



IL 5G
PER UNA INDUSTRIA
MODERNA
E SOSTENIBILE

CENTRO STUDI



CENTRO STUDI



In collaborazione con



Centro Studi TIM

Con il contributo di NetConsulting cube e Bi-REX

Roma, 25 marzo 2025

Salvo diversa indicazione, tutti i contenuti pubblicati sono soggetti alla licenza Creative Commons -
Attribuzione - versione 3.0. <https://creativecommons.org/licenses/by/3.0/it/>

INDICE

Introduzione	9
La rivoluzione delle tecnologie mobili per il settore industriale	9
Capitolo 1	11
Il settore manifatturiero italiano e la trasformazione digitale	11
Le sfide per le aziende manifatturiere italiane	11
Criticità congiunturali o cambiamento dei paradigmi di crescita e competitività?	14
Le strategie digitali delle imprese manifatturiere italiane	19
Gli investimenti per ambito tecnologico, Industria 4.0/Impresa 5.0 e il ruolo della servitizzazione	19
Gli ambiti di investimento prioritari nella transizione digitale delle aziende manifatturiere italiane	22
Il 5G nelle aziende manifatturiere italiane: un’opportunità ancora non colta	34
La transizione digitale delle aziende e l’adozione del 5G	34
I nuovi paradigmi di crescita del settore manifatturiero e il ruolo abilitante del digitale e della connettività	38
Le trasformazioni strutturali del sistema manifatturiero italiano	38
Gli impatti sulla domanda di digitalizzazione e connettività	41
Capitolo 2	45
Le reti 5G	45
Il 5G è un fattore di cambiamento, ma l’Europa è in ritardo	45
Copertura	46
Adozione del servizio	48
Alcune ragioni del ritardo: la gestione delle frequenze	51
Gestione delle Frequenze: indicazioni per il futuro	55
L’evoluzione dello standard	56
5G RedCap: uno standard ottimizzato per le applicazioni manifatturiere	59
Implementazione delle reti 5G SA e diffusione globale	61
Evoluzione dei Dispositivi 5G con Supporto Dichiarato per 5G SA	65

Il trend e gli sviluppi del mercato delle reti private LTE e 5G	67
Capitolo 3	70
Casi d'uso	70
Il potenziale del 5G: da connettività evoluta a piattaforma di innovazione digitale nelle aziende manifatturiere	70
Le caratteristiche del 5G e l'industria	70
Applicazioni industriali del 5G nel mondo ed in Italia	76
Utilizzi e vantaggi del 5G RedCap nel Manufacturing	77
Network API del 5G nel contesto Manufacturing	79
Principali categorie di casi d'uso industriali	80
I requisiti richiesti dai casi d'uso industriali	83
Il ruolo del 5G nell'industria manifatturiera	86
Le applicazioni industriali: i progetti in campo	88
I progetti in Europa	88
I progetti nel mondo	90
I progetti in Italia	91
Capitolo 4	93
Impatto economico del 5G per l'industria italiana	93
Gli impatti del 5G sull'economia globale ed europea	94
I benefici del 5G sull'economia italiana	98
Benefici economici per l'ambiente	105
Il contributo del 5G alla riduzione di emissioni CO ₂	112
Conclusioni	120
Appendice	122
Nota metodologica	122
Beneficio per l'economia in termini di maggiore produttività delle aziende manifatturiere	122
I benefici economici per l'ambiente	123

INDICE DELLE FIGURE

Fig. 1 – Andamento della produzione industriale in Italia per raggruppamento principale di industrie.....	12
Fig. 2 – Dinamiche settoriali nella produzione industriale, graduatoria dei settori secondo le variazioni tendenziali.....	13
Fig. 3 – Produzione industriale, variazioni percentuali tendenziali.....	14
Fig. 4 – Andamento fatturato industrie manifatturiere, 2019-2024.....	15
Fig. 5 – Margine operativo lordo medio delle imprese manifatturiere italiane 2010-2021.....	15
Fig. 6 – Variazione della produttività manifatturiera nei Big-4 europei.....	16
Fig. 7 – Andamento imprese manifatturiere registrate dal 31 dicembre 2019 al 31 dicembre 2024 in Italia e Variazione %.....	17
Fig. 8 – Fattori di digitalizzazione che potrebbero incidere positivamente sulla competitività e sullo sviluppo delle imprese manifatturiere nel biennio 2025-2026.....	18
Fig. 9 – Investimenti materiali e immateriali 2021- 2024 per ambito tecnologico.....	20
Fig. 10 – Le principali tecnologie per l’ottimizzazione dei processi industriali.....	23
Fig. 11 – Stato di avanzamento e principali aree di attenzione in ambito Data & Analytics.....	24
Fig. 12 – Stato di avanzamento della strategia aziendale in ambito Intelligenza Artificiale.....	25
Fig. 13 – Ruolo del Cloud in azienda e piani evolutivi.....	27
Fig. 14 – Benefici dell’adozione di servizi di Cloud Computing.....	28
Fig. 15 – Propensione all’utilizzo di IoT e casi d’uso in ambito Smart Factory.....	29
Fig. 16 – Le principali tecnologie in ambito logistica/magazzino.....	32
Fig. 17 – Propensione all’investimento in Digital Twin da parte delle aziende manifatturiere.....	33
Fig. 18 – Investimenti materiali e immateriali 2025-2026 per ambito tecnologico.....	35
Fig. 19 – Propensione all’investimento in 5G da parte delle aziende industriali.....	36
Fig. 20 – I settori principali: il numero dei casi e la spesa in 5G - 2024.....	37
Fig. 21 – Andamento della produzione manifatturiera in Italia, Francia e Germania (2019-2024) ..	38
Fig. 22 – Imprese appartenenti a filiere produttive in Italia per dimensione.....	40
Fig. 23 – Aziende che hanno registrato un incremento di produttività dall’adozione di tecnologie digitali.....	42

Fig. 24 – La piattaforma digitale integrata per l’azienda manifatturiera	43
Fig. 25 – Percentuale della popolazione coperta da almeno un operatore mobile 5G in Europa, Cina, Giappone, Corea del Sud e USA, 2019- 2024F	46
Fig. 26 – Penetrazione sulla popolazione di 4G e 5G in Europa, 2013- 2024F	48
Fig. 27 – Adozione del 5G in Europa, in termini di linee 5G sul totale linee mobili	49
Fig. 28 – Correlazione fra la velocità delle connessioni mobili e la penetrazione del 5G	50
Fig. 29 – Adozione del 5G nel 2024 e previsione 2026-2030.....	50
Fig. 30 – Assegnazione delle frequenze 5G in Europa, 2015-2024	52
Fig. 31 – Prezzo di assegnazione delle frequenze 5G in Europa, 2015-2024	53
Fig. 32 – Costi annualizzati dello spettro, operatori mobili europei, 2013-2024.....	55
Fig. 33 – L’evoluzione dello standard 5G.....	57
Fig. 34 – Architettura di rete privata e pubblica	59
Fig. 35 – Adozione del 5G nel tempo, 1Q 2021 – 3Q 2024	62
Fig. 36 – La mappa del 5G standalone a novembre 2024.....	62
Fig. 37 –Reti 5G attive a novembre 2024.....	63
Fig. 38 –Reti 5G SA operative e pianificate a novembre 2024.....	64
Fig. 39 – Lanci 5G Stand Alone per paese a novembre 2024	65
Fig. 40 – Dispositivi in commercio con supporto 5G Stand Alone dichiarato, per fattore di forma, a novembre 2024.....	66
Fig. 41 – Rollout delle reti per tecnologia, 1Q 2020 – 4Q 2024	68
Fig. 42 – Sviluppo delle reti per tipologia di architettura, 2017 – 2024	69
Fig. 43 – KPI del 5G per applicazioni di Industry 4.0.....	76
Fig. 44 – Riassunto coerente dei casi d'uso industriali più comuni e dei corrispettivi requisiti.....	85
Fig. 45 – Vantaggi dell’impiego del 5G nella produzione industriale	94
Fig. 46 – Contributo delle tecnologie mobili al Prodotto Interno Lordo globale per verticale, 2024 - 2030..	95
Fig. 47 – Settore manifatturiero: contributo delle tecnologie mobili al PIL globale del settore	96
Fig. 48 – Contributo 5G annuale all’economia europea per Industry.....	97
Fig. 49 – Andamento del PIL e del valore aggiunto lordo dell’industria manifatturiera a valori reali (base 2020)	99

Fig. 50 – Incremento del PIL dovuto all’uso del 5G nell’industria manifatturiera.....	100
Fig. 51 – Incremento del PIL dovuto all’uso del 5G e delle tecnologie abilitate nell’industria manifatturiera: l’effetto sistemico.....	103
Fig. 52 – Stima del beneficio economico del 5G per l’industria manifatturiera: incremento del PIL nei due diversi scenari.....	104
Fig. 53 – Composizione dei rifiuti prodotti in Italia nel 2022 per tipologia	105
Fig. 54 – Evoluzione dei rifiuti prodotti dalle attività economiche in Italia per settore di produzione.....	107
Fig. 55 – Rifiuti speciali prodotti dall’industria manifatturiera in confronto con il totale rifiuti speciali prodotti in Italia.....	108
Fig. 56 – Evoluzione della produzione dei rifiuti del settore manifatturiero e del Valore Aggiunto Lordo manifatturiero in Italia.....	109
Fig. 57 – Previsione della produzione di rifiuti del settore manifatturiero in Italia.....	110
Fig. 58 – Risparmio cumulato possibile da introduzione del 5G sul costo di smaltimento dei rifiuti prodotti dall’industria manifatturiera.....	112
Fig. 59 – Produzione intelligente 5G per l’abbattimento delle emissioni di CO2 eq.....	113
Fig. 60 – L’andamento delle emissioni di gas serra in Italia 1990 – 2022	117
Fig. 61 – Andamento delle emissioni di gas serra del settore manifatturiero e vantaggio derivante dall’introduzione di reti 5G nel trattamento settore manifatturiero	119

INTRODUZIONE

La rivoluzione delle tecnologie mobili per il settore industriale

Le tecnologie mobili costituiscono uno dei fattori più potenti della trasformazione digitale. Per avere una misura di quanto rapidamente stia cambiando l'uso che facciamo dei sistemi mobili, basta guardare al traffico dati che – pur rimanendo una parte minoritaria del flusso che attraversa ogni giorno le reti degli operatori di telecomunicazioni, cresce ad un ritmo più rapido rispetto a quello della rete fissa: tra il 2019 e il 2024, il traffico dati medio per connessione mobile è più che quadruplicato in Europa (da 3,8 GB/mese nel 2019 a 15,3 GB/mese nel 2024) e si prevede possa raggiungere i 50 GB/mese entro la fine del decennio¹, favorito anche da una velocità di rete in continua crescita.

Mentre appare evidente il modo in cui le comunicazioni mobili abbiano cambiato la vita di tutti i giorni, può apparire meno immediato il profondo percorso di trasformazione digitale che stanno affrontando alcuni settori produttivi per i quali la tecnologia 5G rappresenta una svolta epocale. Grazie alla sua capacità di trasmettere dati a velocità ultra-rapide, con una latenza estremamente bassa e la capacità di facilitare le comunicazioni machine-to-machine tra una molteplicità di dispositivi allo stesso tempo, il 5G sta aprendo nuove possibilità in diversi settori. Ad esempio, sta contribuendo a realizzare catene di produzione rapidamente riconfigurabili, grazie alla connettività wireless, migliorando la sicurezza informatica, creando aeroporti intelligenti e veicoli autonomi connessi.

L'obiettivo di questo rapporto è studiare come l'adozione e l'implementazione massiva delle tecnologie mobili di ultima generazione e le innovazioni tecnologiche da esse abilitate possano aiutare l'industria manifatturiera italiana e l'economia del Paese a svilupparsi, tenendo presente sempre l'impatto ambientale. In realtà le tecnologie 5G applicate

¹ Ericsson Mobility Report 2024

all'industria consentono non solo di migliorare la produttività e l'efficienza creando valore, ma anche di limitare il costo legato alla produzione e smaltimento dei rifiuti industriali e, attraverso l'ottimizzazione dei processi, a ridurre l'impatto di produzione di gas serra.

Questo avviene in un momento in cui il settore manifatturiero italiano mostra dei sintomi di fragilità strutturale per cause sia interne sia legate al quadro economico e politico internazionale, e accusa la competizione delle produzioni delocalizzate in paesi emergenti come Cina, India e Sud Est Asiatico.

Ci auguriamo che il quadro rappresentato in questo lavoro, unitamente alle spiegazioni di come la tecnologia mobile si possa applicare alle imprese industriali, e agli effetti benefici per l'economia e l'ambiente italiane, offrano elementi utili alle decisioni sugli investimenti strategici in innovazione.

CAPITOLO 1²

Il settore manifatturiero italiano e la trasformazione digitale

Le sfide per le aziende manifatturiere italiane

Le aziende manifatturiere italiane si trovano oggi ad affrontare una serie di sfide che derivano da una combinazione di cause congiunturali e strutturali.

Il contesto economico globale, negli ultimi anni, è infatti stato progressivamente incerto a causa di:

- criticità geopolitiche;
- conseguente rottura delle filiere produttive internazionali in logica friendshore;
- difficoltà economiche (ad esempio, l'aumento del costo dell'energia e delle materie prime, l'inflazione elevata dello scorso biennio);
- problematiche di tipo ambientale (evidenti nel moltiplicarsi di eventi climatici sempre più estremi e nella necessità di contenere le emissioni di CO₂);
- politiche ambientali come il Green Deal caratterizzate da obiettivi di medio termine molto sfidanti.

L'introduzione di dazi potrebbe inoltre influire negativamente sull'andamento delle imprese manifatturiere italiane. I dazi potrebbero infatti determinare un aumento dei prezzi all'esportazione, rendendo i prodotti delle aziende italiane meno competitivi sul mercato statunitense. Queste politiche potrebbero determinare una spinta alla riorganizzazione delle catene di approvvigionamento finalizzata a ridurre la dipendenza da certi mercati³.

L'andamento del settore nel 2024 risente degli impatti negativi di questo scenario.

² Il capitolo 1 è realizzato a cura di NetConsulting cube.

³ AA.VV. La nuova politica commerciale degli Stati Uniti. I settori e i prodotti italiani ed europei più a rischio, Nota CSC Confindustria n.1/25

1 - IL SETTORE MANIFATTURIERO

Al netto degli effetti di calendario, a dicembre 2024 l'indice complessivo della produzione industriale (Fig. 1) è diminuito in termini tendenziali del 7,1%. Si registra una crescita esclusivamente per l'energia (+5,5%); al contrario, marcate diminuzioni contraddistinguono i beni strumentali (-10,7%), i beni intermedi (-9,5%) e i beni di consumo (-7,3%).

Su base annua, quest'indice diminuisce del 3,5%.

Fig. 1 – Andamento della produzione industriale in Italia per raggruppamento principale di industrie

Dicembre 2024, variazioni percentuali congiunturali e tendenziali (base 2021=100)

RAGGRUPPAMENTI PRINCIPALI DI INDUSTRIE	Dati destagionalizzati		Dati corretti per gli effetti di calendario	
	dic24 nov24	ott24-dic24 lug24-dic24	dic24 dic23	anno24 anno23
Bene di consumo	-3,3	0,3	-7,3	-3,3
<i>Durevoli</i>	-3,8	-1,0	-8,3	-4,8
<i>Non durevoli</i>	-3,2	0,6	-6,8	-2,9
Beni strumentali	-3,3	-1,3	-10,7	-4,7
Beni intermedi	-3,6	-1,9	-9,5	-3,5
Energia	0,9	1,0	5,5	0,6
Totale	-3,1	-1,2	-7,1	-3,5

Fonte: Istat, 2025

Sia la produzione di beni intermedi, più sensibili ai prezzi energetici e alla domanda internazionale, sia quella di beni di consumo, che risentono maggiormente della dinamica del reddito disponibile reale domestico, hanno concorso a indebolire la dinamica complessiva della produzione industriale nel 2024.

Negli ultimi trimestri, tuttavia, mentre la produzione dei beni intermedi continua a contrarsi, la produzione dei beni di consumo sembra pronta a risalire, complice anche la ripresa del reddito reale disponibile delle famiglie e della domanda interna.

Per quanto riguarda i beni strumentali, invece, dopo lo slancio nel 2022, la produzione è rimasta sostanzialmente piatta nel 2023, per poi cadere da inizio 2024, per effetto della minor domanda di impianti e macchinari derivante anche dal parziale depotenziamento delle agevolazioni fiscali. La produzione di tali beni dovrebbe tornare a crescere nel prossimo futuro, data la previsione secondo cui le imprese italiane torneranno ad investire in maniera più sostenuta in impianti e macchinari nel corso del 2025.

1 - IL SETTORE MANIFATTURIERO

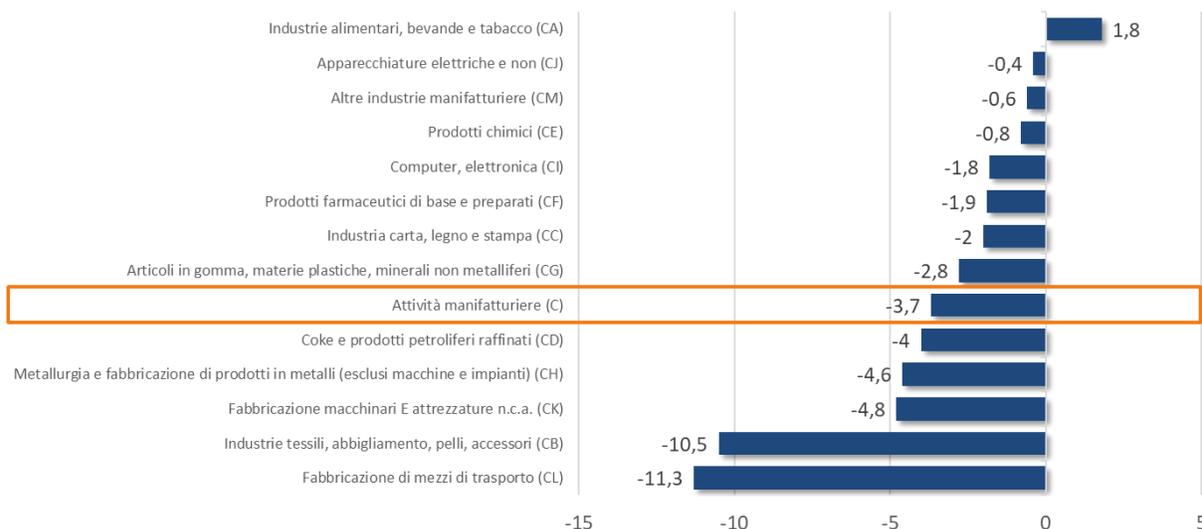
La contrazione del fatturato a valori correnti è più intensa per la componente interna del giro d'affari, superiore al 3% nei primi 11 mesi del 2024, a fronte di un calo meno marcato della componente estera (-1,7%), che trova riscontro anche in una performance di relativa tenuta delle nostre esportazioni.

In questo contesto, alcuni comparti soffrono più di altri. Le difficoltà che sta affrontando l'automotive sono note ma anche i settori della meccanica, della moda, dell'agroalimentare e della farmaceutica potrebbero subire perdite economiche significative.

Gli unici settori di attività economica che registrano a dicembre incrementi tendenziali (Fig. 2) sono l'attività estrattiva (+17,4%) e la fornitura di energia elettrica, gas, vapore ed aria (+5,0%). Flessioni particolarmente marcate si rilevano, invece, nella fabbricazione di mezzi di trasporto (-23,6%), nelle industrie tessili, abbigliamento, pelli e accessori (-18,3%) e nella metallurgia e fabbricazione di prodotti in metallo (-14,6%).

Fig. 2 – Dinamiche settoriali nella produzione industriale, graduatoria dei settori secondo le variazioni tendenziali

Variazione % 2023/2024, indici corretti per gli effetti di calendario (base 2001 = 100)



Fonte: Istat, 2025

Il confronto 2024/2023 evidenzia una flessione complessiva del 3,7%. L'unico settore che registra un incremento è quello delle industrie alimentari, bevande e tabacco (1,8%). Tutti gli altri mostrano un andamento negativo.

Particolarmente debole l'industria tessile, abbigliamento, pelli e accessori (-10,5%) e la Fabbricazione di mezzi di trasporto (-11,3%).

Criticità congiunturali o cambiamento dei paradigmi di crescita e competitività?

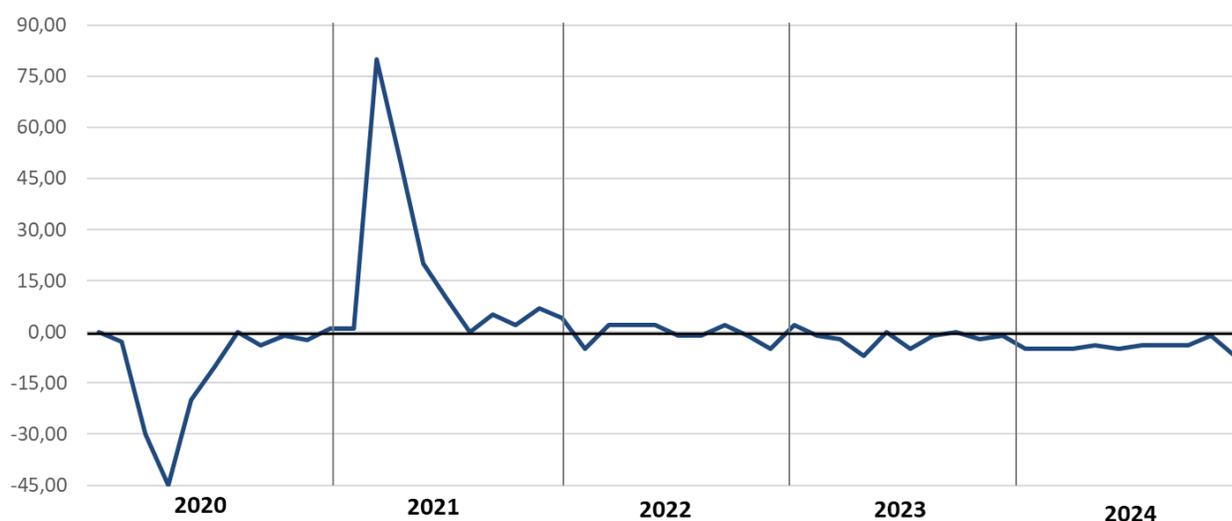
Un'osservazione di più lungo periodo sugli andamenti del settore manifatturiero in Italia pone l'interrogativo se le criticità attuali siano unicamente riferibili ai fattori congiunturali sopra descritti o non dipendano da cause più strutturali che nel tempo ne hanno eroso la competitività.

Alcuni indicatori sono alla base di questi interrogativi.

La produzione industriale (Fig. 3) è stagnante nel complesso del settore manifatturiero da almeno un quinquennio con l'eccezione dell'effetto rimbalzo post-Covid del 2021 e con i forti divari settoriali che caratterizzano la situazione italiana.

Fig. 3 – Produzione industriale, variazioni percentuali tendenziali

Gennaio 2020 – Dicembre 2024, dati corretti per gli effetti di calendario (base 2021 = 100)



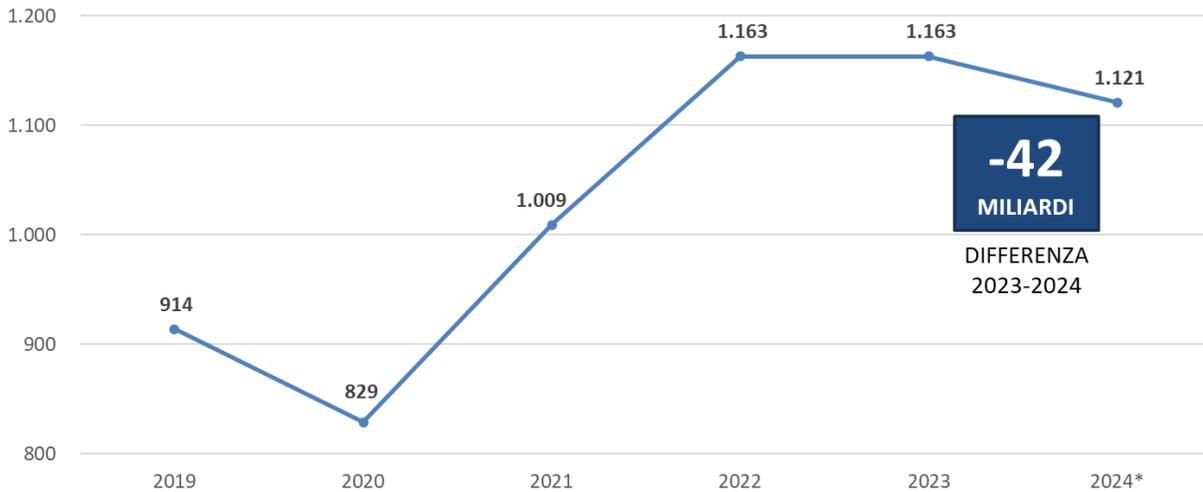
Fonte: Istat, febbraio 2025

Parallelamente e in modo correlato sono stati progressivamente negativi gli andamenti delle performance economiche con un calo del fatturato significativo (Fig. 4) dal 2022 al 2024 e una perdita complessiva nel periodo di 42 miliardi di euro accompagnato da una riduzione costante della marginalità media annua (Fig. 5) a partire dal lontano 2010.

1 - IL SETTORE MANIFATTURIERO

Fig. 4 – Andamento fatturato industrie manifatturiere, 2019-2024

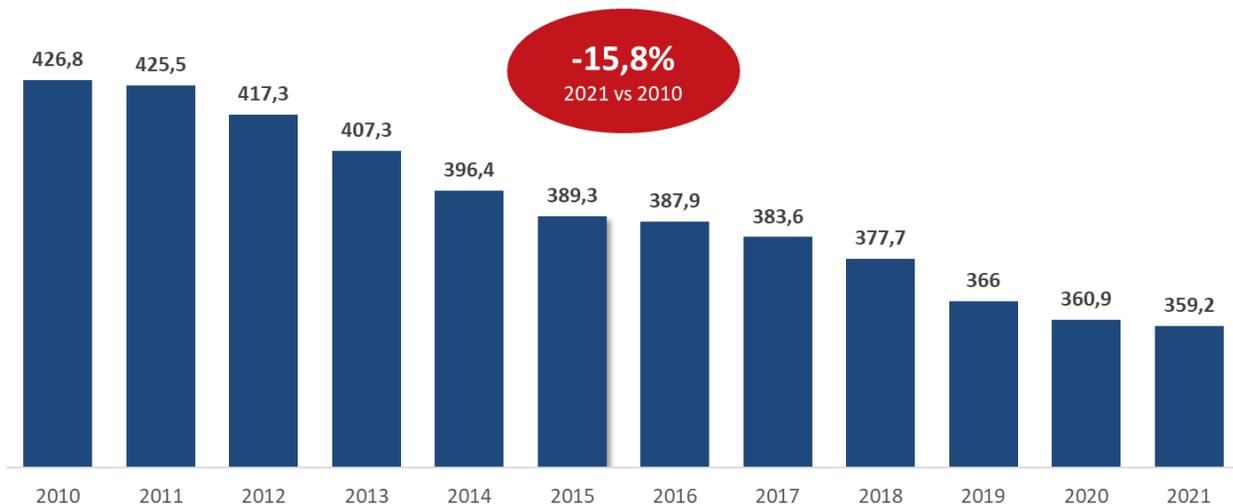
Miliardi di euro – *Primi nove mesi 2024



Fonte: Rapporto Analisi dei Settori Industriali febbraio 2025 - Prometeia in collaborazione con Intesa San Paolo

Fig. 5 – Margine operativo lordo medio delle imprese manifatturiere italiane 2010-2021

Migliaia di euro



Fonte: Elaborazioni Thea su dati Istat, 2024

Questi indicatori rappresentano andamenti medi del settore caratterizzati, come si diceva in precedenza, da divari significativi di performance tra sottosectori, dimensioni aziendali e territori e dove i fattori premianti sono stati la specializzazione, la qualità dei prodotti e dei

1 - IL SETTORE MANIFATTURIERO

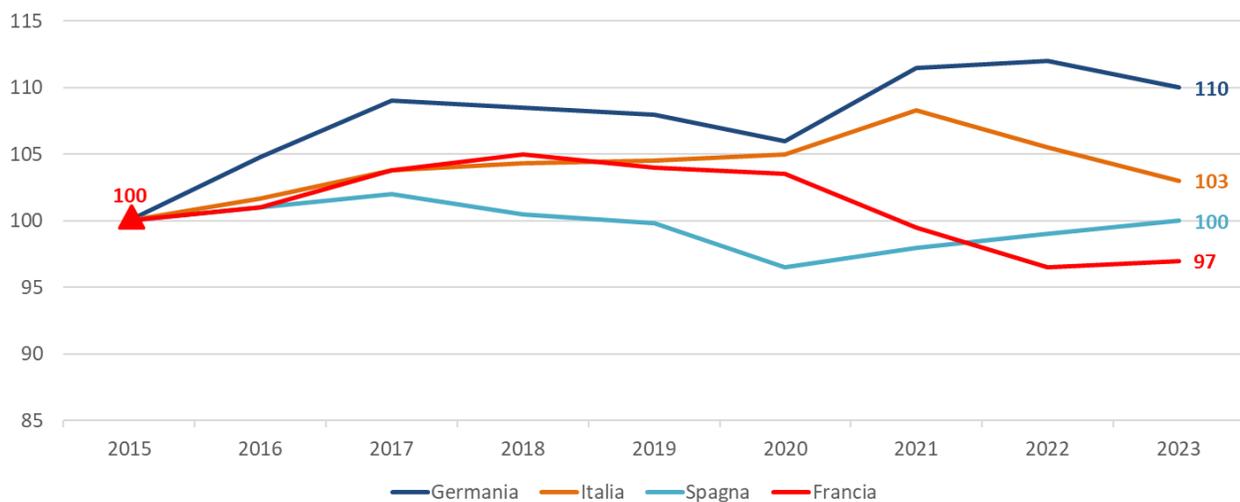
servizi correlati, la propensione all'export, la capacità di fornire componenti intermedi a player globali e la flessibilità al cambiamento in una fase storica di incertezza crescente.

Ma il fattore abilitante più importante per determinare competitività e crescita nelle aziende manifatturiere è sicuramente rappresentato dalla capacità di investire in innovazioni di prodotto, servizio e organizzative con il supporto privilegiato, dimostrato da molte ricerche recenti, dell'utilizzo intensivo e pervasivo di tecnologie ICT e digitali in tutti i processi aziendali il cui ritorno più evidente e misurabile dovrebbe essere rappresentato da un significativo guadagno di produttività che, al contrario, risulta in forte calo in Germania, Francia e Italia, con l'eccezione della Spagna, a partire dal 2021 (Fig. 6)⁴.

Se dunque vale la correlazione virtuosa tra innovazione, digitalizzazione, produttività e competitività, ne consegue che tutto il settore manifatturiero europeo, e in particolare quello italiano, ha investito poco in questa direzione.

Fig. 6 – Variazione della produttività manifatturiera nei Big-4 europei

Anno indice 2015 = 100, produttività del lavoro), 2015-2023



Fonte: Elaborazioni Thea su dati Istat, 2024

La capacità di investire in innovazione digitale presuppone capacità di visione, competenze, finanziamenti ed economie di scala e di scopo, fattori che confliggono con la dimensione media ridotta delle aziende manifatturiere nel nostro Paese, operanti spesso in settori tradizionali.

⁴ AA. VV., Digital Technologies and Productivity: a firm-level investigation for Italy, MEF, Working Papers n.3,2022 ; AA.VV., Digitalisation and Productivity, BCE Occasional Papers Series n. 339 2024

1 - IL SETTORE MANIFATTURIERO

Inoltre, il modello di sviluppo industriale basato sui distretti potrebbe perdere le caratteristiche competitive che ne hanno determinato il successo e non essere più idoneo per competere al meglio con multinazionali che spesso riescono a contenere i costi di produzione. Alcune imprese potrebbero cercare di consolidarsi attraverso fusioni e acquisizioni per affrontare al meglio i costi legati ai dazi e beneficiare di economie di scala⁵.

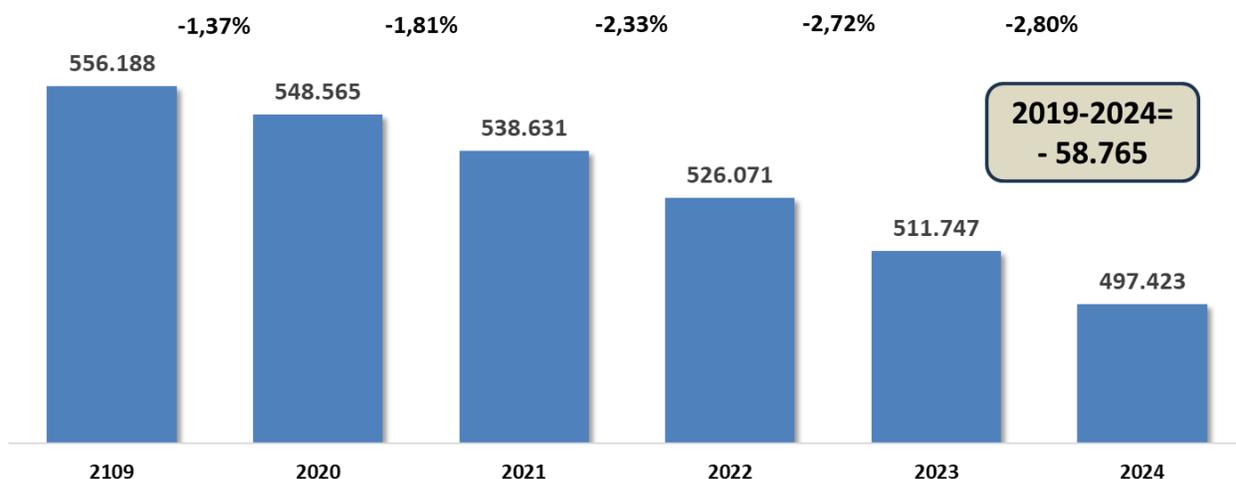
Infine, le dimensioni contenute delle imprese portano ad utilizzare processi produttivi ad alta intensità di lavoro umano e scarsa automazione oltre al non riuscire a beneficiare appieno dei vantaggi che vengono garantiti da un uso più intenso della leva innovazione.

Il processo di concentrazione delle imprese e la difficoltà a competere da parte delle aziende di dimensione contenuta è peraltro evidente nell'andamento evidenziato nella seguente figura (Fig. 7).

Nell'arco degli ultimi 6 anni il sistema produttivo italiano ha perso circa 59 mila aziende.

Fig. 7 – Andamento imprese manifatturiere registrate dal 31 dicembre 2019 al 31 dicembre 2024 in Italia e Variazione %

N° e Var. %



Fonte: Elaborazioni su dati Istat, 2025

All'interno di un quadro economico così complesso le aziende manifatturiere hanno bisogno di introdurre tutte le leve a loro disposizione per migliorare la competitività e la loro presenza nell'arena competitiva internazionale.

⁵ AA.VV. Il falso mito della manifattura inefficiente, Luiss Working Papers n°11/2024

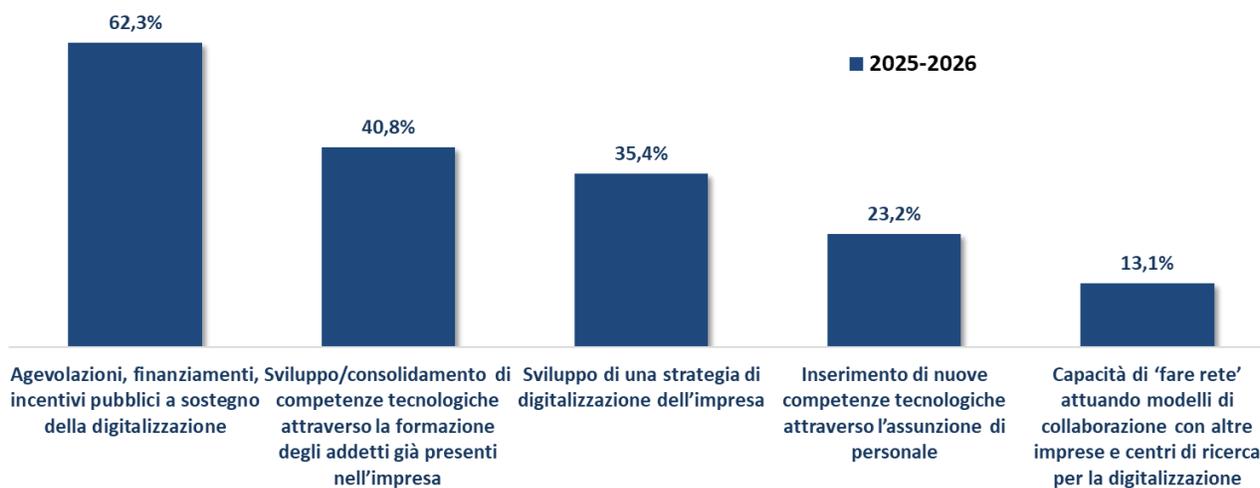
Devono quindi ottimizzare i loro processi, renderli più automatizzati e flessibili in modo tale da risultare resilienti ed adattivi agli shock esogeni ed endogeni che presenta il mercato.

La transizione digitale, l'adozione di tecnologie innovative e di connettività evoluta stanno alla base di un percorso finalizzato non solo al recupero di competitività ma anche al raggiungimento di quegli obiettivi di sostenibilità che le aziende sono chiamate a rispettare nei prossimi anni.

Un segnale importante della consapevolezza che le aziende italiane stanno maturando della necessità di procedere in questa direzione, ma anche della contestuale necessità di essere supportate nella disponibilità di risorse finanziarie adeguate per farlo, deriva da una recente rilevazione Istat dove tra i fattori di digitalizzazione che potrebbero incidere sulla competitività delle imprese manifatturiere (Fig.8), al primo posto con il 62,3% dei rispondenti ci sono le agevolazioni e i finanziamenti pubblici a sostegno della digitalizzazione.

Fig. 8 – Fattori di digitalizzazione che potrebbero incidere positivamente sulla competitività e sullo sviluppo delle imprese manifatturiere nel biennio 2025-2026

Dati in % - Imprese con almeno 10 addetti



Fonte: Istat, 2025

Al secondo posto nelle risposte, il 40,8% delle aziende dichiara che quello che potrebbe incidere positivamente sulla competitività delle loro aziende sono le competenze, in particolar modo quelle tecnologiche che dovranno essere consolidate e sviluppate sui dipendenti già presenti in azienda.

Se da una parte la riqualificazione del personale interno è molto importante, il 23,2% dei rispondenti ritiene che sia necessario inserire nuove risorse con competenze tecnologiche innovative, capaci di governare l'introduzione delle tecnologie digitali nelle loro aziende.

Il 35,4% dichiara che una strategia di digitalizzazione sarà uno degli elementi determinanti per il recupero di competitività. Ciò significa che la transizione digitale deve essere definita e strutturata e non essere il frutto di singole iniziative estemporanee.

