

Dipartimento
di Impresa e Management

Cattedra di Storia dell'Economia e dell'Impresa

Industria 4.0, come le tecnologie digitali stanno evolvendo il concetto di impresa e la spinta verso una maggiore sostenibilità

Prof. Amedeo Lepore

RELATORE

Alessandro Magi Matr. 233541

CANDIDATO

INDICE

Introduzione	pag 3
Capitolo 1: Le rivoluzioni industriali, dal carbone al web . .	pag 5
1.1 : <i>Ferro e carbone, la prima rivoluzione industriale</i>	pag 5
1.2 : <i>L'età dell'acciaio, del petrolio, della chimica e dell'elettricità</i>	pag 9
1.3 : <i>L'avvento del computer</i>	pag 13
Capitolo 2: La quarta rivoluzione industriale	pag 19
2.1 : <i>Linee generali</i>	pag 19
2.2 : <i>Le tecnologie abilitanti</i>	pag 22
2.3 : <i>I nuovi materiali</i>	pag 29
2.4 : <i>Sostituzione uomo-macchina o cooperazione?</i>	pag 31
Capitolo 3: Le iniziative europee e il contesto italiano	pag 36
3.1 : <i>Un confronto tra i diversi paesi europei ed extraeuropei</i>	pag 36
3.2 : <i>L'industria 4.0 in Italia</i>	pag 43
3.3 : <i>Le iniziative comunitarie a sostegno dell'innovazione tecnologica e della sostenibilità</i>	pag 50
Conclusione	pag 58
Riferimenti bibliografici e articoli	pag 60

INTRODUZIONE

Il termine rivoluzione, secondo la definizione fornita dal dizionario Devoto – Oli, *“rappresenta ogni processo storico anche graduale, che finisce per determinare il mutamento di un assetto sociale, politico, economico e culturale”*.

La definizione appare pertinente anche riguardo ad un particolare tipo di rivoluzione, quella industriale. Per ogni rivoluzione, dalla Prima, iniziata nel lontano 1760, passando per la Seconda, fino alla Terza, il progresso della tecnica e dell'ingegno umano, hanno effettivamente comportato radicali mutazioni delle dinamiche sociali ed economiche (ma non solo), finendo per restituire alle generazioni future, un mondo totalmente differente da quello conosciuto in precedenza. Volendo fare un esempio che sia familiare e ben comprensibile per le generazioni presenti, si può riflettere intorno all'opportunità di vivere senza un computer (o simili); questo, infatti, rappresenta l'invenzione caratterizzante la Terza rivoluzione industriale. E' facile convenire che il computer ha totalmente stravolto le dinamiche della società, sotto ogni aspetto, giungendo, ad oggi, ad essere praticamente indispensabile per la vita stessa. Questo esempio, palesa che ciò che la definizione sopra citata esprime, può tranquillamente essere adattato alle rivoluzioni tecnologiche degli ultimi tre secoli.

Ed ecco, infine, che si affaccia una nuova rivoluzione, ancora acerba, ma dalle potenzialità inimmaginabili; è la rivoluzione dell'Industria 4.0, la Quarta rivoluzione industriale, che è in grado di apportare i mutamenti propri della definizione stessa di rivoluzione e, al contempo, necessita che questi cambiamenti siano abbracciati dagli stati per poter essere sfruttata e carpita nel modo più efficace e fruttuoso possibile. In questo processo, fondamentale importanza ricopre anche l'attenzione affinché il mondo possa spingersi sempre con più vigore, verso una crescita e un'evoluzione all'insegna del rispetto verso l'ambiente, dell'eco sostenibilità, con la coscienza che questa è una conditio sine qua non, che non può essere tralasciata, poiché necessaria per l'esistenza di un futuro degno di essere vissuto.

Questo elaborato si compone di tre capitoli; nel primo capitolo verranno analizzate le rivoluzioni industriali del passato, i principali cambiamenti tecnologici che hanno radicalmente fatto evolvere le fabbriche e il modo di fare impresa, fino a giungere alle porte della nuova rivoluzione che stiamo ora vivendo; nel secondo capitolo, sarà descritta approfonditamente la Quarta rivoluzione industriale e le tecnologie che la caratterizzano, i nuovi materiali che permettono o permetteranno di raggiungere importanti risultati sia al livello di efficienza ed efficacia, sia al livello della sostenibilità e infine tratterà lo spinoso problema insito in ogni rivoluzione industriale e tecnologia, cioè la competizione che si va ad instaurare tra gli uomini e i macchinari; nel terzo capitolo ci concentreremo sulle principali azioni messe in campo dai paesi del mondo, con particolare attenzione al contesto italiano, per passare, infine, a spiegare le misure messe in campo dall'UE per favorire la digitalizzazione e la sostenibilità ecologica.

CAPITOLO 1: Le rivoluzioni industriali, dal carbone al web.

Breve Storia della Produzione



(Figura 1: Le quattro rivoluzioni industriali e le tecnologie che le caratterizzano. Fonte dell'immagine: Z.Badaraite, Benvenuti nel futuro: l'Industria 4.0, Engineering USA)

1.1: Ferro e carbone, la prima rivoluzione industriale.

La prima rivoluzione industriale, interessò in particolare l'Inghilterra, e si colloca tra la metà del Settecento e la metà dell'Ottocento.

L'agricoltura dava lavoro alla maggior parte della popolazione, inglese ed estera. Questa, tuttavia, era caratterizzata da una scarsa produttività, causata dai rudimentali attrezzi agricoli a disposizione e dai costi che andavano sostenuti per nutrire gli animali da tiro, necessari, in particolare, nelle grandi coltivazioni¹. Altro rilevante problema, era la necessità di ripristinare la fertilità del suolo, sfruttando periodi di riposo (*maggese*) e concimazioni. Entrambi questi metodi, però, creavano non pochi problemi: far "riposare" il terreno, comportava minore

¹ D. Grigg, *Rivoluzioni agricole*, Enciclopedia delle scienze sociali Treccani, 1997: https://www.treccani.it/enciclopedia/rivoluzioni-agricole_%28Enciclopedia-delle-scienze-sociali%29/

sfruttamento di terre coltivabili, e quindi minori coltivazioni complessive; d'altra parte, la concimazione necessitava grandi quantitativi di letame, non semplici da ottenere. In mancanza, si utilizzavano altre sostanze, come alghe ovvero torba². Una prima soluzione al problema, seppur parziale, fu ideata in Olanda e nel Norfolk; il nuovo metodo, consisteva nell'eliminare il periodo di riposo, sostituendolo con piantagioni di leguminose e piante da foraggio, che miglioravano la fertilità del terreno, aumentandone la resa futura. Grazie a questa tecnica, le piante da foraggio potevano essere agevolmente utilizzate per alimentare gli animali, che poi avrebbero prodotto il letame necessario. Il processo di diffusione di questo nuovo modo di coltivare non fu però veloce. Un grande sprint all'agricoltura, fu apportato dal nuovo impulso che fu dato al movimento delle enclosures, cioè recinzioni di terre comuni. In particolare, nel 1801, fu emanato il *General Enclosures Act*, che disciplinava le stesse con una normativa generale. Tramite la vendita delle terre da parte di coloro che possedevano ne piccoli appezzamenti, si consolidò la grande proprietà, la quale portò alla nascita di figure molto simili agli odierni imprenditori agricoli.

Fra rivoluzione agraria e rivoluzione industriale vi è uno stretto rapporto, nel senso che i due fenomeni si influenzarono reciprocamente. Questo avvenne in almeno quattro modi³:

- L'aumento della produttività agricola consentì di sfamare una popolazione via via crescente, dando loro modo di dedicarsi ad attività non agricole. Gli addetti all'agricoltura, in Inghilterra, passarono dal 50 al 20 per cento, nella prima metà dell'Ottocento.
- I redditi agricoli, consentirono agli agricoltori di acquistare beni industriali, in particolare quelli necessari alla coltivazione stessa.
- Molti contadini decisero di spostarsi nelle zone industriali.
- Grazie ai guadagni derivanti dalle coltivazioni, molti proprietari terrieri destinarono parte dei loro profitti nell'industria.

I trasporti furono un altro fattore determinante per la prima industrializzazione. A metà del diciottesimo secolo, i trasporti in Inghilterra erano in condizioni disastrose. A causa della

² A. Pascale, *Le complicazioni dell'economia reale, spiegate*, Il post, 4 dicembre 2017: <https://www.ilpost.it/antoniopascale/2017/12/04/le-complicazioni-dellagricoltura-reale-spiegate/>

³ E. De Simone, *Storia economica*, 2018, p.40.

necessità di rifornire le città, il governo inglese decise di intervenire, affidando la gestione delle strade a società private che percepivano un pedaggio dagli utenti. Verso gli anni Trenta dell'Ottocento vi erano ben trentamila chilometri di strade a pedaggio. Inoltre, all'inizio del diciannovesimo secolo, John Metcalf, Thomas Telford e John McAdam, svilupparono un sistema per costruire strade più solide⁴. Durante la prima metà dell'Ottocento, fecero la loro comparsa anche le prime ferrovie e le primissime macchine a vapore.

Anche le vie d'acqua erano importantissime, in particolare per il trasporto delle merci. Le problematiche, però, non mancavano. Risalire i fiumi era un'impresa, bisognava pagare costosi pedaggi alle città attraversate e i fondali erano spesso troppo bassi. Dalla seconda metà del Settecento, però, furono costruiti molti nuovi canali, con lo scopo principale di collegare diversi fiumi. Il trasporto marittimo era largamente utilizzato, ma pericoloso. In Inghilterra, il trasporto di carbone, pietre, argilla e grano, avveniva mediante una flotta di piccole imbarcazioni dedite al *cabotaggio*, cioè il trasporto lungo la costa. Nel campo della navigazione, la novità principale fu rappresentata dall'invenzione del battello a vapore, particolarmente adatto per la navigazione fluviale.

La prima rivoluzione industriale, fu caratterizzata da due industrie traenti, cioè due industrie capaci di imprimere un impulso particolare allo sviluppo: l'industria del cotone e quella del ferro. Il vapore fu fondamentale in tutti i processi riguardanti questa rivoluzione. All'inizio, le prime macchine a vapore consistevano in pompe per l'estrazione dell'acqua dalle miniere; queste, però, erano decisamente inefficienti, riuscendo a sfruttare solo l'1% dell'energia rilasciata dalla combustione del carbone⁵. Fu solo grazie alle modifiche apportate da James Watt tra il 1765 e il 1776, in società con Matthew Boulton, che le macchine a vapore iniziarono a diffondersi davvero, soprattutto in Gran Bretagna, dove ne furono vendute ben cinquemila, contro le duecento della Francia⁶; il nuovo sistema di brevetti, fece esplodere le invenzioni, che crebbero esponenzialmente, molte delle quali divennero innovazioni, essendo applicate ai processi produttivi. La tecnologia fece un balzo in avanti. Tornando alle industrie traenti, per quanto riguarda il tessile, sorsero diverse innovazioni, in particolare:

⁴ C. Badon, *Le strade d'Europa nel Settecento: Francia, Gran Bretagna, Lombardia*, Storia e Futuro, giugno 2013: <http://storiaefuturo.eu/le-strade-deuropa-nel-settecento-francia-gran-bretagna-lombardia/>

⁵ E. Brynjolfsson, A. McAfee, *La nuova rivoluzione delle macchine*, 2015, p.8.

⁶ E. De Simone, *Storia economica*, 2018, p.53.

- La *navetta volante*, che permetteva ad un solo tessitore, di realizzare tessuti di maggiore larghezza.
- La *spinning jenny*, un meccanismo che permetteva ad un solo tessitore di azionare una batteria di fusi contemporaneamente.
- La *mule jenny*, un ibrido fra la spinning jenny e la water frame.
- La *water frame di Arkwright*, un filatoio che produceva tessuti più resistenti.
- Il *telaio meccanico a vapore*, un telaio automatico che accelerava di molto la produzione.

Per quanto riguarda l'industria del ferro, la scoperta più importante fu quella de carbon coke, estratto dal carbon fossile, che, grazie al processo detto *puddellaggio*, permetteva di ottenere ferro e acciaio dalla ghisa. Grazie a questo processo, l'industria siderurgica crebbe notevolmente. La produzione di ghisa in Inghilterra passò da venticinquemila tonnellate nel Settecento, a più di due milioni a metà dell'Ottocento. Le caratteristiche principali dell'industria siderurgica erano:

- Alta intensità di capitale.
- Era organizzata in forme capitalistiche.
- Utilizzava materie prime inglesi.
- Non produceva beni di consumo.

Il finanziamento della prima rivoluzione industriale non fu particolarmente difficile. Questa, infatti, risultò relativamente poco costosa, a causa della scarsa quantità di capitale necessario. Il modo principale in cui i gli imprenditori si procuravano i fondi necessari, era l'autofinanziamento. Gli oneri maggiori, erano dovuti all'acquisto delle materie prime e al pagamento dei salari. Per queste esigenze, ci si rivolgeva alle banche, le quali scontavano solitamente cambiali a tre mesi per il finanziamento delle spese sopra indicate. Nonostante la scarsa presenza di capitale in confronto ai lavoratori occupati, i problemi furono decisamente presenti.

Il rapporto fra uomini e macchine, già all'epoca, risultò essere spesso conflittuale. In particolare, i lavoratori generici, al contrario di quelli specializzati, non facendo parte di associazioni che potessero sostenerli in caso di necessità, si univano tra loro per difendere i propri diritti, spesso protestando in maniera violenta e distruttiva. Il più noto dei movimenti (resi illegali dai

Combination Acts del 1800) di questo genere, fu il *movimento luddista*, che dal 1811 al 1816 si oppose violentemente all'introduzione dei macchinari nelle fabbriche dello Yorkshire, Lancashire, Derbyshire e Leicestershire, ritenendoli unici "responsabili" della disoccupazione⁷. Scopo del luddismo, era la completa distruzione fisica delle macchine utilizzate nelle imprese.

1.2: L'età dell'acciaio, del petrolio, della chimica e dell'elettricità.

Passando alla seconda rivoluzione industriale, l'inizio di questa nuova fase, convenzionalmente si colloca nella seconda metà dell'Ottocento, più precisamente nel 1856, anno del Congresso di Parigi, mentre il termine della stessa è collocato in concomitanza con lo scoppio della Grande guerra nel 1914; tuttavia, anche dopo e durante il conflitto, lo sviluppo dell'industria fu caratterizzato da notevoli passi in avanti. Fu grazie alla seconda rivoluzione industriale che l'industria divenne il settore principale e trainante dell'economia. In effetti, nonostante ci fosse già stata una prima rivoluzione, il settore agricolo era rimasto prevalente. La vecchia aristocrazia perse potere, a favore della nuova classe borghese. Inoltre, i paesi che nel periodo precedente avevano fatto da capofila dell'industrializzazione, Gran Bretagna e Francia, cedettero il passo ad altri, come USA e Germania. La crescita, tra il 1850 e il 1914 circa, non fu costante, ma caratterizzata da tre fasi, due espansive ed una recessiva⁸.

La prima fase fu ovviamente espansiva; questa si colloca tra il 1848 e il 1873. Le caratteristiche di questo periodo furono un forte incremento dei prezzi, dei salari e dei profitti connessi. In questa fase, si svilupparono tutti i settori, in particolare per tre motivi:

- Quasi tutti i paesi europei, capitanati dalla Gran Bretagna, adottarono progressivamente il libero scambio, anche se in modi diversi. Mentre la Gran Bretagna scelse di imporre dazi solo per pochissimi prodotti, altri paesi ricorsero a trattati commerciali.
- I trasporti conobbero uno sviluppo senza precedenti. Durante questo intervallo, la rete ferroviaria mondiale decuplicò e la navigazione marittima, rimasta poco sviluppata durante il periodo precedente, fu perfezionata.

⁷ Treccani enciclopedia online, *Luddismo*: <https://www.treccani.it/enciclopedia/luddismo/>

⁸ E. De Simone, *Storia economica*, 2018, p.88.

- Grazie alla scoperta di ingenti giacimenti aurei in California, Nuova Zelanda, Australia e Canada, la produzione di oro crebbe vertiginosamente, aumentando la quantità di mezzi monetari disponibili.

Alla prosperità, seguì un periodo di depressione, dovuta anche ad una crisi finanziaria che colpì alcuni tra i più importanti mercati globali. Questa fase, si colloca tra il 1873 e il 1896 ed è nota come *Grande Depressione* (il nome non deve trarre in inganno, poiché l'economia, pur subendo una frenata, mantenne un trend positivo). Prezzi e profitti diminuirono, così come i salari; le motivazioni principali di questa dinamica, furono⁹:

- Una eccessiva offerta di prodotti industriali e agricoli, a prezzi molto ridotti.
- La forte crescita delle importazioni di prodotti agricoli dagli USA e dalla Russia, dovuta alla riduzione dei costi di trasporto, mandò in crisi gli agricoltori europei, che furono costretti a ridurre i prezzi.
- Le riserve auree, che avevano sostenuto la precedente crescita, iniziarono ad esaurirsi.

Per far fronte a queste problematiche, i governi decisero quasi dappertutto di tornare ad una politica protezionistica e di tornare a colonizzare nuovi territori in Africa, Asia ed Oceania.

L'ultima delle tre fasi sopra indicate, fu la celeberrima *Belle Epoque*; questa si protrasse dal 1896 allo scoppio del Primo conflitto mondiale. Il nome non è casuale; la borghesia trionfò, diventando la classe dominante, e l'Europa visse un periodo di ininterrotta pace e prosperità, gli svaghi, le vacanze e i passatempi spensierati divennero parte dello stile di vita alto borghese¹⁰. La produzione industriale si sviluppò ancora, in particolare nei settori del metallo edella chimica. Si diffusero nuove fonti e forme di energia, come il petrolio e l'elettricità e i trasporti accelerarono ancora. Grande importanza, di nuovo, ricoprirono le nuove scoperte di giacimenti di oro in Canada e Alaska.

Durante questa rivoluzione, la popolazione mondiale crebbe consistentemente; eppure, il tasso di natalità, nello stesso intervallo di tempo, diminuì costantemente. Come si spiega allora

⁹ E. De Simone, *Storia economica*, 2018, p.90.

¹⁰ A. Tanner, *Belle Epoque*, Dizionario storico della Svizzera, 2002: <https://hls-dhs-dss.ch/it/articles/030183/2002-05-23/>

questo aumento demografico? Il motivo principale fu una forte riduzione del tasso di mortalità. In primis, ciò fu dovuto ad un serio miglioramento delle condizioni igieniche; va però ricordato, che la seconda rivoluzione è celebre anche per il deciso progresso della medicina. Gli stati iniziarono a fornire assistenza sanitaria, prevalentemente per quanto riguardava le vaccinazioni. Il tasso di natalità diminuì proprio a seguito della dinamica della mortalità; effettivamente, le famiglie, vedendo un numero maggiore di figli sopravvivere, smettevano di darne alla luce altri. Il saldo nascite/morti, alla fine, risultava di gran lunga positivo. Questo portò ad una sovrappopolazione delle campagne, che costrinse un gran numero di persone a trasferirsi nelle grandi città industriali, in particolare in Inghilterra e Germania. Le città stesse, in questo periodo, subirono grandi trasformazioni strutturali; nacquero i ricchi centri storici e le periferie disagiate (*slums*). I progressi tecnologici urbani furono molteplici, dall'illuminazione elettrica alla metropolitana (1890). Tuttavia, nonostante le tante industrie presenti in Europa, molti individui si trovarono costretti ad emigrare verso paesi più grandi, che fornissero maggiori opportunità lavorative, come USA, Argentina, Brasile e Canada. L'Italia fu il protagonista negativo di questo fenomeno, con più di 14 milioni di cittadini emigrati tra il 1876 e il 1914. In generale, però, tutti i paesi europei subirono un fenomeno emigratorio più o meno incisivo.

