



UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI PADOVA

DIPARTIMENTO DI SCIENZE ECONOMICHE ED AZIENDALI

“M. FANNO”

CORSO DI LAUREA IN ECONOMIA

PROVA FINALE

**“Diffusione e risultati delle politiche a supporto di Industria 4.0 in Italia e
in Europa”**

RELATORE:

CH.MO PROF. Roberto Ganau

LAUREANDO: Francesco Pravato

MATRICOLA N. 2035037

ANNO ACCADEMICO 2023 – 2024

Dichiaro di aver preso visione del “Regolamento antiplagio” approvato dal Consiglio del Dipartimento di Scienze Economiche e Aziendali e, consapevole delle conseguenze derivanti da dichiarazioni mendaci, dichiaro che il presente lavoro non è già stato sottoposto, in tutto o in parte, per il conseguimento di un titolo accademico in altre Università italiane o straniere. Dichiaro inoltre che tutte le fonti utilizzate per la realizzazione del presente lavoro, inclusi i materiali digitali, sono state correttamente citate nel corpo del testo e nella sezione ‘Riferimenti bibliografici’.

I hereby declare that I have read and understood the “Anti-plagiarism rules and regulations” approved by the Council of the Department of Economics and Management and I am aware of the consequences of making false statements. I declare that this piece of work has not been previously submitted – either fully or partially – for fulfilling the requirements of an academic degree, whether in Italy or abroad. Furthermore, I declare that the references used for this work – including the digital materials – have been appropriately cited and acknowledged in the text and in the section ‘References’.

Firma (signature)

A handwritten signature in black ink, appearing to be 'Bor Dst', written in a cursive style.

INDICE

| | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| INTRODUZIONE | 5 |
| CAPITOLO 1 | |
| Cos'è Industria 4.0? Come nasce e la sua diffusione in Italia. | |
| 1.1 Industria 4.0: le origini tra Germania e UE | 7 |
| 1.2 L'Italia riceve Industria 4.0 | 9 |
| 1.3 Le tecnologie di Industria 4.0 | 15 |
| CAPITOLO 2 | |
| Le iniziative governative e l'adozione di tecnologie abilitanti a Industria 4.0 in Europa | |
| 2.1 Le iniziative governative in UE | 19 |
| 2.1.1 Il piano <i>Industrie 4.0</i> in Germania | 19 |
| 2.1.2 Il piano <i>Industria Conectada 4.0</i> in Spagna | 23 |
| 2.2 Il livello di digitalizzazione in Europa: l'indice DESI | 26 |
| CAPITOLO 3 | |
| Impatto delle politiche a sostegno di industria 4.0 in Italia | |
| 3.1 Investimenti delle imprese italiane nelle tecnologie abilitanti | 31 |
| 3.2 Gli effetti delle tecnologie 4.0 sulla produttività delle imprese italiane | 35 |
| BIBLIOGRAFIA | 40 |
| CONCLUSIONE | 38 |
| FIGURE, GRAFICI | 48 |
| SITOGRAFIA | 46 |

INTRODUZIONE

Industria 4.0 rappresenta una trasformazione radicale nel settore industriale e non solo, caratterizzata dall'integrazione di tecnologie avanzate che mirano a rendere le fabbriche più "intelligenti", interconnesse e autonome.

Il concetto di Industria 4.0 è nato in Germania nel 2011 ma ha rapidamente acquisito rilevanza internazionale, diventando una rivoluzione sentita come necessaria per molte nazioni. La Germania, con il suo piano "*Industrie 4.0*", ha gettato le fondamenta per lo sviluppo di una strategia nazionale volta a promuovere la produzione e l'adozione delle nuove tecnologie digitali. Questo approccio ha influenzato profondamente le politiche di digitalizzazione in tutto il mondo, portando anche l'Unione Europea a promuovere un quadro normativo e finanziario favorevole attraverso strumenti come il "Mercato Unico Digitale" e il programma "Horizon 2020".

In Italia, il concetto di Industria 4.0 è stato accolto con una serie di iniziative governative a partire dal 2016, culminando con il "Piano Nazionale Industria 4.0". Questo piano si proponeva di stimolare l'adozione di tecnologie avanzate nelle imprese italiane con misure di detassazione e di deregolazione.

Queste politiche hanno avuto un impatto significativo sulla digitalizzazione dell'industria italiana, posizionando il paese tra i leader mondiali nella tassazione favorevole per i modelli di business digitali.

Tuttavia, nonostante i progressi compiuti e gli anni passati dall'inizio del piano, le sfide per il nostro paese non sono ancora terminate: esiste ancora un divario rispetto ad altri paesi europei, soprattutto in termini di competenze digitali tra la popolazione e la diffusione di tecnologie avanzate nelle piccole e medie imprese.

La tesi si propone di esplorare le tecnologie che abilitano alla *Smart Factory* nell'ambito dell'Industria 4.0. Vista l'importanza che la letteratura economica internazionale ha riservato alla quarta rivoluzione industriale, molte nazioni hanno lanciato dei piani nazionali per favorirne la diffusione, auspicandosi ritorni positivi in termini di sviluppo tecnologico e quindi in efficienza e remuneratività nelle rispettive economie. Attraverso l'analisi di precedenti studi e ricerche, questo lavoro cerca di fornire una panoramica critica dei successi raggiunti, delle sfide ancora presenti e delle prospettive future per l'industria italiana ed europea nell'era della quarta rivoluzione industriale. La tesi vuole approfondire le politiche governative per favorire l'adozione delle tecnologie abilitanti nel settore privato e dei risultati sulla produttività, con particolare riguardo alle situazioni di Italia, Spagna e Germania.

Capitolo 1

Cos'è Industria 4.0? Come nasce e la sua diffusione in Italia.

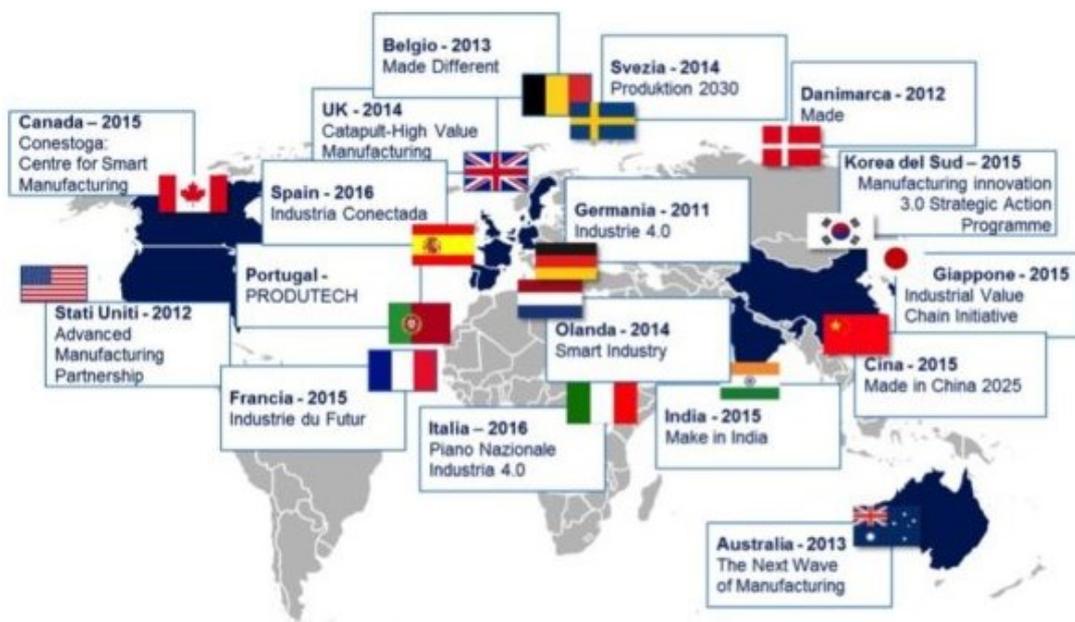
1.1 Industria 4.0: le origini tra Germania e UE

Il termine “Industria 4.0” nasce nel 2011 alla “Hannovermesse”, fiera punto di riferimento per il settore industriale e per l’automazione che si svolge ogni anno ad Hannover in Germania. Kagermann et al. (2011), con l’articolo “*Industrie 4.0: Mit dem Internet der Dinge auf dem Weg zur 4. industriellen Revolution*” (ovvero, “*Industria 4.0: L’Internet delle cose sulla strada della quarta rivoluzione industriale*”), illustrarono quale sarebbe stata la strada che il comparto industriale tedesco avrebbe dovuto seguire per compiere il passo successivo: l’adozione dell’*Internet of Things* e di tutti i sistemi ciberfisici che quest’ultimo rende possibili.¹

L’articolo in questione segnò lo spartiacque per l’Industria 4.0: si concluse con la raccomandazione di integrare le tecnologie analizzate, ma si inserì in un piano di azione governativo che in tal senso era già cominciato nel 2010, denominato “*Hightech-strategie*”. Nel 2012 gli studi di un gruppo di lavoro finanziato dal governo federale continuarono e confluirono nel 2013 nella “*Plattform Industrie 4.0*”, ovvero la creazione di una piattaforma comune per coordinare gli sforzi di tutti gli agenti economici tedeschi, un’iniziativa delle principali associazioni di settore (BITKOM, VDMA, ZVEI). Questa piattaforma, attiva ancora oggi, può essere vista come la cabina di regia di un processo di ricerca continuo delle ultime tendenze tecnologiche con l’obiettivo di fissare degli standard per il modello “*Industrie 4.0*” e, contemporaneamente, come luogo di incontro per le imprese che ricercano partner o alleanze per lo sviluppo e l’adozione di nuove tecnologie.

L’approccio tedesco a questa rivoluzione che stava nascendo proprio nel paese leader in Europa nel settore secondario, è sempre stato mirato a rendere la Germania il principale fornitore dei nuovi sistemi per la trasformazione 4.0 delle fabbriche oltre che un “*early adopter*”. La ricerca condotta in Germania spinse molti altri paesi a ragionare sul livello di digitalizzazione del proprio settore manifatturiero. I governi di tutto il mondo, con tempi e strumenti differenti, hanno seguito la strada della trasformazione 4.0: possiamo vedere infatti i tempi e i luoghi di tutte le principali iniziative sul tema dell’Industria 4.0 in Figura 1.

¹ Henning Kagermann era direttore di Acatech, Accademia Tedesca delle Scienze e dell’Ingegneria; Wolf-Dieter Lukas era Sottosegretario di Stato presso il Ministero Federale dell’Istruzione e della Ricerca; Wolfgang Wahlster era CEO del DFKI, il Centro di Ricerca Tedesco sull’Intelligenza Artificiale).



*Figura 1 – Iniziative governative per Industria 4.0 nel mondo
Fonte: Weisz (2016)*

In Figura 1 non sono però riportate le politiche che l’Unione Europea (UE) decise di introdurre nel 2016. Il lavoro a livello comunitario partì con una comunicazione della Commissione Europea (2016, p. 7) in cui la stessa analizzava i diversi piani nazionali e aspirava a “rafforzare la competitività dell’UE nell’ambito delle tecnologie digitali facendo in modo che qualsiasi industria in Europa possa beneficiare appieno delle innovazioni digitali, indipendentemente dal settore in cui opera, dal luogo in cui si trova e dalle sue dimensioni.” Visto che “Tra il 2000 e il 2014 gli investimenti in prodotti connessi alle TIC nell’UE sono stati circa un terzo di quelli effettuati negli USA” (Commissione Europea, 2016, p. 7), nel documento si legge come la Commissione Europea credesse fermamente nella capacità dell’UE come insieme di paesi di catalizzare al meglio le competenze e i fondi necessari per uno sviluppo corale e non più frammentario, accelerando così sugli investimenti e ponendosi come promotrice del “Mercato Unico Digitale”. Tramite il programma “Horizon 2020”, già avviato all’epoca della comunicazione della Commissione Europea, l’Unione Europea stanziò un totale di quasi 80 miliardi di Euro per il periodo 2014-2020 (Agenzia per la Ricerca Europea). Lo sforzo che la stessa si prefissò si basò su numerosi studi che evidenziavano un’importante opportunità di crescita della produttività. In Tabella 1, troviamo uno studio sulle aspettative di aumento di quest’ultima in Germania tra il 2015 e il 2020. In seconda colonna si trovano gli aumenti previsti con i costi dei materiali esclusi mentre in terza colonna con queste spese incluse.

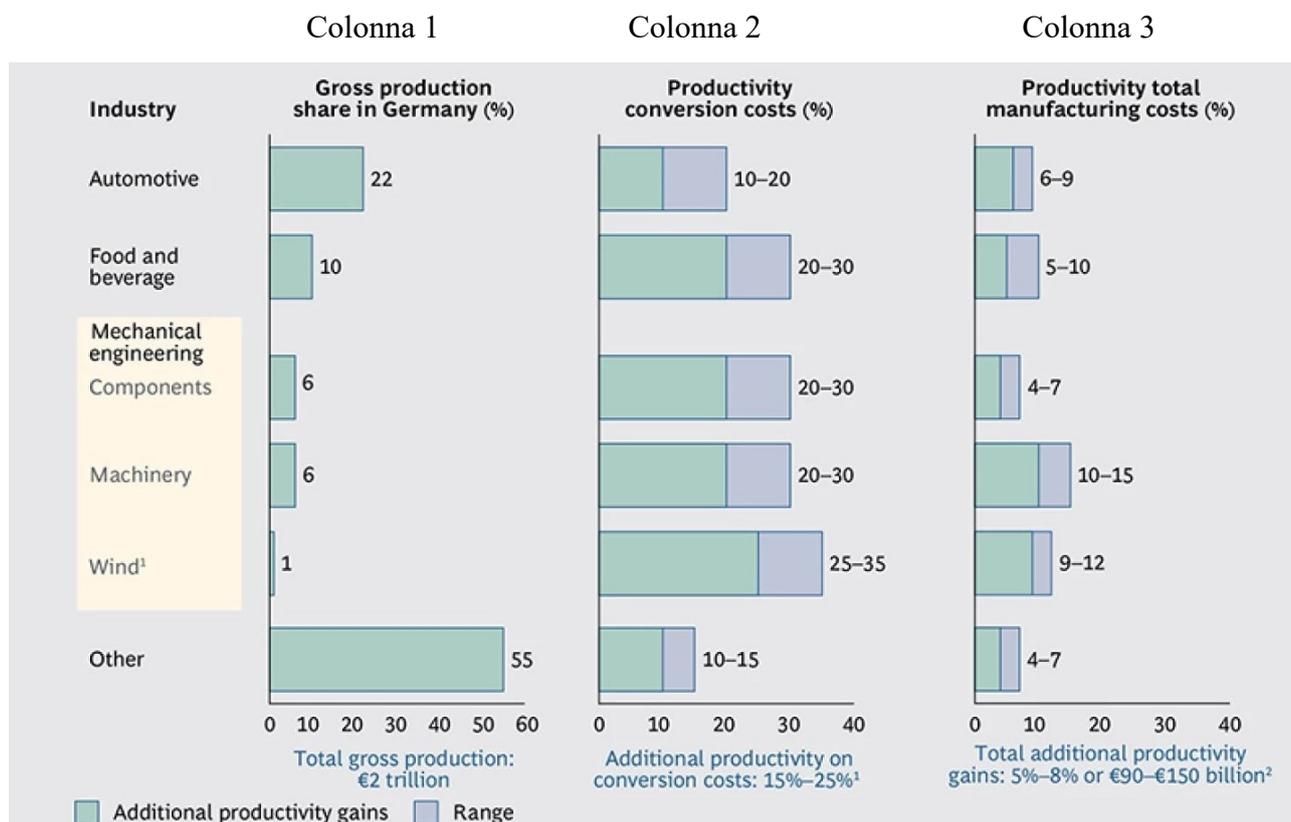


Tabella 1 - Aspettative di crescita della produttività in Germania tra il 2015 e il 2020
 Fonte: Rüßmann et al. (2015)

1.2 L'Italia riceve Industria 4.0

Parallelemente alle politiche e allo stanziamento dei fondi da parte dell'Unione Europea, il 30 giugno 2016 la X Commissione parlamentare italiana sulle attività produttive presentò "L'indagine conoscitiva su «Industria 4.0»: quale modello applicare al tessuto industriale italiano. Strumenti per favorire la digitalizzazione delle filiere industriali nazionali". Il documento apriva con uno studio sistematico dello stato di salute del settore industriale italiano passando per l'individuazione delle tecnologie perno della quarta rivoluzione industriale, che già stava avvenendo negli altri paesi Europei ed extra-UE. Veniva analizzato il contesto del tessuto industriale nelle altre nazioni e il loro grado di digitalizzazione per poi concludere con il vero obiettivo dell'indagine: formalizzare una proposta per lo sviluppo di Industria 4.0 in Italia. Quest'ultima si sarebbe dovuta affiancare ad altre di tipo governativo che già si focalizzavano sul tema della digitalizzazione come il "piano per la banda ultralarga" di marzo 2015: l'*Internet of Things* non sarebbe possibile senza una rete internet veloce ed estesa capillarmente.²

² Il piano BUL inserito nel decreto "Strategie per banda ultralarga" ha effettivo avvio nel 2018 con la concessione della costruzione e gestione dei sistemi a Open Fiber S.p.A. L'obiettivo era quello di portare una velocità di connessione internet di almeno 30 mb/s nelle aree rurali e 100 mb/s in quelle più industrializzate con un investimento statale di circa 6.2 miliardi di Euro, di cui 1 miliardo dall'UE. Ad oggi (luglio 2024), nel 64% dei comuni sono terminati i lavori.