Il 13,1% delle aziende, percentuale ancora troppo contenuta, vede nella capacità di fare rete un elemento distintivo che favorisce la competitività. E' infatti molto importante condividere esperienze con altre imprese e collaborare con i centri di ricerca per poter beneficiare di best practice e di tecnologie innovative da utilizzare per l'ottimizzazione dei processi e per la creazione di nuovi canali/modelli di business.

Si tratta quindi di comprendere a che punto sia la transizione digitale delle aziende manifatturiere italiane.

Le strategie digitali delle imprese manifatturiere italiane

Gli investimenti per ambito tecnologico, Industria 4.0/Impresa 5.0 e il ruolo della servitizzazione

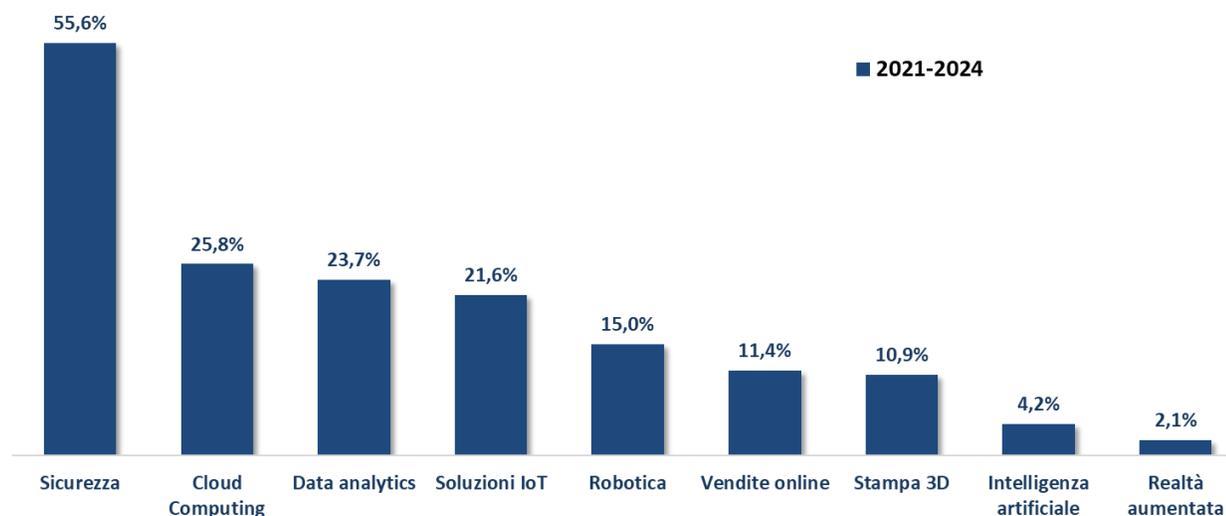
Il ruolo di strumenti e soluzioni ICT e digitali a supporto dei processi produttivi è sempre più importante e cruciale ai fini di ottimizzare e migliorare la competitività e il business delle aziende industriali.

Come ormai noto, infatti, soluzioni digitali, infrastrutture e connettività sono elementi che rappresentano un modo per migliorare efficienza e produttività integrandosi tra loro.

Gli investimenti per ambito tecnologico rappresentato in Fig. 9 denotano una relativa arretratezza da parte delle imprese manifatturiere italiane con almeno 10 addetti.

Fig. 9 – Investimenti materiali e immateriali 2021- 2024 per ambito tecnologico

Dati in % - Imprese con almeno 10 addetti



Fonte: Istat, 2025

Al netto degli investimenti in sicurezza, citati dal 55,6% delle imprese e diventati ormai obbligatori a causa dell'aumento dei cyberattacchi, le imprese manifatturiere italiane non sembrano ancora dedicare la giusta attenzione al digitale quanto leva competitiva.

Il Cloud Computing è citato dal 25,8% delle imprese. Spesso le soluzioni cloud adottate fanno riferimento all'utilizzo di sistemi di Office Automation e Posta elettronica. Ultimamente è in aumento l'adozione di soluzioni gestionali in cloud. Ancora poco utilizzati i servizi di piattaforma (PaaS) e le dimensioni delle funzioni IT non permettono di utilizzare i servizi computazionali e di storage con la flessibilità che il cloud garantisce.

Buona attenzione alla Data Analytics, citata dal 23,7% dei rispondenti. Molte aziende si stanno infatti rendendo conto di quale sia l'importanza di generare valore dai dati. Ancora molto scarso è invece l'utilizzo di soluzioni di Intelligenza Artificiale (4,2%).

Discreti sono gli investimenti in soluzioni IoT e in sensoristica (21,6%).

La scarsa propensione all'investimento in soluzioni digitali non permette alle aziende non solo di beneficiare di un recupero di produttività, ma anche di non beneficiare di un cambio di paradigma che potrebbe aprire nuovi sentieri e nuove revenue stream.

Si pensi ad esempio come un utilizzo avanzato dell'IoT e dei dati potrebbe favorire l'introduzione di logiche di servitizzazione.

La servitizzazione potrebbe infatti essere una sfida non soltanto per le imprese che già offrono servizi e si confrontano con una concorrenza sempre più pressante, ma anche per le realtà che si trovano a dover gestire una complessa transizione del proprio concept aziendale. In questo, i vertici aziendali avranno un ruolo chiave sia integrando nuovi modelli di business sia coinvolgendo professionisti con background diversi e favorendo la creazione di spin off aziendali con autonomia decisionale e di budget.

Una seconda sfida, verso la quale le aziende non sembrano essere state capaci di sfruttarne appieno le potenzialità, fa riferimento al programma Impresa 4.0.

Impresa 4.0, sinonimo di smart manufacturing, rappresenta la realizzazione della trasformazione digitale del settore, capace di offrire processi decisionali in tempo reale, maggiore produttività, flessibilità e agilità.

La transizione 4.0 rappresenta l'evoluzione del processo di digitalizzazione dell'economia e della società, che si basa sulla convergenza tra tecnologie avanzate e nuovi modelli di business.

Il termine Industria 4.0 indica una visione del futuro che vedrà protagonista l'introduzione di nuove tecnologie digitali in grado di abilitare l'interconnessione e la cooperazione di tutte le risorse utilizzate nella fabbrica e lungo la catena del valore, che consentono di migliorare le condizioni di lavoro, creare nuovi modelli di business e aumentare la produttività e la qualità produttiva degli impianti.

In complementarità ad Impresa 4.0, è stato varato anche il Piano Transizione 5.0, che si inserisce nell'ambito della più ampia strategia finalizzata a sostenere il processo di trasformazione digitale ed energetica delle imprese e mette a disposizione delle stesse, nel biennio 2024-2025, 12,7 miliardi di euro.

In particolare, in linea con le azioni di breve e medio periodo previste dal piano REPowerEU, Transizione 5.0, con una dotazione finanziaria complessiva pari a 6,3 miliardi di euro, si pone l'obiettivo di favorire la trasformazione dei processi produttivi delle imprese, rispondendo alle sfide poste dalle transizioni gemelle, digitale ed energetica.

Sta quindi alle aziende manifatturiere essere in grado di beneficiare di questi fondi e di queste opportunità per migliorare la loro digitalizzazione e la loro produttività. Ad oggi, i fondi a disposizione non sono ancora stati utilizzati al meglio.

Secondo Assosoftware, nei primi mesi del Programma Transizione 5.0, sono stati prenotati crediti d'imposta solamente da 324 imprese per appena 99 milioni di euro: l'1,6% degli oltre 6 miliardi di euro disponibili.⁶

Gli ambiti di investimento prioritari nella transizione digitale delle aziende manifatturiere italiane

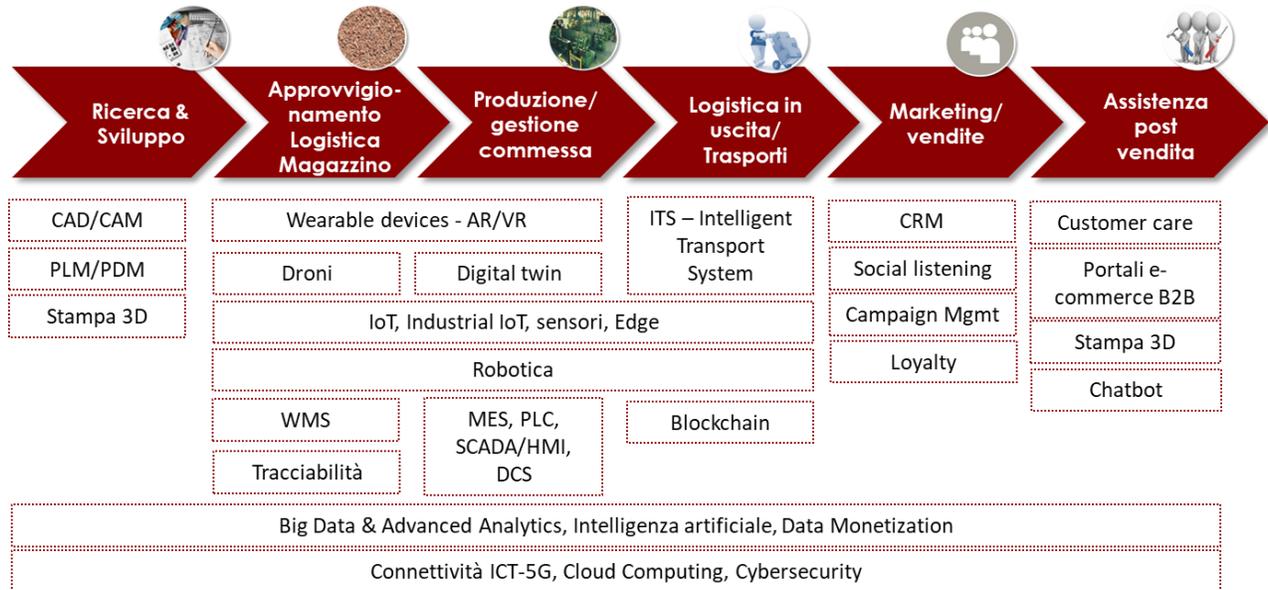
Nella Figura 10 è possibile osservare come, per ognuno dei macro processi industriali, le aziende abbiano a disposizione una serie di soluzioni digitali funzionali ad una gestione ottimizzata di dati e informazioni.

All'interno di questa mappa tecnologica vi sono poi delle propensioni all'investimento diversificate che sono frutto della specifica tipologia di business o del livello di maturità delle aziende nell'ottimizzazione dei loro processi di business.

Gli investimenti in Cybersecurity rispondono all'esigenza di integrare la gestione del rischio informatico con la governance delle minacce. In quest'ambito Cyber le aziende stanno ponendo una particolare attenzione nei confronti della valutazione delle vulnerabilità che porta all'implementazione di misure di sicurezza in ogni fase della catena di fornitura, dalla progettazione iniziale alla distribuzione finale. La collaborazione stretta con i fornitori spinge inoltre le aziende a fare in modo che tutti gli attori con cui si relazionano adottino misure di sicurezza adeguate, grazie ad audit di sicurezza, formazione e condivisione di best practice.

⁶ Fonte: Assosoftware, Transizione 5.0, crediti d'imposta alle imprese sane per il risparmio dell'energia - NORME E TRIBUTI PLUS DEL 14/05/2024

Fig. 10 – Le principali tecnologie per l’ottimizzazione dei processi industriali



Fonte: NetConsulting cube, 2025

Un altro ambito di investimento in Cyber, oltre a quelli più tradizionali, spinge le aziende alla gestione e alla mitigazione dei rischi associati all’adozione di tecnologie (come ad esempio, Blockchain, IoT e Intelligenza Artificiale) che abilitano la trasparenza e la visibility lungo i processi.

Dati e Intelligenza Artificiale ricoprono un ambito di estrema rilevanza e di forte investimento da parte delle aziende industriali.

Le principali strategie di utilizzo di Tecnologie e soluzioni per la gestione e analisi dei dati in ambito manifatturiero sono riconducibili ad un utilizzo avanzato di strumenti di analisi per identificare e ricavare informazioni relative, ad esempio, alle scorte, ai tempi di consegna, alle prestazioni dei fornitori e all’interpretazione dei dati per definire tendenze, anomalie e opportunità di miglioramento. Sono sempre più diffuse ed utilizzate tecniche di data mining, machine learning e analisi predittiva.

Data Analytics e Intelligenza Artificiale

Forte attenzione è dedicata alla Data Analytics (Fig.11).

L’adozione di una Data strategy, come dichiarato dal panel di aziende che hanno contribuito alla CIO Survey 2024 e che appartengono ad aziende di fascia medio-alta ed alta, e quindi maggiormente propense all’innovazione digitale, spinge le aziende manifatturiere a definire

1 - IL SETTORE MANIFATTURIERO

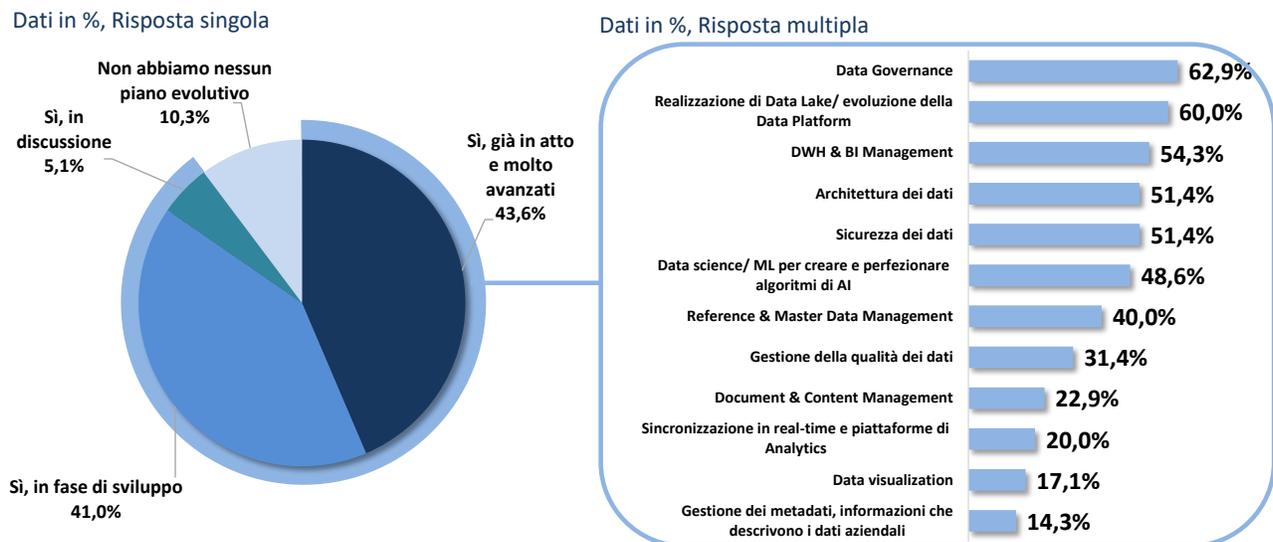
policy, in prima battuta, su tematiche infrastrutturali finalizzate, principalmente, ai seguenti aspetti di data acquisition & recording:

- modellazione e virtualizzazione dei dati, definizione della loro catena del valore e altre iniziative in ambito architetturale;
- gestione sicura dei dati – ovvero standard, classificazione, autenticazione, etc.;
- archiviazione dei dati su Data Lake e/o loro raccolta su Data Platform.

Seguono tematiche di data marshalling, ovvero:

- attività di reference & master data management;
- gestione dei metadati;
- gestione dei dati in linea con obiettivi di accuratezza, disponibilità e utilizzabilità (Data Governance);
- e gestione della qualità - specifiche, analisi, misurazione, miglioramento.

Fig. 11 – Stato di avanzamento e principali aree di attenzione in ambito Data & Analytics



Fonte: NetConsulting cube, CIO Survey, 2024

In linea con quanto descritto precedentemente, in ambito modellazione, analisi e visualizzazione, è previsto un utilizzo più intenso dell'Intelligenza Artificiale.

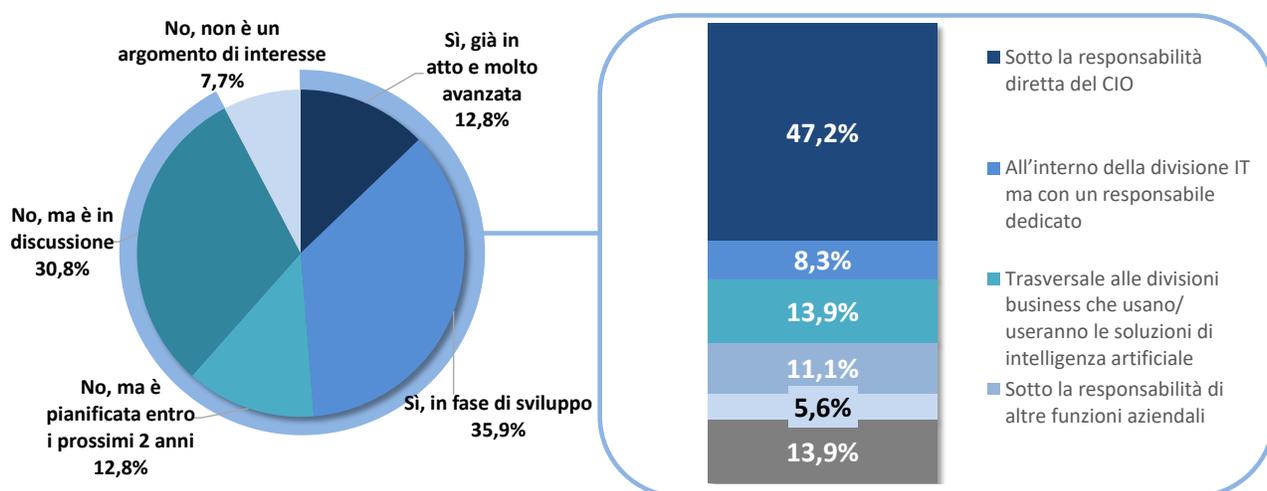
1 - IL SETTORE MANIFATTURIERO

Da quanto risulta dalla CIO Survey 2024, malgrado il tema dell'AI sia sempre più frequentemente sui tavoli dei CIO, solo nel 12,8% delle aziende intervistate l'utilizzo di algoritmi di AI è già in atto e in fase molto avanzata (Fig. 12).

Prevale invece la situazione che vede le aziende impegnate a capire dove queste soluzioni possano essere applicate. Il 35,9% dichiara infatti di essere in una situazione di sviluppo di una strategia di AI. Un ulteriore 12,8% pensa di approcciare il tema nei prossimi 2 anni e il 30,8% dichiara di essere ancora in una fase preliminare, di valutazione e discussione.

Fig. 12 – Stato di avanzamento della strategia aziendale in ambito Intelligenza Artificiale

Dati in % - Risposta singola



Fonte: NetConsulting cube, CIO Survey, 2024

Implementare una strategia di AI estende il dibattito anche a delle valutazioni di tipo organizzativo. Il 47,2% delle aziende dichiara che lo sviluppo di strategie di AI ricadano sotto la responsabilità del CIO, a volte con un responsabile dedicato allo sviluppo (8,3%).

Il 13,8% dei rispondenti indica invece un modello in cui le responsabilità debbano essere trasversali alle divisioni di business, essendo loro i diretti utilizzatori di queste soluzioni. A questo modello si aggiunge un 11,1% di aziende che prevede di affidare la responsabilità dell'AI alle funzioni di business.

Solo il 5,6% pensa di delegare al Top Management lo sviluppo e l'introduzione in azienda dell'Intelligenza Artificiale. Il 13,9% non ha ancora definito un modello di responsabilità.

Ad oggi, l'uso dell'Intelligenza Artificiale appare di particolare interesse a supporto dei seguenti ambiti:

1 - IL SETTORE MANIFATTURIERO

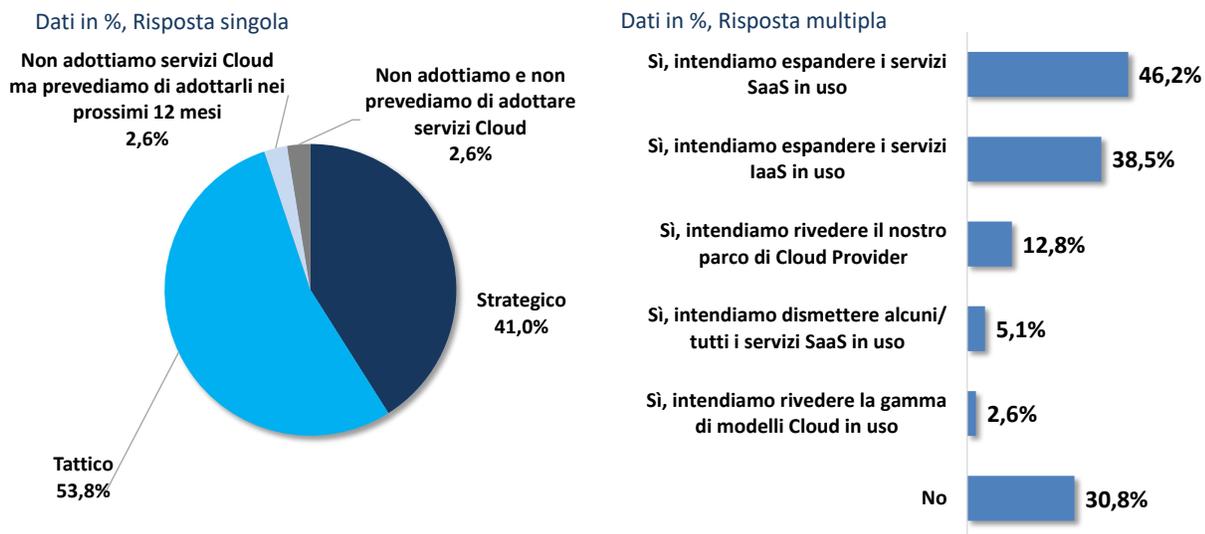
- previsioni della domanda: previsioni accurate della domanda aiutano le aziende a ottimizzare le loro Supply Chain e i loro processi di Trasporto e Logistica, riducendo gli sprechi e migliorando la disponibilità dei prodotti;
- previsioni dell'andamento dei costi e dei prezzi di materie prime e prodotti: le fluttuazioni di costo che hanno interessato molte materie prime stanno spingendo le aziende ad usare l'Intelligenza Artificiale per pianificare al meglio gli acquisti in funzione dei prezzi;
- automazione dei cicli operativi dei magazzini e gestione dell'inventario in tempo reale: l'Intelligenza Artificiale può aiutare a gestire in modo automatizzato una serie di attività logistiche come il controllo, il monitoraggio e la movimentazione della merce e delle scorte;
- evasione degli ordini e automazione documentale: l'Intelligenza Artificiale consente di automatizzare una gran parte delle attività documentali legate, soprattutto, all'evasione degli ordini e, in misura inferiore, ad altri processi di trasporto e finanziari (bolle di accompagnamento e fatture).

Cloud computing

Il Cloud Computing rappresenta ormai una modalità di fruire le tecnologie in continua espansione.

Ciò appare evidente dalle risposte che sono state fornite dai CIO delle imprese industriali nel corso della CIO Survey 2024 (Fig. 13).

Fig. 13 – Ruolo del Cloud in azienda e piani evolutivi



Fonte: NetConsulting cube, CIO Survey, 2024

Il 41,0% delle aziende intervistate ritiene strategica l'adozione di servizi cloud. A contraltare di questo dato, il 53,8% dei CIO ritiene invece che la modalità di fruizione dei servizi in cloud sia solamente tattico. Marginale ed intorno al 5% la quota di aziende che ha dichiarato di non adottare questa tipologia di servizi.

Chiara invece l'intenzione da parte delle aziende ad espandere questa tipologia di servizi. Il 46,2% dichiara di voler aumentare i servizi SaaS in essere mentre il 38,5% aumenterà i servizi IaaS.

Il 12,8% sta pensando di rivedere il parco dei cloud provider utilizzati, spesso nell'ottica di indirizzare logiche multicloud e di ridurre il lock in verso gli hyperscaler.

Flessibilità e scalabilità (Fig. 14) rappresentano i principali benefici riscontrati dalle aziende nell'adozione di servizi cloud (85,6%). Al contrario i benefici maggiormente disattesi fanno riferimento al tema della riduzione dei costi.

Molte aziende evidenziano infatti delle difficoltà nel dimostrare che l'adozione di servizi cloud generi una riduzione del TCO complessivo. Il controllo dei costi del cloud sta quindi diventando un punto di attenzione cruciale per le aziende. Molte stanno valutando l'adozione di Tools FinOps o stanno implementando soluzioni per controllare in modo puntuale e granulare i costi derivanti dall'utilizzo delle risorse.

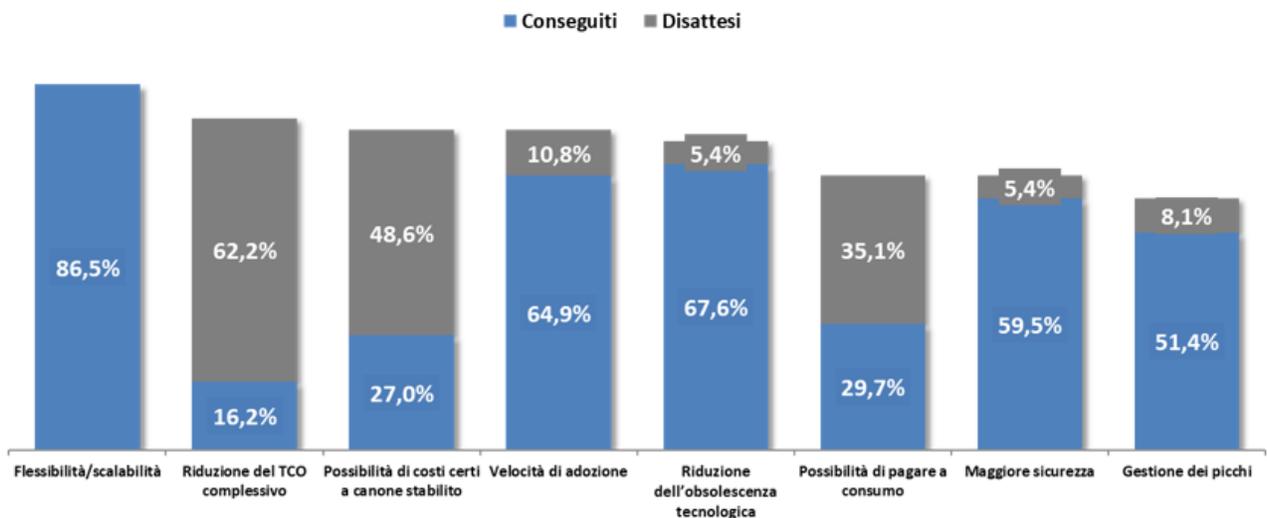
1 - IL SETTORE MANIFATTURIERO

La velocità di adozione è un fattore valutato come importante (64,9%) così come è diffuso il pensiero che i servizi cloud siano fondamentali per ridurre l'obsolescenza tecnologica (67,7%).

La sicurezza, che sino a qualche anno fa rappresentava un vincolo all'adozione del cloud, viene oggi interpretata come un elemento di spinta all'adozione (59,5%). Se in passato le aziende preferivano gestire internamente la security, oggi preferiscono delegare al cloud provider questo aspetto.

Fig. 14 – Benefici dell'adozione di servizi di Cloud Computing

Dati in % sulla base dei rispondenti



Fonte: NetConsulting cube, CIO Survey, 2024

Per le aziende che devono gestire stagionalità, il cloud permette di gestire i picchi in modo più veloce e senza che sia necessario dotarsi di hardware in eccesso.

All'interno del settore manifatturiero ci sono però alcuni ambiti che ricoprono un ruolo particolarmente rilevante per l'ottimizzazione del business.

Smart Factory e IoT

Uno di questi è sicuramente la **Smart Factory**. Le aziende industriali hanno, cioè, l'esigenza di rendere le loro fabbriche più automatizzate e intelligenti. Rendere una fabbrica smart non significa però effettuare investimenti finalizzati alla mera sostituzione dei macchinari sfruttando l'iperammortamento senza pensare alla loro integrazione. E' necessario un

1 - IL SETTORE MANIFATTURIERO

cambio di paradigma che contempli una visione strategica e olistica delle componenti tecnologiche legate alla fabbrica, siano esse legate all'Intelligenza Artificiale, al cloud o alla connettività di nuova generazione.

Una Smart Factory è un impianto di produzione avanzato che utilizza tecnologie moderne per migliorare l'efficienza, la qualità e la flessibilità dei processi produttivi. Per essere Smart una fabbrica deve contemplare una serie di elementi e tecnologie che convivono e collaborano tra loro.

In una Smart Factory il livello di automazione è elevato. Ciò significa che vi è una presenza significativa di robot (o cobot) e sistemi automatizzati che permettono di eseguire compiti ripetitivi, migliorando la velocità e la precisione.

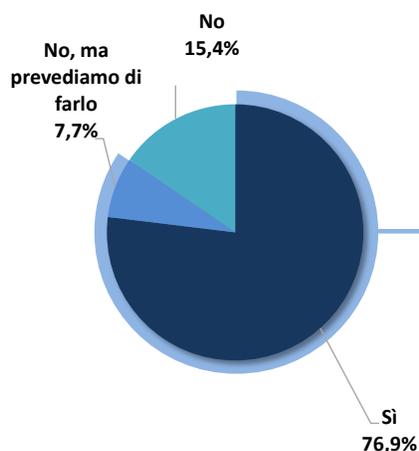
Le aziende industriali fanno, da sempre, un utilizzo ampio di sensoristica (Fig. 15).

Il 76,9% dei rispondenti ha dichiarato di usare o che prevede di utilizzare piattaforme IOT cui si somma un 7,7% di CIO che dichiara di volerle utilizzare a breve.

Il 69,7% delle aziende prevede di utilizzare sensoristica per automatizzare i sistemi di produzione.

Fig. 15 – Propensione all'utilizzo di IoT e casi d'uso in ambito Smart Factory

Dati in %, Risposta singola



Dati in %, Risposta multipla



Fonte: NetConsulting cube, CIO Survey, 2024

Il 54,5% utilizza l'IOT per ottimizzare la manutenzione. Gestire in modo ottimizzato la manutenzione significa ridurre i tempi di fermo macchina e quindi evitare interruzioni non pianificate della produzione, pianificare al meglio gli interventi, riducendo i costi associati a

riparazioni urgenti e a sostituzioni non necessarie e prolungare il ciclo di vita delle apparecchiature, attraverso l'adozione di misure preventive che permettono di allungare la durata degli asset.

La presenza di dispositivi e sensori collegati alla rete permette di raccogliere dati in tempo reale e monitorare le condizioni operative delle linee. La possibilità di sfruttare le potenzialità dell'edge computing e dell'elaborazione distribuita permette di effettuare calcoli ed archiviazione dei dati più vicino ai dispositivi e agli utenti finali, anziché affidarsi esclusivamente ai data center centrali nel cloud. Questo approccio migliora l'efficienza, riduce la latenza e consente una risposta più rapida ai dati generati localmente.

La sempre più rapida adozione dell'Intelligenza Artificiale e l'utilizzo di algoritmi avanzati fornisce inoltre la possibilità di interpretare i dati raccolti velocemente e di prendere decisioni "informate", oltre che ad anticipare problematiche e migliorare la manutenzione predittiva.

Una fabbrica 5.0 è anche attenta alle problematiche di sostenibilità. Ed è per questo motivo che è sempre più frequente l'adozione di sistemi di Energy management sempre più integrati con le piattaforme IoT, che consentono di raccogliere e gestire i dati di consumo energetico.

Perché una fabbrica possa diventare smart, è però necessario che sia sicura e che possa beneficiare di una connettività che garantisca velocità e bassa latenza. L'apertura al cloud e una maggiore interconnessione tra i sistemi richiede che vengano implementati sistemi di protezione efficienti.

Quali sono dunque i motivi per cui le aziende industriali dovrebbero puntare a una maggiore digitalizzazione delle loro fabbriche e ad un percorso verso la fabbrica intelligente?

Relativamente ai macchinari, i rischi derivanti da una scarsa resilienza sono sostanzialmente i seguenti:

- Fermo macchina/linea/impianto/stabilimento;
- Perdita potenziale di crescita;
- Aumento dei costi per inefficienza;
- Difficoltà nell'integrazione con altri sistemi, esigenza di retrofit;
- Complessità: molteplici protocolli di comunicazione, PLC differenti, strumenti di supervisione e controllo eterogenei.

A fronte di questi rischi, una gestione oculata e 5.0 di queste componenti permette una migliore supervisione e controllo delle singole macchine, delle linee, dell'impianto e di tutto lo stabilimento.

Si migliora inoltre la qualità del prodotto e la tracciabilità dei componenti.

Gestire la manutenzione in modo inappropriato e non predittivo determina dei periodi di intervento spesso impattanti sul processo produttivo, delle difficoltà nel reperire pezzi di ricambio (end of life), una perdita economica dovuta al prolungarsi del fermo impianto e dei costi operativi significativi. Utilizzare la manutenzione predittiva permette invece, al contrario, di effettuare interventi mirati sui macchinari grazie a nuovi indicatori elaborati in tempo reale e quindi di ottimizzare le manutenzioni ordinarie, di gestire le manutenzioni straordinarie e di limitare i rischi di fermo macchina.

Non spingere sulla leva dell'automazione comporta una significativa perdita di competitività. Questo perché risultano essere significativi gli impatti su costi e tempi conseguenti ad attività manuali nelle attività di controllo, di gestione, di raccolta ed analisi dei dati.

Inoltre, la forte incidenza del fattore umano ha impatti significativi sui temi di qualità, tracciabilità e sicurezza.

Un'automazione significativa permette invece di incrementare la velocità e i volumi di produzione attraverso l'ottimizzazione delle risorse, una maggior flessibilità operativa che permette di reagire in modo tempestivo alle variazioni del mercato e una supervisione e controllo di ogni singola macchina, linea, impianto, stabilimento.

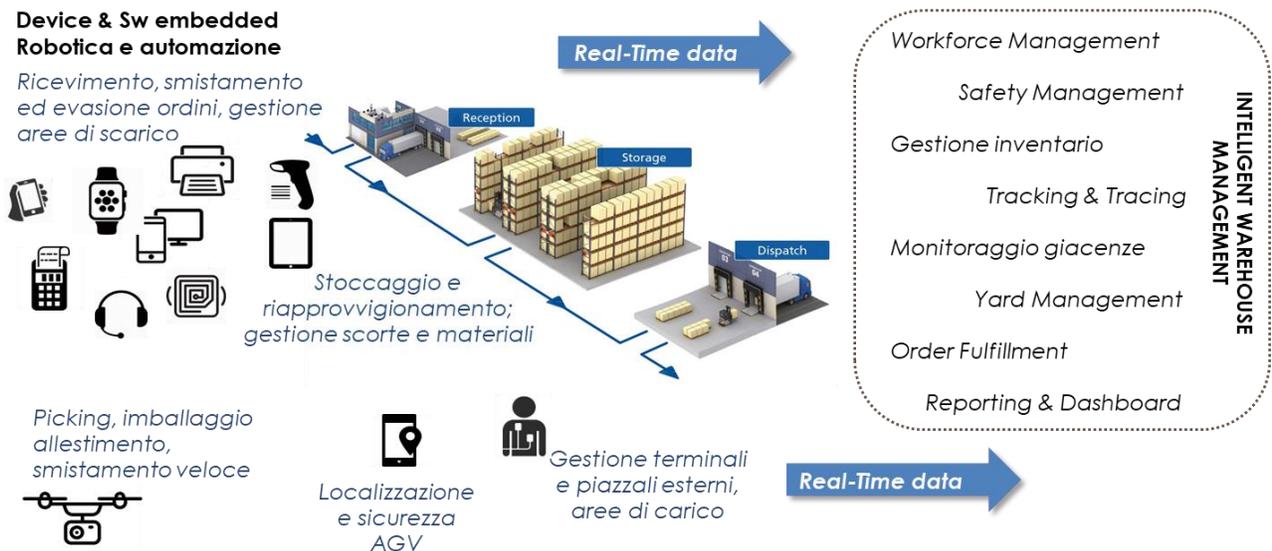
I sistemi automatizzati facilitano inoltre la misurazione puntuale ed in tempo reale dei parametri di efficienza e produttività (indicatori di processo) e permettono di aumentare l'interoperabilità tra i processi produttivi e quelli di approvvigionamento e vendita.

Logistica e Magazzino

Una seconda area di fondamentale importanza per le aziende manifatturiere è quella della **logistica e del magazzino**. La pandemia del 2020 Sars-Cov-2, il manifestarsi dei conflitti tra Russia e Ucraina e il progredire di eventi climatici avversi hanno messo a dura prova le filiere di approvvigionamento e la logistica delle aziende.

Anche in quest'ambito, come per la Smart Factory, le soluzioni digitali che permettono di migliorare l'efficienza sono molteplici (Fig. 16).

Fig. 16 – Le principali tecnologie in ambito logistica/magazzino



Fonte: NetConsulting cube, 2025

Le soluzioni di WMS ricoprono un ruolo centrale nella gestione dei magazzini in quanto consentono di migliorare la precisione, l'efficienza e la trasparenza delle operazioni, contribuendo a ridurre i costi operativi e a migliorare il servizio clienti.

Tra le principali funzionalità che, secondo le aziende del panel, permettono una migliore gestione delle operations di magazzino si segnalano la gestione delle scorte, e cioè il monitoring della quantità di merce/ materiale a magazzino, attraverso il tracciamento delle entrate e delle uscite in tempo reale, il coordinamento delle attività di ricezione, verifica e stoccaggio delle merci in arrivo e l'ottimizzazione degli spazi, grazie alla massimizzazione del loro uso e alla minimizzazione dei tempi di movimentazione.

Fondamentale è anche la gestione del picking e dello stocking, ovvero delle operazioni di prelievo e imballaggio degli ordini, così come il coordinamento delle attività di spedizione, a supporto dell'evasione corretta e tempestiva degli ordini.

Infine, è stata citata l'integrazione dei sistemi di WMS con l'ERP per migliorare la coerenza e la comunicazione dei dati tra i sistemi a livello di shop floor e di business floor.

Anche per i magazzini, l'automazione è diventata un elemento imprescindibile, in particolar modo per quelle realtà che devono gestire anche il canale e-commerce, sempre più soggetto all'esigenza di generazione rapida di ordini, spedizioni e consegne.

1 - IL SETTORE MANIFATTURIERO

Un magazzino ad elevata automazione prevede che vi sia un utilizzo significativo di sistemi automatici come nastri trasportatori, AGV (Automated Guided Vehicles) e robot di picking per spostare le merci all'interno del magazzino senza l'intervento umano.

Anche i sistemi di stoccaggio sono automatizzati. È infatti sempre più significative la presenza di robot capaci di posizionare e prelevare le merci dagli scaffali in modo rapido e preciso così come di soluzioni automatizzate che separano e indirizzano le merci in base alla destinazione, migliorando la velocità e l'accuratezza delle spedizioni.

La presenza di sensori e di piattaforme IoT è sempre più necessaria per monitorare in tempo reale le condizioni del magazzino, come la temperatura, l'umidità e il livello delle scorte.

Tutto questo con il beneficio di algoritmi di AI, sempre più diffusi, per prevedere la domanda, ottimizzare la gestione delle scorte e identificare i colli di bottiglia nelle operations.

