla destinazione, muovendo gli scambi secondo il percorso necessario alle lavorazioni rispettando, o almeno provandoci, gli orari. È un modello organizzativo concettualmente semplice che prevede di eseguire in modo controllato e per gradi di automazioni "successive" il percorso verso l'industria 4.0 (Ermanno Rondi). Ovviamente affinché questo sia possibile è necessario collegare la produzione fisica e le informazioni che le nuove tecnologie permettono di reperire. In questo modo si potranno ottenere analisi immediate e prendere decisioni altrettanto rapidamente conoscendo in qualsiasi momento non solo ciò che sta accadendo al prodotto e a che punto si trova all'interno del ciclo di produzione, ma anche tutto ciò che riguarda la materia prima ad esso collegato ed eventualmente i semilavorati che andranno a comporlo in seguito. Importante sarà la cura e la meticolosità con cui i centri di lavoro verranno preparati a ricevere il prodotto e a portarlo al successivo punto nella lavorazione.

Una volta compreso il modello che sta dietro a quella che viene definita una logistica lean è opportuno capire quali sono gli effetti che concretamente vengono apportati: in primis avverrà il passaggio da un magazzino unico a magazzini interoperazionali, unità contenitive inserite tra una fase e l'altra del processo produttivo, in modo da separare definitivamente le fasi stesse. Tra le varie tipologie e configurazioni sono due quelle che stanno emergendo prepotentemente: i magazzini verticali e i miniload. I primi sono strutture modulari atte allo stoccaggio e alla movimentazione di vassoi di grosse dimensioni (fino a 6 m x 0,8 m) che sono in grado di ospitare diversi prodotti (es. cartoni, cassette), con pesi e altezze differenti.

In caso di operazioni di prelievo, i vassoi oggetto del picking confluiscono in sequenza verso l'operatore che effettua la presa dei singoli articoli nelle quantità desiderate e una volta che l'operazione è terminata, il sistema provvede al riposizionamento dei vassoi all'interno del magazzino verticale. L'unica operazione che l'operatore dovrà compiere sarà il caricamento del materiale all'interno del magazzino.

Sempre sviluppato verticalmente, il miniload è un magazzino con struttura monocolonna o bicolonna, per la movimentazione di carichi leggeri.

I miniload prelevano e depositano, tramite trasloelevatori, i singoli carichi da/nelle celle di stoccaggio dentro a scaffali. Una volta prelevati i carichi vengono convogliati in una

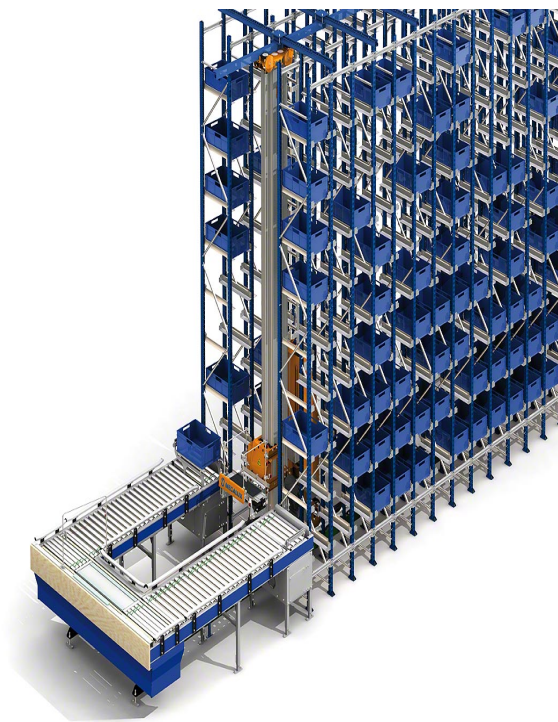


Figura 22: Miniload



Figura 21: Magazzino Verticale

zona di uscita e possono essere facilmente recuperati dall'operatore. Allo stesso modo è prevista una zona di deposito in cui l'operatore dovrà rilasciare il materiale che verrà automaticamente trasportato dal carrello trasloelevatore.

Queste soluzioni forniscono un sistema di picking ad elevata produttività completamente automatico, veloce e sicuro con un'implicazione molto importante: non è più l'operatore che si muove per recuperare il materiale, è il materiale che si dirige verso di lui in qualsiasi momento ne abbia bisogno e in maniera totalmente autonoma, semplificando notevolmente le operazioni di stoccaggio in termini di efficienza organizzativa. Un ulteriore effetto che questo sistema logistico

comporta è la possibilità di effettuare quello che all'interno del Supply Chain Management viene definito "postponement" e che permette la produzione o l'acquisto di beni generici e quindi standard e la pronta modifica di alcune caratteristiche come colore, packaging o eventuali servizi che dovrebbero essere erogati con lo stesso. Tale procedimento porta con sé alcuni benefici non indifferenti. Il prodotto, essendo generico, viene acquistato al costo minimo e le lavorazioni che subisce sono molto vicine alla fase di uscita dello stesso dalla fabbrica. Questo permette non solo di avere la consapevolezza esatta di quale sia la domanda ma, soprattutto, quali siano i trend che quella determinata variante di prodotto dovrebbe avere nel mercato (Holmström, Partanen). Permette, inoltre, una riduzione delle scorte lungo tutta la catena di approvvigionamento e la diminuzione del rischio di tenere a magazzino prodotti obsoleti e di non facile movimentazione. Terminando il suo corso all'interno della fabbrica 4.0 il prodotto finale è pronto ad essere consegnato nelle mani del cliente finale, ed è proprio in questa fase che emerge un ulteriore effetto del modello sopracitato.

Le possibilità di monitorare le fasi dello stesso non terminano con la spedizione ma con la vera e propria consegna. Questo è possibile grazie ad un continuo monitoraggio, attraverso terminali GPRS forniti ai conducenti che riportano la coerenza con il piano di viaggio, il progresso consegna, carico del veicolo, percorso e risultato di consegna, la gestione di eventuali resi, danni o anomalie. Queste informazioni saranno fruibili non solo dall'azienda ma automaticamente anche dal cliente garantendo la trasparenza del servizio offerto.

In sintesi, questa nuova logistica lean che coniuga il flusso fisico a quello informatico basa il proprio funzionamento non solo sulla parcellizzazione degli ordini in seguito alla rapida obsolescenza dei prodotti creati con tecniche additive, aumentando la velocità e la precisione delle richieste; ma anche sulla riduzione del lead time e sulla possibilità di tracciare il prodotto destinato al cliente in qualunque sua fase. Si deve fare attenzione, però, a non considerare il termine lean come sinonimo di semplicità. L'implementazione di questo nuovo modello logistico è molto complessa e costosa. Citando le parole di Gino Marchet, professore del Politecnico di Milano: «saranno necessarie persone innovative in grado di rispondere a queste nuove sfide e opportunità. Il rafforzamento della capacità di attrarre talenti per la logistica diventerà dunque sempre più importante».

3.3. Il paradigma digitale nel lancio di un nuovo prodotto

La fase di lancio di un prodotto è una di quelle tante che richiede un'elevata attenzione. Affinché avvenga in maniera positiva è necessario prendere molte decisioni cruciali che spaziano dal concetto di sviluppo del prodotto, dai test di fattibilità, dalla progettazione, dal

processo di sviluppo vero e proprio, dalla campionatura fino alla produzione finale (Takeuchi, Nonaka). Proprio l'ampiezza e la varietà delle decisioni da prendere rendono il lancio di un prodotto una delle attività maggiormente soggette al fallimento nell'intero processo produttivo con percentuali che si aggirano dal 33% fino al 90%. Quali sono, dunque, i fattori in grado di influenzare il successo o il fallimento nel lancio di un prodotto? L'introduzione delle nuove tecnologie fa parte di essi? Secondo Cankurtaran sono cinque e tra di essi troviamo: velocità nello sviluppo, costi di sviluppo, tempi di immissione nel mercato, qualità del prodotto e i vantaggi insiti al suo interno. In questa lista, la variabile di successo più importante è sicuramente la velocità di ingresso nel mercato che riesce a garantire la possibilità di essere i primi ad operare all'interno di mercati talvolta inesplorati. Alcuni autori hanno addirittura sottolineato come la velocità di ingresso possa giustificare un prodotto di qualità inferiore (Frick). Attraverso lo studio dei fattori di successo sopra citati si può prevedere una migliore flessibilità dell'intero processo e ridurre, di conseguenza, le possibilità di errore, ma anche sottolineare quali siano i benefici che si possono ottenere dall'introduzione delle nuove tecnologie per accorciare le varie fasi. Ridurre il costo e la durata del lancio di un nuovo prodotto significherebbe ottenere benefici sostanziali, soprattutto nel momento in cui, grazie ad esse, il prodotto si mostra più adattabile e vicino ai desideri del consumatore finale (Calantone, Benedetto). Un metodo valido per analizzare questa fase è quello utilizzato da Khajavi, Partanen, Holmoström e Tuomi. Utilizzando casi studio reali, essi hanno confrontato due processi: l'Incremental Sheet Forming, processo realizzabile con una macchina CNC, e l'Additive Manufacturing in generale; utilizzando il Net Present Value (valore attuale netto) come grandezza in grado di esprimere il valore attuale dei futuri investimenti e dei ricavi di un progetto, grazie alla differenza tra il valore attuale dei flussi di cassa e il valore attuale dei flussi in uscita. Con questa configurazione si è in grado di valutare, osservando alcuni scenari che variano in base alla decisione di gestione del metodo di produzione e la reazione del mercato al lancio di un nuovo prodotto, l'effetto dell'introduzione delle nuove tecnologie. Implicitamente si confronta la digital economy e il vecchio paradigma manifatturiero visto che entrambi i delle singole parti, al contrario della produzione tradizionale. Un primo risultato di questa analisi si evidenzia osservando la figura 23.

Vista la propensione ad una prototipazione rapida da parte delle nuove tecnologie introdotte nel nuovo paradigma, qualsiasi produzione, per lo meno in fase del lancio di un prodotto, dovrebbe iniziare con tali strumenti. I valori successivi, riportati all'interno della figura, rappresentano invece un potenziale cambiamento nel sistema di produzione. Il trend positivo di questi valori

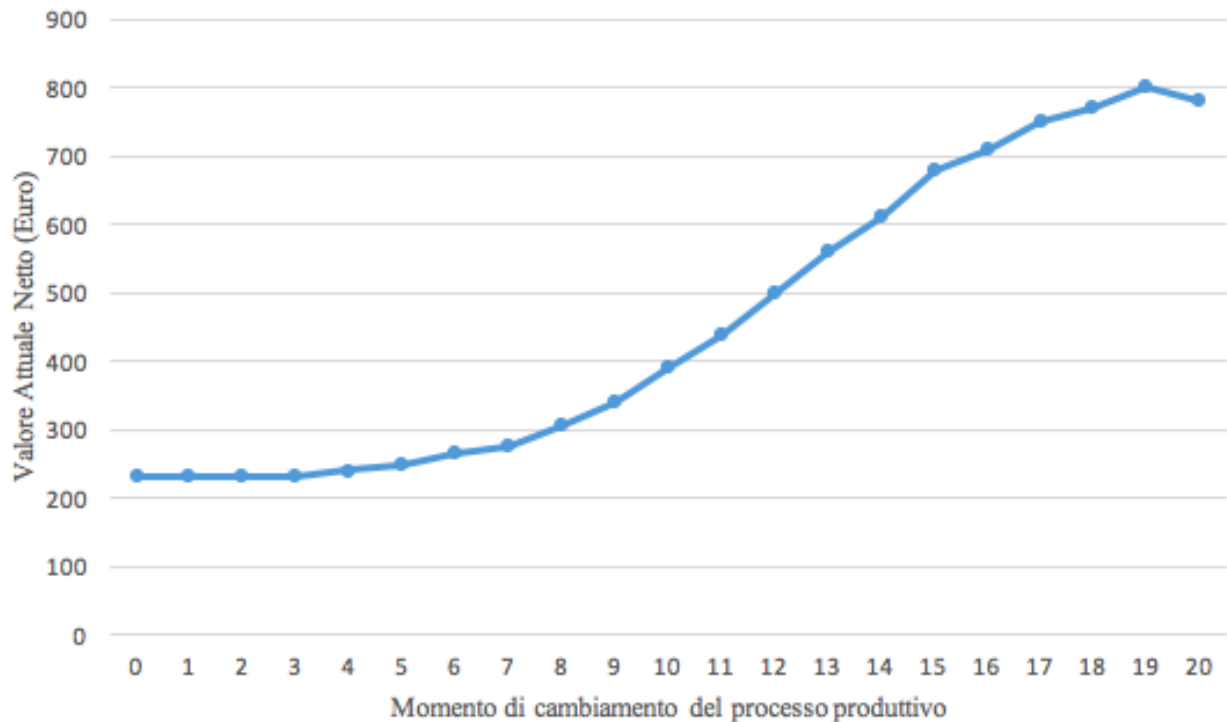


Figura 23: Valore attuale netto conseguente all'utilizzo di diverse tecniche produttive. (Khajaviet et al, A hybrid approach combining direct digital and tool-based manufacturing, 2015)

non significa altro se non un incremento del ricavo derivante degli investimenti in situazioni in cui avviene un cambiamento nel sistema produttivo. L'abilità di chi dovrà prendere tutte le decisioni critiche necessarie ad ottenere un ottimo lancio del prodotto sarà quella di prenderle nel momento giusto e passare quindi da una modalità produttiva all'altra nel momento in cui le stesse potrebbero garantire maggiori benefici. Più precisamente, un cambiamento che avviene nell'immediato andrebbe a diminuire le possibilità di ridurre il rischio nel lancio di un nuovo prodotto apportata dalla digital economy, mentre un cambiamento tardivo porterà ad elevati costi di produzione che difficilmente riusciranno ad essere giustificati. Alla luce di quanto detto non c'è una vera e propria produzione conveniente ma il risultato migliore sarà garantito da una combinazione delle stesse. Un'ulteriore riprova di questa assunzione è contenuta all'interno della tabella 7 in cui Khajavi, Partanen, Holmoström e Tuomi riportano il valore attuale netto in euro considerando quattro diverse situazioni di mercato: un caso in cui la domanda effettiva sia in linea con quella ipotetica, una in cui sia maggiore, una in cui sia minore e un totale fallimento di mercato. In tutte e quattro le situazioni che mostrano diversi livelli di domanda, adottare una produzione tradizionale, piuttosto che una riconducibile al nuovo sistema economico non risulta conveniente quanto adottare un ibrido e quindi valutare diverse configurazioni in corso d'opera (Khajavi et al).