La commissione formulò la proposta indicando 5 pilastri su cui basarla:

1. La nascita di una cabina di regia governativa che favorisse la cooperazione tra stato e impresa e intra-impresе. Questo punto tesse a ricalcare molto il framework creatosi nella vicina Germania (*“Plattform Industrie 4.0”*): lo scopo era di riunire i soggetti più importanti dei principali ministeri con quelli provenienti dal mondo civile così da ridurre la distanza di dialogo e di intervento. Ascoltando maggiormente da vicino i bisogni degli attori dei privati si sarebbero potute snellire le norme che ostacolavano gli investimenti ed effettuare così interventi più mirati.
2. La realizzazione delle infrastrutture necessarie. Tra queste si annoverano la già citata banda ultralarga e la connessione 5G, con l’Italia che nel 2016 si pose come obiettivo per il 2020 di avere una velocità di 100 mbps al secondo coprendo almeno l’85% del territorio. In più, occorreva il bisogno di digitalizzare la PA tramite il Modello di Evoluzione Strategica del Sistema Informativo della Pubblica Amministrazione, per rendere lo scambio informativo digitale uno standard tra cittadini e uffici pubblici. Infine, vi era il desiderio di promuovere i *digital innovation hubs* come poli aggregativi e di ricerca territoriali per lo sviluppo digitale delle imprese.
3. L’attuazione di un sistema di formazione sui temi “digitale” a partire dalla scuola fino a raggiungere i NEET, passando per la spinta al *work-in learning* per lavoratori e imprenditori estranei ai temi di Industria 4.0. In un mondo in continuo cambiamento la commissione intendeva sollecitare una formazione a tutti i livelli che si basasse non tanto su conoscenze nozionistiche bensì sulla capacità di ricezione dei cambiamenti e l’utilizzo delle nuove tecnologie così da ridurre il divario tra l’Italia e l’Europa. Ma ancora nel 2021, basandoci su un’indagine ISTAT effettuata nel 2023, meno del 46% della popolazione italiana tra i 16 e 74 anni deteneva competenze digitali almeno di base classificandoci al quart’ultimo posto dell’Unione Europea.
4. L’incoraggiamento della ricerca tramite gli *innovation centres*, le università e lo sviluppo di centri di ricerca internazionali. In questo pilastro si enunciava l’importanza cruciale da dare alle università come punti di partenza per la creazione e il trasferimento di conoscenze, e il bisogno di sviluppare centri di ricerca di respiro internazionale. In Europa, infatti, è stata evidenziata una correlazione statisticamente significativa tra spesa pubblica in ricerca e sviluppo (R&S) – anche in ambito accademico – e aumento di produttività per 17 stati su 28 nel periodo tra il 1995 e il 2013 (Nekrep et al., 2018).

5. Una spinta al mondo delle imprese perché diventino *data driven* e si sviluppino al meglio grazie all'utilizzo di internet. Nel 2016 già si captava il vantaggio competitivo che poteva scaturire dal catturare ed elaborare i dati al fine di renderli fruibili ed utilizzabili per indagini di mercato o per migliorare l'efficienza interna ottenendo un vantaggio competitivo.

Per dare seguito agli obiettivi descritti e auspicati nei 5 pilastri dell'indagine conoscitiva, il Governo Renzi vara nello stesso anno il "Piano Nazionale Industria 4.0". Il filo conduttore delle misure messe in campo era il supporto alla digitalizzazione. Questo diventò evidente nello studio condotto da PWC con l'Università di Mannheim e il Centro Europeo per la Ricerca Economica che posizionava l'Italia al secondo posto mondiale nel 2017 nella classifica del *Digital Tax index*. L'indice premia i paesi con una tassazione effettiva per imprese con modelli di *business* digitali più bassa.

Tutti gli interventi del Piano Industria 4.0 erano cumulabili l'uno con l'altro e così si articolavano:

1. Superammortamento del 140% e iperammortamento del 250%

Vi accedevano tutti i soggetti giuridici titolari di reddito d'impresa. A queste sopravvalutazioni di alcuni tipi di immobilizzazioni si accedeva in maniera automatica in sede di bilancio con un'autocertificazione, eccezion fatta per l'iperammortamento di beni dal valore superiore i 500.000 Euro a cui doveva seguire una perizia tecnica. Il superammortamento consisteva nella supervalutazione del 140% (130% nel 2018 a seguito dell'approvazione della legge di Bilancio del 2018) del valore di un macchinario o comunque di un qualsiasi bene strumentale nuovo, acquistato o *in leasing*. Per le imprese che avessero investito in beni materiali (allegato A) e immateriali (allegato B) abilitanti a Industria 4.0, avrebbero beneficiato dell'iperammortamento. Esso consisteva in un'iperavvalutazione del 250% del valore investito. Con la Legge di Bilancio 2020, le supervalutazioni diventano "Crediti d'imposta per investimenti in beni strumentali" da sfruttare in cinque anni (tre per i beni immateriali). I beni strumentali ordinari che prima venivano valutati al 140% del costo avrebbero originato ora un credito d'imposta pari al 6% su massimo 2 milioni di Euro di spesa (misura rimasta in vigore fino al 2022 e poi non più rinnovata). Per gli investimenti in beni strumentali materiali abilitanti a industria 4.0 (a cui si riconosceva un'iperavvalutazione al 250%) si riconosce un credito d'imposta del 40% fino a 2,5 milioni di Euro e del 20% per la quota tra 2,5 e i 10 milioni di Euro fissati come spesa ammissibile limite. I beni strumentali immateriali originano invece un credito d'imposta del 15% nel limite di 700 mila Euro. Attualmente e fino al 2025, per i beni strumentali materiali 4.0 è previsto un credito d'imposta del 25% degli investimenti per la quota fino a 2,5 milioni di Euro; del 10% tra i 2,5 e i 10 milioni e

del 5% per la parte tra i 10 e i 20 milioni di Euro. Per i beni strumentali immateriali 4.0 è invece previsto un credito d'imposta del 10% degli investimenti fino a 1 milione di Euro nel 2024 e del 5% con lo stesso limite di spesa nel 2025 (Gruppo del Barba Consulting).

2. Potenziamento della legge Sabatini

Il secondo intervento potenziava la legge Sabatini. In particolare, riguardava la copertura da parte della Cassa Depositi e Prestiti del tasso d'interesse fino al 2,75% per i finanziamenti bancari tra i 20.000 e i 2.000.000 di Euro ottenuti da micro, piccole e medie imprese per investimenti in beni strumentali, macchinari, impianti e tecnologie digitali (hardware e software). Se l'investimento verteva su tecnologie per la trasformazione 4.0, la copertura avrebbe considerato un tasso d'interesse fino al 3,57%. La richiesta di accesso era da effettuarsi tramite la banca o l'intermediario finanziario con cui si era contratto il finanziamento che avrebbe disposto il contributo. Sarebbe stato poi lo stesso istituto a richiedere le risorse anticipate al Ministero dell'Economia e delle Finanze. L'intervento è rimasto praticamente invariato nel tempo e anzi ha esteso nel 2024 il tetto dei finanziamenti da 2 a 4 milioni di Euro (IPSOA).

3. Credito d'imposta R&S

Questo contributo era destinato a tutte le imprese e si poneva come obiettivo di sostenere la spesa in ricerca e sviluppo. Esso consisteva in un credito d'imposta del 50% delle spese incrementalmente in ricerca e sviluppo anche in caso di perdita d'esercizio. Il calcolo si sarebbe effettuato partendo dalla media spesa da ogni beneficiario in R&S nel triennio dal 2012 al 2014 e sarebbe stato utilizzabile fino al 2020. Copriva le spese per un massimo di 20 milioni di Euro l'anno per impresa beneficiaria. Nonostante molteplici cambiamenti nelle percentuali del credito d'imposta e dei tipi di spese in ricerca e sviluppo attualmente previsti, la misura esiste ancora ed è stata addirittura prorogata sino al 2031 per le attività di ricerca fondamentale, ricerca industriale e sviluppo sperimentale ma con un credito d'imposta pari al 10% e fino a 5 milioni di Euro (IPSOA).

4. *Patent box*

La misura era volta a sostenere l'utilizzo diretto ed indiretto (anche infragruppo societario) di beni immateriali come brevetti ma anche *software* con diritto di *copyright*. Consisteva nella riduzione del 50% dell'aliquota IRES e IRAP sui redditi d'impresa derivanti dall'utilizzo di questi beni, a patto che il beneficiario sostenesse spese in R&S per il mantenimento degli stessi. È rimasta invariata sino al 2022, anno in cui è stata innalzata al 90% e poi non più rinnovata (IPSOA).

5. Agevolazioni per *Startup* e "PMI innovative"

Questa misura si articolava in diversi punti per avvantaggiare lo sviluppo nel mercato di questi tipi di imprese e fu istituita nel 2012 dal decreto-legge numero 179 del 2012. Nel “Piano Nazionale Industria 4.0”, la misura considerava Startup le imprese con un fatturato d’esercizio minore di 5 milioni di Euro e con un oggetto sociale innovativo e “PMI innovative” le società di capitali di piccole e medie dimensioni con bilanci certificati. Entrambe dovevano inoltre rispettare alcuni requisiti in termini di: composizione dei soci o dipendenti (quota laureati/ricercatori); spesa in ricerca e sviluppo; titolarità di brevetti/*software*. Tra le agevolazioni figuravano detrazioni IRPEF o deduzioni IRES per investimenti in capitale di rischio nella misura del 30% di questi ultimi, semplificazioni per l’accesso al fondo garanzia PMI, per la costituzione e per la raccolta di capitali tramite *crowdfunding*, esonero dalla procedura fallimentare ordinaria, dalla disciplina sulle società di comodo e in perdita sistematica e possibilità di cedere le proprie perdite a società quotate *sponsor*. Molte di queste deroghe e agevolazioni sono ancora oggi attive.

6. Fondo di garanzia pubblico

Questa misura, istituita dalla legge numero 662 del 1996, era rivolta a tutte le micro, piccole e medie imprese inclusi tutti i professionisti non finanziari e nel 2016 consisteva in una garanzia statale fino all’80% (2,5 milioni di Euro) dei finanziamenti che questi richiedevano senza limite nel numero di operazioni. Per il 2024, il Fondo garantisce fino a 5 milioni di Euro e la garanzia è gratuita per le microimprese (IPSOA).

7. ACE (aiuto alla crescita economica)

Questo strumento era già stato introdotto nel 2011³ e si rivolgeva a tutti i soggetti giuridici che producessero reddito d’impresa. Ancora oggi risulta in vigore e riconosce una deduzione per i soci che decidono di reinvestire gli utili o apportare capitale proprio, bensì in misure differenti da quelle che vedremo di seguito. Nella legge di bilancio del 2017 risultava nella deduzione del reddito d’impresa di un importo corrispondente al 2,3% nel 2017 e al 2,7% dal 2018 in poi (reddito nozionale del capitale proprio) del nuovo capitale proprio conferito o utili accantonati dal 2011 in avanti. Dopo essere stato cancellato nel 2019, viene riattivato nel 2020 (passando all’1,3%) e poi potenziato raggiungendo quota 15% nel 2021 per la quota di aumenti di patrimonio netto fino a 5 milioni di Euro⁴.

³ Dl. 6 dicembre 2011 n.210, poi convertito con la Legge numero 214 del 2011

⁴ decreto-legge numero 73 del 2021.

8. Riduzione dell'IRES e istituzione dell'IRI

La misura garantiva una riduzione dell'aliquota IRES dal 27,5% al 24%, in vigore ancora oggi. In più, permetteva a imprenditori individuali e soci di società di persone di scegliere un regime di tassazione agevolata, il cosiddetto IRI (oggi abrogata). Era applicabile per la sola parte di utili non prelevata a cui si applicava un'aliquota proporzionale del 24% evitando così la tassazione IRPEF con scaglioni fino al 43% (IPSOA).

9. Salario di produttività

Si rivolgeva a tutti i dipendenti del settore privato e sanciva una tassazione del 10% in sostituzione di IRPEF e addizionali sui premi fino a 3.000 Euro (4.000 nel caso di coinvolgimento paritetico dei lavoratori) corrisposti dall'azienda per aumenti della produttività. Dal 2023, grazie alla legge numero 197 del 2022 e poi confermata dalla legge di Bilancio 2024, l'aliquota è stata abbassata al 5% mantenendo gli stessi limiti e requisiti per beneficiarne (IPSOA).

Il "Piano Nazionale Industria 4.0" cambiò nome l'anno successivo sotto il cappello del nuovo Governo Gentiloni in "Piano Impresa 4.0". Venne introdotto un nuovo strumento di credito d'imposta del 40% per le spese sostenute per formazione del personale sulle tecnologie di industria 4.0, anche per dare seguito al pilastro numero 3 dell'indagine conoscitiva del 2016 richiamante il forte bisogno di *teaching* riguardo le nuove tecnologie abilitanti. Il massimo di spese incentivabili era di 300 mila Euro e rimase attivo fino al 2022 non senza alcune modifiche nel corso degli anni.

Con la Legge di Bilancio 2020 del Governo Conte si ebbe un altro cambio di denominazione e di modifiche alle misure precedenti. Il nuovo piano, "Transizione 4.0", eliminò le iper e super valutazioni e introduce i crediti d'imposta per investimenti in immobilizzazioni allargando il bacino di beneficiari anche ai professionisti. Nella stessa Legge di Bilancio, si aggiunse al credito d'imposta in ricerca e sviluppo, uno per la transizione ecologica (nella misura del 15% fino al 2022 con tetto di 2 milioni di Euro di spesa, del 10% per il 2023 e del 5% per il 2024-2025 per spese massime di 4 milioni di Euro) e in generale di supporto alla competitività delle imprese, oltre che a ricerca e sviluppo per il design di prodotto (nella misura del 10% per il 2022-2023 e del 5% per il 2024-2025 per spese massime di 2 milioni di Euro).

Avvicinandoci ad oggi, il Governo Draghi prima e il Governo Meloni poi, hanno praticamente lasciato inalterato l'assetto del "Piano Transizione 4.0" incanalando i fondi del PNRR per finanziare le misure precedenti. Mentre si sono visti esaurire i provvedimenti di credito d'imposta per acquisto di beni strumentali materiali e immateriali tradizionali e per la formazione in tema 4.0, le altre misure hanno subito e subiranno un dimezzamento dei benefici di anno in anno senza alcuna garanzia di essere rinnovate entro il 2025.

È da segnalare il varo del “Piano Transizione 5.0” con il Decreto-Legge 39 del 2 marzo 2024 che si posizionerà parallelamente a quello riguardante il 4.0 e vedrà beneficiari tutte le imprese e i professionisti. Finanziato con circa 6 miliardi di Euro, punterà a sussidiare gli investimenti che garantiranno un risparmio energetico di almeno il 5% sul processo produttivo o del 3% della struttura produttiva e le spese di formazione nei temi del digitale e dell’energetico. Consisterà in un credito d’imposta ma questo non è l’unico punto di contatto con il “Piano Transizione 4.0”. Infatti, per accedervi, sarà obbligatorio effettuare un investimento in ottica 4.0 da collegare all’efficientamento energetico richiesto ed esso godrà quindi delle aliquote maggiorate di quest’ultimo. Le aliquote sono nove e, nel caso si raggiungerà una riduzione dei consumi energetici di almeno il 10% per l’unità produttiva o il 15% per il processo, saranno così suddivise:

- 45% per la porzione fino a 2,5 milioni di Euro
- 25% per la parte tra i 2,5 milioni e i 10 milioni di Euro
- 15% per la quota oltre i 10 milioni di Euro con un limite massimo degli investimenti fissato a 50 milioni di Euro all’anno per ogni impresa beneficiaria.

1.3 Le tecnologie di Industria 4.0

Una definizione di cos’è Industria 4.0 applicata a una fabbrica può essere trovata nel lavoro di Redziwon et al. (2014, p. 1187): “un paradigma di produzione intelligente che favorisce processi flessibili e adattivi con lo scopo di risolvere problemi produttivi in un mondo sempre più complesso, dove le condizioni cambiano continuamente. Una soluzione basata sull’ottimizzazione del processo produttivo attraverso un mix di software, hardware e meccanica che ne aumenti l’automazione e sulla collaborazione tra diversi stakeholders dove l’intelligenza si basa su un’organizzazione dinamica”. La *smartness*, il concetto permeante ogni aspetto della quarta rivoluzione industriale, passa quindi attraverso una moltitudine di tecnologie e sulla capacità di organizzarle.