La seconda rivoluzione industriale, a differenza della prima, fu una vera rivoluzione dei trasporti. La rete ferroviaria mondiale che passo da trentacinquemila chilometri nel 1850 ad oltre un milione nel 1914. I treni cambiarono davvero la concezione che si aveva in precedenza del tempo e dello spazio; un viaggio da New York a Chicago in diligenza durava tre settimane, mentre lo stesso tragitto, ma in treno, solo tre giorni. Il motore dei treni, era ancora a vapore, ma fu perfezionato accuratamente e risultò molto più prestante di com'era in precedenza; le compagnie ferroviarie, di fatto, divennero le prime società capitalistiche moderne¹¹. Gli Stati Uniti fecero da capofila, con circa il 40% delle ferrovie mondiali. Con le metropolitane, invece, si utilizzò per la prima volta l'energia elettrica per alimentare un mezzo di trasporto. Per quanto riguarda la navigazione, grazie al forte sviluppo del settore metallurgico e siderurgico, e all'utilizzo dell'elica, i velieri vennero quasi totalmente sostituiti da navi a vapore. Lo sviluppo del sistema navale fu però fortemente ampliato dalla costruzione di canali artificiali, tra cui il Canale di Suez (1869) e quello di Panama (1914). Il trasporto stradale invece, non sperimentò grandi innovazioni, fin quando, negli anni Ottanta dell'Ottocento, gli ingegneri tedeschi Gottlieb

¹¹ J. Rifkin, *La società a costo marginale zero*, 2014, pp.72-74.

Daimler e Karl Benz, svilupparono un motore a benzina in grado di funzionare efficientemente se applicato sulle carrozze¹²; questa invenzione, tuttavia, si diffuse consistentemente solo nel ventesimo secolo. Anche nel campo delle comunicazioni, non mancarono importanti innovazioni. Grazie alla scoperta dell'elettromagnetismo, fu inventato il telegrafo, che mise in contatto diversi paesi del mondo, grazie al sistema di comunicazione inventato da Samuel Morse. La vera rivoluzione, però, arrivò con la nascita e la diffusione del telefono, e, in seguito, con l'avvento della radio.

La seconda rivoluzione industriale fu caratterizzata da grandi novità tecnologiche nel campo dell'agricoltura e dell'impresa. Per quanto riguarda la prima, questa conobbe una forte spinta con l'applicazione del motore a scoppio ai trattori. Nacque così la motorizzazione agricola, che consentì di accelerare notevolmente il lavoro e di aumentare ancor di più la produttività. Nuovamente, però, tornò alla luce il conflitto uomo-macchina; in effetti, grazie ai nuovi mezzi, la manodopera necessaria diminuì di molto. Queste problematiche erano presenti soprattutto nelle grandi proprietà agricole, dato il costo elevato dei mezzi motorizzati. Nelle piccole proprietà, il lavoro rimase manuale, se non nei casi in cui si istituivano cooperative di piccoli agricoltori. Un altro fattore che fu alla base della crescita della produttività, fu l'utilizzo di nuove sostanze concimanti. Nel campo dell'industria, innovazioni consistenti si videro nel settore siderurgico, che doveva fronteggiare costi troppo elevati a causa del processo del puddellaggio, precedentemente citato. Questo problema fu risolto grazie ad un'invenzione di Henry Bessemer, che nel 1856 brevettò un convertitore (*forno Bessemer*) grazie al quale era possibile non effettuare il puddellaggio e quindi produrre acciaio tramite una sola fase di lavorazione¹³; questo sistema si diffuse in modo capillare, solo dopo che i cugini Gilchrist, nel 1878, brevettarono un metodo che eliminava un difetto presente in questo convertitore. Inoltre, fu anche sviluppato un nuovo forno per la produzione dell'acciaio, molto più efficiente dei precedenti. Si iniziarono ad utilizzare in quantità sempre maggiori anche nuovi metalli, come l'alluminio, il rame ed il nichel. L'industria dell'automobile conobbe un deciso sviluppo. Invenzione iconica di fine Ottocento fu anche la macchina fotografica Kodak. Bisogna però dire che le industrie che davvero caratterizzarono la seconda rivoluzione industriale, furono quelle

¹² M. Temporelli, F. Colorni, B. Gamucci, *4 punto 0*, 2017.

¹³ *Storia e particolarità del convertitore Bessemer*, Carpenteria medica, 21 ottobre 2020: <https://www.carpenteriamedica.it/2020/10/21/storia-e-particolarita-del-convertitore-bessemer/>

chimiche ed elettriche. Tra i vari prodotti di queste industrie, possiamo ricordare la dinamite, i coloranti artificiali, le fibre tessili sintetiche, la lampadina ad incandescenza. Nacque l'industria della gomma e si sviluppò il cinema. Al livello di impresa, però, in questo periodo, importantissime innovazioni furono apportate anche all'ambito organizzativo. Con la progressiva crescita delle dimensioni delle fabbriche, era necessario saper gestire il lavoro in tutti i suoi aspetti. I due modelli fondamentali furono il *Taylorismo* e il *Fordismo*¹⁴. Il primo, prevedeva un'organizzazione scientifica del lavoro, caratterizzata da altissima standardizzazione di tempi e procedure, che implementò la catena di montaggio. Il Fordismo applicò profondamente i principi tayloristici, ma andò oltre. Ford volle rendere l'automobile, un bene alla portata delle masse, perciò, aumentando lo stipendio ai propri dipendenti, li rese anche acquirenti delle auto che essi stessi producevano. Questo fu possibile anche grazie al basso costo che, grazie alla fortissima efficienza dei processi, era connesso alla fabbricazione delle auto.

1.3 : L'avvento del computer.

Nel periodo che va dallo scoppio della prima guerra mondiale alla fine della seconda, l'economia mondiale attraversò diverse fasi. In Europa, vi furono dieci anni di guerra, alcuni altri di difficile dopoguerra e tre o quattro di depressione; tra le rivoluzioni in Russia e la crisi del '29, tutto il mondo si trovò a dover fronteggiare spinose faccende. La depressione che si verificò dopo il crollo di Wall street, fu davvero una "Grande Depressione", infinitamente più opprimente di quella che si verificò nel 1873. Lo sviluppo tecnologico, tuttavia, andò avanti, soprattutto grazie alle necessità belliche, in particolare durante la Seconda guerra mondiale. Per questo motivo, non è corretto affermare che la seconda rivoluzione industriale abbia avuto un termine nel 1914. Ciò che, però, è possibile affermare, è che dal 1945, dopo anni di guerre e tumulti, un nuovo periodo di grandi innovazioni ebbe inizio; la terza rivoluzione industriale era alle porte. La terza rivoluzione industriale fu dirompente e molto più ampia delle precedenti due. Alcune cause principali che fecero sì che questa avvenisse, sono:

¹⁴ E. De Simone, *Storia economica*, 2018, pp. 123-124.

- Le moltissime novità tecnologiche, nate dallo sviluppo scientifico accelerato dal contesto bellico, potevano ora essere messe al servizio del mondo e quindi dell'economia.
- La competizione tra superpotenze formatesi dopo la Seconda guerra mondiale, fece sì che lo sviluppo accelerò costantemente dall'una e dall'altra parte.
- Nei paesi occidentali, la situazione politica si stabilizzò notevolmente, favorendo una crescita economica via via più coordinata.
- L'energia atomica, sviluppata dagli USA per scopi bellici, poteva ora essere utilizzata in altri contesti.

Per queste ed altre ragioni, il progresso e l'innovazione tecnologica furono costanti e rapidi in molteplici settori industriali, anche grazie alla loro rapida diffusione dovuta al processo di globalizzazione dei mercati; tutto ciò, anche se in misura ridotta, si diffuse anche nei paesi del terzo mondo.

La terza rivoluzione industriale fu caratterizzata da un'enorme crescita demografica. Le cause principali di questo fenomeno furono la sempre maggiore aspettativa di vita e la forte riduzione dei tassi di mortalità. I tassi di natalità diminuirono, ma questo fu più che compensato in modo profondo dai fattori sopra citati. Tutto ciò, dipese in gran parte dai progressi in campo chirurgico e farmacologico, ma anche da condizioni di vita decisamente migliori, per ogni classe sociale. La crescita demografica portò a diverse conseguenze. Crebbe in modo pesante il fenomeno dell'urbanesimo, dando vita ad enormi metropoli, le quali furono, e sono tutt'ora, caratterizzate da ampie zone degradate; i molteplici individui che dagli anni Cinquanta si spostarono dalle campagne alle città industriali, infatti, cercarono di sistemarsi come meglio potevano, nel più dei casi costruendo fatiscenti baracche, in zone periferiche caratterizzate da intenso degrado e disagio sociale. Tutt'oggi in Sud America, Africa e Asia, il fenomeno delle bidonville è più che presente e quasi caratteristico (basti pensare alle iconiche favelas di Rio de Janeiro in Brasile). Altra importante conseguenza della forte crescita demografica fu una nuova migrazione di massa. Nell'immediato dopoguerra, questa fu caratterizzata da flussi diretti, come in passato, dall'Europa all'America. Successivamente, la dinamica migratoria mutò radicalmente, vedendo crescere i flussi interni al continente europeo, in particolare dall'Europa meridionale a quella centrale o settentrionale; dalla fine del ventesimo secolo, la situazione cambiò nuovamente,

con nuove rotte migratorie, in particolare provenienti dall'est prima e dall'Africa poi, per quanto riguarda l'Europa, e dall'America Latina e dall'Asia per quanto riguarda gli USA¹⁵.

Grazie all'incessante progresso tecnologico, tutti i settori produttivi conobbero uno sviluppo senza precedenti. L'agricoltura, in primis, vide un sostanzioso aumento della produttività, dovuto all'introduzione di innumerevoli nuovi macchinari, utili per tutti i processi necessari, all'implementazione di fertilizzanti ed insetticidi e alle nuove tecniche di coltivazione e allevamento. La popolazione agricola continuò a declinare considerevolmente in tutto il mondo a causa dell'esodo verso le città industrializzate, rimanendo comunque molto numerosa, soprattutto nei paesi meno sviluppati. Nonostante ciò, mondialmente, la produzione agricola crebbe al ritmo del 2,5 per cento all'anno. In campo industriale, la scienza e la tecnologia trasformarono totalmente il settore, corroborando l'industria tradizionale e creando una miriade di nuove attività. La metallurgia, sempre presente e fondamentale in tutt'e tre le rivoluzioni analizzate, evolvé profondamente, spostandosi in particolare sulla produzione di leghe leggere, formate da alluminio ed altri metalli, necessarie nei campi più avanzati, come quello aeronautico o elettrico. La chimica progredì incessantemente, vedendo proliferare nuove fibre artificiali, ma soprattutto le plastiche, che entrarono in ogni settore, sostituendo svariati metalli, grazie alla loro comodità e al basso costo di produzione. Il crescente utilizzo di questi materiali fece sviluppare e crescere l'industria petrolchimica¹⁶, che sintetizzava le sostanze necessarie per produrli. La produzione di energia elettrica era diventata oramai fondamentale per ogni attività produttiva e per la vita in generale. L'industria elettrica trainò molteplici diverse attività produttrici di materie prime necessarie alla produzione di corrente in centrali termiche, come petrolio, carbone e successivamente anche gas naturale; si svilupparono inoltre nuovi metodi per sfruttare fonti rinnovabili come la forza idrica, il vento e la luce solare per la produzione di energia elettrica. Altro settore che fu implementato, fu quello dell'energia nucleare, che ora, dopo le atrocità della guerra, poteva essere utilizzata per produrre enormi quantità di elettricità, grazie alle nuove centrali. L'industria automobilistica continuò la sua corsa, diventando il nucleo fondamentale dello sviluppo dei paesi occidentali, grazie alla continua ricerca tecnologica che la caratterizzava ed al coinvolgimento sempre maggiore di

¹⁵ E. De Simone, *Storia economica*, 2018, pp. 211-214.

¹⁶ E. De Simone, *Storia economica*, 2018, p.218.

diverse altre industrie per la produzione di un prodotto sempre più diversificato¹⁷; basti pensare che si è passati da venticinque milioni di autoveicoli prodotti negli anni Sessanta, a novantacinque milioni nel 2013 anche grazie allo sviluppo del mercato asiatico e il progressivo spostamento delle fabbriche nei paesi orientali, negli anni Duemila e Duemila e dieci. I trasporti videro un progressivo quanto inesorabile trasformazione; il trasporto navale fu via via soppiantato da quello aereo, molto più veloce ed in continua evoluzione, con aerei sempre più sicuri e aeroporti sempre più estesi. Al contrario, il trasporto ferroviario rimase largamente utilizzato, soprattutto dopo l'introduzione di treni ad alta velocità. La competizione tra USA e URSS fece sviluppare i rispettivi programmi spaziali, portando l'uomo oltre ogni confine immaginabile. Forti innovazioni furono apportate anche all'organizzazione del lavoro; il Fordismo fu via via abbandonato, in favore di nuovi sistemi, detti *postfordisti*. Il più efficiente di questi è il *Toyotismo*, che si basa su un utilizzo più sapiente delle risorse, producendo di più con meno. Grazie al Toyotismo, si è andato sviluppando il modello della *lean production*, ovvero la produzione snella, che permette di ridurre a zero le giacenze di magazzino, grazie a processi perfettamente coordinati¹⁸.

Ma la terza rivoluzione industriale è anche e soprattutto la rivoluzione dell'informatica. Le prime invenzioni fondamentali in campo elettronico, che portarono allo sviluppo informatico, risalgono alla fine degli anni Quaranta e sono, in particolare, il transistor e, più tardi, il microchip. Durante gli anni Sessanta e Settanta furono implementate tutte queste tecnologie, con una forte spinta alla miniaturizzazione; nel 1971 fu messo a punto il primo microprocessore. L'industria elettronica crebbe a ritmi molto sostenuti, diventando produttrice di beni di consumo, in particolare negli Stati Uniti ed in Giappone. Pian piano si diffusero televisori, fotocamere e videocamere digitali, telefoni sempre più evoluti, fino ad arrivare ai primi pc e cellulari. L'informatica fu sviluppata a partire dagli anni Quaranta, quando fu prodotto il primo calcolatore, che fu utilizzato soprattutto in grandi organizzazioni. Questo fu possibile soprattutto grazie al contributo di John von Neumann, che nel 1944 mise a punto la cosiddetta *architettura di von Neumann*, cioè uno schema logico e funzionale con cui progettare i computer, e con il quale tutt'ora sono progettati¹⁹. Fu solo negli anni Settanta che, con

¹⁷ *Automobile*, Enciclopedia Sapere.it: <https://www.sapere.it/enciclopedia/automobile.html>

¹⁸ E. Di Rauso, *Taylorismo, Fordismo e Toyotismo: le tre più grandi rivoluzioni del lavoro*, Crea Sud: <https://creasud.it/2020/05/24/taylorismo-fordismo-toyotismo-grandi-rivoluzioni-lavoro/>

¹⁹ M. Temporelli, F. Colorni, B. Gamucci, *4 punto 0*, 2017.

l'invenzione dei primissimi personal computer, il mercato di questi prodotti si allargò alle grandi masse. In questi anni nacquero molte tra le più grandi imprese di oggi, come Apple o Microsoft. Le nuove tecnologie cambiarono radicalmente il concetto di industria e i processi produttivi furono sempre più automatizzati. Nuovamente, però, si poneva il problema del lavoro sottratto agli uomini per fare spazio alle macchine; questa questione, oramai, si protraeva sin dalla prima rivoluzione industriale e continuava ad essere centrale nelle riflessioni sul progresso continuo dei comparti produttivi. Con l'informatica, il problema si espandeva anche agli ambiti amministrativi, dove un computer poteva lavorare meglio e più efficientemente di svariati impiegati. Già negli anni Trenta del secolo scorso, Keynes aveva parlato della *disoccupazione tecnologica*²⁰, e del fatto che, se è vero che ciò ha comportato un forte aumento della produttività per lavoratore, ha anche determinato il ridimensionamento occupazionale negli uffici e in molte fabbriche.

La terza rivoluzione industriale si caratterizza anche per un fenomeno nuovo, la *terziarizzazione* dell'economia²¹. Il settore terziario, durante la seconda metà del Novecento, è cresciuto costantemente, divenendo prevalente nei paesi sviluppati. Ci si avvia verso un'economia postindustriale, caratterizzata da nuove forme di attività economica, più strettamente legate all'individuo e alle sue esigenze. Il numero e la qualità dei servizi disponibili, siano essi pubblici o privati, sono andati aumentando senza sosta fino ad oggi, rendendo la vita molto più semplice ad individui ed imprese. Il mondo della finanza iniziò gradualmente ad allargare i propri orizzonti, rivolgendosi finalmente anche alle famiglie e agli individui; le banche hanno gradualmente introdotto nuovi prodotti capaci di soddisfare le esigenze di tutte le diverse categorie di consumatori; inoltre, esse si sono estese in vari paesi del mondo, divenendo a tutti gli effetti multinazionali. In campo finanziario, un'altra importantissima novità, ormai parte della nostra vita quotidiana, è la carta di credito, sviluppata alla fine degli anni Cinquanta ed implementata nel 1993 con l'introduzione del microchip. Restando nei confini del settore terziario, grandi trasformazioni sono avvenute nel commercio, in particolare nel commercio al dettaglio. Durante gli anni Cinquanta, negli Stati Uniti, si iniziarono a diffondere dei grandi negozi, necessari a soddisfare le esigenze sempre più diversificate della popolazione, in

²⁰ V. Pennacchio, Disoccupazione tecnologica: che cos'è? Ecco il risultato del progresso, Money.it, 11 agosto 2014: <https://www.money.it/Disoccupazione-tecnologica-che-cos>

²¹ E. De Simone, *Storia economica*, 2018, pp.223-226.

particolare nei grandi centri urbani, a prezzi addirittura più bassi di quelli praticati dai piccoli commercianti di quartiere; erano nati i supermercati. Da ciò, si passò rapidamente ai centri commerciali, che, giungendo fino ai giorni nostri, hanno conosciuto una rapida espansione in tutto il mondo. Durante gli anni Novanta iniziò a diffondersi il commercio elettronico, ossia l'acquisto di prodotti tramite il web, pratica ormai divenuta prevalente nel mondo degli acquisti. Grazie ai sempre più veloci mezzi di trasporto e ai crescenti redditi delle famiglie, dopo la Seconda guerra mondiale, si sviluppò rapidamente il settore turistico, facendo nascere il fenomeno del turismo di massa; nacquero così le figure dei tour operator e le agenzie di viaggio, e i trasporti si adeguarono alle esigenze dei turisti, riducendo spesso i prezzi ma aumentando al contempo la capillarità dei servizi e la loro efficienza. Nacquero, inoltre, le pubblicazioni annuali dei dati sul turismo, ad opera dell'Organizzazione Mondiale del Turismo (UNWTO). In Europa, si passò da 16,8 milioni di arrivi nel 1950 a 151,1 milioni nel 1975 e, in particolare, è l'Italia la capofila in quel periodo. Negli anni '80 nacque la vacanza organizzata, mentre negli anni '90 si sviluppano nuovi tipi di turismo, come la vacanza extra-alberghiera o il turismo auto-organizzato²².

²² Centro studi turistici, *La storia del turismo moderno in Italia e nel mondo*, 14 marzo 2018: <http://centrostudituristicifirenze.it/blog/storia-del-turismo-moderno-in-italia-e-nel-mondo/>

CAPITOLO 2: La quarta rivoluzione industriale

2.1 : Linee generali

“Siamo ben lungi dal cogliere pienamente la velocità e la vastità di questa nuova rivoluzione” (K. Schwab, *La quarta rivoluzione industriale*, 2016).

Klaus Schwab, fondatore del World Economic Forum, utilizzando queste parole nell'introduzione del proprio libro, non lascia spazio a molteplici interpretazioni; la “nuova rivoluzione” a cui si riferisce, è quella che oggi viene definita a tutti gli effetti *Quarta rivoluzione industriale*. La “nuova industria” che si va sviluppando, viene definita *Industria 4.0*.

Il termine è stato utilizzato per la prima volta nel 2011 alla Fiera di Hannover, per definire un ambiente di lavoro in cui sistemi di produzioni fisici e virtuali interagiscono vicendevolmente, consentendo una sempre maggiore personalizzazione dei prodotti e la creazione di nuovi modelli operativi, nonché organizzativi²³. Nell'ottobre del 2012, poi, un gruppo di lavoro presieduto da Siegfried Dais della Bosch e da Henning Kagermann della Acatech, presentò al governo tedesco una lista di raccomandazioni per raggiungere i nuovi obiettivi che si stavano delineando, per poi pubblicare il report finale alla Fiera di Hannover del 2013²⁴. La Germania, dunque, è stata la prima ad intuire le nuove potenzialità sfruttabili e, non a caso, è oggi capofila in Europa in questo frangente. Tuttavia, questa data non bastano a stabilire con precisione l'inizio di questa rivoluzione. Tornando alla frase citata all'inizio, la velocità e la vastità di cui si parla, sono così marcate grazie all'implementazione sempre più incalzante di nuovi software, hardware e reti informatiche, che dagli anni Ottanta hanno visto accelerare, potenzialmente in modo esponenziale, il loro utilizzo e le loro funzioni, fino a diventare, oggi, parte fondamentale e spesso preponderante della vita quotidiana. Tutto ciò può essere riassunto sotto il nome di *Digital transformation*; va messo in chiaro che questa trasformazione riguarda ogni singolo aspetto del vivere comune, dalla cultura alle relazioni, dai comportamenti alle persone stesse,

²³ K. Schwab, *La quarta rivoluzione industriale*, 2016, pp.19-20.