	Livello di domanda attuale			
	<i>In linea con quella ipotetica</i>	<i>Maggiore di quella ipotetica (50% in più dei valori stimati)</i>	<i>Minore di quella ipotetica (50% in meno dei valori stimati)</i>	<i>Fallimento di Mercato (50% in meno dei valori stimati anche dopo aver riorganizzato la produzione)</i>
Produzione Tradizionale	175,372 €	232,050 €	305,248 €	302,011 €
Digital Manufacturing	510,951 €	766,401 €	504,318 €	53,702 €
Produzione Ibrida	176,180 €	236,387 €	214,446 €	53,702 €

*Tabella 7: Valore attuale netto in relazione al livello di domanda.
(Khajavi et al, A hybrid approach combining direct digital and tool-based manufacturing, 2015)*

A riprova di quanto detto nei primi due casi riportati nella tabella, ovvero quelli in cui la domanda effettiva è in linea o è maggiore di quella ipotetica, una produzione ibrida garantisce lo stesso costo di quella tradizionale; mentre nei restanti due casi, quelli in cui la domanda effettiva è minore o quando si verifica una situazione di fallimento del mercato la produzione ibrida risulta più conveniente o riesce ad eguagliare la produzione affidandosi alle nuove tecnologie. In sintesi nel momento in cui viene approvato il lancio di un nuovo prodotto, a seguito di previsioni della domanda e della stima di un break even point, si inizia la produzione con manifattura digitale che, come detto, permette la riduzione della distanza domanda-cliente finale. Una volta entrati nel mercato si dovrà monitorare molto attentamente la situazione della domanda. Se quella effettiva risulta più alta o uguale a quella stimata si può procedere senza alcun tipo di problema; mentre nel caso in cui sia inferiore è necessario trovare le ragioni, attraverso un'analisi sui clienti e gli andamenti del mercato, e porvi rimedio. Se è il mercato stesso a richiedere un cambiamento di produzione non resta altro che effettuarlo. In caso contrario se la domanda presenta una crescita stabile nel medio lungo periodo, la strategia che è più conveniente adottare è quella di settare la produzione tradizionale.

A conti fatti, le nuove tecnologie, anche se non da sole, aiutano e migliorano anche questa fase. Permettendo la prototipazione rapida, garantendo la massima flessibilità del processo e

mostrandosi perfettamente intercambiabili con i sistemi tradizionali sono infatti in grado di garantire un più veloce ingresso nel mercato, variabile che, come precedentemente detto, risulta essere la più critica dell'intero processo di lancio di un nuovo prodotto.

3.4. Un modello sostenibile

Ciò che stupisce del nuovo paradigma manifatturiero non sono soltanto gli effetti che le nuove tecnologie riescono ad esercitare sulla supply chain ma anche il come influenzano l'ambiente che ci circonda. Ognuna delle diverse fasi di sviluppo di un prodotto, come la progettazione, la vera e propria produzione, l'utilizzo e lo smaltimento (compreso il riciclaggio, riutilizzo e rigenerazione) hanno diverse ripercussioni sulla società (Chen, Heyer et al.). Ognuna di queste fasi possiede indicatori di sostenibilità che verranno considerati di seguito. Prima però è opportuno definire cosa si intende per sostenibilità. La Commissione delle Nazioni Unite sull'ambiente e lo sviluppo con il rapporto Brundtland, nel 1987, definisce lo sviluppo sostenibile come “lo sviluppo che soddisfa i bisogni del presente senza compromettere la capacità delle future generazioni di soddisfare i propri”. Se quello della sostenibilità era un trend poco seguito dai precedenti paradigmi produttivi, basati sullo sfruttamento di materie prime destinate a diventare rifiuto e in cui le uniche variabili in gioco sono costo, tempo, qualità e flessibilità, la situazione cambia con la digital economy in cui l'attenzione all'ambiente che ci circonda diventa una variabile più importante delle precedenti.

Dimensioni	Variabili	Indicatori
Dimensione Economica	Costo di Produzione	Misurato per articolo/prodotto. Questo indicatore riflette l'efficienza della produzione misurata attraverso il tempo, durata dei processi e altro.
Dimensione Sociale	Condizioni Lavorative	Numero di infortuni sul lavoro in un anno all'interno dell'azienda e i costi necessari per evitarli.
Dimensione Ambientale	Impatto Climatico	Emissione di diossido di carbonio in tonnellate rilevate annualmente.

Tabella 8: Esempio della struttura dell'indice creato dalle Nazioni Unite (Chen et al., Journal of Cleaner Production, 2015).

Sono molti i modi con cui si riesce a determinare quest'ultima, tramite particolari indici come quello di Dow Jones o il GM Metrics creato appositamente per il settore automobilistico sono solo due esempi. Per avere un riscontro veritiero anche le Nazioni Unite si sono mosse studiando un vero e proprio metodo di analisi che prevede l'impatto su tre dimensioni differenti: quella economica, quella sociale ed infine, non per importanza, quella ambientale. All'interno di queste dimensioni vengono riportate alcune variabili e gli indicatori che forniscono una spiegazione su come avviene la misurazione. La tabella 8 riporta un esempio della struttura utilizzando una variabile con la relativa spiegazione dell'indicatore per ciascuna delle 3 dimensioni.

Una volta spiegato il metodo di misurazione e le variabili in gioco si è in grado di confrontare, come più volte fino a questo momento, il vecchio e il nuovo paradigma produttivo.

Come sostenuto da molti autori la manifattura digitale riesce a ridurre i rifiuti attraverso una maggior efficienza nello sfruttamento delle materie prime grazie alla richiesta on-demand e la maggior vicinanza al consumatore che permette un minor inquinamento e un minor consumo in termini energetici (Cambell et all., 2011) coadiuvato dalla perdita di importanza dell'inventario che non solo amplifica questa riduzione ma riesce a diminuire anche il numero di prodotti potenzialmente soggetti ad usura. Analizzando le tre macro dimensioni emerge che, all'interno di quella economica la gestione dei rifiuti rimane uno degli indicatori più importanti. Studiosi come Khajavi, Cozmei e Holmström chiamano in causa la stampante 3D, sottolineando, come si è avuto modo di considerare nel 2° capitolo, che molto spesso il materiale di scarto può essere riutilizzato nella produzione del bene direttamente successivo oppure riciclato e diventare nuovamente materiale utilizzabile per il futuro. Proprio grazie a queste implicazioni alcuni studiosi, tra cui Wittbrodt, sono stati in grado di trarre altre importanti conclusioni. Analizzando il ciclo di vita di un particolare realizzato in PLA, polimero bio-degradabile, grazie ad una stampante 3D open-source, la RepRaps, essi sono stati in grado di affermare che il ROI, famoso indice di bilancio che indica quanto rende il capitale investito in quell'azienda, sia molto più alto con questa tecnica produttiva piuttosto che con le tecniche tradizionali. In particolare, se quella appena illustrata permette un ritorno di circa il 200% degli investimenti, quelle tradizionali sfiorano soltanto il 40%. In termini di tempo il capitale investito permette un ritorno finanziario in 4 mesi nel primo caso, in due anni nel secondo. Le variabili che entrano in gioco sono essenzialmente due: la prima è il costo della spedizione, la seconda è proprio la questione legata alla possibilità di ridurre i costi di produzione potendo riciclare il materiale che in qualsiasi altra tecnica produttiva diventerebbe automaticamente materiale di scarto.

La seconda dimensione, quella sociale, evidenzia in primis come la digital economy garantisce, nonostante la presunta diminuzione dei posti di lavoro dovuta ad essa e di cui si è parlato in precedenza, uguali possibilità a tutti i partecipanti dell'ecosistema economico ((Borghesi et al). Non solo, come diretta conseguenza, è prevedibile infatti che aumentino anche le possibilità di diventare un membro attivo della catena del valore essendo le competenze e le conoscenze necessarie meno ricercate. Se da un lato la manifattura additiva ha dimostrato rilevanza per la ricerca e spiccati risvolti educativi (Moilanen, Vaden); il vero e proprio impatto che esprime il nuovo paradigma produttivo è maggiormente visibile nel momento di passaggio, ovvero quando la fabbrica tradizionale scompare lasciando il posto a quella 4.0 (Chen et al.). Proprio in questa fase, come analizzato da Huang, risaltano i benefici che le nuove tecnologie apportano alla salute rispetto a processi convenzionali quali fusione, fucinatura e altre lavorazioni che richiedono una lunga durata, evitando esposizione ai rumori e contatto con materiali pericolosi quali olio o sostanze create da particolari produzioni. Non si è, tuttavia, completamente immuni da rischi ambientali derivanti dall'utilizzo o dallo smaltimento dei materiali utilizzati nei processi nemmeno nel nuovo sistema produttivo anche se risulta più facile ridurli diminuendo la quantità di materiale grezzo, cambiando completamente tipologia del materiale o utilizzando lubrificanti. Anche le lavorazioni additive che utilizzano il laser garantiscono maggior sicurezza rispetto alle tradizionali grazie ad attrezzature di sicurezza come maschere e occhiali.

L'ultima dimensione di interesse, quella ambientale, in accordo con gli indicatori di cui si è precedentemente parlato, misura come la produzione influisce sulla salute umana, sulla qualità dell'ecosistema economico, sull'utilizzo delle risorse, sull'emissione di particolari sostanze, sulla tossicità dell'aria, dell'acqua e del suolo. Sreenivasan ed altri, grazie ad un loro studio condotto confrontando le varie tecnologie di stampa 3D, hanno rilevato che la tecnica del Selective Laser Sintering, in cui si parlava nel 2° capitolo, sia quella più inquinante mostrando un valore circa 8 volte superiore rispetto alle altre. Lo studio non si ferma qui, ma sottolinea come nonostante ciò, i processi legati all'economia digitale riescano a ridurre l'emissione di carbonio diminuendo l'utilizzo di materiale grezzo, eliminando alcuni processi molto dispendiosi in termini di energia come la fusione, il consumo di carburante legato al trasporto e riducendo la distanza tra il prodotto e la posizione del consumatore.

Tra tutte, però, è la quantità di energia consumata durante le varie fasi di produzione, che rappresenta una delle principali variabili in termini di sostenibilità. Chen, Heyer e altri hanno svolto un'ampia analisi a riguardo, confrontando due processi per la produzione di particolari plastici. Il primo è il Selective Laser Sintering tipico processo legato alla digital manufacturing, mentre il secondo, il cosiddetto Injection Moulding o stampaggio ad iniezione,

è più vicino a processi legati alla produzione di massa. Questo permette di sottolineare quale tra i due paradigmi manifatturieri più recenti sia il più economico in termini energetici e quindi più sostenibile. L'elemento di comparazione che gli autori utilizzano è l'energia richiesta per

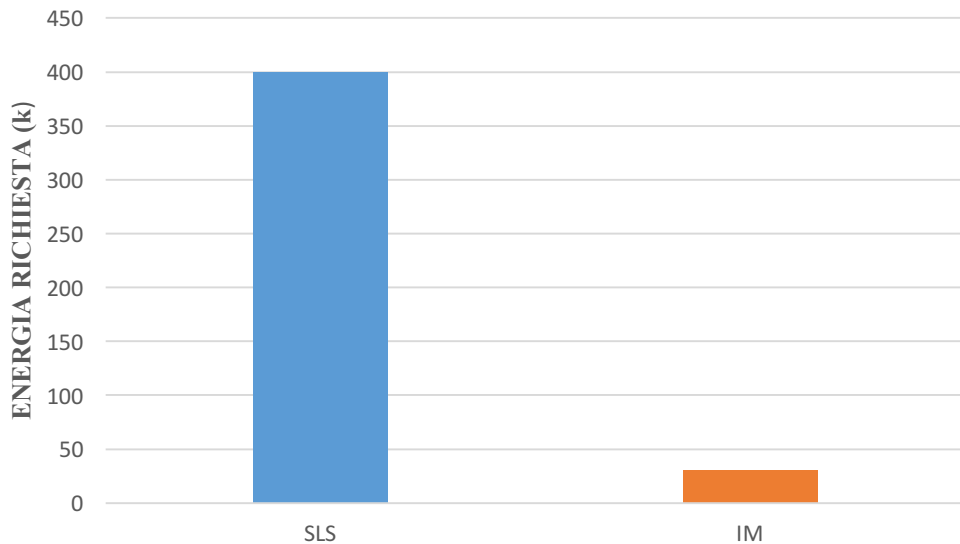


Figura 24: Confronto tra la domanda di energia per kg di prodotto nei diversi processi di produzione. (Chen, Heyer et al, DDM: definition, evolution and sustainability implications, 2015)

produrre un kg di prodotto finale. La figura 24 mostra le quantità specifiche per le due tecniche produttive oggetto di analisi. Com'è facilmente visibile il processo che richiede una maggior quantità di energia è senza ombra di dubbio il selective laser sintering. Per avere una visione

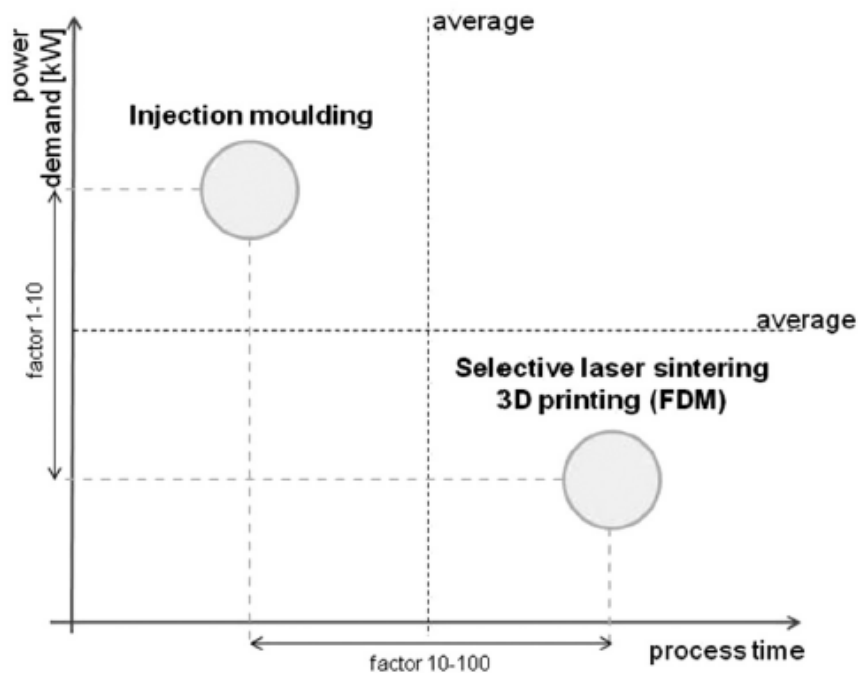


Figura 25: Illustrazione qualitativa del portafoglio energetico per IM e SLS. (Chen, Heyer et al, DDM: definition, evolution and sustainability implications, 2015)

ancora più completa gli autori riportano anche un'altra variabile da tenere in considerazione, la velocità del processo. Se, infatti, l'energia richiesta dal SLS sembra essere nettamente superiore a quella dell'IM la situazione cambia se il tutto viene relazionato alla velocità. Il motivo risiede nel fatto che il processo di Injection Moulding richiede un tempo piuttosto breve, spesso meno di un minuto, ma una grossa quantità di potenza per il funzionamento della macchina; mentre il Selective Laser Sintering ha bisogno di tempi molto più lunghi ma che richiedono molta meno energia.