Secondo Frank et al. (2019), le tecnologie abilitanti a Industria 4.0 possono essere suddivise in due livelli: le tecnologie di base e le tecnologie che, poggiate su quest’ultime, possono essere integrate nelle attività primarie di un’azienda (Figura 2).

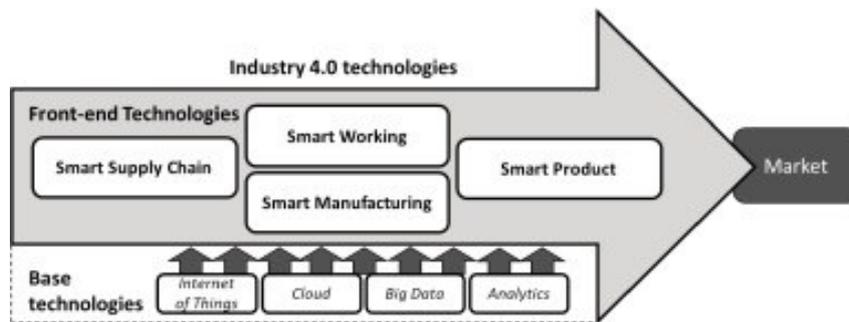


Figura 2 – Schema delle tecnologie 4.0
Fonte: Delenogare et al. (2019)

Tra le tecnologie di base troviamo:

- l'*Internet of Things* che riguarda una rete aziendale in cui i macchinari, interconnessi tramite sensori, comunicano tra loro dati e informazioni in tempo reale utilizzando una connessione senza fili che permetterebbe loro potenzialmente di ricavare informazioni dal *web* o comunicare con impianti dall'altra parte del mondo;
- i servizi *Cloud*, che permettono l'accesso e la connessione a risorse da remoto (da semplici documenti fino a software completi) senza che esse siano fisicamente installate nell'*hardware* aziendale e senza il bisogno di implementare costose infrastrutture *server* in loco;
- i *Big Data* e la *Data Analytics*, con il primo termine che si riferisce a enormi quantità di dati differenti in forma e leggibilità che solitamente derivano dall'uso di sensori e il secondo termine all'estrazione, l'analisi e la ricerca di pattern così da trasformare questi dati in informazioni puntuali per servire analisi *as-is* e predittive.

All'interno del reparto produttivo, forse il più influenzato da Industria 4.0, si trovano diverse nuove tecnologie con implicazioni del tutto inedite. Tra queste, a livello *hardware*, vi sono:

- Sensori, attuatori e controllori logici programmabili;
- Robot;
- Stampanti 3D.

Queste ultime, miscelate con le tecnologie di base e integrate all'interno di un ERP che le supporti, possono verticalizzare le scelte produttive dall'alto verso il basso, riducendo l'intervento umano e utilizzando informazioni, piani e modelli completamente digitali. Contemporaneamente, grazie alla *machine-to-machine communication* e a una rivoluzionata *human-machine interaction* possono fornire dati in tempo reale sullo stato della produzione rendendola flessibile e auto-adattiva (flusso *bottom-up*). Il processo produttivo diventa quindi tanto più preciso, controllabile e meno soggetto a imprevisti quanto è alta la sinergia che si crea tra queste componentistiche, i software e l'algoritmo IA che li governa. Non si parla più di semplice produzione bensì di *Smart Manufacturing* (Frank et al., 2019).

L'integrazione di queste tecnologie anche allo stesso prodotto finale, crea un fil rouge orizzontale che si estende anche a monte con la catena di approvvigionamento. Il bene è integrato con sensori e programmato con linguaggi di intelligenza artificiale. Questo gli permette di autoregolarsi e di interfacciarsi con altri prodotti, magari della stessa azienda produttrice, creando un eco-sistema che aumenta il *lock-in*. Grazie al *Cloud*, il prodotto può essere controllato da remoto e il suo uso monitorato, estrapolando così dati importanti per futuri sviluppi o correzioni/manutenzioni. Si creano così degli *Smart Product* (Frank et al., 2019).

Il concetto di Industria 4.0 permea anche le attività della *supply chain*. Le piattaforme digitali ospitate nel Cloud permettono un flusso continuo di informazioni tra fornitore e cliente. Esse vengono rilevate da sensori ed elaborate da *software* intelligenti che monitorano lo stato delle scorte in tempo reale, automatizzando e tracciando gli ordini. Il magazzino stesso viene rivoluzionato dall'utilizzo di robot che permettono uno sviluppo verticale e una gestione completamente automatizzata.

Altre tecnologie come la realtà aumentata e i dispositivi indossabili garantiscono agli addetti nuove modalità di formazione su modelli virtuali, di manutenzione a distanza e di modellazione digitale. I robot collaborativi affiancano i lavoratori nei compiti pericolosi o fisicamente più stancanti. Tutto questo è lo *Smart Working*, non inteso come lavoro impiegatizio distante dal proprio ufficio (Frank et al., 2019).

“L'indagine conoscitiva su «Industria 4.0»: quale modello applicare al tessuto industriale italiano. Strumenti per favorire la digitalizzazione delle filiere industriali nazionali” (Camera dei Deputati, 2016) individuò invece “tra le tecnologie abilitanti considerate più mature e promettenti” (Camera dei deputati, 2016, p.30) molte di quelle già analizzate nella letteratura economica, e in particolare:

- l'*Internet of Things*;
- il *Cloud* e *Cloud Computing*;
- l'*Additive manufacturing* e *3D printing*, concernenti la produzione da modelli digitali di oggetti tridimensionali in un pezzo unico;
- la *cybersecurity*, ovvero tecnologie e processi per la protezione di dati e informazioni virtuali;
- i *Big Data* e la *Data Analytics*;
- la robotica avanzata;
- la realtà aumentata;
- le *wearable technologies*, ossia i dispositivi indossabili;
- i sistemi cognitivi, ovvero l'uso di intelligenza artificiale per compiti ripetitivi e in cui essa è applicabile.

Da questo censimento deriveranno poi i celebri allegati A e B alla legge di bilancio 2017 che contenevano tutti i beni strumentali (“allegato A”) e immateriali (“allegato B”) soggetti delle ipervalutazioni prima, e dei crediti d’imposta dopo, per le imprese che se ne dotavano.

Capitolo 2

Le iniziative governative e l'adozione di tecnologie abilitanti a Industria 4.0 in Europa

2.1 Le iniziative governative in UE

La quarta rivoluzione industriale è stata segnata da un ampio supporto statale e sovra-governativo in tutto il mondo con programmi di sussidi e agevolazione fiscale per le imprese affinché le tecnologie emergenti si diffondessero più facilmente nel settore privato. Dopo il celebre lancio di *Industrie 4.0* che vide la Germania come apripista mondiale sul tema a partire dal 2010, altri paesi Europei seguirono le sue orme negli anni seguenti con approcci talvolta diversi. Tra questi occorre citare la Danimarca nel 2012 con il piano *Made*, il Belgio l'anno successivo con il programma *Made Different*, nel 2014 l'Inghilterra con *Catapult* e l'Olanda con *Smart Industry*. Nei seguenti sottocapitoli, verranno analizzati i metodi di approccio a Industria 4.0 di altri due paesi dell'UE: la Germania, in quanto paese con cui l'Italia intrattiene i maggiori scambi commerciali, per un totale di circa 164 miliardi di Euro nel 2022 (Osservatorio Economico - Ministero degli Affari Esteri e della Cooperazione Internazionale), e la Spagna, trattandosi del paese che più si avvicina per grandezze macro-economiche a condividere con l'Italia la crisi del proprio debito sovrano del 2011.

2.1.1 Il piano *Industrie 4.0* in Germania

La Germania ha accolto la quarta rivoluzione industriale con la “*Plattform Industrie 4.0*”, un'iniziativa del Ministero Federale per gli Affari Economici insieme al Ministero per l'Educazione e la Ricerca. Come mostrato in Figura 3, la piattaforma è suddivisa in tre canali verticali dove le informazioni e i progetti muovono da sinistra verso destra, ovvero dai gruppi di lavoro e ricerca nei quali si sviluppano le idee verso gli organi di *governance* che li discutono e, eventualmente, li implementano attraverso le iniziative ritenute più idonee. Essa riunisce più di 350 soggetti trasversali alle varie funzioni tra cui ricercatori, imprenditori e presidenti dei *Länder* provenienti da circa 160 enti pubblici e privati.

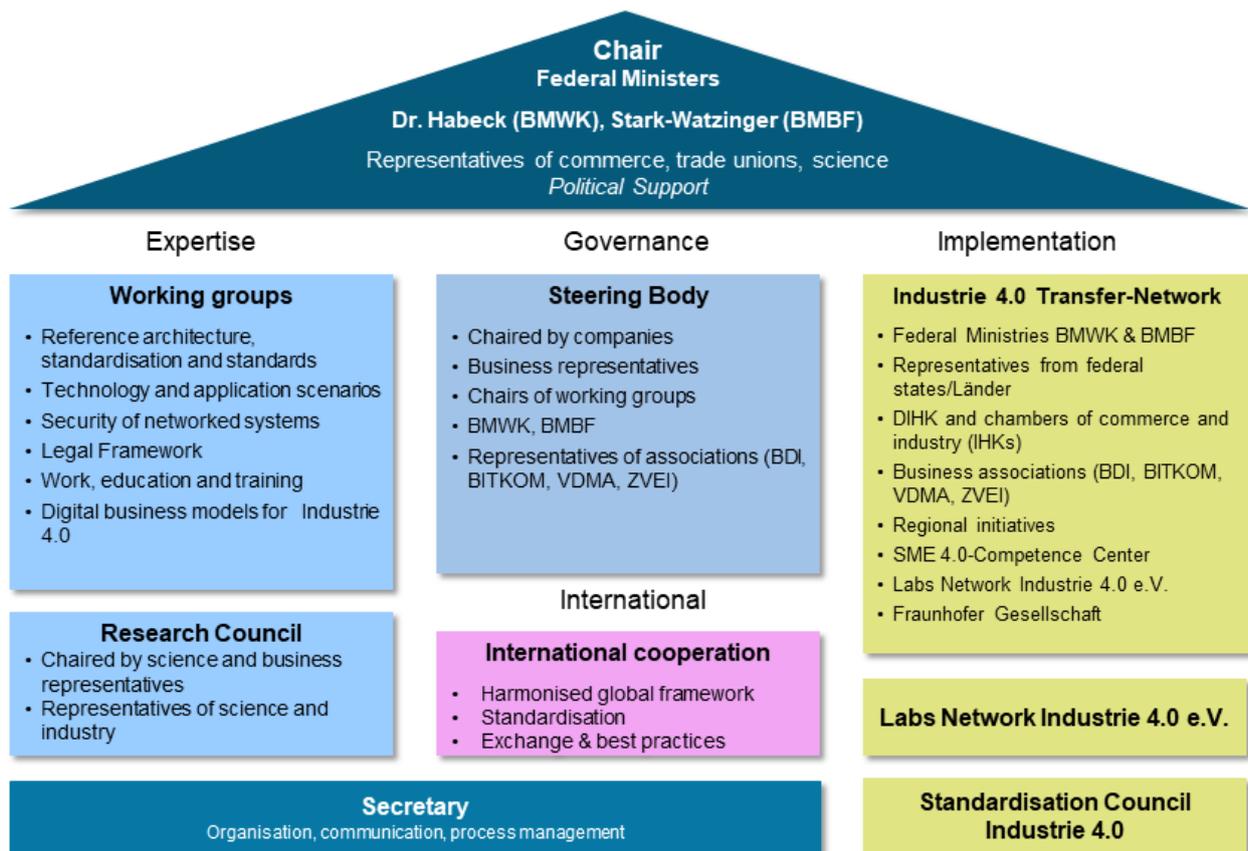


Figura 3 – Struttura organizzativa della Plattform Industrie 4.0
Fonte: www.plattform-i40.de

Oltre alla piattaforma sopra descritta, si sono avvicendate negli anni diverse misure come “l’agenda digitale 2014-2017” e la “strategia digitale 2025”, di cui fanno parte i programmi di finanziamento “*Autonomik für Industrie 4.0*” e “*Smart Service Welt*” da circa 50 milioni di Euro in totale ciascuno. Tutte queste iniziative si inseriscono all’interno di una cornice più ampia del “High-Tech Strategy 2020 Strategy Plan”, che tracciava le aree di priorità per la digitalizzazione del paese.

La Germania si è contraddistinta per un approccio maggiormente *policy based*, concentrando gli investimenti diretti in poli di ricerca e piattaforme di aggregazione per accelerare l’adozione di Industria 4.0. Sempre secondo uno studio di PWC del 2014 (“*Industrie 4.0 – Chancen und Herausforderungen der vierten industriellen Revolution*”), queste azioni avrebbero fatto da volano per investimenti privati di circa 40 miliardi di Euro ogni anno nel periodo 2016-2020, portando a una crescita del PIL di 153 miliardi di Euro nello stesso periodo e ad un potenziale valore aggiunto cumulato di 450 miliardi di Euro entro il 2025 secondo lo studio di Acatech del 2020 “*Using the Industrie 4.0 Maturity Index in Industry. Current Challenges, Case Studies and Trends*”.

Dal punto di vista le imprese, coloro che popolano il settore industriale credevano fermamente che l’adozione delle tecnologie abilitanti potesse tradursi in un vantaggio competitivo (Forschungsbeirat der Plattform Industrie 4.0, 2019). Una visione d’insieme sullo stato di adozione delle suddette, si può avere grazie al report di Bitkom “*Digitalisierung der Wirtschaft*” del 2022 su

600 imprese tedesche tra il 2018 e il 2022 (Grafico 1). Il report ha evidenziato una tendenza di crescita per tutte le tecnologie per cui si è controllata l'adozione. Delle due tecnologie più implementate al 2022, il 74% delle imprese utilizzava i *Big data* contro il 57% del 2018 e il 66% l'*Internet of Things* contro il 39% del 2018. Quelle che hanno avuto le crescite più significative tra il 2018 e il 2022 nell'adozione sono state la realtà virtuale aumentata (più che raddoppiata), i veicoli autonomi (quasi quadruplicata) e l'intelligenza artificiale, passata dall'11% al 37%.

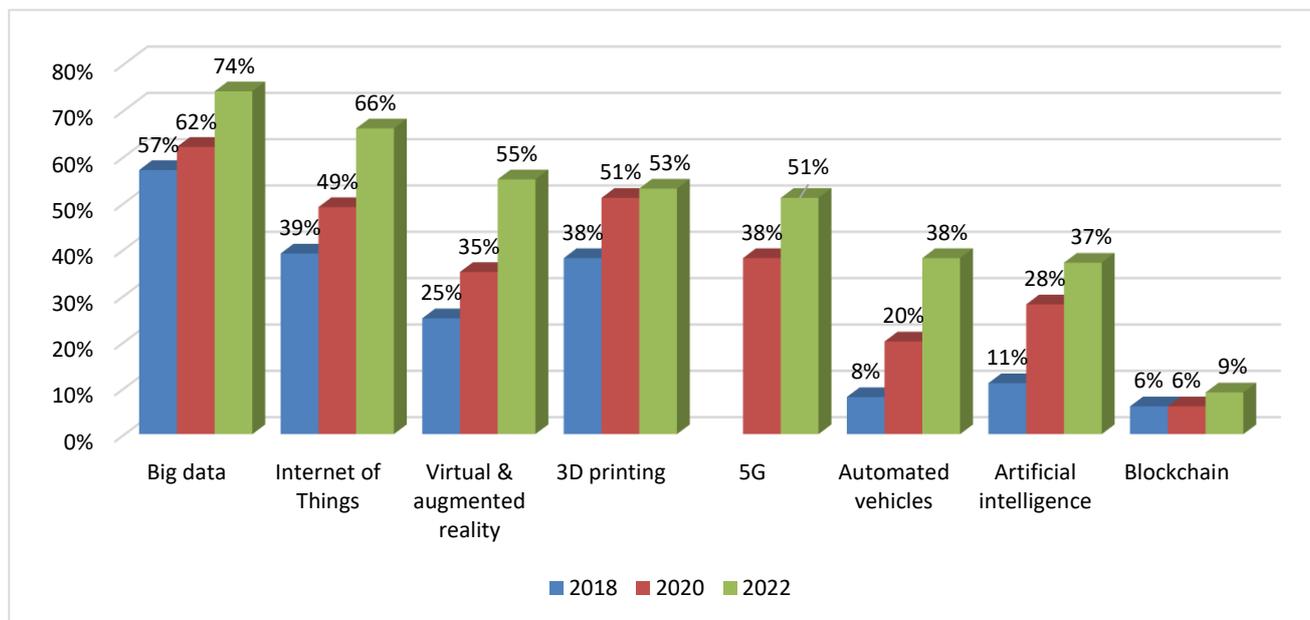


Grafico 1 - Percentuali di adozione delle tecnologie 4.0 nelle imprese tedesche
Fonte: Nostra rielaborazione dell'indagine Bitkom (2022)

Per quanto riguarda l'adozione del *Cloud computing*, da un'indagine di Statista del 2024 su 550 imprese con almeno 10 dipendenti, il tasso di adozione è passato dal 28% nel 2011 all'84% del 2022 (Grafico 2).