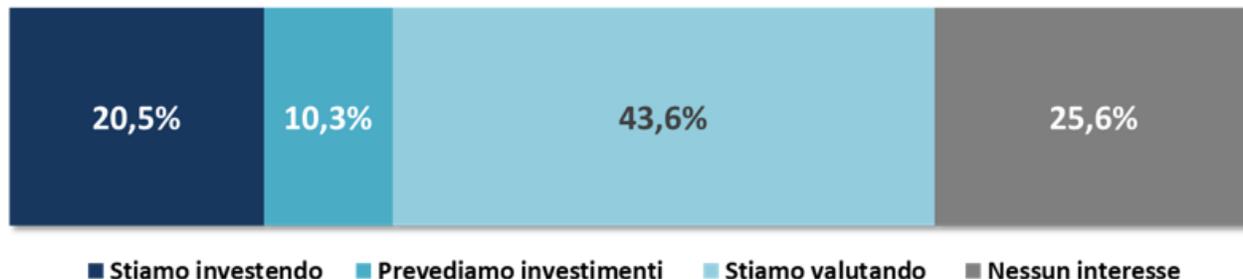
Digital Twin

Un ambito che accomuna sia la Fabbrica che il Magazzino è quello relativo alle soluzioni di Digital Twin.

Ad oggi il 20,5% delle aziende manifatturiere (Fig. 17) dichiarano di avere già effettuato degli investimenti sui gemelli digitali. Il 10,3% dichiara di prevederli a breve mentre il 43,6% sta valutando se e dove introdurre questa tipologia di soluzioni.

Fig. 17 – Propensione all'investimento in Digital Twin da parte delle aziende manifatturiere

Dati in %, Risposta singola



Fonte: NetConsulting cube, CIO Survey, 2024

Le piattaforme di Digital Twin consentono di creare una rappresentazione virtuale, un “gemello digitale”, di una o più entità fisiche a supporto di simulazioni e scenari previsionali. L’incidenza delle piattaforme di Digital Twin è concentrata esclusivamente nelle grandi organizzazioni che hanno la capacità di spesa e le competenze necessarie per disegnare, con l’aiuto di fornitori, e implementare piattaforme di questo tipo.

Nella maggioranza dei casi di utilizzo attuale o futuro, questa tipologia di soluzioni viene utilizzata per effettuare simulazioni a livello di stabilimento, impianto o magazzino/deposito.

L’uso attuale o previsto di una replica virtuale a livello di un singolo asset fisico, come un macchinario o una linea di produzione, è necessario per simularne e prevederne le prestazioni in diverse condizioni, senza la necessità di costosi prototipi fisici. In questi casi, grazie all’uso in tempo reale di dati provenienti da sensori e dispositivi IoT, le piattaforme di Digital Twin consentono di ottimizzare l’efficienza operativa, ridurre i tempi di inattività e prolungare la vita utile dei macchinari. Inoltre, applicate a questo contesto, le piattaforme di Digital Twin permettono di identificare potenziali problemi prima che diventino critici, permettendo una manutenzione proattiva e riducendo i tempi di fermo.

Alcune aziende stanno pensando di utilizzare i gemelli digitali a livello degli impianti HVAC (Heating, Ventilation, and Air Conditioning) per simularne le prestazioni in diverse condizioni operative e ambientali, fornendo informazioni preziose su come il sistema si comporterà in vari scenari. Il Digital Twin può, quindi, ottimizzare l’efficienza energetica dei sistemi HVAC, riducendo i costi operativi e migliorando l’efficienza energetica.

Il 5G nelle aziende manifatturiere italiane: un’opportunità ancora non colta

La transizione digitale delle aziende e l’adozione del 5G

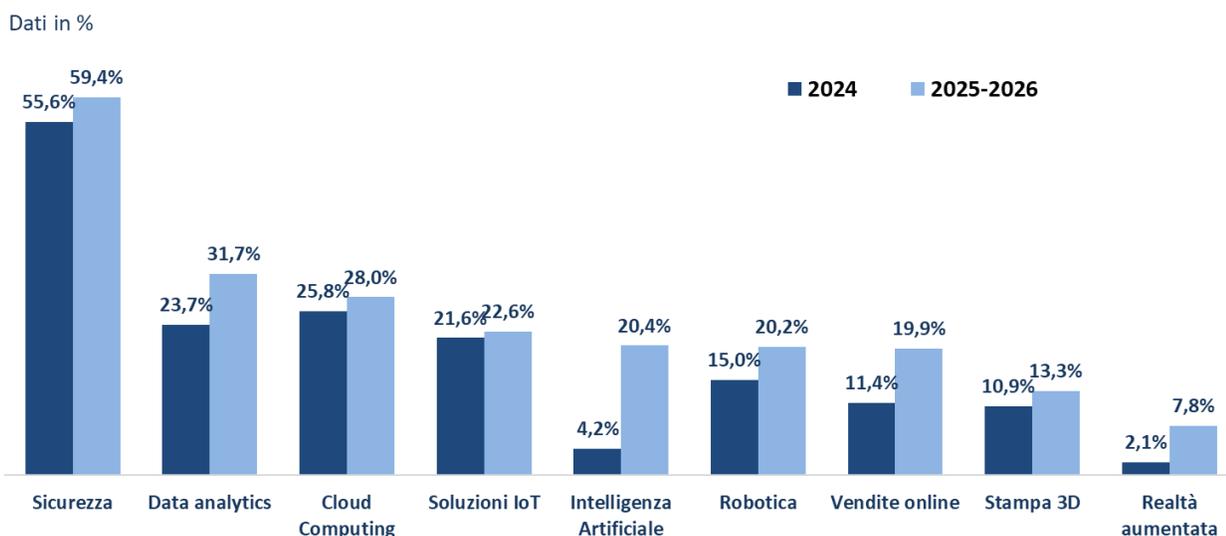
Perché le imprese manifatturiere possano indirizzare al meglio la loro trasformazione digitale, è necessario che siano presenti una serie di elementi abilitanti.

Più volte è già stata menzionata l’importanza dell’Intelligenza Artificiale a supporto delle decisioni strategiche e operative. Il Cloud Computing sta diventando un modo per disporre di capacità computazionale e storage in modo rapido e flessibile. La robotica e l’automazione sono sempre più indispensabili per migliorare produttività, qualità e sicurezza.

1 - IL SETTORE MANIFATTURIERO

Secondo i dati riportati nella Figura 18, le previsioni di investimento delle aziende manifatturiere italiane nel biennio 2025-2026 sono in aumento in tutti gli ambiti tecnologici.

Fig. 18 – Investimenti materiali e immateriali 2025-2026 per ambito tecnologico



Fonte: Istat, 2025

In particolare, è prevista una forte crescita degli investimenti in Intelligenza Artificiale (da 4,2% a 20,4%). Si intensificheranno gli investimenti in sicurezza così come quelli in ambito Data Analytics.

Proseguirà la transizione verso il Cloud Computing (28,0%).

Anche le componenti più vicine alla Smart Factory sono tutte in aumento (IoT, Robotica, stampa 3D e Realtà aumentata).

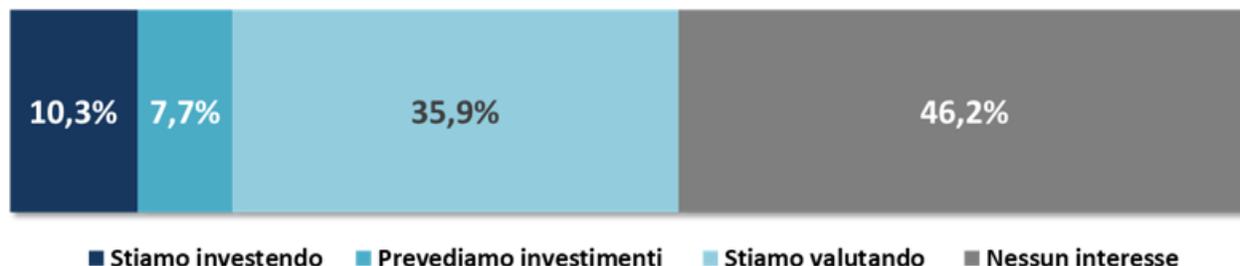
C'è però un ulteriore elemento che risulta essere indispensabile e imprescindibile per un'azienda moderna. E quest'elemento è rappresentato da una connettività mobile che garantisca velocità, bassa latenza, capacità e risparmio energetico.

La tecnologia 5G, ad oggi, non sembra però avere ottenuto l'interesse e l'adozione che dovrebbe competerele.

Dal punto di vista della propensione all'investimento in ambito 5G, i risultati derivanti dalla CIO Survey condotta da NetConsulting cube nel corso del 2024 indicano come sia ancora contenuta la percentuale di aziende che ha deciso di investire (Fig. 19).

Fig. 19 – Propensione all'investimento in 5G da parte delle aziende industriali

Dati in %, Risposta singola



Fonte: NetConsulting cube, CIO Survey 2024

Solo il 10,3% dei rispondenti ha infatti risposto di avere già in corso degli investimenti sul 5G. A questa percentuale di rispondenti si somma un altro 7,7% di rispondenti che prevede di investire nel 5G a breve.

C'è da sperare che il 35,9% delle aziende che sono ancora in una fase di valutazione degli investimenti propenda, alla fine, per il sì.

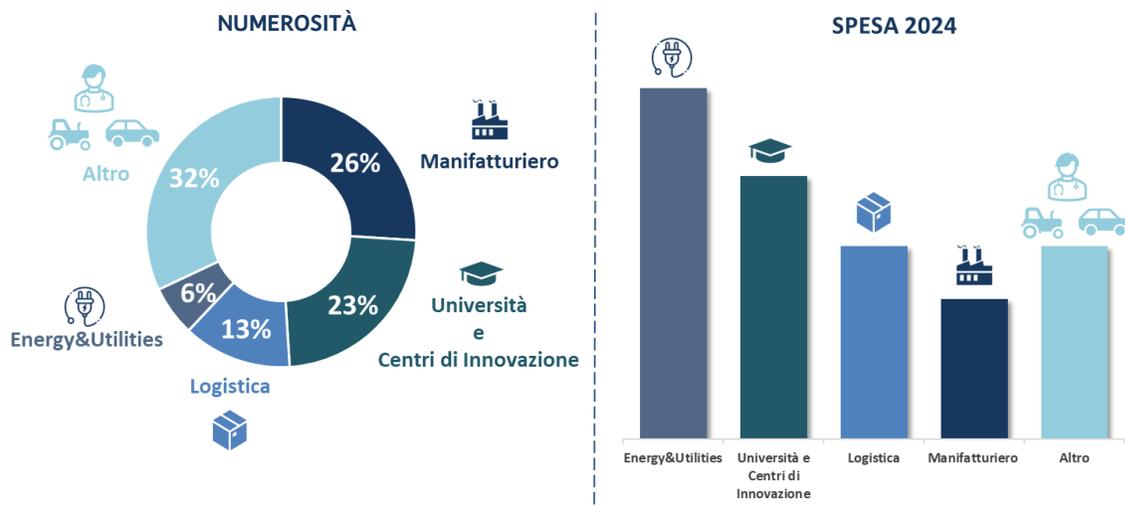
Troppo elevata, per i benefici che potrebbe arrecare, la quota del 46,2% di aziende che dichiara di non essere interessata ad investire nel 5G.

Leggermente più positivi sono invece i dati che evidenzia la “Rilevazione sulle tecnologie dell'informazione e della comunicazione nelle imprese” nel 2024. Tra i fattori di digitalizzazione che potrebbero incidere positivamente sulla competitività e sullo sviluppo dell'impresa nel biennio 2025-2026, l'infrastruttura e la connessione in banda ultra larga viene citata dal 34,0% delle imprese manifatturiere con più di 10 addetti.

Dal punto di vista dell'utilizzo del 5G all'interno dei settori (Fig. 20), quello manifatturiero risulta essere quello maggiormente recettivo (26%), seguito dalle Università e i Centri di innovazione (23%), dalla logistica (13%) e dall'Energy & Utilities (6%).

Fig. 20 – I settori principali: il numero dei casi e la spesa in 5G - 2024

Dati in %



Fonte: Osservatori Politecnico di Milano, 2024

Dal punto di vista della spesa, invece, quello dell'Energy e Utilities risulta essere il settore che investe di più, seguito dalle Università e centri di Ricerca, dalla logistica. Il Manifatturiero, escludendo la somma degli altri settori, risulta essere il fanalino di coda.

Tra i principali ostacoli che le aziende manifatturiere indicano verso l'adozione di soluzioni 5G, si segnalano:

- **Costi elevati:** la progettazione di una rete privata e l'adeguamento dei dispositivi al 5G richiedono investimenti significativi;
- **Ritorno sull'investimento:** molte aziende trovano difficile dimostrare il ritorno economico dell'adozione del 5G;
- **Alternative valide:** tecnologie di connettività come il WiFi sono già ben consolidate e considerate soddisfacenti;
- **Percezione della connettività:** la connettività è spesso vista come una "commodity" a basso costo, piuttosto che un abilitatore dell'innovazione digitale.

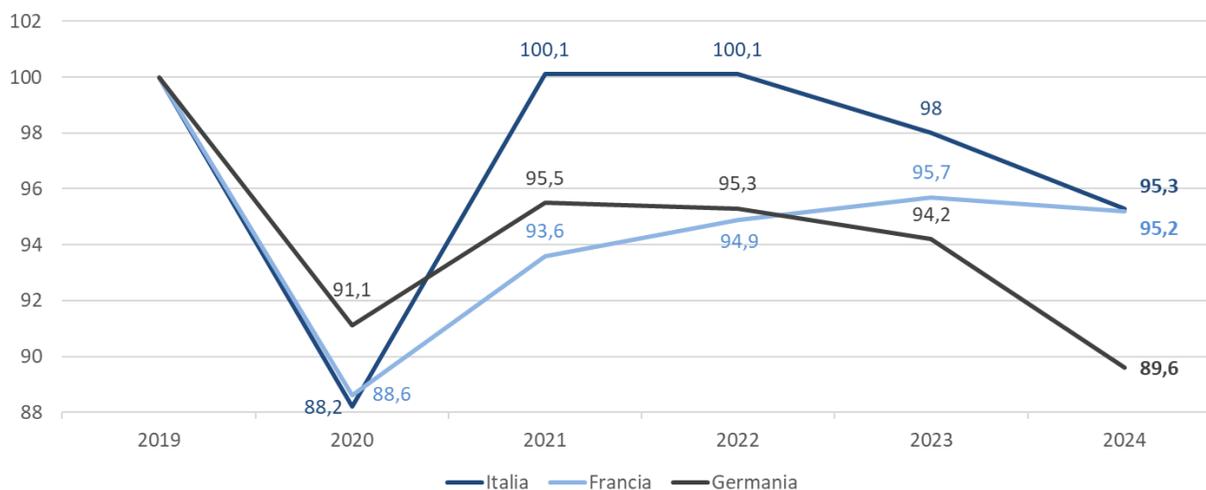
I nuovi paradigmi di crescita del settore manifatturiero e il ruolo abilitante del digitale e della connettività

Le trasformazioni strutturali del sistema manifatturiero italiano

La tesi discussa precedentemente, ovvero che la persistenza di una situazione di criticità del settore manifatturiero sul medio-lungo periodo in Italia e nei maggiori Paesi europei che la BCE nel suo ultimo bollettino⁷ individua come causa della stagnazione delle loro economie non sia attribuibile unicamente a fattori congiunturali ma a cambiamenti strutturali nei fondamentali di sviluppo e crescita del settore, trova sempre più conferma nelle circostanze attuali (Fig. 21).

Fig. 21 – Andamento della produzione manifatturiera in Italia, Francia e Germania (2019-2024)

Base 2019 = 100



Fonte: Elaborazione Fondazione Edison su dati Eurostat, 2025

Il fatto più indicativo e paradigmatico in questa direzione è la crisi persistente del settore Automotive in Europa che apparentemente deriva da una combinazione tra una caduta di domanda in alcuni mercati e contestuale sostituzione con prodotti locali, da una

⁷ BCE, Bollettino economico n.1-2025, gennaio 2025

delocalizzazione di unità produttive in Paesi emergenti e da un allungamento dei cicli di sostituzione nei mercati maturi.

Secondo una scuola di pensiero apparentemente adottata anche nel rapporto Draghi, la crisi dell'auto in Europa va vista in parallelo con il successo e la diffusione delle auto cinesi negli stessi Paesi europei, il cui fattore competitivo non è rappresentato come in passato dal basso prezzo a parità di prodotto, ma dalla combinazione tra un prodotto innovativo concepito su paradigmi disruptive, l'auto cinese, ed uno concepito e innovato secondo paradigmi tradizionali, l'auto europea.

Quest'ultima ha percorso un sentiero di innovazione tendenzialmente *hardware-based* (materiali, componenti, prestazioni) mentre quella cinese è stata ed è concepita come un computer connesso in mobilità software-based, ad alto contenuto di software, di Intelligenza Artificiale, di connettività alla catena del valore della mobilità e del digitale configurati a ecosistema, dove il valore delle componenti immateriali prevale su quello delle componenti materiali⁸.

Come viene sottolineato nel Rapporto Draghi⁹:

“While automotives has been traditionally a ‘hardware-based’ mechanics industry, the value of vehicles is increasingly located in software. Estimates suggest that electronics and software may represent up to 50% of a cars’ value in 2030”.

Questo potrebbe essere il paradigma che indica il futuro dell'intero settore manifatturiero, ma questo indica anche che i fattori di produzione rilevanti non sono più quelli tradizionali e che la nuova componentistica del manifatturiero sono il software, la connettività evoluta, i servizi esterni e le competenze trasversali configurati a ecosistema. La dimensione intangibile diventerà sempre più il fattore competitivo determinante.

Il grado di competitività di un'azienda manifatturiera dipenderà quindi dalla capacità di appropriarsi di questi nuovi input e di combinarli in un complessivo ridisegno dell'azienda e dei prodotti immessi sul mercato. Alla specializzazione verticale per comparti e al correlato obiettivo delle economie di scala come fattori di competitività, sarà necessario affiancare una specializzazione orizzontale in grado di integrare dati e conoscenze da incorporare nei processi e nei prodotti.

⁸ AA.VV. A review of China' automotive industry policy: recent developments and future trends, Journal of Traffic and Transportation Engineering, 2024

⁹ Commissione Europea, The Future of European Competitiveness-Part B, settembre 2024

1 - IL SETTORE MANIFATTURIERO

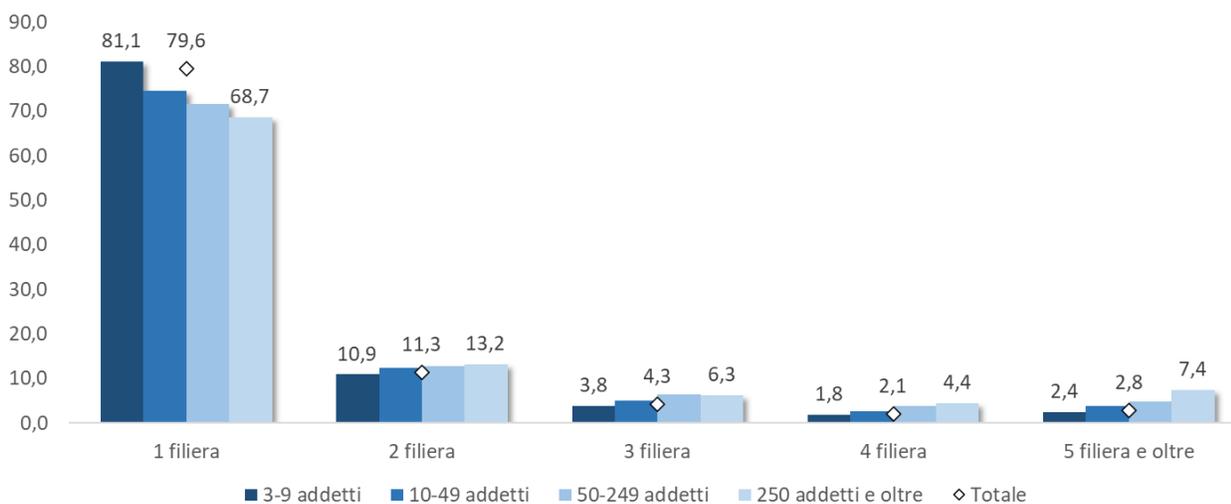
Questo cambiamento di paradigma tecnologico si accompagna in Italia come nei principali Paesi europei ad un parallelo riassetto dei modelli organizzativi delle aziende, ivi incluse quelle manifatturiere, che interessa sia le grandi che le piccole realtà, tutte accomunate dal posizionarsi all'interno di ecosistemi caratterizzati da alleanze e interdipendenze tra attori che li compongono, dalle aziende-piattaforma che vendono prodotti o servizi propri o di terzi sul modello della servitization, ad aziende capofiliera, ad aziende operanti all'interno di filiere.

Rispetto al passato dove le filiere erano di tipo settoriale, il modello di filiera emergente, in coerenza con i nuovi paradigmi di sviluppo sopra citati, è di tipo intersettoriale.

Queste differenti casistiche sono presenti nel nostro Paese dove da un lato molte grandi organizzazioni stanno diversificando il loro portafoglio con prodotti e servizi di altri settori configurando nuove filiere intersettoriali (Poste Italiane e Unipol sono i casi più paradigmatici) e dove anche le piccole e medie operano all'interno di filiere (Fig. 22).

Fig. 22 – Imprese appartenenti a filiere produttive in Italia per dimensione

Numero imprese



Fonte: Anna Giunta- Commento al Rapporto sulla competitività dei settori produttivi (Istat 2024)

Questo modello di assetto a filiera intersettoriale del sistema produttivo sta inducendo una trasformazione anche nel sistema dei distretti industriali in particolare in quelli del Nord Est Italia che negli ultimi anni è stato il territorio di destinazione di un grande spostamento di baricentro del sistema manifatturiero italiano, come hanno dimostrato recenti ricerche¹⁰ (),

¹⁰ Armondi, Di Vita, Galimberti- Geografie operazionali nel Nord Italia, Franco Angeli 2025

con un allargamento e una forte interdipendenza tra attori delle catene di fornitura, logistiche e di produzione.

Ad alimentare questa creazione di filiere intersettoriali locali contribuisce anche il fenomeno sempre più rilevante di *backshoring* di attività produttive o di catene di fornitura localizzate all'estero, dovuto alla instabilità dei contesti internazionali e alla rottura delle catene del valore globali.

Gli impatti sulla domanda di digitalizzazione e connettività

La riconfigurazione del sistema manifatturiero in tutte le tipologie sopra descritte si basa su una relazione intensiva tra attori della filiera, una reticolarità che richiede strumenti di connettività evoluti a supporto non solo di comunicazioni più veloci ed efficienti ma, come nel caso del 5G, di piattaforme abilitanti di innovazioni di prodotto/servizio sia interne alla singola azienda sia condivise tra tutti gli attori della filiera, dove importanti diventano gli scambi e i flussi costanti e veloci di dati e informazioni.

Più in generale, i nuovi paradigmi su cui si sta riorganizzando il sistema manifatturiero, non solo in Italia, contribuiscono a creare un mondo sempre più connesso e richiedono un forte contributo abilitante da parte delle tecnologie digitali (Cloud, IoT, Data Strategy) e l'ingresso rapido e pervasivo, anche se ancora caotico e poco governato, dell'Intelligenza Artificiale nelle aziende non fa che accentuare questa imprescindibilità¹¹.

Come si è visto in precedenza, l'adozione diffusa e strategica delle tecnologie digitali nelle aziende ne aumenta sensibilmente il livello di produttività. Una ricerca recente condotta dalla Commissione Europea su un panel di aziende nei 27 Paesi ha evidenziato come l'adozione di tecnologie digitali abbia aumentato la produttività, intesa come prodotto per ora lavorata, dell'8% nel 2024 e come l'incidenza di alcune piattaforme tecnologiche abbia avuto un effetto particolarmente rilevante in questo senso negli ecosistemi del settore manifatturiero, tra questi, in particolare, la Robotica, l'Intelligenza Artificiale e il Cloud Computing (Fig. 23)¹².

¹¹ McKinsey, Enterprise technology's next chapter: Four gen AI shifts that will reshape business technology, dicembre 2024

¹² European Commission, Second annual report on key findings from the European Monitor of Industrial Ecosystems, gennaio 2025

Fig. 23 – Aziende che hanno registrato un incremento di produttività dall’adozione di tecnologie digitali

% di rispondenti su un panel di aziende EU 27

	Manufacturing	Services
Robotics	84%	67%
Artificial Intelligence	75%	71%
Cloud computing	61%	70%
Big Data	45%	43%
Internet of Things	51%	56%
Augmented and Virtual Reality	27%	30%
Blockchain	7%	5%

Fonte: 2024 EMI Enterprise Survey for the European Monitor of Industrial Ecosystems (EMI)

Come si è già rilevato in precedenza, le aziende manifatturiere stanno mostrando attualmente un maggiore interesse verso un utilizzo più intensivo del digitale in azienda e il piano Industria 4.0 ha indubbiamente favorito questo elevandone il livello di digitalizzazione, così come si spera continui ad agire positivamente il Piano Industria 5.0.

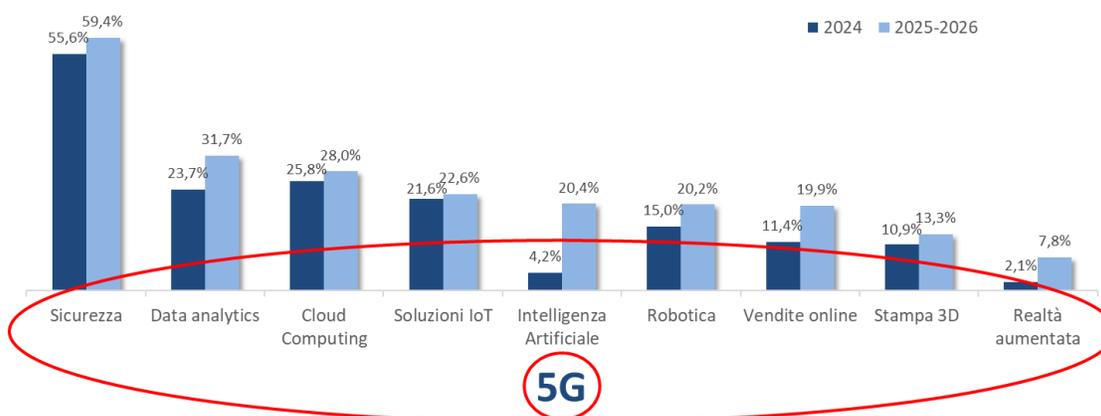
Ma proprio l’esperienza Industria 4.0, per come gli incentivi sono stati utilizzati, ci fornisce alcune indicazioni importanti per armonizzare la transizione aziendale verso nuovi paradigmi di crescita e competitività:

1 - IL SETTORE MANIFATTURIERO

- Adottare una visione sistemica che integri tutto il set delle tecnologie utilizzate in una piattaforma digitale integrata che costituisca la spina dorsale dell'azienda;
- Integrare e rendere sinergiche le componenti IT e OT della piattaforma, il gestionale con la logistica e la produzione;
- Incorporare tutto il potenziale delle tecnologie digitali nell'innovazione dei processi, delle funzioni aziendali e nel portafoglio prodotti/servizi;
- Investire in formazione interna per creare competenze distintive e specifiche, di figure che conoscano tecnologie e processi aziendali;
- Utilizzare il 5G non solo come strumento di miglioramento delle comunicazioni da acquisire a basso costo, ma come piattaforma su cui investire per sviluppare innovazioni di prodotti/servizi e di processo non consentite da tecnologie di generazioni precedenti;
- Favorire la diffusione dell'uso delle tecnologie digitali innovative attraverso l'attività di formazione e di test-before-invest garantite dai Competence Center MIMIT alle imprese
- Aiutare le aziende italiane ad intercettare i finanziamenti in digitalizzazione previsti dal PNRR e da altri Fondi Nazionali ed Europei, anche attraverso il ricorso ai Competence Center MIMIT, deputati dal Governo alle procedure di istanza ed assegnazione di parte dei fondi alle imprese.

Fig. 24 – La piattaforma digitale integrata per l'azienda manifatturiera

Dati in %



Fonte: Elaborazione NetConsulting cube su dati Istat, 2025

Fonte: Elaborazione NetConsulting cube su dati Istat, 2025

Come bene sottolineato nel già citato bollettino della BCE:

“L’Europa si trova ad affrontare sfide cruciali per stimolare la produttività, gli investimenti e l’innovazione, e quindi la sua competitività e resilienza. Le infrastrutture e reti fisiche e digitali rendono possibili economie di scala e riducono i costi di produzione. Le reti di telecomunicazioni sono fattori particolarmente importanti per la crescita economica e per la competitività”.

Alla luce di questa affermazione, che conferma le considerazioni sopra svolte, le aziende italiane, in primis quelle manifatturiere che sembrano anticipare un cambiamento di paradigma epocale, dal materiale all’immateriale, nei loro fattori competitivi che il prepotente ingresso in campo dell’Intelligenza Artificiale renderà ancora più urgente, sono chiamate ad un salto nell’adozione intensiva e strategica di tecnologie digitali, e il 5G tra queste, non tanto come strumenti di efficienza ma come piattaforme di innovazione e di competitività. Il 5G in questo senso è da un lato l’esempio di un’opportunità male interpretata e trascurata dalle aziende manifatturiere italiane e dall’altro non più un’opzione ma un investimento necessario per la resilienza in uno scenario economico e di mercato in grande trasformazione. Ciò richiede visione strategica, coraggio e determinazione, competenza e, soprattutto, un grande salto culturale. È evidente che questo salto epocale richiede uno sforzo collettivo e il supporto di una politica industriale a scala nazionale ed europea all’altezza dei tempi. Ma la responsabilità di questo è sia in capo alle aziende che ai Governi che ai fornitori di tecnologie, uno sforzo collettivo ineludibile a cui ciascuno per quanto gli compete deve dare il proprio contributo.

CAPITOLO 2

Le reti 5G

Il 5G è un fattore di cambiamento, ma l'Europa è in ritardo

Nel corso del 2024, una serie di contributi – i rapporti Letta¹³ e Draghi¹⁴, ma anche il White Paper della Commissione Europea “How to master Europe's digital infrastructure needs?¹⁵” – hanno messo in luce il ritardo dell'Europa nel percorso di digitalizzazione rispetto ad altre aree mondiali. Il White Paper, in particolare, evidenzia che “le tendenze attuali riguardanti le traiettorie per gli obiettivi dell'infrastruttura digitale delineati nel Programma di Politica del Decennio Digitale 2030 sono motivo di preoccupazione”.

Uno dei punti di maggiore attenzione è rappresentato dal 5G che, nella strategia del Decennio Digitale 2030 – il progetto della prima Commissione Europea a guida Ursula von der Leyen – era considerato uno dei motori di sviluppo dell'economia dell'Unione. In effetti, l'apporto positivo delle tecnologie mobili allo sviluppo dell'economia appare attestato da numerosi studi e ricerche condotti negli ultimi anni. Secondo GSMA, circa il 5% del PIL europeo del 2023, ossia poco meno di 1.100 miliardi di euro, era stato generato da questo settore, in particolare attraverso incrementi di produttività, stimati in circa 700 miliardi di euro, mentre in contributo diretto dell'ecosistema industriale – operatori di rete, produttori di apparati e dispositivi, fornitori di contenuti e soluzioni – è stato pari all'incirca a 230 miliardi di euro. Un effetto positivo che genera ricadute anche in termini di occupazione, con circa 3,3 milioni di addetti tra lavoratori diretti ed indiretti¹⁶.

¹³ Enrico Letta, Much More than a Market, aprile 2024 <https://institutdelors.eu/en/publications/much-more-than-a-market/>

¹⁴ Mario Draghi, The future of European competitiveness, settembre 2024 https://commission.europa.eu/topics/eu-competitiveness/draghi-report_en

¹⁵ White Paper - How to master Europe's digital infrastructure needs?, febbraio 2024, <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/library/white-paper-how-master-europes-digital-infrastructure-needs>

¹⁶ GSMA, The Mobile Economy Europe 2025, gennaio 2025 <https://www.gsma.com/solutions-and-impact/connectivity-for-good/mobile-economy/europe/>

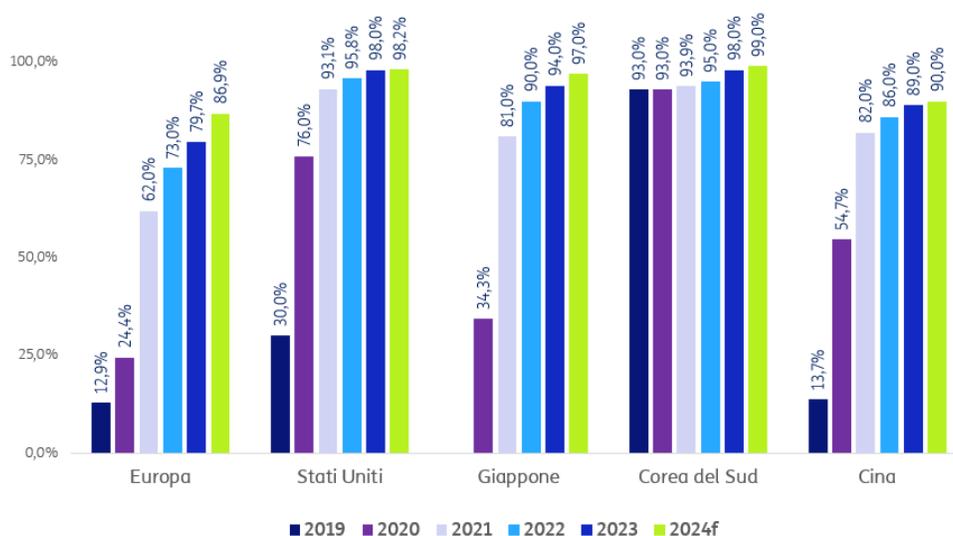
La preoccupazione delle istituzioni europee si basa sui dati di confronto tra il percorso di evoluzione che si sta registrando in Europa rispetto a quello di Stati Uniti e principali paesi asiatici in termini di diffusione delle reti e di adozione del servizio 5G.

Copertura

Se guardiamo alla copertura della rete 5G in Europa, l'ultimo rapporto sullo stato d'avanzamento del programma sul Decennio Digitale (con dati aggiornati al 2023) evidenzia che circa l'89% della popolazione europea poteva disporre di reti 5G, con un aumento di circa 8 punti percentuali rispetto all'81% dell'anno precedente. Il recente rapporto realizzato da Analysys Mason per Connect Europe¹⁷, l'associazione dei principali fornitori di reti e servizi di connettività in Europa, ha dei dati leggermente più bassi, dal momento che amplia il perimetro agli Stati dei membri dell'associazione non inclusi nell'Unione (UK, Svizzera, Norvegia, ma anche alcuni paesi dell'area balcanica e l'Islanda).

In ogni caso, anche in questa vista più larga e riferita al 2024, l'Europa appare più arretrata rispetto alle coperture di USA (98%), Giappone (97%), Corea del Sud (99%) e Cina (90%).

Fig. 25 – Percentuale della popolazione coperta da almeno un operatore mobile 5G in Europa, Cina, Giappone, Corea del Sud e USA, 2019- 2024F



Fonte: Analysys Mason 2024

¹⁷ Connect Europe, State of Digital Communications 2025, gennaio 2025 <https://connecteurope.org/insights/reports/state-digital-communications-2025>

La copertura è genericamente riferita ad una rete 5G, ma per accelerare il lancio commerciale del servizio, si è fatto ricorso, in prima battuta, al Dynamic Spectrum Sharing (DSS), una soluzione tecnica che consente di utilizzare le infrastrutture e le frequenze già in uso per le reti 4G LTE. Questo ha senza dubbio permesso di commercializzare prima il 5G, senza tuttavia assicurare le prestazioni attese, soprattutto sulle bande di frequenza più basse (700 MHz in Europa, 600 MHz negli Stati Uniti). Qualche miglioramento si può apprezzare nelle bande di frequenza medie (3.4-3.8 GHz), in cui sono offerte anche soluzioni di tipo 5G Non Stand Alone (5G NSA), ma il ulteriore salto di scala si potrà avere con il 5G Stand Alone, che richiede tuttavia lo sviluppo di una nuova rete core.

In una soluzione 5G Non Stand Alone (5G NSA), la rete di accesso radio LTE funge da collegamento primario alla rete core esistente (EPC LTE o Evolved Packet Core LTE), garantendo la segnalazione necessaria a far funzionare la rete di accesso 5G (New Radio 5G) che aumenta la capacità dei dati e migliora l'uso dello spettro radio rispetto ai sistemi precedenti. Questa combinazione infrastrutturale, l'uso di onde millimetriche che forniscono una trama radio flessibile e le tecnologie che consentono di indirizzare il segnale secondo le necessità (MIMO, Beamforming) permettono di iniziare a fornire prestazioni migliorate nelle tre dimensioni di riferimento del 5G (larghezza di banda, latenza e comunicazioni massive machine-to-machine).

Una soluzione 5G Stand Alone (5G SA) prevede l'introduzione di una 5G Core Network autonoma e flessibile, al posto della rete core esistente EPC LTE. La core network è la parte di rete in cui avvengono tutte le operazioni chiave come il trasferimento del traffico, la gestione delle sessioni e della mobilità, che assicura il servizio seguendo gli spostamenti, la gestione dei profili e dei dati di ogni singolo utente e le funzioni di autenticazione.

Per questo motivo, viene effettuato un monitoraggio anche della copertura nelle bande medie di frequenza (che in Europa sono incluse tra i 3.4 e i 3.8 GHz), perché offrendo una maggiore capacità di banda permettono dei miglioramenti dell'esperienza dell'utente.

La copertura media delle reti 5G nella banda 3.4-3.8 GHz era stimata attorno al 51% per l'Unione Europea nell'ultima rilevazione con dati aggiornati al 2023. L'Italia si collocava al secondo posto in classifica, dietro alla Finlandia, con una copertura del 88,3% della popolazione.

Anche in questo caso, il confronto a livello internazionale mostra un importante ritardo dell'Unione Europea rispetto alle altre principali aree mondiali, visto che in base ai dati dell'ultimo Ericsson Mobility Report, la copertura nelle bande di frequenza medie risultava al 90% della popolazione nel Nord America e al 95% in Cina¹⁸.