²⁴ L. Maci, *Che cos'è l'industria 4.0 e perché è importante saperla affrontare*, 19 febbraio 2021: <https://www.economyup.it/innovazione/cos-e-l-industria-40-e-perche-e-importante-saperla-affrontare/>

e si realizza attraverso la tecnologia e la digitalizzazione dei processi, portando ad un mutamento di interi ecosistemi fatti di individui, imprese e comunità²⁵.

Tuttavia, a differenza delle rivoluzioni precedentemente descritte, quest'ultima non è caratterizzata da tecnologie dominanti o da invenzioni distintive, bensì, piuttosto, dal forte perfezionamento di tecnologie messe a punto durante la precedente rivoluzione e in alcuni casi, addirittura, durante la seconda. Ciò che davvero la rende "rivoluzionaria", è la *connessione* diretta che si va ad instaurare tra gli attori che compongono l'ecosistema, umani e non, connessioni quindi tra dispositivi, tra operatori, tra clienti e aziende, tra informazioni e strategie scelte²⁶.

Le potenzialità di questa rivoluzione che, va ricordato, è appena all'inizio e sono imprevedibili le conseguenze dei cambiamenti che questa apporterà gradualmente ad economia, cultura e società. Una conseguenza fondamentale, con ogni probabilità, sarà il progressivo aumento di un fattore tanto ampio quanto complesso, l'*empowerment*; questo descrive un senso di consapevolezza dei propri mezzi, tramite cui i soggetti che hanno la facoltà di scegliere per tutti, riconoscono che soggetti meno influenti di loro, ma dotati di capacità sempre crescenti, possono essere parte attiva di tali scelte, in una prospettiva collaborativa²⁷. Questo concetto è applicabile sia in senso lato sia in senso più ristretto, perciò può riguardare i paesi più potenti nei confronti di quelli minori, i governi nei confronti degli individui, oppure le aziende nei confronti dei lavoratori, ma la lista può estendersi all'infinito.

Questa rivoluzione è senza dubbio anche la rivoluzione dei dati; questi sono ormai una risorsa, se non la risorsa principale, da cui partire per poter progredire. L'utilizzo consapevole e lo sfruttamento intelligente dei dati e delle informazioni può diventare un fattore determinante per le imprese. I modelli economici classici insegnano che la produzione si basa unicamente sulle materie prime, sul lavoro e sul capitale che viene impiegato, e che la produttività degli stessi è rappresentata dal valore dell'output riferito ad ognuno di questi. Questo approccio sta man mano divenendo obsoleto, nella consapevolezza sempre più pregnante nel mondo industriale, che in un ambito così connesso qualsiasi impresa, di qualunque tipo, non può permettersi di fare a meno di considerare i dati come una reale fonte di creazione di valore. Questi dati sono

²⁵ A. Braga, *Digital Transformation*, 2017.

²⁶ M. Temporelli, F. Colorni, B. Gamucci, *4 punto 0*, 2017.

²⁷ K. Schwab, *La quarta rivoluzione industriale*, 2016, p.44.

fondamentali, poiché permettono ai produttori di conoscere più a fondo il cliente, le sue esigenze ed è così possibile raggiungere un livello di “personalizzazione di massa” mai visto prima; inoltre, la stessa prospettiva vendita-acquisto, sta cambiando, con il passaggio dalla proprietà di un bene al suo mero utilizzo²⁸, come vediamo nelle svariate piattaforme digitali presenti al giorno d’oggi per un’innumerabile quantità di usi. La natura di questa rivoluzione tecnologica definisce un confine tra manifattura e servizi sempre meno netto, con un crescente coinvolgimento delle imprese manifatturiere in attività di servizio. A ciò si associa anche una separazione sempre più ridotta tra parte fisica e parte digitale della manifattura: i sistemi produttivi divengono via via modelli “cyber-fisici”²⁹. In questo contesto, la parola d’ordine è dinamismo; l’innovazione è rapida, e così devono essere i soggetti che vogliono farne parte. Ed è proprio per questo motivo che si parla di *learning economy*, economia dell’apprendimento, cioè la necessità che gli attori del sistema economico acquisiscano nuove competenze e le adattino continuamente all’innovazione di processi, prodotti e servizi. In questa prospettiva, si può dunque osservare anche un importante cambiamento della figura dell’uomo all’interno dei sistemi, del cosiddetto capitale umano. Questo deve essere dotato di conoscenza e creatività, in un’ottica di continuo “aggiornamento” delle capacità³⁰.

Anche i modelli organizzativi vengono stravolti; la concezione dell’azienda organizzata gerarchicamente, rigida e di grandi dimensioni, nel più dei casi, non consente di raggiungere livelli di efficienza ottimali, a causa della scarsa capacità di adattarsi al cambiamento in tempi brevi. Le imprese stanno sempre più muovendo verso una concezione decentralizzata, basata su strutture orizzontali, che diano spazio di manovra a dipendenti sempre più qualificati (torna nuovamente il tema dell’empowerment) e di minori dimensioni rispetto al passato. Per quanto riguarda il tema economico, l’impatto della quarta rivoluzione industriale non può essere definito in maniera precisa; nonostante questo però, il dibattito è acceso, in particolare sul tema della crescita economica. Gli economisti si dividono in due correnti, idealmente contrapposte, i

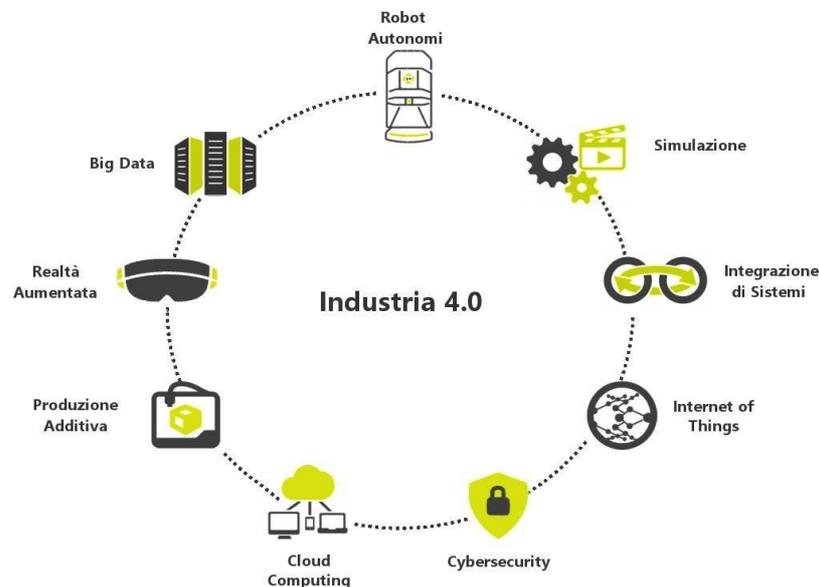
²⁸ M. Taisch, *Non è solo questione di fabbrica: questa rivoluzione ha più facce*, 10 ottobre 2017: https://www.ilsole24ore.com/art/non-e-solo-questione-fabbrica-questa-rivoluzione-ha-piu-facce-AEGlckfC?refresh_ce=1

²⁹ M. Taisch, A. De Carolis, *I piani a sostegno della manifattura: accelerare l’innovazione, stabilire un ambiente digitale dinamico e agevolare la ricerca strategica e applicata*, Industria italiana, 8 novembre 2016: <https://www.industriaitaliana.it/la-quarta-rivoluzione-industriale-nel-mondo/>

³⁰ L. Tronti, *Economia della conoscenza, innovazione organizzativa e partecipazione cognitiva, un nuovo modo di lavorare*, 2015, p.2: https://web.uniroma1.it/masterlavoro/sites/default/files/allegati/Tronti%20-%20Economia%20della%20conoscenza%20-%20innovazione%20organizzativa%20e%20partecipazione%20cognitiva_1.pdf

“tecno-pessimisti” e i “tecno-ottimisti”. Riguardo ai primi, questi sostengono che la rivoluzione digitale abbia già esaurito i suoi effetti sulla produttività, che perciò, saranno in futuro vicini allo zero. I secondi, invece, i cosiddetti “tecno-ottimisti”, ritengono che la tecnologia e l’innovazione faranno ancora crescere in modo sostanziale la produttività e quindi saranno fondamentali per una forte crescita economica. Una tesi a sostegno di questa seconda visione, più ottimistica, è quella che sostiene che mentre i benefici della produttività risultanti dalla terza rivoluzione industriale sono ormai esauriti, il mondo deve ancora sperimentare l’impatto produttivo generato dalle nuove tecnologie alla base della quarta rivoluzione industriale. In questa prospettiva, è utile ricordare che la quarta rivoluzione secondo Schwab, può potenzialmente mettere i sistemi economici in condizione di appagare i bisogni di un contesto globalizzato, favorendo quindi la crescita della domanda; potrà aumentare la capacità di fronteggiare le esternalità negative; le tecnologie digitali sono ancora lontane dall’essere sfruttate al 100%³¹.

2.2: Le tecnologie abilitanti



(Figura 2: Le tecnologie abilitanti. Fonte dell’immagine: Z.Badaraite, *Benvenuti nel futuro: l’Industria 4.0*, Engineering USA)

La quarta rivoluzione industriale è caratterizzata da una molteplicità di fattori differenti e si sviluppa in varie direzioni, tuttavia si è anche detto che questa si realizza attraverso la tecnologia. Ed è proprio sulla tecnologia, o meglio sulle tecnologie, che ci concentreremo ora.

³¹ K. Schwab, *La quarta rivoluzione industriale*, 2016, pp.44-50.

Tipicamente, parlando di Industria 4.0, si fa riferimento ad una serie di nuove tecnologie che la caratterizzano, nello specifico queste sono:

- Internet of things
- Additive manufacturing
- Digital fabrication
- Robotica programmabile
- Cloud computing
- Big data
- Intelligenza artificiale
- Cyber security

Il nome “Internet of things” è stato usato per la prima volta nel 1999 da Kevin Ashton, cofondatore e direttore esecutivo di Auto-ID Center; questo termine fu utilizzato dal ricercatore per riferirsi alla possibilità di etichettare e tracciare le merci con delle piccole antenne (marcatori RFID). Da allora, il termine si è diffuso e dal 2013 ha visto un vero e proprio boom nel suo utilizzo; dalla prima definizione del 1999, il significato di IoT è cambiato, evolvendosi all’attuale definizione che lo descrive come una piattaforma in cui dei sensori, collegati a microchip, connessi ad internet, sono in grado di ottenere dati ed operare secondo determinati parametri, ad esempio ambientali e consuetudini o in funzione di diverse richieste degli utenti che utilizzano quegli specifici oggetti, in un quell’ambito, dentro i quali i sensori e i microchip sono integrati. Volendo esemplificare in modo molto semplice per comprendere meglio ciò di cui si parla, immaginiamo di poter applicare un sensore all’interno del frigorifero, che, collegato ad una microscheda elettronica connessa alla rete, mandi una mail ogni volta che il peso al di sopra di esso scenda sotto una certa soglia. In questo modo, sarà possibile sapere quando ricomprare ciò che si trova sopra il sensore, che sia una bottiglia di latte che sta per terminare o qualunque altra cosa. La caratteristica fondamentale di tutto questo processo è il dialogo che si va ad instaurare tra diversi dispositivi, in questo caso frigorifero-server di posta, il dialogo M2M (Machine to Machine); questa è la vera rivoluzione dell’IoT, rendere le macchine sempre più indipendenti e interconnesse, e questo è applicabile in qualsiasi (o quasi) campo³².

³² M. Temporelli, F. Colorni, B. Gamucci, *4 punto 0*, 2017.

La manifattura additiva, meglio conosciuta come *stampa 3D*, realizza oggetti partendo da un progetto digitale, tramite l'aggiunta progressiva di strati di materiale. Questa tecnica è esattamente il contrario delle tecniche classiche, che, invece, sono definibili "sottrattive", poiché appunto, dal pezzo grezzo si vanno a sottrarre porzioni per ottenere il risultato finale. Grazie alla manifattura additiva, è possibile ridurre a zero lo scarto di materie prime derivante dalla lavorazione. Per ora, dati i suoi costi e la complessità di utilizzo e gestione, questa tecnica viene applicata ai processi relativi alla prototipazione (ad esempio in attività di ricerca e sviluppo di nuovi progetti), nella produzione di prodotti su piccola scala, nella manutenzione di precisione e nella produzione di stampi e attrezzature strumentali alla produzione vera e propria³³, mentre è poco presente nell'industria di massa. Spesso, le aziende si affidano a società terze, specializzate nella produzione di oggetti tramite tecniche additive. La stampa 3D ha conosciuto uno sviluppo molto importante negli ultimi anni e ad oggi sono presenti ben quattro diverse tipologie di tecnologie per attuarla. Nello specifico³⁴:

- La tecnologia *Fused Deposition Modeling*, che consiste nel depositare a strati del materiale plastico fuso che può essere arricchito di altri materiali per conferirgli le caratteristiche desiderate.
- La tecnologia *Stereo Lithography Apparatus*, che consiste nell'agire su strati sottilissimi di polimero liquido che viene indurito da un fascio di luce laser; questi vengono depositati in un vassoio, indurendone uno per volta.
- La tecnologia *Selective Laser Sintering*, che consiste in una tecnica simile alla SLA, ma gli strati sono costituiti da polveri del materiale che si vuole sintetizzare (soprattutto metalli).
- La tecnologia *Electronic Beam Melting*, che consiste nella fusione di polveri metalliche tramite un fascio di elettroni.

Diversamente da quanto avviene per la produzione di massa, i prodotti creati attraverso la stampa tridimensionale possono essere facilmente personalizzabili. Gli ambiti di applicazione della stampa 3D stanno man mano aumentando, superando gradualmente una serie di limiti, come costo, velocità e dimensioni; non è eccessivo pensare che tra non molto, anche organi e

³³ D. Lazzarin, *Industria 4.0, le 6 tecnologie abilitanti secondo il Politecnico di Milano*, Network digital 360, 19 gennaio 2016: <https://www.digital4.biz/supply-chain/industria-40-politecnico-milano-sei-tecnologie-abilitanti/>

³⁴ L. Beltrametti, N. Guarnacci, N. Intini, C. La Forgia, *La fabbrica connessa*, 2017, pp.52-54.

cellule umani potranno essere “creati” in questo modo; i ricercatori stanno addirittura già lavorando alla stampa quadimensionale, un processo che vuole andare a sviluppare una nuova tipologia di prodotti, detti “automodificanti”, ovvero in grado di percepire specifici input ambientali e adattarsi ai cambiamenti esterni³⁵.

La robotica industriale nacque durante la Terza rivoluzione industriale, sin dai primi anni Settanta, ma solo ad un livello sperimentale; negli ultimi anni questa si è diffusa a tutti i livelli del tessuto industriale, dalle grandi alle piccole aziende. I software necessari per l'utilizzo di questi robot sono resi sempre più semplici e questo ne permette un utilizzo più agevole e rapido, inoltre, i loro costi sono maggiormente sostenibili. Esistono due principali categorie di robot, i *robot seriali* e i *robot paralleli*. Fanno parte della prima categoria gli SCARA (*Selective Compliance Assembly Robot Arme*), i PUMA (*Programmable Universal Machine for Assembly*) e i Cartesiani; della seconda, fanno parte i Delta e i robot AGV (*Automatic Guided Vehicle*), questi ultimi utilizzati soprattutto nei magazzini Amazon³⁶. Questi nuovi robot hanno la caratteristica di essere connessi alla fabbrica in cui operano, divenendo parte di un ecosistema composto da uomini e macchine che collaborano tra loro, perciò vengono definiti CoBot, cioè robot collaborativi, pensati appositamente per condividere spazi di lavoro con le persone, garantendo anche un eccellente livello di sicurezza, grazie a sensori che rilevano la presenza umana e bloccano i cicli³⁷. Stando ai dati forniti da Markets&Research, una società di ricerca irlandese, si stima che il mercato, al livello mondiale, dei CoBot andrà a crescere dai 175 milioni di dollari del 2016 per arrivare ad attestarsi su una somma di quasi 4 miliardi di dollari nel 2021, crescendo annualmente ad un tasso dell'85%. Queste risorse finanziarie, saranno dunque investite in assistenti meccanici, progettati per svolgere quei compiti caratterizzati da alta ripetitività, come, ad esempio, l'assemblaggio di componenti, il confezionamento, l'imballaggio e la levigatura³⁸. Parlando invece di *digital fabrication*, possiamo dire che con questa espressione si fa riferimento ad un processo di produzione attraverso cui è possibile creare nuovi oggetti partendo da file interamente digitali. Durante la seconda parte del Novecento, i sistemi di taglio e incisione laser e i sistemi di fresatura e tornitura sono stati via via automatizzati e si sono evoluti in CNC, cioè

³⁵ K. Schwab, *La quarta rivoluzione industriale*, 2016, pp.29-30.

³⁶ M. Temporelli, F. Colorni, B. Gamucci, *4 punto 0*, 2017.

³⁷ L. Beltrametti, N. Guarnacci, N. Intini, C. La Forgia, *La fabbrica connessa*, 2017, p.32.

³⁸ A. Magnani, *Ora anche le fabbriche italiane assumono i cobot*, Il sole 24 ore, 6 dicembre 2017:

https://www.ilsole24ore.com/art/ora-anche-fabbriche-italiane-assumono-cobot-AE4daXND?refresh_ce=1

macchine a *controllo numerico computerizzato*. Oggi questi sistemi vengono utilizzati sia nella grande che nella piccola impresa e sono arricchiti di una molteplicità di nuove funzionalità, nonché di connessione alla rete e sensori IoT³⁹.

Il Cloud rappresenta il tessuto connettivo dell'impresa, nella prospettiva di Industria 4.0, quello senza il quale sarebbe impossibile attuare una strategia innovativa per la produzione, più efficace ed efficiente, sfruttando misuratori, intelligenza artificiale e robotica; ben 6 aziende su 10 ritengono che sia oramai necessario avere un'infrastruttura Cloud d'impresa per far fruttare al meglio gli investimenti destinati all'innovazione, soprattutto nel campo della robotica e dell'IA. Il Cloud, quindi, funge propriamente da acceleratore per quanto riguarda la digital transformation nelle aziende manifatturiere. Il Cloud, più nello specifico, è identificabile da alcune caratteristiche tecniche chiave⁴⁰:

- La certezza delle prestazioni nonostante la quantità di utenti.
- L'astrazione dell'infrastruttura, affinché le applicazioni siano sempre e ovunque disponibili senza bisogno di supporti fisici.
- Costi d'investimento iniziali limitati alla connessione internet, e pagamento solo in base all'utilizzo del servizio.

Un approccio di Cloud computing permette a più persone facenti parte dello stesso gruppo di lavoro di accedere simultaneamente a tutte le informazioni disponibili e, inoltre, dà la possibilità a quegli stessi membri dei gruppi di lavoro di caricare dati per poterli poi elaborare e sfruttare collettivamente; questo processo è fondamentale per poter rendere l'attività d'impresa davvero "smart", cioè rapida ed interconnessa. C'è però da mettere in evidenza che il numero di dati che dovranno essere raccolti ed interpretati nel futuro sarà sempre più grande. Per rendere possibile tutto ciò, da alcuni anni sta prendendo via via piede il concetto di Big data, ossia ingenti quantità di dati quasi mai correlati od organizzati che vengono immagazzinati su banche dati in Cloud e che devono essere catalogati per poi poter fornire dei modelli predittivi su svariati fenomeni, di qualsiasi tipologia. Grazie all'analisi di una montagna di diversi fattori e parametri, i Big data forniscono risposte ad una molteplicità di domande, in maniera scientifica.

³⁹ M. Temporelli, F. Colorni, B. Gamucci, *4 punto 0*, 2017.