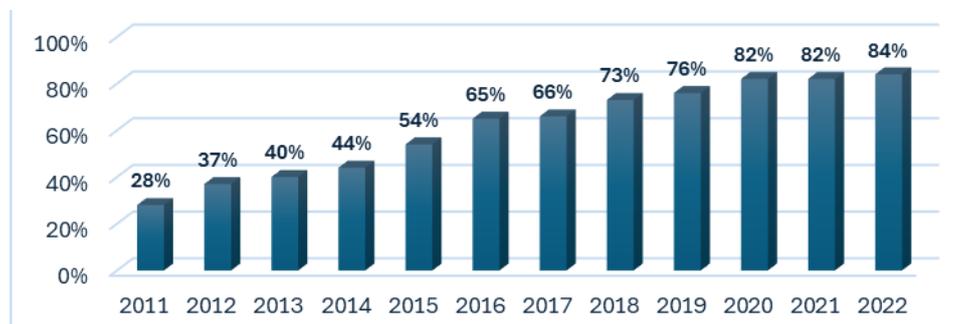


Grafico 2 – Tasso di adozione di tecnologie Cloud nelle imprese tedesche
Fonte: Nostra rielaborazione dell'indagine di Statista (2024)

Da uno studio della *Forschungsbeirat der Plattform Industrie 4.0* del 2022 però, si evince come le piccole e medie imprese appaiano indietro rispetto a quelle di più grandi dimensioni in termini di investimenti. Le imprese più piccole sono disincentivate nell'investire in tecnologie digitali sia nel

caso abbiano un'ottima struttura finanziaria e sia nel caso la loro situazione sia più precaria. Le prime, visto il successo del loro modello di business, non trovano stimolo a investire in soluzioni costose; le seconde per il fatto di non avere abbastanza risorse da dedicarvi. Secondo Winter et al. (2019), le PMI tedesche faticano a vedere risultati di breve termine nell'implementazione delle tecnologie, e per questo il loro management sceglie di non puntarvi o di abbandonare la trasformazione 4.0 ai primi segnali di precarietà della cassa aziendale.

Andando nello specifico delle tecnologie designate come 4.0, uno studio di Deng et al. (2024) sulla robotizzazione dell'industria tedesca, dimostra come nel settore manifatturiero solo il 5,16% degli impianti fosse dotata di almeno un robot nel 2014. Nel 2018, con un aumento di più del 50%, il dato si attestava all'8,22%. Riguardo le dimensioni degli impianti, quelli che ne avevano uno erano in media 4 volte più grandi di quelle che non ne possedevano e nell'1,55% del totale che avessero almeno un robot, lavorava l'8% di tutta la forza lavoro tedesca (Deng et al., 2024).

La distanza tra PMI e grandi imprese non trova però assoluta conferma empirica nel lavoro di Ferschli et al. (2021), dove viene analizzato l'aumento di produttività avvenuto nel settore privato tedesco grazie alle tecnologie di Industria 4.0. La tendenza alla digitalizzazione ed automazione che sta avvenendo sembra infatti aver portato a un effettivo aumento della produttività, ma questo effetto non sembra essere relegato a settori a bassa concentrazione di aziende dove poche ma grandi imprese detengono una grossa quota di mercato. Piuttosto, la correlazione tra maggiore grandezza aziendale e maggiore digitalizzazione che guida a un aumento della produttività, sembra caratterizzare i settori *capital-intensive* come quello della produzione automobilistica (Ferschli et al., 2021). Lo studio di Horvat et al. (2019) afferma che la produttività del lavoro e l'implementazione di tecnologie *software* (sistemi di *Supply Chain Management* e di riconfigurazione virtuale del sistema produttivo) sono correlati per tutti i settori in Germania. I risultati di Ferschli et al. (2021) fanno notare, però, che gli investimenti in *software* sembrano migliorare la produttività maggiormente in settori a bassa concentrazione di aziende, diminuendo nei settori caratterizzati da molti *player* di dimensioni minori. Per quanto riguarda invece l'implementazione di tecnologie di automazione della produzione (come *robot* e sistemi di automazione della gestione del magazzino), essa risulta avere effetti positivi quasi doppi sulla produttività. Sorprendentemente, le due tipologie di tecnologie, nel caso di implementazione contemporanea, interferirebbero con gli effetti positivi l'una dell'altra, non portando a maggiori sinergie (Horvat et al., 2019).

In Germania, quindi, il settore privato vede sempre più *adopters* di tutte le tecnologie che caratterizzano I4.0. Inoltre, la produttività del lavoro sembra positivamente correlata con gli investimenti in questo senso. Questo non significa per forza che le imprese avranno bisogno di meno addetti per la produzione, bensì si potranno raggiungere livelli di output più elevati a parità di input (Ferschli et al., 2021). Per quanto riguarda l'efficacia, sembra che gli investimenti in tecnologie

fisiche (come i *robot*) siano più efficaci delle non-fisiche (Horvat et al., 2019), probabilmente perché gli effetti dei *software* sulla produttività sono più difficili da notare nel breve periodo (Ferschli et al., 2021) e l'adozione era piuttosto recente al momento dello studio.

2.1.2 Il piano *Industria Conectada 4.0* in Spagna

Il governo spagnolo, similmente a quello italiano, nel 2015 ha formalizzato un piano di azione per la digitalizzazione delle imprese iberiche, i cui contenuti sono stati sviluppati dal Segretariato dell'Industria e le PMI. Il piano "*Industria Conectada 4.0*" si basava su 4 punti fondamentali:

- formazione e consapevolezza sui temi;
- ambienti e piattaforme collaborativi;
- impulso a tecnici e imprese ICT;
- appoggio all'evoluzione digitale dell'industria.

Per realizzare questi impegni, sono stati implementati diversi programmi di azione come la creazione di piattaforme per progetti tra *start-up* e imprese affermate, l'offerta di consulenza strategica sui temi 4.0 e il finanziamento diretto di investimenti da parte delle imprese. Questi avevano in tutto una dotazione finanziaria di circa 98 milioni di Euro a cui si aggiungono regimi fiscali e contabili favorevoli. Per esempio, alle *start-up* venne concessa un'aliquota ridotta al 15% sugli utili. Le immobilizzazioni immateriali capitalizzate a seguito di un'attività di ricerca e le immateriali riguardanti investimenti tra l'aprile 2020 e il giugno 2021 in tecnologie 4.0 potevano essere liberamente ammortizzate. Inoltre, a partire dal primo gennaio 2022, si è permessa la deduzione di un ulteriore 25% dei costi sostenuti nel periodo impositivo di riferimento per attività di ricerca e sviluppo e di innovazione tecnologica. Tra le altre, le società proprietarie di brevetti godevano di una riduzione del 60% della base imponibile dell'imposta societaria (Agenzia Tributaria). Altro impulso alla manovra è stata l'attivazione del bando "*Activa financiación*" del 2021 che garantiva un aiuto statale misto fino a un massimo dell'80% dell'investimento da parte di imprese industriali in software, immobilizzazioni 4.0 e interi progetti di riqualificazione 4.0. Il beneficio consisteva in un fondo perduto fino al 50% per le piccole imprese, del 20% per le medie e del 10% per le grandi, con la restante parte fino ad un massimo dell'80% consistente in un mutuo a interesse azzerato. Il bando è stato poi riconfermato negli anni successivi con i seguenti importi:

- 80 milioni nel 2021, 100 milioni nel 2022 e 15 milioni nel 2023 per il finanziamento a tasso zero;
- 15 milioni nel 2021, 40 milioni nel 2022 e 15 milioni nel 2023 per il fondo perduto.

A seguito del piano governativo, diverse piattaforme regionali si sono affacciate grazie ai fondi dei programmi FESR. Le più importanti tra queste sono "*Basque Industry 4.0*", "*Murcia Industria 4.0*", "*Galicia Industria 4.0*", "*iAsturias 4.0*", "*Navarra Industria 4.0*" e "*Plataforma Industria 4.0*

Cataluña”, ma è giusto evidenziare come ogni regione abbia almeno un piano di strategia per lo sviluppo industriale digitalizzato sul proprio territorio. Un modo diverso di estendere l’efficacia del piano governativo di cui però queste iniziative non sono ufficialmente figlie.

Riguardo l’adozione delle tecnologie 4.0 in Spagna, possiamo vedere i tassi di adozione negli anni dal 2015 al 2020 in Grafico 3, anche se alcune di esse sono state conteggiate solo a partire da un certo periodo. Mentre l’adozione di tecnologie *Cloud* e di *cybersecurity* è aumentata sensibilmente nel corso del tempo, l’implementazione di *Big Data* e *robot* industriali ha registrato una flessione.

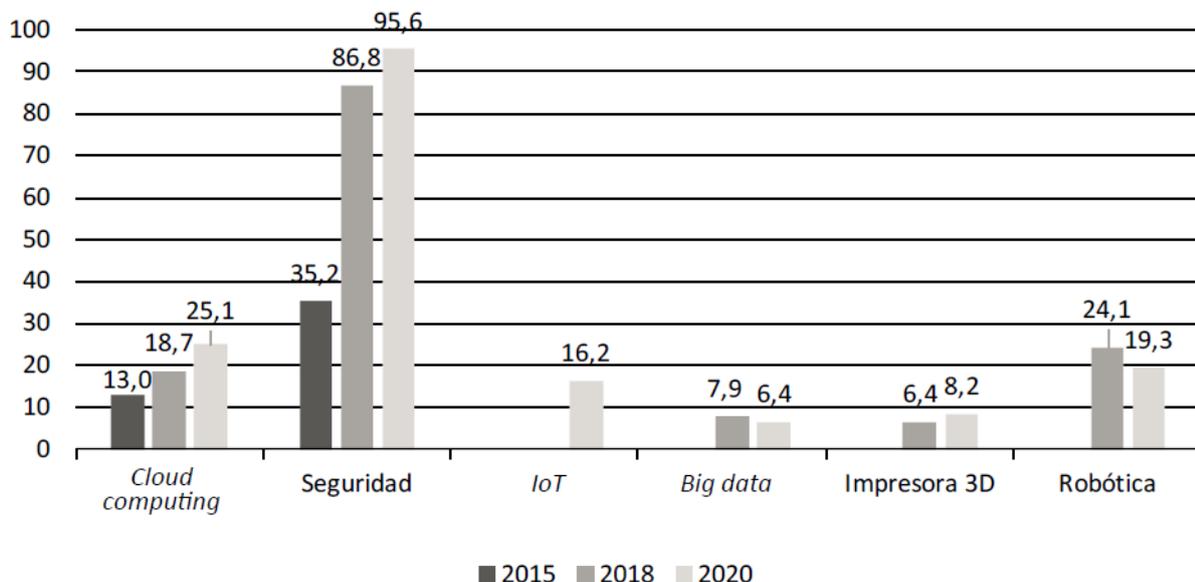


Grafico 3 – Percentuali di adozione delle tecnologie 4.0 nelle imprese spagnole
Fonte: Macho (2021)

Dall’*“Encuesta sobre Estrategias Empresariales (ESEE)”* di Torrent-Sellens del 2022, si possono osservare i tassi di adozione delle tecnologie 4.0 in 2.538 imprese industriali spagnole suddivise in piccole e medie (*PYMES*) e grandi (*grandes*). Il Grafico 4 evidenzial’enorme differenza tra *PYMES* e *grandes* nel tasso di adozione, con percentuali per le seconde multiple rispetto a quelle delle prime. In particolare, il *Cloud computing (computacion nube)* vede una percentuale di grandi imprese che lo utilizzano del 40%, molto più basso rispetto alla Germania (84%). Mentre circa l’8,6% delle PMI ha dei sistemi di robotica avanzata, le grandi imprese industriali a dotarsene sono più del 30%. La differenza è confermata anche da Macho et al. (2021): sono le piccole imprese (10-49 dipendenti) ad investire di meno in robotizzazione. Questo nonostante l’implementazione di strumenti robotici abbia aumentato la produttività del lavoro delle *PYMES* che prima non ne erano dotate del 5% nel 2015 (Ballestar et al., 2020). I dati generali sull’implementazione di *robot* appaiono molto superiori a quelli tedeschi. Anche se quest’ultimi si riferiscono al 2018, non sembrano essere confermati da quelli forniti dalla Federazione Internazionale della Robotica. Secondo essa, infatti, nel

2022 delle imprese nel settore industriale in Germania hanno in media 415 robot ogni 10.000 lavoratori mentre la Spagna 169 (International Federation of Robotics).

Per quanto riguarda l'adozione delle altre tecnologie 4.0:

- l'apprendimento automatico e l'utilizzo di *big data* è una realtà sono nel 29,9% delle grandi imprese e il 6% nelle piccole contro il 74% della Germania;
- l'*Internet of Things (Internet industrial)* è stato introdotto da quasi il 30% delle grandi imprese e da circa il 7,2% delle piccole, contro una media tedesca del 66%.

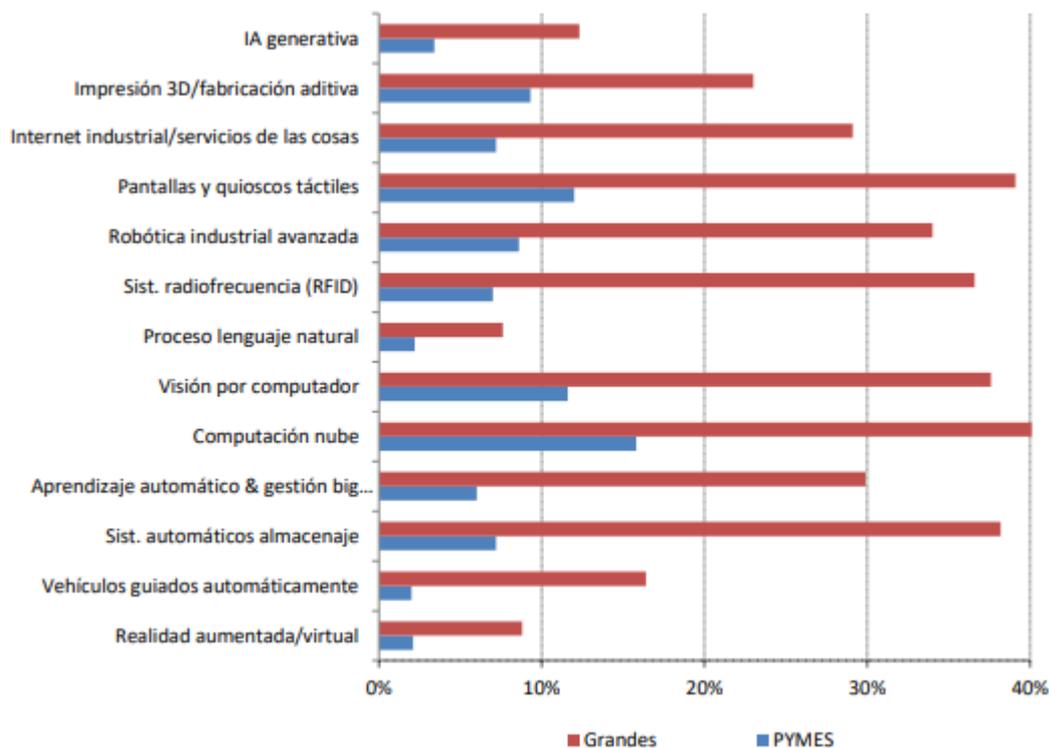


Grafico 4 – Percentuali di adozione delle tecnologie 4.0 nelle imprese industriali spagnole del 2022
Fonte: ESEE 2022

Come afferma anche Macho (2021, p. 120, nostra traduzione), in generale “l’integrazione delle tecnologie I4.0 nel settore industriale spagnolo procede lentamente”. Anche secondo Arregui (2023), le imprese spagnole spendono ancora poco in innovazione: il basso *capital deepening* che le contraddistingue causa una bassa e decrescente produttività del lavoro. Infatti, lo studio di Torrent-Sellens (2019), che ha analizzato i dati di 1.525 imprese industriali del 2014, ha visto le imprese con un uso intensivo di tecnologie 4.0 raggiungere una produttività del lavoro di 36,4 Euro per ora lavorata contro i 33,8 Euro delle imprese a basso utilizzo di tecnologie 4.0 e i 25,2 Euro di quelle che non utilizzavano nemmeno una delle tecnologie abilitanti identificate. Riguardo alla grandezza delle imprese appartenenti ai 3 cluster:

- le imprese con un uso intensivo di tecnologie 4.0 raggiungevano in media 151 milioni di Euro di ricavi e avevano 362 dipendenti;

- le imprese con un basso utilizzo di tecnologie 4.0 raggiungevano in media 49 milioni di Euro di ricavi e avevano 158 dipendenti;
- le imprese che non possedevano nemmeno una tecnologia 4.0 raggiungevano in media 26,7 milioni di Euro di ricavi e 71 dipendenti.