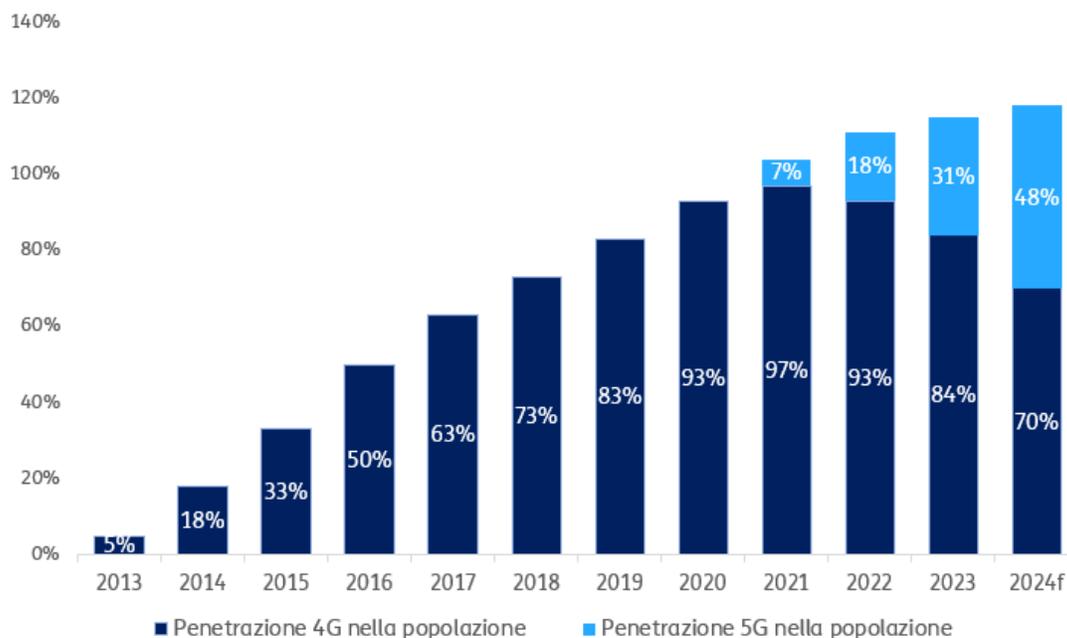
¹⁸ Ericsson Mobility Report, novembre 2024 <https://www.ericsson.com/en/reports-and-papers/mobility-report/reports/november-2024>. Il rapporto include anche una stima della copertura 5G nelle bande di frequenza medie per l'Europa (45%), ma questo valore è riferito ad un perimetro esteso che include tutti i paesi europei ad eccezione della Russia.

Per quanto riguarda invece la copertura di soluzioni 5G SA, il rapporto di Connect Europe contava circa 56 reti disponibili a livello mondiale a settembre 2024, di cui un terzo circa (19) in Europa, ma la copertura è ancora limitata (40% della popolazione), ad evidenziare una portata ancora circoscritta di queste soluzioni. Lo stesso avviene nella zona dell'Asia-Pacifico (18 reti, per una copertura del 45%), mentre il Nord America sembra molto più avanti degli altri nello sviluppo di questa evoluzione (7 reti, 91% di copertura).

Adozione del servizio

Secondo i dati di Connect Europe, la penetrazione della popolazione 5G in Europa nel suo complesso è aumentata dal 17,9% nel 2022 al 31,3% nel 2023 e si prevede possa arrivare al 48% nel 2024 (anche in questo caso, la stima include alcuni Paesi esterni all'Unione Europea)¹⁹.

Fig. 26 – Penetrazione sulla popolazione di 4G e 5G in Europa, 2013- 2024F



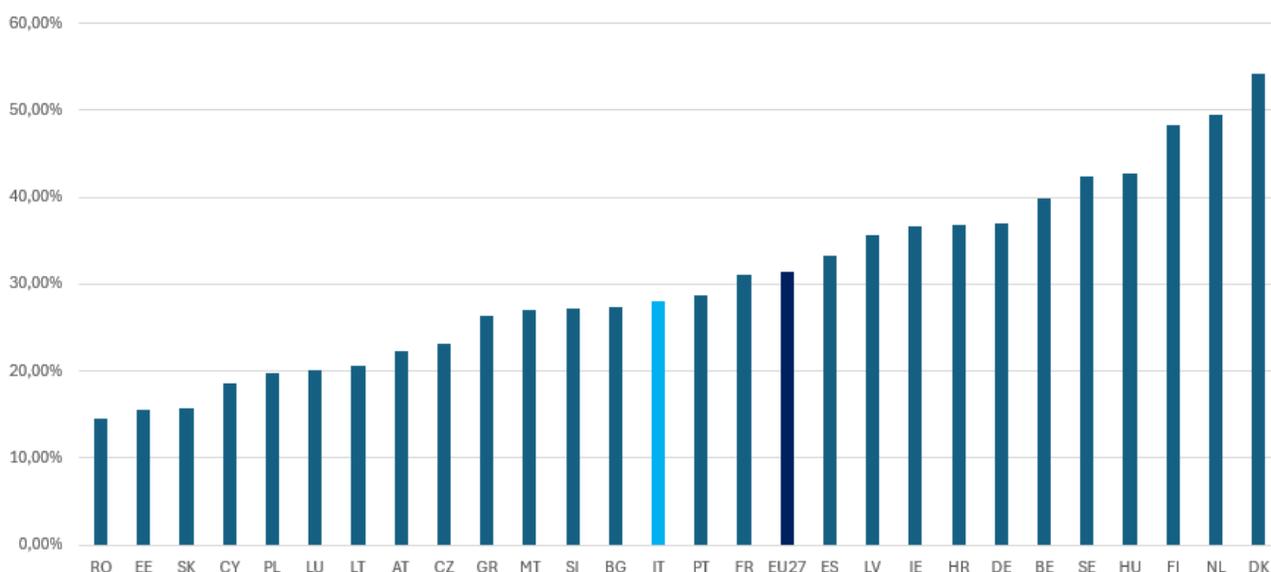
Fonte: Analysys Mason 2024

¹⁹ Connect Europe, State of Digital Communications 2025, gennaio 2025

Un termine di confronto a livello internazionale può essere dato dalla quota di linee 5G sul totale delle connessioni mobili, che per l'Europa sono stimate attorno al 29% per il 2024 (31% per l'Unione Europea secondo GSMA) rispetto al 45% del Giappone, il 55% della Corea del Sud, il 69% degli Stati Uniti ed il 92% della Cina, anche se viene fatto notare da Analysy Mason che quest'ultimo dato ha un valore "teorico", dal momento che molti utenti, pur avendo un abbonamento 5G potrebbero non disporre di un dispositivo adatto ad utilizzare il servizio.

Nell'ambito dei Paesi Membri, Paesi Bassi e Paesi Scandinavi hanno registrato - come avvenuto già in altre occasioni - l'adozione più rapida ed oggi oltre il 40% delle connessioni totali sono 5G, mentre in Italia il valore è appena inferiore al 30%.

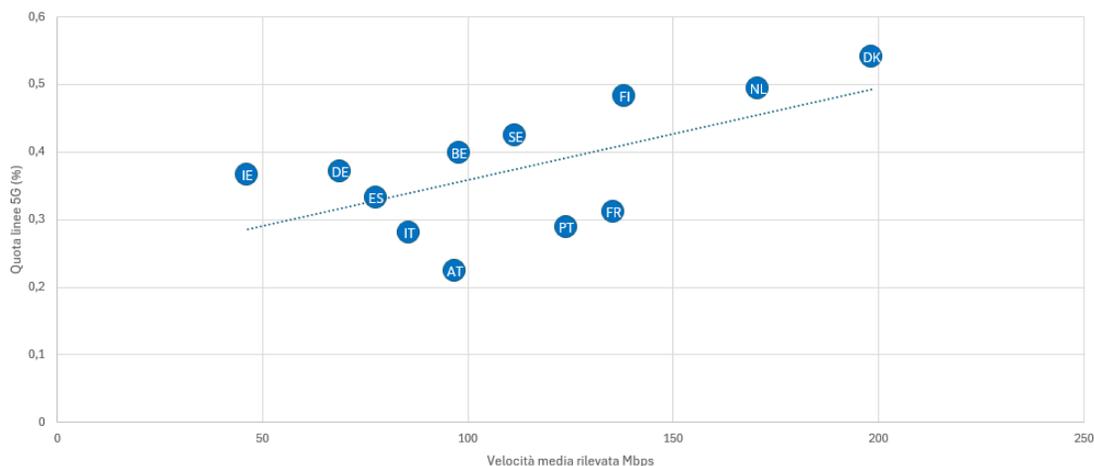
Fig. 27 – Adozione del 5G in Europa, in termini di linee 5G sul totale linee mobili



Fonte: elaborazione Centro Studi TIM su dati GSMA Intelligence

Come è noto, la velocità rappresenta solo uno dei parametri che è possibile migliorare con il 5G, anche se le prestazioni possono differire a seconda della soluzione tecnica che viene offerta (dal DSS al 5G stand alone) e dalla differente banda che viene utilizzata. Tuttavia, è già oggi possibile osservare una correlazione positiva tra la velocità delle connessioni registrata da Ookla e la quota di linee 5G sul totale delle connessioni, considerando Paesi europei che hanno mercati con caratteristiche omogenee.

Fig. 28 – Correlazione fra la velocità delle connessioni mobili e la penetrazione del 5G

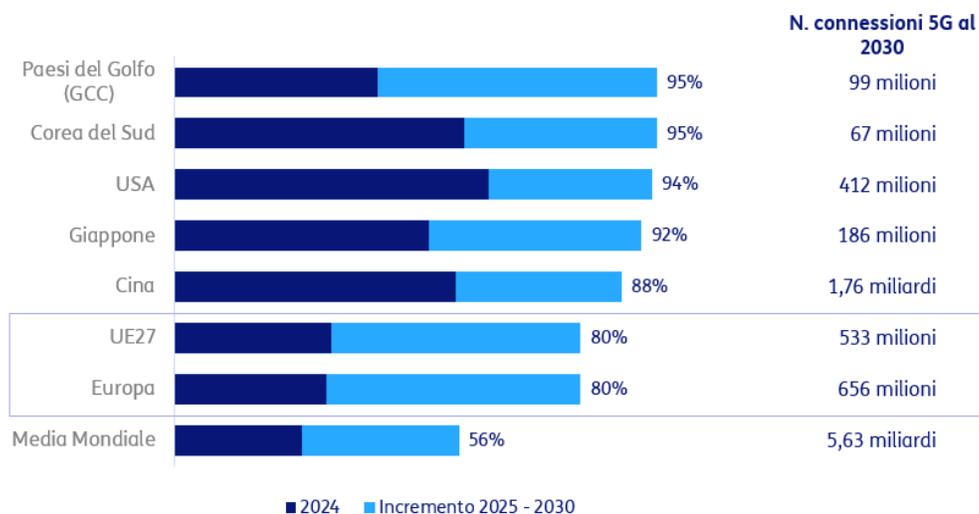


Fonte: elaborazione Centro Studi TIM su dati Ookla e GSMA Intelligence

Nelle previsioni di GSMA, nel 2026 le connessioni 5G in Europa sorpasseranno quelle 4G e raggiungeranno una quota dell'80% nel 2030. Tuttavia, per quanto ridotto, dovrebbe permanere un gap rispetto ad altre aree mondiali, almeno da quanto si osserva dalle proiezioni (Usa, Giappone e Corea del Sud con valori superiori al 90%, mentre la Cina si attesta all'88%), fig. 29.

Fig. 29 – Adozione del 5G nel 2024 e previsione 2026-2030

Percentuale del totale connessioni



Fonte: GSMA Intelligence

Alcune ragioni del ritardo: la gestione delle frequenze

Certamente, una parte di questo ritardo è attribuibile alle scelte dei Paesi Membri in tema di frequenze.

A dicembre 2013, al fine di organizzare per tempo il decollo del 5G, la Commissione Europea decise di istituire il 5G-PPP, un consorzio pubblico privato che coinvolgeva l'industria ICT europea, a cui assegnò l'obiettivo di sviluppare soluzioni, architetture, tecnologie e standard per le infrastrutture di comunicazione di nuova generazione. Il consorzio indicò due gruppi di frequenze. Il primo gruppo individuava due bande pioniere inferiori a 6 GHz: 700 MHz (banda di frequenza bassa) e 3.4-3.8 GHz (banda di frequenza media). Queste frequenze erano considerate cruciali per garantire copertura e capacità di penetrazione anche nei luoghi chiusi. Il secondo gruppo era collocato al di sopra dei 24 GHz (in particolare, 24.25-27.5 GHz e 37-40 GHz), le cosiddette onde millimetriche, ideali per garantire una grande capacità di banda, ma con portata e capacità di penetrazione ridotta.

Nel White Paper la Commissione nota che, dopo 9 anni, non tutti i Paesi avevano terminato di assegnare le licenze previste per il 5G, un ritardo già riscontrato per il 4G, al punto che nel 2017 era stato commissionato uno studio proprio con l'intento di individuare le migliori condizioni per favorire il rapido decollo della nuova generazione di servizi mobili²⁰. Il rapporto, realizzato da Policy Tracker, VVA e LS telcom, aveva analizzato con attenzione quanto avvenuto con il 4G, sottolineando che nei paesi con un approccio più orientato al mercato (Finlandia e Danimarca), si erano ottenuti risultati migliori in termini di diffusione della rete, qualità e concorrenza, mentre rilevava una correlazione negativa empirica tra i prezzi delle aste e la disponibilità dei servizi: i paesi con maggiori spese per lo spettro (tra cui Italia, Francia e Regno Unito), mostravano una peggiore disponibilità di rete 4G (è l'Italia, in particolare, è sempre nei primi posti per la spesa delle frequenze in tutte le bande assegnate). Partendo da queste basi e considerando le specificità del 5G, lo studio avvertiva che la frammentazione degli approcci di assegnazione avrebbe potuto complicare il decollo del servizio e suggeriva di armonizzare l'uso dello spettro in Europa, applicare prezzi di riserva bassi e obblighi di copertura orientati al mercato, oltre a licenze di lunga durata, per dare certezza di ritorno dagli investimenti ai titolari dei diritti.

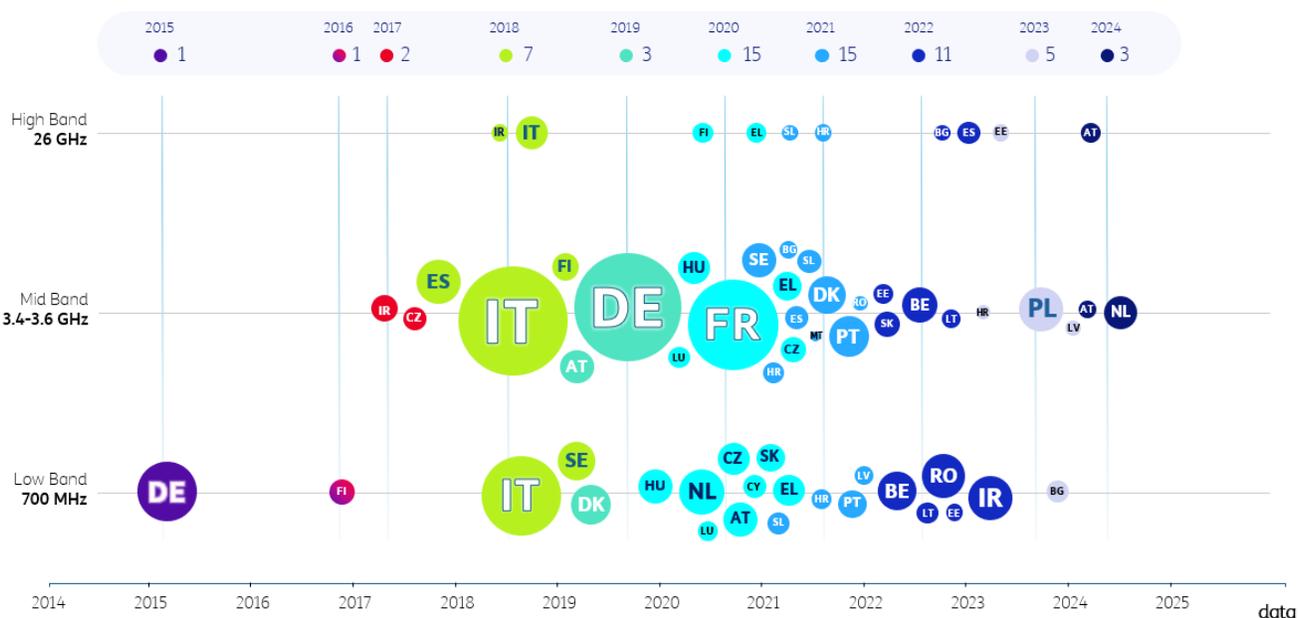
²⁰ European Commission. Directorate-General for Communications Networks, Content & Technology. Study on Spectrum Assignment in the European Union. Prepared by Saul Friedner, Richard Womersley, Andrea Moyano (LS telcom AG), Pierre Hausemer, Georg Bolits, Francesco Pitton (Valdani Vicari & Associati), Martin Sims (PolicyTracker). 2017.
<https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/2388b227-a978-11e7-837e-01aa75ed71a1/language-en>

Il grafico in figura 30, che nell'asse delle ordinate riporta le tre bande pioniere, illustra quando si sono tenuti i bandi di gara per l'assegnazione delle frequenze in UE lungo l'arco di 10 anni (dal 2015 al 2024). Dalle indicazioni della Commissione, ci saremmo dovuti attendere una concentrazione di eventi in un periodo ristretto di tempo, mentre invece, come si può notare, la realtà evidenzia una successione abbastanza continua di eventi lungo tutto l'arco del decennio, in particolare per quanto riguarda la banda media 3.4-3.8 GHz, che è stata assegnata da tutti i Paesi Membri, due paesi devono ancora assegnare la banda 700 MHz, mentre solo 10 Paesi hanno concesso licenze a livello nazionale nella banda a 26 GHz (altri sei hanno utilizzato questa banda per reti 5G locali).

Se consideriamo l'Italia, non possiamo inoltre trascurare che la banda 700 MHz è stata assegnata nel 2018 ma non è stata resa disponibile prima della metà del 2022 perché in uso agli operatori del digitale terrestre, mentre ha dovuto affrontare un lungo processo di riorganizzazione della banda 3.4-3.6 che era stata precedentemente destinata ad altri scopi.

Fig. 30 – Assegnazione delle frequenze 5G in Europa, 2015-2024

Bande di frequenze per date e valore complessivo dell'assegnazione per paese



Fonte: elaborazione Centro Studi TIM

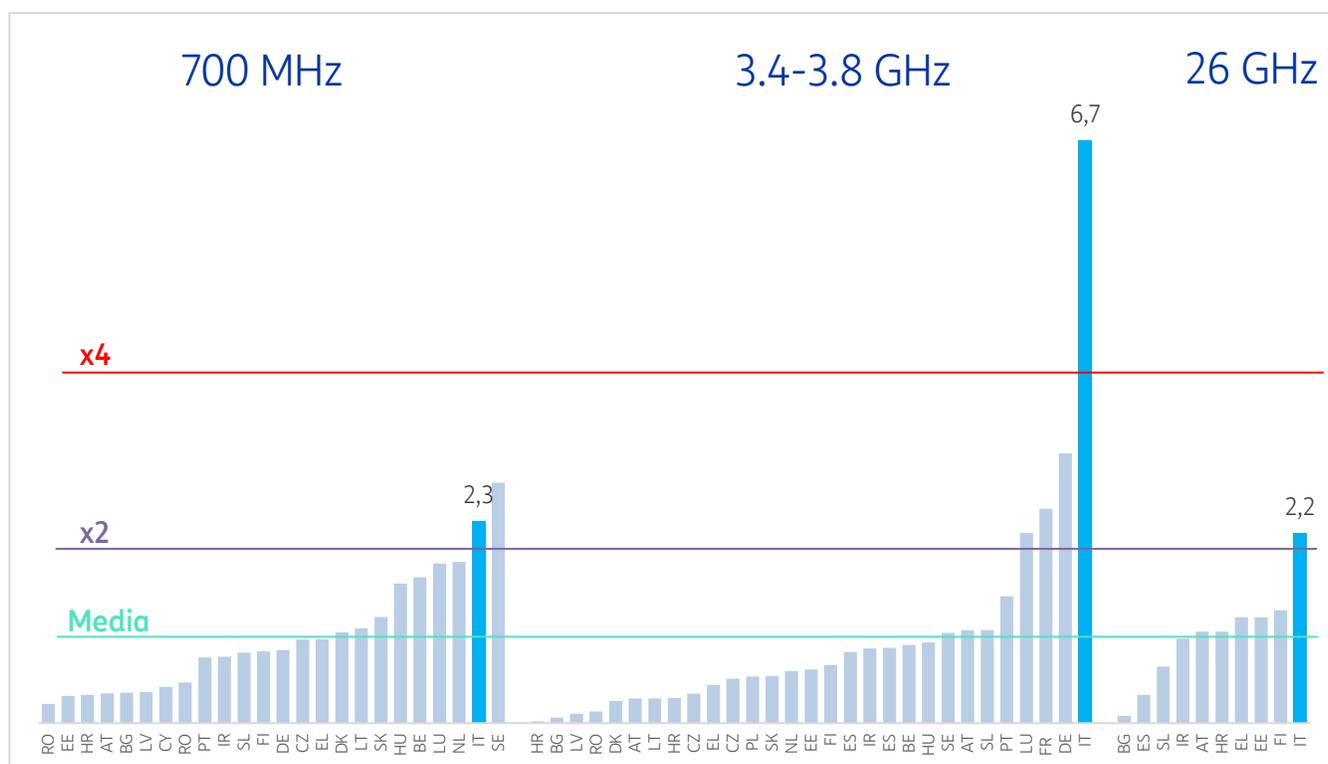
Riguardo ai costi, l'ampiezza delle sfere riportate nel grafico, che rappresenta il valore complessivo dell'assegnazione, già mostra una difformità a livello europeo che tuttavia può dipendere dalle dimensioni del mercato e dalle porzioni di spettro assegnate. Se

standardizziamo la misura rapportando il prezzo pagato per MHz per abitante, emergono comunque delle diversità molto marcate tra i diversi Paesi.

Il grafico seguente mostra, per ognuna delle tre bande pioniere, il prezzo di assegnazione in MHz per abitante per ogni Paese, in rapporto alla media dei valori registrati. Come si può notare, il nostro Paese è l'unico che si colloca sempre al di sopra della media con valori che sono almeno il doppio del valore medio a livello europeo e per la banda 3.4-3.8 è quasi sette volte superiore.

Fig. 31 – Prezzo di assegnazione delle frequenze 5G in Europa, 2015-2024

Euro per MHz per abitante



Fonte: elaborazione Centro Studi TIM

L'assegnazione dello spettro è una prerogativa che è materia dei singoli Paesi Membri, ma allo stesso tempo, non si può non sottolineare che nonostante gli sforzi di coordinare questa evoluzione a livello UE, le strategie di assegnazione seguano degli interessi difforni e specifici per ogni contesto che possono avere degli impatti sull'evoluzione del mercato ed anche il White Paper rimarca questo aspetto, sostenendo che in alcuni casi i partecipanti alle gare

hanno finito per pagare prezzi più alti “a causa della scarsità artificiale creata dal design delle aste”²¹, aspetto che naturalmente sottrae risorse agli investimenti.

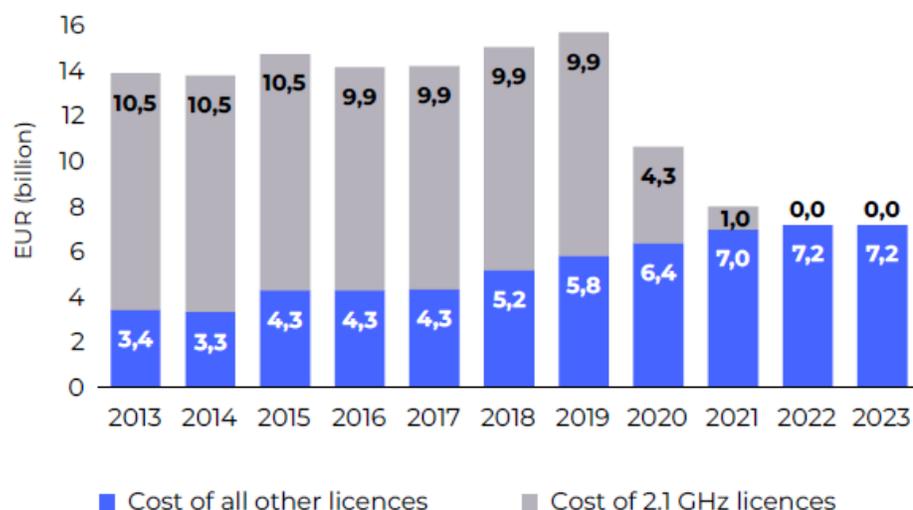
Se in passato il settore è stato in grado di far fronte a queste scelte, è abbastanza evidente che il contesto oggi sia molto differente. Il rapporto di Connect Europe fornisce un quadro aggiornato delle rilevanti sfide finanziarie e strutturali che deve affrontare il settore per mantenere la competitività a livello globale. Come richiamato anche dai rapporti Letta e Draghi il settore delle telecomunicazioni ha una natura strategica, ma risulta frammentato e sovra regolato e questo determina un eccesso di competizione rispetto ad altre aree mondiali che si scarica sui prezzi: il ricavo medio per utente mobile in Europa è di 14,8 euro, mentre è 22,6 euro in Giappone, 26 euro in Corea del Sud e addirittura 41,7 euro negli Stati Uniti. Il risultato è una diminuzione dei ricavi su base reale (-4,4% nell'ultimo anno) e – per la prima volta in sette anni - un'inversione di tendenza negli investimenti, che segnano una diminuzione del -2% (da 59,1 miliardi di euro nel 2022 a 57,9 miliardi di euro nel 2023), senza considerare che già oggi, l'investimento medio per abitante in Europa è già più ridotto rispetto alle altre aree di confronto (118 euro rispetto ai 188 del Giappone e ai 226 euro degli Stati Uniti).

Queste prime conclusioni di Connect Europe segnalano chiaramente un allarmante ritardo europeo nella digitalizzazione, sottolineando la necessità urgente di interventi e riforme per colmare questo gap tecnologico, a partire dalla ridefinizione dei sistemi di asta che vengono utilizzati per allocare lo spettro, un tema che è stato toccato anche nei rapporti Letta e Draghi (in entrambi si ritrovano indicazioni per abbassare i costi delle aste, armonizzare i criteri di gestione dello spettro, allungare la durata delle licenze). Per avere un ordine di grandezza, Connect Europe stima che il costo delle licenze 5G dovrebbe aggirarsi intorno ai 30 miliardi di euro a livello europeo, che si aggiungono ai circa 40 miliardi di euro sostenuti per l'acquisto delle licenze 4G e ai 110 miliardi di euro per il 3G. Se è vero che la dinamica di spesa è in discesa, ciò significa che negli ultimi 25 anni gli operatori europei hanno investito, solo per l'acquisto delle licenze, un valore nominale di circa 180 miliardi di euro che ipotizzando un tasso di sconto del 6%, Analysys Mason mostra quanto possano pesare le scelte di gestione dello spettro sui bilanci degli operatori: al 2023, nonostante si sia esaurito il costo annualizzato per il 3G, le licenze avevano ancora un peso pari al 6,5% dei ricavi. Considerando che in Italia si sono registrati allo stesso tempo i costi più alti e la maggiore caduta di ricavi possiamo dedurre che per gli operatori nazionali il peso è stato molto più elevato che in altri Paesi.

²¹ Connect Europe, State of Digital Communications 2025, gennaio 2025

Fig. 32 – Costi annualizzati dello spettro, operatori mobili europei, 2013-2024

Miliardi di euro



Fonte: Analysys Mason 2024

Gestione delle Frequenze: indicazioni per il futuro

È chiaro che già a partire dai processi di rinnovo e assegnazione delle licenze in Europa, occorrerebbe indirizzarsi verso modelli alternativi ed inizia a farsi largo l'idea di ricorrere a delle cosiddette **cashless auction**, in cui i partecipanti si vincolano a raggiungere degli obiettivi desiderati, come ad esempio l'estensione dei piani al fine di includere specifiche aree rurali oppure impegni a fornire delle prestazioni con un livello specifico di qualità (es velocità, banda, ecc.), che possono essere considerati di valore equivalente. Questo tipo di approcci innovativi, almeno per l'Europa²², potrebbero rappresentare una soluzione per raggiungere obiettivi di politica pubblica senza gravare eccessivamente sui concorrenti togliendo risorse che potrebbero essere destinati agli investimenti.

In prospettiva, considerando che gli enti di standardizzazione stanno già lavorando per definire le specifiche della prossima generazione mobile, questo tema diventa sempre più importante. Le

²² Ad esempio, in Giappone, il Ministero degli affari interni e delle comunicazioni ha assegnato a tutti e quattro i candidati le frequenze radio e le licenze per lanciare i servizi 5G senza asta e senza costi, ma con obblighi di copertura e impegni di sicurezza. <https://www.telecoms.com/wireless-networking/all-four-operators-are-awarded-5g-licences-in-japan-with-security-conditions-attached>

evoluzioni successive al 5G – il 5G Advanced e il 6G – mostrano potenzialità per offrire prestazioni migliorate, ma richiedono capacità di banda superiori che si indirizzano verso la cosiddetta “upper 6GHz band” (U6GHz, che si colloca tra 6,425 – 7,125 MHz). Questa porzione dello spettro, secondo le indicazioni che provengono dal sistema delle imprese costruttrici, potrebbe rappresentare quello che per il 5G è la banda 3.4-3.8 GHz ossia una trama flessibile e adatta per garantire portata e capacità di copertura per le nuove soluzioni tecnologiche. Occorre tuttavia pianificare per tempo il suo futuro e stabilirne l’allocazione per lo sviluppo del 6G per il settore delle telecomunicazioni, in modo da evitare i problemi già incontrati in precedenza, mettendo a disposizione degli operatori la banda U6GHz a partire dal 2030. Su questo aspetto non c’è un’uniformità di punti di vista e questo ha spinto i leader delle principali imprese del settore a prendere una chiara posizione lanciando un appello alle istituzioni europee ad ottobre 2024²³.

Sempre per rimanere in tema di frequenze, diventa poi cruciale garantire uno sviluppo armonico tra reti terrestri e reti satellitari. L’ecosistema sta cambiando rapidamente per l’ingresso di nuovi attori che forniscono servizi attraverso satelliti orbitanti a bassa quota (LEOsat). Questo tipo di servizi rappresenta senza dubbio un’opportunità per integrare le funzionalità delle reti terrestri: le reti satellitari possono porsi come un servizio utile alla copertura di zone oggi non servite (aree rurali, aree disabitate, ecc.) oppure per fornire ridondanza al segnale terrestre, assicurare continuità in situazione di intenso traffico ecc. con un ruolo supplementare e senza generare interferenze che possano causare disservizi o degradare la qualità fornita dalle reti terrestri.

Tuttavia, bisogna costruire un sistema di collaborazione che preservi i diritti d’uso delle frequenze terrestri che gli operatori si sono assicurati sostenendo delle ingenti spese, in particolare in Italia. Questo può avvenire o assicurando che entrambi i servizi utilizzino le rispettive bande a loro assegnate, oppure consentendo agli operatori satellitari l’uso della banda licenziata mediante accordi commerciali con gli operatori terrestri.

L’evoluzione dello standard

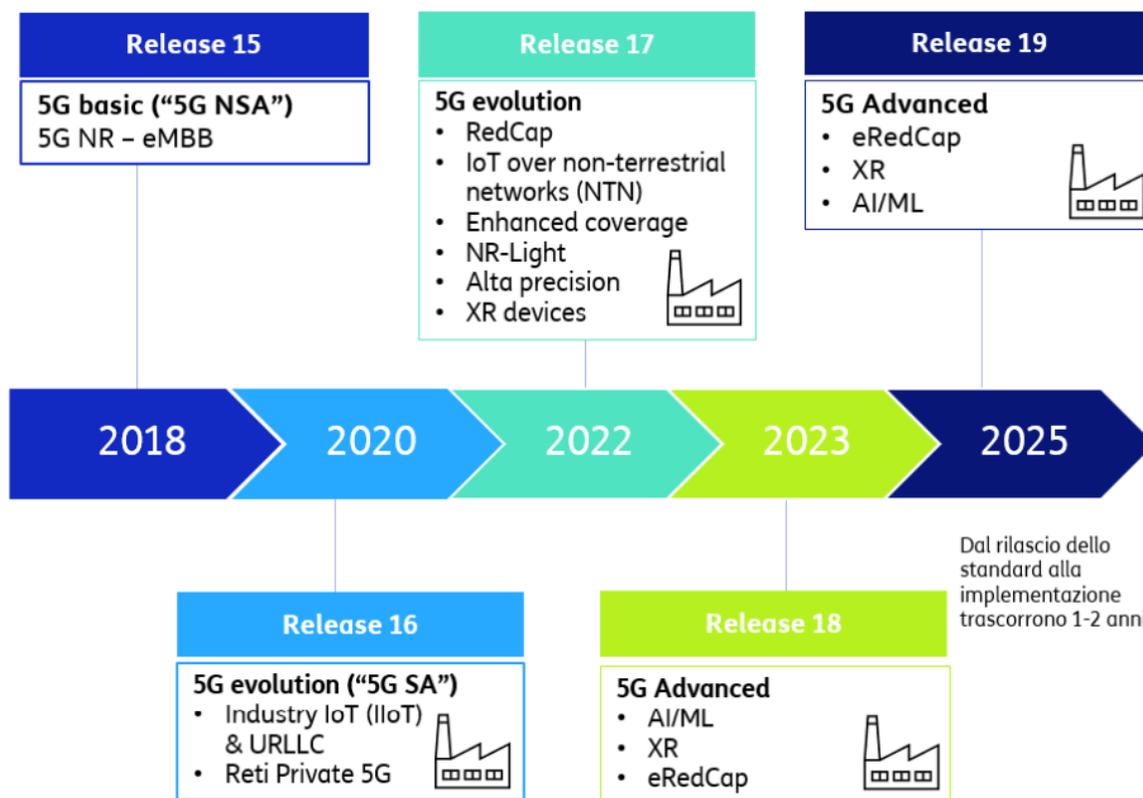
Il 5G è una evoluzione del 4G con una forte vocazione industriale. Rispetto alla precedente generazione di rete mobile, il 5G aggiunge alla famiglia delle applicazioni Mobile Broadband (“eMBB²⁴”) tipiche del mondo consumer le funzionalità di interesse industriale come le

²³ <https://www.corrierecomunicazioni.it/telco/lappello-dei-ceo-delle-telco-lo-spettro-oltre-i-6ghz-sia-destinato-alle-reti-mobili/>

²⁴ Enhanced Mobile BroadBand

applicazioni ad altissima affidabilità e bassissima latenza (“UrLLC²⁵”) e quelle per la gestione di una altissima densità di terminali IoT (“mIoT²⁶”). Tale evoluzione si riflette nelle diverse releases dello standard 3GPP plasmate dai vendors di rete e dagli operatori mobili con il fondamentale contributo degli utilizzatori finali²⁷.

Fig. 33 – L’evoluzione dello standard 5G



Fonte: OMDIA

Il 5G è la generazione mobile con più alta velocità di adozione nel mondo consumer nella sua versione evolutiva del 4G denominata **5G NSA** (“Non Stand Alone”) ma è la sua evoluzione **5G Evolution** (release 17), che introduce il 5G RedCap, **5G SA** (“Stand Alone”) ed in futuro **5G Advanced** che presentano i maggiori vantaggi per il mondo industriale.

²⁵ Ultra reliable Low Latency Communications

²⁶ Massive IoT

²⁷ Alla sua standardizzazione hanno contribuito importanti esponenti del mondo industriale (“Market Representation Partners”) come 5G ACIA per il mondo manifatturiero

Al rilascio dello standard al dispiegamento in campo passando per l'industrializzazione delle soluzioni passano mediamente almeno 2 anni.

L'evoluzione del 5G si basa sull'adozione del *cloud* sia come motore della rete che per offrire funzionalità applicative vicine all'utilizzatore ("Mobile Edge Computing") che fa del 5G non solo una tecnologia di connettività ad altissime prestazioni ma anche una piattaforma di innovazione per le imprese che vogliono intraprendere la strada della digitalizzazione basata su nuovi paradigmi digitali come il cloud ed Intelligenza Artificiale²⁸.

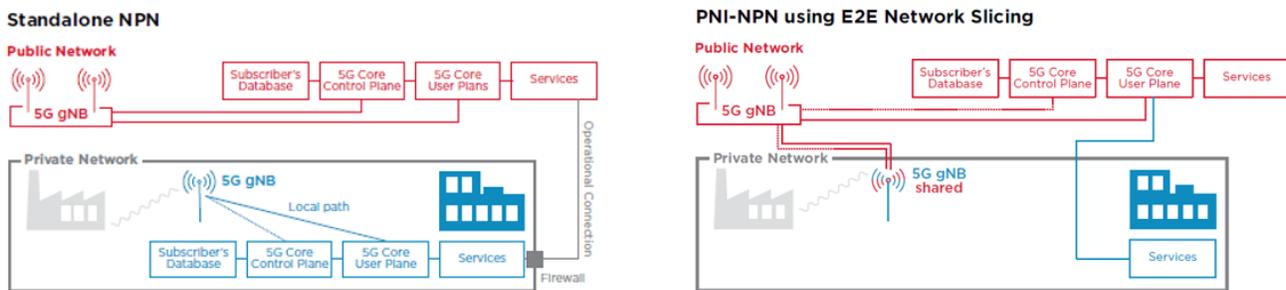
Il modello di cloud/edge continuum si riferisce a un'architettura IT in cui le risorse computazionali sono distribuite tra il cloud centrale, il cloud all'edge e i dispositivi terminali, creando un'infrastruttura continua e scalabile. Questo approccio consente di ottimizzare le prestazioni riducendo la latenza, migliorando la sicurezza e garantendo una gestione dinamica delle risorse in base alle esigenze applicative.

In questo contesto, il 5G si candida a essere la piattaforma ideale per collegare il cloud dei data center con il cloud all'edge (o anche far edge) in modo sicuro, automatico e con qualità garantita. Il motivo principale risiede nella natura stessa dell'architettura 5G, che integra nativamente funzionalità di edge computing. Le reti 5G non solo forniscono connettività ad alta velocità e bassa latenza, ma includono anche componenti di edge computing distribuiti all'interno della rete, consentendo di elaborare i dati più vicino alla fonte. In alcuni scenari, l'architettura 5G stessa può essere considerata un'estensione dell'edge computing, in quanto integra funzioni di rete, storage e calcolo direttamente nei nodi di accesso radio e nei core di rete distribuiti.

Ciò lo rende la scelta migliore e più moderna per creare un "servizio digitale", che si compone sia di connettività sia di infrastruttura cloud, coinvolgendo sia i dispositivi dei clienti, sia quelli IoT, oltre alle comunicazioni ed elaborazioni M2M, rispondendo così anche alle necessità tipiche delle applicazioni di Intelligenza Artificiale e garantendo una perfetta integrazione tra gli elementi della catena del valore digitale. Il 5G viene sempre più adottato dalle imprese in sostituzione dei sistemi cablati o basati sul WiFi che mal si prestano alle esigenze di ampi impianti industriali che necessitano di sistemi di connettività avanzati capaci di supportare una trasformazione digitale basata su cloud e AI. Allo stato attuale il 5G viene dispiegato nel mondo industriale tramite **reti 5G private** affidabili e sicure dal punto di vista dei dati ma si stanno facendo largo anche soluzioni ibride che possono fare uso anche di **reti 5G pubbliche** con meccanismi di virtualizzazione ("slicing").

²⁸ GSMA, 5G Destination Growth, febbraio 2025

Fig. 34 – Architettura di rete privata e pubblica



Fonte: GSMA, Private 5G Industrial Networks - An analysis of Use Cases and Deployment, giugno 2023

5G RedCap: uno standard ottimizzato per le applicazioni manifatturiere

Lo standard 5G Reduced Capability (RedCap), noto anche come 5G NR-Light, definita nella Release 17 del 3GPP, rappresenta un'evoluzione significativa per l'Internet delle Cose (IoT), offrendo un bilanciamento ottimale tra capacità, costo ed efficienza energetica, con particolare rilevanza per il settore manifatturiero.