I due processi differiscono poi per altre caratteristiche. La necessità di materiale aggiuntivo per molte fasi dello stampaggio ad iniezione, come ad esempio la fusione a colata o la vulcanizzazione fa sì che la maggior parte del materiale stesso venga scartata, quasi il 50%, ma che si possa riutilizzare e riciclare in moltissimi casi. Le tecniche di manifattura additiva invece garantiscono una maggior concentrazione sul materiale che andrà a comporre il prodotto finale anche se la probabilità di riutilizzare la polvere che eventualmente non viene lavorata è molto bassa essendo la stessa soggetta a degrado con il passare del tempo. Dal punto di vista energetico anche questo confronto è molto importante. La domanda di energia sarà, infatti, direttamente proporzionale alla resa del materiale permettendo la creazione di un valore aggiunto se è alta, o di un valore critico se risulta essere bassa. A gravare ulteriormente sul consumo energetico ci sono poi tutte quelle attrezzature necessarie alla produzione con queste due tecniche. Se il SLS ne è privo, cioè crea il prodotto senza la necessità di aggiungere o togliere eventuali parti alla stampante 3D, lo stampaggio a iniezione al contrario richiede l'utilizzo di particolari stampi dedicati ad una certa tipologia di prodotto che dovranno essere cambiati in caso di necessità causando uno sforzo non indifferente per lo sviluppo e la produzione e richiedendo energia aggiuntiva nella pre-chain (Chen, Heyer et al). Come più volte si è avuto modo di constatare in quest'analisi sulla sostenibilità del nuovo paradigma produttivo il processo che tra i due fino ad ora confrontati richiede più energia rimane comunque quello tipico della stampa 3D. A discapito di ciò, si sa anche che il prodotto generato potrà assumere diverse geometrie e forme molto complesse con pesi molto ridotti. Questo, in termini di ciclo di vita del prodotto, si traduce in un maggior utilizzo di energia in fase di produzione ma in un minor spreco di energia nella fase di utilizzo dello stesso. Tralasciando la fase di produzione, come emerso dalle considerazioni fatte sulla nuova logistica lean, la digital economy ha il potenziale per portare i prodotti giusti, nella giusta quantità, più vicina ai clienti. In questo modo, la domanda di energia per il trasporto e la logistica, in generale, diminuirà notevolmente.

In sintesi, si può quindi affermare che, posti a confronto lo stampaggio ad iniezione, o Inject Moulding, tipico processo produttivo della personalizzazione di massa, e il Selective Laser Sintering, tipico invece del nuovo paradigma manifatturiero; i consumi energetici siano ben diversi. Se da un lato il primo richiede energia nella fase di pre-produzione, il secondo la richiede nella produzione vera e propria. Se quest'ultimo è più sostenibile per piccole produzioni, il primo lo diventa per le grandi. Impossibile decretare, quindi, un vero e proprio vincitore.

Capitolo 4: L'Italia al passo con le nuove tecnologie.

Dopo la lunga analisi svolta fino a questo momento si è compreso che il mondo si trova di fronte a un nuovo modello di produzione che utilizza un sistema di business basato sull'innovazione digitale e sulla condivisione della conoscenza, innovativo, sostenibile, capace di togliere ma allo stesso tempo di creare occupazione e incidere sui vecchi modelli organizzativi. Le imprese che già lo utilizzano hanno imparato a concentrarsi sulla relazione con il cliente finale, impostando un rapporto di dialogo e di interazione che sposta l'attenzione dalle tradizionali economie di scala alle economie di varietà e personalizzazione. Il nostro territorio sta cogliendo le opportunità derivanti da questo cambiamento? Qual è il tasso di penetrazione delle nuove tecnologie all'interno del nostro sistema produttivo? Cosa sta facendo invece l'Italia per lo sviluppo dell'industria 4.0? A novembre 2015 il Mise (Ministero per lo sviluppo economico) ha annunciato un documento intitolato "Industry 4.0, la via italiana per la competitività del manifatturiero", con sottotitolo "Come fare della trasformazione digitale dell'industria una opportunità per la crescita e l'occupazione", nel quale ha indicato la propria strategia d'azione. In particolare, in un territorio in cui pochi grandi player privati industriali sono in grado di guidare la trasformazione della manifattura italiana, con un limitato numero di capi filiera in grado di coordinare il processo evolutivo delle catene del valore, con un sistema industriale fortemente basato su PMI (Commissione attività produttive, commercio e turismo), ha tracciato 8 aree di intervento per promuovere lo sviluppo della quarta rivoluzione industriale: rilanciare gli investimenti industriali con particolare attenzione a quelli in ricerca e sviluppo, conoscenza e innovazione; favorire la crescita dimensionale delle imprese; favorire la nuova imprenditorialità innovativa; definire protocolli, standard e criteri di interoperabilità condivisi a livello europeo; garantire la sicurezza delle reti (cybersecurity) e la tutela della privacy; assicurare adeguate infrastrutture di rete; diffondere le competenze per Industry 4.0; canalizzare le risorse finanziarie. Dopo una serie di annunci ai quali non è stato dato seguito, il 21 settembre 2016 il presidente del Consiglio Matteo Renzi e il ministro dello Sviluppo economico Carlo Calenda hanno presentato l'atteso piano del governo per l'Industria 4.0 che dovrebbe entrare nella prossima legge di stabilità. Il piano punta a mobilitare nel 2017 investimenti privati aggiuntivi per 10 miliardi, 11,3 miliardi di spesa privata in ricerca, sviluppo e innovazione con focus sulle tecnologie dell'Industria 4.0, più 2,6 miliardi di euro per gli investimenti privati early stage. Il provvedimento propone un mix di incentivi fiscali, sostegno al venture capital, diffusione della banda ultra larga, formazione dalle scuole all'università con lo scopo ultimo di favorire e incentivare le imprese ad adeguarsi e aderire pienamente alla quarta rivoluzione industriale. I principali incentivi sono riportati di seguito

nella figura 26 che evidenzia, inoltre, quella che è la situazione oggi e il possibile scenario che potrebbe delinearsi nel prossimo futuro.

Un impegno davvero enorme, che come si è sottolineato in precedenza è frutto di tutto quello che di positivo può offrire questo nuovo paradigma produttivo: maggiore flessibilità attraverso la produzione di piccoli lotti ai costi della grande scala; maggiore velocità per quanto riguarda la prototipazione riducendo le distanze tra il prototipo stesso e la produzione in serie attraverso tecnologie innovative; minori tempi di set-up, riduzione errori e fermi macchina che permettono una maggior produttività; una migliore qualità dovuta essenzialmente ad un costante monitoraggio delle fasi produttive che garantiscono minori scarti in termini di materiale con la finalità ultima di ottenere un prodotto competitivo, ricco di funzionalità e che rifletta le volontà dei consumatori espresse tramite la raccolta dei dati permessa dall'Internet delle cose.

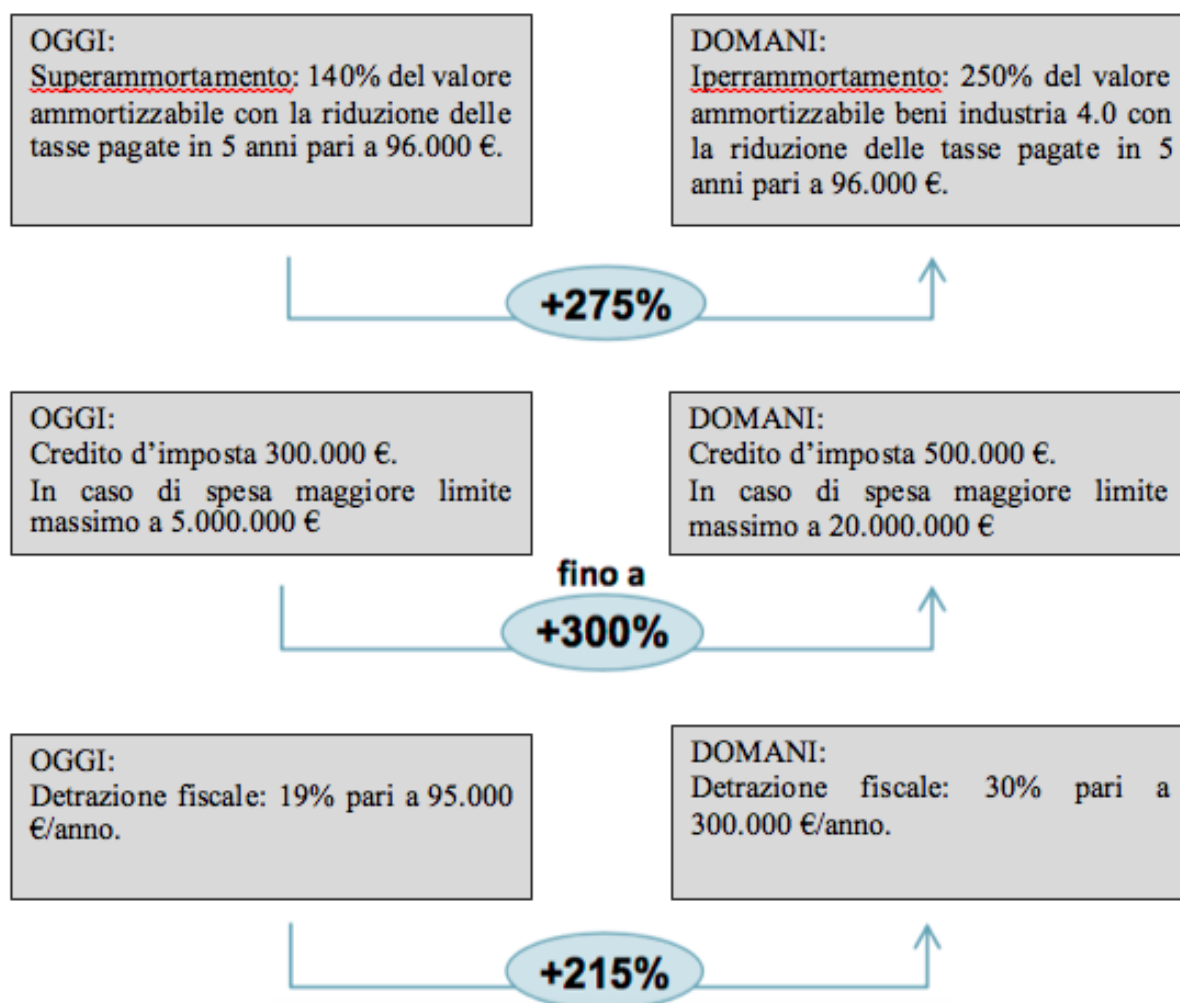


Figura 26: Benefici per le imprese a seguito degli investimenti nel territorio italiano (MISE, 2016).

Interessanti sono anche gli effetti che questi programmi, ma più in generale questo nuovo modo di fare manifattura, avranno sul mercato del lavoro. Dalla ricerca "The Future of the Jobs" presentata al World Economic Forum emerge che in un futuro prossimo le tecnologie a supporto della fabbrica 4.0 influenzeranno profondamente l'evoluzione del lavoro. Se da un lato si renderà possibile la creazione di 2 nuovi milioni di posti di lavoro, contemporaneamente ne spariranno 7, con una perdita che sfiorerà circa i 5 milioni di posti di lavoro. Un dato sicuramente disarmante, anche se il territorio italiano stima la creazione di circa 200 mila posti di lavoro e una perdita delle stesse dimensioni. Il risultato sarà quindi un pareggio, meglio di quello di altri paesi come Francia e Germania. Le perdite si concentreranno maggiormente nelle aree amministrative e della produzione: rispettivamente 4,8 e 1,6 milioni di posti distrutti e verranno compensate da nuove possibilità lavorative in campi come quello finanziario, informatico e ingegneristico. Diretta conseguenza è il cambiamento delle competenze e abilità ricercate: nel 2020 il problem solving rimarrà la soft skill più ricercata, ma diventeranno importanti anche il pensiero critico e la creatività. Come sostiene Alessandro Perego, Direttore Scientifico degli Osservatori Digital Innovation del Politecnico di Milano, all'interno di questo scenario in rapida evoluzione, la vera sfida sta nel cercare di cogliere quanti più benefici dello Smart Manufacturing e dell'innovazione digitale nei processi dell'industria.