Questi numeri suggeriscono come maggiori investimenti in tecnologie 4.0 siano proporzionali alla dimensione aziendale.

Le tecnologie utilizzate per costruire i tre diversi cluster erano:

- 1) uso del CAD;
- 2) uso di *robot*;
- 3) uso di sistemi flessibili di produzione;
- 4) uso di *hardware* e *software* per il controllo numerico dell'attività.

Sono da evidenziare comunque i limiti di questo studio, relativi al ristretto numero di tecnologie tenute in considerazione e al fatto che i dati risalgano a 10 anni fa.

In conclusione, la Spagna non si presenta allo stesso livello della Germania per adozione di tecnologie 4.0, sia per un basso livello di automazione/digitalizzazione di partenza del tessuto industriale e sia perché gli investimenti sono partiti più tardi e più lentamente. In ogni caso, il trend dell'implementazione di queste tecnologie è positivo e supportato da programmi governativi centrali e regionali.

2.2 Il livello di digitalizzazione in Europa: l'indice DESI

Dal 2014, la Commissione Europea elabora l'*Indice dell'Economia e della Società Digitali* (DESI), un indice sintetico sulla digitalizzazione dei paesi membri. L'indice DESI e gli indicatori che lo compongono vengono ampiamente utilizzati nella letteratura economica. I quattro indicatori su cui l'indice DESI si basa sono:

1. il livello di competenze digitali del capitale umano, con un peso particolare nei confronti del numero di cittadini con competenze digitali di base e numero di professionisti ICT;
2. il grado di connettività ad Internet dei cittadini UE, basato su velocità, costo e copertura di reti mobile e fissa;
3. la misura della digitalizzazione delle imprese e del commercio digitale;
4. il livello di digitalizzazione dei processi amministrativi pubblici.

Prendendo questo indicatore come metro di misura della digitalizzazione in aggregato, possiamo fotografare la situazione dell'UE nel 2017, anno nel quale i piani nazionali di Italia, Germania e Spagna – che comprendevano anche formazione in ICT e interventi infrastrutturali per dotarsi di una rete internet veloce –, erano attivi (Grafico 5). Si vede come l'Italia si posizionasse

nella parte bassa della classifica, sotto la media Europea in tutti gli indicatori assieme alla Germania. I paesi che guidavano la classifica erano gli Finlandia, Danimarca, Svezia e Olanda.

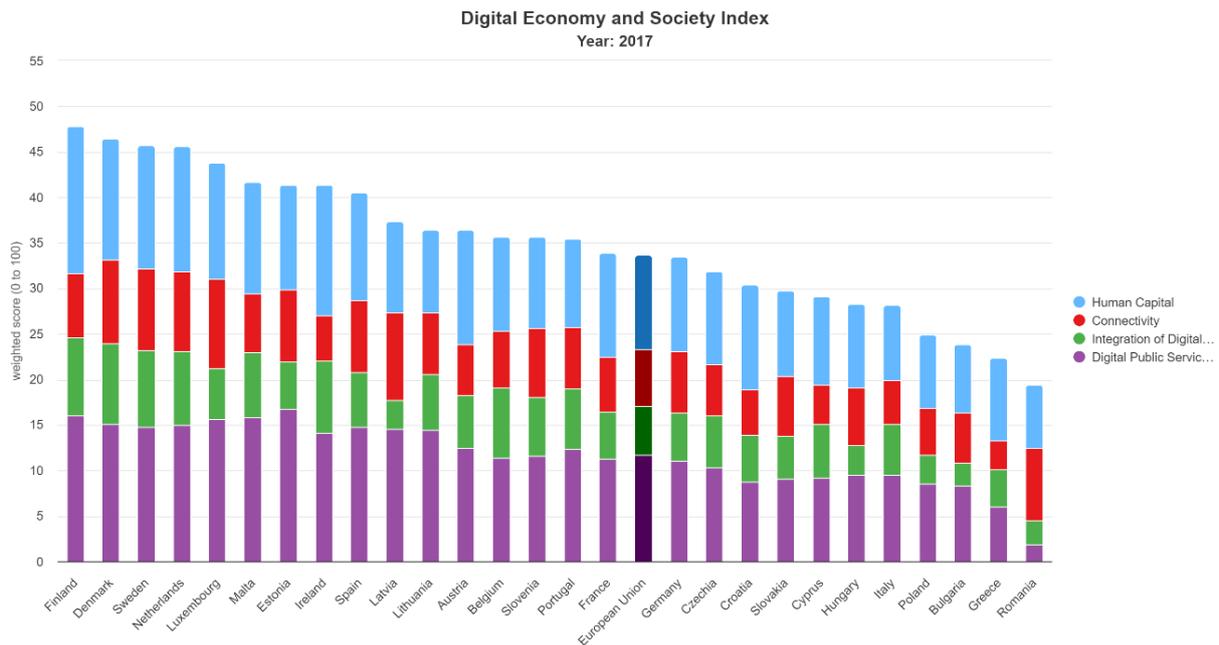


Grafico 5 - DESI 2017
Fonte: Commissione Europea

Nel 2022 (Grafico 6) l'Italia si ritrova nuovamente sotto la media UE, complici la bassa digitalizzazione della pubblica amministrazione e uno scarso aumento delle competenze digitali della popolazione rispetto agli altri componenti. Compie però dei passi da gigante dal punto di vista della connettività e della digitalizzazione delle imprese, con valori rispettivamente di 4,87 e 5,59 nel 2017 e di 15,18 e 10,18 nel 2022, triplicando e raddoppiando il grado di digitalizzazione nei due indicatori, rispettivamente. Il dato sulla connettività sembra rispecchiare il risultato ottenuto grazie al piano BUL di portare la rete a banda ultralarga nella maggioranza dei comuni italiani. A luglio 2024, in 4.127 comuni sono stati collaudati i lavori, e in altri 1.797 i lavori sono in esecuzione o in fase di collaudo. La Spagna risultata circa 15 punti davanti all'Italia mentre la Germania, sorprendentemente sotto la media UE, circa 5 punti avanti. Al 2022, Finlandia, Danimarca, Svezia e Olanda occupavano le prime quattro posizioni, così come nel 2017.

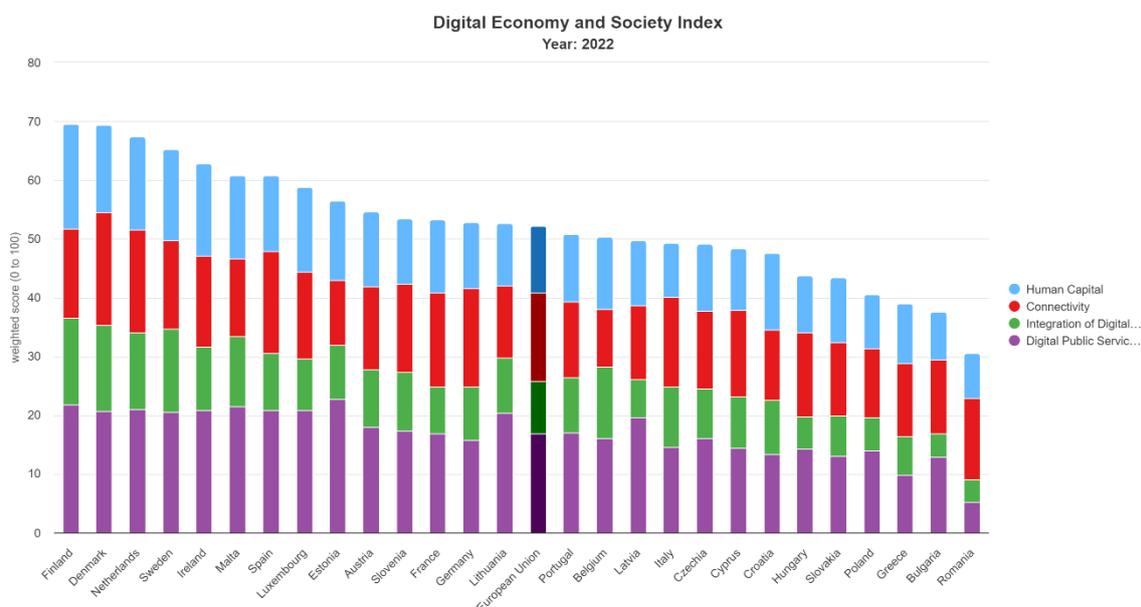


Grafico 6 – DESI 2022
Fonte: Commissione Europea

Nonostante il risultato sotto la media UE, il Belpaese risulta essere quello che più è cresciuto nel periodo tra il 2017 e il 2022, con una crescita media annuale ponderata rispetto ai quattro componenti dell'indice di più dell'11% annuale (*Grafico 7*). Tassi di crescita più bassi sono stati registrati invece dalla Spagna (circa 8%) e dalla Germania (circa 9%).

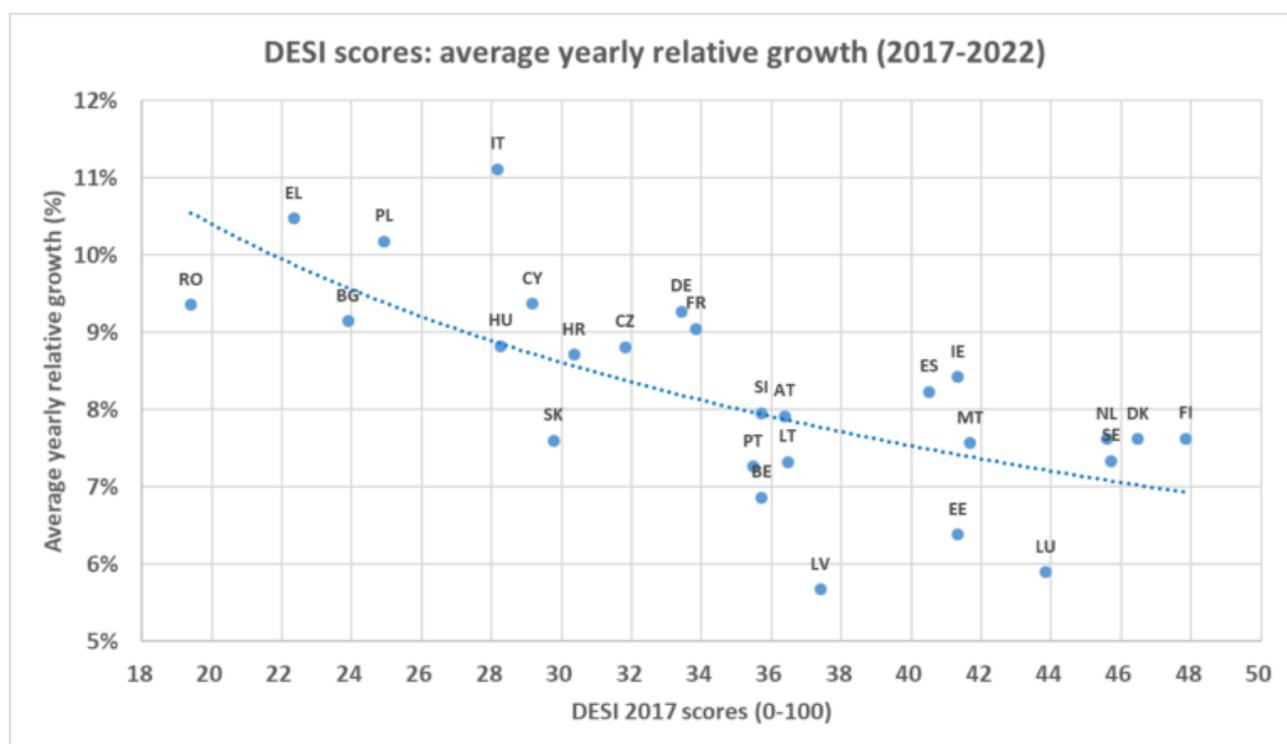


Grafico 7 – Crescita relativa per il periodo 2017-2022 dell'indicatore DESI
Fonte: Commissione Europea

Analizzando il solo indicatore “integrazione della tecnologia digitale nelle imprese”, che misura l’implementazione delle tecnologie 4.0 immateriali come *Cloud* e *Big Data* nelle imprese di ogni paese, il dato per l’Italia pare incoraggiante. L’indicatore, oltre alle tecnologie abilitanti sopracitate, include misurazioni sulle aziende dotate di un ERP, che utilizzano l’intelligenza artificiale e che hanno virtualizzato altri dispositivi o procedure (come la fatturazione elettronica). In Grafico 8, infatti, si evince come anche in questo contesto l’Italia sia il paese che è cresciuto maggiormente, posizionandosi al di sopra di Germania e Spagna, oltre che alla media UE.

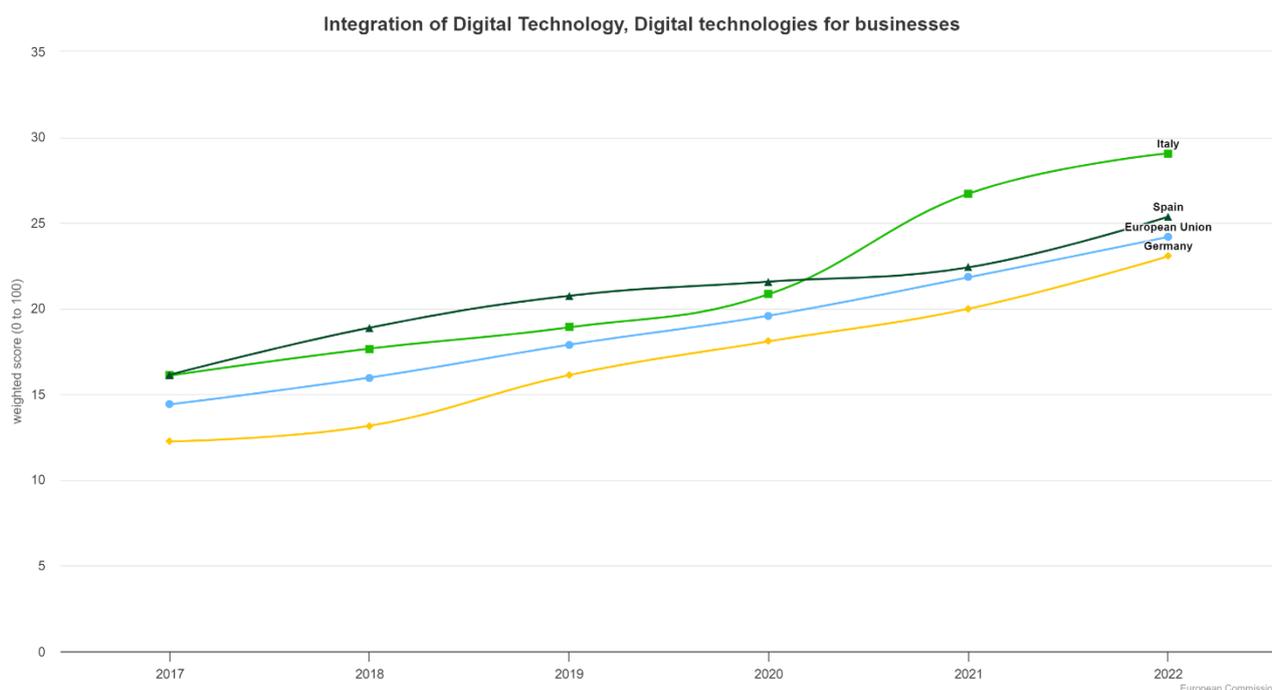


Grafico 8 – Crescita del sub-componente dell’indice DESI “Digital technologies for businesses” tra il 2017 e il 2022

Fonte: Commissione Europea

Complessivamente, solo per quanto riguarda questo indicatore, l’Italia si posiziona ottava su 27 paesi UE, segno del passo in avanti intrapreso dal settore economico privato (Grafico 9). È però utile far notare come non vengano considerate variabili quali l’implementazione di *robot* avanzati o di sistemi di sensori e *Internet of Things*. Viene invece tenuto conto dell’utilizzo della fatturazione elettronica, la quale pesa per l’Italia con un valore di 9,14, contro il 3,28 per la Spagna e l’1,77 per la Germania. Se togliessimo l’effetto di questa misurazione, la classifica per “integrazione della tecnologia digitale nelle imprese” si capovolgerebbe, con la Spagna avanti che passerebbe da 25,36 a 22,08 punti, la Germania seconda passando da 23,05 a 21,28 punti, e l’Italia terza (da 29,06 a 19,92 punti).