Il 5G RedCap è uno standard progettato per rispondere alle esigenze di connettività di dispositivi IoT che non necessitano delle elevate prestazioni del 5G tradizionale, ma che superano le capacità delle tecnologie a basso consumo e bassa banda come NB-IoT e LTE-M. La sua introduzione nella Release 17 del 3GPP sottolinea l'importanza di questa tecnologia nel panorama futuro dell'IoT. Il RedCap si posiziona strategicamente tra l'eMBB, focalizzato sulla velocità di trasmissione elevata, l'uRLLC, che garantisce comunicazioni a bassissima latenza e alta affidabilità, e l mMTC, ottimizzato per un elevato numero di dispositivi a basso consumo e bassa frequenza di trasmissione.

L'obiettivo primario del 5G RedCap è ridurre la complessità, il costo e il consumo energetico dei dispositivi rispetto ai dispositivi 5G NR standard. Questa riduzione di capacità si traduce in dispositivi più economici e con una maggiore durata della batteria, pur mantenendo una velocità di trasmissione dati media o alta, adatta a numerose applicazioni IoT, sia consumer che industriali. Il RedCap offre un compromesso efficace, sfruttando alcune delle funzionalità avanzate del 5G, come la bassa latenza e l'affidabilità, superando al contempo l'eMBB in termini di costo dei componenti e durata della batteria.

Dal punto di vista tecnico, i dispositivi 5G RedCap supportano velocità di picco intorno ai 150 Mbps in downlink e 50 Mbps in uplink, con una larghezza di banda massima di 20 MHz nelle frequenze inferiori a 7 GHz, significativamente inferiore ai 100 MHz o più dei dispositivi 5G standard. Inoltre, utilizzano la trasmissione half-duplex FDD, dove la trasmissione e la ricezione avvengono in momenti diversi. Un'altra caratteristica distintiva è l'uso di un numero inferiore di antenne rispetto ai dispositivi 5G tradizionali, contribuendo ulteriormente alla riduzione di costi e complessità. Nonostante le ridotte capacità, il 5G RedCap offre velocità di trasmissione dati comparabili a quelle dell'LTE Cat-4 e Cat-6 e una latenza simile al 4G LTE, inferiore a quella delle tecnologie LPWAN come NB-IoT. È importante notare che il 5G RedCap opera su reti 5G standalone (SA), il che implica che la sua piena funzionalità è legata alla diffusione di questa infrastruttura di rete di nuova generazione.

L'introduzione del 5G RedCap evidenzia un'evoluzione del mercato IoT, dove non tutte le applicazioni richiedono le massime prestazioni offerte dal 5G iniziale. Esiste un segmento significativo di dispositivi e servizi che necessitano di una connettività più performante delle tecnologie LPWAN ma meno esigente del 5G completo. Le caratteristiche del RedCap, come la velocità di trasmissione moderata e la minore complessità, rispondono precisamente a questa esigenza, aprendo nuove opportunità per applicazioni IoT più efficienti ed economiche.

La somiglianza nelle velocità di trasmissione dati con l'LTE Cat-4/6 suggerisce che il 5G RedCap si posiziona come un naturale percorso di evoluzione per molti dispositivi IoT esistenti. Offrendo i vantaggi del 5G, come il network slicing, senza un aumento significativo della complessità o del costo (nel lungo termine), il RedCap rappresenta un'opzione di aggiornamento attraente per i produttori di dispositivi IoT. Questo implica una potenziale migrazione graduale dall'LTE al 5G per le applicazioni di fascia media.

Tuttavia, la dipendenza dalle reti 5G standalone (SA) significa che i benefici completi del RedCap potrebbero non essere immediatamente disponibili in tutte le regioni. Le reti 5G non-standalone (NSA) si basano su un core di rete 4G, il che potrebbe limitare l'accesso ad alcune funzionalità avanzate del 5G necessarie per il pieno funzionamento del RedCap. Questa dipendenza infrastrutturale potrebbe influenzare i tempi di adozione iniziali della tecnologia.

Implementazione delle reti 5G SA e diffusione globale

Le reti 5G Standalone (SA) possono essere implementate in diversi scenari, offrendo una maggiore flessibilità rispetto alle reti 5G Non-Standalone (NSA).

Abbiamo visto come le principali modalità di implementazione includono:

- **Overlay su una rete pubblica 5G NSA:** in questo caso, la rete 5G SA viene costruita sopra un'infrastruttura esistente 5G NSA, consentendo una transizione progressiva verso un'architettura completamente autonoma.
- **Implementazione Greenfield:** un operatore di rete pubblica può adottare direttamente una rete 5G SA senza disporre di una preesistente infrastruttura LTE. Questa opzione è particolarmente vantaggiosa per i nuovi entranti nel mercato o per operatori che desiderano adottare un approccio innovativo senza vincoli tecnologici preesistenti.
- **Reti private 5G:** aziende, istituzioni, enti governativi o altre organizzazioni possono implementare una rete privata 5G SA per rispondere a esigenze specifiche di connettività avanzata. Tali reti di campus privati offrono vantaggi in termini di sicurezza, personalizzazione e controllo dell'infrastruttura.

L'adozione delle reti 5G e delle reti 5G SA sta registrando una crescita significativa a livello globale. A fine 2024 sono stati identificati 151 operatori in 63 paesi e territori che hanno dichiarato investimenti in reti pubbliche 5G SA. Questi investimenti includono attività di sperimentazione, implementazioni pianificate o già operative. Complessivamente, tali operatori rappresentano il 24,3% del totale degli operatori noti per aver intrapreso iniziative nel campo delle licenze, test e implementazioni di reti 5G.

L'evoluzione nel tempo dell'adozione del 5G SA è ben rappresentata nella Figura 35, che evidenzia la crescita costante del numero di operatori coinvolti nel deployment di questa tecnologia.

Questo trend conferma l'interesse del settore per la transizione verso un'infrastruttura 5G completamente autonoma, capace di abilitare scenari innovativi in ambito industriale, pubblico e privato.

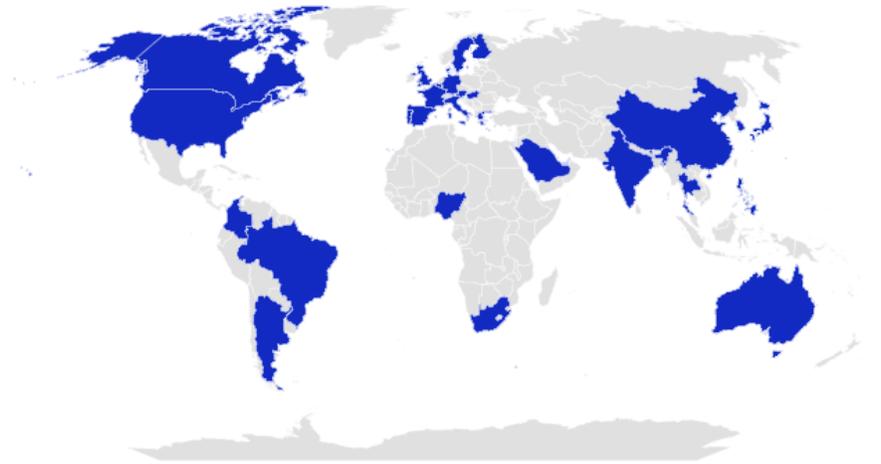
Fig. 35 – Adozione del 5G nel tempo, 1Q 2021 – 3Q 2024

Numero di operatori



Fonte: Analysys Mason 2024

Fig. 36 – La mappa del 5G standalone a novembre 2024



Con tecnologia Bing
 © Australian Bureau of Statistics, GeoNames, Geospatial Data Edit, Microsoft, Navinfo, Open Places, OpenStreetMap, Overture Maps Foundation, TomTom, Wikipedia, Zenrin

Fonte: Fonte Analysys Mason – 5G deployment tracker 2H 2024

Stato dell'arte e prospettive di sviluppo del 5G Standalone (5G SA)

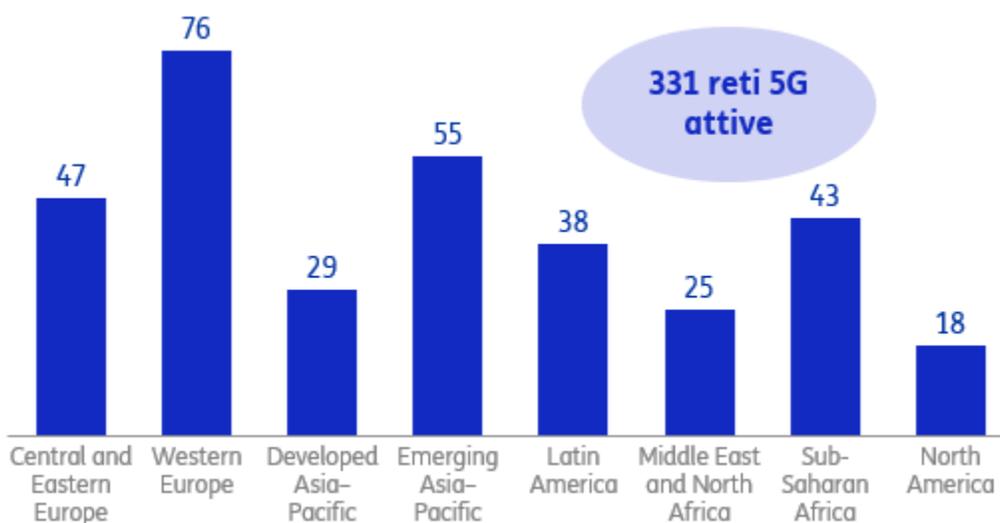
A cinque anni dal primo lancio del 5G nel 2019, l'adozione globale di questa tecnologia ha registrato una crescita significativa. A fine del 2024, risultano attive oltre **300 reti 5G** nel mondo, distribuite tra le diverse macroregioni geografiche.

Tuttavia, il passaggio al **5G Standalone (5G SA)** – ovvero la versione completamente autonoma della rete 5G, svincolata dall'infrastruttura LTE – è avvenuto con un ritmo più lento del previsto. Attualmente, le reti **5G SA operative sono 63**, pari a **meno del 20% del totale delle reti 5G esistenti**.

Tendenze di mercato e ostacoli all'adozione del 5G SA

Secondo quanto riporta Analysys Mason, il numero di nuove reti 5G SA lanciate annualmente è in calo: nel 2024 sono state attivate **solo 10 nuove reti** a livello globale, rispetto alle **14 del 2023** e alle **18 del 2022**. Tuttavia, alcuni grandi operatori – tra cui **EE (BT), MasOrange e Virgin Media O2** – stanno continuando a espandere la copertura del **5G SA**, sostenuti da sviluppi tecnologici che ne rafforzano la sostenibilità economica. In particolare, l'introduzione del **5G Advanced** (prima iterazione degli standard 3GPP ormai congelata) e l'evoluzione delle **reti cloud-native** basate su Intelligenza Artificiale e automazione stanno migliorando e ampliando le prospettive di utilizzo di queste infrastrutture.

Fig. 37 –Reti 5G attive a novembre 2024

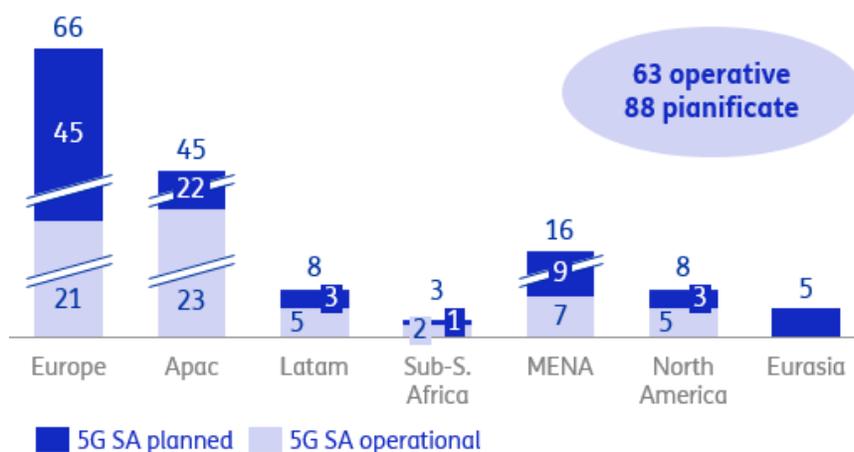


Fonte: Analysys Mason 2025

Prospettive di crescita: accelerazione dei lanci nei prossimi due anni e situazione nell'Unione Europea

Nonostante la crescita più lenta del previsto, i piani dichiarati dagli operatori indicano un'imminente **accelerazione dei lanci del 5G SA** nei prossimi due anni. Attualmente, **88 operatori** hanno annunciato l'intenzione di attivare nuove reti 5G SA nel breve termine, segnalando un incremento del tasso di adozione della tecnologia.

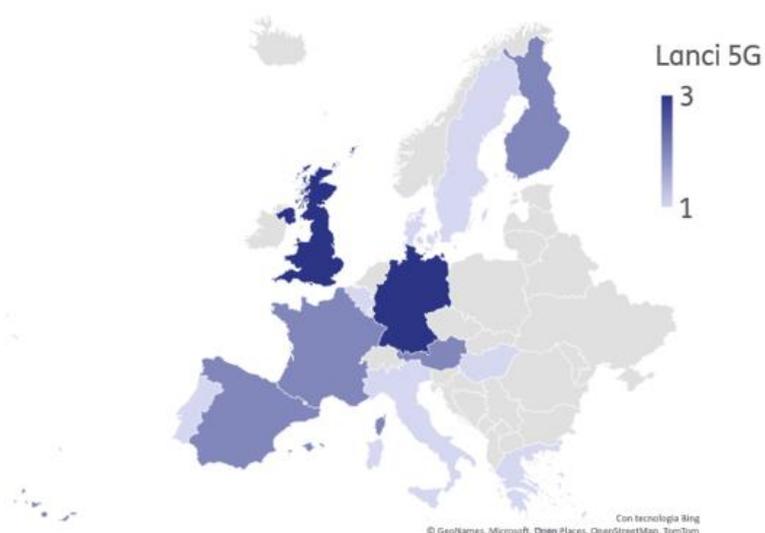
Fig. 38 – Reti 5G SA operative e pianificate a novembre 2024



Fonte: Elaborazione Centro Studi TIM su dati GSMA e Analysys Mason

L'Europa occidentale si conferma una delle aree più avanzate nel deployment del 5G SA: dal 2023, questa regione ha guidato il mercato in termini di numero di lanci (Fig. 39). Secondo GSMA, la maggior parte degli Stati membri dell'**Unione Europea** dispone di almeno un operatore che sta investendo nello sviluppo del **5G SA pubblico**. Solo nel 2024, **sette nuove reti 5G SA sono state attivate** in Finlandia, Francia, Germania, Grecia e Regno Unito. Complessivamente, l'Europa occidentale rappresenta circa un terzo delle **63 reti 5G SA operative nel mondo**.

Fig. 39 – Lanci 5G Stand Alone per paese a novembre 2024



Fonte: Elaborazione Centro Studi TIM su dati Analysys Mason 2025 – 5G deployment tracker 2H 2024

Evoluzione dei Dispositivi 5G con Supporto Dichiarato per 5G SA

Al terzo trimestre del 2024, il numero di **dispositivi annunciati con supporto dichiarato per il 5G Standalone (SA)**²⁹ ha raggiunto quota **2.112**, registrando un incremento del **39,7% su base annua (YoY)**. Tra questi, **1.883 dispositivi risultano già disponibili in commercio**, segnando una crescita ancora più marcata del **46,7% YoY**.

L'adozione del **5G SA tra i dispositivi 5G complessivi** continua a crescere, con una quota che ha raggiunto il **69,7% a settembre 2024**, rispetto al **60,7% di dicembre 2021**, al **68,3% di dicembre 2022** e al **69,3% di dicembre 2023**. Questa tendenza riflette un graduale consolidamento del 5G SA come standard preferenziale per l'ecosistema di dispositivi di nuova generazione.

Non tutti i dispositivi 5G supportano immediatamente il 5G SA al momento del lancio. Spesso, infatti, sono necessari **aggiornamenti software** da parte dei produttori per abilitare la capacità **5G SA** sui dispositivi già esistenti. Questo processo è comune soprattutto per gli smartphone

²⁹ GSA, 5G Standalone, novembre 2024

e altri dispositivi consumer, dove il rilascio di nuove versioni firmware gioca un ruolo chiave nell'abilitazione delle reti standalone.

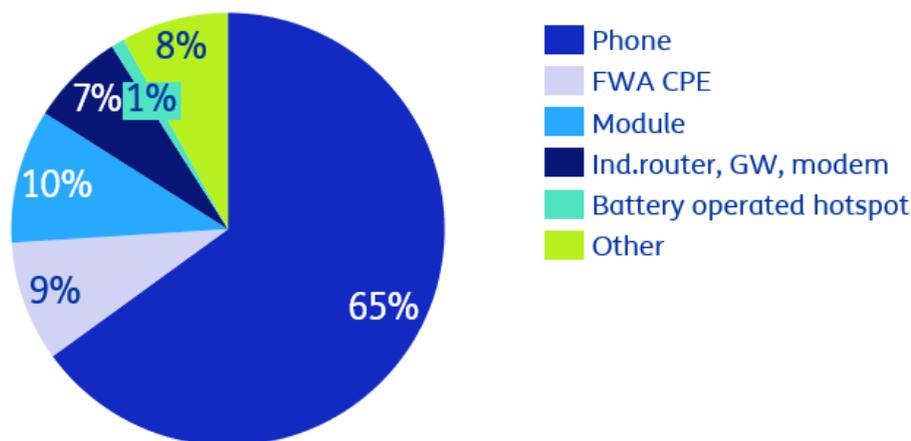
Diversificazione del mercato: fattori di forma dei dispositivi 5G SA

L'ecosistema dei dispositivi 5G SA include una vasta gamma di **fattori di forma**, progettati per soddisfare le esigenze di **diversi segmenti di utenti**:

- Moduli per produttori e venditori di apparecchiature, destinati all'integrazione in soluzioni personalizzate;
- **Apparecchiature presso i locali del cliente (CPE), router e gateway** per applicazioni aziendali o industriali, spesso utilizzati da integratori di sistemi;
- **CPE per banda larga domestica e aziendale**, fondamentali per il Fixed Wireless Access (FWA);
- **Telefoni**, che rappresentano il segmento più rilevante in termini di volumi;
- **Hotspot a batteria**, utilizzati per fornire connettività 5G portatile.

Fig. 40 – Dispositivi in commercio con supporto 5G Stand Alone dichiarato, per fattore di forma, a novembre 2024

Valori %



Fonte: GSA, 5G Standalone Novembre 2024

Secondo la GSA (fig. 40), l'analisi della composizione del mercato dei dispositivi **5G SA** evidenzia una forte prevalenza degli **smartphone**, che costituiscono oltre la metà dei modelli disponibili:

- **60,5%** dei dispositivi 5G con supporto dichiarato per 5G SA sono telefoni (**1.277 unità**);
- Seguono i **CPE per accesso wireless fisso (FWA)**, con **217 modelli** disponibili;
- I **moduli**, utilizzati per l'integrazione in soluzioni custom, ammontano a **232 unità**.

L'ampia diffusione dei telefoni con supporto 5G SA dimostra il crescente interesse degli operatori e dei produttori di dispositivi nel garantire la compatibilità con le reti standalone, anche in ottica di abilitazione dei servizi avanzati legati al **5G Advanced** e all'evoluzione del cloud networking.

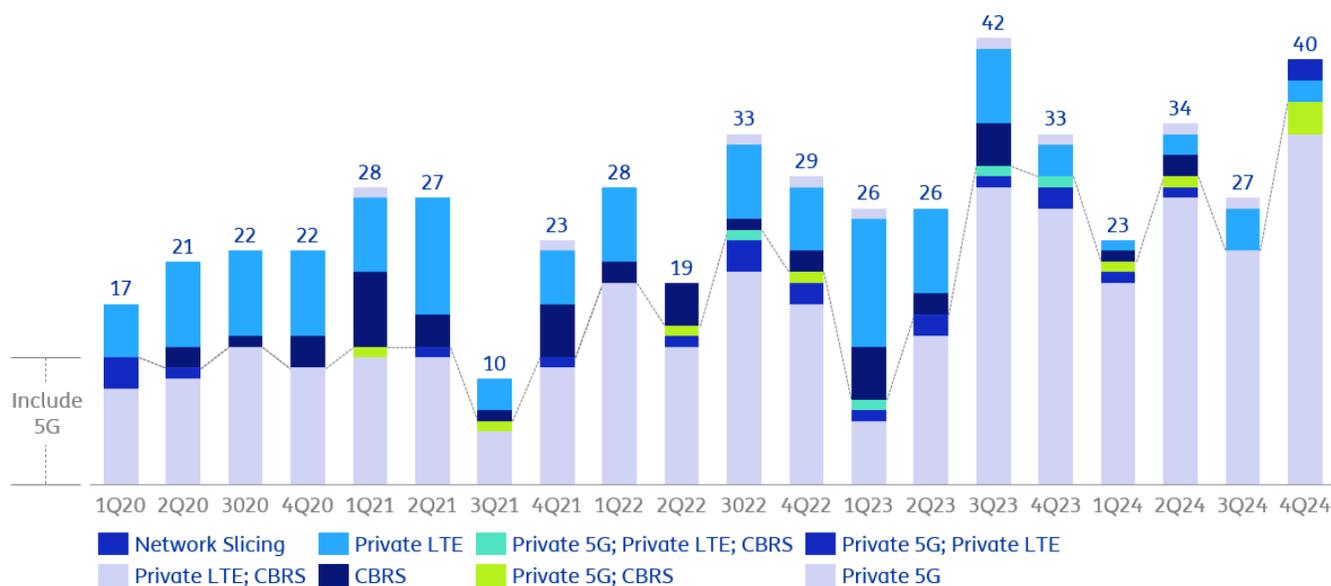
Tuttavia, anche gli altri fattori di forma, orientati all'impiego nell'industria, mantengono il medesimo stesso trend di crescita degli smartphone, mantenendo nel totale dispositivi annunciati la stessa percentuale di share del mercato.

Il trend e gli sviluppi del mercato delle reti private LTE e 5G

Il mercato delle reti private LTE e 5G continua a evolversi in risposta alla crescente domanda delle imprese per una connettività più flessibile, efficiente in termini di costi e ad alte prestazioni. Tra le tecnologie adottate, il 5G si è affermato come la soluzione predominante, in particolare nei settori industriale e manifatturiero, dove la maggior parte delle nuove reti private fanno affidamento su questa tecnologia per garantire livelli di prestazione superiori³⁰.

³⁰ OMDIA 2025 – LTE and 5G Private Networks Tracker Report - FY24 Analysis

Fig. 41 – Rollout delle reti per tecnologia, 1Q 2020 – 4Q 2024



Fonte: OMDIA 2025 – LTE and 5G Private Networks Tracker Report - FY24 Analysis

Nel corso del 2024, il 5G privato è risultato essere la tecnologia dominante o una delle più rilevanti nell'86% delle implementazioni annunciate. Il 5G è quindi stato adottato nell'81% dei casi come unica soluzione di rete. Questi dati confermano il ruolo centrale del 5G nella trasformazione digitale delle imprese, che lo considerano essenziale per ottimizzare la produzione, migliorare la sicurezza operativa e supportare applicazioni avanzate come l'automazione industriale e l'IoT.

Sebbene il 5G privato rappresenti la colonna portante delle nuove implementazioni, il mercato sta progressivamente ampliando il proprio perimetro attraverso l'introduzione di architetture ibride, il network slicing e l'accesso wireless fisso (FWA), per rispondere meglio alle esigenze di connettività personalizzate delle aziende. Questa evoluzione è guidata dall'innovazione tecnologica, dall'adattamento dei modelli di business e dalle opportunità di monetizzazione per gli operatori di telecomunicazioni.

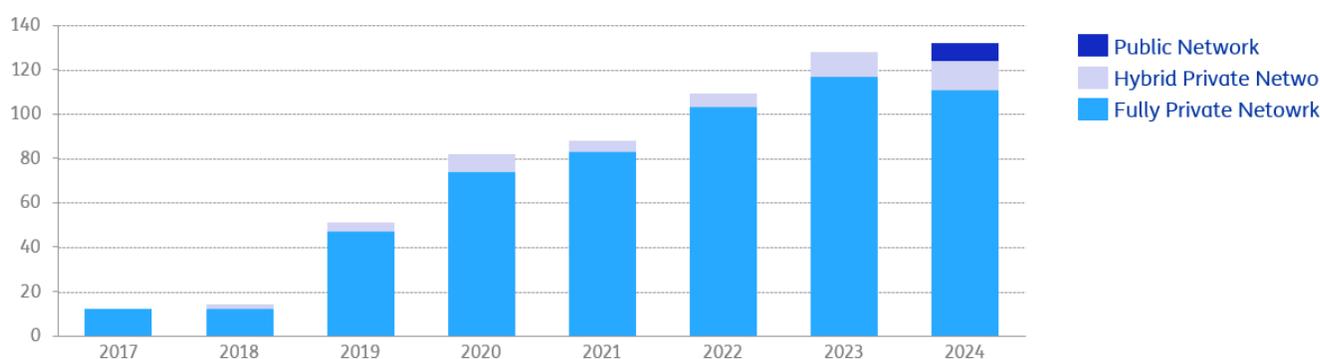
Espansione del mercato, crescita delle implementazioni e architetture ibride

A testimonianza dell'aumento delle implementazioni e della sempre maggiore presa di queste soluzioni sul mercato, si evidenzia che nel 2024 il numero di implementazioni di rete ha superato quello dei test e delle prove pilota, segnalando una crescente maturità della domanda aziendale.

Gli annunci di implementazione del 2024 sono stati circa 400, in aumento del 3% rispetto al 2023, con il Nord America la regione più attiva con il 35% del totale. Se America Latina, Europa Orientale e Medio Oriente & Africa sono ancora in ritardo, emergono opportunità in paesi come Brasile e Emirati Arabi Uniti.

Relativamente alle soluzioni ibride, l'Asia e l'Oceania sono le regioni leader per implementazioni, grazie al forte contributo della Cina (36 annunci). Anche gli operatori globali come T-Mobile, Verizon e Vodafone stanno espandendo l'adozione delle reti ibride, che nel 2024 hanno rappresentato già il 10% degli annunci.

Fig. 42 – Sviluppo delle reti per tipologia di architettura, 2017 – 2024



Fonte: Omdia 2025 – LTE and 5G Private Networks Tracker Report - FY24 Analysis

Evoluzione del network slicing e prospettive future

Nel solo quarto trimestre del 2024, si registrano otto annunci relativi al network slicing, tra cui due implementazioni di rete, due test e quattro lanci di servizi. I casi d'uso principali includono il mantenimento delle prestazioni durante i picchi di traffico e l'assegnazione di maggiore larghezza di banda ai dispositivi 5G.

Le prospettive future del mercato indicano che le reti private continueranno a espandersi oltre i settori industriali tradizionali, con opportunità emergenti nei settori della sicurezza pubblica, della difesa e degli eventi sportivi.

Il network slicing sta iniziando a contribuire alla monetizzazione del 5G, offrendo agli operatori la possibilità di diversificare le fonti di reddito senza compromettere le prestazioni della rete.

CAPITOLO 3

Casi d'uso

Il potenziale del 5G: da connettività evoluta a piattaforma di innovazione digitale nelle aziende manifatturiere³¹

È utile capire quali siano i benefici legati all'adozione di questa tecnologia e quali possano essere i suoi ambiti di applicazione nelle aziende manifatturiere.

Le caratteristiche del 5G e l'industria

La velocità

In prima istanza, parlando delle abilitazioni tecnologiche che offre il 5G, va sottolineata la velocità che il 5G garantisce.

Con il 4G, infatti la velocità di download può variare tra 10 e 100 Mbps a seconda delle condizioni della rete e della posizione. Con il 5G le velocità di download possono arrivare fino a 10 Gbps in condizioni ideali, il che rappresenta un incremento di velocità fino a 100 volte rispetto al 4G.

Questo aumento di velocità consente di scaricare file di grandi dimensioni, trasmettere video in alta definizione e utilizzare applicazioni avanzate come la realtà virtuale e aumentata, il tutto con una latenza molto bassa e una maggiore affidabilità.

Con il 5G è possibile raccogliere ed elaborare immediatamente i dati provenienti da sensori, dispositivi IoT e macchinari (fino a 1 milione di dispositivi per chilometro quadrato), migliorando il controllo in real-time di una vasta gamma di applicazioni industriali e per creare ecosistemi produttivi altamente interconnessi. Con una rete 5G privata, inoltre, la copertura è omogenea, priva delle zone morte, e quindi è possibile ottenere una connessione continua anche in ambienti industriali complessi e ad alta densità.

³¹ A cura di NetConsulting cube

La latenza

Un secondo aspetto da considerare fa riferimento alla latenza, che con il 5G è decisamente più bassa che con il 4G. La bassa latenza del 5G è cruciale in ambito industriale per diverse ragioni. La latenza rappresenta il tempo di risposta della rete, ovvero il tempo che intercorre tra l'invio di un comando e la ricezione della risposta. Nel 5G, la latenza può essere ridotta a pochi millisecondi.

Questo significa che le imprese hanno la possibilità di controllare in tempo reale macchine, robot e attrezzature industriali da remoto favorendo una maggiore precisione e sicurezza nelle operazioni. Una bassa latenza permette inoltre di migliorare la predictive maintenance. Permette, cioè, che i dati siano trasmessi e analizzati rapidamente, favorendo, laddove necessario, interventi tempestivi.

Una bassa latenza ha degli impatti significativi anche sui veicoli autonomi, siano essi utilizzati all'interno delle fabbriche o dei magazzini. Gli AGV necessitano infatti di comunicazioni rapide e affidabili per muoversi in sicurezza ed evitare ostacoli. La bassa latenza del 5G rende queste operazioni più efficienti e sicure.

Inoltre, le applicazioni di AR e VR per la formazione dei lavoratori, la progettazione e la manutenzione richiedono una latenza molto bassa per garantire un'esperienza fluida e reattiva agli addetti che le utilizzano.

La sicurezza

Un ulteriore beneficio che può garantire l'adozione del 5G fa riferimento alla sicurezza. Le reti private 5G, infatti, sono isolate dal traffico pubblico, garantendo maggiore protezione contro i cyberattacchi e permettendo una gestione rigorosa dell'accesso ai dati sensibili.

Inoltre, le reti 5G utilizzano protocolli di sicurezza avanzati e crittografia più robusta, rendendo più difficile per i malintenzionati intercettare o compromettere le comunicazioni.

La strategia digitale e gli usi principali

Al di là degli aspetti e dei benefici prettamente tecnologici legati alle reti 5G, che già da soli potrebbero essere sufficienti per indirizzare un investimento, quello che risulta essere determinante nella valutazione di adottare una rete 5G, dovrebbe essere legato all'implementazione di una "strategia digitale" che valuti le scelte di connettività in modo funzionale ad una strategia più ampia che punti allo sviluppo di un'industria digitale connessa.

Le aziende dovrebbero, cioè, evitare di considerare la connettività come una commodity e di temere di perdere il know how accumulato sulle tecnologie di rete utilizzate sinora. Al contrario dovrebbero iniziare a pensare ai benefici di business e legati all'aumento di produttività che la connettività di tipo evoluto potrebbe apportare ai loro processi di business.

Analizzando quindi i benefici maggiormente legati ai processi di un'azienda manifatturiera, è possibile affermare che le reti 5G garantiscono di migliorare la produttività delle operations.

Manutenzione predittiva

Ad esempio, il 5G migliora la manutenzione predittiva.

La raccolta dei dati provenienti dalla sensoristica IoT in tempo reale permette infatti di monitorare costantemente le condizioni delle attrezzature industriali e inviare dati alle consolle di controllo, dotate di specifici alert. Il 5G garantisce una trasmissione rapida e continua di questi dati senza interruzioni. Questa affidabilità garantisce la possibilità di inviare feedback in tempo reale agli operatori e ai sistemi automatizzati, permettendo interventi tempestivi e mirati.

La trasmissione rapida e continua non è però l'unico elemento abilitante. La bassa latenza permette anche un'analisi rapida dei dati raccolti dai sensori. Ciò consente di identificare immediatamente eventuali anomalie o segnali di guasto imminente. L'edge computing, supportato dal 5G, abilita inoltre la reattività del sistema di manutenzione predittiva.

Inoltre, la capacità del 5G di gestire un gran numero di dispositivi connessi consente di implementare sensori IoT su larga scala, monitorando un'intera fabbrica o infrastruttura con precisione e dettaglio.

La somma di tutti questi aspetti e dei miglioramenti garantiti dal 5G permette alle aziende di anticipare i guasti, ridurre i tempi di inattività non programmati e ottimizzare la manutenzione delle attrezzature, aumentando l'efficienza operativa e riducendo i costi. Il che si traduce, secondo un'indagine svolta da NetConsulting cube su un panel di aziende industriali di aumentare la produttività della manutenzione del 28,3%, di ridurre il tempo di inattività delle attrezzature del 20,3% di ridurre i costi per l'acquisto dei materiali del 19,4% e di ridurre gli interventi di riparazione del 17,8%.

Robotica e automazione

Un secondo ambito che viene fortemente impattato ed abilitato dalle Reti 5G fa riferimento alla robotica e all'automazione.

Le catene di montaggio automatizzate e robot industriali sono ormai presenti nelle fabbriche da decenni. Tuttavia, l'avvento del 5G e dell'Internet delle cose permette di creare Smart Factory completamente connesse, con dati acquisibili in tempo reale che consentono di ottimizzare la produzione, ridurre gli sprechi e migliorare l'efficienza operativa.

I robot, grazie alla bassa latenza e all'alta affidabilità delle reti 5G, possono lavorare in perfetta sincronia tra loro e possono reagire in maniera istantanea ai movimenti e agli input umani. Questo livello di precisione è essenziale in vari settori industriali dove ogni frazione di secondo è fondamentale per mantenere la catena di montaggio in movimento.

Inoltre, i robot devono comunicare tra loro e con il sistema centrale per coordinare le loro azioni. Con il 5G, questa comunicazione avviene quasi istantaneamente, permettendo ai robot di lavorare in perfetta sincronia e riducendo al minimo i ritardi.

La produzione collaborativa tra uomini e macchine aprirà nuove possibilità per la customizzazione dei prodotti e per il miglioramento della loro qualità complessiva.

I risultati ottenuti dalle aziende che hanno adottato il 5G e la programmazione PLC³² sono chiari: maggiore produttività, riduzione dei costi e una flessibilità senza precedenti. Con il 5G, le aziende possono rispondere rapidamente ai cambiamenti della domanda o agli imprevisti, adattando i loro processi produttivi in modo rapido ed efficiente.

La riduzione dei tempi di inattività e degli errori si traduce direttamente in un risparmio economico. Inoltre, la possibilità di monitorare e controllare da remoto i processi produttivi offre un ulteriore vantaggio in termini di flessibilità, permettendo alle aziende di gestire impianti dislocati in diverse parti del mondo come se fossero tutti connessi.

L'ottimizzazione dei processi non solo migliora l'efficienza ma crea anche nuove opportunità di business attraverso l'introduzione di servizi innovativi basati su dati in tempo reale (servitization).

Robot mobili, droni e veicoli a guida autonoma

I robot mobili (AMR), i droni e i veicoli a guida autonoma (AGV) rappresentano altri ambiti che possono godere dell'introduzione di reti 5G.

³² La programmazione PLC (Programmable Logic Controller) è una tecnica utilizzata in ambito industriale per automatizzare processi e macchinari. I PLC sono dispositivi elettronici che controllano macchine e processi industriali attraverso programmi specifici.

L'utilizzo di Veicoli a Guida Autonoma (AGV) combinato con la tecnologia 5G nei magazzini e nelle fabbriche può portare a miglioramenti significativi nell'efficienza e nella produttività. In che modo? Ad esempio, garantendo una maggiore efficienza nelle operazioni di movimentazione. Gli AGV possono spostare merci in modo rapido e preciso, riducendo i tempi di consegna e minimizzando gli errori umani.

Inoltre, gli AGV, per mezzo della connettività 5G possono diventare più sicuri. La comunicazione in tempo reale tra gli AGV e i sistemi di controllo migliora la coordinazione e riduce il rischio di incidenti. Ma non solo. Con la capacità di trasmettere grandi quantità di dati rapidamente, il 5G consente agli AGV di ottimizzare le rotte di movimentazione in base alle condizioni del magazzino o della fabbrica.

Gli AGV possono sfruttare sensori ed algoritmi di AI per monitorare la propria condizione e inviare dati ai sistemi di manutenzione predittiva, riducendo i tempi di inattività e prolungando la vita utile dei veicoli. Infine, il 5G facilita l'integrazione degli AGV con altri sistemi di automazione e AI, creando un ambiente di produzione o di magazzino completamente intelligente e interconnesso.

Negli ultimi anni, oltre all'utilizzo in ambito agrifood, le aziende manifatturiere hanno iniziato a sperimentare l'uso del drone per eseguire controlli autonomi dell'inventario stoccato negli scaffali più alti del magazzino

Il 5G permette di controllare il volo in modo ottimizzato negli ambienti interni e le telecamere, per lo streaming video in diretta, consentono di realizzare un'ampia gamma di soluzioni di rilevamento utilizzando la rete privata 5G che copre completamente il magazzino.

All'interno di una Smart Factory i droni possono svolgere attività ispettive finalizzate al controllo delle linee e della security dei dipendenti in modo molto più efficace rispetto a come potrebbero fare utilizzando le connessioni cablate o il Wi-Fi.

L'utilizzo di robot mobili sia nei magazzini che nelle fabbriche possono migliorare sensibilmente l'efficienza operativa.

Grazie alla connettività 5G, i robot possono collaborare in tempo reale con altri robot, sensori ambientali e operatori remoti. Inoltre, l'installazione e la configurazione dei robot possono essere effettuate senza interazioni con la rete aziendale, garantendo maggiore sicurezza e rispetto delle policy aziendali.

I robot mobili possono ridurre i tempi di attesa per materiali e componenti, ottimizzando i processi produttivi.

Intelligenza Artificiale

All'interno di questo documento si è già citata più volte la velocità con cui si stanno sviluppando le soluzioni di Intelligenza Artificiale lungo tutti i processi di un'impresa manifatturiera.

Il 5G gioca un ruolo fondamentale nell'abilitare l'introduzione dell'Intelligenza Artificiale.

In primo luogo, la bassa latenza del 5G consente la raccolta e l'elaborazione dei dati in tempo reale dai sensori e dalle macchine. Questo è essenziale per gli algoritmi di IA che richiedono dati aggiornati per prendere decisioni immediate. Inoltre, il 5G offre una connessione stabile e affidabile, riducendo al minimo le interruzioni e garantendo che i sistemi di IA possano funzionare senza problemi, fattore cruciale per le applicazioni critiche in ambienti di produzione.