⁴⁰ A. Casali, Come sfruttare il Cloud per l'Industria 4.0 e per l'Impresa 4.0, *Network digital 360*, 15 gennaio 2018: <https://www.internet4things.it/industry-4-0/come-sfruttare-il-cloud-per-lindustria-4-0-e-per-limpresa-4-0/>

Una nuova figura, chiamata *data scientist*, si sta facendo largo nelle imprese e sta diventando fondamentale per poter sfruttare appieno questi dati; d'altronde, è ormai uno slogan consolidato che "i dati sono il nuovo petrolio"⁴¹. Per definire il valore di una certa mole di dati e se questi possono essere definiti effettivamente Big data, si fa riferimento alle cosiddette tre V, velocità varietà, volume:

- Volume: Descrive la quantità dei dati. Il volume dei dati che necessitano di essere immagazzinati dalle aziende possono arrivare a dover essere ordinati in petabyte, assolutamente non sostenibili da sistemi convenzionali per la raccolta dati.
- Varietà: riguarda la diversità dei formati e la non strutturazione dei dati, essendo questi formati da diverse tipologie di documenti e non e le diverse fonti, che possono essere macchinari o utenti della rete.
- Velocità: intesa come la velocità con cui i nuovi dati si rendono disponibili.

Oltre a queste, recentemente, altre tre discriminanti si sono aggiunte alla definizione di Big data e cioè la variabilità, riferita alla possibile inconsistenza dei dati, la complessità, la quale aumenta con l'aumento della quantità e la veridicità, relativa al reale valore informativo estraibile dai dati⁴².

La locuzione "intelligenza artificiale" può essere datata in maniera precisa: fu utilizzata per la prima volta da John McCarthy, Marvin Minsky, Nathaniel Rochester e Claude Shannon, matematici ed esperti di informatica, all'interno di un documento del 1955 atto a proporre la conferenza di Dartmouth che si sarebbe poi effettivamente tenuta nel 1956. In quella sede, viene presentato il primo programma progettato esclusivamente per rendere le macchine capaci di imitare le capacità di problem solving degli esseri umani. Da allora, la ricerca e la sperimentazione sull'argomento sono proseguite, giungendo ad un buon livello di A.I. al giorno d'oggi. Buono, ma non eccellente, infatti, le macchine riescono a correlare ciò che gli viene "insegnato", ma non sono ancora capaci di avere reali intuizioni o di "pensare" fuori dagli schemi. Possono però giungere a conclusioni in modo quasi immediato, cosa al limite

⁴¹ M. Temporelli, F. Colorni, B. Gamucci, *4 punto 0*, 2017.

⁴² A. Rezzani, *Le tre V dei Big data*, Data skills, 10 gennaio 2018: <https://www.dataskills.it/le-tre-v-dei-big-data/#gref>

dell'impossibile per un umano. Si distinguono due tipologie di intelligenza artificiale, l'una definita "forte" e l'altra "debole"⁴³:

- Intelligenza artificiale forte: è caratterizzata da capacità cognitive difficilmente distinguibili da quelle umane. Funziona grazie a complessi algoritmi che imitano il funzionamento della mente umana e può funzionare con logiche deduttive o induttive. Ha la capacità di analizzare il linguaggio e comprenderne il significato.
- Intelligenza artificiale debole: per elaborare i problemi a cui deve trovare una risposta, deve analizzare casi simili, confrontarli, per poi generare una serie di soluzioni e fornire la risposta più razionale. Si occupa dunque di problem solving tramite regole note.

L'intelligenza artificiale, che sia essa forte o debole, ha bisogno di dati per funzionare, più sono e più sarà efficace il processo di machine learning e per questo è necessario, di nuovo, saper utilizzare i Big data. Questi, appunto, potrebbero con semplicità essere analizzati da algoritmi di intelligenza artificiale. Tali algoritmi sono in grado di classificare, catalogare, investigare i fenomeni ricorrenti, la loro frequenza, le cause che li accomunano e molto altro, tanto da poter realizzare dei modelli predittivi di auto-apprendimento, in continua evoluzione. In ambito industriale, questi modelli previsionali sono la base tecnologica per l'implementazione efficace della *predictive maintenance*, che comporta la sostanziale riduzione dei guasti degli impianti, massimizzandone la resa e quindi la marginalità per singola unità prodotta⁴⁴.

Ogni volta che si condividono dei dati sul Cloud, si è esposti ad un rischio concreto di attacco informatico, e per questo motivo qualunque impresa o individuo che voglia entrare nel mondo dell'Industria 4.0 deve necessariamente investire tempo e denaro per dotare i propri sistemi informatici di un adeguato livello di sicurezza informatica.

Ciò sarà ancora più urgente quando le industrie inizieranno a condividere tramite Cloud anche progetti, informazioni segrete sulla produzione o i file di prototipi fisici da creare tramite manifattura additiva. La Quarta rivoluzione industriale necessita di un livello di sicurezza informatica estremamente elevato, che sia in grado di mettere le aziende al riparo dagli attacchi

⁴³ P. Fabbri, *Cos'è l'intelligenza artificiale e quali sono le applicazioni attuali e future*, Network digital 360, 1 marzo 2020: <https://www.zerounoweb.it/analytics/cognitive-computing/cosa-intelligenza-artificiale/>

⁴⁴ L. Beltrametti, N. Guarnacci, N. Intini, C. La Forgia, *La fabbrica connessa*, 2017, p.77.

informatici che potrebbero essere perpetrati, dato l'elevato valore dei dati a cui si fa riferimento⁴⁵.

2.3: I nuovi materiali

L'industria 4.0, è caratterizzata sicuramente in larga parte da trasformazioni che coinvolgono soprattutto la sfera digitale; certo è, però, che questa è solo uno, anche se consistente, degli ambiti in cui la nuova industria si dispiega. Una importantissima novità della Quarta rivoluzione industriale è la ricerca e lo sviluppo di nuovi materiali che possano ottimizzare i cambiamenti tecnologici e rendere i prodotti sempre più versatili e sostenibili. Nuove scoperte scientifiche e nuove tecnologie stanno rendendo possibile lo sviluppo e l'implementazione di materiali sempre meno pesanti, ma allo stesso tempo più solidi ed elastici, che possono essere impiegati nell'industria automobilistica ed aeronautica, da un lato, e nell'industria dell'elettronica e delle telecomunicazioni, dall'altro. Questi, oltre a raggiungere performance molto più convincenti dei materiali tradizionali, possono essere anche un importante fonte di risparmio per l'impresa. La scienza e la tecnologia dei materiali, è parte integrante dei processi produttivi intelligenti e dell'innovazione nel modo di concepire l'attività industriale. I materiali tradizionali spesso mettono alla prova il raggiungimento di obiettivi propri della Quarta rivoluzione industriale, quali sostenibilità, basso consumo energetico, mobilità agevole e tutela della salute. Basti pensare al livello di inquinamento prodotto dalla produzione dell'acciaio, della gomma o della plastica, oppure della difficoltà esistente nel trasposto di grandi lastre di materiali metallici e non solo, e, nondimeno, l'immensa quantità di scarto industriale che viene a crearsi nelle lavorazioni e che necessita di enormi sforzi per essere smaltito in modo da non nuocere all'ambiente. I nuovi materiali sono fondamentali anche nell'ottica già descritta nel precedente capitolo, della manifattura additiva; per essere competitiva e conveniente, essa deve poter contare su materiali migliori di quelli utilizzabili tramite tecniche manifatturiere sottrattive, da cui si possa ottenere un prodotto di qualità superiore, e questi materiali devono essere facilmente trasportabili e trattabili. Materiali che possono essere più resistenti e più elastici, ma

⁴⁵ M. Temporelli, F. Colorni, B. Gamucci, *4 punto 0*, 2017.

allo stesso tempo più leggeri e versatili. Ottimo esempio può essere il grafene, potente conduttore di calore ed elettricità appartenente alla famiglia dei nanomateriali di nuova generazione. È 200 volte più resistente dell'acciaio e un milione di volte più sottile di un capello; il suo costo lo rende per ora difficilmente sostenibile, ma le potenzialità future sono infinite. Ad oggi, esistono anche materiali definibili "intelligenti", capaci di salvaguardare la proprietà intellettuale del produttore tramite un'impronta digitale ed essere così attivati solo su licenza, oppure materiali capaci di riparare tessuti, di rifinire i prodotti e di essere tracciabili virtualmente. Ancora, ci sono materiali sostenibili, ad esempio utilizzati nell'edilizia, che permettono un ridotto inquinamento dell'aria, capaci di accumulare energia tramite la luce solare e che possono cambiare forma a seconda degli eventi atmosferici; di recente, è stata scoperta una nuova categoria di polimeri detti "termoindurenti", chiamata delle polyhexahydrotriazine (PHT); questa scoperta, rappresenta un importante passo in avanti verso un nuovo sistema economico, quello definito "circolare"; oltre a ciò, si fanno sempre più piede materiali capaci di prevedere la propria manutenzione o addirittura di auto ripararsi⁴⁶. Tutte queste nuove tecnologie si integrano perfettamente con le tecnologie abilitanti sopra descritte, in particolare con Cloud computing e Internet of things. Tutti questi nuovi materiali sono classificati in due categorie vaste ma ben definite: quella dei materiali innovativi, messi a punto in laboratorio, allo scopo di avere caratteristiche meccaniche, fisiche e chimiche uniche e caratteristiche, e quelli definiti intelligenti, che godono della proprietà di poter mutare autonomamente le loro proprietà, reagendo a input esterni, potendo così monitorare l'ambiente che li circonda, e, se necessario, modificarsi e comunicare. Ma la classificazione può essere articolata in modo più rigoroso, secondo le seguenti tipologie:

- Materiali con proprietà variabili: in questi materiali le caratteristiche variano a seconda dei cambiamenti dell'ambiente in cui stanno operando. Ad esempio, il materiale può cambiare colore se il carico applicato ad esso eccede una certa soglia, così da evitare rotture o danneggiamenti.
- Materiali con strutture o composizioni variabili: questi materiali, non molto diversi dai precedenti, cambiano la propria struttura chimico-fisica a seconda dei fenomeni ambientali e di altri fattori.

⁴⁶ K. Schwab, *La quarta rivoluzione industriale*, 2016, pp.31-32.

- Materiali con funzioni variabili: questi materiali hanno la proprietà di cambiare funzioni a seconda delle variazioni dell'ambiente circostante, dunque, ad esempio, possono interagire automaticamente con un circuito o possono variare la luce trasmessa a seconda della lunghezza d'onda e la quantità di luce incidente.
- Materiali con memoria di forma: questi materiali sono in grado di tornare ad una certa forma impostata a causa di cambiamenti di temperatura o di pressione.

Tramite alle nuove tecnologie, questi materiali potranno comunicare tra loro, e potranno trasmettere informazioni e dati ad un computer od uno smartphone in modo diretto e a distanza. In questo modo il mondo fisico e il mondo digitale potranno ulteriormente avvicinarsi, diventando sempre più assimilabili⁴⁷.

2.4: Sostituzione uomo-macchina o cooperazione?

Il dibattito sul ruolo dei macchinari e su quanto questi possano essere in grado di andare, effettivamente, a sostituire l'attività umana, è un argomento che si protrae sin dal Settecento. Dopo che Watt, tra il 1765 e il 1776, rimaneggiò le prime rudimentali macchine a vapore, rendendole molto più efficienti, queste iniziarono a diffondersi in misura importante nelle imprese. Il vapore è stato il driver principale della Prima rivoluzione industriale; grazie al vapore, fu possibile per la prima volta superare il limite della forza muscolare propria degli uomini e degli animali e si riuscì a generare quantità di energia inimmaginabili in precedenza. Da ciò mosse i primi passi la vita moderna che tutti noi conosciamo; per la prima volta, il progresso fu spinto soprattutto dall'innovazione tecnologica. Già dall'epoca, però, questa indiscutibile superiorità dei macchinari in certe attività di fabbrica, suscitava non poche preoccupazioni tra i lavoratori. Fu così che nacque il movimento dei luddisti in Inghilterra, come già ricordato nel capitolo precedente, formato da lavoratori delle industrie, in particolar modo delle industrie pesanti, con lo scopo di distruggere fisicamente i macchinari di produzione. Facendo un balzo in avanti, arriviamo ad oggi; i macchinari non sono più enormi pezzi di ghisa e acciaio fumanti, bensì, perlopiù, computer, nelle loro varie forme. Se si pensa alla moltitudine di funzioni e compiti che possono essere svolti dagli stessi, sorge spontanea una certa preoccupazione sul

⁴⁷ G. Gruosso, *Il ruolo dei materiali a supporto dell'Industria 4.0*, Ricomincio da 4, 22 febbraio 2018: <https://ricomincioda4.fondirigenti.it/ruolo-dei-materiali-supporto-industria-40/>

ruolo che questi possono arrivare a ricoprire, a discapito dell'uomo. A questo proposito, molto utile può essere un saggio pubblicato nel 2004 da Frank Levy e Richard Murnane, intitolato "The new division of labor"⁴⁸. La divisione di cui si parla è quella, appunto, tra lavoro umano e lavoro svolto da sistemi digitali. In qualsiasi sistema economico che abbia un senso compiuto, gli individui dovrebbero porre la loro attenzione su tutti quei lavori in cui essi stessi possono godere di un reale vantaggio, se confrontati con le macchine, lasciando ai computer le attività nelle quali, in confronto appunto ai dispositivi digitali, risultino seriamente svantaggiati. Nel loro saggio Levy e Murnane offrono la possibilità di riflettere sulle categorie nelle quali ricadeva ciascun compito. Inizialmente il computer fu utilizzato per svolgere calcoli matematici, tramite una tecnologia meccanica, per poi ampliare le proprie funzioni, tramite tecnologie elettromeccaniche e successivamente digitali. In linea di principio i computer possono svolgere ogni sorta di operazione simbolica, dalla matematica alla logica, al linguaggio. Ci si chiede dunque, perché non sono ancora stati digitalizzati lavori come l'imprenditore, lo scrittore, l'infermiere e via scorrendo? Per rispondere a questa domanda, Levy e Murnane, hanno distinto due macro aree di attività di elaborazione delle informazioni:

- Attività che richiedono solo l'applicazione di regole precise.
- Attività che non possono essere ridotte a regole precise o algoritmi.

Per quanto riguarda il primo punto, i computer sono sicuramente adatti a svolgere mansioni di questo tipo; questi funzionano tramite algoritmi, che possono essere più o meno complessi, ma tali restano, e non sono in grado di considerare tutto quanto, essendo per definizione delle semplificazioni. Nonostante questo, però, gli algoritmi contemplano le variabili più importanti e ricorrenti, perciò possono funzionare decisamente bene in svariati ambiti, come ad esempio in quello bancario, in attività come la valutazione del merito creditizio di un cliente.

Passando al secondo punto, fanno parte di questa categoria particolari mansioni che si basano specificamente sulla capacità umana di riconoscimento dei modelli. La caratteristica singolare del cervello umano è che, a differenza dei computer, riesce a raccogliere ed immagazzinare informazioni e ad analizzarle, ma noi non siamo in grado di spiegare perché o come lo facciamo. Vista così, la distinzione sembra premiare l'uomo, che, nonostante i suoi limiti, non è sostituibile

⁴⁸ F. Levy, R. Murnane, *The new division of labor*, 2004.

in una enorme quantità di situazioni. Dobbiamo però ricordare l'anno in cui Levy e Murnane hanno pubblicato il loro saggio, il 2004. Da allora, il progresso nel campo dei computer e più in generale nel mondo digitale, ha fatto passi da gigante, rendendo i due punti analizzati, decisamente riduttivi. Nell'ottobre 2010 Google postò la notizia che le sue auto totalmente autonome stavano funzionando da un po' senza problemi nel traffico delle strade e superstrade americane. Oggi le automobili a guida automatica sono una realtà affermata e sicura, nonostante molte delle variabili da considerare alla guida, non siano strettamente prevedibili o regolabili come la prima macro area descritta in precedenza richiedeva. Per questo ed altri motivi, la distinzione di Levy e Murnane non può più essere veritiera. Il fenomeno dell'ampliamento delle capacità dei computer, si è verificato di colpo; dopo decenni di gradualità piccoli progressi, negli ultimissimi anni le innovazioni in questo campo sono improvvisamente balzate ad un livello mai visto prima⁴⁹. L'intelligenza artificiale riesce a combinare modelli e ad automatizzare processi, quindi può senz'altro essere utilizzata per diverse funzioni all'interno delle grandi organizzazioni. Uno studio condotto dalla Oxford Martin School ha preso in esame le occupazioni che rischiano di essere automatizzate attraverso la robotica e l'intelligenza artificiale, fornendo risultati allarmanti. È stato infatti calcolato che il 47% dei lavori svolti in America nel 2010 potrebbe essere automatizzato entro i prossimi dieci o vent'anni. Questo comporta conseguenze positive e conseguenze negative⁵⁰.

Quelle positive sono:

- Riduzione dei costi.
- Aumento dell'efficienza.
- Benefici per la filiera produttiva e logistica con una considerevole riduzione degli errori.
- Promozione dell'innovazione con conseguenti nuove opportunità per le imprese.
- Maggiore tempo libero per gli individui.

Quelle negative sono:

- Perdita di posti di lavoro.
- Rischi di attacchi informatici.
- Automazione dei lavori.

⁴⁹ E. Brynjolfsson, A McAfee, La nuova rivoluzione delle macchine, 2017, pp.17-22.

⁵⁰ K. Schwab, La quarta rivoluzione industriale, 2016, pp.176-180.

Ma è sul punto “perdita di posti di lavoro”, che si concentra il dibattito sul tema; da un lato, c’è infatti chi sostiene che l’innovazione tecnologica porterà ad una consistente caduta del tasso di occupazione, dall’altro chi crede che la tecnologia e la robotica andranno addirittura a creare nuova occupazione.