Digital technologies for businesses
Year: 2022

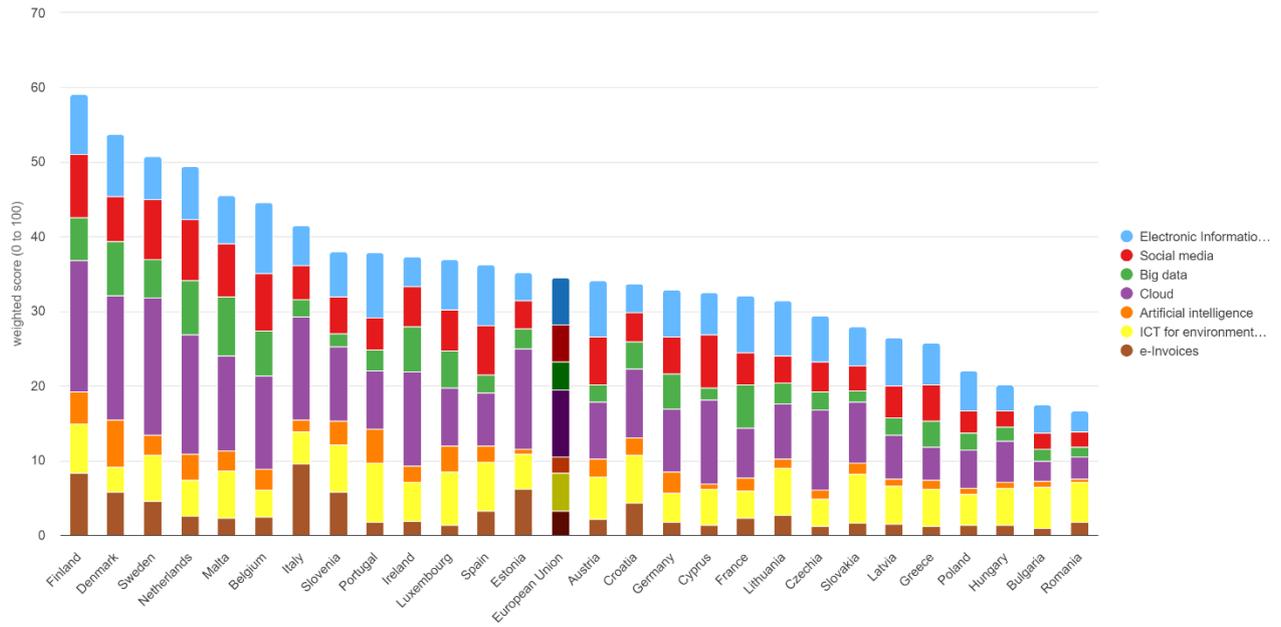


Grafico 9 – DESI 2022 “Digital technologies for businesses”
Fonte: Commissione Europea

Capitolo 3

Impatto delle politiche a sostegno di industria 4.0 in Italia

3.1 Investimenti delle imprese italiane nelle tecnologie abilitanti

Prima del varo del Piano Industria 4.0 in Italia, le percentuali di imprese che nel triennio precedente avevano investito nell'*Internet of Things* e nel *Cloud* erano del 10% e del 16,1%, rispettivamente. (*Grafico 10*). C'erano notevoli differenze nell'adozione tra i vari settori, con quello ICT che raggiungeva valori doppi o tripli rispetto ad a Industria e Servizi non finanziari. Inoltre, l'adozione di queste tecnologie era correlata con la dimensione aziendale: le imprese più grandi avevano infatti mediamente investito di più nella trasformazione 4.0.

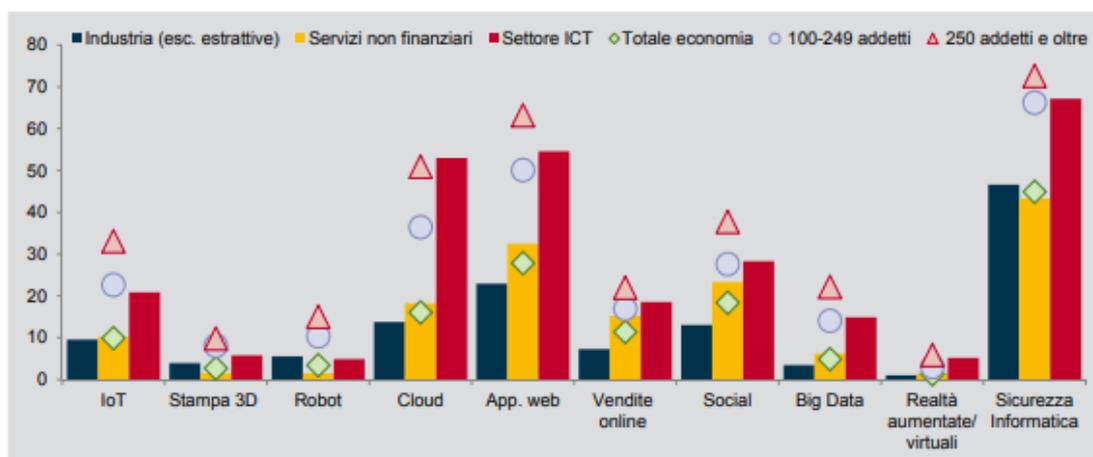


Grafico 10 – Percentuali di imprese con investimenti in tecnologie abilitanti 4.0, 2014-2016
Fonte: Rapporto sulla competitività dei settori produttivi 2018, ISTAT

La realtà aumentata (1,3%), la stampa 3D (2,7%) e la robotica avanzata (3,5%) sono state tra quelle in cui un minor numero di imprese ha investito (*Grafico 11*). *Cloud* e *Cybersecurity*, invece, sono quelle che più hanno avuto una crescita in termini di nuove imprese utilizzatrici, con percentuali del 16,1% e del 44,9%.

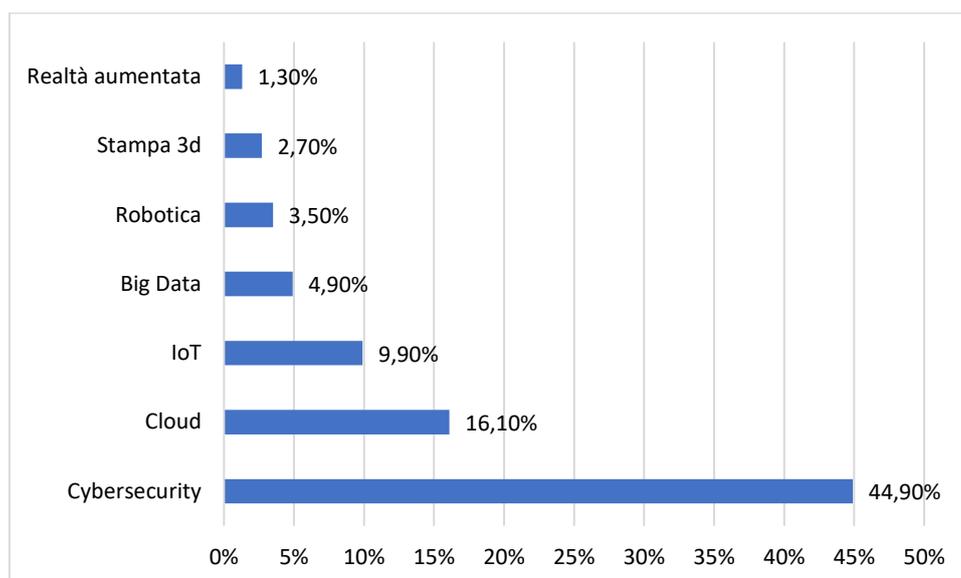


Grafico 11 – Percentuali di imprese con investimenti in tecnologie abilitanti 4.0, 2014-2016
Fonte: Nostra rielaborazione del rapporto sulla competitività dei settori produttivi 2018, ISTAT

In questo contesto, è interessante analizzare gli investimenti in tecnologie abilitanti avvenuto nel primo anno – il 2017 – nel quale le politiche governative di digitalizzazione erano attive. Da un rapporto dell’Istat su un campione di 8.119 imprese del settore manifatturiero “il super ammortamento ha svolto un ruolo “molto” o “abbastanza” rilevante nella decisione di investire nel 2017 per il 62,1% delle imprese manifatturiere; l’iperammortamento per il 47,6% (53,0 nelle medie imprese, 57,6 delle grandi); il credito d’imposta per spese in R&S è stato ritenuto rilevante dal 40,8% delle imprese.” (Rapporto sulla competitività dei settori produttivi 2018, Istat, p.103). Secondo uno studio di Cirillo et al. (2021) le imprese che non avrebbero investito in assenza dei provvedimenti del piano nazionale sarebbero state il 12,3%; il 30,31% avrebbe comunque effettuato l’investimento ma per un importo minore. In numeri assoluti, l’iperammortamento è stato sfruttato da 7.607 imprese nel 2017 con un valore di 3,77 miliardi di Euro di beni consegnati e altri 3,27 miliardi acquistati ma con consegna programmata nel 2018, con una media di circa 500 mila Euro di investimenti per impresa (Bratta et al., 2020).

In *Grafico 12*, si osservano le percentuali di adozione delle tecnologie abilitanti 4.0 di un campione di più di 20.000 imprese all’inizio del 2018. Mentre sull’asse sinistro si osservano le percentuali totali riferite a ogni tecnologia, le quali risultano molto basse a causa della presenza di microimprese con bassissimi livelli di investimenti 4.0, nell’asse destro le percentuali si riferiscono ai segnalini rappresentativi delle imprese per dimensioni. Le grandi imprese sono quelle che raggiungevano percentuali di implementazione più alte per tutte le tecnologie, ma comunque con percentuali simili alla Spagna per l’adozione del *Cloud* nello stesso anno (il cui campione però racchiudeva anche piccole e medie imprese); l’uso dei *Big Data* vedeva tutte le classi di imprese, escluse le micro, avere un tasso di adozione di almeno il 10% e così anche per l’*Internet of Things*.

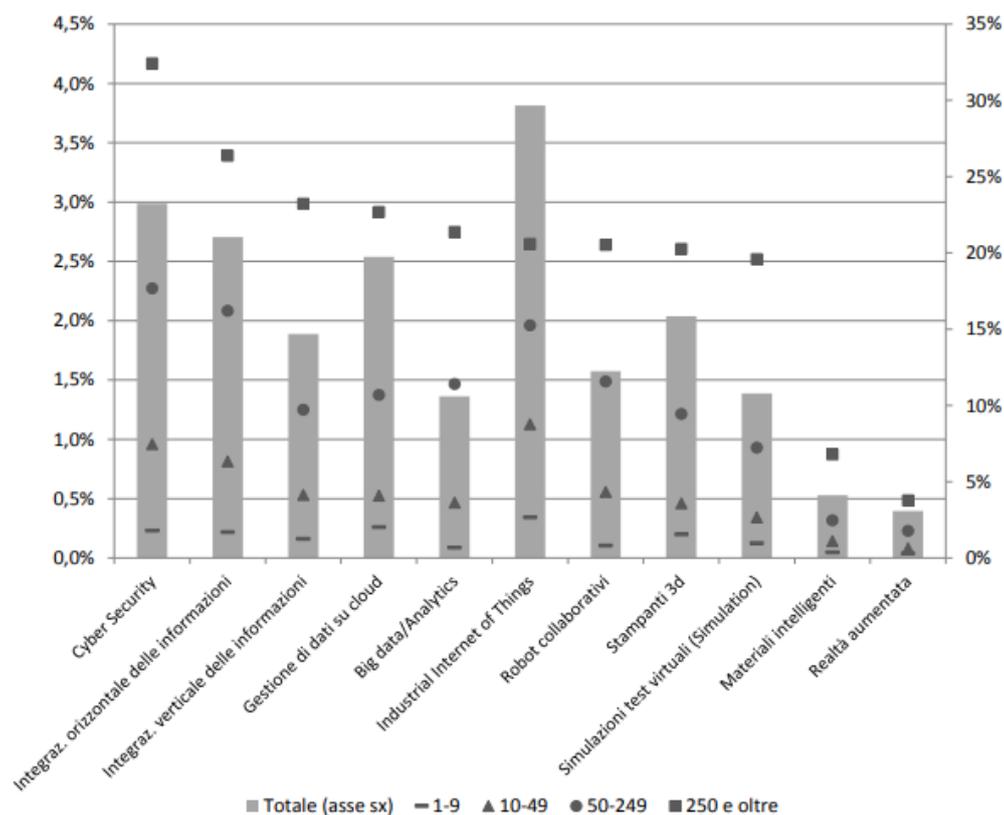


Grafico 12 – Diffusione delle tecnologie 4.0 per classe dimensionale, 2018
 Fonte: La diffusione delle imprese 4.0 e le politiche: evidenze 2017, MET

Aggregando il tasso di adozione delle tecnologie I4.0 nel settore manifatturiero, si può notare la forte eterogeneità geografica tra le aree settentrionali e meridionali del paese. Nel 2017, le regioni in cui le imprese adottavano maggiormente almeno una tecnologia tra *IoT*, *Robotics*, *Big data*, *Augmented reality* e *Cybersecurity* erano Piemonte, Lombardia e Lazio, seguite da Veneto, Emilia-Romagna e Marche (*Figura 4*)

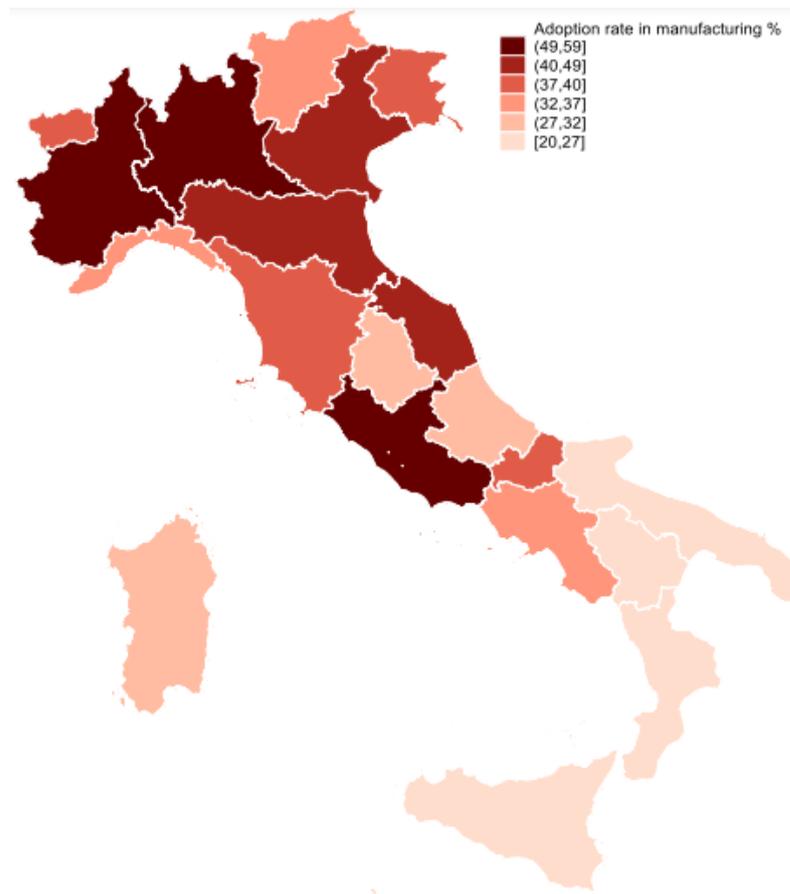
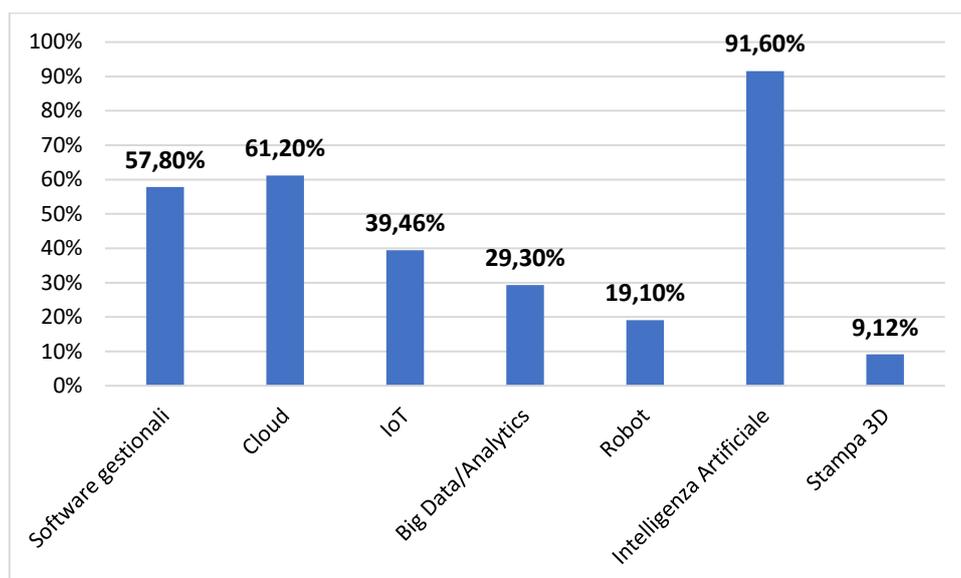


Figura 4 – Adozione delle tecnologie 4.0 a livello regionale, 2017
Fonte: Cirillo et al. (2021)

Prendendo come campione le imprese del settore manifatturiero con almeno 10 addetti, possiamo confrontare più facilmente la percentuale di imprese italiane che adottassero le tecnologie indicate in *Grafico 13* con quelle spagnole e tedesche nel 2022. L'uso dell'Intelligenza Artificiale in almeno un ambito aziendale è realtà nel 91,6% delle imprese italiane, di molto superiore al dato spagnolo e a quello tedesco. Le imprese che utilizzano almeno una tecnologia *Cloud*, il 61,2%, sono in numero minore rispetto alla Germania ma maggiore rispetto alla Spagna. La robotica avanzata è utilizzata dal 19,1% delle imprese. Il dato, simile a quello spagnolo, vede però l'Italia avere installati 219 robot ogni 10.000 addetti, contro i 169 spagnoli e i 415 tedeschi (International Federation of Robotics). I tassi di adozione di tecnologie *IoT* e *Big Data*, rispettivamente del 39,46% e del 29,3%, vedono il settore manifatturiero italiano molto indietro rispetto a quello tedesco ma in linea o con un dato migliore per quanto riguarda la prima tecnologia rispetto alla Spagna.