In terza istanza, il 5G supporta l'implementazione dell'edge computing, dove l'elaborazione dei dati avviene vicino alla fonte. Questo riduce la latenza e migliora l'efficienza delle applicazioni di IA, permettendo una risposta rapida ai dati raccolti. Infine, il 5G supporta l'implementazione di algoritmi di apprendimento automatico che possono analizzare grandi quantità di dati per individuare modelli, ottimizzare i processi produttivi e migliorare l'efficienza operativa.

Chiaramente, come già ampiamente evidenziato, l'introduzione di algoritmi avanzati di AI ha un impatto significativo anche sull'automazione, sulla manutenzione e sulla robotica collaborativa.

Dal punto di vista più legato alle attività di planning, il fatto di poter beneficiare di soluzioni di AI abilitate dal 5G permette alle imprese di prevedere con maggiore precisione (40-50%) la domanda futura. Questo consente:

- una gestione ottimale degli inventari, evitando eccedenze o carenze;
- aiuta a pianificare meglio la produzione e ridurre i tempi di consegna;
- permette una allocazione efficiente delle risorse in base alle necessità future.

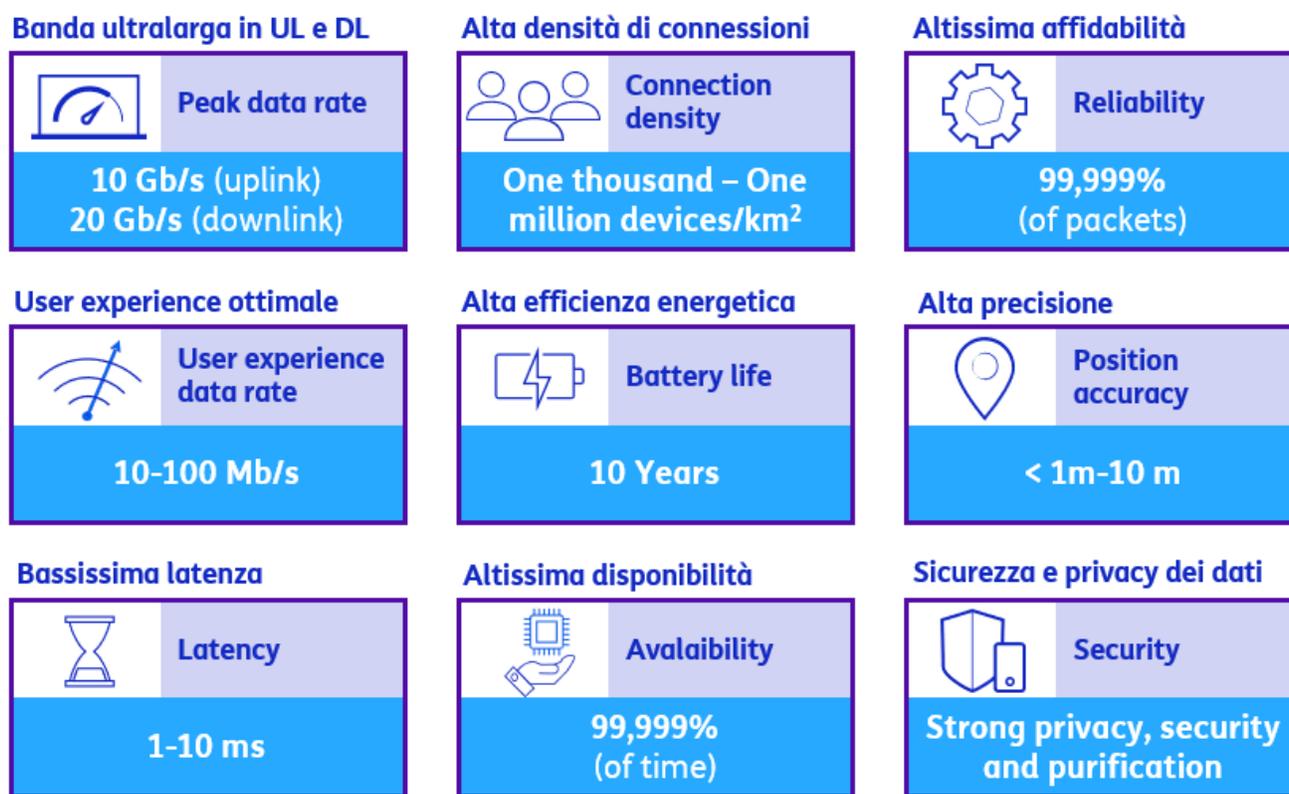
Per sfruttare tutte queste opportunità, il sistema industriale italiano dovrà al più presto imparare a guardare oltre il presente.

Il vero valore del 5G risiede nella sua capacità di abilitare innovazioni future, molte delle quali ancora da identificare: in questo senso, ogni rete privata è un investimento verso flessibilità e resilienza a lungo termine.

Applicazioni industriali del 5G nel mondo ed in Italia

Il 5G si caratterizza per prestazioni tecnologiche superiori capaci di supportare scenari di Industry 4.0 e fornire una solida base per la trasformazione digitale.

Fig. 43 – KPI del 5G per applicazioni di Industry 4.0



Fonte: 5G-ACIA Non-Public Networks Whitepaper, settembre 2021

Le **elevatissime bande** sia in downlink che in uplink abilitano applicazioni come la realtà virtuale ed i Digital Twins mentre le **bassissime latenze** e l'**alta affidabilità**³³ permettono di realizzare scenari *mission critical* come l'**automazione** di processi chiave nella manifattura e migliorare la **sicurezza sul lavoro**. L'**alta efficienza energetica** permette di realizzare impianti di controllo basati su sensori non collegati alla rete elettrica e senza cambiare le batterie per tutta la loro vita utile. La altissima **precisione** permette la **localizzazione** di parti in movimento anche in assenza del segnale GPS nei capannoni industriali.

³³ UrLLC – Ultra Reliable and Low Latency Communication

Utilizzi e vantaggi del 5G RedCap nel Manufacturing³⁴

L'adozione del 5G RedCap nel settore manifatturiero offre una serie di vantaggi significativi. La ridotta complessità dei dispositivi si traduce in costi di produzione inferiori, un aspetto fondamentale per le implementazioni su larga scala tipiche degli ambienti industriali. Inoltre, il minor consumo energetico dei dispositivi RedCap porta a una maggiore durata della batteria, riducendo la necessità di manutenzione frequente e i costi operativi, specialmente per i sensori e i dispositivi distribuiti in aree difficili da raggiungere. Anche la fase di test dei dispositivi RedCap risulta più rapida grazie alla loro minore complessità.

Nonostante la riduzione di capacità, il 5G RedCap offre velocità di trasmissione dati comparabili o superiori a quelle dell'LTE Cat 1, 4 e 6, garantendo la possibilità di supportare applicazioni che richiedono una moderata quantità di dati, come lo streaming video per la sorveglianza o l'analisi dei dati provenienti da sensori complessi. La latenza offerta dal RedCap è inferiore a quella della maggior parte delle tecnologie LPWAN, rendendolo adatto ad applicazioni di automazione industriale e monitoraggio in tempo quasi reale.

Un vantaggio cruciale del 5G RedCap è il supporto per il network slicing. Questa funzionalità permette ai produttori di creare reti virtuali dedicate con specifici livelli di qualità del servizio (QoS) per diverse applicazioni. Ad esempio, si può assegnare una priorità più alta al traffico proveniente da sistemi di controllo critici rispetto a quello dei sensori ambientali, garantendo l'affidabilità delle funzioni essenziali. Inoltre, il 5G RedCap offre una maggiore affidabilità della connessione rispetto a tecnologie meno recenti o a quelle che operano su spettro non licenziato come il Wi-Fi, un aspetto fondamentale negli ambienti industriali spesso caratterizzati da interferenze. La tecnologia 5G, inclusa la variante RedCap, può supportare un numero maggiore di dispositivi connessi rispetto al Wi-Fi, un vantaggio significativo per le fabbriche intelligenti con un'alta densità di sensori e macchinari.

Si prevede che il costo dei moduli 5G RedCap sarà significativamente inferiore rispetto ai moduli 5G NR standard, rendendo la connettività 5G più accessibile per una vasta gamma di applicazioni industriali. Infine, il 5G RedCap può integrarsi con i sistemi legacy esistenti, consentendo ai produttori di adottare gradualmente la nuova tecnologia senza dover sostituire completamente la loro infrastruttura.

La combinazione di costi inferiori e maggiore durata della batteria è particolarmente vantaggiosa per le implementazioni su larga scala negli ambienti manifatturieri, dove un gran numero di sensori e dispositivi sono necessari per un monitoraggio e un'automazione

³⁴ GSMA, 5G RedCap Case Studies. Smart Grid | Smart City | Smart Manufacturing, giugno 2024

completi. La convenienza economica dell'hardware e la ridotta necessità di manutenzione, inclusa la sostituzione delle batterie, rendono più praticabile l'adozione di concetti di fabbrica intelligente.

Il supporto per il network slicing permette ai produttori di assegnare priorità al traffico di rete per applicazioni critiche, come il controllo in tempo reale dei macchinari. Questo garantisce che le funzioni essenziali mantengano prestazioni affidabili anche in presenza di elevato traffico di rete da altre applicazioni meno urgenti.

La capacità di integrarsi con i sistemi legacy è fondamentale per i produttori che hanno già investito in infrastrutture esistenti. Il 5G RedCap può fungere da ponte, consentendo una transizione graduale al 5G senza richiedere una completa sostituzione dei sistemi preesistenti, riducendo così i costi e le interruzioni operative.

I sensori industriali wireless rappresentano uno dei casi d'uso più promettenti, permettendo il monitoraggio di parametri come temperatura, vibrazioni, efficienza della linea di produzione, e lo stato di macchinari e attrezzature. Questo consente la manutenzione predittiva, riducendo i tempi di inattività e ottimizzando i processi. La videosorveglianza è un'altra applicazione chiave, con la possibilità di trasmettere in tempo reale video da telecamere di sicurezza per il monitoraggio degli impianti e il controllo qualità.

Nell'ambito dell'automazione industriale, il 5G RedCap può essere utilizzato per connettere e controllare macchinari e attrezzature, migliorando l'efficienza e la precisione dei processi produttivi. La tecnologia è anche ideale per la connessione di robot industriali, inclusi robot di produzione e imballaggio, stazioni di controllo qualità e veicoli a guida autonoma (AGV). Il RedCap facilita la condivisione efficiente di dati dai sensori e i comandi di controllo per questi sistemi robotici. Hyundai ha dimostrato con successo l'applicazione del 5G RedCap privato per AGV e ispezione veicoli nei suoi impianti.

Il tracciamento degli asset all'interno degli stabilimenti, come utensili, materie prime e prodotti finiti, può essere realizzato tramite tag IoT connessi tramite RedCap, migliorando la gestione dell'inventario e la visibilità della catena di fornitura. Il monitoraggio remoto dello stato delle apparecchiature, della produzione di energia e delle condizioni ambientali in siti distribuiti geograficamente è un'altra area in cui il RedCap può apportare valore. Anche le smart grid all'interno degli stabilimenti, per il monitoraggio e il controllo del consumo energetico, possono beneficiare di questa tecnologia. L'ispezione dei veicoli sulle linee di produzione può essere resa più efficiente grazie alla comunicazione wireless ad alta velocità fornita dal RedCap. Infine, il RedCap può facilitare l'integrazione di macchine a controllo numerico (CNC), sia nuove che legacy, in un'unica rete.

L'adozione iniziale del RedCap nel manifatturiero si concentrerà probabilmente sul potenziamento delle capacità di monitoraggio attraverso sensori industriali wireless e sistemi di videosorveglianza. Queste applicazioni, con i loro requisiti di banda e latenza moderati, si allineano perfettamente con le caratteristiche del RedCap e offrono vantaggi immediati in termini di efficienza operativa e gestione dei rischi.

L'utilizzo del RedCap per AGV e robot collaborativi indica il suo potenziale per supportare processi manifatturieri più complessi e dinamici. La comunicazione affidabile e a bassa latenza fornita dal RedCap è essenziale per il controllo e il coordinamento di questi sistemi, aprendo la strada a una maggiore flessibilità e automazione negli stabilimenti. Il progetto pilota di Hyundai ne è una chiara dimostrazione.

Il confronto con il Wi-Fi evidenzia i potenziali vantaggi del RedCap in termini di affidabilità, stabilità e minore interferenza negli ambienti industriali, spesso caratterizzati da rumore elettromagnetico e un'alta densità di dispositivi connessi. La natura cellulare del RedCap, operante su spettro licenziato, offre una maggiore robustezza rispetto alle tecnologie che utilizzano spettro non licenziato.

L'evoluzione verso l'eRedCap indica un continuo sforzo per ottimizzare il 5G per una gamma ancora più ampia di dispositivi IoT, potenzialmente accelerando la transizione dalle categorie LTE più datate al 5G per applicazioni sensibili ai costi.

Il fatto che il RedCap sfrutti l'infrastruttura core del 5G, incluso il network slicing, gli conferisce un vantaggio significativo rispetto alle soluzioni IoT basate su LTE in termini di funzionalità di rete avanzate e preparazione per il futuro.

Network API del 5G nel contesto Manufacturing

Le Network API rappresentano un elemento cruciale nell'evoluzione del 5G per il settore manifatturiero, aprendo nuove frontiere per l'innovazione e l'efficienza operativa. Queste interfacce software standardizzate permettono alle applicazioni e ai servizi esterni di interagire direttamente con le funzionalità della rete 5G, consentendo all'industria manifatturiera di sfruttare appieno le potenzialità di questa tecnologia avanzata.

Nel contesto del manufacturing, le Network API offrono la possibilità di ottimizzare diversi aspetti cruciali³⁵. Ad esempio, consentono un provisioning dei dispositivi IoT più rapido ed efficiente, automatizzando la connessione e la configurazione di sensori, macchinari e altri

³⁵ GSMA, Network APIs for manufacturing – An exploration of use cases, gennaio 2025

dispositivi all'interno dell'ambiente di fabbrica. Questo si traduce in una riduzione dei tempi di implementazione e dei costi operativi.

Un altro utilizzo fondamentale riguarda il tracciamento degli asset. Le API di rete possono fornire informazioni precise sulla posizione e sullo stato di attrezzature, materie prime e prodotti finiti all'interno dell'impianto, migliorando la gestione dell'inventario, la logistica interna e la sicurezza. La capacità di monitorare in tempo reale la posizione degli asset può prevenire perdite, ottimizzare i flussi di lavoro e garantire una maggiore visibilità sulla catena di produzione.

Le Network API facilitano anche l'implementazione di meccanismi di Quality of Service (QoS) su richiesta. Questo significa che i produttori possono richiedere e ottenere dinamicamente specifiche prestazioni di rete (come banda larga e bassa latenza) per applicazioni critiche, come il controllo di robot industriali o i sistemi di visione per l'ispezione qualità. La possibilità di adattare le risorse di rete alle esigenze specifiche delle diverse applicazioni garantisce prestazioni ottimali e affidabilità per i processi più sensibili.

Inoltre, le API di rete possono essere utilizzate per la prenotazione di risorse di rete. Ciò consente ai produttori di riservare in anticipo specifiche capacità di rete per eventi o periodi di elevata domanda, garantendo che le risorse necessarie siano disponibili quando e dove servono. Questa funzionalità è particolarmente utile per attività che richiedono una banda larga elevata o una latenza minima in momenti specifici.

L'adozione e lo sviluppo delle Network API nel manufacturing sono supportati da iniziative come GSMA Open Gateway e il Progetto CAMARA, che promuovono la standardizzazione e l'interoperabilità tra le diverse reti e piattaforme.

Principali categorie di casi d'uso industriali³⁶

Secondo il 5G-ACIA³⁷, le aree di applicazione dei casi d'uso industriali possono essere categorizzate come segue:

- **Automazione di fabbrica:** si riferisce ai casi d'uso relativi al controllo automatizzato, al monitoraggio e all'ottimizzazione dei processi e dei flussi di lavoro all'interno di uno stabilimento industriale;

³⁶ A cura di Bi-REX

³⁷ 5G-ACIA, 5G for Automation in Industry, giugno 2019

- **Automazione dei processi:** include i casi d'uso per il controllo della produzione e la gestione delle sostanze, semplificando e ottimizzando i processi produttivi e migliorando l'efficienza energetica e la sicurezza dell'ambiente industriale;
- **Interfaccia Uomo-Macchina (HMI):** riguarda le interazioni tra gli operatori umani e i sistemi di produzione. Questo avviene generalmente tramite l'HMI (che tipicamente è un touch-screen situato vicino ai macchinari industriali e mostra informazioni significative sui processi industriali);
- **Logistica e magazzinaggio:** comprende i casi d'uso relativi al trasporto e allo stoccaggio di materiali e beni per la produzione industriale;
- **Monitoraggio e manutenzione:** si riferisce al monitoraggio passivo di specifici processi e risorse industriali.

Ogni specifica area di applicazione comprende al suo interno diversi casi d'uso industriali. In particolare, sono state identificate le seguenti categorie:

1. **Controllo del movimento:** questi sistemi sono responsabili del controllo accurato delle parti in movimento e rotanti delle macchine industriali. I servizi di controllo del movimento sono generalmente implementati come sistemi di controllo a ciclo chiuso, dove i dati vengono raccolti ciclicamente da più sensori (es. pressione, temperatura) per decidere come operare su macchine e attuatori (valvole, pompe, riscaldatori/raffreddatori), riducendo il rischio di incidenti. Un esempio è l'unione del telaio e della carrozzeria nella produzione automobilistica, ovvero il processo di assemblaggio del telaio con la carrozzeria del veicolo. Il controllo del movimento richiede la comunicazione tra il nastro trasportatore che porta il telaio e quello che trasporta la carrozzeria del veicolo.
2. **Interazione tra controllori:** si riferisce all'insieme di casi d'uso volti a garantire l'interazione sicura tra una macchina di produzione e il suo controllore (ad esempio, in una linea di assemblaggio, dove gli operatori monitorano e controllano le macchine da stampa per giornali e le linee di produzione). Si possono distinguere due sottocategorie:
 - **Interazione Locale:** avviene quando dispositivi con controllori separati interagiscono per svolgere un compito comune. Un esempio sono le navette di una macchina per il confezionamento che devono trasportare materiali a un'altra macchina (o a un gruppo di macchine). Queste navette hanno controllori locali integrati che comunicano le loro posizioni o altri dati di controllo. La trasmissione errata o ritardata di tali dati potrebbe portare all'arresto delle operazioni della macchina e quindi a tempi di inattività;

- **Interazione Remota:** è necessario per dispositivi che normalmente interagiscono autonomamente con il proprio controllore locale e che necessitano solo occasionalmente di comunicazione remota (ad esempio, per assistenza, manutenzione, configurazione, monitoraggio, debug). Un caso pratico è una linea di assemblaggio di circuiti stampati controllata da remoto. Questa funziona tipicamente in modo autonomo, ma può essere controllata a distanza per implementare modifiche ai prodotti o acquisire dati di processo. La comunicazione avviene tra i diversi controllori dei componenti della linea di assemblaggio e l'unità di controllo centrale.
3. **Robot mobili:** si riferisce ai casi d'uso in cui i robot mobili si muovono lungo percorsi pre-programmati per svolgere diversi compiti, come il trasporto di oggetti nei laboratori di saldatura o il movimento di parti di metallo nelle officine di stampaggio. Gli ambienti tipici in cui operano i robot mobili sono magazzini e impianti di produzione.
 4. **Accesso remoto e manutenzione:** riguarda la capacità delle macchine industriali di comunicare con un dispositivo remoto per effettuare operazioni di manutenzione, come l'inventario dei dispositivi o l'estrazione periodica di dati di configurazione e registri eventi da una macchina/server remoto. Ad esempio, ciò permette di valutare se gli asset industriali, come pompe, valvole, strumenti, ecc., sono ben mantenuti.
 5. **Realtà virtuale/aumentata:** prevede il monitoraggio del flusso di produzione tramite dispositivi di realtà aumentata e fornisce supporto agli operatori umani per intervenire in ambienti difficili o inaccessibili (ad esempio, in una centrale nucleare).
 6. **Monitoraggio dei processi:** raccoglie dati ambientali e osservazioni in un database per monitorare e valutare il comportamento di un processo industriale.

Oltre ai casi d'uso proposti dal 5G-ACIA per gli scenari industriali sopra riassunti, altri enti di standardizzazione e aziende industriali (ad esempio 5G Clarity³⁸, 5G Americas, Qualcomm, Ericsson)³⁹ hanno suggerito ulteriori applicazioni che, comunque, presentano molti tratti comuni con quanto esposto sopra. Tra queste, si vuole segnalare l'impiego di veicoli aerei senza pilota (UAV) nelle fabbriche sta diventando un caso d'uso rilevante. Gli UAV vengono utilizzati per il controllo della logistica, l'ispezione delle infrastrutture, il monitoraggio ambientale e le operazioni di soccorso.

³⁸ 5G Clarity, Use Case Specifications and Requirements, ZVEI, marzo 2020

³⁹ 3GPP, Feasibility Study on New Services and Markets Technology Enablers (Release 14), TR 22.891 V14.2.0, settembre 2016

I requisiti richiesti dai casi d'uso industriali

Un'efficace implementazione dei casi d'uso sopra elencati richiede specifici requisiti che si riferiscono a determinate metriche. Le principali metriche di riferimento vengono elencate di seguito:

- **Latenza End-to-End (E2EL):** è il tempo necessario per trasferire un determinato pacchetto di informazioni da un dispositivo sorgente (ad esempio, un sensore) a un dispositivo di destinazione (ad esempio, un server della fabbrica), misurato dal momento in cui viene trasmesso dalla sorgente al momento in cui viene ricevuto con successo dalla destinazione;
- **Accuratezza della sincronizzazione temporale/Sincronicità temporale (TS):** è la differenza nella latenza misurata durante la trasmissione (dal punto A al punto B) e la ricezione (dal punto B al punto A) dei dati. Questo parametro è importante poiché i dispositivi si basano su di esso per sincronizzarsi nel caso in cui i dati del Global Positioning System (GPS) non siano disponibili ⁴⁰;
- **Tempo di andata e ritorno (RTT):** è il tempo necessario per trasferire un determinato pacchetto di informazioni da un dispositivo sorgente a un dispositivo di destinazione e per ricevere gli ACK corrispondenti di ritorno alla sorgente;
- **Tempo di ciclo di comunicazione (CT):** è il periodo tra due trasmissioni o ricezioni consecutive di dati;
- **Affidabilità del servizio di comunicazione (CSR):** è il tempo medio tra due guasti, dove un guasto si verifica quando un determinato messaggio non viene ricevuto entro una soglia temporale predefinita;
- **Disponibilità del servizio di comunicazione (CSA):** è la probabilità che un determinato servizio di comunicazione operi come richiesto (cioè rispettando la qualità del servizio (QoS) concordata) per un determinato intervallo di tempo e in determinate condizioni;
- **Velocità di trasmissione End-to-End (E2EDR):** è una misura della velocità effettiva con cui i dati possono essere inviati. Un'altra metrica che può essere considerata è il throughput a livello di collegamento (LLT), che indica la velocità con cui i dati vengono correttamente ricevuti nell'unità di tempo. Questo valore è sempre inferiore o al

⁴⁰ 5G-ACIA, 5G for Automation in Industry, giugno 2019

massimo uguale alla velocità di trasmissione dei dati e dipende dal tipo di applicazione considerata, nonché dalla tecnologia impiegata. Infine, è importante sottolineare che il throughput di rete (NT) è probabilmente la metrica più importante, poiché quantifica la quantità di dati correttamente ricevuti da un gruppo/rete di dispositivi (ad esempio, una fabbrica connessa) nell'unità di tempo;

- **Dimensione del messaggio (MS):** indica il numero di byte informativi in un pacchetto di dati.
- **Accuratezza di localizzazione (LA):** è la misura della precisione con cui stimare la posizione dei vari asset industriali.

Diversi enti di standardizzazione e aziende industriali hanno quantificato i requisiti per le diverse famiglie di casi d'uso industriali. Tuttavia, è importante menzionare che diversi documenti e/o rapporti tecnici presenti in letteratura contengono differenti casi d'uso, oppure associano requisiti diversi allo stesso caso d'uso, o ancora definiscono requisiti simili in modi differenti (ad esempio, fornendo diverse definizioni di latenza). Pertanto, attraverso la tabella in figura 44, si è cercato di unificare in modo coerente i diversi contributi, riassumendo la mappatura tra i casi d'uso, le metriche ed i corrispondenti requisiti ⁴¹.

⁴¹ 5G-ACIA, 5G for Automation in Industry, giugno 2019

5G-ACIA, 5G for Industrial Internet of Things (IIoT): Capabilities, Features, and Potential, ZVEI, ottobre 2021

W. C. F. T. a. C.-L. L. Jiangfeng Cheng, Industrial IoT in 5G environment towards smart manufacturing, Journal of Industrial Information Integration, 2018

N. G. M. N. A. (NGMN), 5G E2E Technology to support vertical URLLC requirements, febbraio 2020

I. E. C. (IEC), Use cases (v1.3)

5G-ACIA, Key 5G Use Cases and Requirements, ZVEI, maggio 2020

3GPP, Service requirements for the 5G system (Release 20), TS 22.261 V20.1.0, 2024

Fig. 44 – Riassunto coerente dei casi d'uso industriali più comuni e dei corrispettivi requisiti⁴²

Casi d'uso	Metriche di performance	Requisiti
Controllo del movimento	E2EL TS CT CSR CSA MS	< 500 μ s < 1 μ s < [0.5 - 2] ms < 10 anni > 99.99999% 20 - 50 B
Interazione tra controllori	E2EL CSR CSA	< 10 μ s < 10 anni > 99.999999%
Robot mobili	E2EL CT CSR CSA LLT MS LA	< [0.5 - 1] ms 1 - 100 ms 1 settimana - 10 anno > 99.99999% > 10 Mbps 40 - 150 kB < 3 m
Accesso remoto e manutenzione	CSR LLT	Circa 1 mese 1 Mbps
Realtà virtuale/aumentata	E2EL CSR CSA RTT LLT LA	< 10 ms Circa 1 mese 99.9999% < 20 ms 40 - 700 Mbps < 3 m
Monitoraggio dei processi	E2EL CSR CSA LLT MS	< 100 ms > 1 settimana > 99.99% < 2 Mbps 20 B
Monitoraggio tramite UAV	E2 EL	< 100 ms > 99.999%

⁴² Vedi nota 39 alla pagina precedente

Il ruolo del 5G nell'industria manifatturiera⁴³

Come di evince dalla figura 44, le tecnologie odierne non riescono a soddisfare contemporaneamente tutti i requisiti posti dalle applicazioni industriali. Questo scenario apre la strada all'implementazione del 5G, che si prospetta come tecnologia abilitante per l'industria manifatturiera del futuro.

La flessibilità del 5G è un fattore chiave, poiché consente di modulare le prestazioni attraverso tre configurazioni dinamiche:

- Enhanced Mobile Broadband (eMBB) per applicazioni ad alta larghezza di banda;
- Ultra-Reliable and Low-Latency Communications (URLLC) per operazioni critiche con latenza minima;
- Massive Machine-Type Communications (mMTC) per la connettività su larga scala.

Inoltre, è possibile implementare reti 5G private, in cui parte o l'intera infrastruttura viene installata direttamente nel sito industriale, migliorando ulteriormente prestazioni e sicurezza.

Le applicazioni che necessitano del 5G sono molteplici e includono:

- **E2EL inferiore ai 10 ms:** essenziale per il controllo del movimento, l'interazione con i controllori, la gestione di robot mobili e applicazioni di realtà virtuale/aumentata;
- **CSA maggiore di 99.99%:** percentuale (ovvero un'indisponibilità non superiore a circa 52 minuti in un anno): garantisce un'indisponibilità massima di circa 52 minuti all'anno, cruciale per le stesse applicazioni sopra citate, oltre al monitoraggio dei processi e tramite UAV;
- **LLT superiore a 600 Mbps:** necessario per applicazioni di realtà virtuale/aumentata;
- **LA di pochi metri:** fondamentale per robot mobili e realtà virtuale/aumentata.

Pertanto, l'utilizzo del 5G, a differenze delle tecnologie esistenti, è compatibile con i requisiti posti dalle applicazioni industriali ed il suo utilizzo permette di ottenere i seguenti vantaggi competitivi:

- Controllo di movimento

⁴³ A cura di Bi-REX

- Miglioramento della precisione nelle operazioni di produzione;
 - Riduzione degli scarti grazie a un controllo più accurato;
 - Possibilità di gestire più robot in parallelo senza interferenze.
- **Interazione tra controllori**
 - Maggiore efficienza nei processi di produzione automatizzata;
 - Riduzione della necessità di cavi, semplificando l'infrastruttura e riducendo i costi di manutenzione;
 - Integrazione con gli esistenti sistemi cablati (es: connessioni LAN) grazie al supporto del Time- Sensitive Networking (TSN) che garantisce altresì un controllo prevedibile e ripetibile dei sistemi.
- **Robot mobili**
 - Maggiore efficienza nella gestione dei materiali;
 - Riduzione degli errori e delle collisioni rispetto ai sistemi tradizionali;
 - Aumento della sicurezza per i lavoratori che condividono gli spazi con i robot (ovvero l'ottimizzazione delle interazioni robot-umani);
 - Diminuzione del rischio di infortuni sul luogo di lavoro.
- **Accesso remoto e manutenzione predittiva**
 - Riduzione dei tempi di fermo macchina;
 - Ottimizzazione della manutenzione, evitando interventi non necessari;
 - Aumento della sicurezza grazie al rilevamento tempestivo di anomalie;
 - Riduzione del rischio di cyberattacchi grazie alla tecnologia di network slicing.
- **Realtà virtuale/aumentata**
 - Riduzione dei tempi di formazione degli operatori;
 - Minore rischio di errori umani durante la manutenzione;
 - Maggiore efficienza nei processi produttivi.
- **Monitoraggio dei processi**
 - Maggiore sicurezza operativa;
 - Migliore efficienza energetica;
 - Riduzione degli sprechi di materia prima;

- Gestione avanzata delle scorte in magazzino;
- Riconfigurazione flessibile delle celle di automazione e del controllo di produzione, riducendo i costi di implementazione e gestione;
- Esempi di sperimentazioni 5G.

Le applicazioni industriali: i progetti in campo⁴⁴

In Italia, in Europa e nel mondo, numerose aziende di diverse dimensioni stanno adottando il 5G come soluzione di connettività per abilitare nuovi casi d'uso nei loro stabilimenti industriali. Di seguito vengono riportati esempi concreti che dimostrano il potenziale trasformativo di questa tecnologia nel settore manifatturiero.

I progetti in Europa.

In Europa, **Volkswagen** ha tracciato una via innovativa adottando una rete 5G standalone nel suo stabilimento di **Wolfsburg**. Questa mossa strategica mira a incrementare l'efficienza e la flessibilità dei processi produttivi, ritenendo il 5G essenziale per l'integrazione di robot intelligenti, sistemi di trasporto autonomi e il controllo in tempo reale di impianti e macchinari. Un'applicazione sperimentale di rilievo è il caricamento wireless di dati nei veicoli in fase di produzione, una necessità imposta dalla crescente digitalizzazione e connettività delle automobili. Parallelamente, la fabbrica Volkswagen di Dresda ha inaugurato un' "isola 5G" per testare nuove applicazioni, frutto del progetto **5G Insel**, condotto in collaborazione con Porsche, Audi e l'Università Tecnica di Dresda. Questo progetto si concentra sul controllo di un sistema di trasporto autonomo basato su 5G, dove sensori veicolari trasmettono dati ambientali al cloud per il calcolo del percorso e l'invio di istruzioni in tempo reale.

Un altro esempio significativo è **Ford**, che ha implementato una rete 5G privata nel suo stabilimento di **Dunton (Essex, Regno Unito)**, dedicato alla produzione e sviluppo di batterie per veicoli elettrici. Questa installazione, derivante dal progetto **5GEM**, ha segnato un primato nel settore automotive britannico, dotandosi di una rete di telecomunicazione all'avanguardia. Il 5G è stato scelto per superare i limiti delle reti Wi-Fi, inadeguate a gestire l'ingente volume di dati generato da una fabbrica moderna, dove l'assemblaggio di batterie per auto elettriche comporta 1.000 operazioni di saldatura e produce 500.000 dati al minuto.

⁴⁴ A cura di Bi-REX

La connessione 5G facilita inoltre la collaborazione tra impianti, collegando Dunton con il centro TWI di Cambridge per ottimizzare i processi produttivi.

Škoda Auto ha seguito un percorso simile, adottando una rete 5G privata nel suo stabilimento di **Mladá Boleslav (Repubblica Ceca)**, con l'obiettivo di migliorare l'efficienza e la flessibilità della produzione automobilistica. Le applicazioni includono la manutenzione predittiva, le ispezioni ottiche, il trasporto autonomo, la trasmissione di aggiornamenti software ai veicoli, il supporto remoto tra tecnici tramite realtà virtuale e il collegamento wireless di robot e strumenti di assemblaggio.

Anche **Mercedes - Benz**, nel suo stabilimento di **Sindelfingen (vicino Stoccarda)**, ha implementato una rete 5G dedicata all'interno degli impianti produttivi per garantire una connettività ultra-rapida e a bassa latenza, elementi essenziali per la trasformazione digitale del processo produttivo. La cosiddetta **“Factory 56”** permette di collegare in tempo reale macchinari, robot, e veicoli autonomi, facilitando il monitoraggio continuo della produzione, la manutenzione predittiva e l'ottimizzazione dei flussi produttivi. Grazie alla capacità di comunicazione istantanea, il sistema supporta applicazioni innovative che migliorano l'efficienza, la sicurezza e la flessibilità degli impianti. Con questa soluzione, Mercedes-Benz ha dichiarato che la produzione del suo modello Classe S nella Factory 56 è più efficiente del 25% rispetto alle fabbriche precedenti. Questo approccio fa parte di una strategia più ampia per rendere i processi industriali sempre più smart e competitivi.

È degna di nota l'iniziativa di **BMW**, nel suo stabilimento di **Leipzig (Germania)** dove il 5G è utilizzato per la localizzazione in tempo reale di automobili ed utensili in un'area di 4500 metri quadri che include sia la divisione di assemblaggio che di logistica. Ciò permette di migliorare notevolmente i processi produttivi ed il controllo di qualità, sopperendo alla bassa precisione fornita dai sistemi GPS tradizionali in ambienti interni.

Il progetto **“5G Steel”** costituisce un'altra iniziativa europea importante lanciata da **Arcelor Mittal** nel novembre 2021, dove l'obiettivo è stato realizzare una rete 5G per offrire un'ampia copertura (sia in spazi esterni che interni, anche sotto strutture metalliche elevate), elevata velocità, bassa latenza (fondamentale per veicoli autonomi e operazioni di controllo remoto), network slicing e un elevato livello di sicurezza per i dati industriali. Il progetto fa parte del piano economico **“France Relance”** ed è operativa in vari siti francesi, come quello di Dunkerque e Mardyck. L'obiettivo è stato trasformare il modo di lavorare negli ambienti industriali, migliorando la produttività, la sicurezza e la qualità, e a favorire lo sviluppo di un ecosistema francese attorno alle tecnologie digitali applicate all'industria. In particolare, l'utilizzo del 5G permette di semplificare le operazioni industriali, come la raccolta e la condivisione di dati, ispezioni, audit di sicurezza e procedure di lockout/tagout, nonché pesare e scansionare l'acciaio in arrivo per il riciclo, trasmettendo automaticamente i dati per il controllo qualità e consentendo agli operatori di ricevere informazioni in tempo reale. Sono

previste ulteriori applicazioni, come l'uso di veicoli autonomi (sia su rotaia che su strada), manutenzione mobile avanzata e applicazioni di realtà virtuale e aumentata.

Tesla ha implementato una rete 5G privata nella **Gigafactory di Berlino**, dimostrando il suo impegno nell'innovazione e nell'ottimizzazione dei processi produttivi. La rete 5G privata è stata scelta per soddisfare le esigenze di affidabilità, sicurezza e gestione di un gran numero di dispositivi e flussi di dati. Tesla prevede di estendere questa tecnologia a livello globale, basandosi sul successo ottenuto a Berlino. La rete 5G supporta una vasta gamma di applicazioni, inclusi aggiornamenti wireless del software dei veicoli e intralogistica automatizzata con veicoli a guida automatica (AGV). La comunicazione affidabile e a bassa latenza è essenziale per il funzionamento efficiente di questi sistemi. Tesla ha osservato una riduzione fino al 90% dei problemi di overcycle nel reparto di assemblaggio generale grazie al 5G. Il 5G privato non solo migliora le operazioni attuali, ma supporta anche futuri progressi nella tecnologia dei veicoli elettrici e del robot umanoide Optimus. La rete 5G ha rivoluzionato la connettività, migliorando la copertura e riducendo la necessità di cablaggi, con conseguente riduzione dei costi operativi. Tesla prevede di espandere le reti 5G private, includendo la tecnologia RedCap per ottimizzare dispositivi IoT e sensori industriali.⁴⁵

I progetti nel mondo

Tornando in ambito automotive, anche il mercato statunitense ha abbracciato la rivoluzione del 5G. In particolare, lo stabilimento **"Factory Zero"** di **General Motors**, situato nel complesso del Detroit-Hamtramck Assembly Center, ha adottato il 5G per integrare tecnologie avanzate (robotica, monitoraggio in tempo reale e automazione) all'interno del processo produttivo, migliorando l'efficienza, la sicurezza e la qualità della produzione. Questo investimento si inserisce nella strategia di General Motors per modernizzare i propri impianti, puntando alla trasformazione digitale e alla creazione di un ambiente produttivo altamente connesso e innovativo.

Dall'estate 2022, lo stabilimento di **Hyundai Motor Group** a Singapore ha adottato il 5G per implementare soluzioni innovative quali l'automazione, il monitoraggio in tempo reale e l'integrazione di sistemi digitali. Ad esempio, i clienti possono assistere in tempo reale all'assemblaggio della loro auto; successivamente, dei robot a guida autonoma si occuperanno del trasporto del veicolo nell'area dove potrà essere testata dall'utente finale. In questo progetto, la coniugazione del 5G con l'Intelligenza Artificiale permette anche di

⁴⁵ Il video <https://x.com/gigafactories/status/1787874862201012706> di Tesla offre una visione diretta del 5G in fabbrica

sviluppare nuovi paradigmi, come il metaverso ed il gemello digitale, al fine di migliorare ulteriormente l'efficienza operativa, la sicurezza e la flessibilità nella produzione.

I progetti in Italia

In Italia, il progetto "**The Speed of Innovation**" ha permesso a **Ducati** di sfruttare la rete 5G a onde millimetriche per offrire esperienze immersive di realtà aumentata ai visitatori del museo Ducati. In particolare, il 5G consente ai visitatori di esplorare virtualmente la storia della Ducati 916 e di fruire di una visione a 360 gradi e in 8K del box del team di MotoGP.

Solvay ha implementato una rete privata 5G nel suo stabilimento di Spinetta Marengo (Alessandria), superando i limiti delle reti cablate e Wi-Fi. Questo stabilimento, unico in Italia nella produzione di polimeri speciali per settori tecnologicamente avanzati, utilizza il 5G per la raccolta e l'analisi in tempo reale di dati, ottimizzando produzione e manutenzione.