Partendo dal primo punto di vista, uno studio McKinsey⁵¹ rivela che quasi la metà dei lavori svolti attualmente da persone fisiche, a livello mondiale, potranno essere automatizzati. Lo studio è molto preciso, e prende in considerazione persino i singoli compiti svolti all’interno delle organizzazioni dagli individui. Lo studio prosegue, affermando che scomparirà il 5% delle professioni. Vista così non sembra effettivamente una reale tragedia, ma si deve pensare che questo 5% rappresenta solo ed esclusivamente i lavori che potranno essere sostituiti nella loro totalità da macchine; se si allarga il campo di veduta, la situazione si mostra in maniera molto più grave: nel 60% dei lavori, il 30% delle attività potranno essere svolte automaticamente da robot o sistemi di intelligenza artificiale. Lo studio è significativo, poiché si protrae anche ai cosiddetti “lavori di ingegno”. Citando lo studio: *“I robot e i computer possono non solo eseguire una serie di attività lavorative di routine meglio e a più buon mercato rispetto agli esseri umani, ma sono anche sempre più in grado di svolgere attività che includono capacità cognitive una volta considerate troppo difficili da automatizzare con successo, come prendere decisioni, rilevare emozioni o guidare un’auto.”*

McKinsey conclude con una visione semi-ottimistica, affermando che gli esseri umani saranno senza dubbio indispensabili anche in futuro, e che la produttività avrà opportunità di crescita solo se si lavorerà fianco a fianco con le macchine⁵². Nasce dunque un nuovo tipo di interazione profonda. Dunque, per quanto ottimistico possa essere il finale, questo studio, con le conseguenti conclusioni che si possono trarre, sicuramente desta forte preoccupazione e fa chiaramente intendere che sì, l’uomo può essere sostituito. Passando al secondo punto di vista, quello che ritiene che, invece, l’uomo non sarà facilmente sostituito. Alcuni anni fa, a Nagasaki è stato inaugurato l’Henn na Hotel. Da subito, l’evento fu percepito come un profondo simbolo

⁵¹ M. Chui, J. Manyika, M. Miremadi, *Where machines could replace humans, and where they can’t (yet)*, McKinsey digital, 8 luglio 2016: <https://www.mckinsey.com/business-functions/mckinsey-digital/our-insights/where-machines-could-replace-humans-and-where-they-cant-yet#>

⁵² F. Sarcina, *McKinsey: le macchine sostituiranno l’uomo nel 49% dei lavori*, Il sole 24 ore, 14 gennaio 2017: https://www.ilssole24ore.com/art/mckinsey-macchine-sostituiranno-l-uomo-49percento-lavori-ADyh8xYC?refresh_ce=1

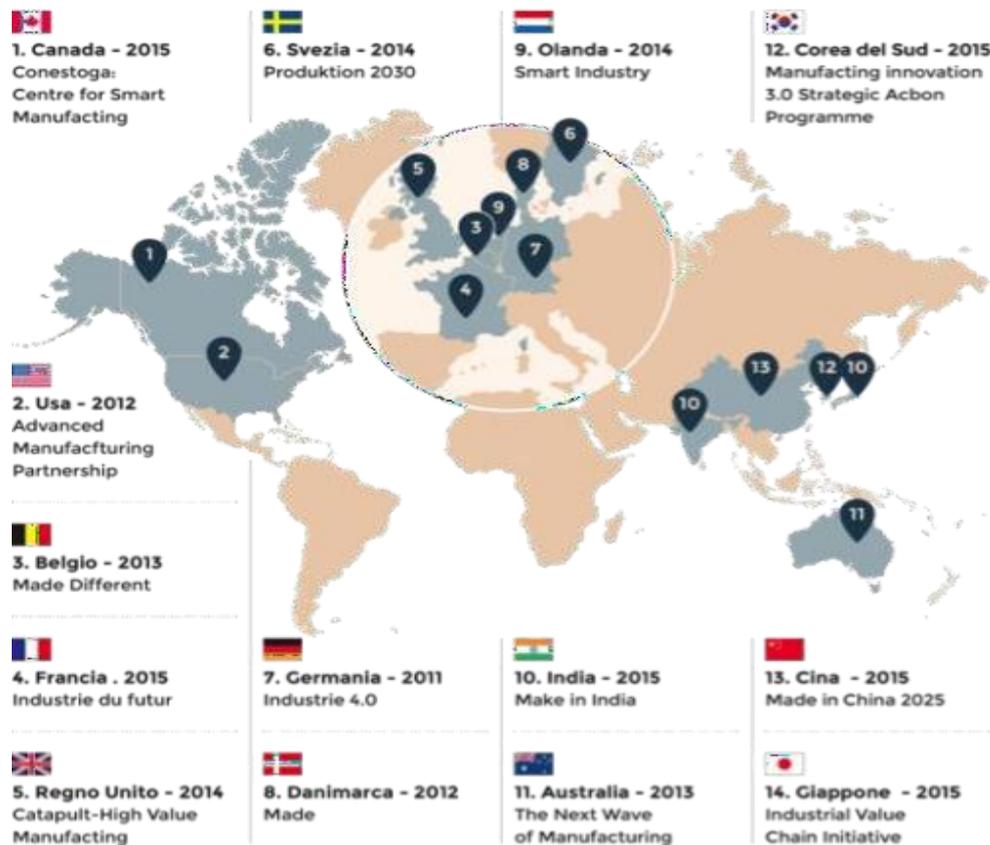
di ciò che il futuro avrebbe potuto avere in serbo: l'Henrietta, infatti era il primo albergo al mondo, ma, in generale, la prima attività economica ad essere gestita interamente da macchine più o meno intelligenti. Questo fu un segnale decisamente preoccupante per quanti avevano il timore che l'automazione dei mestieri procedesse in modo troppo spedito, portando ad una conseguente obsolescenza dei mestieri svolti dagli esseri umani. Visto così, l'esempio sembra avvalorare la teoria secondo cui le macchine possono superare brillantemente l'attività umana. Ma la vera notizia è un'altra; l'hotel, dopo pochi anni, ha sostituito nuovamente i robot con le persone, che si sono dimostrate essere molto più efficienti nella gestione della reception e nella cura del cliente. Questo è solo uno degli esempi che portano ad una conclusione, contenuta in un discorso di Elon Musk: *“Automatizzare eccessivamente le Tesla è stato un errore. Per la precisione, un mio errore. Gli esseri umani sono sottovalutati.”* David Autor, in un report del MIT⁵³, ha affermato che fino ad oggi, le grandi aspettative riguardanti le potenzialità dei robot si sono dimostrate essere esagerate, dato che svariati compiti e lavori sono decisamente più complicati di quanto le persone possano immaginare. La parte che suscita più interesse nel report è, ad ogni modo, un'altra, e può essere riassunta come segue: possiamo veramente essere sicuri che il maggior beneficio economico possibile ottenibile dalle aziende dipenda dalla sostituzione degli uomini con le macchine? La risposta è: dipende; dipende da ciò che i robot sono chiamati a fare. Proprio a tal proposito, attenendosi a quanto detto nel report del MIT, è necessario sviluppare nuove tecnologie che puntino a migliorare le abilità umane, senza cercare di sostituirle, come, per esempio, quei software capaci di supportare architetti, ingegneri, geometri e professionisti in generale nel loro lavoro o degli ultimi avanzatissimi robot impiegati nella medicina, che permettono ai medici di operare in maniera più accurata e rapida⁵⁴.

⁵³ D. Autor, *Why are there still so many jobs? The history and future of workplace automation*, MIT, 2015.

⁵⁴ Redazione Esquire, *A quanto pare, i robot non ci sostituiranno così facilmente*, Esquire, 13 settembre 2019: <https://www.esquire.com/it/lifestyle/tecnologia/a28965147/robot-lavoro-uomini/>

CAPITOLO 3: Le iniziative europee e il contesto italiano

3.1: Un confronto tra i diversi paesi europei ed extraeuropei



(Figura 3: I principali piani per l'Industria 4.0 nel mondo. Fonte immagine: G. Grusso, Industria 4.0, strategia e scenari di innovazione, Ricomincio da 4)

L'avvento della quarta rivoluzione industriale ha messo in risalto la necessità, per i paesi sviluppati in primis, ma non solo, di cogliere appieno il maggior numero possibile di benefici che essa è capace di offrire, riuscendo, allo stesso tempo, a contrastare e superare i problemi collegati ad una così rapida modernizzazione non solo industriale, ma anche sociale, economica e culturale. Partendo dalla dinamica sviluppatasi all'interno dell'Unione Europea, è indubbio che diversi stati membri abbiano sviluppato e stiano sviluppando una sensibilità crescente verso le tematiche inerenti all'Industria 4.0, ma è altrettanto vero che gli stessi, nella pratica, si stanno muovendo a velocità decisamente impari.

La nazione che in assoluto ha saputo sfruttare al meglio i benefici derivanti dalla digitalizzazione industriale, è stata la Germania; non a caso, è proprio in Germania che fu per la prima volta affrontato il tema dell'Industria 4.0, nel 2011, dall'ACATECH, cioè l'Accademia Tedesca di Scienze e Ingegneria, all'interno dell'High-Tech Strategy 2020 Action Plan, avente come obiettivo la definizione di una strategia che portasse alla digitalizzazione diffusa delle imprese tedesche. Nel 2012, è stato istituito un gruppo di lavoro per l'Industria 4.0, presenziato da Sigfried Dais, esponente della Bosch GmbH e Henning Kagermann, esponente della sopracitata ACATECH, che ha stilato un programma per lo sviluppo dell'Industria 4.0 in Germania⁵⁵. Successivamente, nel 2013, assieme alle associazioni di categoria BITKOM, VDMA e ZVEI, è stata fondata la Piattaforma Industria 4.0, con il principale obiettivo di promuovere la trasformazione delle industrie tedesche verso un business model improntato sulle nuove tecnologie. Questa piattaforma consente di fronteggiare problemi altrimenti difficilmente sormontabili, come, ad esempio, la necessità di prendere in considerazione diversi settori contemporaneamente e far incontrare soggetti ed interessi differenti⁵⁶.

Il programma tedesco consiste in tre principali aree di attenzione, fondamentali per l'efficace trasformazione dell'industria in Germania. Queste sono⁵⁷:

- Tecnologia: fondamentale all'interno del programma è il cosiddetto Cyber Physical System, che consiste nello sviluppo e nell'utilizzo di sensori all'interno degli impianti produttivi e lo sviluppo di software in grado di monitorare il sistema e guidarlo in modo indipendente verso gli obiettivi preposti. Fondamentali anche le tecnologie in grado di connettere i vari attori della produzione e della logistica tramite flussi informativi precisi ed efficienti.
- Organizzazioni e sinergia: grazie alla Piattaforma Industria 4.0, il programma attuato in Germania permette il coinvolgimento di una serie di enti, quali aziende di automazione, aziende ICT, grandi industrie automobilistiche e di processo, centri di ricerca e associazioni sindacali e di categoria. Grazie al collegamento di tutti questi attori tramite

⁵⁵ L. Maci, *Industria 4.0, Che cosa succede in Europa e negli Usa*, Network Digital 360, 14 dicembre 2016: <https://www.economyup.it/startup/industria-40-che-cosa-succede-in-europa-e-negli-usa/>

⁵⁶ K. Hilgenberg, *Industry 4.0 in Germania: il segreto del loro successo*, Tech economy 2030, 8 giugno 2018: <https://www.techeconomy2030.it/2018/06/08/industry-40-germania-segreto-del-successo/>

⁵⁷ G. Mitragliotta, *Industry 4.0, grossi investimenti richiesti: l'esempio di USA e Germania*, Network digital 360, 13 gennaio 2016: <https://www.agendadigitale.eu/cultura-digitale/industry-40-grossi-investimenti-richiesti-l-esempio-di-usa-e-germania/>

un'unica piattaforma digitale, i risultati ottenuti nella fase di ricerca e lo sviluppo, riescono ad essere trasferiti in ambiti di pratico utilizzo in breve tempo, ottenendo un alto grado di sinergia tra i vari processi.

- Governance e finanziamenti: la Piattaforma Industria 4.0, richiede un forte coordinamento, gestito ad uno Steering Committee, responsabile nella definizione delle strategie e nell'indirizzo dei singoli gruppi di lavoro. Un altro comitato, lo Scientific Advisory Committee, formato da importanti personalità competenti nelle varie aree di interesse, supporta le decisioni dello Steering Committee sotto il profilo tecnico-scientifico. Esiste poi un terzo organo, il Governing Board, che supervisiona la definizione delle strategie e gli incontri con governo e media. I finanziamenti sono ovviamente fondamentali per la riuscita del piano di digitalizzazione industriale.

Passando alla Francia, questa è considerata il secondo paese europeo, dopo la Germania, per ciò che concerne l'implementazione dell'Industria 4.0 tramite misure capaci di incentivare le aziende a modernizzarsi per entrare appieno nella quarta rivoluzione industriale. Perciò, il governo francese ha varato il Programma dell'Alleanza per l'Industria del Futuro, controllato e gestito dal ministero dell'economia. Con questo piano, la Francia vuole incentivare e soprattutto accelerare la modernizzazione in chiave digitale di tutto il comparto produttivo. Il governo francese, a questo scopo, ha introdotto una serie di misure come il credito d'imposta per la ricerca, il credito d'imposta per l'innovazione, un programma di investimenti, vari provvedimenti volti a promuovere il Made in France e altre misure⁵⁸. Nel 2019, in particolare, è stato introdotto in Francia il meccanismo del superammortamento al 140%, sulla scia dei simili provvedimenti presi in Italia. Il superammortamento francese è riservato alle PMI, con fatturato inferiore a 50 milioni di euro e un numero di dipendenti inferiore a 250, che investano specificamente in beni che favoriscano la trasformazione digitale. La misura è applicabile ai beni acquistati o presi in locazione finanziaria dal 20 settembre 2018 al 31 dicembre 2020. I beni sopracitati sono specificamente elencati in una lista composta da sette categorie⁵⁹:

- Robot e cobot

⁵⁸ L. Maci, *Industria 4.0, Che cosa succede in Europa e negli Usa*, Network Digital 360, 14 dicembre 2016:

<https://www.economyup.it/startup/industria-40-che-cosa-succede-in-europa-e-negli-usa/>

⁵⁹ F. Canna, *Anche la Francia adotta il superammortamento*, Innovation post, 29 gennaio 2019:

<https://www.innovationpost.it/2019/01/29/anche-la-francia-adotta-il-superammortamento/>

- Stampanti 3D
- Software specifici per le operazioni aziendali
- Macchine per l'elaborazione intensiva
- Sensori fisici
- Macchine di produzione gestite da PLC o CNC
- Apparecchiature per la realtà aumentata e virtuale

Inoltre, il governo francese ha previsto degli ulteriori incentivi per chi investe in start-up e PMI innovative. In particolare, viene abbattuta la tassazione sugli utili del 50% per detenzioni superiori all'anno, del 65% se superiori a quattro anni e dell'85% se superiori a otto anni, inoltre è previsto un credito di imposta del 30% sui costi per la ricerca tecnica e per l'alta specializzazione fino a 100 milioni di euro e del 5% sull'eccedenza. Un'agevolazione fiscale è prevista anche sui brevetti nazionali ed europei ed è pari al 15%⁶⁰.

Francia, Italia e Germania, a partire dal 2017, hanno avviato una cooperazione per promuovere la digitalizzazione nelle imprese; questa strategia di cooperazione, mette in connessione le piattaforme per l'Industria 4.0 predisposte dai tre paesi, cioè Platform Industrie 4.0 per la Germania, Alliance Industrie du Futur per la Francia e Piano Impresa 4.0 per l'Italia. Uno Steering Committee è posto a capo della struttura, ed è composto da sei membri per ciascun paese. Al di sotto del comitato, si trovano tre working groups, ognuno coordinato da uno dei tre paesi, così distinti⁶¹:

- Gruppo di lavoro 1 – Standardizzazione: questo working group è coordinato dalla piattaforma tedesca, e ha l'obiettivo di individuare standard per la digitalizzazione industriale e proporre forme di armonizzazione regolamentari
- Gruppo di lavoro 2 – Coinvolgimento delle piccole e medie imprese e testbed: questo gruppo è coordinato dall'Italia, e ha l'obiettivo di sostenere i processi di digitalizzazione delle PMI nei tre paesi

⁶⁰ *Incentivi a Industria 4.0/Francia*, Il sole 24 ore, 20 febbraio 2017: <https://www.ilsole24ore.com/art/incentivi-industria-40-francia-AEoGKXZ>

⁶¹ *Cooperazione trilaterale Italia, Francia e Germania per l'Industria 4.0*, Ministero dello sviluppo economico, 27 novembre 2018: <https://www.mise.gov.it/index.php/it/68-incentivi/2038847-cooperazione-trilaterale-italia-francia-e-germania-per-l-industria-4-0>

- Gruppo di lavoro 3 – Supporto alle policy di livello europeo: questo gruppo di lavoro è coordinato dalla piattaforma francese, e ha come obiettivo lo scambio delle best practices in materia di politiche pubbliche e programmi attuativi e la definizione di posizioni comuni nei forum internazionali

Anche la Spagna ha sviluppato una strategia per favorire l'Industria 4.0, chiamata Industria Conectada 4.0, con l'obiettivo di promuovere l'allargamento della conoscenza e delle competenze in ambito digitale e stimolare la trasformazione tramite specifici provvedimenti. Questi provvedimenti si sono concretizzati tramite un piano di aiuti da 97 milioni di euro, varato per sostenere in modo concreto lo sviluppo di innovazione e conoscenza riguardo alle tecnologie fondamentali per sfruttare appieno i benefici dell'Industria 4.0. In particolare, vi è la concessione di un'aliquota ridotta al 15% per le startup, una serie di incentivi alla ricerca e sviluppo e la riduzione del 60% della base imponibile dell'imposta sulle società per le aziende che sono titolari di particolari brevetti o know-how⁶². Tuttavia, il problema/opportunità della Spagna risiede nelle forti diversità territoriali, che si riflettono anche nel settore industriale. Per questo motivo, sono molte le iniziative portate avanti dai governi locali e in molti casi sono molto più efficaci di quelle centralizzate. Il primo piano messo in piedi da un'amministrazione locale è stato quello del governo Basco, chiamato Basque Industry 4.0, seguito, successivamente, da molti altri, come Murcia Industria 4.0, Galicia Industria 4.0, Asturias 4.0, Navarra Industria 4.0 e Plataforma Industria 4.0 Catalunya. I piani spagnoli mirano soprattutto alla creazione di nuove imprese che sappiano sviluppare nuovi prodotti e servizi e alla formazione di una cultura nuova, che punti a rendere gli imprenditori consapevoli dell'enorme quantità di benefici che la trasformazione digitale può apportare alle aziende⁶³.

Restando sempre nel contesto dell'Unione Europea, merita di essere citato anche il caso Svezia. In particolare, Business Sweden, l'agenzia svedese controllata dal governo di Stoccolma, che si occupa della promozione del commercio e degli investimenti, ha intrapreso una missione in Italia, guidata da un team di esperti; il primo passo è stato incontrare i rappresentanti delle istituzioni politiche ed economiche italiane. La responsabile di questa missione, Lena Sellgren,

⁶² *Incentivi a Industria 4.0/Spagna*, Il sole 24 ore, 20 febbraio 2017: <https://www.ilsole24ore.com/art/incentivi-industria-40-spagna-AEUHKXZ>

⁶³ F. Canna, *Industria 4.0, com'è la situazione in Spagna?*, Innovation post, 4 aprile 2017: <https://www.innovationpost.it/2017/04/04/industria-40-situazione-spagna/>

ha spiegato che per cominciare è fondamentale acquisire un'approfondita conoscenza dell'economia italiana. Dopo di che, importante è capire quali sono i settori che offrono maggiori opportunità, in particolare, tutti quei settori in cui la digitalizzazione, l'automazione e la tecnologia in generale possano essere importanti chiavi per uno sviluppo più sostenibile ed efficiente. Lo scopo di questa missione è favorire una sempre maggiore collaborazione tra imprese svedesi ed italiane, per far sì che la grande tradizione ed esperienza manifatturiera dell'Italia vada a coniugarsi con l'elevato livello di digitalizzazione di cui gode la Svezia. Lo scambio di know-how che si va ad instaurare è importante per la crescita di entrambi i paesi⁶⁴. Uscendo dall'ambito comunitario, non ci si può non soffermare sul Giappone, paese da sempre ai primissimi posti delle classifiche in ambito tecnologico. Il Giappone ha come priorità l'Industria 4.0, essendo questa una delle voci principali del piano di progetti strategici varato dal governo con un investimento di circa 600 miliardi di yen, circa 4 miliardi di euro. Ma il governo giapponese mira già ad un traguardo ancora più avanzato e complesso, cioè la società 5.0. Il fulcro di questo concetto è la diffusione di una nuova società che sia capace di assorbire le innovazioni derivanti dal mondo industriale, per migliorare sotto il punto di vista della produttività e non solo; tutto ciò viene definito modello human technology oriented, che punta a riportare la tecnologia al servizio degli individui. Il cardine del modello sono le PMI, predominanti nel paese; lo sviluppo della società deve avvenire tramite la cosiddetta industria connessa, che consiste nella connessione, appunto, tra imprese e tra i componenti delle imprese all'interno delle stesse, enti pubblici e individui. Tramite questo modello, è possibile aumentare la produttività e allo stesso tempo la qualità del lavoro, contenendo anche i costi. La continua interconnessione tra tutti gli attori, fisici e non, della catena del valore, permette di creare un flusso di informazioni continuo, capace di velocizzare l'intero processo. Keiju Marsushima, uno dei massimi esperti di robotica e Internet of Things, parla di un passaggio dalla manodopera alla mentidopera, cioè di conoscenza più che di lavoro fisico. In questo modo, continua Marsushima, la digitalizzazione porta benefici anche nel ridurre l'alienazione generata dal lavoro che in Giappone è causa primaria di depressione e suicidi. Il lavoro basato sulla conoscenza rende l'uomo e la sua creatività protagonista, a differenza della standardizzazione pesante, creata dalla produzione fisica. Perciò, il modello giapponese mira non solo all'aumento della

⁶⁴ M. Pignatelli, *La Svezia scommette su Impresa 4.0 e Agenda digitale*, Il sole 24 ore, 20 marzo 2019: https://www.ilsole24ore.com/art/la-svezia-scommette-impresa-40-e-agenda-digitale-ABpqfcb?refresh_ce=1

produttività tramite nuovi software o macchine, ma anche e soprattutto, allo sviluppo di una più elevata qualità della vita dei lavoratori⁶⁵.