*Grafico 13 – Diffusione tecnologie 4.0 tra le imprese con almeno 10 addetti, 2022
Fonte: Nostra rielaborazione dati Istat*

L'Italia quindi, secondo gli ultimi dati disponibili, risulta aver commesso diversi passi in avanti in termini di adozione di tecnologie 4.0 nel settore manifatturiero. Il “Piano Industria 4.0” nelle sue principali misure ha avuto, però, un costo tra il 2017 e il 2020 di circa 13 miliardi di Euro (“Piano nazionale Industria 4.0 Investimenti, produttività e innovazione”, MISE) e 24 miliardi tra il 2021 e il 2025 (Canna, 2020). Secondo un report dell'INAPP su 30.000 imprese non agricole del 2022, il 39,3% delle imprese che hanno beneficiato delle agevolazioni per Industria 4.0 ha dichiarato di aver effettuato investimenti grazie a tali incentivi, e il 40,8% ha affermato di aver effettuato assunzioni grazie alle decontribuzioni previste.

3.2 Gli effetti delle tecnologie 4.0 sulla produttività delle imprese italiane

La presenza di microimprese e PMI caratterizza l'economia italiana, formandone la spina dorsale (OECD). Queste categorie di imprese contribuiscono al 63% del valore aggiunto totale (contro la media del 54% delle economie avanzate) e vedono impiegata il 76% di tutta la forza lavoro (McKinsey). Tra queste categorie, però, occorre fare una differenza tra le microimprese (0-9 addetti) e le PMI (10-250 addetti). Secondo uno studio di McKinsey sulle microimprese e PMI, le prime impiegano il 41% di tutti i lavoratori ma contribuiscono “solo” al 24% del valore aggiunto totale. In un quadro generale italiana di stagnante produttività delle imprese, controcorrente rispetto agli altri paesi europei e in particolare a Germania e Spagna dove la produttività del lavoro è cresciuta di più 15 punti percentuali rispetto all'anno 2000 (*Grafico 14*), le PMI italiane si contraddistinguono per un livello di produttività maggiore rispetto alle corrispondenti dei paesi sopracitati.

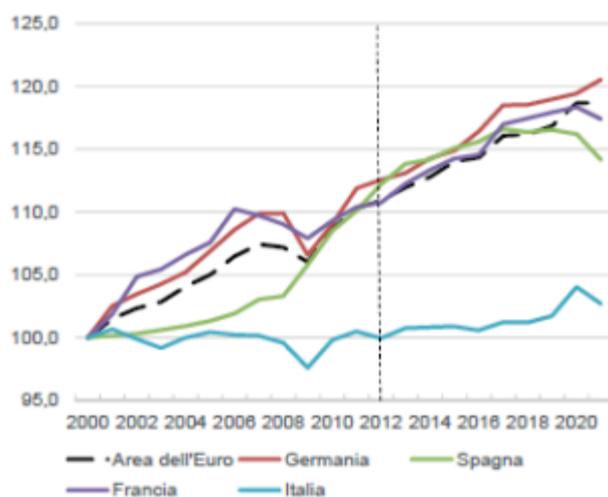


Grafico 14 – Andamento produttività del lavoro area Euro
Fonte: BALASSONE (2022)

In *Grafico 15*, infatti, si può notare come nel periodo 2010-2019 la produttività delle PMI sia aumentata del 6,5% circa, facendo meglio di Spagna e Germania. Rispetti a questi due paesi, oltre che in termini di crescita, le PMI italiane raggiungono livelli superiori di produttività in termini assoluti: più di 50 mila Euro per addetto. Le microimprese italiane nello stesso 2019 avevano una produttività di 34 mila Euro per addetto (Costa et al., 2022).

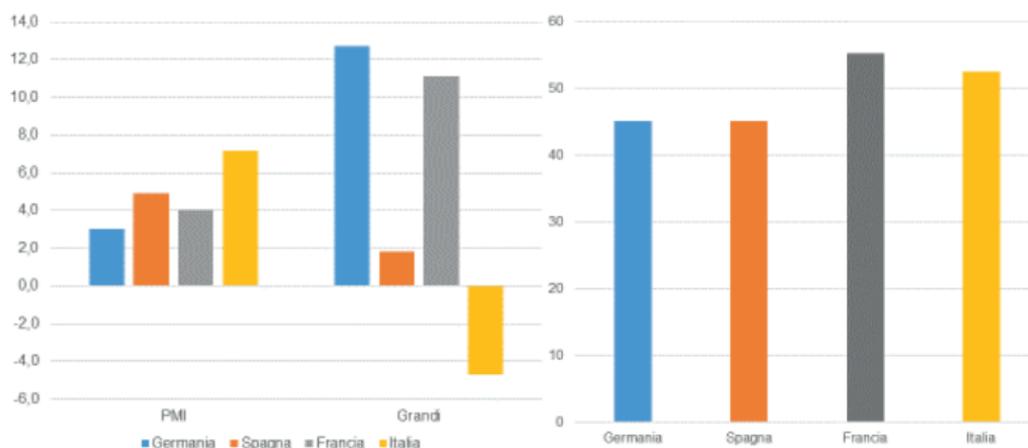


Grafico 15 – Produttività del lavoro area Euro: crescita di PMI e grandi imprese nel periodo 2010-19 (a sx) e valori assoluti PMI (a dx)
Fonte: BALASSONE (2022)

Sempre dal *Grafico 15* si può evincere come invece la produttività delle grandi imprese in Italia tra il 2010 e il 2019 sia decresciuta, con un differenziale rispetto alla Germania di più del 16%.

Le nuove misure del “Piano nazionale Industria 4.0” non avevano come soggetti di indirizzo le micro e PMI in particolare. Dal documento “Transizione 4.0” del Servizio Studi della Camera dei deputati, filtra come l’iperammortamento sia stato utilizzato per il 33% da grandi imprese, contro il 9% delle microimprese e per il 58% dalle PMI, con risultati simili anche l’utilizzo dello strumento

del credito d'imposta per R&S. Per quanto riguarda le caratteristiche delle imprese beneficiarie, “le aziende che hanno sfruttato l'iperammortamento nel 2017 erano in media ex-ante più produttive (+33% in termini di ricavi per dipendente), più redditizie (+3,8% in termini di ritorno sugli investimenti) e avevano livelli di indebitamento inferiori (-12,2% in termini di debito su EBITDA, -3,2% il rapporto di leva finanziaria)” (Bratta et al., 2020, p.14). Risultati simili sono stati ottenuti anche dallo studio di Cefis et al. (2024): le imprese più disposte a investire in tecnologie 4.0 erano solitamente più grandi, dinamiche, già più produttive e investivano maggiormente in ricerca e sviluppo.

Riguardo il primo impatto delle tecnologie abilitanti sulla produttività delle imprese del settore manifatturiero, Bettiol et al. (2024) hanno condotto uno studio su 1.229 microimprese e PMI dell'Italia settentrionale. Dal loro lavoro si stima come, “in media, l'adozione di nuova tecnologia aumenta la produttività del lavoro di circa il 7,4%” (Bettiol et al., 2024, p. 1463). Inoltre, l'implementazione di nuove tecnologie aumenta la produttività del lavoro il primo anno di adozione e il successivo, diventando però trascurabile già dal terzo anno in poi; la relazione tra numero di tecnologie adottate e produttività è parsa ad U inversa, suggerendo un miglioramento delle performance aziendali correlato all'investimento in poche tecnologie selezionate in base ai bisogni dell'attività svolta (Bettiol et al., 2024), e non legata, quindi, alla trasformazione completa dell'impianto e/o dell'attività in 4.0. Da un altro studio di Bettiol et al. (2024) sullo stesso campione di imprese risulta come la maggiore produttività raggiunta dalle imprese adottanti "non sia il risultato di un “effetto sostituzione” tra tecnologia e forza lavoro; piuttosto, essa pare guidata da un incremento in efficienza che permette a queste imprese di essere più efficienti nel generare valore mentre, allo stesso tempo, di vedere un aumento del numero di addetti” (Bettiol et al., 2024, p.1459). Il loro studio conferma i risultati ottenuti da Cirillo et al. (2023), che evidenziavano un aumento della produttività di circa il 5% a seguito di investimenti in digitalizzazione. Emergeva anche come le imprese con meno di 50 addetti raggiungessero aumenti del 6%, contro nessun miglioramento della produttività per le altre imprese nel breve periodo (Cirillo et al., 2023). Lo studio di Cefis et al. (2024) su un campione di imprese “autoselezionate” senza limiti di settore o grandezza, ha visto un aumento della produttività del 3,9% delle imprese che avessero effettuato investimenti in 4.0 beneficiando del “Piano Nazionale Industria 4.0”, con migliori effetti raggiunti dallo sfruttamento di superammortamento e iperammortamento, rispetto agli altri incentivi.

CONCLUSIONE

La quarta rivoluzione industriale iniziata in Germania nel 2011 è un processo ancora in atto in tutto il territorio europeo. Dal palco di una delle fiere più importanti nel settore delle tecnologie industriali, il concetto di Industria 4.0 ha catalizzato l'attenzione mondiale di moltissimi governi, in particolare quelli europei, alle prese con problemi legati alla stagnazione della produttività e alla competizione del proprio settore manifatturiero/industriale con lo stesso di paesi extra-UE in cui questo è in rapida ascesa.

Le politiche messe in atto dai vari paesi perseguivano tutte il medesimo obiettivo: incentivare la digitalizzazione e l'automazione delle imprese per migliorarne la competitività creando parallelamente degli ambienti educativo e infrastrutturale di supporto e accompagnamento all'iniziativa privata.

Ogni paese - nella cornice di uno sforzo comunitario arrivato solo più tardi e che ha lasciato in ogni caso molta libertà di scegliere l'approccio che ogni membro ritenesse più adatto - ha seguito la strada della trasformazione 4.0 con strumenti differenti, se non in termini qualitativi sicuramente in termini quantitativi. La Germania ha concentrato lo sforzo nel creare uno spazio di comunicazione e di scambio proficuo per i vari *stakeholder* privati e pubblici, limitando moltissimo la spesa pubblica indirizzata direttamente alle imprese private. Spagna e Italia, arrivate successivamente, hanno preso ispirazione dal modello tedesco implementando però strumenti come sgravi fiscali, semplificazioni delle norme e aiuti statali e regionali erogati in forma di bandi. Il bel paese si è in ogni caso contraddistinto per un livello di spesa pubblica di mancate entrate fiscali di molto superiori a quelle del paese iberico.

I piani governativi stanno avendo effetti e hanno portato una parte del settore privato nella quarta rivoluzione industriale: l'Italia è il paese che più è cresciuto in Europa in termini di digitalizzazione delle imprese e si posiziona davanti a Germania e Spagna, anche se questo è grazie soprattutto alla fatturazione elettronica (DESI).

A riguardo delle tecnologie abilitanti, il settore industriale tedesco risulta il più avanzato con Spagna e Italia circa sugli stessi livelli a seguire. Questo, nonostante l'enorme sforzo di incentivazione pubblica italiana: una motivazione potrebbe risiedere nel fatto che a effettuare gli investimenti erano e sono imprese già più produttive e profittevoli rispetto alle altre (Bratta et al., 2020 – Cefis et al., 2024), e in questo il settore privato tedesco è il più produttivo in UE (Balassone, 2022).

Le tecnologie 4.0 si sono dimostrate alleate della produttività, aumentando l'output produttivo senza diminuire il numero di occupati ma anzi aumentando le assunzioni da parte delle imprese

adottanti. Si deve evidenziare come un aumento della produttività abbia una magnitudo differente in base al paese oggetto di studio, alle dimensioni delle imprese, al numero e al tipo di tecnologie adottate.

Per mantenere e accelerare questa tendenza positiva, sarà fondamentale continuare a promuovere politiche che incentivino l'adozione delle tecnologie 4.0, con un'attenzione particolare alla formazione scolastica, l'aggiornamento delle competenze della forza lavoro e la promozione di ricerca e collaborazione tra tutti gli *stakeholder*.

BIBLIOGRAFIA

Arregui, N., Shi, Y., 2023, “Labor Productivity Dynamics in Spain: A Firm-level Perspective” *International Monetary Fund*, Selected Issues Paper (SIP/2023/002)

Balassone, F., (07/07/2022), “PMI Award 2022 – Le strade dell’eccellenza”, (online), *Banca d’Italia Eurosystem*, disponibile su <https://www.bancaditalia.it/pubblicazioni/interventi-vari/int-vari-2022/Balassone-PMI-Award-07072022.pdf> (ultima consultazione 10/08/2024)

Ballestar, M., T., Díaz-Chao, A., Sainz, J., Torrent-Sellens, J., 2020, “Knowledge, robots and productivity in SMEs: Explaining the second digital wave”, *Journal of Business Research*, 108, 119-131.

Berg, A., (20/06/2022), “Digitalisierung der Wirtschaft”, *Bitkom*, (online), disponibile su https://www.bitkom.org/sites/main/files/2022-06/Bitkom-Charts%20Digitalisierung%20der%20Wirtschaft%2020%2006%202022_final.pdf (ultima consultazione 25/07/2024)

Bettiol, M., Capestro, M., Di Maria, E., Ganau, R., 2024, “Is this time different? How Industry 4.0 affects firms’ labor productivity”, *Small Business Economics*, 62, 1449-1467.

Boston Consulting Group, (09/04/2015), “Industry 4.0: The Future of Productivity and Growth in Manufacturing Industries”, (online), disponibile su https://www.bcg.com/publications/2015/engineered_products_project_business_industry_4_future_productivity_growth_manufacturing_industries (ultima consultazione 22/05/2024)

Bratta, B., Romano, L., Acciari, P., Mazzolari, F., 2020, “The Impact of Digitalization Policies. Evidence from Italy’s Hyper-depreciation of Industry 4.0 Investments”, *DF Working Papers*, 6

Calenda, C., (21/06/2016), “Piano nazionale Industria 4.0”, (online), disponibile su https://www.governo.it/sites/governo.it/files/industria_40_MISE.pdf (ultima consultazione 22/05/2024)

Camera dei deputati, (30/06/2016). “Indagine conoscitiva su «Industria 4.0»: quale modello applicare al tessuto industriale italiano. Strumenti per favorire la digitalizzazione delle filiere industriali nazionali”, (online), disponibile su

https://documenti.camera.it/_dati/leg17/lavori/documentiparlamentari/IndiceETesti/017/016/INTERO.pdf (ultima consultazione 09/06/2024)

Camera dei deputati, (16/10/2019), “La Strategia italiana del 2015 e la sua realizzazione”, (online), disponibile su <https://temi.camera.it/leg18/post/la-strategia-italiana-del-2015.html> (ultima consultazione 07/04/2024)

Camera dei deputati – Servizio Studi (29/09/2022), “Transizione 4.0”, (online), disponibile su https://www.camera.it/temiap/documentazione/temi/pdf/1183233.pdf?_1582131056011 (ultima consultazione 12/08/2024)

Canna, F., (04/04/2017), “Industria 4.0, com’è la situazione in Spagna?”, (online), *Innovation post*, disponibile su <https://www.innovationpost.it/attualita/industria-4-0/industria-40-situazione-spagna/> (ultima consultazione 23/06/2024)

Canna, F., (24/12/2017), “La manovra 2018 è legge, ecco i testi definitivi e le misure per Industria 4.0 e Impresa 4.0”, (online), *Innovation Post*, disponibile su <https://www.innovationpost.it/attualita/politica/la-manovra-2018-legge-testi-definitivi-le-misure-industria-impresa-4-0> (ultima consultazione 26/05/2024)

Canna, F., (18/11/2020), “Tutti i conti del piano Transizione 4.0: proroga e rafforzamento costeranno 23,8 miliardi di euro”, (online), *Innovation Post*, [disponibile su https://www.innovationpost.it/attualita/incentivi/tutti-i-conti-del-piano-transizione-4-0-proroga-e-rafforzamento-costeranno-238-miliardi-di-euro/](https://www.innovationpost.it/attualita/incentivi/tutti-i-conti-del-piano-transizione-4-0-proroga-e-rafforzamento-costeranno-238-miliardi-di-euro/) (ultima consultazione 08/08/2024)

Canna, F., (26/02/2024), “Piano Transizione 5.0, tutti i dettagli e la spiegazione dell’incentivo”, (online), *Innovation Post*, disponibile su <https://www.innovationpost.it/attualita/piano-transizione-5-0-ecco-tutti-i-dettagli-del-nuovo-incentivo-che-agevola-il-risparmio-energetico/> (ultima consultazione 29/05/2024)

Cassaro, M., (28/12/2023), “Premi di produttività: detassazione confermata anche per il 2024”, (online), *IPSOA*, disponibile su <https://www.ipsoa.it/documents/quotidiano/2023/12/28/premi-produttivita-detassazione-confermata-2024> (ultima consultazione 26/05/2024)

Cirillo, V., Fanti, L., Mina, A., Ricci, A., 2021, “Upgrading Italy’s Industrial Capacity: Industry 4.0 across Regions and Sectors”, *Sinapsi*, XI, 2, 14-35

Cirillo, V., Fanti, L., Mina, A., Ricci, A., 2023, “New digital technologies and firm performance in the Italian economy. Industry and Innovation”, *Industry and Innovation*, 30, 159–188

Commissione Europea, 2016, “Digitalizzazione dell’industria Europea, cogliere appieno i vantaggi di un mercato unico digitale” COM(2016), 180 final, Bruxelles.