In sintesi la fabbrica 4.0 posa, quindi, i suoi pilastri fondamentali sull'interoperabilità tra strutture fisiche e digitali, su un modello organizzativo volto a recepire in maniera pronta i dati dall'esterno, sull'orientamento ad offrire non solo un prodotto ma un servizio integrato e sulla capacità di adattare la produzione al feedback che si riceve dal mercato (Ermanno Rondi). In questo modo l'economia digitale costringerà tutte le imprese a rivedere in modo radicale non solo la propria organizzazione interna ma anche il modo in cui interagiscono con il mercato. Si dovranno ascoltare e anticipare i bisogni del mercato offrendo servizi personalizzati, riuscire a stare al passo con trend e modelli organizzativi puntando all'eccellenza e alla velocità nell'execution e nell'innovazione, sfruttare il digitale e possedere soft skill trasversali. A ulteriore riprova di ciò possiamo citare anche le parole di Mauro Lombardi, economista dell'università di Firenze: «con l'industria 4.0. il modello di business cambia radicalmente: si tenderà a non vendere il prodotto ma i servizi che esso eroga, a tutto il resto penserà l'unità produttrice, che controlla da remoto il ciclo di vita del prodotto stesso. Per produrre qualsiasi cosa occorreranno differenti competenze, che nessuna singola impresa potrà possedere. In questo scenario si apre uno spazio enorme per le PMI perché le grandi imprese devono trasformarsi in coordinatori strategici di catene del valore distribuite a varia scala territoriale».

Tutto questo rappresenta una sfida per il tessuto produttivo italiano, non tanto nel suo interno, ma per mantenere il passo con le potenze mondiali. Il primo passo è quello di definire il

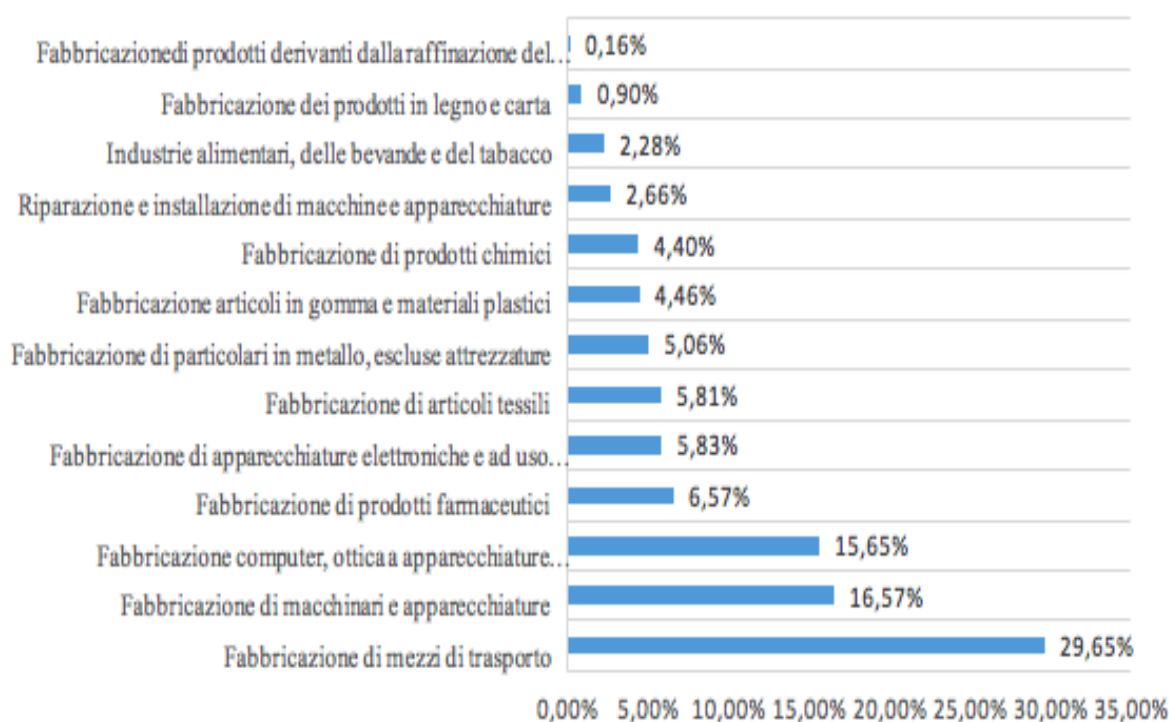


Figura 27: Ripartizione della spesa in R&S delle imprese manifatturiere in Italia per attività economica. (Venturi et al., *La città dei maker. L'Italia, la nuova manifattura e la crescita economica*, 2016)

rapporto esistente in Italia fra manifattura e innovazione tecnologica e quali competenze sta mettendo in campo il nostro Paese per affrontare questa rivoluzione e supportare i fabbisogni delle imprese. Un primo dato utile si ricava dal confronto tra spesa in ricerca e sviluppo e crescita del PIL con il quale si è in grado di comprendere il livello di performance di innovazione di un paese (Venturi et al.). La raccolta di dati effettuati da Censis su dati Eurostat ci permette di riassumere l'andamento nel nostro territorio proprio utilizzando questa correlazione. In valore assoluto gli investimenti delle imprese italiane in R&S hanno toccato gli 11,5 miliardi di euro, con un aumento del 3,3% rispetto al 2012. L'incidenza del comparto manifatturiero sul totale della spesa delle imprese italiane in R&S si dimostra fondamentale (72,1% nel 2013), seguito a distanza dai servizi di informazione e comunicazione che, nel 2013, si attestano sull'11,3%. Un altro dato utile che emerge sempre dallo stesso studio è quello che evidenzia la distribuzione della spesa in ricerca e sviluppo fra i diversi settori che la effettuano, quali amministrazioni pubbliche, università, imprese e istituzioni no profit. Come riportato all'interno della figura 27 sono proprio le imprese a rappresentare la quota maggiore degli investimenti in R&S, per un valore che si aggira attorno ai 10 miliardi di euro pari all'80,6% in

crescita rispetto agli scorsi anni. Il 61% di questo valore deriva da spese effettuate da parte di imprese manifatturiere. Entrando nello specifico vediamo come le somme più alte siano state investite nel campo della fabbricazione dei mezzi di trasporto, nella fabbricazione di macchinari e apparecchiature seguita a ruota dalla fabbricazione di computer, prodotti di elettronica e ottica, apparecchi elettromedicali. Le spese per i restanti settori non superano la doppia cifra ma si dimostrano comunque parte integrante di una serie di settori che fa dell'innovazione la premessa e la condizione necessaria al progresso economico e sociale.

Di fronte al cambiamento che abbiamo imparato a definire “quarta rivoluzione industriale”, è fondamentale conoscere l'effettiva diffusione di queste tecnologie all'interno della manifattura del Made in Italy e l'impatto che esse possono produrre in termini di crescita, redditività e occupazione (Stefano Micelli).

Nell'integrazione della tecnologia digitale, l'Italia si colloca al 20° posto tra i paesi dell'UE. Nonostante la posizione apparentemente bassa e la lentezza del progresso rispetto ad altre realtà economiche dell'Unione Europea, emergono comunque alcuni dati confortanti riguardo il fatturato delle PMI aumentato dal 4,9% nel 2014 all'8,2% nel 2015.

Questa crescita deriva in parte dall'introduzione di alcune tecnologie, in particolare: sistemi ERP (Enterprise Resource Planning) per la pianificazione e integrazione dei processi aziendali interni, con un aumento percentuale dal 20,3% del 2012 al 35,2% del 2015 superando la media europea (34,3%); e l'utilizzo di software CRM (Customer Relationship Management) la cui implementazione in percentuale vede una variazione dal 17,1% al 18,3% in tre anni, seppur ancora al di sotto della media europea (20,1%). In ugual modo, si vede un miglioramento anche per la presenza online delle imprese italiane con una crescita percentuale che per gli indicatori relativi all'uso del sito web sfiora i 35,5% mentre per l'utilizzo dei social media i 37,3%, contro le medie europee rispettivamente del 55% e del 39% (Venturi et al.).

Nonostante la ventesima posizione per innovazione digitale, secondo i dati Eurostat, l'Italia delle PMI fa registrare, per il periodo 2010-2012, la quarta posizione per la quota di piccole imprese che svolgono attività innovative con una quota percentuale pari al 56,1%, dopo Germania, Lussemburgo e Irlanda. Percentuale di molto superiore alla media Europea che si ferma al 48%. La figura 28 mostra i valori delle prime 10 posizioni. Questo confronto evidenzia una situazione per cui la flessibilità e il saper adattarsi alle nuove gestioni dell'azienda diventano variabili determinanti per rimanere al passo con un mercato sempre più globale, veloce e che difficilmente permette a chi non sta al passo con i tempi di risultare competitivo.

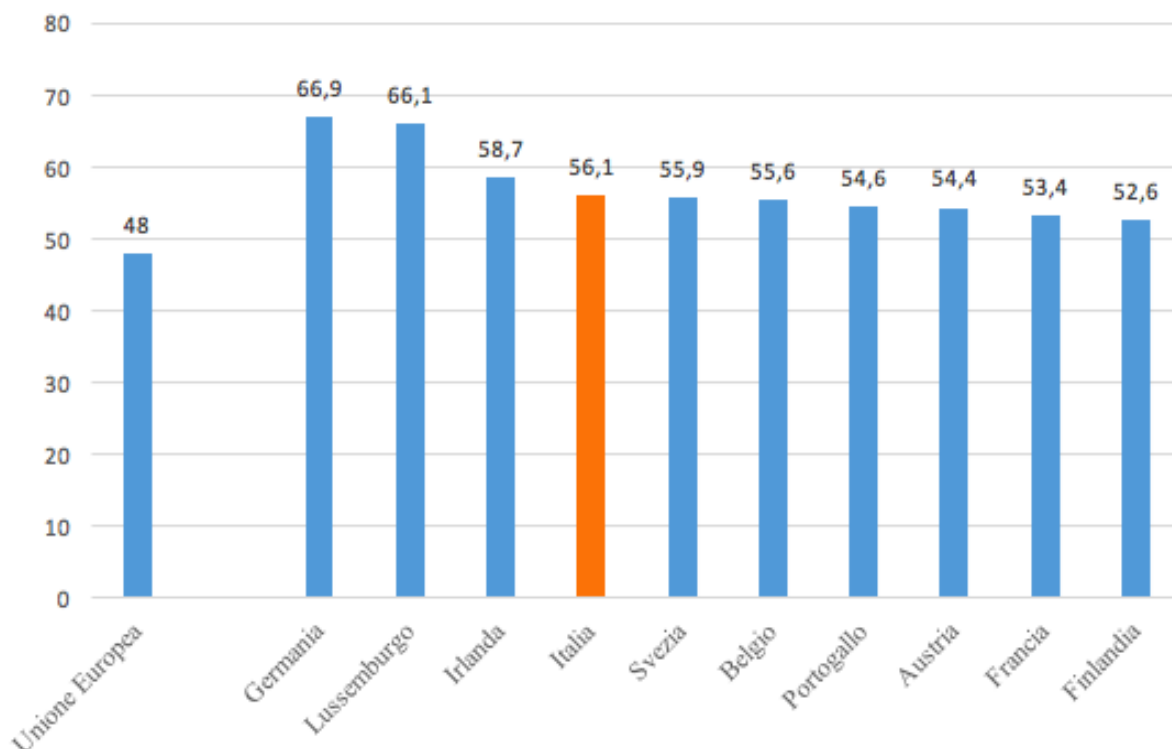


Figura 28: Valore percentuale delle PMI che svolgono attività innovative nell'Unione Europea. (Venuri et al., *La città dei maker. L'italia, la nuova manifattura e la crescita economica*, 2016)

Citando le parole di Stefano Venturi: «Una vera economia digitale, è quella in cui le imprese sanno sfruttare appieno le possibilità e i vantaggi offerti dalle tecnologie digitali, sia per migliorare la loro efficienza e produttività sia per raggiungere i clienti e concretizzare le vendite. Nel pieno della quarta rivoluzione industriale non si può prescindere quindi da una manifattura che si basi sull'utilizzo di macchine intelligenti, interconnesse e collegate ad internet. La connessione tra sistemi fisici e digitali, la possibilità di effettuare analisi complesse attraverso big data e adattamenti real-time nella produzione costituiscono la reale opportunità che il digitale sta offrendo all'impresa». Il prossimo passo sarà quindi di capire come le nuove tecnologie si siano integrate all'interno di questo scenario manifatturiero.

A riguardo, l'associazione Make in Italy in collaborazione con Fondazione NordEst ha raccolto una serie di dati contenuti all'interno di un elaborato dal nome: "il primo rapporto sull'impatto delle tecnologie digitali nel sistema manifatturiero italiano". I dati emergono sulla base di una survey condotta ad hoc su un migliaio di imprese in cui viene misurato il grado di penetrazione delle nuove tecnologie della manifattura digitale all'interno del tessuto produttivo.

Il primo dato che vale la pena riportare è l'introduzione e l'utilizzo delle stampanti 3D che abbiamo imparato a considerare come una delle tecnologie trainanti all'interno di quelle che hanno rivoluzionato il nostro sistema economico.

Come illustrato graficamente dalla figura 29, il 25,8% delle imprese utilizza la stampa 3D o il 3D scanning in modalità «in house» o ricorrendo a service esterni. Questo risultato è frutto della media tra tre tipologie di aziende studiate: quelle con un reddito compreso tra 1 e 10 milioni (23,9%), quelle con un reddito compreso tra i 10 e i 50 (27,5%) per terminare con le grandi imprese, ovvero quelle con ricavi che raggiungono i 50 milioni con una quota pari al 33,3%.