Concludendo la disamina dei paesi protagonisti nel campo dell'Industria 4.0, è doveroso parlare degli Stati Uniti. Negli USA, l'obiettivo principale è quello di mettere in correlazione la manifattura con l'economia della conoscenza. Questa strategia nasce nel 2011, e deriva dall'impegno profuso dal governo Obama per la reindustrializzazione del paese. Il fulcro è rappresentato da una serie di accordi tra imprese manifatturiere e aziende big tech, con la partecipazione attiva di università e centri di ricerca, chiamati Advanced Manufacturing Partnerships; su tutte, vale la pena ricordare la partnership tra General Electric e Cisco, tra Caterpillar e IBM e quella tra General Motors e Google. L'obiettivo finale è quello di innovare l'industria, non solo nella prospettiva di creare sempre maggiore ricchezza, ma anche e soprattutto, con lo scopo di aumentare la capacità occupazionale della manifattura. Questa, infatti, si è ridotta di molto nei primi 15 anni del nuovo millennio, basti pensare che nel 2000, gli impiegati nell'industria statunitense erano pari a 18,5 milioni, mentre nel 2016 questi sono scesi a 13,4 milioni. Un considerevole calo, di ben il 27%. Il 43% degli imprenditori e dei manager americani, ritiene però con il giusto sfruttamento delle opportunità in campo tecnologico e con la digitalizzazione, la produttività e l'occupazione potranno solo crescere, con una considerevole riduzione dei costi. Perciò, è stato sviluppato un piano strategico, tramite una piattaforma creata ad hoc, la Smart Manufacturing Platform, in grado di integrare dati e processi interni ed esterni alla singola impresa. Negli Stati Uniti però, diversamente da quanto avviene nei paesi sopra citati, il governo è molto meno presente. Di fondamentale importanza dunque, sono degli istituti, i Manufacturing Innovation Institutes, specializzati in determinati temi di sviluppo tecnologico, creati a partire dal 2013, che nascono da partnership tra enti pubblici e privati⁶⁶.

⁶⁵ K. Matsushima, *Dall'Industria 4.0 alla società 5.0: il contributo del Giappone alla IV rivoluzione industriale*, La stampa, 19 ottobre 2017: <https://www.lastampa.it/tecnologia/idee/2017/10/19/news/dall-industria-4-0-alla-societa-5-0-il-contributo-del-giappone-alla-iv-rivoluzione-industriale-1.34405327>

⁶⁶ L. Maci, *Industria 4.0, Che cosa succede in Europa e negli Usa*, Network digital 360, 14 dicembre 2016: <https://www.economyup.it/startup/industria-40-che-cosa-succede-in-europa-e-negli-usa/>

3.2: L'industria 4.0 in Italia

L'Italia, come gli altri paesi di cui abbiamo parlato nel paragrafo precedente, si è attivata anch'essa per cercare di sfruttare al meglio i progressi tecnologici e favorire la transizione digitale nelle imprese, ma con un considerevole ritardo, considerando che il primo piano per la transizione digitale è stato varato solo nel finire del 2016⁶⁷. Prima di analizzare le misure messe in campo, è utile ricordare che l'Italia ha una peculiare struttura manifatturiera. Innanzi tutto, è un paese vocato soprattutto all'esportazione e il tessuto produttivo è composto in larga parte da piccole e medie imprese, senza contare le innumerevoli microimprese, cioè quelle sotto i dieci dipendenti. Le microimprese, infatti, sono più di 3 milioni e 900 mila, mentre le piccole sono quasi 200 mila, le medie circa 21 mila e le grandi imprese sono appena circa 3400. Queste ultime, in particolare, sono quelle che più di tutte svolgono processi di innovazione tecnologica, di cambiamento della produzione e dell'organizzazione del lavoro. Le grandi imprese sono fondamentali per guidare la transizione digitale e per questo motivo, cioè la mancanza di un numero adeguato di imprese di dimensioni importanti, la situazione italiana tende ad essere più complessa⁶⁸. Negli ultimi 25 anni, nel nostro paese, le riorganizzazioni produttive portate avanti soprattutto, ancora una volta, dalle grandi imprese, si sono basate sul *Toyota Production System*. Una serie di consulenti giapponesi si sono susseguiti negli anni, come Hajime Yamashina dell'Università di Kioto, che ha lavorato per Pirelli, FCA, Ansaldo ed Indesit, o Masaaki Imai, fondatore nel 1985 del Kaizen Institute, che ha una sede a Bologna o anche Toshio Horikiri, presidente della Toyota Engineering Corporation, che ha collaborato nel 2016 con una società di consulenza per introdurre la *lean production* anche nelle medie imprese. Il problema centrale, che differenzia l'Italia, in senso negativo, da paesi come la Germania, è che nel nostro paese si è proceduto solo a fornire incentivi e aiuti per favorire la digitalizzazione, senza cercare di definire uno standard condiviso, così da poter sviluppare piani strutturali, capaci di dare una reale svolta all'implementazione delle tecnologie digitali anche nelle imprese più piccole.⁶⁹

⁶⁷ A. Longo, A. Rangone, *Il primo piano industriale innovazione: ecco che serve, per il futuro dell'Italia*, Network digital 360, 30 novembre 2020: <https://www.agendadigitale.eu/industry-4-0/il-primo-piano-industriale-per-linnovazione-dellitalia/>

⁶⁸ N. Pisanu, Solo il 14% delle aziende italiane è a un buon livello di digitalizzazione, Innovation post, 11 luglio 2019: <https://www.innovationpost.it/2019/07/11/solo-il-14-delle-aziende-italiane-e-a-un-buon-livello-di-digitalizzazione/>

⁶⁹ M. Sai, *Industria 4.0: innovazione digitale e organizzazione del lavoro*, Quaderni di Rassegna Sindacale, n.3, luglio-settembre 2017, pp.1-3: http://direct-project.org/docs/it/Sai_TPS_in_Italia.pdf

Come già spiegato poc'anzi, i progetti più importanti e lungimiranti, sono stati portati avanti dalle grandi società, capaci di attrarre economicamente i consulenti sopra citati e sviluppare, grazie al loro aiuto intellettuale, piani di sviluppo tecnologico di lungo periodo. Le PMI, o almeno, la maggior parte di esse, non ha le risorse adeguate ad attirare esperti del settore, capaci di indicargli una via da seguire. Per questo motivo, la politica del continuo incentivo, risulta essere decisamente più inefficace, rispetto alle strategie comuni.

Fatte queste premesse, possiamo iniziare ad analizzare il percorso dell'Italia attraverso la Quarta rivoluzione industriale.

Il Piano Nazionale Industria 4.0, è stato presentato il 21 settembre 2016 dall'allora ministro dello sviluppo economico Carlo Calenda. Il Piano prevede una serie di incentivi ed agevolazioni sugli investimenti su beni strumentali e capitale umano; le finalità perseguite dal Governo italiano sono⁷⁰:

- Operare in una logica di neutralità tecnologica
- Intervenire con azioni orizzontali
- Agire su fattori abilitanti

Il piano è stato articolato in due sezioni, Innovazione e Competitività.

La prima, è composta da cinque importanti misure, di seguito elencate:

- Iper e superammortamento
- Nuova Sabatini
- Credito d'imposta R&S
- Patent box
- Startup e PMI innovative

L'istituzione dell'iperammortamento e del superammortamento, ha lo scopo di supportare ed incentivare le imprese che investono in beni strumentali nuovi, beni materiali e beni immateriali, funzionali alla trasformazione tecnologica e digitale della produzione. Ma in cosa consistono? Il superammortamento consente una supervalutazione del 140% degli investimenti in beni strumentali nuovi, anche immateriali, acquistati o in leasing. Con l'iperammortamento

⁷⁰ Redazione Informazione Fiscale, *Cos'è il Piano Industria 4.0? La guida completa*, Informazione Fiscale, 6 settembre 2019: <https://www.informazionefiscale.it/piano-industria-4-0-cos-e-guida-quarta-rivoluzione-industriale>

la supervalutazione aumenta al 250% ed è applicabile sugli investimenti in beni materiali nuovi, dispositivi e tecnologie abilitanti, che favoriscano concretamente la trasformazione 4.0. Per investimenti superiori a 500 mila euro, l'ottenimento del beneficio dell'iperammortamento è subordinato ad una perizia tecnica. Iper e superammortamento, nella forma qui descritta, si riferiscono a ordini accettati entro il 31 dicembre 2017. La figura 4 è interessante per capire, tramite un esempio pratico, il risparmio apportato da questa misura:

	Ammortamento ordinario	Super ammortamento (maggiorazione 40%)	Iper ammortamento (maggiorazione 150%)
Importo deducibile ai fini IRES	100.000	140.000	250.000
Risparmio d'imposta (24% dell'importo deducibile ai fini IRES)	24.000	33.600	60.000
Costo netto dell'investimento(100.000 - risparmio d'imposta)	76.000	64.400	40.000
Maggior risparmio sul costo netto dell'investimento		9,6% (76.00-66.400)/100.00	36% (76.000-40.000)/100.000

(Figura 4: Esempio dei maggiori benefici del super e iperammortamento rispetto all'ammortamento ordinario. Fonte immagine: Descrizione super e iperammortamento per l'Industria 4.0 anno 2017, Abacus)

La Nuova Sabatini ha lo scopo di sostenere le imprese che richiedono finanziamenti bancari per investimenti in nuovi beni e tecnologie digitali. Consiste in un contributo a parziale copertura degli interessi su finanziamenti di importo compreso tra 20 mila e 2 milioni di euro, concessi da istituti bancari convenzionati con il Ministero dello Sviluppo Economico, i quali attingono ad un plafond di CDP. Il contributo è calcolato su un piano di ammortamento di 5 anni, al tasso del 2,75%. Questo contributo riceve una maggiorazione del 30% nel caso di investimenti in tecnologie compatibili con Industria 4.0. La Nuova Sabatini non è applicabile alle grandi imprese, ma solo alle PMI.

Il Credito d'imposta R&S, ha lo scopo di stimolare la spesa in ricerca e sviluppo per l'innovazione dei processi e dei prodotti, con lo scopo di accrescere la competitività. E' composto da un credito d'imposta del 50% su spese per R&S, fino ad un massimo di 20 milioni di euro all'anno. Si applica per le spese sostenute tra il 2017 e il 2020.

Il Patent Box è un regime opzionale di tassazione sui redditi derivanti dall'utilizzo di beni immateriali, quali brevetti, marchi, disegni e modelli, software e altri. Tramite questa agevolazione è possibile ridurre le aliquote IRES e IRAP sui redditi connessi all'uso dei suddetti beni del 50% dal 2017. Per ottenere questo vantaggio è però necessario che siano messe in atto attività di ricerca e sviluppo connesse ai brevetti, marchi eccetera. Lo scopo di questa misura è quello di rendere l'Italia maggiormente attrattiva per gli investitori, incentivare il collocamento in Italia di beni immateriali di proprietà di imprese nazionali e non, ma detenuti all'estero e favorire l'investimento in R&S.

Per le startup e le piccole e medie imprese innovative sono state previste delle importanti agevolazioni, in particolare sotto il punto di vista della fiscalità. Innanzi tutto, sono stati stabiliti degli incentivi per gli investimenti in capitale di rischio, tramite una detrazione IRPEF o una deduzione dell'imponibile IRES pari al 30%. La detrazione IRPEF è applicabile agli investimenti non eccedenti il milione di euro, mentre la deduzione IRES è applicabile fino ad un massimo di 1,8 milioni di euro. Oltre a ciò, un nuovo ulteriore vantaggio è rappresentato da una nuova modalità di costituzione dell'impresa, resa gratuita e totalmente digitalizzata. Le startup sono state anche esonerate dalla disciplina fallimentare ordinaria. Ancora, per le piccole e medie imprese innovative e per le startup, è previsto l'accesso prioritario e gratuito al fondo di garanzia per le PMI. E' stata inoltre creata l'Italia Startup Visa, una nuova modalità digitale per attrarre imprenditori con idee innovative.

Concludendo la disamina della prima sezione del piano Calenda, è importante ricordare che tutte e cinque le misure sopra spiegate sono cumulabili tra loro e con quelle che saranno descritte di seguito.

La seconda sezione del piano, ha come fulcro la competitività. A differenza della prima, questa non ha un particolare focus verso l'innovazione, ma più verso il sostegno delle imprese, affinché queste raggiungano la stabilità necessaria per poi entrare nel mondo Industria 4.0.

La sezione è articolata in quattro misure, di seguito elencate:

- Fondo di garanzia
- Aiuto alla crescita economica
- IRES, IRI e contabilità per cassa
- Salario di produttività

Il Fondo di garanzia ha lo scopo di sostenere le imprese e i professionisti che non dispongono di garanzie sufficienti per accedere al credito bancario. Nello specifico, si tratta di una garanzia pubblica che copre fino all'80% del finanziamento necessario per investimenti o per sopperire a problemi di liquidità. L'importo massimo che può essere garantito è pari a 2,5 milioni di euro, utilizzabile anche per più operazioni cumulativamente. La misura è applicabile per le sole microimprese, PMI e startup e per i professionisti iscritti ad uno specifico albo presso il MISE.

L'Aiuto alla crescita economica (ACE), consiste nella deduzione dal reddito complessivo d'impresa di una parte pari al rendimento nozionale del nuovo capitale proprio computato sugli incrementi di capitale rispetto a quello esistente alla chiusura dell'esercizio in corso al 31 dicembre 2010. Il suddetto rendimento nozionale è stato pari al 2,3% per il 2017, per poi passare al 2,7% dal 2018. L'ACE mira a supportare il rafforzamento del patrimonio delle imprese, per accrescere la stabilità delle finanze aziendali.

IRES, IRI e contabilità per cassa; sotto questa denominazione è indicata una misura che ha l'obiettivo di ridurre la pressione fiscale per le imprese che decidono di mantenere gli utili non distribuiti. La norma consiste nella riduzione dell'IRES al 24%, dal canonico 27,5%. Inoltre, è prevista la possibilità per gli imprenditori individuali e i soci di società di persone, di scegliere un'aliquota unica del 24%, l'IRI, sulla parte del reddito d'impresa che resta in azienda. Questa opzione resta valida per 5 anni, con possibilità di rinnovo.

Il Salario di produttività ha lo scopo di favorire l'incremento della produttività, introducendo correlazioni positive tra aumenti di efficienza e incrementi salariali per i lavoratori. Altra funzione della misura è quella di promuovere le forme di partecipazione dei lavoratori e di promuovere l'integrazione del welfare aziendale con quello pubblico.

La norma si applica tramite una tassazione piatta al 10% sui premi salariali per aumenti di produttività. Il limite massimo del premio è di 3000 euro, ma può accrescersi fino a 4000 se i lavoratori sono coinvolti alla pari nell'organizzazione aziendale. Inoltre, si incentiva il ricorso a sistemi di previdenza complementare, all'assistenza sanitaria, alla partecipazione azionaria dei dipendenti e ai servizi educativi⁷¹.

Il Piano Nazionale industria 4.0, però, aveva (e tutt'ora ha) anche alcune problematiche. In Italia, si è proceduto soprattutto tramite incentivazioni, senza sviluppare un reale progetto di

⁷¹ Presentazione Piano Nazionale Industria 4.0, Ministero dello Sviluppo Economico, 21 settembre 2016: https://www.mise.gov.it/images/stories/documenti/guida_industria_40.pdf

riorganizzazione delle aziende, cosa invece sviluppata in Germania, dove la strategia per la transizione digitale delle imprese ha avuto e ha una forte direzione politica e gode di un finanziamento pubblico orientato alla definizione di uno standard comune ampiamente condiviso. I dati, effettivamente, confermano le problematiche; nel primo semestre del 2017, l'acquisto di macchinari è aumentato solo del 25% e solo un terzo degli investimenti sono stati attuati per l'acquisto di sistemi interconnessi, mentre è stato dominante l'acquisto di tecnologie atte a potenziare i processi di automazione già esistenti o a modificare i software di supporto, senza però andare ad apportare un reale passo in avanti⁷².

Il Piano aveva previsto, oltre alle misure appena elencate, anche l'istituzione di centri di competenza, con lo scopo di affiancare le imprese e formare gli imprenditori all'intrapresa di progetti innovativi e di ricerca. I progetti per i centri dovevano essere presentati presso il MISE, il quale avrebbe selezionato i migliori e li avrebbe finanziati. La burocrazia ha rallentato pesantemente il processo, facendo slittare la partenza dei competence centers. Solo all'inizio del 2019 è stata pubblicata la graduatoria definitiva dei migliori progetti. I centri selezionati si trovano a Torino, Milano, Bologna, Pisa, Padova, Napoli, Roma, Genova.

In testa a questi vi è Made, il competence center della Lombardia, guidato dal Politecnico di Milano. L'obiettivo preposto è quello di intercettare più di 7000 imprese, sviluppare più di 390 progetti e raggiungere più di 10 mila persone tramite attività di divulgazione sulle tecnologie digitali. Il finanziamento per i primi tre anni è pari a 22 milioni di euro, di cui la metà provenienti dal Ministero dello Sviluppo Economico e la restante parte da soggetti privati. Il professor Marco Taisch, presidente del centro, ha spiegato che si andranno ad approfondire, in particolare, la robotica collaborativa, l'efficienza energetica, la cybersecurity e l'interfaccia uomo-macchina. Per quanto riguarda gli altri centri, in prima linea troviamo il Manufacturing 4.0 del Politecnico di Torino, finanziato con 10,5 milioni di euro dal MISE, con un focus sullo sviluppo additive manufacturing, il progetto Bi-Rex dell'Alma Mater di Bologna, con 9,2 milioni di euro dal Ministero, Artes 4.0, della Scuola Superiore Sant'Anna di Pisa, Smact guidato dall'Università di Padova finanziato dal MISE con 7 milioni di euro, Cyber 4.0 della Sapienza di Roma e Meditech,

⁷² M. Sai, Industria 4.0: innovazione digitale e organizzazione del lavoro, Quaderni di Rassegna Sindacale, n.3, luglio-settembre 2017, p.2: http://direct-project.org/docs/it/Sai_TPS_in_Italia.pdf

il centro di competenza delle regioni Campania e Puglia, guidato dalle università Federico II di Napoli e dal Politecnico di Bari⁷³.

Il Piano Nazionale Industria 4.0 ha subito diverse modifiche negli anni successivi al suo varo.

La Legge di Bilancio del 2019 ha apportato dei cambiamenti significativi al piano originario dell'ex ministro Calenda, ridimensionando soprattutto la parte relativa agli incentivi per l'acquisto e il leasing di nuovi macchinari e software. In particolare, il ridimensionamento è stato attuato tramite la cancellazione del superammortamento per l'acquisto di nuovi macchinari, mentre l'iperammortamento è stato aumentato per le PMI, ma ridotto per tutte le altre imprese. La modifica porta questo incentivo al 270% per investimenti non superiori a 2,5 milioni di euro, mentre si riduce per investimenti di ammontare superiore, rispettivamente al 100% per quelli tra 2,5 milioni e 10 milioni di euro e al 50% per gli investimenti fra i 10 milioni e i 20 milioni di euro; quelli che superano la soglia dei 20 milioni non sono coperti da alcun incentivo. Questa logica, appunto, favorisce le PMI, andando ad incentivare investimenti non eccessivamente ingenti. È stato inoltre stilato un elenco specifico dei beni tecnologici 4.0 agevolati. Le imprese che investono in macchinari digitali presenti in questa lista, usufruendo dell'iperammortamento, hanno anche la possibilità di utilizzare un ammortamento al 140% per acquistare software, i quali, se strettamente necessari al funzionamento del macchinario incentivato con iperammortamento, godranno anch'essi di una quota di ammortamento pari a quella dell'impianto in questione. Il Credito d'imposta per R&S scende ad un tetto massimo di 10 milioni di euro, con un'agevolazione del 25%, dal precedente 50%. La Nuova Sabatini è stata potenziata, destinando ora il 30% delle risorse per l'acquisto di macchinari, impianti e attrezzature elencati in un apposito albo, alle PMI e alle micro imprese, contro il 20% destinato in precedenza. La Legge di Bilancio del 2019 ha introdotto anche delle agevolazioni per le assunzioni di manager dell'innovazione, con un voucher dal valore massimo di 40 mila euro, destinato alle piccole e medie imprese⁷⁴.

⁷³ L. Aldoriso, *Quali sono gli 8 competence center in Italia per sviluppare l'Industria 4.0*, Wired, 11 gennaio 2019: https://www.wired.it/economia/business/2019/01/11/competence-center-italia-industria-4-0/?refresh_ce=

⁷⁴ N. Pisanu, B. Weisz, *Industry 4.0, piano e attuazione: tutto ciò che c'è da sapere*, Network digital 360, 8 novembre 2018: <https://www.agendadigitale.eu/industry-4-0/industry-40-tutto-quello-che-c-e-da-sapere-su-piano-e-attuazione/>

3.3: Le iniziative comunitarie a sostegno dell'innovazione tecnologica e della sostenibilità

L'Unione Europea ha sviluppato piani per la ricerca e l'innovazione funzionali anche allo sviluppo di industria 4.0.