Confartigianato Padova, (01/12/2023), “Hannover Messe 2024”, (online), disponibile su <https://www.confartigianatoimpresepadova.it/hannover-messe-2024/#gref> (ultima consultazione 29/03/2024)

Costa, S., De Santis, S., Monducci, R., 2022, “I profili strategici delle microimprese italiane: vincoli dimensionali e potenzialità di sviluppo”, *Sinapsi*, XII, 3, 28-49

Da Empoli S., (10/01/2023), “Transizione 4.0, un programma in evoluzione: cosa aspettarsi nel 2023”, (online), *Agenda Digitale*, disponibile su <https://www.agendadigitale.eu/industry-4-0/transizione-4-0-un-programma-in-evoluzione-cosa-aspettarsi-nel-2023/> (ultima consultazione 29/05/2024)

Deng, L., Plümpe, V., Stegmaier, J., 2024, “Robot Adoption at German Plants”, *Jahrbücher für Nationalökonomie und Statistik*, 244(3), 201-235.

Dl. 6 dicembre 2011, n.210.

Ferschli, B., Rehm, M., Schnetzer, M., Zilian, S., 2021, “Digitalization, Industry Concentration, and Productivity in Germany”, *Jahrbücher für Nationalökonomie und Statistik*, 241, 623-665.

Forschungsbeirat der Plattform Industrie 4.0, 2019, “Key Themes of Industrie 4.0. Research and Development Needs for Successful Implementation of Industrie 4.0”, (online), *Actatech*, disponibile su <https://en.acatech.de/publication/key-themes-of-industrie-4-0/download-pdf/?lang=en> (ultima consultazione 23/06/2024)

Forschungsbeirat der Plattform Industrie 4.0, 2022, “Blinde Flecken in der Umsetzung von Industrie 4.0 - Identifizieren und Verstehen”, (online), disponibile su <https://www.acatech.de/publikation/blinde-flecken-i40/download-pdf/?lang=wildcard> (ultima consultazione 23/06/2024)

Frank, G. A., Dalenogare, L. S., Ayala N. S., 2019, “Industry 4.0 technologies: Implementation patterns in manufacturing companies”, *International Journal of Production Economics*, 210, 15-26.

Gruppo del Barba Consulting, (07/06/2022), “Crediti d’imposta per investimenti in beni strumentali”, (online), disponibile su <https://www.gruppodelbarba.com/credito-di-imposta-investimenti-beni-strumentali-agevolazione-transizione-4-0/> (ultima consultazione 26/05/2024)

Gutiérrez, P., M., C., Arroyo-Barrigüete J., L., 2023, “Productividad en la Industria 4.0. Evidencias empíricas en el sector de embotellado”, *Dirección y Organización*, 79, 35-51.

Horvat, D., Kroll, H., Jäger, A., “Researching the Effects of Automation and Digitalization on Manufacturing Companies’ Productivity in the Early Stage of Industry 4.0”, *Procedia Manufacturing*, 39, 2019, 886-893.

Instituto Nacional de Estadística, (18/10/2022), “Encuesta sobre el uso de TIC y del comercio electrónico en las empresas - Año 2021 – Primer trimestre de 2022”, (online), disponibile su https://www.ine.es/prensa/tic_e_2021_2022.pdf (ultima consultazione 25/07/2024)

International Federation of Robotics, (10/01/2024), “Global Robotics Race: Korea, Singapore and Germany in the Lead”, (online), disponibile su <https://ifr.org/ifr-press-releases/news/global-robotics-race-korea-singapore-and-germany-in-the-lead> (ultima consultazione 01/08/2024)

Istat, 2018, “Rapporto sulla competitività dei settori produttivi 2018”, (online), disponibile su <https://www.istat.it/storage/settori-produttivi/2018/Rapporto-competitivita-2018.pdf> (ultima consultazione 04/08/2024)

Istat, (06/2023), “Cittadini e competenze digitali” (online), disponibile su <https://www.istat.it/it/files/2023/06/cs-competenzedigitali.pdf> (ultima consultazione 30/03/2024)

Kagermann, H., Wolf-Dieter, L., Wolfgang, W., 2011, “Industrie 4.0: Mit dem Internet der Dinge auf dem Weg zur 4. industriellen Revolution”, *VDI-Nachrichten*, 13/1, 2.

Macho, N., A., Martínéz, T., F., J., 2021, “Evidencias e incertidumbres de la industria 4.0 en España: un relato en construcción”, *Panorama Social*, 34, 105-122.

McKinsey Global Institute, (29/05/2024), “A microscope on small businesses: The productivity opportunity by country”, (online), disponibile su <https://www.mckinsey.com/mgi/our-research/a-microscope-on-small-businesses-the-productivity-opportunity-by-country#/> (ultima consultazione 10/08/2024)

MET, (07/2018), “La diffusione delle imprese 4.0 e le politiche: evidenze 2017”, (online), disponibile su <https://d2uo11ksaedulq.cloudfront.net/wp-content/uploads/2018/07/08232244/Rapporto-MiSE-MetI40.pdf> (ultima consultazione 08/08/2024)

Ministero delle Imprese e del Made in Italy, “Piano nazionale Industria 4.0 Investimenti, produttività e innovazione”, (online), disponibile su https://www.mimit.gov.it/images/stories/documenti/Piano_Industria_40.pdf (ultima consultazione 08/08/2024)

Ministero delle Imprese e del Made in Italy, (23/05/2024), “Beni strumentali – Nuova Sabatini”, (online), disponibile su <https://www.mimit.gov.it/it/incentivi/agevolazioni-per-gli-investimenti-delle-pmi-in-beni-strumentali-nuova-sabatini> (ultima consultazione 26/05/2024)

Ministero delle Imprese e del Made in Italy, (22/05/2024), “Credito d’imposta ricerca e sviluppo, innovazione tecnologica, design e ideazione estetica”, (online), disponibile su <https://www.mimit.gov.it/it/incentivi/credito-d-imposta-r-s> (ultima consultazione 26/05/2024)

Nekrep, A., Strašek, S., Boršič, D., 2018, "Productivity and Economic Growth in the European Union: Impact of Investment in Research and Development", *Naše gospodarstvo/Our economy*, 64, 1, 18-27.

OECD, 2024, “Financing SMEs and Entrepreneurs 2024: An OECD Scoreboard”, *OECD Publishing*, Paris

PWC, 2014, “Industrie 4.0 – Chancen und Herausforderungen der vierten industriellen Revolution”, (online), disponibile su https://www.pwc.ch/de/publications/2016/pwc_studie_industrie_d.pdf (ultima consultazione 22/07/2024)

PWC, Centro Europeo per la Ricerca Economica, Università di Mannheim, 2017, “Digital Tax Index 2017, locational tax attractiveness for digital business models”, (online), disponibile su <https://www.pwc.de/de/industrielle-produktion/executive-summary-digitalisierungsindex-en.pdf> (ultima consultazione 22/05/2024)

Raab, C., 2022, “Industrie 4.0 – so digital sind Deutschlands Fabriken”, (online), *Bitkom*, disponibile su https://www.bitkom.org/sites/main/files/2022-05/Bitkom-Charts_Industrie_4.0_240522.pdf (ultima consultazione 25/07/2024)

Radziwon, A., Bilberg A., Bogers, M. Madsen E. S., 2014, “The Smart Factory: Exploring Adaptive and Flexible Manufacturing Solutions, *Procedia Engineering*”, *Procedia Engineering*, 69, 1184-1190.

Regina, F., (16/11/2017), “L’esperienza dell’Industria 4.0 in Germania”, Camera di Commercio italiana per la Germania, (online), disponibile su <https://www.forumaic.org/wp-content/uploads/2017/11/1.REGINA.pdf> (ultima consultazione 14/06/2024)

Ricci, A., Scicchitano, S., (10/2022), “Competitività e mercato del lavoro: alcune evidenze per le politiche pubbliche”, (online), *INAPP*, disponibile su <https://oa.inapp.gov.it/server/api/core/bitstreams/11939683-46b8-4757-b21a-a4ee0e740395/content> (ultima consultazione 10/08/2024)

Rüßmann, M., Lorenz, M., Gerbert, P., Waldner, M., Engel, P., Harnisch, M., Justus, J., (09/04/2015), “Industry 4.0: The Future of Productivity and Growth in Manufacturing Industries?”, (online), *Boston Consulting Group*, disponibile su https://inovasyon.org/images/Haberler/bcgperspectives_Industry40_2015.pdf (ultima consultazione 14/06/2024)

Schuh, G., Anderl, R., Dumitrescu, R., Krüger, A., Ten Hompel, M., 2020, “Using the Industrie 4.0 Maturity Index in Industry. Current Challenges, Case Studies and Trends.”, *Acatech*, (online)

disponibile su <https://www.acatech.de/publikation/der-industrie-4-0-maturity-index-in-der-betrieblichen-anwendung/download-pdf/?lang=en> (ultima consultazione 22/07/2024)

Taisch, M., De Carolis, A., (08/11/2016), “La Quarta Rivoluzione Industriale nel mondo”, (online), *Industria Italiana*, disponibile su <https://www.industriaitaliana.it/la-quarta-rivoluzione-industriale-nel-mondo/> (ultima consultazione 09/06/2024)

Torrent-Sellens, J., 2019, “Industria 4.0 y resultados empresariales en España: un primer escaneado”, *Oikonomics*, 12, 1-11

Torrent-Sellens, J., 2024, “Las empresas industriales en 2022 - Encuesta sobre Estrategias Empresariales (ESEE)”, (online), *Fundación SEPI*, disponibile su <https://www.fundacionsepi.es/investigacion/esee/LasEmpresasIndustriales2022.pdf> (ultima consultazione 01/08/2024)

Tumietto, D., (08/02/2017), “Industry 4.0, cosa possiamo imparare dalla Germania”, (online), *Agenda Digitale*, disponibile su <https://www.agendadigitale.eu/industry-4-0/industry-40-cosa-possiamo-imparare-dalla-germania/> (ultima consultazione 29/03/2024)

Vaciago, E., (11/05/2021), “Compie dieci anni l’Industria 4.0”, (online), *The Innovation Group*, disponibile su <https://www.theinnovationgroup.it/compie-dieci-anni-lindustria-4-0/?lang=it> (ultima consultazione 29/03/2024)

Weisz, B., (01/07/2016), “Gli Europei di Industry 4.0: Germania batte Italia?”, (online), *Agenda Digitale*, disponibile su <https://www.agendadigitale.eu/infrastrutture/gli-Europei-di-industry-40-germania-batte-italia/> (ultima consultazione 30/03/2024)

Winter, J., Frey, A., Biehler, J., 2022, “Towards the Next Decade of Industrie 4.0 – Current State in Research and Adoption and Promising Development Paths from a German Perspective”, *Industry 4.0 – The Global Industrial Revolution: Achievements, Obstacles and Research Needs for the Digital Transformation of Industry*, 4, 31

SITOGRAFIA

Agencia Tributaria, (online) disponibile su <https://sede.agenciatributaria.gob.es/> (ultima consultazione 26/07/2024)

Agenzia delle entrate, “La disciplina degli anni passati del super ammortamento” (online), disponibile su <https://www.agenziaentrate.gov.it/portale/web/guest/la-disciplina-anni-passati> (ultima consultazione 26/05/2024)

Agenzia per la Ricerca Europea, “Horizon 2020” (online), disponibile su <https://horizon2020.apre.it/> (ultima consultazione 03/04/2024)

Assolombarda, “Fondo di garanzia: le regole per il 2024” (online), disponibile su <https://www.assolombarda.it/servizi/credito-finanza-e-incentivi/informazioni/decreto-liquidita-guida-operativa-per-finanziamenti-oltre-a-25-000-Euro-garantiti-dal-fondo-di-garanzia> (ultima consultazione 26/05/2024)

Commissione Europea, “Plasmare il futuro digitale dell'Europa - Indice dell'economia e della società digitali (DESI)” (online), disponibile su <https://digital-strategy.ec.europa.eu/it/policies/desi> (ultima consultazione 14/06/2024)

IPSOA, “Archivio fiscale” (online), disponibile su <https://www.ipsoa.it/wkpedia> (ultima consultazione 26/05/2024)

Ministero dell’Industria e del Turismo spagnolo, “Industria Conectada 4.0” (online), disponibile su <https://www.industriaconectada40.gob.es/> (ultima consultazione 23/06/2024)

Ministero delle imprese e del Made in Italy, “Piano strategico Banda Ultralarga” (online) disponibile su <https://bandaultralarga.italia.it/> (ultima consultazione 23/06/2024)

Ministero Federale dell'Economia e dell'Energia tedesco, “Digitale Transformation in der Industrie” (online), disponibile su <https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Dossier/industrie-40.html> (ultima consultazione 14/06/2024)

Osservatorio Economico - Ministero degli Affari Esteri e della Cooperazione Internazionale, “Interscambio commerciale italiano con il resto del mondo” (online), disponibile su <https://www.infomercatiesteri.it/osservatorio-economico-intercambio-commerciale-italiano-/mondo.php#> (ultima consultazione 01/07/2024)

Statista, 2024, “Usage of Cloud computing in companies in Germany from 2011 to 2022” (online), disponibile su <https://www.statista.com/statistics/459998/usage-of-Cloud-computing-by-companies-ingermany/#:~:text=This%20statistic%20shows%20the%20results,compared%20with%20the%20year%20before> (ultima consultazione 06/07/2024)

FIGURE, GRAFICI

| | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 1 – Iniziative governative per Industria 4.0 nel mondo | 6 |
| Tabella 1 - Aspettative di crescita della produttività in Germania tra il 2015 e il 2020 | 7 |
| Figura 2 – Schema delle tecnologie 4.0 | 14 |
| Figura 3 – Struttura organizzativa della Plattform Industrie 4.0..... | 18 |
| Grafico 1 - Percentuali di adozione delle tecnologie 4.0 nelle imprese tedesche | 19 |
| Grafico 2 – Tasso di adozione di tecnologie Cloud nelle imprese tedesche..... | 19 |
| Grafico 3 – Percentuali di adozione delle tecnologie 4.0 nelle imprese spagnole..... | 22 |
| Grafico 4 – Percentuali di adozione delle tecnologie 4.0 nelle imprese industriali spagnole del 2022 | 23 |
| Grafico 5 - DESI 2017 | 25 |
| Grafico 6 – DESI 2022..... | 26 |
| Grafico 7 – <i>Crescita relativa per il periodo 2017-2022 dell’indicatore DESI</i> | 26 |
| Grafico 8 – Crescita del sub-componente dell’indice DESI “Digital technologies for businesses” tra il 2017 e il 2022 | 27 |
| Grafico 9 – DESI 2022 “Digital technologies for businesses” | 28 |
| Grafico 10 – <i>Percentuali di imprese con investimenti in tecnologie abilitanti 4.0, 2014-2016</i> | 29 |
| Grafico 11 – <i>Percentuali di imprese con investimenti in tecnologie abilitanti 4.0, 2014-2016</i> | 30 |
| Figura 4 – <i>Adozione delle tecnologie 4.0 a livello regionale, 2017</i> | 32 |
| Grafico 12 – <i>Diffusione delle tecnologie 4.0 per classe dimensionale, 2018</i> | 31 |
| Grafico 13 – <i>Diffusione tecnologie 4.0 tra le imprese con almeno 10 addetti, 2022</i> | 33 |
| Grafico 14 – <i>Andamento produttività del lavoro area Euro</i> | 34 |
| Grafico 15 – <i>Produttività del lavoro area Euro: crescita di PMI e grandi imprese nel periodo 2010-19 (a sx) e valori assoluti PMI (a dx)</i> | 34 |