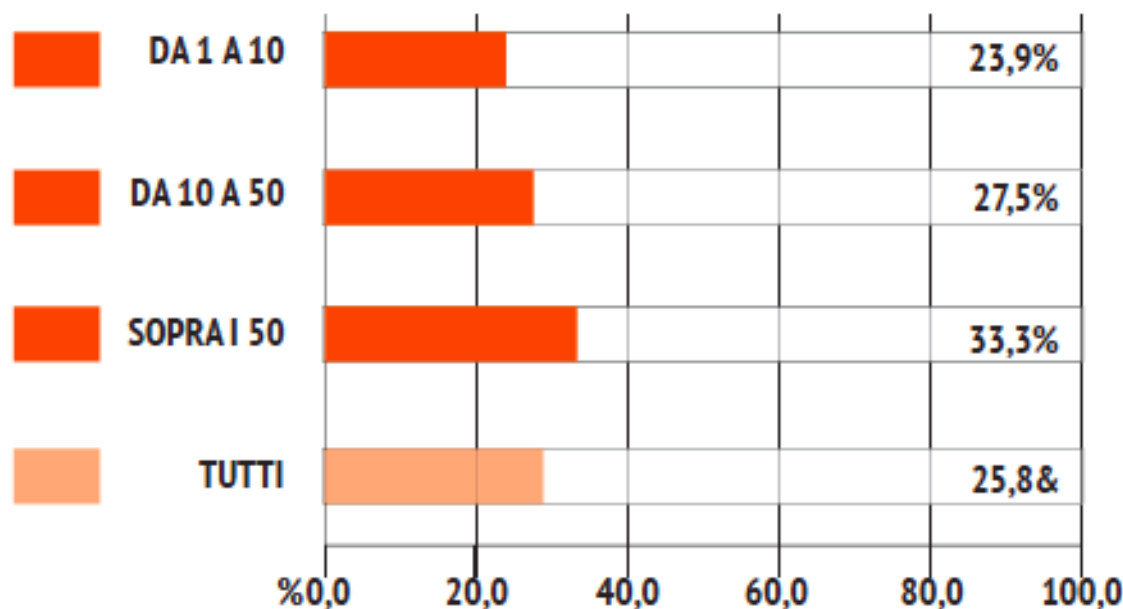


Figura 29: Utilizzo di stampanti e scanner 3D all'interno di imprese manifatturiere. (Il 1° rapporto sull'impatto delle tecnologie digitali nel sistema manifatturiero italiano, 2015)

Gli stessi dati vengono invece raccolti e illustrati nelle due successive figure ma in ottica diversa. La figura 30 al posto di considerare il reddito evidenzia la distribuzione geografica delle aziende che utilizzano stampa e scanner 3D, mentre la figura 31 mostra i settori nei quali la stampa 3D sembra essere più utilizzata. All'interno della prima emergono dati che mostrano un evidente predominanza di utilizzo nelle regioni settentrionali con una percentuale pari al 54%, somma risultante dal 20% del Nord Ovest e dal 34% del Nord Est; contro quella delle regioni centrali 23,6% e quella che comprende regioni meridionali e isole che sfiora il 22,4%. Nella seconda invece, si vede che il settore che presenta un utilizzo predominante, avvalorando gli investimenti in ricerca e sviluppo è quello delle macchine e dei mezzi di trasporto generici con una percentuale pari al 32,4%. Seguono i settori per la lavorazione di gomma e plastiche, con il 26,9%, e quelli di legno e mobilio con il 23,5%. Il sistema modo si dimostra, tra quelli analizzati il più restio all'utilizzo di queste nuove tecnologie. Un ultimo dato che in realtà risulta fuorviante è quello che mette in luce l'utilizzo delle nuove strumentazioni da parte del 42,6% di altre industrie manifatturiere.

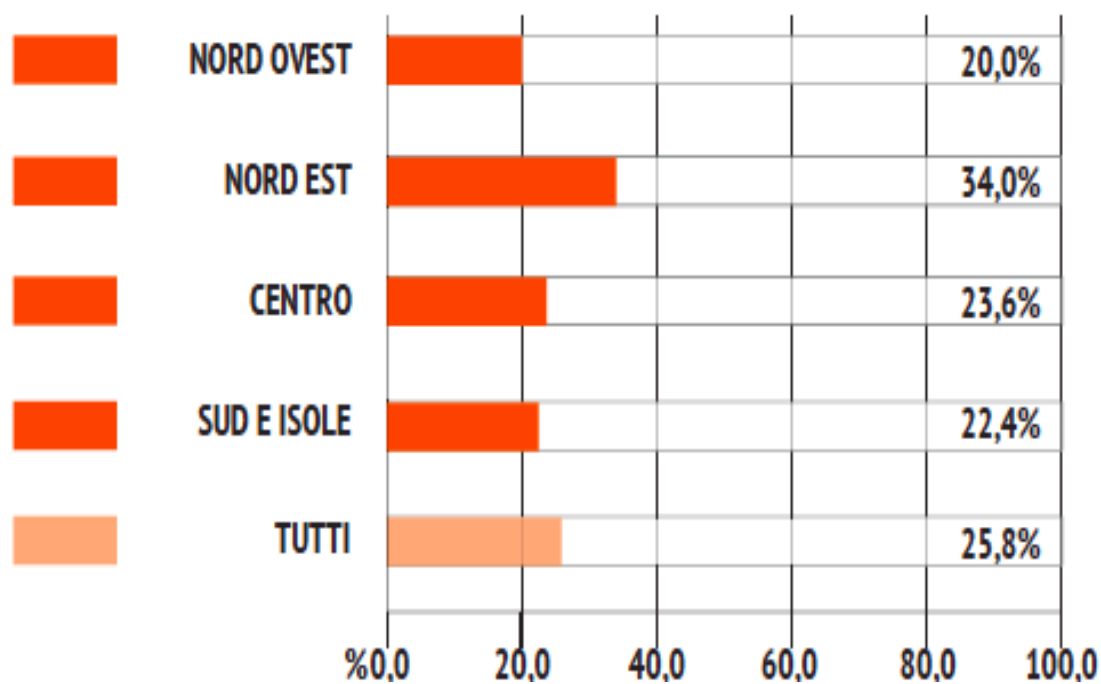


Figura 30: Distribuzione geografica delle imprese che utilizzano stampante e scanner 3D in Italia. (Il 1° rapporto sull'impatto delle tecnologie digitali nel sistema manifatturiero italiano, 2015)

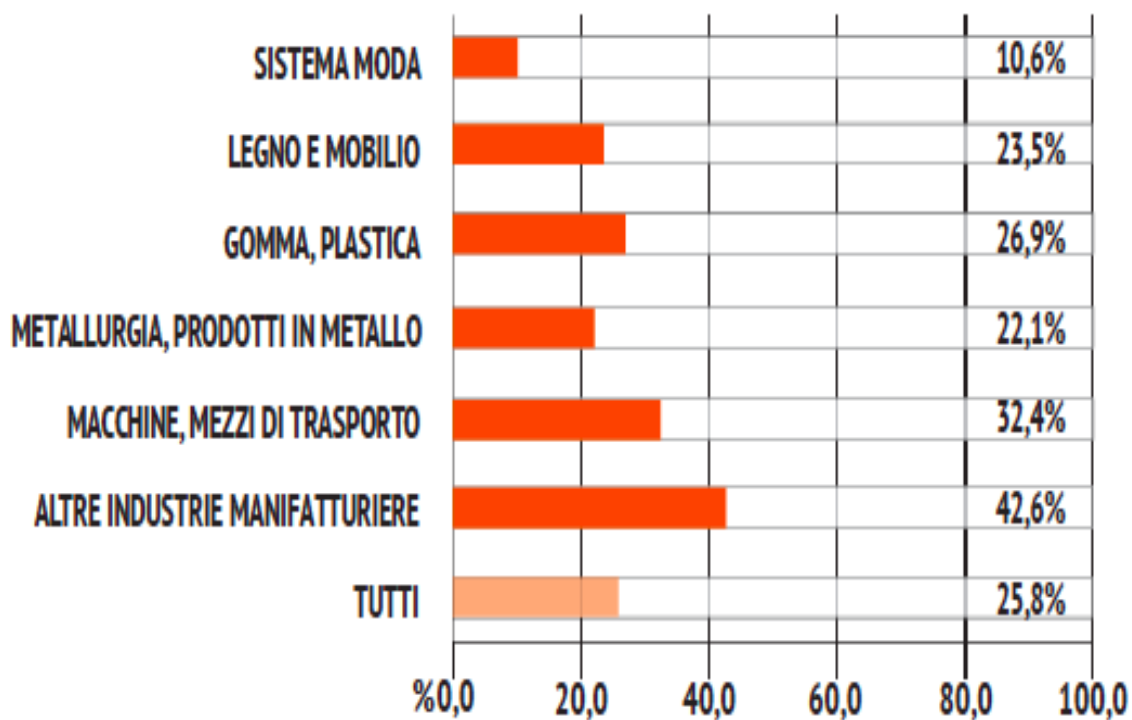


Figura 31: Utilizzo di stampanti e scanner 3D per settore. (Il 1° rapporto sull'impatto delle tecnologie digitali nel sistema manifatturiero italiano, 2015)

Allo stesso modo vengono raccolti i dati per altre due tecnologie peculiari: macchine a controllo numerico e macchine a taglio laser supportate da computer. Le prime, come visibile nella figura 32, mostrano una diffusione molto maggiore rispetto a quella delle stampanti 3D con una media che si aggira attorno al 67,7% con una prevalenza di utilizzo nel Nord Est, come nel caso precedente, ma che vede il sorpasso delle regioni centrali e settentrionali nei confronti del Nord Ovest. La percentuale all'interno del settore dei mezzi di trasporto rimane comunque molto elevata ma tale tecnologia vede un utilizzo maggiore all'interno de settori quali legno e mobilio e prodotti in metallo.

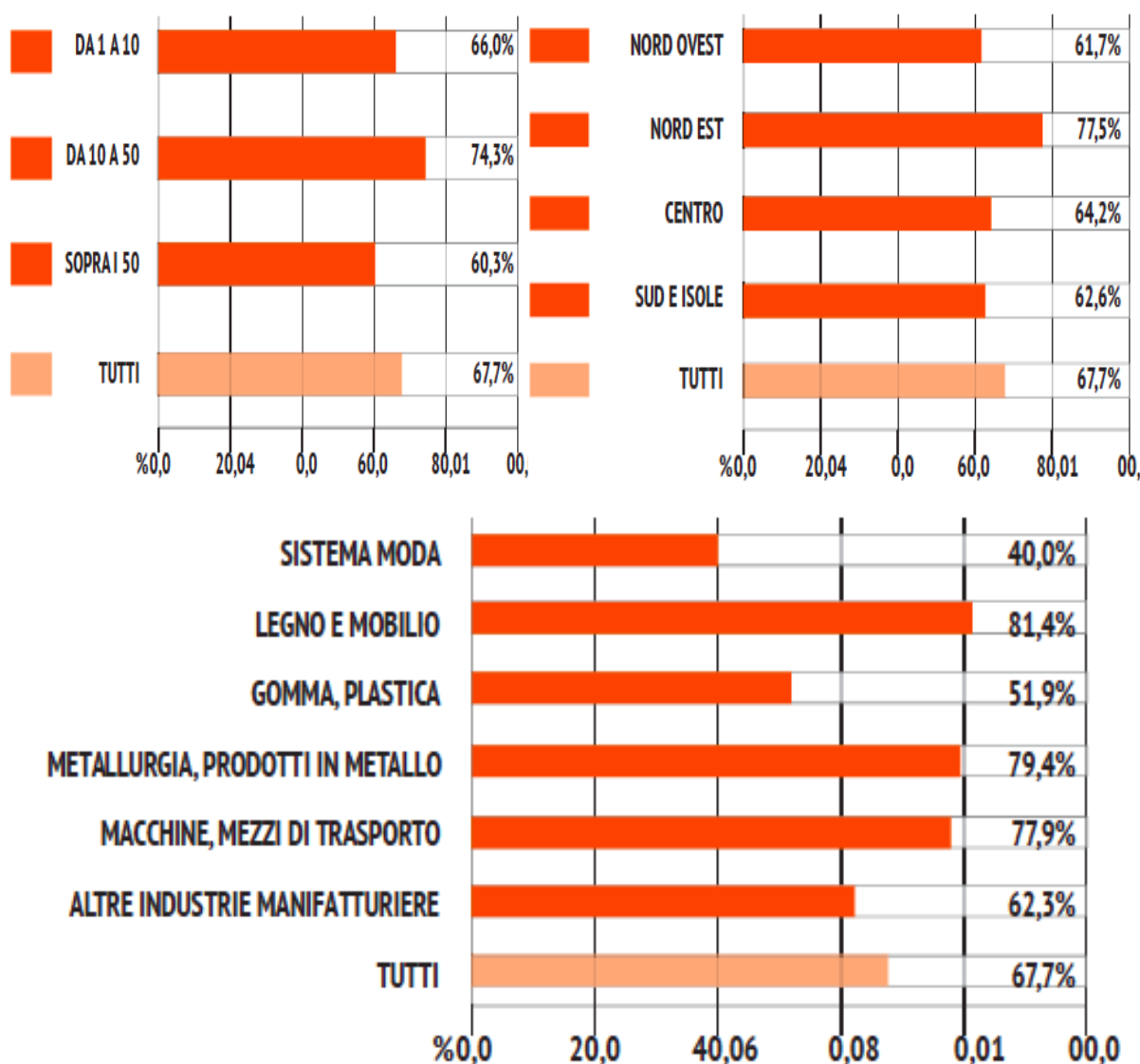


Figura 32: Utilizzo di macchine CNC all'interno del sistema manifatturiero italiano con specifiche su distribuzione geografiche e settore di utilizzo.
(Il 1° rapporto sull'impatto delle tecnologie digitali nel sistema manifatturiero italiano, 2015)

Anche i dati raccolti per i sistemi di taglio laser supportati da software e computer vedono un utilizzo molto più ampio rispetto alla stampante 3D con una percentuale media del 48,3%. Come nel caso delle macchine a controllo numerico le imprese che utilizzano maggiormente questa tecnologie sono quelle con un reddito compreso tra i 10 e i 50 milioni a differenza delle stampanti 3D che vengono maggiormente utilizzate dalle grandi imprese con un reddito superiore ai 50 milioni. Anche nell'utilizzo di questa strumentazione si dimostrano vincenti le regioni settentrionali e in particolar modo il Nord Est e ancora una volta i settori che mostrano una diffusione maggiore è quello dei mezzi di trasporto con una percentuale in rialzo invece si presente uno dei settori di cui non si era mai parlato in precedenza, quello della moda (51,8%).