Nel 2014, la Commissione Europea ha presentato il programma Horizon 2020, sostenuto da 80 miliardi di euro di finanziamenti, per un periodo di sette anni, appunto, dal 2014 al 2020⁷⁵. Horizon 2020 ha l'obiettivo di sostenere e rafforzare la posizione dell'Unione come leader in campo scientifico, creando attrattività per i migliori ricercatori del mondo. Il programma si divide in varie aree d'azione, di seguito elencate:

- Eccellenza scientifica
- Leadership industriale
- Sfide per la società
- Diffondere l'eccellenza e promuovere la partecipazione
- La scienza con e per la società
- Azioni di innovazione in Horizon 2020
- Scienze sociali e umanistiche
- Ricerca nucleare per tutti i cittadini
- Scienza per le politiche – il ruolo del Centro comune di ricerca

Soffermandoci sulle principali, sotto l'area denominata "Eccellenza scientifica", sono presenti diverse misure a sostegno dell'innovazione; un importante esempio è la ricerca di frontiera, cioè interdisciplinare e senza confini geografici, finanziata dal Consiglio europeo della ricerca, che fornisce finanziamenti a team o individui eccellenti. A questa misura sono stati destinati ben 13,095 miliardi di euro. Altro, non meno importante, esempio, è rappresentato dalle azioni Marie Curie, che mirano a formare e sostenere giovani ricercatori, con un finanziamento totale di 6,162 miliardi di euro. Importante è anche il finanziamento europeo da 2,488 miliardi di euro per l'accesso alle infrastrutture scientifiche più all'avanguardia per i ricercatori meritevoli.

⁷⁵ C. Clerici, *Horizon 2020: l'UE mette a disposizione 80 miliardi per la ricerca*, Corriere della sera, 3 marzo 2014: https://www.corriere.it/scienze/14_marzo_03/horizon-2020-l-ue-mette-disposizione-80-miliardi-la-ricerca-3aab7cc0-a2af-11e3-b600-860f014e2379.shtml

Sotto l'area "Leadership industriale", si trovano una serie di iniziative volte ad accrescere la competitività delle imprese europee. Ad esempio, vi è un sostegno finanziato con 13,557 miliardi di euro, a sostegno delle tecnologie dell'informazione, della comunicazione e spaziali. Inoltre, è stato creato uno strumento di sostegno per le piccole e medie imprese che siano altamente innovative. Horizon 2020 punta anche a concedere prestiti e garanzie oltre ad investimenti diretti nelle PMI innovative, tramite un fondo di 2,842 miliardi di euro.

Fondamentali sono le misure presenti sotto l'area "Sfide per la società", che hanno lo scopo di garantire il benessere dei cittadini dell'UE tramite la ricerca e l'innovazione. In particolare, il focus è posto sulla ricerca destinata al settore della sanità e sulla sostenibilità. E' necessario un cambiamento nel modo di produrre, consumare, lavorare, conservare e smaltire i rifiuti, per evitare un elevato impatto ambientale, tramite la trasformazione dei rifiuti stessi in risorse capaci di generare nuovo valore. Sarà necessario puntare in misura sempre maggiore verso l'energia sostenibile, dunque rinnovabile, e alla mobilità green, tramite la creazione di un sistema di trasporto sostenibile basato su mezzi ibridi ed elettrici; questi interventi sono necessari, così come spiegato nel programma, per far fronte ai cambiamenti climatici, obiettivo primario per l'Unione Europea, che infatti ha destinato quasi 20 miliardi alle misure a sostegno dell'ambiente sopra descritte.

Le altre aree di intervento godono di minori investimenti da parte della Commissione, ma hanno anch'esse obiettivi ambiziosi ed importanti. I finanziamenti previsti sono tati distinti a seconda del loro utilizzo⁷⁶:

- Azioni di ricerca e innovazione: finanziamento di progetti di ricerca che affrontano sfide che possono portare a nuove conoscenze e tecnologie
- Azioni di innovazioni: finanziamento per attività che hanno come obiettivo la produzione di prodotti nuovi
- Coordinamento e azioni di supporto: finanziamento per la copertura del coordinamento e della messa in rete di progetti e politiche di ricerca
- Sovvenzioni per la ricerca di frontiere: finanziamento di progetti scientificamente eccellenti in ogni campo
- Sostegno per la formazione e lo sviluppo della carriera

⁷⁶ Commissione Europea, Horizon 2020 in breve, Ufficio delle pubblicazioni dell'Unione europea, 2014, pp.4-29: https://ec.europa.eu/programmes/horizon2020/sites/default/files/H2020_IT_KI0213413ITN.pdf

- Strumento per le PMI: offerta di somme per studi di fattibilità, contributi per le fasi principali dei progetti di innovazione e accesso agevolato al debito.

Oltre al programma Horizon 2020, la Commissione porta avanti un progetto, a sostegno delle PMI, iniziato concretamente nel 2013 e partito nel 2015, chiamato I4MS; lo scopo, è quello di favorire l'accesso a competenze digitali e supportare finanziariamente le piccole e medie imprese. I4MS è presente fisicamente sul territorio dell'UE, tramite dei Digital Innovation Hub, che offrono importanti aiuti alle imprese, in modo più diretto e immediato⁷⁷.

Dal primo semestre del 2016, inoltre, la Commissione europea ha istituito un piano di governance atto a rendere più facilmente coordinabili le iniziative relative alla digitalizzazione delle industrie. In particolare, è stata prevista la convocazione di una tavola rotonda biennale, per riunire rappresentanti di iniziative in ambito Industry 4.0 nei paesi membri, protagonisti del settore industriale e parti sociali ed un forum europeo annuale delle parti interessate in tutte le catene del valore per favorire la consultazione ed il coordinamento. Inoltre, sempre nel 2016, è stata proposta l'iniziativa sul libero flusso dei dati nel territorio dell'Unione e un esame approfondito intorno alle norme in materia di proprietà dei dati, accesso e riutilizzo degli stessi, in materia di normative di sicurezza e responsabilità nell'applicazione di sistemi IoT e sulla sicurezza di app e software.

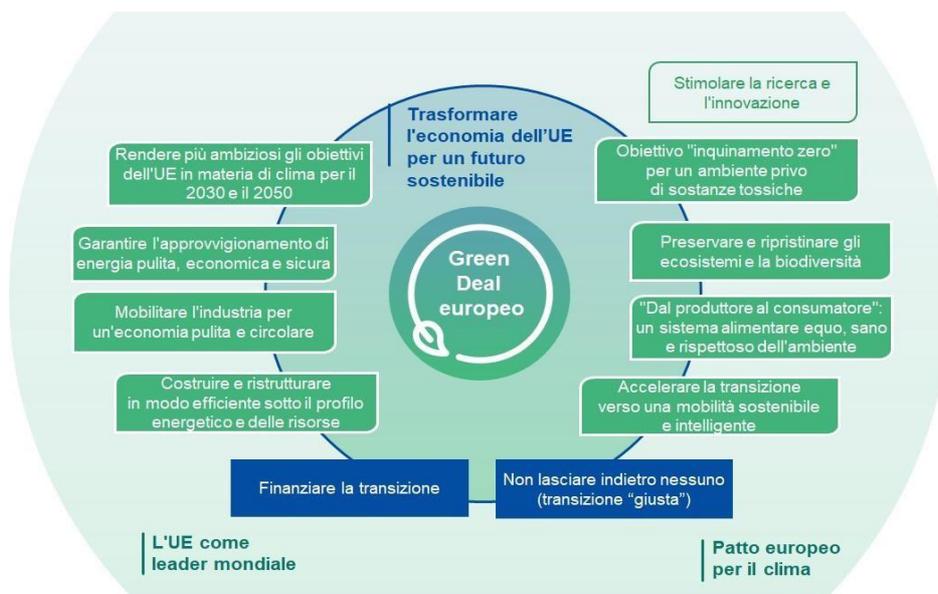
Nel dicembre del 2019, Ursula Von der Leyen è stata eletta alla presidenza della Commissione europea. La presentazione della propria candidatura riprende in modo importante le tematiche della transizione digitale e della green economy. Il paragrafo 3 della presentazione è intitolato "Un Europa adatta all'era digitale" e sottolinea quali sono le priorità di Ursula Von der Leyen per rendere l'Unione competitiva e ai primi posti in ambito digitale. Dopo un'introduzione incentrata sull'importanza delle nuove tecnologie, in particolare l'Intelligenza Artificiale, la trattazione passa alla spiegazione delle varie tecnologie digitali che sono indispensabili per la competitività di oggi e di domani. Internet of Things in primis, il quale, sta connettendo il mondo, tramite sistemi fisici e dati. Il 5G è una priorità per il funzionamento efficiente dei nuovi sistemi integrati, perciò il programma prevede degli standard condivisi da tutti gli stati membri. Il discorso si sposta poi sui computer; Ursula Von der Leyen considera prioritario l'investimento

⁷⁷ Redazione t2i, I Digital Innovation Hub dell'iniziativa I4MS, t2i, marzo 2017: <http://www.t2i.it/wp-content/uploads/2017/03/Scheda-DIH.pdf>

in blockchain, quantum computing, high-performance computing e strumenti adatti a consentire la condivisione di dati. L'obiettivo è quello di definire delle linee guida condivise all'interno dell'UE. Von der Leyen aggiunge poi che nei primi 100 giorni della sua presidenza, sarà portata avanti una legislazione per definire in modo più preciso e al livello comunitario le implicazioni etiche e umane connesse all'Intelligenza Artificiale⁷⁸.

Ma il punto fondamentale del programma dell'attuale presidente della Commissione europea, che viene, non a caso, posto al paragrafo uno del piano, è il Green Deal Europeo. Il Green Deal Europeo è una strategia che punta a rendere l'Europa il primo continente del mondo, entro il 2050, capace di non generare alcuna emissione di gas serra, tramite la trasformazione dell'economia in un'economia più moderna ed efficiente dal punto di vista delle risorse impiegate. La sostenibilità è alla base di ogni strategia, sia per le industrie, sia, più in generale, per la società europea. La comunicazione della Commissione al Parlamento europeo, al Consiglio, al Comitato economico e sociale europeo e al Comitato delle regioni dell'11 dicembre 2019, definisce una serie di obiettivi fondamentali per portare avanti un reale trasformazione dell'economia dell'UE, in chiave sostenibile. Oltre a questi, la comunicazione spiega anche che la transizione green sarà finanziata con un piano d'investimenti da tremila miliardi di euro, pari all'1,9% di tutto il PIL dell'Unione Europea e che questa dovrà avvenire in egual modo in tutti gli stati membri, senza lasciare indietro alcun paese. E' importante sottolineare l'obiettivo, non meno importante, di coinvolgere anche altri paesi, al di fuori dell'UE, nella transizione, con la ferma convinzione che la neutralità climatica potrà essere raggiunta solo con un a collaborazione di ampio respiro. Entrando più nel vivo del piano, i punti salienti sono riepilogati nell'immagine di seguito:

⁷⁸ U. Von der Leyen, *A Europe that strives for more*, Ufficio pubblicazioni dell'Unione Europea, 2019, pp.13-14: http://www.eunec.eu/sites/www.eunec.eu/files/attachment/files/political-guidelines-next-commission_en_kopie.pdf



(Figura 5: Gli obiettivi del Green Deal Europeo. Fonte immagine: Commissione europea, Comunicazione della Commissione al parlamento europeo, al Consiglio, al Comitato economico e sociale europeo e al Comitato delle regioni, Ufficio pubblicazioni della Commissione europea, 11 dicembre 2019)

I punti in questione sono molto ambiziosi; basti pensare, ad esempio, alla volontà di ridurre le emissioni di gas serra di almeno il 55% entro il 2030, rispetto ai valori del 1990. Per raggiungere questo obiettivo è fondamentale la decarbonizzazione del sistema energetico, infatti, il 75% delle emissioni di gas a effetto serra dell'Unione Europea è prodotto dalla produzione e dall'utilizzo di energia. Per questo motivo è prioritario lo sviluppo di un settore dell'energia basato su fonti rinnovabili, ma a prezzi accessibili a tutti. Le tecnologie digitali sono importanti in questo processo, poiché dovrà essere promossa la diffusione di tecnologie e infrastrutture innovative, ad esempio le reti intelligenti e le reti ad idrogeno e ammodernare le infrastrutture già presenti. L'industria è protagonista della transizione ecologica e deve portare avanti obiettivi di economia circolare⁷⁹. L'estrazione dei materiali necessari alla trasformazione industriale è causa del 20% delle emissioni di gas serra europee ed estremamente dannosa per la biodiversità e le risorse idriche. Solo il 12% dei materiali proviene dal riciclaggio. L'economia circolare offre enormi possibilità sotto il profilo non solo ambientale, ma anche occupazionale. La strategia industriale adottata nel 2020 dall'UE mira a fare leva sulle potenzialità associate all'Industria 4.0, che sono fondamentali per il conseguimento degli obiettivi ambientali. Per sostenere l'economia circolare sarà propugnata una politica per i prodotti sostenibili, che vada a sostenere la progettazione in ottica circolare dei prodotti con uno sguardo alla riduzione e al riutilizzo dei

⁷⁹ C. Vinante, D. Basso, E. Gribaudo, R. Pavanetto, *Introduzione all'economia circolare 4.0*, HBI consulting, maggio 2019

materiali prima ancora che siano riciclati. Saranno portati avanti interventi sui settori ad alta intensità di risorse, quali il settore tessile, edile o delle materie plastiche. Inoltre, saranno introdotti incentivi per le imprese che offriranno prodotti riutilizzabili e durevoli. La Commissione sosterrà finanziariamente la diffusione delle tecnologie capaci di ridurre l'impatto ambientale delle industrie pesanti, come, ad esempio, quelle in grado di consentire la produzione dell'acciaio a basse o nulle emissioni. In questo contesto, la digitalizzazione è fondamentale, perciò la Commissione europea mira a garantire che le tecnologie quali Internet of Things o il Cloud computing, siano diffuse nel settore secondario e adattate per favorire le politiche green. Infatti, tramite sensori e simili, collegati al cloud, ad esempio, è possibile tracciare e monitorare l'inquinamento atmosferico o idrico. Ma lo stesso settore digitale presenta problemi da risolvere; l'imperversare di sistemi collegati alla rete, ha generato la necessità di enormi banche dati e server, i quali contribuiscono in maniera rilevante all'inquinamento ambientale a causa dell'immensa mole di energia di cui necessitano. Perciò la Commissione prevede la valutazione di misure atte a definire standard di efficienza energetica per questi sistemi e, al contempo, obblighi informativi circa il loro reale impatto ambientale.

Altro punto focale del Green New Deal è rappresentato dalla necessità di ridurre le emissioni legate alla costruzione e alla ristrutturazione degli edifici; gli edifici stessi, sono responsabili, infatti, del 40% del consumo energetico. In questo senso è necessario incentivare le ristrutturazioni che vadano ad abbattere il consumo energetico degli edifici, andando a raggiungere un duplice scopo, cioè la sostenibilità ambientale e l'impulso dato al settore edilizio. Si prevede la creazione di una piattaforma formata da imprese edili, ingegneri, architetti e autorità locali così da favorire la collaborazione e lo scambio di know-how⁸⁰.

I trasporti generano il 25% delle emissioni di gas serra dell'Unione Europea; l'obiettivo posto dal programma è quello di ridurre del 90% le emissioni legate ai trasporti entro il 2050. Per raggiungerlo, è necessario spostare almeno il 75% dei trasporti interni all'UE di merci sulle ferrovie. Importante anche la mobilità multimodale automatizzata, in grado di ridurre il traffico e quindi l'impatto ambientale delle automobili. Si vuole disincentivare l'utilizzo di combustibili fossili, tramite la rimozione delle sovvenzioni a favore degli stessi. Ma per fare ciò è necessario

⁸⁰ Camera dei deputati, XVIII Legislatura, *Il Green Deal europeo, il Piano di investimenti per un'Europa sostenibile e il Fondo per la transizione giusta*, Ufficio Rapporti con l'Unione europea, Dossier n. 31 – 24 aprile 2020, pp. 7-8: <http://documenti.camera.it/leg18/dossier/pdf/AT031.pdf>

un parallelo aumento della produzione di energia rinnovabile nell'Unione. L'obiettivo è installare entro il 2025 un milione di colonnine di ricarica per veicoli elettrici, affinché si vadano ad eliminare le barriere che impediscono l'utilizzo efficiente di questi vettori. Il programma definisce anche la strategia "Dal produttore al consumatore", atta a promuovere un sistema alimentare sostenibile e sano, che punti a ridurre o eliminare l'uso di pesticidi chimici, fertilizzanti e antibiotici e ad evitare le frodi alimentari. Anche questo provvedimento sarà imperniato sulla logica dell'economia circolare. Infine, si dovrà intervenire perché gli alimenti sani siano venduti a prezzi accessibili da tutta la popolazione⁸¹.

Gli ecosistemi mondiali ed europei sono in pericolo. In particolare, le aree boschive dell'Unione devono essere rinvigite ed accresciute per aumentare l'assorbimento di CO₂. Come già anticipato, è fondamentale, per la riuscita di questo ambizioso progetto, che l'Unione Europea investa ingenti quantità di denaro nella transizione green. Sarà importante, per plasmare un popolo più sensibile e attento alla tutela della natura, che le scuole e le università coltivino le conoscenze e le abilità necessarie per il successo della strategia di neutralità climatica⁸².

La pandemia che si è abbattuta sul mondo all'inizio del 2020, ha seriamente minato la stabilità e la stessa sopravvivenza di molti paesi dell'Unione e con essi, l'UE stessa. Per dare un segnale forte e deciso, la Commissione europea ha elaborato un piano di fondi da 750 miliardi di euro per la ripresa economica, chiamato Recovery Fund. La Commissione ha stabilito che almeno il 37% dei fondi dovranno essere impiegati per misure a tutela del clima, mentre almeno il 20% per spese in digitalizzazione. Volgendo il focus sul nostro paese, all'Italia spettano ben 209 miliardi di euro tra contributi a fondo perduto e prestiti e tale somma può essere cruciale per una reale Quarta rivoluzione industriale (ma sarebbe meglio definirla rivoluzione digitale) e la transizione verso la green economy, che stentano a decollare, considerando che l'Italia è quartultima in Europa davanti a Grecia, Bulgaria e Romania; entro il 30 aprile, sarà inviato a Bruxelles il Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza. Il piano italiano si compone di 6 aree di investimento principali. Il peso dato alle componenti della digitalizzazione (che comprende anche interventi sulla cultura e sul turismo) e della transizione ecologica è notevole, essendo le

⁸¹ A. Simonato, *Le strategie "dal produttore al consumatore" e per la biodiversità*, Aggiornamenti sociali, ottobre 2020: <https://www.aggiornamentisociali.it/articoli/le-strategie-dal-produttore-al-consumatore-e-per-la-biodiversita/>

⁸² Commissione europea, *Comunicazione della Commissione al Parlamento europeo, al Consiglio, al Comitato economico e sociale europeo e al Comitato delle regioni: Il Green Deal Europeo*, Ufficio pubblicazioni della Commissione europea, 11 dicembre 2019: https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:b828d165-1c22-11ea-8c1f-01aa75ed71a1.0006.02/DOC_1&format=PDF

due aree di intervento di gran lunga più cospicuamente finanziate. La prima potrà contare su una somma pari a 46,3 miliardi di euro, mentre la seconda addirittura 69,8 miliardi di euro. Il tesoretto sarà così ripartito: dei 46,3 miliardi, 11,7 andranno a finanziare la digitalizzazione della Pubblica Amministrazione, decisamente arretrata rispetto agli altri paesi principali dell'UE; 26,5 miliardi saranno impiegati per la digitalizzazione e l'innovazione del sistema produttivo, soprattutto grazie al Piano Transizione 4.0, che da continuità e perfeziona il Piano Industria 4.0; i restanti 8 miliardi spettano al settore del turismo e alla cultura.