Anche **Ilmea**, azienda metalmeccanica di Boncore (Nardò), ha adottato una rete privata 5G, investendo in sistemi di efficientamento produttivo secondo il modello Industria 4.0. La rete 5G consente il monitoraggio della produzione, la manutenzione predittiva, l'analisi della qualità e la visualizzazione degli allarmi, riducendo i fermi di produzione da 30 giorni a poche ore.

Il progetto "**MASS: 5G Maritime Autonomous Surface**", finanziato in parte **dall'Agenzia Spaziale Europea (ESA)**, coinvolge diversi partner per creare un'infrastruttura e applicativi che supportino la guida assistita delle navi durante l'attracco in porto, utilizzando la connettività 5G. L'autorità portuale del **Porto di Livorno** necessita di supportare le navi nelle fasi di avvicinamento, inviando la traiettoria ottimale per facilitare una manovra di ormeggio precisa. Il sistema rileva in tempo reale eventuali disallineamenti tra la manovra ottimale e quella effettiva, inviando notifiche automatiche al personale di bordo per correggere la rotta. L'obiettivo finale è realizzare una navigazione assistita e abilitare scenari di navigazione autonoma. Il sistema calcola la traiettoria ottimale basandosi su regole portuali e informazioni dinamiche in tempo reale, come l'occupazione delle banchine, la presenza di ostacoli, le condizioni marine e meteorologiche, e le istruzioni dalle Remote Control Stations del porto. Prevede e ottimizza le operazioni di entrata e uscita dal porto, integrando continuamente i dati relativi alla posizione e alle condizioni ambientali. Monitora in tempo reale la rotta delle navi, segnalando eventuali deviazioni. Il Bridge Team dispone di dispositivi portatili con realtà aumentata per visualizzare informazioni critiche in tempo reale e migliorare la gestione operativa. I benefici per il cliente includono la riduzione dei tempi di ingresso e uscita dal porto, il risparmio di carburante, la diminuzione delle emissioni di gas serra e altri inquinanti, e la riduzione del rischio di collisioni e incidenti grazie al monitoraggio continuo e all'ottimizzazione delle manovre.

Infine, **Snam**, operatore europeo nel trasporto, nello stoccaggio e rigassificazione di gas naturale, è stato il primo operatore nel settore energetico italiano ad adottare la connettività 5G. Questa infrastruttura copre 23 impianti nazionali di Snam, consentendo la connessione simultanea di numerosi dispositivi e l'implementazione di soluzioni innovative. Tra queste, sensori per monitorare pressione e vibrazioni, telecamere di sicurezza, applicazioni per la teleriduzione e strumenti di realtà aumentata e virtuale per la formazione e l'assistenza remota. La rete migliora la copertura sia per il pubblico, sia per il personale Snam all'interno degli impianti, garantendo elevati standard di sicurezza nella trasmissione dei dati. Questo progetto rappresenta un passo significativo nell'accelerazione della transizione energetica in Italia.

CAPITOLO 4

Impatto economico del 5G per l'industria italiana

Gli impatti della tecnologia mobile sulla crescita economica sono ben documentati. Diversi studi empirici robusti dimostrano che un aumento del 10% nella penetrazione della banda larga mobile può incrementare il PIL dell'1,0-2,5% (ITU, 2018; GSMA, 2020). Come tecnologia di uso generale, la tecnologia mobile consente un'allocazione efficiente delle risorse all'interno delle aziende e dei mercati, portando a una maggiore produttività. Inoltre, migliora l'accesso alle informazioni, facilitando nuove transazioni, migliorando quelle esistenti e stimolando più commercio e concorrenza.

Il dispiegamento delle reti 5G SA, che offre capacità come il network slicing, la bassa latenza e la connettività massiva dei dispositivi, sarà cruciale per guidare l'adozione su larga scala e, di conseguenza, una crescita economica più ampia.

L'impatto delle tecnologie mobili sul PIL deriva dalla connettività (l'uso delle tecnologie mobili) e dalla trasformazione digitale (l'integrazione da parte delle imprese di tecnologie avanzate come il 5G, l'IoT e l'Intelligenza Artificiale). Come abbiamo già articolato nei capitoli precedenti, il 5G sta giocando un ruolo cruciale nel migliorare la produttività delle imprese attraverso una connettività più veloce e affidabile, supportando l'implementazione di soluzioni avanzate e migliorando l'efficienza operativa in vari settori.

Per anni, l'industria ha fatto affidamento su reti cablate o Wi-Fi per garantire la connettività tra macchinari e sistemi. Tuttavia, queste soluzioni stanno mostrando sempre più i loro limiti.

Sebbene affidabili, le connessioni cablate limitano la flessibilità operativa; ogni modifica o espansione della linea produttiva richiede costosi interventi strutturali e rappresenta un vincolo alla configurabilità degli impianti. Dal canto suo il Wi-Fi è flessibile, ma spesso inaffidabile in ambienti industriali complessi: la copertura può essere disomogenea, con frequenti “zone morte” e interferenze, specialmente in spazi densamente popolati da dispositivi connessi.

Il 5G privato rappresenta una svolta fondamentale per l'industria manifatturiera, superando le limitazioni delle tecnologie tradizionali grazie a una serie di vantaggi chiave

Le reti cellulari private 5G/4G, note anche come NPN (Non Public Networks), sono passate da essere un segmento di nicchia a guadagnare rapidamente popolarità grazie ai loro vantaggi in termini di privacy, sicurezza, affidabilità e prestazioni rispetto alle reti mobili pubbliche e alle tecnologie wireless concorrenti. Queste reti offrono anche il potenziale di sostituire le

connessioni cablate con collegamenti wireless non ostruttivi, migliorando così la produttività delle imprese.

Fig. 45 – Vantaggi dell'impiego del 5G nella produzione industriale



La produzione è distribuita ma interconnessa fisicamente e logicamente tramite nastri trasportatori semiflessibili controllati da computer le cui operazioni logistiche vengono coordinate in modo flessibile con quelle dei sistemi di trasporto generale (stradale, ferroviario, marittimo e aereo).

Le capacità di scambio di dati 5G è senza dubbio il catalizzatore di ulteriori importanti progressi nell'ingegneria del ciclo di vita competitivo globale.

Gli impatti del 5G sull'economia globale ed europea

Nel mese di febbraio 2025 la GSMA (Global System for Mobile Communications), l'Associazione mondiale degli operatori di telecomunicazione mobili, ha pubblicato uno studio a cura di GSMA Intelligence che stima gli impatti sul PIL mondiale dell'adozione delle tecnologie mobili di ultima generazione, quindi 4G e 5G, e degli elementi di digitalizzazione e innovazione abilitati da queste, proponendo poi un focus specifico su quattro verticali, manifattura, servizi finanziari, automotive e aviazione.

Il 5G è considerato fondamentale per la crescita economica, con l'85% delle aziende che lo ritiene cruciale per la trasformazione digitale. Grazie alla velocità di trasmissione dati, alla bassa latenza e alla connettività dei dispositivi, il 5G abilita nuovi casi d'uso. Le industrie che

adottano il 5G avanzeranno rapidamente in automazione, Intelligenza Artificiale e soluzioni IoT.

GSMA Intelligence⁴⁶ stima che i benefici che portano le tecnologie mobili rappresentano già oggi il 5,8% del PIL mondiale, ossia 6.100 miliardi di dollari, e potranno aumentare al 8,4% del totale al 2030, grazie agli sviluppi delle nuove generazioni mobili. Come rappresentato nella figura 46, i settori che maggiormente beneficiano di queste soluzioni sono l'industria manifatturiera, i servizi finanziari, il settore dell'automotive ed il trasporto aeronautico, con una quota che è oggi pari all'incirca ad un terzo del totale dei benefici e che è destinata a crescere (nel complesso si stima che il beneficio per questi quattro settori possa crescere di qualche punto e raggiungere il 34%). La connettività avanzata e le tecnologie mobili contribuiranno ad aumentare il PIL globale di 11 trilioni di dollari entro il 2030, rispetto ai 6,5 trilioni del 2024.

Fig. 46 – Contributo delle tecnologie mobili al Prodotto Interno Lordo globale per verticale, 2024 - 2030

Trilioni di dollari



Fonte: stime di GSMA Intelligence

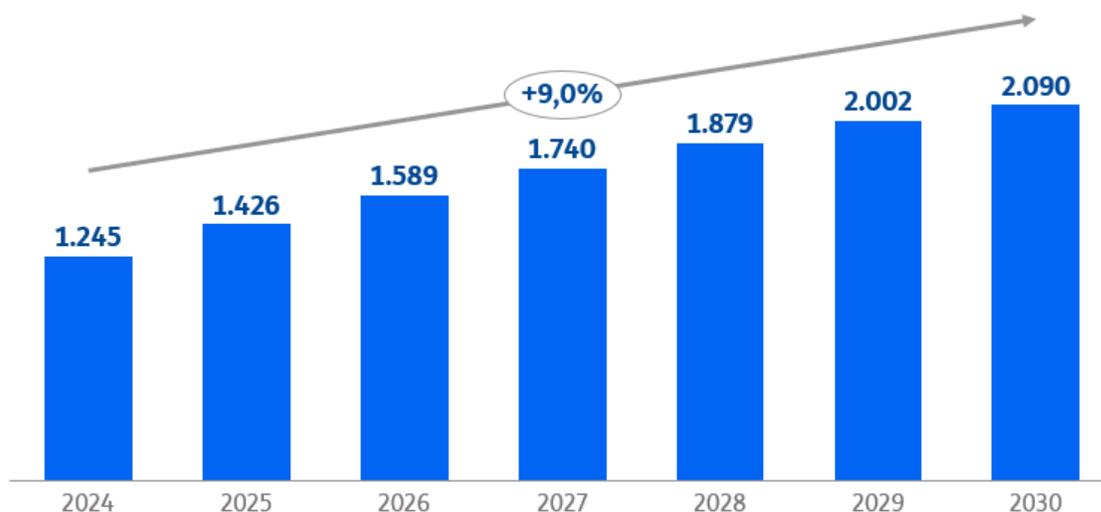
Il settore manifatturiero è considerato uno degli ambiti più promettenti per l'applicazione delle tecnologie mobili più avanzate. Negli ultimi anni, i produttori hanno iniziato ad adottare

⁴⁶ GSMA Intelligence, Economic growth and the digital transformation of enterprises. Impacts and projections, febbraio 2025

sempre più strumenti dell'industria 4.0, con l'obiettivo di rafforzare l'efficienza operativa, la resilienza e la flessibilità. Questa trasformazione digitale si basa su tecnologie come l'Internet delle Cose (IoT), la robotica, l'automazione e l'analisi dei big data, che permettono di ottenere risparmi significativi sui costi e un aumento della produttività. L'industria manifatturiera, che rappresenta il 23% del PIL globale, affronta sfide come le interruzioni della catena di approvvigionamento e gli obiettivi climatici. GSMA prevede che l'adozione di tecnologie come IoT, robotica e Big Data aumenterà il PIL del settore di 2,1 trilioni di dollari entro il 2030. Integrando soluzioni di connettività avanzate, tra cui il 5G, le aziende potrebbero risparmiare oltre 400 miliardi di dollari all'anno entro il 2030.

Fig. 47 – Settore manifatturiero: contributo delle tecnologie mobili al PIL globale del settore

Miliardi di dollari



Fonte: Analisi GSMA Intelligence 2025

Per l'Europa, GSMA⁴⁷ calcola che il contributo del 5G all'economia europea dovrebbe superare i 160 miliardi di euro nel 2030 (fig. 48), rappresentando circa il 14% dell'impatto economico complessivo del mobile. Gran parte di questo si materializza tra il 2023 e il 2028. Verso la fine del decennio, i benefici economici del 5G si stabilizzeranno man mano che la tecnologia raggiungerà il massimo della scalabilità e l'adozione sarà ormai pervasiva. Un settore che trarrà particolarmente vantaggio dal 5G è l'industria manifatturiera. Al 2030 si prevede che il 34% dell'incremento di valore aggiunto prodotto dal 5G deriverà dal settore manifatturiero,

⁴⁷ GSMA 2025, The Mobile Economy Europe 2025

4 – IMPATTO ECONOMICO

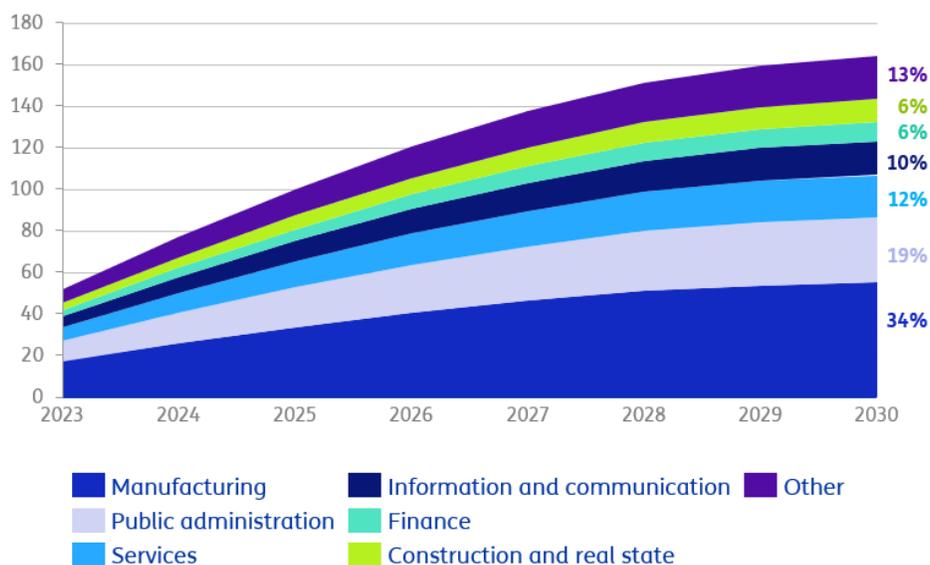
uno degli assi portanti del sistema produttivo continentale (figura 48). È chiaro che il 5G possiede il potenziale per promuovere una maggiore integrazione delle tecnologie dell'industria 4.0 e abilitare sistemi di produzione altamente automatizzati e adattivi in almeno tre ambiti:

- l'automazione avanzata delle fabbriche, dal momento che la latenza ultra-bassa, la trasmissione dati ad alta velocità e la capacità di supportare una connettività massiva del 5G consentono l'integrazione dei dispositivi IoT e quindi della robotica avanzata;
- il tracking e la gestione intelligente degli asset aziendali, con un miglioramento nella manutenzione predittiva e nell'ottimizzazione dei tempi di inattività;
- nell'interazione tra lavoratori e sistemi automatizzati, facilitando la comunicazione e il controllo in tempo reale delle macchine attraverso la latenza ultra-bassa, migliorando la produttività e la sicurezza.

Queste innovazioni trasformeranno il modo in cui le fabbriche operano, migliorando l'efficienza, riducendo i costi e aumentando la produttività.

Fig. 48 – Contributo 5G annuale all'economia europea per Industry⁴⁸

Miliardi di euro



⁴⁸ GSMA 2025, The Mobile Economy Europe 2025

Oltre al settore manifatturiero, anche l'amministrazione pubblica e i servizi beneficeranno significativamente del 5G, rispettivamente al 19% e al 12%⁴⁹. Tuttavia, è chiaro che l'industria manifatturiera sarà il principale motore di crescita, sfruttando appieno le potenzialità del 5G per rivoluzionare i processi produttivi e mantenere la competitività a livello globale.

I benefici del 5G sull'economia italiana

Abbiamo stimato l'impatto del 5G sulla produttività delle imprese manifatturiere italiane utilizzando la metodologia proposta da uno studio realizzato dalla Commissione Europea⁵⁰. Secondo tale studio, i vantaggi del 5G alla produttività valgono circa 1% del Valore Aggiunto lordo annuo prodotto dal settore manifatturiero⁵¹.

Di seguito, in figura 49, il consuntivo del Valore Aggiunto del settore manifatturiero e le previsioni dei prossimi anni secondo Oxford Economics.

Come si vede il valore aggiunto lordo dell'industria manifatturiera rappresenta una quota del Prodotto Interno Lordo compresa fra il 16,5% del 2024 e il 17,2% del 2030.

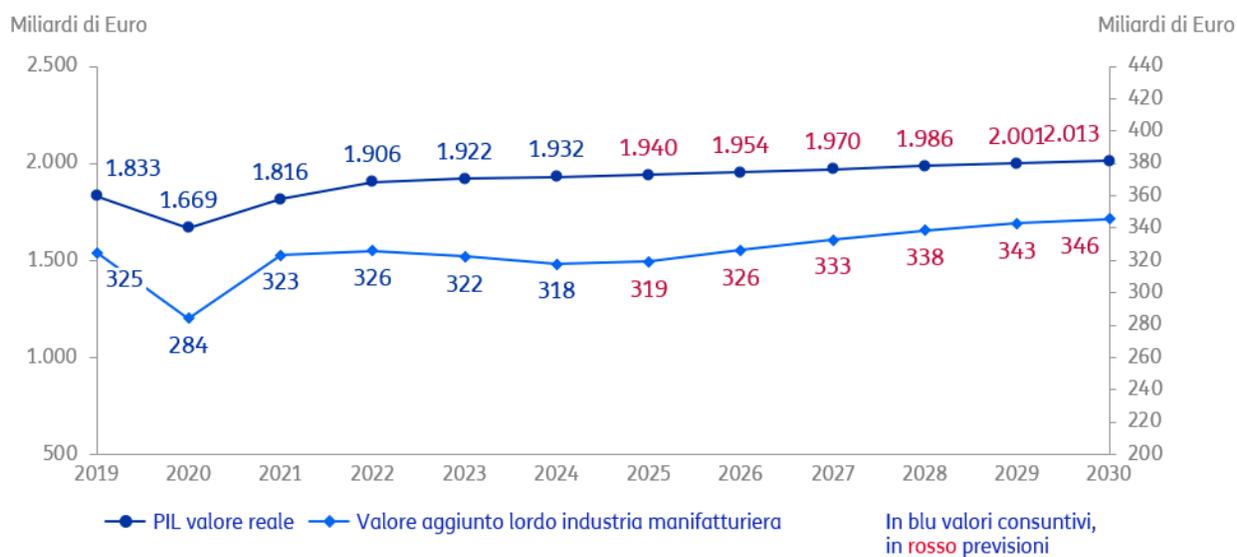
⁴⁹ GSMA 2025, The Mobile Economy Europe 2025

⁵⁰ Commissione europea, EU-Identification and quantification of key socio-economic data to support strategic planning for the introduction of 5G in Europe, 2016.

⁵¹ Nello studio citato il settore Automotive viene esaminato standalone.

Fig. 49 – Andamento del PIL e del valore aggiunto lordo dell'industria manifatturiera a valori reali (base 2020)

Miliardi di Euro

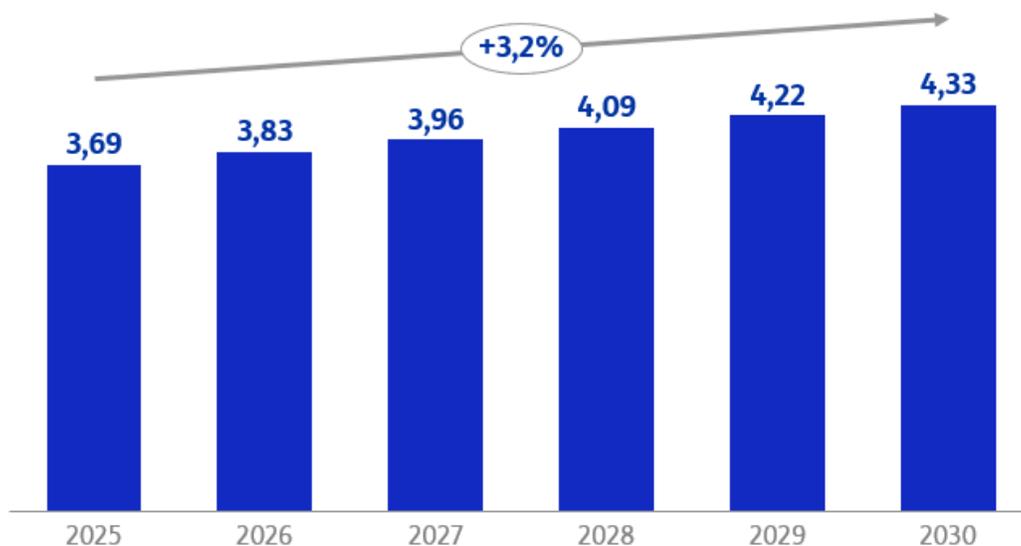


Fonti: Istat, Oxford Economics marzo 2025

Applicando l'incremento in produttività dell'1% a al valore aggiunto lordo dell'industria manifatturiera a prezzi correnti, otteniamo un beneficio economico per l'Italia compreso tra i 3,7 e i 4,3 miliardi l'anno per un valore cumulato di oltre 24 miliardi di euro aggiuntivi sul PIL tra il 2025 e il 2030.

Fig. 50 – Incremento del PIL dovuto all'uso del 5G nell'industria manifatturiera

Miliardi di euro – prezzi correnti



Fonte: Elaborazioni Centro Studi TIM su dati Istat marzo 2025

Lo studio europeo su cui ci siamo basati non considera però le innovazioni che negli ultimi anni sono avvenute sullo standard 5G e le sue ripercussioni tecnologiche. Secondo uno studio condotto da Ericsson in collaborazione con Hexagon sulla trasformazione dell'Industria 4.0, l'adozione del 5G privato nelle fabbriche può offrire ulteriori rilevanti vantaggi.

L'analisi indica che è possibile aumentare l'efficienza operativa del 30%, grazie a una migliore gestione dei dati, maggiore automazione e riduzione degli errori umani, e, grazie alla riduzione dei tempi di inattività, all'ottimizzazione dei processi e alla maggiore flessibilità nella gestione degli impianti produttivi, l'investimento necessario può garantire un ROI superiore al 100% in meno di cinque anni ⁵².

Nel suo rapporto "Hype Cycle for Emerging Technologies" del 2021, Gartner ha individuato le tecnologie emergenti che influenzeranno significativamente la società e il nostro rapporto con la tecnologia. Queste tecnologie, pur essendo dirompenti per natura, secondo Gartner avrebbero richiesto più di cinque anni, e alcune oltre dieci, per raggiungere la maturità. Nel contesto dell'organizzazione aziendale, Gartner evidenzia alcune tendenze chiave: l'impresa componibile, la modularizzazione delle funzioni aziendali, il data fabric, il 5G, l'Intelligenza

⁵² Ericsson, Hexagon and Arthur D. Little, Connected Manufacturing A guide to Industry 4.0 transformation with private cellular technology, 2020

Artificiale integrata e l'edge computing. Secondo gli analisti di Gartner, un'architettura composita è in grado di rispondere alle rapide evoluzioni delle esigenze aziendali, grazie a funzionalità aziendali modulari, costruite su un data fabric flessibile e un'intelligenza distribuita che si estende fino ai dispositivi periferici e agli utenti finali. Gartner ha identificato il Digital Twin come una delle cinque tendenze emergenti che guideranno l'innovazione tecnologica nel prossimo decennio. Già fondamentale per l'Industria 4.0, il Digital Twin permetterà alle Smart Factory di sviluppare nuove opportunità di business e sarà cruciale nella transizione verso l'Industry 5.0, caratterizzata da un approccio human-centric, sostenibile e resiliente.

I Digital Twin, evoluzione dei simulatori digitali, rappresentano modelli digitali di entità fisiche o virtuali e sistemi complessi. Operano in parallelo ai sistemi reali in tempo reale, diventando riferimenti digitali viventi, continuamente aggiornati dai dati del sistema reale e validati dai suoi output. Questo li rende strumenti essenziali per il monitoraggio dei processi e l'Industrial IoT, capaci di controllare e anticipare deviazioni. Tali caratteristiche possono esprimersi al meglio solo con una tecnologia di rete privata 5G.

Uno studio di Atos e The European House Ambrosetti ha evidenziato che i Digital Twin avranno un impatto significativo sulla competitività futura dell'Italia. Il mercato dei Digital Twin è in forte crescita e il rapporto stima che raggiungerà un valore di circa 155 miliardi di dollari entro il 2030. Per l'Italia, questo mercato potrebbe valere fino a 12 miliardi di euro, equivalente al valore aggiunto dell'intera filiera dell'Aeronautica e Aerospazio nazionale.

L'adozione sistemica dei Digital Twin da parte di aziende e istituzioni migliorerebbe la produttività, la sostenibilità e l'innovazione. Si prevede che i Digital Twin possano aumentare il valore aggiunto aggregato del Paese del 4,5%, pari a 12 miliardi di euro, equivalente al valore dell'intera filiera tessile italiana. Inoltre, contribuiranno alla decarbonizzazione dell'Italia, riducendo le emissioni del 7% rispetto ai valori del 2021, pari a tutte le emissioni agricole del Paese.⁵³

Queste conclusioni sono state supportate anche da un report del Capgemini Research Institute che, tramite una survey, ha verificato che gli investimenti effettuati dalle organizzazioni del settore Aerospace & Defense nei Digital Twin avevano registrato un incremento del 40% nell'ultimo anno fiscale, pari al 2,7% del loro fatturato. Due terzi delle

⁵³ The European House - Ambrosetti e Atos Italia, Digital Twins for the Twin Transitions: costruire “gemelli digitali” della realtà per una società più competitiva, efficiente ed inclusiva, febbraio 2023

organizzazioni intervistate hanno anche citato i vantaggi offerti dai Digital Twin nel raggiungimento dei loro obiettivi di sostenibilità⁵⁴.

Man mano che le industrie continuano ad adottare tecnologie abilitate dal 5G, gli effetti possono estendersi oltre i miglioramenti operativi immediati, generando una crescita economica più ampia e un progresso sociale. Abilitando avanzamenti come le Smart City, l'agricoltura di precisione e gli ecosistemi di dati in tempo reale, la connettività wireless di nuova generazione può aiutare a guidare l'innovazione in vari settori, affrontando al contempo sfide globali come l'urbanizzazione, la sicurezza alimentare, il cambiamento climatico e la disparità digitale.

Alla luce delle considerazioni sull'evoluzione tecnologica collegata al 5G e da esso abilitata, e partendo dalle analisi rappresentate in questo studio GSMA, abbiamo provato ad applicare all'Italia la metodologia proposta, per stimare l'impatto sull'economia italiana.

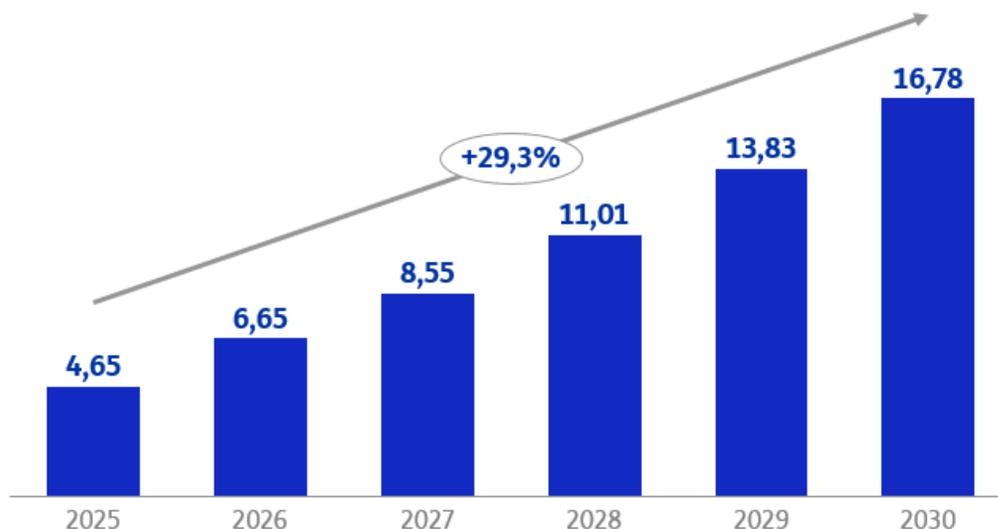
Seguendo il metodo di GSMA Intelligence abbiamo applicato l'incremento di produttività derivante dal 5G e dalle tecnologie digitali abilitate al PIL del settore manifatturiero italiano, tenuto conto della progressiva adozione del 5G nei prossimi anni⁵⁵. I risultati della stima degli incrementi rispetto al PIL ottenibili nel periodo 2025-2030 sono riportati in figura 51. Si parte da un incremento di 4,6 miliardi di euro nel 2025 fino ad arrivare a un possibile miglioramento di 16,8 miliardi di euro nel 2030, a patto che la progressiva diffusione delle reti 5G segua il modello previsto da GSMA. Nel periodo la crescita cumulata prevista del PIL è di circa 61,5 miliardi di euro. Questi guadagni deriveranno da nuovi flussi di entrate e miglioramenti nella produttività e nell'efficienza abilitati dall'adozione crescente delle tecnologie digitali.

⁵⁴ Capgemini Research Institute, *Mirroring Reality: Digital Twins in Aerospace and Defense*, 2023

⁵⁵ GSMA 2025, *The Mobile Economy Europe 2025*

Fig. 51 – Incremento del PIL dovuto all’uso del 5G e delle tecnologie abilitate nell’industria manifatturiera: l’effetto sistemico

Miliardi di euro – prezzi correnti



Fonte: Elaborazioni centro Studi TIM su dati IMF e GSMA Intelligence

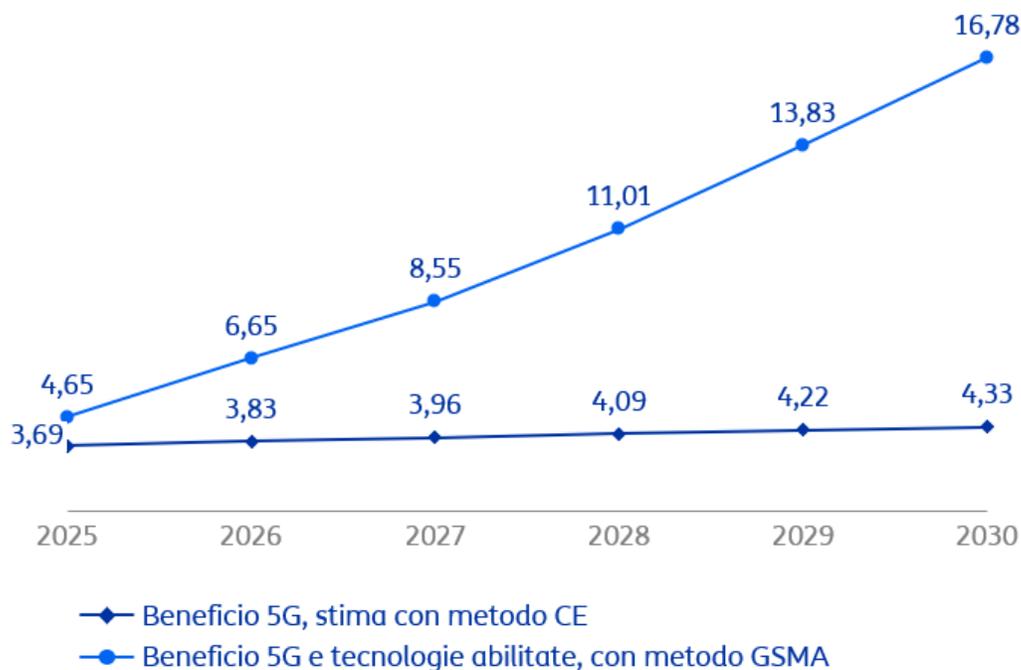
Questa nuova stima risulta dunque più alta della precedente, partendo dal presupposto delle tecnologie di ultima generazione abilitate dal 5G completo, che indica la combinazione di reti 5G standalone (SA) programmabili e altre capability dell’operatore mobile necessarie per fornire soluzioni di connettività avanzate che possono trasformare le imprese e la società.

La forbice di sviluppo dell’economia italiana abilitato dall’introduzione delle reti 5G nell’industria risulta dalla figura 52.

Riassumendo si evidenzia al 2030 un contributo minimo di circa 4,3 miliardi di euro, che può raggiungere i 16,8 miliardi qualora vengano sviluppate non solo le reti 5G di ultima generazione, ma anche le tecnologie innovative da esso abilitate, quali ad esempio il Digital Twin, la manutenzione predittiva, la Smart Factory, la robotica e le altre che abbiamo già citato. Si generano perciò effetti sistemici positivi che amplificano il potenziale del 5G e delle altre tecnologie digitali, con un beneficio cumulato di incremento sul PIL compreso tra 20 e 61 miliardi di euro tra il 2025 e il 2030.

Fig. 52 – Stima del beneficio economico del 5G per l'industria manifatturiera: incremento del PIL nei due diversi scenari

Miliardi di euro – prezzi correnti



Fonte: Elaborazioni centro Studi TIM su dati Istat marzo 2025, IMF, GSMA Intelligence e Commissione Europea.

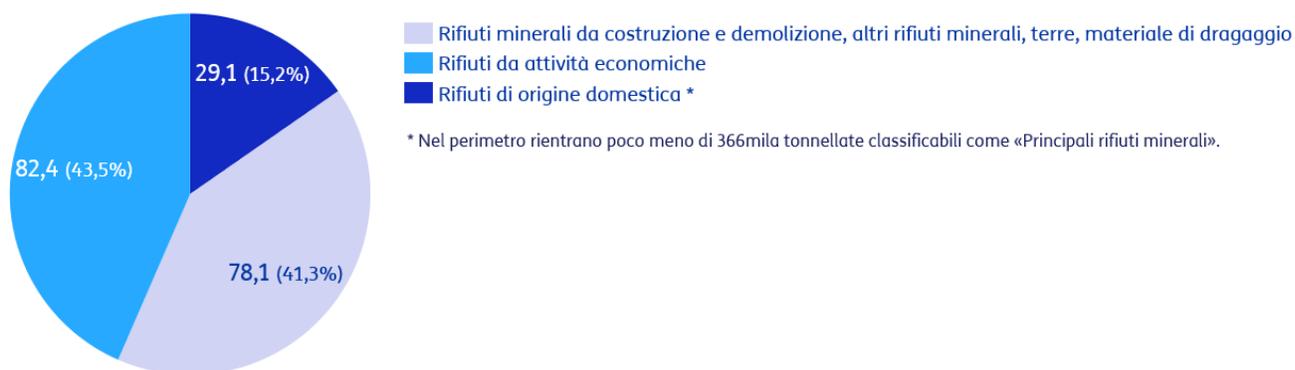
Benefici economici per l'ambiente

Nel nostro Paese, i rifiuti speciali⁵⁶ generati dalle attività economiche costituiscono la maggior parte dei rifiuti prodotti, superando di gran lunga quelli generati in ambito domestico o analoghi a questi ultimi, appunto denominati di origine urbana. Basandosi sui dati più recenti di fonte Eurostat, nel 2022, in Italia, sono stati prodotti 160,5 milioni di tonnellate di rifiuti speciali, corrispondenti all'85% del totale, a fronte di 29,1 milioni di tonnellate di rifiuti di origine domestica (urbani), per un peso relativo del 15%⁵⁷.

Per determinare la quantità di rifiuti riferibili ad attività economiche si procede per sottrazione, togliendo al totale dei rifiuti prodotti i rifiuti urbani e quelli derivanti da attività minerarie. Questo è il metodo utilizzato da Eurostat, che consente tra l'altro di rendere i rifiuti delle diverse tipologie paragonabili tra paesi europei. Nel 2022, ultimo anno di dati disponibile, la composizione dei rifiuti era la seguente.

Fig. 53 – Composizione dei rifiuti prodotti in Italia nel 2022 per tipologia⁵⁸

Milioni di tonnellate e valori %



Fonte: elaborazioni LAB REF Ricerche su dati Eurostat

⁵⁶ Secondo la definizione Eurostat: “Total Waste Hazardous and Non-Hazardous”

⁵⁷ Questi valori sono sostanzialmente simili con le quantificazioni di ISPRA Rapporto Rifiuti Speciali 2024, secondo cui i rifiuti speciali prodotti in Italia nel 2022 si attestano a 161,4 milioni di tonnellate, rispetto ad una quantificazione di 29,1 milioni di tonnellate per i rifiuti urbani

⁵⁸ Laboratorio Ref Ricerche, position paper Rifiuti n° 83, gennaio 2025, Rifiuti e PIL: perché l'Italia produce più rifiuti tra i grandi paesi UE?

Dopo aver analizzato i volumi di rifiuti da attività economiche in Italia, è utile esaminarne i dettagli per tipologia e settore produttivo. I rifiuti si dividono in primari, prodotti direttamente dalle attività economiche, e secondari, derivanti dai processi di trattamento dei rifiuti stessi.

Nel 2022, in Italia sono stati generati 82,4 milioni di tonnellate di rifiuti da attività economiche, di cui 57,2 milioni di tonnellate (69%) erano rifiuti primari e 25,2 milioni di tonnellate (31%) erano rifiuti secondari. Tra il 2012 e il 2022, i rifiuti secondari sono cresciuti del 18%, mentre i rifiuti primari del 14%. Tuttavia, tra il 2020 e il 2022, i rifiuti secondari sono diminuiti dello 0,4%, mentre i rifiuti primari sono aumentati del 2,5%⁵⁹.

I rifiuti primari più rilevanti sono: rifiuti metallici (15%), frazioni da imballaggio (15%) e fanghi (13%). I rifiuti secondari principali sono:

- Residui delle attività di selezione;
- Rifiuti minerali derivanti dal trattamento dei rifiuti;
- Fanghi e altri rifiuti liquidi provenienti dal trattamento dei rifiuti.

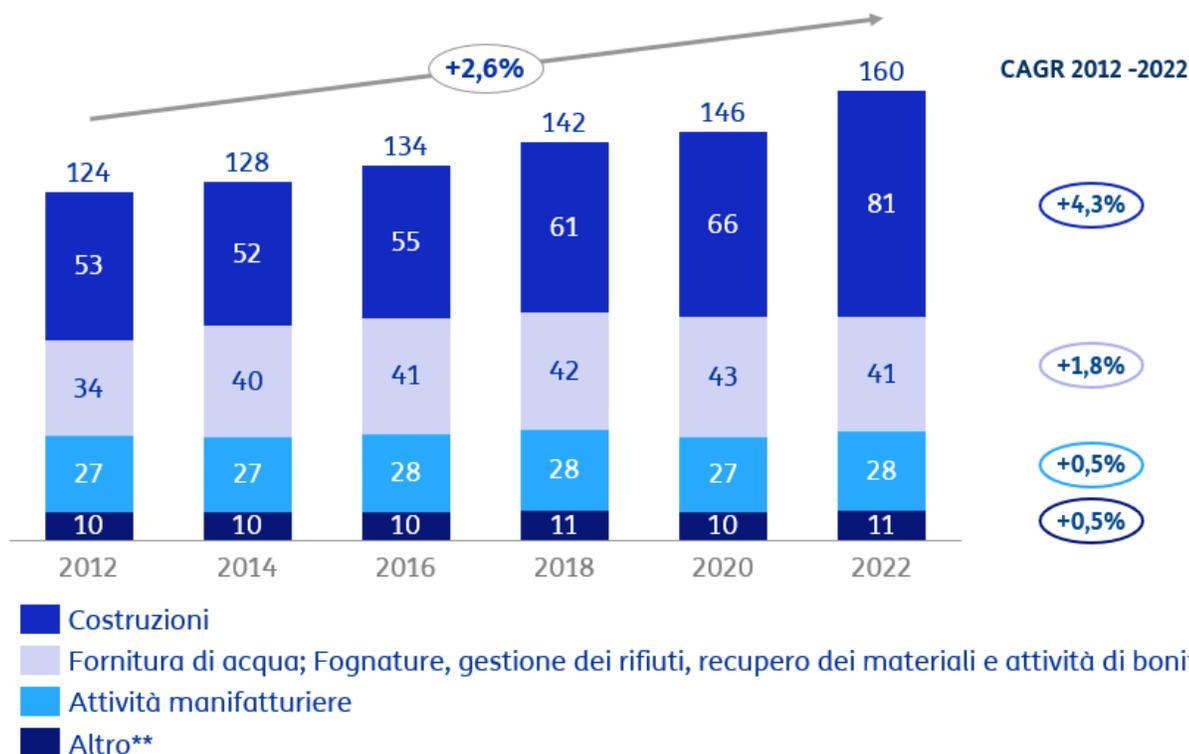
I rifiuti secondari sono importanti perché indicano l'efficacia del ciclo di gestione dei rifiuti. La loro produzione può essere vista in due modi: come segno positivo dell'alto livello di riciclaggio in Italia, o come indicatore di carenze negli impianti di recupero energetico e nei mercati delle materie prime seconde.