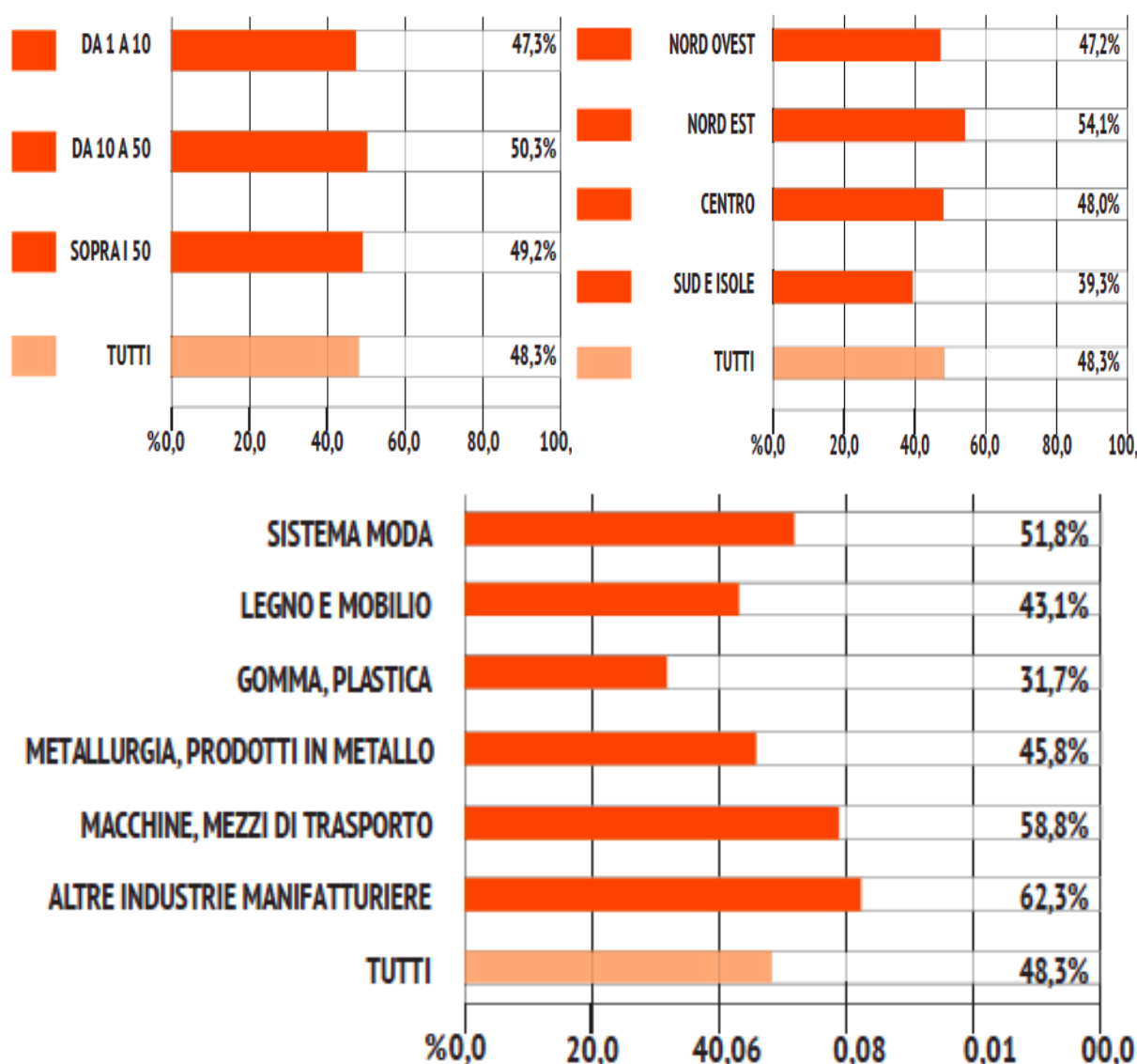
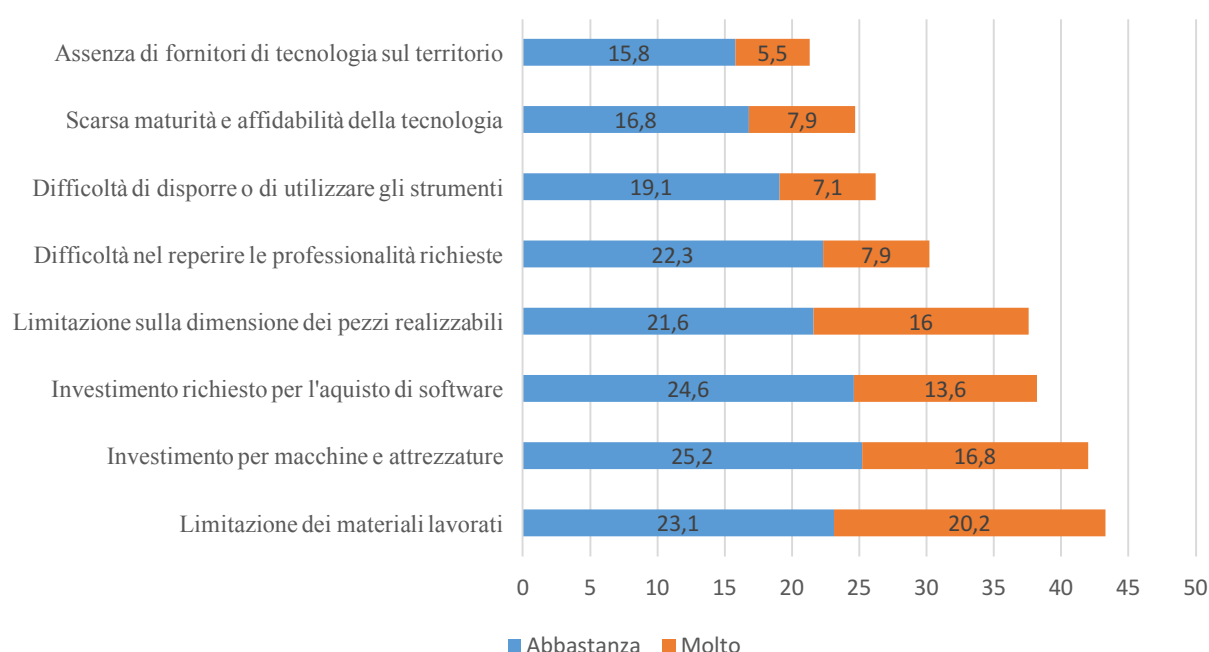


Figura 33: Utilizzo dei sistemi di taglio laser all'interno del sistema manifatturiero italiano con specifiche su distribuzione geografiche e settore di utilizzo.
(Il 1° rapporto sull'impatto delle tecnologie digitali nel sistema manifatturiero italiano, 2015)

Da questa analisi emerge che la tecnologia meno diffusa, tra quelle peculiari del nuovo sistema produttivo è proprio la stampante 3D. Di seguito si cercherà di capire quali siano le motivazioni. Utilizzando dati contenuti all'interno del 1° rapporto sull'impatto delle tecnologie digitali nel sistema manifatturiero italiano emerge che una grossa percentuale delle aziende, il 74,7%, non la reputa opportuna per il proprio business, l'11,8% ne sta valutando l'acquisto mentre la restante parte non conosce il suo funzionamento né tanto meno le sue potenzialità. La domanda che sorge quindi spontanea è chiedersi quali siano i fattori che ne impediscono la diffusione all'interno del nostro territorio. La figura 34 illustra i principali chiarendo anche quanto influenzino negativamente, se molto o abbastanza.

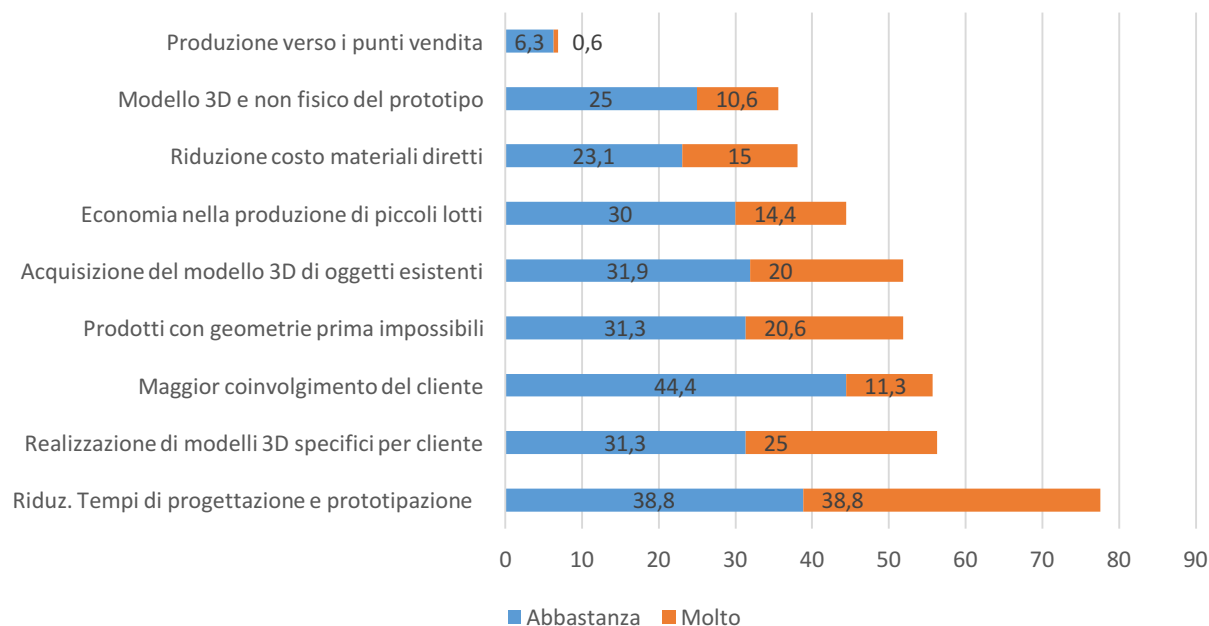


*Figura 34: Fattori che impediscono la diffusione della stampante 3D.
(Il 1° rapporto sull'impatto delle tecnologie digitali nel sistema manifatturiero italiano, 2015)*

Ciò che si evince è che le cause che non ne permettono la diffusione sono quelle più volte sottolineate durante tutto questo elaborato: la scarsità dei materiali utilizzabili, il costo necessario all'implementazione di tutte le attrezzature necessarie a far partire la produzione e la difficoltà di ricercare chi di fatto riesce ad operare in maniera autonoma con tali strumenti, il tutto, per una produzione che non permette grandi numeri ed eccelle nei piccoli lotti.

Paradossalmente, è proprio da qui che derivano anche i pregi di questa tecnologia. La produzione di piccoli lotti si trasforma in velocità nella prototipazione, gli elevati costi sono giustificati da una maggior vicinanza al consumatore e dalla possibilità di lavorare più frequentemente insieme a lui seguendo le sue esigenze. Tutto questo, insieme ad altri benefici

che gli utilizzatori effettivi di questa tecnologia hanno riscontrato, viene riportato nella figura 35.



*Figura 35: I benefici reali riscontrati da chi utilizza stampante e scanner 3D.
(Il 1° rapporto sull'impatto delle tecnologie digitali nel sistema manifatturiero italiano, 2015)*

Un'ulteriore collaborazione tra Fondazione NordEst e Banca Ifis permette un aggiornamento di queste cifre grazie ad una base dati più recente ma che si diversifica per certi aspetti da quella fino a questo momento utilizzata. Il fine rimane lo stesso ovvero quello di misurare il grado di penetrazione di alcune particolari tecnologie della manifattura digitale, nello specifico il laser, la stampa 3D, la robotica e macchine a controllo numerico, all'interno del tessuto produttivo italiano. L'indagine riguarda 787 imprese del Made in Italy di consumo attive in particolare in tre settori: sistema casa, moda e orafa, la metà dei settori analizzati in precedenza. I risultati confermano le conclusioni emerse dal 1° rapporto sull'impatto delle tecnologie digitali nel sistema manifatturiero italiano, e pongono quindi al vertice in termini di diffusione le macchine a controllo numerico, seguite da sistemi di taglio laser e dalle stampanti 3D che si dimostrano essere ancora una volta la tecnologia meno diffusa all'interno del tessuto manifatturiero italiano.

Le percentuali che illustrano graficamente tutto ciò sono riportate all'interno della figura 36, che evidenzia anche la situazione suddivisa per i tre settori citati in precedenza. Degno di nota è il dato che presenta la diffusione nel settore orafa che con un 41% si dimostra il settore che più investe e crede nel 3D.