Per quanto riguarda invece, i 69,8 miliardi, 7 saranno utilizzati per incentivare l'impresa green e l'economia circolare; 18,2 miliardi andranno a finanziare la transizione energetica e la mobilità sostenibile; 29,5 miliardi sovvenzioneranno l'ottimizzazione energetica degli edifici e la riqualificazione degli stessi; alla tutela del territorio e delle risorse idriche sono destinati i restanti 15 miliardi. Fondamentale, è la missione 3, che comprende i finanziamenti volti a garantire la costruzione di infrastrutture per una mobilità sostenibile, in particolare in ambito ferroviario, a cui spettano 31,9 miliardi di euro. Complementare alle missioni sopra elencate è la missione numero 4, "Istruzione e Ricerca", che, grazie ad un investimento da 28,4 miliardi di euro, sarà di fondamentale importanza per lo sviluppo di tecnologie e best-practices negli ambiti digitale e green⁸³.

⁸³ F. Tuseo, *Recovery Plan, un coordinamento centrale e nuove task force locali*, Fasi, 9 aprile 2021: <https://www.fasi.biz/it/notizie/strategie/22519-recovery-fund-recovery-plan-piano-ripresa-resilienza.html#>

CONCLUSIONE

Le dinamiche dell'evoluzione umana passano, ormai da secoli, attraverso l'invenzione e lo sviluppo di nuove tecnologie e processi. In questo senso, l'ingegno umano, è stato ed è il driver principale del cambiamento, il cuore pulsante delle più grandi innovazioni che ci hanno portato fino all'attuale modernità. Questo ingegno, a partire dalla seconda metà del Settecento, ha iniziato a modificare la concezione stessa della produzione dei beni, dando vita alle ormai ben note rivoluzioni industriali. La prima, è stata la rivoluzione che ha fatto da apripista verso una nuova società, una nuova cultura di vita. L'invenzione e soprattutto il perfezionamento del motore a vapore, hanno fatto sì che l'attività manifatturiera crescesse via via di importanza, portando alla prima reale urbanizzazione di massa e allo sviluppo sempre maggiore del settore dei trasporti. La Seconda rivoluzione industriale, è stata quella che realmente ha reso a lungo l'industria il settore principale dell'economia nell'Europa occidentale e nel nuovo continente americano che si andava organizzando intorno alla formazione degli Stati Uniti. L'industria siderurgica vide una crescita esponenziale, grazie a nuovi processi produttivi che abbatterono i costi e miglioravano notevolmente la qualità del prodotto; l'invenzione del motore a benzina aprì la strada all'industria automobilistica, mentre la rete ferroviaria, crebbe nei paesi sviluppati, così come il trasporto navale. L'elettricità modificò tempi, organizzazione e modi di vita delle città e delle fabbriche; il petrolio affiancò e poi progressivamente sostituì nel XX secolo il carbone quale paradigma energetico; si sviluppò l'industria chimica e nacque la fotografia e la cinematografia. La società, di nuovo, grazie alla tecnologia, conobbe irreversibili cambiamenti. La Terza rivoluzione, oltre a favorire la crescita di tutti i settori sopra citati, portò alla nascita di altre tecnologie (basti pensare all'informatica e al digitale), che, nuovamente, trasformarono in tempi relativamente brevi la vita degli individui e delle comunità.

I cambiamenti che ci aspettano (e che stanno già avendo luogo), saranno volti ad incrementare ed implementare le tecnologie esistenti, senza però andare a stravolgere totalmente la vita precedentemente conosciuta, a differenza di quanto avvenuto in precedenza, in particolar modo nelle ultime due rivoluzioni. Nell'epoca in cui ci troviamo a

vivere, ci siamo adattati a rispondere in modo relativamente rapido ai cambiamenti, anche grazie alle iniziative prese dai governi e dalle unioni degli stati; infatti, una larga parte del mondo è ancora ben lungi dal conoscere le tecnologie e i progressi a noi ormai familiari. Anzi, con l'aumentare della velocità con cui si sta sviluppando la digitalizzazione, considerando il costo effettivo dei nuovi sistemi, il rischio concreto è quello che i paesi meno industrialmente avanzati si troveranno ad essere ancora più distanziati, in termini economici.

Una delle implicazioni della rivoluzione digitale, ma anche un elemento senza cui questa non avrà modo di esprimersi al meglio, è la transizione ecologica; perché sia davvero possibile un mondo green, attento all'ambiente e sostenibile, è necessario che l'intero pianeta e dunque ciascun paese, sia messo nelle condizioni di poter provvedere a che ciò avvenga. Inoltre, ci troviamo in un contesto basato sulla globalizzazione, che interconnette tutto il mondo tramite reti commerciali e non solo; sostenere lo sviluppo tecnologico dei paesi arretrati, porterebbe grandi benefici non solo a coloro che in quei paesi vivono, bensì a tutti. Le potenzialità che questa rivoluzione cova, sono ingenti, e necessitano di interventi coraggiosi da parte dei governi, affinché possano esprimersi al massimo. In questo senso, il Recovery Fund europeo sembra essere un lungimirante intervento, che, pur essendo stato presentato per far fronte alla crisi economica dovuta alla pandemia con cui ci troviamo a convivere, sarà fondamentale, se sfruttato in modo intelligente, per dare una decisa spinta verso la digitalizzazione e la sostenibilità ambientale.

Riferimenti bibliografici e articoli

Aldoriso, L., *Quali sono gli 8 competence center in Italia per sviluppare l'industria 4.0*, Wired, 11 gennaio 2019, disponibile al link:

<https://www.wired.it/economia/business/2019/01/11/competence-center-italia-industria-4-0/>

Antonini, C., *Industria 4.0: origine e sviluppi della quarta rivoluzione industriale*, Lo Spiegone, 4 luglio 2019, disponibile al link: <https://lospiegone.com/2019/07/04/industria-4-0-origine-e-sviluppi-della-quarta-rivoluzione-industriale/>

Autor, D., *Why are there still so many jobs? The history and future of workplace automation*, MIT university press, Cambridge (MA), 2015.

Bandon, C., *Le strade d'Europa nel Settecento: Francia, Gran Bretagna, Lombardia*, Storia e Futuro, giugno 2013, disponibile al link: <http://storiaefuturo.eu/le-strade-deuropa-nel-settecento-francia-gran-bretagna-lombardia/>

Beltrametti, A., Guarnacci, N., Intini, N., La Forgia, C., *La fabbrica connessa*, Guerini e associati, Milano, 2017.

Braga, A., *Digital transformation*, Egea, Milano, 2017.

Brynjolfsson, E., McAfee, A., *La nuova rivoluzione delle macchine*, Feltrinelli, Milano, 2017.

Camera dei deputati, XVIII Legislatura, *Il Green Deal europeo, il Piano di investimenti per un'Europa sostenibile e il Fondo per la transizione giusta*, Ufficio Rapporti con l'Unione europea, Dossier n. 31 – 24 aprile 2020, disponibile al link: <http://documenti.camera.it/leg18/dossier/pdf/AT031.pdf>

Canna, F., *Anche la Francia adotta il superammortamento*, Innovation post, 29 gennaio 2019, aggiornato 16 maggio 2019, disponibile al link: <https://www.innovationpost.it/2019/01/29/anche-la-francia-adotta-il-superammortamento/>

Canna, F., *Industria 4.0, com'è la situazione in Spagna?*, Innovation post, 4 aprile 2017, disponibile al link: <https://www.innovationpost.it/2017/04/04/industria-4-0-situazione-spagna/>

Casali, A., *Come sfruttare il Cloud per l'Industria 4.0 e per l'Impresa 4.0*, Network digital 360, 15 gennaio 2018, disponibile al link: <https://www.internet4things.it/industry-4-0/come-sfruttare-il-cloud-per-lindustria-4-0-e-per-limpresa-4-0/>

Chui, M., Maniyka, J., Miremadi, M., *Where machines could replace humans, and where they can't (yet)*, McKinsey digital, 8 luglio 2016, disponibile al link:

<https://www.mckinsey.com/business-functions/mckinsey-digital/our-insights/where-machines-could-replace-humans-and-where-they-cant-yet#>

Clerici, C., *Horizon 2020: l'UE mette a disposizione 80 miliardi per la ricerca*, Corriere della sera, 3 marzo 2014, disponibile al link: https://www.corriere.it/scienze/14_marzo_03/horizon-2020-l-ue-mette-disposizione-80-miliardi-la-ricerca-3aab7cc0-a2af-11e3-b600-860f014e2379.shtml

De Simone, E., *Storia economica*, Franco Angeli, 5. Ed., Milano, 2018.

Di Rauso, E., *Taylorismo, Fordismo e Toyotismo: le tre più grandi rivoluzioni del lavoro*, Crea Sud, disponibile al link: <https://creasud.it/2020/05/24/taylorismo-fordismo-toyotismo-grandi-rivoluzioni-lavoro/>

Fabrizi, P., *Cos'è l'intelligenza artificiale e quali sono le applicazioni attuali e future*, Network digital 360, 1 marzo 2020, disponibile al link: <https://www.zerounoweb.it/analytics/cognitive-computing/cosa-intelligenza-artificiale/>

Grigg, D., *Rivoluzioni agricole*, Enciclopedia delle scienze sociali Treccani, 1997, disponibile al link: https://www.treccani.it/enciclopedia/rivoluzioni-agricole_%28Enciclopedia-delle-scienze-sociali%29/

Gruosso, G., *Il ruolo dei materiali a supporto di industria 4.0*, Ricomincio da 4, 22 febbraio 2018, disponibile al link: <https://ricomincioda4.fondirigenti.it/ruolo-dei-materiali-supporto-industria-40/>

Hilgenberg, K., *Industry 4.0 in Germania: il segreto del loro successo*, Tech economy 2030, 8 giugno 2018, disponibile al link: <https://www.techeconomy2030.it/2018/06/08/industry-40-germania-segreto-del-successo/>

Krugman, P., *Dai robot una nuova rivoluzione industriale*, Il sole 24 ore, 5 gennaio 2013, disponibile al link: <https://st.ilsole24ore.com/art/commenti-e-idee/2013-01-05/robot-nuova-rivoluzione-industriale-081528.shtml?uuid=AbY9WUHH>

Lazzarin D., *Industria 4.0, le 6 tecnologie abilitanti secondo il Politecnico di Milano*, Network digital 360, 19 gennaio 2016, disponibile al link: <https://www.digital4.biz/supply-chain/industria-40-politecnico-milano-sei-tecnologie-abilitanti/>

Levy, F., Murnane, R., *The new division of labor*, Princeton university press, Princeton (NJ), 2014.

Longo, A., Rangone, A., *Il primo piano industriale innovazione: ecco che serve, per il futuro dell'Italia*, Network digital 360, 30 novembre 2020, disponibile al link: <https://www.agendadigitale.eu/industria-4-0/il-primo-piano-industriale-per-linnovazione-dellitalia/>

Maci, L., *Che cos'è l'industria 4.0 e perché è importante saperla affrontare*, EconomyUp, 16 dicembre 2016, disponibile al link: <https://www.economyup.it/innovazione/cos-e-l-industria-40-e-perche-e-importante-saperla-affrontare/>

Maci, L., *Industria 4.0, che cosa succede in Europa e negli Usa*, EconomyUp, 14 dicembre 2016, disponibile al link: <https://www.economyup.it/startup/industria-40-che-cosa-succede-in-europa-e-negli-usa/>

Magani, A., *Ora anche le fabbriche italiane assumono i cobot*, Il sole 24 ore, 6 dicembre 2017, disponibile al link: <https://www.ilsole24ore.com/art/ora-anche-fabbriche-italiane-assumono-cobot-AE4daXND>

Magnani, A., *Perché si parla tanto di industria 4.0: che cos'è e quanti lavori può creare*, Il sole 24 ore, 13 ottobre 2017.

Mannoni, S., *Quarta rivoluzione industriale e nuovi conflitti sociali: cosa ci insegna la storia*, Network digital 360, 19 settembre 2019, disponibile al link: <https://www.agendadigitale.eu/industry-4-0/la-quarta-rivoluzione-industriale-rischia-di-scatenare-conflitti-sociali-la-storia-ce-lo-insegna/>

Matsushima, K., *Dall'Industria 4.0 alla società 5.0: il contributo del Giappone alla IV rivoluzione industriale*, La stampa, 19 ottobre 2017, aggiornato 21 giugno 2019, disponibile al link: <https://www.lastampa.it/tecnologia/idee/2017/10/19/news/dall-industria-4-0-alla-societa-5-0-il-contributo-del-giappone-alla-iv-rivoluzione-industriale-1.34405327>

McAfee, A., Brynjolfsson, E., *La macchina e la folla*, Feltrinelli, Milano, 2020.

Mitragliotta, G., *Industry 4.0, grossi investimenti richiesti: l'esempio di Usa e Germania*, Network digital 360, 13 gennaio 2016, disponibile al link: <https://www.agendadigitale.eu/cultura-digitale/industry-40-grossi-investimenti-richiesti-l-esempio-di-usa-e-germania/>

Pascale, A., *Le complicazioni dell'economia reale, spiegate*, Il post, 4 dicembre 2017, disponibile al link: <https://www.ilpost.it/antoniopascale/2017/12/04/le-complicazioni-dellagricoltura-reale-spiegate/>

Pennacchio, V., *Disoccupazione tecnologica: che cos'è? Ecco il risultato del progresso*, Money.it, 11 agosto 2014, disponibile al link: <https://www.money.it/Disoccupazione-tecnologica-che-cos>

Pignatelli, M., *La Svezia scommette su Impresa 4.0 e Agenda digitale*, Il sole 24 ore, 20 marzo 2019, disponibile al link: <https://www.ilsole24ore.com/art/la-svezia-scommette-impresa-40-e-agenda-digitale-ABpqfcb>

Pisanu, N., Weisz, B., *Industry 4.0, piano e attuazione: tutto ciò che c'è da sapere*, Network digital 360, 8 novembre 2018, disponibile al link: <https://www.agendadigitale.eu/industry-4-0/industry-40-tutto-quello-che-c-e-da-sapere-su-piano-e-attuazione/>

Pisanu N., *Solo il 14% delle aziende italiane è a un buon livello di digitalizzazione*, Innovation post, 11 luglio 2019, disponibile al link: <https://www.innovationpost.it/2019/07/11/solo-il-14-delle-aziende-italiane-e-a-un-buon-livello-di-digitalizzazione/>

Redazione Esquire, *A quanto pare i robot non ci sostituiranno così facilmente*, Esquire, 13 settembre 2019, disponibile al link: <https://www.esquire.com/it/lifestyle/tecnologia/a28965147/robot-lavoro-uomini/>

Redazione Informazione Fiscale, *Cos'è il Piano Industria 4.0? La guida completa*, Informazione Fiscale, 6 settembre 2019, disponibile al link: <https://www.informazionefiscale.it/piano-industria-4-0-cos-e-guida-quarta-rivoluzione-industriale>

Rezzani A., *Le tre V dei Big data*, Data skills, 10 gennaio 2018, disponibile al link: <https://www.dataskills.it/le-tre-v-dei-big-data/#gref>

Rifkin, J., *La società a costo marginale zero*, Mondadori, Milano, 2015.

Sai, M., *Industria 4.0: innovazione digitale e organizzazione del lavoro*, Quaderni di rassegna sindacale, n.3, luglio-settembre 2017, disponibile al link: http://direct-project.org/docs/it/Sai_TPS_in_Italia.pdf

Sarcina, F., *McKinsey: le macchine sostituiranno l'uomo nel 49% dei lavori*, Il sole 24 ore, 14 gennaio 2017, disponibile al link: https://www.ilsole24ore.com/art/mckinsey-macchine-sostituiranno-l-uomo-49percento-lavori-ADyh8xYC?refresh_ce=1

Schwab, K., *La quarta rivoluzione industriale*, Franco Angeli, Milano, 2016.

Simonato, A., *Le strategie "dal produttore al consumatore" e per la biodiversità*, Aggiornamenti sociali, ottobre 2020, disponibile al link: <https://www.aggiornamentisociali.it/articoli/le-strategie-dal-produttore-al-consumatore-e-per-la-biodiversita/>

Solenne, V., *Bioeconomia*, P&S Legal, 25 aprile 2020, disponibile al link: <https://www.pandslegal.it/bioeconomia/>

Taisch, M., De Carolis, A., *I piani a sostegno della manifattura: accelerare l'innovazione, stabilire un ambiente digitale dinamico e agevolare la ricerca strategica e applicata*, Industria italiana, 8 novembre 2016, disponibile al link: <https://www.industriaitaliana.it/la-quarta-rivoluzione-industriale-nel-mondo/>

Taisch, M., De Carolis, A., *La quarta rivoluzione industriale nel mondo*, Industria italiana, 8 novembre 2016, disponibile al link: <https://www.industriaitaliana.it/la-quarta-rivoluzione-industriale-nel-mondo/>

Taisch, M., *Non è solo questione di fabbrica: questa rivoluzione ha più facce*, Il sole 24 ore, 10 ottobre 2017, disponibile al link: <https://www.ilsole24ore.com/art/non-e-solo-questione-fabbrica-questa-rivoluzione-ha-piu-facce-AEGlcKfC>

Tanner, A., *Belle Epoque*, Dizionario storico della Svizzera, 2002, disponibile al link: <https://hls-dhs-dss.ch/it/articles/030183/2002-05-23/>

Temporelli, M., Colorni, F., Gamucci, B., *4 punto 0*, Hoepli, Milano, 2017.

Toniolo, G., *Le tre rivoluzioni a confronto*, Il sole 24 ore, 29 maggio 2016, disponibile al link: <https://st.ilsole24ore.com/art/cultura/2016-05-27/tre-rivoluzioni-confronto-181942.shtml?uuid=ADGqLmN>

Tronti, L., *Economia della conoscenza, innovazione organizzativa e partecipazione cognitiva: un nuovo modo di lavorare*, 2015, disponibile al link: https://web.uniroma1.it/masterlavoro/sites/default/files/allegati/Tronti%20-%20Economia%20della%20conoscenza%2C%20innovazione%20organizzativa%20e%20partecipazione%20cognitiva_1.pdf

Tuseo, F., *Recovery Plan, un coordinamento centrale e nuove task force locali*, Fasi, 9 aprile 2021, disponibile al link: <https://www.fasi.biz/it/notizie/strategie/22519-recovery-fund-recovery-plan-piano-ripresa-resilienza.html>

Vinante, C., Basso, D., Gribaudo, E., Pavanetto, R., *Introduzione all'economia circolare 4.0*, HBI consulting, maggio 2019.

Von der Leyen, U., *A Union that strives for more*, Ufficio pubblicazioni dell'Unione Europea, 2019, disponibile al link: http://www.eunec.eu/sites/www.eunec.eu/files/attachment/files/political-guidelines-next-commission_en_kopie.pdf/

Weisz, B., *Gli europei di Industry 4.0: Germania batte Italia?*, Network digital 360, 1 luglio 2016, disponibile al link: <https://www.agendadigitale.eu/infrastrutture/gli-europei-di-industry-40-germania-batte-italia/>

Sitografia

<https://www.borsaitaliana.it/notizie/sotto-la-lente/rivoluzione-252.htm>

https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/european-green-deal_it

https://www.camera.it/temiap/documentazione/temi/pdf/1183233.pdf?_1582131056011

<https://cordis.europa.eu/article/id/400949-bio-based-innovation-builds-europes-bioeconomy/it>

https://ec.europa.eu/programmes/horizon2020/sites/horizon2020/files/H2020_IT_KI0213413ITN.pdf

<https://www.hile.it/la-digitalizzazione-delle-imprese-in-europa-e-piani-industria-4-0/>

<https://www.ilsole24ore.com/art/incentivi-industria-40-francia-AEoGKXZ>

<https://www.ilsole24ore.com/art/incentivi-industria-40-spagna-AEUHKXZ>

<https://www.industria40.it/>

<https://www.mise.gov.it/index.php/it/transizione40>

https://www.mise.gov.it/images/stories/documenti/guida_industria_40.pdf

<https://www.mise.gov.it/index.php/it/68-incentivi/2038847-cooperazione-trilaterale-italia-francia-e-germania-per-l-industria-4-0>

<https://www.mise.gov.it/index.php/it/198-notizie-stampa/2037657-italia-francia-e-germania-rafforzano-la-cooperazione-per-l-industria-4-0>

<https://www.mise.gov.it/index.php/it/198-notizie-stampa/2036728-germania-francia-e-italia-uniscono-le-forze-per-promuovere-la-manifattura-digitale>

<https://www.timbusiness.it/mondo-digitale/internet-of-things/industry-4-0/industria-4-0-quanto-ne-sai>