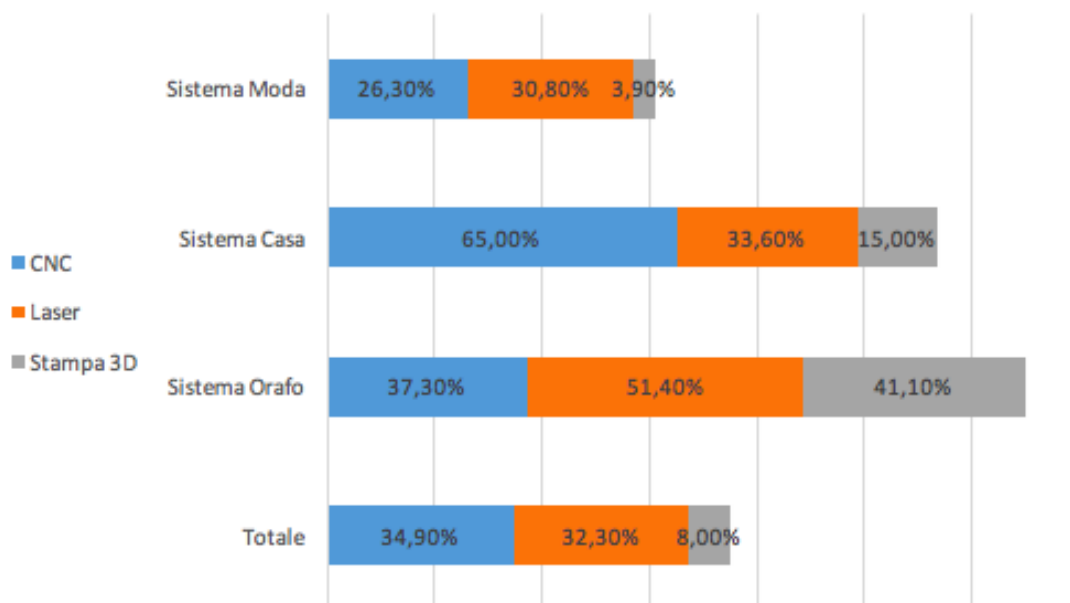


Figura 36: Diffusione di macchine CNC, sistemi di laser e stampanti 3D distribuita per settori presi in esame. (Il Made in Italy incontra il digitale, Fondazione NordEst per Banca Ifis, Micelli, 2016)

Tutti questi dati ci permettono di trarre alcune conclusioni supportate anche da un'ulteriore ricerca condotta dagli Osservatori del Politecnico di Milano. Dopo aver compreso l'importanza che l'Italia sta attribuendo all'Industria 4.0., l'ingente somma destinata a ricerca e sviluppo e il livello delle tecnologie che influenzano maggiormente il nuovo paradigma produttivo, possiamo comprendere il quadro generale. La Fabbrica 4.0 italiana vale 1,2 miliardi di euro con il mercato dello Smart Manufacturing che nel 2015 sfiorava il 10% del totale degli investimenti complessivi dell'industria. Nel 2016 uno studio su 307 imprese italiane, operanti in settori riconducibili a quelli precedentemente trattati, permette di evidenziare una crescita del 20% con 600 applicazioni di smart manufacturing technologies censite in Italia, e quindi +30% in un anno, percentuale sicuramente positiva ma non ancora sufficiente per recuperare il divario con le grandi potenze mondiali. Questo perché, come per le stampanti 3D e le nuove tecnologie introdotte nel nuovo paradigma produttivo, anche qui, il 38% delle imprese dichiara di non conoscere i temi dell'industria 4.0. Le lacune dal punto di vista conoscitivo emergono con forti differenze settoriali. Nei settori che anche nel 2016 rimangono trainanti, come quello dell'automotive e dei macchinari, chi non ne ha mai sentito parlare rappresenta solo il 30%, mentre, nei settori in cui le nuove tecnologie sono di difficile implementazione più del 50% delle aziende campione non è a conoscenza dell'evoluzione che sta colpendo il nostro sistema economico. Nonostante queste lacune il quadro che emerge può sicuramente essere considerato positivo considerando che nell'ultimo anno quasi un'impresa su tre ha avviato progetti

utilizzando tecnologie digitali innovative per migliorare attività operative come produzione e logistica, 20% del campione, chi la totale gestione della supply chain, 15% del campione.

Se la validità dei dati che emerge dai documenti fino a cui riportati viene difficilmente messa in dubbio, dato l'utilizzo degli stessi da parte di moltissimi economisti come base dati per i loro studi, può essere utile, al fine di avere una visione a 360° del fenomeno della Fabbrica 4.0, il punto di vista di chi fornisce le nuove tecnologie che sono diventate peculiari al suo interno. Dopo essersi dimostrata disponibile ad arricchire questo elaborato rispondendo ad alcune domande relative alle tematiche fino a qui sviluppate si andrà alla scoperta di una delle aziende leader nella distribuzione di stampanti 3D in Italia, WASP.

4.1. Il caso WASP



CSP (Centro Sviluppo Progetti) è un'azienda di Massa Lombarda che si occupa dello sviluppo di progetti innovativi. Come sostiene il suo fondatore, Massimo Moretti: «la continua ricerca e l'avanguardia sono i cardini di un lavoro che si fonda sulla volontà di lasciare un mondo migliore di quello che si è trovato e sulla fiducia nella tecnologia alla base di un progresso sostenibile».

In questo ambiente estremamente positivo ed entusiasmante, e da queste parole ricche di buoni propositi nel 2012, viene creato WASP (World's Advanced Saving Project): un progetto incentrato sullo sviluppo della stampa 3D ben radicata all'interno del mondo dell'Open-source, con l'intento di restituire e mettere in circolazione conoscenze e strumenti utili ad una migliore comprensione e fruibilità del mondo 3D. A questo scopo, continua il Sig. Moretti, la società, nel corso degli ultimi anni ha proseguito nella costante attività di ricerca e sviluppo indirizzando i propri sforzi sullo studio di nuovi prodotti e progetti particolarmente innovativi, investendo per il solo anno 2015, una somma vicina a 150.000 €. Tutto questo è reso possibile da un rapporto finanziario decisamente positivo che evidenzia come l'azienda operi in maniera autonoma senza l'ausilio di finanziamenti esterni. Il risultato che ne deriva è una costante crescita confermata da un trend estremamente positivo che ha portato WASP a raddoppiare il

valore della produzione passando da 1.000.000 di € nel 2014 a 2.100.000 nel 2015. Il tutto è illustrato graficamente all'interno della figura 37.

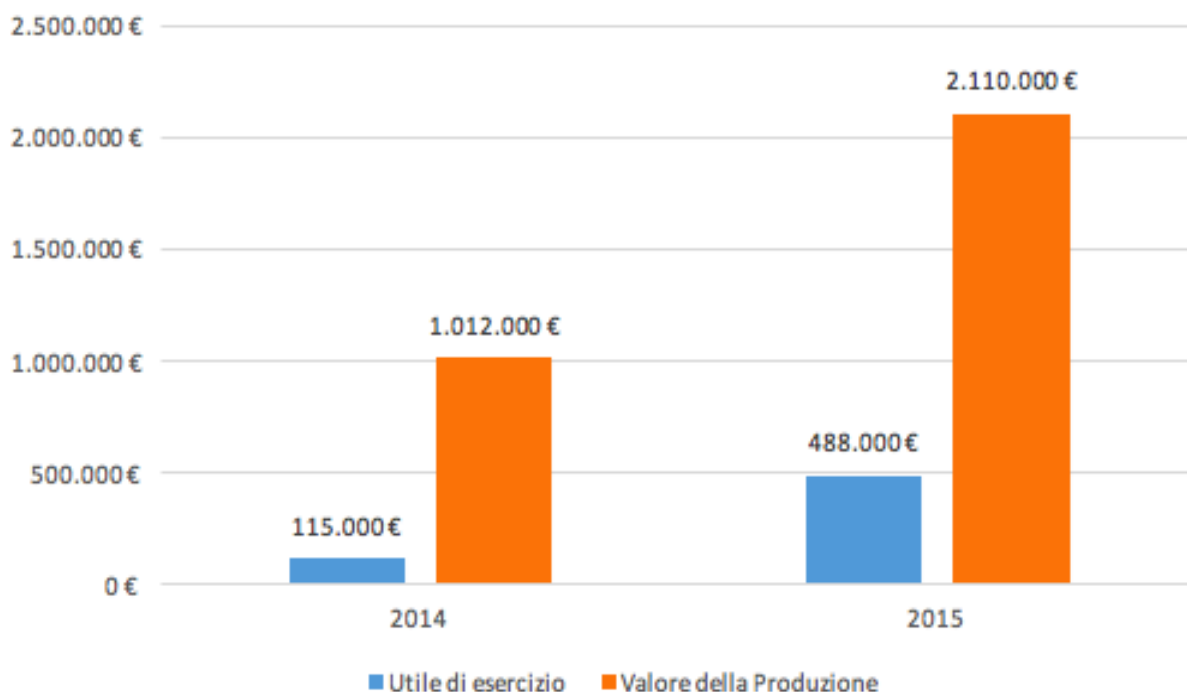


Figura 37: Confronto dell'utile e del valore della produzione degli esercizi 2014/2015

Oltre al fondatore, contribuiscono al raggiungimento di tali risultati giovani talenti. L'età media degli occupati è di trent'anni, si contano 12 collaboratori interni, 8 esterni, per un totale di 20. La sinergia e l'ambiente estremamente dinamico permettono la creazione e la vendita di circa 20 stampanti al mese.

Titolare	
12 Collaboratori Interni	8 Collaboratori Esterni
(Età Media: 30 anni)	
Stampanti prodotte al mese: 20	

Tabella 9: WASP in numeri

4.1.1. Le Stampanti a catalogo

Il primo modello ideato e costruito è stata la Power Wasp: una veloce ed economica stampante 3D che può anche fresare. Successivamente è stata ideata la linea di stampanti Delta Wasp: una serie di strumenti adeguati a tutte le esigenze e le dimensioni della stampa 3D. Attualmente all'interno di questa linea troviamo:

- DeltaWASP 20 40: stampante precisa e affidabile con ogni tipo di materiale grazie ad un sistema dotato di camera chiusa e piano riscaldato. Professionale e compatta, riesce a realizzare stampe fino a 40 cm di altezza.
- DeltaWASP 40 70: ideale per chiunque voglia avviare una piccola produzione o per aziende che realizzano internamente la prototipazione dei prodotti.
- DeltaWASP 60 100: sviluppata per chi necessita di stampe di grandi dimensioni in maniera rapida e precisa. Anche questo modello può essere utilizzato dalle aziende che intendono avviare piccole produzioni e prototipazione interna.
- DeltaWASP 3MT: macchina multi-tools dall'altezza di tre metri costruita per creare oggetti in piena libertà.
- BigDeltaWASP Custom series: versioni speciali dedicate al mondo dell'edilizia, del restauro e della scenografia. Sono modulabili su misura e in grado di estrarre una vasta gamma di materiali di diversa densità, che spazia dall'argilla al cemento alla cellulosa.
- BigDeltaWASP 12MT: sviluppata per poter soddisfare il sogno di WASP, la costruzione di una casa con materiali reperiti sul luogo e quindi con un costo che tende allo zero.
- DeltaWASP OPEN: il prodotto ideale non solo per hobbisti e appassionati, ma anche per le scuole. Il suo punto di forza è l'essere Open Source e ideata, quindi, per la condivisione.

Attraverso questo breve elenco di quello che WASP può offrire è facilmente intuibile anche quella che è la sua mission: fare in modo che chiunque possa realizzare i prodotti scaricando il progetto dalla rete o realizzandone uno proprio. La vendita delle stampanti solide viene considerata un mezzo per permettere l'investimento continuo in ricerca e sviluppo nella prospettiva di una rivoluzione produttiva che apporti un benessere diffuso, attraverso la ricerca di materiali ecosostenibili e di sistemi innovativi. Tutto questo porterà alla riduzione dei costi di trasporto e produzione, diminuendo drasticamente i rifiuti (plastiche riciclabili), fattori che in questo elaborato vengono considerati pilastri del nuovo paradigma produttivo.

4.1.2. Un sogno ecosostenibile

«Circa dieci anni fa stavo cercando di assemblare una stampante 3D ma non sapevo come fare per depositare il materiale. Un giorno ho trovato una vespa che cercava di costruire la sua casetta nella mia macchina e allora sono rimasto incantato a guardare come faceva. La vespa prendeva la terra bagnata, la depositava sullo strato precedente e lasciava seccare dal sole». Con queste parole Massimo Moretti descrive un processo molto semplice, che nel mondo animale accade una miriade di volte ma che mai prima d'ora era stato pensato nel mondo della stampa 3D. Questo simpatico aneddoto ha ispirato l'idea che sta alla base di WASP: creare una grande stampante 3D in grado di produrre case in argilla e fibre naturali, per le aree del mondo in via di sviluppo.



Figura 38: BigDelta 12MT in lavorazione al Parco Shamballa

Una casa a km 0 fatta con materiali reperibili sul territorio e con l'utilizzo di energie rinnovabili come il sole, il vento e l'acqua. Il progetto si sta evolvendo in maniera non indifferente tanto da aver favorito l'apertura di un vero e proprio parco tecnologico chiamato "Shamballa" in cui si lavora senza sosta proprio alla costruzione della casa tramite una delle stampanti presenti attualmente a catalogo, la BigDelta 12MT. La parola chiave che delimita questo spazio è autoproduzione. Questo perché nella visione di WASP della città ideale, casa, cibo, lavoro, salute, educazione, arte e tutte le esigenze di base dell'uomo devono essere affrontate tramite questo approccio, costruendo una microeconomia autosufficiente che produca il necessario per chi la abita. Lo spirito di condivisione che contraddistingue l'azienda permette la creazione di

continui laboratori all'aperto che danno a chiunque, la possibilità di partecipare con la propria creatività e con le proprie idee. In aggiunta al continuo desiderio di condivisione, si affianca la possibilità di possedere tutte le tecnologie necessarie per poter realizzare il sogno di WASP all'interno di un container, il cosiddetto "Maker Economy Starter Kit". Lo stesso, contenente l'intera gamma dei prodotti descritti in precedenza più sistemi di taglio, mezzi di preparazione per i materiali da estrudere, sistemi di alimentazione e sistemi di riciclaggio dei materiali, per tritare e riciclare plastiche o macerie, non è solo un mero contenitore di oggetti ma rappresenta un vero e proprio modello economico che riesce a rispondere ai bisogni di base dell'uomo con le tecniche di fabbricazione digitale, processo scelto tra tutti per la possibilità di essere replicato e condiviso ovunque.

A detta di WASP l'ecosostenibilità è una priorità, nonché continuo oggetto di studio in tutti i settori che li vedono occupati. Citando nuovamente le parole di Massimo Moretti «un mondo più sostenibile è necessario, e deve diventare un fattore trainante per tutti gli investimenti del futuro».

4.1.3. La stampante 3D: il punto di vista dei WASPERS.

Lo spirito di appartenenza al gruppo è un'altra delle armi vincenti che possiede l'azienda di Massa Lombarda. Tutti lavorano per raggiungere un obiettivo: diventare un punto di riferimento non solo all'interno del nostro territorio ma anche a livello mondiale. Gli ingredienti per fare in modo che questo diventi realtà sono frutto di continue ricerche non solo di chi sta all'interno dell'azienda ma anche di chi ha a cuore questo grande progetto e desidera farne parte condividendo idee e progetti. Nasce così una famiglia più che un gruppo di lavoro, nascono i WASPERS. Di seguito si cercherà di capire quello che accade all'interno di una realtà che produce un'ampia gamma di stampanti 3D, ma soprattutto il loro punto di vista riguardo al presente e al futuro.

Una prima domanda che sorge spontanea dopo tutta questa analisi è chiedersi perché la stampante 3D rappresenti un punto di svolta nella nostra economia. WASP afferma che una delle motivazioni chiave sta nella versatilità dello strumento e la loro esperienza non può che confermare ciò. Si registrano vendite in settori molto radicati come quello medicale (dall'ortopedia all'ortodonzia, fino alla chirurgia) e che prevede un gruppo di ricerca dedicato: WASP MED, quello dell'edilizia che li vede particolarmente impegnati con la loro BigDelta 12MT; il campo del design d'arredo, l'oreficeria, la meccanica, il settore dell'arte (con particolare specializzazione in campo ceramico) e il restauro. Altri sono i settori per cui invece l'azienda prevede sviluppi interessanti come quello del cibo.

Anche in questo caso i trend discussi con l'azienda sono positivi, non solo in Italia ma in tutto il mondo. Recentemente WASP ha presentato il proprio catalogo di prodotti in molti mercati internazionali come quello statunitense, inglese, spagnolo e olandese. Tutto questo è stato possibile perché se fino ad oggi la stampa 3D era vista come un hobby per makers, ora l'approccio è sempre più di livello industriale, principalmente, con funzione di prototipazione. A conferma dell'analisi effettuata nei capitoli precedenti le aziende che adottano le nuove tecnologie non traggono vantaggi solo in quell'ambito bensì, come WASP mette in luce a seguito delle implementazioni effettuate, anche la pianificazione e il controllo della produzione diventano più agevoli per diversi motivi. I due principali che l'azienda individua presso i suoi clienti sono: la possibilità di riprodurre un pezzo all'infinito apportando differenti variazioni per customizzare il prodotto con il maggior coinvolgimento del consumatore che ne deriva e con grande risparmio di costi rispetto alle tecniche tradizionali dove, normalmente, si ragiona su una produzione in serie e in cui si abbattano i costi degli stampi solo con numeri di produzione molto alti; e la totale assenza di scarti di magazzino possibile grazie alle loro stampanti, con particolare riferimento alla DeltaWASP 3MT, che permettono di riciclare il materiale di scarto per una nuova produzione e reintegrarlo senza problemi nel ciclo produttivo. Come si ha avuto più volte modo di sottolineare a questi benefici, riconosciuti ormai dalla maggioranza di chi adotta una stampante 3D, corrispondono anche grossi limiti che anche secondo WASP sono rappresentati dalla scarsa gamma di prodotti utilizzabili e il limite dimensionale dei prodotti realizzabili.

Vantaggi	Svantaggi
Possibilità di produrre un pezzo all'infinito con la possibilità di apportare le modifiche richieste dal consumatore.	Scarsa gamma di materiali utilizzabili
Totale assenza di scarti di magazzino derivante dalla possibilità di riciclare il materiale	Limite dimensionale dei prodotti realizzabili

Tabella 10: Vantaggi e svantaggi derivanti dall'utilizzo della stampante 3D secondo WASP.

Anni di studio e non poca fatica hanno permesso all'azienda di agire proprio in questi ambiti. La stampa di grandi oggetti diventa per loro elemento caratterizzante nonché, come si è descritto in precedenza con il progetto Shamballa, quella su cui si punta maggiormente. Sperimentazioni che impegnano in modo costante negli anni i ragazzi di WASP hanno

notevolmente aumentato il range dei materiali utilizzabili, consci del sempre maggior interesse del settore manifatturiero che ha alimentato il loro desiderio di scoperta in tale ambito.

Si è visto, infine, come acquisti importanza non solo il prodotto ma anche la tipologia di servizio che con esso viene erogato. Altro punto di forza di WASP, guidata dalla sua volontà di condivisione, è quello di stabilire un vero e proprio rapporto con i propri clienti. Il rapporto è fatto di un contatto continuo, non solo di assistenza ma anche di collaborazione permettendo ad alcuni di loro di svolgere la sperimentazione direttamente in sede utilizzando la loro strumentazione. Proprio questa opportunità garantisce un vantaggio reciproco. La stessa azienda infatti a seguito di una cooperazione con un cliente, Dennis Patella, ha risolto alcuni importanti problemi all'interno del firmware per lo sviluppo della funzione Stop e Salva, necessaria a fare in modo che la stampante 3D memorizzi le coordinate su cui sta estrudendo su un file che simpaticamente è stato denominato "Resurrection", per riprendere il giorno successivo nello stesso punto.

Tale

implementazione risulta necessaria nelle produzioni di grandi dimensioni ovvero quelle su cui WASP sta puntando nel presente e che saranno oggetto di continui studi nel futuro.

Comprendere il punto di vista di chi fornisce queste tecnologie si è

rivelato determinante, permettendo la visione dell'altra faccia della medaglia e scoprendo le poche basi su cui poggia un leader italiano nella loro vendita. Questo perché nonostante i continui sviluppi quello del 3D è un mondo che si dimostra ancora per certi versi inesplorato. Quali sono le parole chiave di WASP a riguardo? Studio e desiderio di condivisione sono sicuramente le più importanti.

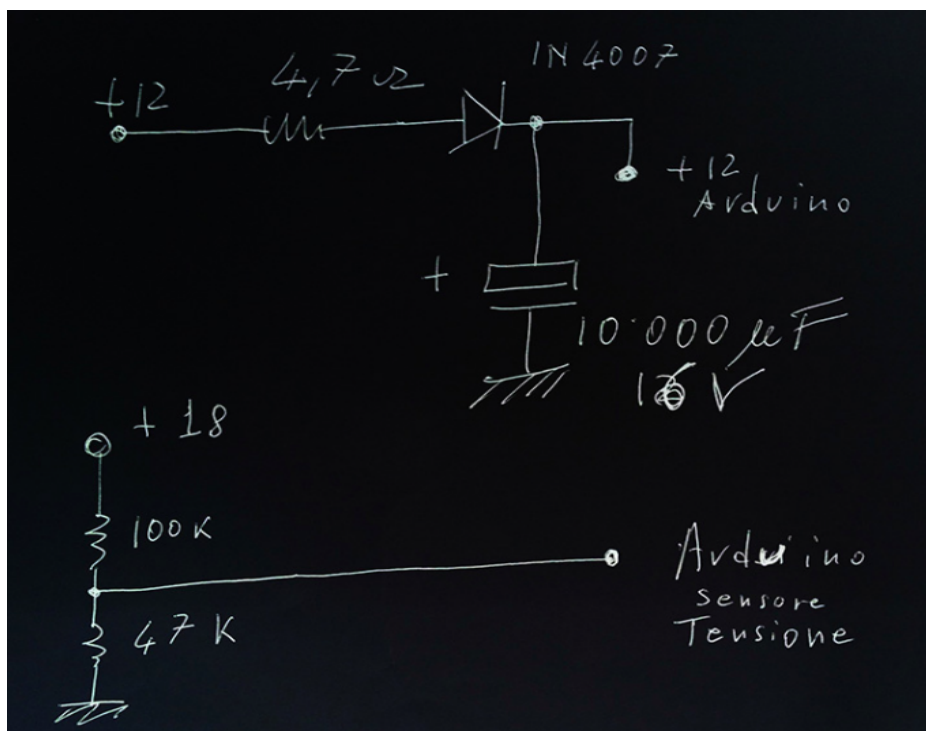


Figura 39: Resurrection System: bozza sul suo funzionamento.

Conclusioni

Il viaggio all'interno del nuovo sistema economico guidato dalla quarta rivoluzione industriale, da idee come la digitalizzazione e l'informatizzazione e dall'introduzione di tecnologie quali stampante 3D, macchine CNC e Cloud Computing, termina qui. L'analisi svolta evidenzia come il nuovo paradigma produttivo che si serve delle suddette tecnologie suscita sempre un maggior interesse agli occhi delle aziende. Questo per i notevoli vantaggi in fase di prototipazione, maggiore partecipazione dei consumatori con un prodotto creato secondo le proprie volontà ed esigenze e vicino a loro come poche volte lo era stato prima. Alleggerisce molti aspetti scomodi della catena del valore come ad esempio la pianificazione e il controllo di produzione, il sistema logistico e risulta estremamente utile anche in fase di lancio di un nuovo prodotto. D'altro canto però le stesse tecnologie che hanno dato vita ad un nuovo modo di intendere l'impresa con la nascita di quella che ai più piace chiamare "Fabbrica 4.0" non riescono a svincolarla completamente dalle ideologie e dai metodi produttivi che ci hanno accompagnato nel nostro passato. Questo lo si evince da un ingente numero di aziende che non investe per paura di non riuscire ad integrare la propria produzione con le tecnologie del nuovo paradigma produttivo che abbiamo imparato a conoscere. Il tutto viene sottolineato non solo dai numerosi studi e dai trend riportati ma anche dall'esperienza diretta di un produttore e fornitore delle stesse, con dati che non fanno altro che rafforzare la base dati analizzata.

Dalla breve rassegna storica effettuata possiamo fare tesoro di quello che ci racconta la storia e di quanto sia accaduto in passato. L'innovazione, l'intercambiabilità e la versatilità delle tecnologie sono sicuramente gli ingredienti che, storicamente, ci hanno guidato attraverso cambiamenti molto importanti. Sicuramente lo faranno anche in questo che fino a poco tempo fa era poco considerato ma che oggi ci stiamo sempre più abituando a chiamare quarta rivoluzione industriale.

Riferimenti Bibliografici

Anderson C., “Makers: per una nuova rivoluzione industriale”, (2013).

Afsharizand B., Nassehi A., Dhokia V., & Newman S. T., “Formal Modelling of Process Planning in Combined Additive and Subtractive Manufacturing: Enabling Manufacturing Competitiveness and Economic Sustainability”, Springer International Publishing, (2014).

AGCOM, “Indagine conoscitiva concernente i servizi di comunicazione Machine to Machine”, (2015).

Barnatt C., “3D PRINTING. The Next Industrial Revolution”, (2013).

Borghesi S., Vercelli, A., “Global Sustainability: Social and Environmental Conditions”, (2008).

Brynjolfsson, McAfee, “La Nuova Rivoluzione delle Macchine: Lavoro e Prosperità nell’era della tecnologia trionfante”, (2015).

Buckley, Pj and Strange, “The governance of the global factory: Location and control of world economic activity”, Academy of Management Perspectives, Vol. 29, (2015).

Burton M., 2013, “MB's NEXT 100: 3D metal printing to revolutionise manufacturing in auto, aero and medical sectors”, Metal Bulletin Daily, (2013).

Calantone, Di Benedetto & Song, “Expecting Marketing Activities and New Product Launch Execution to Be Different in the US and China: An Empirical Study.”, (2011).

Campbell, T., Williams, C., Ivanova, O., Garrett, B., “Could 3D Printing Change the World? Technologies, Potential, and Implications of Additive Manufacturing”. Atlantic Council, (2011).

Cankurtaran, Langerak & Griffin, “Consequences of New Product Development Speed: A Meta-Analysis.” Journal of Product Innovation Management, (2013).

Cervelli R., “Rapporto Assinform 2016: rivoluzione digitale in corso”, (2016).

Chen, Heyer, Ibbotson, Salonitis, Steingrímsson, Thiede, “Direct Digital manufacturing: definition, evolution, and sustainability implications”, *Journal of Cleaner Production* 107 (2015), 615-625.

Cowen T., “The Great Stagnation”, (2011).

Frick W., “Being early beats being better.” *Harvard business review*, (2014).

Holmström J., Holweg M., Khajavi S., Partenen Jouni, “The Direct Digital Manufacturing (r)evolution: definition of a research agenda”, (2016).

Italia in Cifre, ISTAT, (1999).

LaMonica M., “Additive Manufacturing, GE, the world’s largest manufacture, is on the verge of using 3-D printing to make jet parts”, *MIT Technology Review*, (2013), Vol. 116 Issue 3, p58-59.

Lipson, Kurman, “Fabricated: The New World of 3D Printing”, Hoboken, John Wiley & Sons (2014).

Liu B., Bai P., Li Y., “Post Treatment Process and Selective Laser Sintering Mechanism of Polymer-Coated Mo Powder”, *Open Materials Science Journal*, (2014).

Markillie, “A third industrial revolution”, *The Economist*, (2012).

Micelli S., “Il Made in Italy incontra il digitale”, *Fondazione NordEst per Banca Ifis*, (2016).

Ministero per lo sviluppo economico, “Industry 4.0, la via italiana per la competitività del manifatturiero: come fare della trasformazione digitale dell’industria una opportunità per la crescita e l’occupazione”, (2015).

Moilanen, J., Vad_en, T., “Manufacturing in Motion: First Survey on 3D PrintingCommunity”, (2012).

Morris I., “Why the West Rules—For Now”, (2010).

Rondi E., “Fabbrica 4.0: la Supply Chain nella Digital Economy, come affrontare l’evoluzione digitale”, *Incas Group*, (2016).

Rufkin J, “La Terza Rivoluzione Industriale”, (2011).

Shapiro, Varian, “Information Rules: a strategic guide to the network economy”, Harvard Business School Press, (1998).

Siavash H. Khajavi, Jan Holmström, “Manufacturing Digitalization and Its Effects on Production Planning and Control Practices”, Aalto University, (2015).

Siavash H. Khajavi, Jouni Partanen, Jan Holmström, Jukka Tuomi,” Risk reduction in a new product launch: A hybrid approach combining direct digital and tool-based manufacturing”, Aalto University, (2015).

Sreenivasan, R., Goel, A., Bourell, D.L., “Sustainability issues in laser-based additive manufacturing”, (2010).

Takeuchi & Nonaka, “The new product development game.” Harvard business review, (1986).

Venturi S., “Le città dei maker: L’Italia, la nuova manifattura e la crescita economica”, Censis, (2016).

Venturi S., Paolo Reboani, Marco Tarantola, “Il 1° rapporto sull’impatto delle tecnologie digitali nel sistema manifatturiero italiano”, Fondazione NordEst e Prometeia, (2015).

Wohlers T., “Wohlers Report 2014”, Wohlers Associates, (2014).