Guardando alla divisione per settore produttivo, nell'ambito dei rifiuti derivanti da attività economiche, una parte significativa è attribuibile nello specifico ad attività manifatturiere. Ancora nel 2022, la composizione dei rifiuti da attività economiche vedeva il 18% dei rifiuti prodotti per la tipologia settore manifatturiero.

⁵⁹ Dati ISPRA e EUROSTAT, Laboratorio Ref Ricerche, position paper Rifiuti n° 83, Rifiuti e PIL: perché l'Italia produce più rifiuti tra i grandi paesi UE?, gennaio 2025

Fig. 54 – Evoluzione dei rifiuti prodotti dalle attività economiche in Italia per settore di produzione

Milioni di tonnellate



*Nelle forniture di acqua sono incluse le attività di raccolta e trattamento acqua; per gestione dei rifiuti si intendono le attività di raccolta, trattamento e smaltimento dei rifiuti.

** Include Agricoltura, silvicoltura e pesca; Attività mineraria ed estrattiva; Fornitura di energia elettrica, gas, vapore e aria condizionata; Servizi (eccetto commercio all'ingrosso di rifiuti e rottami); Commercio all'ingrosso di rifiuti e rottami.

Fonte: elaborazioni Centro Studi TIM su dati Eurostat

Si nota che nel 2022 c'è una forte crescita dei rifiuti derivanti dalle costruzioni, probabilmente per il boost dato al settore dal Superbonus 110%, e che negli anni la quantità di rifiuti prodotta dal processo di trattamento delle acque e dei rifiuti stessi aumenta, fino ad arrivare nel 2022 al 25% del totale. Da notare inoltre che i rifiuti secondari derivano per oltre il 90% dal trattamento dei rifiuti stessi e dal trattamento dei fanghi da depurazione⁶⁰. Ciò implica che il miglior modo minimizzare l'impatto delle attività economiche sull'ambiente è quello di

⁶⁰ Laboratorio Ref Ricerche, position paper Rifiuti n° 83, Rifiuti e PIL: perché l'Italia produce più rifiuti tra i grandi paesi UE?, gennaio 2025

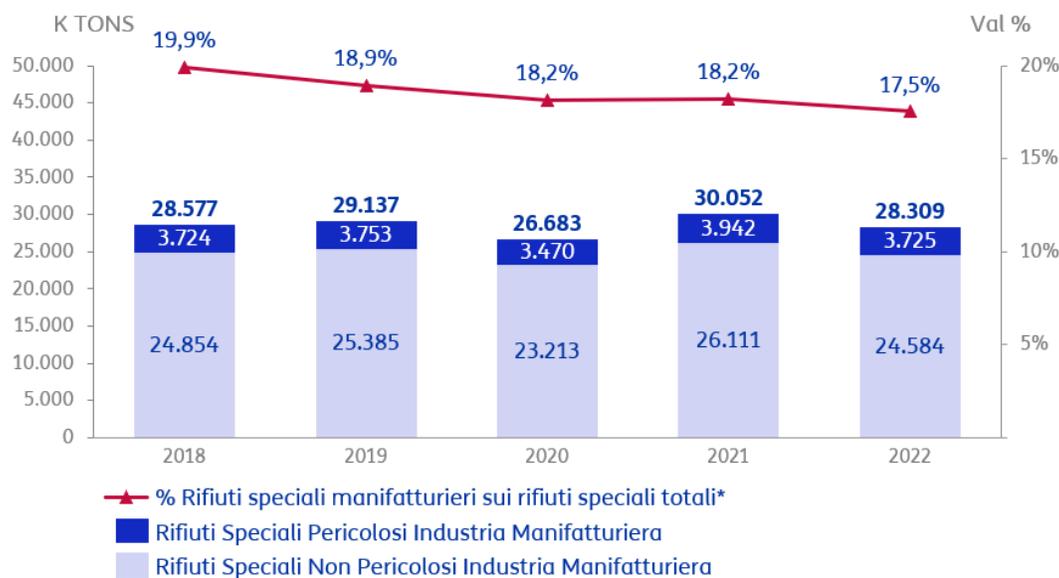
evitare la produzione a monte dei rifiuti, agendo sui processi produttivi per minimizzare gli scarti e sul tracciamento e trattamento per minimizzare i rifiuti secondari.

Parliamo qui di rifiuti industriali del settore manifatturiero, composti da rifiuti speciali pericolosi e non pericolosi che sono le “sostanze od oggetti di cui il detentore si disfi o abbia l'intenzione o abbia l'obbligo di disfarsi”, i quali non confluiscono nella categoria dei rifiuti urbani⁶¹.

Secondo i dati ISPRA, nel 2022 il conflitto in Ucraina e la crisi energetica hanno influenzato negativamente l'economia italiana, causando una riduzione nella produzione di rifiuti speciali rispetto al 2021. Le attività industriali, commerciali, artigianali, di servizi, di trattamento dei rifiuti e di risanamento ambientale hanno generato complessivamente oltre 3,4 milioni di tonnellate in meno rispetto all'anno precedente⁶². È il settore manifatturiero ad incidere maggiormente sulla produzione dei rifiuti pericolosi con il 37,3%, corrispondente a 3,7 milioni di tonnellate.

Fig. 55 – Rifiuti speciali prodotti dall'industria manifatturiera in confronto con il totale rifiuti speciali prodotti in Italia

Milioni di tonnellate e valori %



* Inclusi i quantitativi di rifiuti speciali provenienti dal trattamento dei rifiuti urbani

Fonte: elaborazioni Centro Studi TIM su dati Eurostat e ISPRA

⁶¹ Definizioni del D. Lgs. n. 152 (cosiddetto "testo unico ambientale") del 2006

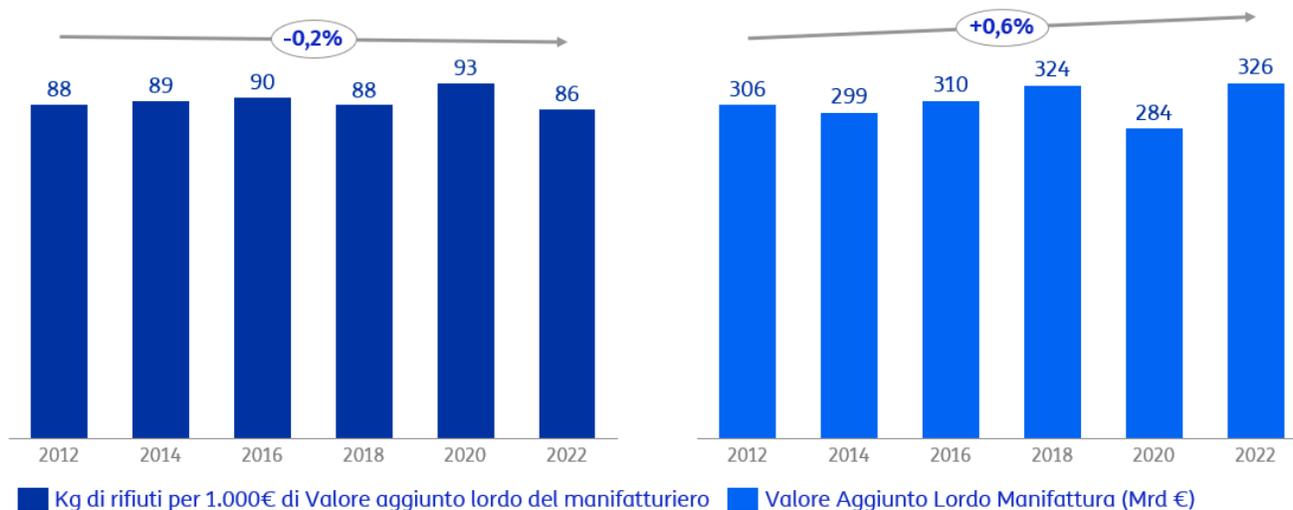
⁶² ISPRA 2024, Rapporto Rifiuti Speciali (dati relativi al 2022)

In un'economia lineare, l'aumento del PIL è generalmente accompagnato da un incremento dei rifiuti, poiché la produzione e il consumo di beni e servizi generano scarti. La sostenibilità dello sviluppo economico di un Paese dipende quindi dalla capacità di separare la produzione di rifiuti dalla crescita economica, un concetto noto come "decoupling" o "disaccoppiamento". Questo si verifica quando la produzione di rifiuti cresce a un ritmo inferiore rispetto all'economia, si stabilizza o diminuisce. Il decoupling relativo indica progressi nella gestione delle risorse, mentre il decoupling assoluto rappresenta un miglioramento significativo nell'efficienza e sostenibilità del sistema.

Analizzare la produzione di rifiuti in relazione al PIL permette di valutare il decoupling. Questo indicatore riflette l'efficienza ambientale di un Paese: valori più bassi indicano una migliore performance economico-ambientale, mentre valori più alti suggeriscono un maggiore consumo di risorse. Fattori come la struttura economica, le tecnologie e le pratiche di gestione dei rifiuti influenzano questo indicatore. Per questa analisi focalizzata sul settore manifatturiero, abbiamo scelto di analizzare le quantità di rifiuti prodotte dal settore manifatturiero in relazione al valore aggiunto lordo della manifattura.

Fig. 56 – Evoluzione della produzione dei rifiuti del settore manifatturiero e del Valore Aggiunto Lordo manifatturiero in Italia

Kg per 1000€ di Valore Aggiunto Lordo della manifattura e Miliardi di euro



Fonte: elaborazioni Centro Studi TIM su dati Eurostat e Istat

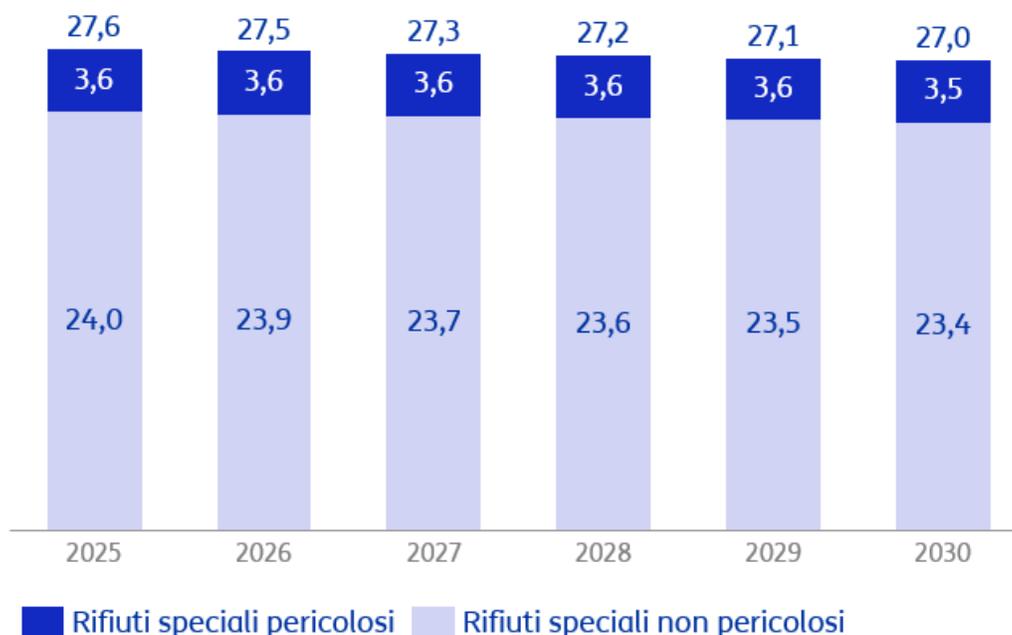
Come si evidenzia nel grafico in figura 56, le normative ambientali introdotte e la loro progressiva applicazione hanno portato a una riduzione tendenziale delle quantità di rifiuti

prodotti per mille euro di Valore Aggiunto Lordo che si genera dagli stessi processi produttivi, e quindi al decoupling della produzione dei rifiuti dalla generazione di ricchezza.

Partendo da questa analisi e considerando le previsioni sull'andamento del Valore Aggiunto Lordo della manifattura per l'Italia, abbiamo stimato le quantità di rifiuti speciali pericolosi e non pericolosi che il settore manifatturiero produrrà nei prossimi anni a parità di normative⁶³.

Fig. 57 – Previsione della produzione di rifiuti del settore manifatturiero in Italia

Milioni di tonnellate



Fonte: elaborazioni Centro Studi TIM su dati Eurostat e Oxford Economics

I costi di smaltimento dei rifiuti urbani e industriali sono influenzati da diversi fattori, tra cui:

- Volume e tipo di rifiuto: i rifiuti industriali spesso richiedono trattamenti specifici e più costosi rispetto ai rifiuti urbani.
- Regolamentazioni: le normative ambientali possono influenzare i costi di smaltimento, imponendo requisiti più stringenti per i rifiuti pericolosi.

⁶³ Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica, Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima 2024

- Economia di scala: le grandi quantità di rifiuti industriali possono beneficiare di economie di scala, riducendo i costi unitari di smaltimento.

Il costo medio di smaltimento dei rifiuti speciali in Italia varia a seconda del tipo di rifiuto e della quantità, in base alla regione e alle specifiche condizioni contrattuali con le aziende di smaltimento. Ecco una panoramica dei costi⁶⁴:

- Rifiuti Speciali Non Pericolosi: da 210 a 260 euro per tonnellata, più il costo per le analisi (circa 300 euro + IVA) e le spese di trasporto;
- Rifiuti Speciali Pericolosi: circa 55 euro per quintale, più il costo per le analisi (circa 300 euro + IVA) e le spese di trasporto.

Dal momento che, come abbiamo visto, tracciare la qualità e quantità di rifiuti prodotti e il consumo di energia in ogni momento dei processi operativi aiuta a ridurre la produzione di rifiuti e incrementa il riuso di materiali scartati, l'utilizzo delle tecnologie digitali abilitate dal 5G nel ciclo di produzione e scarto aiuta a minimizzare i costi connessi. In particolare, la Commissione Europea valuta che l'utilizzo del 5G nei processi industriali produca un beneficio di riduzione dell'1% dei rifiuti stessi.

A partire da questi dati la riduzione di rifiuti resa possibile dal 5G si traduce in un ulteriore beneficio per l'industria italiana pari a circa 450 milioni di euro cumulati tra il 2025 e il 2030 (figura 58).

⁶⁴ Valori medi recuperati dalle offerte di diverse società specializzate nella gestione dei rifiuti speciali.

Fig. 58 – Risparmio cumulato possibile da introduzione del 5G sul costo di smaltimento dei rifiuti prodotti dall'industria manifatturiera

Milioni di euro



Fonte: elaborazioni Centro Studi TIM su dati Eurostat e Oxford Economics marzo 2025

Il contributo del 5G alla riduzione di emissioni CO₂

Le soluzioni tecnologiche avranno un ruolo cruciale nella riduzione delle emissioni di carbonio man mano che le economie continueranno a crescere e a evolversi. Le reti 5G saranno fondamentali per aiutare le industrie a ridurre le loro emissioni. In vari settori, le reti 5G permetteranno un maggior numero di applicazioni downstream grazie alla loro capacità di supportare più dispositivi, creando un effetto moltiplicatore quando la rete viene utilizzata su larga scala. Queste reti possono contribuire significativamente alla riduzione dell'impronta di carbonio dei vari paesi e costituire la base per nuove opportunità di sostenibilità.

Uno studio in questa direzione è stato effettuato alcuni anni fa da Accenture per conto del CTIA (Cellular Telecommunications and Internet Association), che rappresenta l'industria delle telecomunicazioni mobili e wireless negli Stati Uniti⁶⁵. Nello studio sono stati presi in considerazione i casi d'uso del 5G in vari settori, fra cui l'industria manifatturiera, che

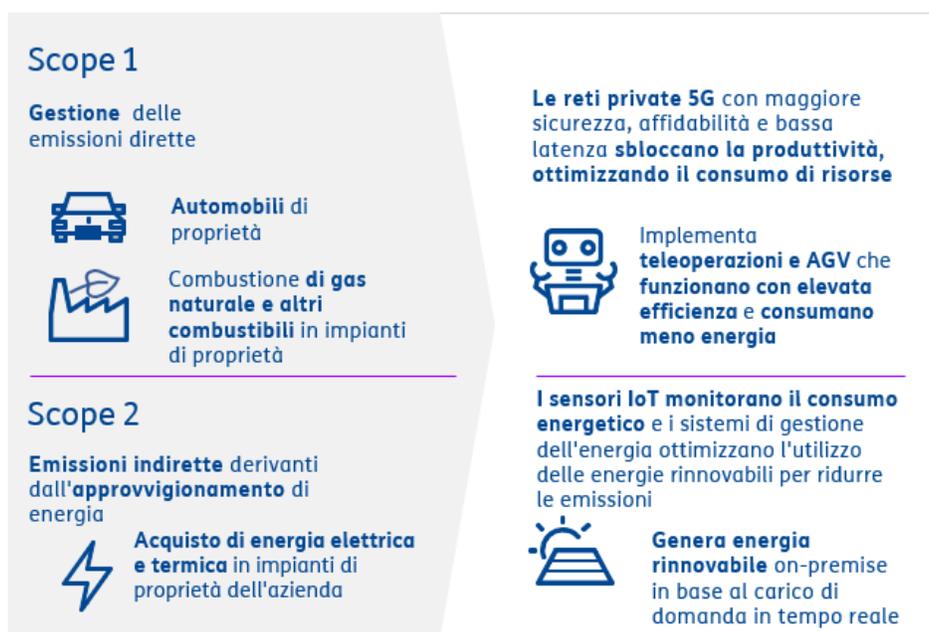
⁶⁵ CTIA e Accenture, 5G Connectivity - A Key Enabling Technology to meet America's Climate Change Goals, 2022

contribuiscono a ripensare e rimodellare la sostenibilità per le comunità e le economie. L'applicazione del medesimo modello al contesto italiano porta ai risultati ed alle conclusioni descritte di seguito.

L'industria manifatturiera in Italia è il terzo più grande contributore alle emissioni di gas serra, rappresentando il 18.3% del totale delle emissioni escluso LULUCF⁶⁶ nel 2022, secondo i dati OCSE (Organizzazione per la Cooperazione e lo Sviluppo Economico). Le emissioni prodotte da questo settore sono suddivise in emissioni dirette, note come emissioni Scope 1, che derivano dal funzionamento degli impianti per le attività normali, ed emissioni indirette, note come emissioni Scope 2, che derivano dall'elettricità fornita dai produttori.

Come in altri settori, l'industria manifatturiera ha la possibilità di ridurre le proprie emissioni Scope 1 migliorando l'efficienza energetica. Inoltre, può ridurre le emissioni Scope 2 approvvigionandosi di energia pulita.

Fig. 59 – Produzione intelligente 5G per l'abbattimento delle emissioni di CO2 eq.



Grazie alla sua maggiore affidabilità e sicurezza, il 5G abilita applicazioni di produzione mission-critical e semplifica l'aggiunta e la rimozione di macchine da una rete attiva.

⁶⁶ Le emissioni LULUCF (land use, land-use change and forestry) hanno un segno negativo sul conteggio totale delle emissioni di gas serra, in quanto apportano un beneficio all'ambiente.

Con linee di produzione, macchinari e magazzini dotati di una connettività migliorata, le aziende possono ridurre i costi operativi, inclusa la quantità di energia consumata. Ad esempio, possono sfruttare il 5G per monitorare più facilmente il consumo di energia e ottimizzare i tempi di consumo per evitare le ore di punta.

Si prevede che l'adozione del 5G nel settore manifatturiero sarà più rapida tra le aziende che effettuano produzioni ad alto volume e a basso margine, e quelle che devono riferire su determinati parametri di produzione per motivi normativi o di sicurezza. Queste aziende hanno spesso la necessità di tracciare la produzione di beni, cosa che è resa più facile con il 5G.

I produttori con fabbriche digitali abilitate dal 5G possono ridurre le emissioni, aumentare l'efficienza e diventare più produttivi di altri grazie al monitoraggio in tempo reale dei processi di produzione e alla manutenzione predittiva. Inoltre, attraverso le operazioni a distanza, possono evitare gli spostamenti e le emissioni associate.

I casi d'uso considerati nello studio sono i seguenti.

Manutenzione predittiva

- Nel settore manifatturiero, l'accesso a **dati in tempo reale** sulle macchine o sugli asset e l'analisi di tali dati possono portare a un miglioramento della produttività e, di conseguenza, dell'efficienza energetica. Ad esempio, i **Digital Twin** facilitano il monitoraggio e la gestione delle risorse da remoto, evitando spostamenti inutili. I supervisori possono ispezionare le linee di assemblaggio da remoto attraverso telecamere e una simulazione dell'ambiente fisico. Gli esperti possono guidare i team remoti durante la messa in servizio delle apparecchiature sul campo. Tutto ciò è reso più semplice grazie al **5G**.
- La **manutenzione predittiva** abilitata dal 5G può contribuire a ridurre le emissioni aiutando le aziende a minimizzare i tempi di inattività non pianificati, che sono costosi e richiedono un maggior numero di visite in loco da parte dei tecnici. Con il supporto del 5G, i sensori sulle apparecchiature possono fornire dati in tempo reale sulle prestazioni della macchina, facilitando l'identificazione di potenziali problemi e semplificando la pianificazione e l'ottimizzazione dei programmi di manutenzione.
- **AT&T** ha dimostrato tre casi d'uso di produzione intelligente con 5G, edge computing e videosorveglianza basati su IoT. In uno dei suoi siti dimostrativi, i produttori possono implementare soluzioni per monitorare come funzionano i prodotti, identificare quelli difettosi in base a specifiche preimpostate, e ricevere notifiche in tempo reale sull'accuratezza della produzione.

Process augmentation

- La **process augmentation** (utilizzo di realtà aumentata nei processi industriali) viene utilizzata dalle società manifatturiere per **gestire attività ripetitive** ad alta intensità di manodopera e/o potenzialmente pericolose. Il 5G può rendere più efficace questa modalità collegando più sensori e monitorando i dati in tempo reale, per evitare perdite di vite umane e migliorare l'efficienza operativa.
- La process augmentation abilitata dal 5G può essere utilizzata per le **ispezioni di qualità**, risparmiando così tempo ed energia e riducendo il rischio di richiami di prodotti, che si traducono in un aumento delle emissioni.
- Sensori e telecamere ad alta risoluzione, combinati con 5G, Intelligenza Artificiale ed edge computing, possono migliorare il processo di ispezione della qualità.
- **Telefonica Germania**, in collaborazione con Ericsson, ha implementato una **rete 5G privata nel 2020** per gestire una linea di **produzione per Mercedes Benz**. Ha creato un ecosistema di produzione digitale integrato, collegando macchine e attrezzature insieme a sensori che trasmettono dati tramite 5G. Il sistema aiuta a ridurre le emissioni attraverso una migliore produzione.
- **Verizon** ha installato la banda ultra larga 5G presso l'impianto di produzione di cavi in fibra ottica di **Corning** nella Carolina del Nord, per implementare l'automazione di fabbrica e il controllo qualità.
- **Taqtile**, un fornitore di soluzioni AR co-fondato da **T-Mobile** ha **collaborato con Timberline Communications** per eseguire aggiornamenti e **manutenzione** del sito cellulare utilizzando cuffie AR. Le cuffie hanno consentito ai lavoratori in prima linea di visualizzare le liste di controllo dei servizi virtuali e di risolvere i problemi utilizzando l'assistenza remota.

Gestione dell'inventario

- La gestione dell'inventario ottimizza la quantità di inventario necessaria per operazioni aziendali efficienti. Quando un magazzino contiene **meno scorte** in una bassa stagione, alla fine porta a **meno energia** necessaria per l'illuminazione e il raffreddamento.
- **Lineage**, un'azienda di stoccaggio e **distribuzione alimentare** con sedi negli Stati Uniti, ha utilizzato i **sensori 5G** nel 2020 per raccogliere **dati sul raffreddamento dei suoi magazzini** e migliorare l'efficienza energetica al loro interno. Ha ridotto il consumo

energetico annuo di 33 milioni di kWh entro il primo anno e, con esso, le emissioni Scope 2 dell'azienda.

Le emissioni totali di gas serra in Italia, espresse in CO2 equivalente, sono diminuite del 20,9% tra il 1990 e il 2022⁶⁷. Questa riduzione è dovuta a vari fattori, tra cui la diminuzione dei consumi energetici e delle produzioni industriali a causa della crisi economica e della delocalizzazione, l'aumento della produzione di energia da fonti rinnovabili, l'incremento dell'efficienza energetica e l'uso di combustibili a minor contenuto di carbonio. La pandemia ha anche contribuito a una temporanea riduzione delle emissioni, seguita da un aumento nel 2021 e 2022 con la ripresa delle attività economiche.

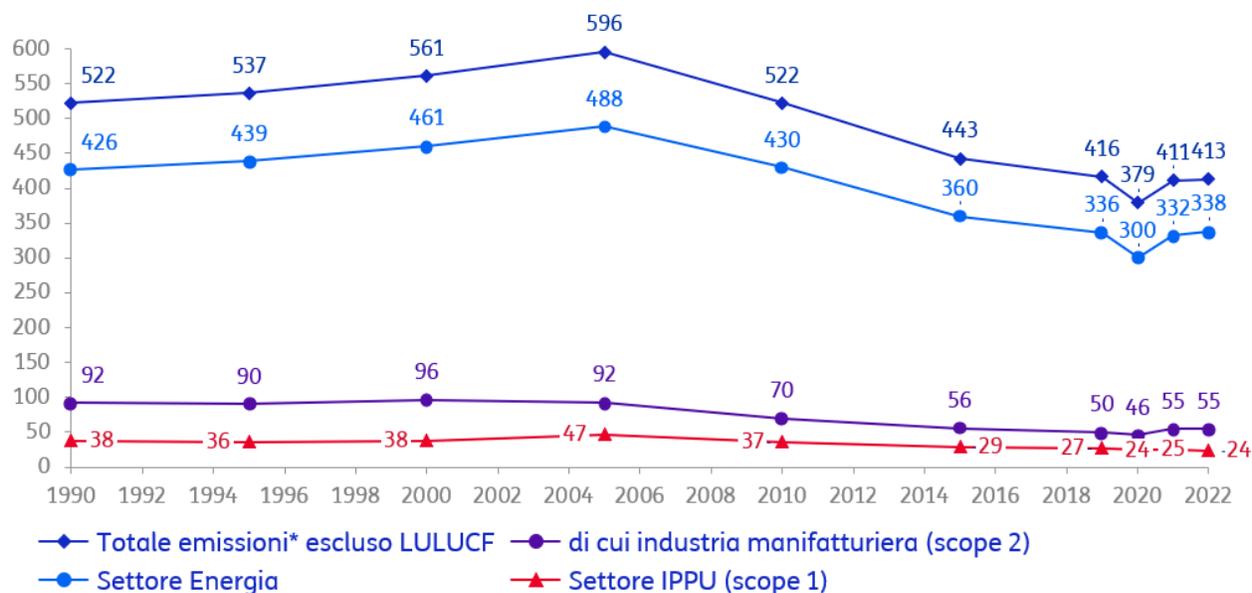
Negli anni '90, le emissioni di CO2 riflettevano principalmente il consumo di energia. Solo di recente si osserva un disaccoppiamento tra consumi ed emissioni, grazie alla sostituzione di combustibili ad alto contenuto di carbonio con gas metano nella produzione di energia elettrica e nell'industria.

Tra il 1990 e il 2022, le emissioni totali in Italia sono passate da 522 a 413 milioni di tonnellate di CO2 equivalente, con una riduzione del 22,3% delle emissioni di CO2, che rappresentano l'82,7% del totale. Il settore energetico è il principale contributore alle emissioni nazionali di gas serra, con una quota dell'81,8% nel 2022, e ha registrato una diminuzione del 20,7% delle emissioni dal 1990 al 2022 (figura 60).

⁶⁷ ISPRA, rapporto 399/24, Le emissioni di gas serra in Italia - Obiettivi di riduzione al 2030, 2024

Fig. 60 – L'andamento delle emissioni di gas serra in Italia 1990 – 2022

Migliaia di tonnellate di CO₂ eq.



* Le emissioni totali includono le emissioni indirette di CO₂

Fonte: elaborazioni Centro Studi TIM su dati ISPRA

Le emissioni del settore dei processi industriali o settore IPPU⁶⁸ (scope 1) sono diminuite del 37,8% dal 1990 al 2022, principalmente grazie alla riduzione delle emissioni nel settore chimico e nella produzione di minerali e metalli. Tuttavia, le emissioni di gas fluorurati sono aumentate, rappresentando il 42,1% delle emissioni settoriali. La recessione economica ha avuto un'influenza significativa sui livelli di produzione industriale e sulle emissioni negli ultimi anni.

Le emissioni dell'industria manifatturiera costituiscono, in media, circa il 18% del settore energetico (scope 2). Il settore ha raggiunto il picco di emissioni nel 1999, per poi iniziare a diminuire gradualmente fino al 2008. A seguito della crisi economica del 2008, il settore ha ridotto significativamente le proprie emissioni. Nel 2022, le emissioni della categoria sono poco meno della metà rispetto al picco del 1999. Le categorie più rilevanti del settore includono la produzione di cemento e calce, la chimica, l'edilizia e meccanica, e i processi di produzione dei metalli. Si osserva una tendenza generale di riduzione delle emissioni dal 1990

⁶⁸ L'acronimo IPPU sta per Industrial Processes and Product Use (Processi Industriali e Uso dei Prodotti). Questo settore comprende le emissioni di gas serra derivanti dai processi industriali e dall'uso di prodotti, inclusi i processi chimici, la produzione di minerali e metalli, e l'uso di prodotti che emettono gas fluorurati

al 2022; alcuni sottosettori hanno subito una forte riduzione (ferro e acciaio, minerali) guidando l'andamento dell'intero settore, anche se altri sottosettori (produzione alimentare, cellulosa e carta) hanno aumentato le proprie emissioni. Nel 2009 si è verificata una riduzione complessiva delle emissioni per tutti i settori a causa degli effetti della recessione economica.

Partendo dalle previsioni della produzione di gas serra dello scenario di riferimento contenuto nel Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima (PNIEC) di giugno 2024, abbiamo stimato le previsioni future di produzione di gas serra del settore manifatturiero sia di scope 1 sia di scope 2, con politiche nazionali e dell'Unione vigenti almeno fino al 2030.

Considerando la diminuzione di produzione di gas serra derivanti dall'introduzione degli use case 5G sopra descritte, e rapportando il caso italiano a quello statunitense sviluppato nel rapporto CNIA, che derivano dalle previsioni dei principali modelli di simulazione, abbiamo stimato le riduzioni conseguibili in Italia. Abbiamo poi tradotto tali risparmi di CO₂ equivalente in euro, utilizzando a tale scopo il valore di conversione proposto da uno studio⁶⁹ della Environmental Protection Agency (EPA), l'Agenzia per la Protezione Ambientale degli Stati Uniti. Lo studio propone infatti una stima dei costi sociali dell'inquinamento ambientale da gas serra⁷⁰, tenendo conto di tutti gli impatti economici e sociali degli stessi.

⁶⁹ EPA, External Review Draft of Report on the Social Cost of Greenhouse Gases: Estimates Incorporating Recent Scientific Advances, 2023

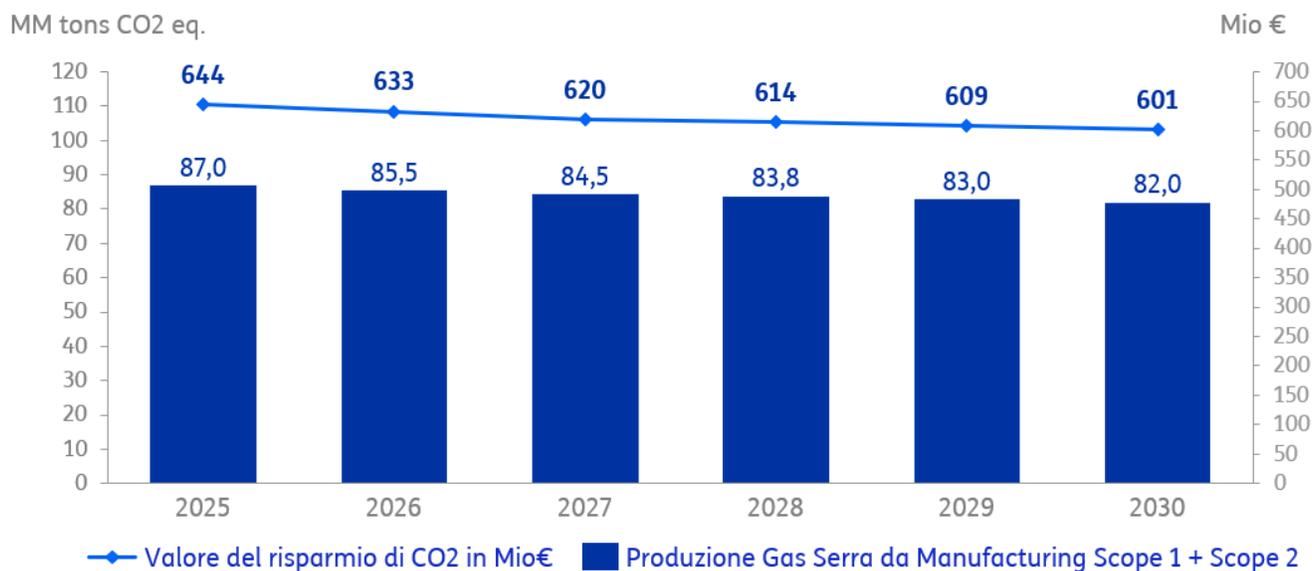
⁷⁰ Il costo sociale dei gas serra (Social Cost of Greenhouse Gases, SC-GHG) rappresenta il valore monetario dei danni globali attesi causati dall'emissione di una tonnellata aggiuntiva di gas serra, come l'anidride carbonica (CO₂) o il metano (CH₄), in un determinato anno. Il calcolo del SC-GHG coinvolge diversi passaggi:

- **Proiezione delle emissioni:** Si stimano le emissioni future di gas serra basate su vari scenari di crescita economica e demografica.
- **Modellazione climatica:** Si utilizza un modello climatico per prevedere come queste emissioni influenzeranno il clima, considerando fattori come l'aumento delle temperature, il livello del mare e la frequenza degli eventi climatici estremi.
- **Valutazione dei danni:** Si quantificano i danni economici attesi in vari settori, come l'agricoltura, la salute umana, le infrastrutture e gli ecosistemi. Questo include sia i costi diretti (ad esempio, danni alle proprietà) che i costi indiretti (ad esempio, perdita di produttività).
- **Sconto dei danni futuri:** Si applica un tasso di sconto per convertire i danni futuri in valori presenti, riflettendo l'idea che i danni futuri valgono meno dei danni presenti.

Il risultato finale è una stima del costo per la società di una tonnellata aggiuntiva di emissioni di gas serra.

Fig. 61 – Andamento delle emissioni di gas serra del settore manifatturiero e vantaggio derivante dall'introduzione di reti 5G nel trattamento settore manifatturiero

MM tons CO2 eq. – Milioni di euro



Fonte: elaborazioni Centro Studi TIM su dati ISPRA, PNIEC 2024, CTIA, EPA e Oxford Economics

L'impatto in riduzione sui conti nazionali della riduzione possibile di emissioni di gas serra da parte dell'industria manifatturiera secondo le ipotesi considerate sarà al 2030 di 600 milioni di euro circa, con un valore cumulato nel periodo considerato di **oltre 3,7 miliardi di euro** a fronte di una riduzione di emissioni di gas serra di oltre **33 MM tons CO2 equivalente**.

Conclusioni

Il 5G rappresenta una rivoluzione tecnologica ancora tutta da esplorare, ma che già oggi è in grado di trasformare profondamente il settore industriale e manifatturiero. Se è vero che molte imprese non hanno ancora compreso a pieno il cambiamento che questa tecnologia è in grado di apportare, i progetti in campo e le prime sperimentazioni negli stabilimenti produttivi più avanzati stanno mostrando concretamente i miglioramenti in termini di efficienza operativa, flessibilità, sicurezza e qualità che si ottengono utilizzando il 5G.

La strada che abbiamo appena iniziato a percorrere mostra che il 5G è una tecnologia abilitante e non solo un aggiornamento della connettività delle aziende. È una soluzione in grado di collegare una serie di sviluppi e aiutare le imprese ad ottimizzare i processi produttivi, ridurre gli sprechi e migliorare la qualità dei prodotti, di intervenire tempestivamente in caso di anomalie oppure di effettuare delle manutenzioni predittive, evitando guasti, riducendo i tempi di inattività ed aumentando la produttività. Benefici sia sul piano dei costi, sia in termini di ricavi che si possono diffondere attraverso la filiera su tutto il sistema economico nazionale.

Il 5G è quindi una tecnologia fondamentale per lo sviluppo e la competitività di uno dei settori portanti dell'economia italiana e la capacità di integrare questa soluzione all'interno dei processi produttivi è destinata a diventare un nuovo fattore di vantaggio competitivo delle imprese che operano in questo mercato a livello globale.

Lo sviluppo di un'innovazione non è però un percorso già scritto in partenza e richiede tempismo, capacità di guardare oltre i confini conosciuti, oltre ad una certa abitudine a correre rischi per raggiungere qualcosa che si vede chiaramente quando tutti gli altri iniziano solo a scorgerne le forme. Per diffondere e far crescere un'innovazione occorre quindi costruire un contesto adatto con la collaborazione di tutte le parti in gioco – policymakers, imprese, operatori – in modo da sostenere il decollo del 5G e liberare tutto il potenziale di questa tecnologia.

Oggi siamo nel momento in cui bisogna passare dai progetti negli stabilimenti alla diffusione su larga scala. Insieme si può iniziare a costruire una nuova stagione di crescita per il nostro Paese.

APPENDICE

Nota metodologica

Di seguito riportiamo i criteri che ci hanno guidato nelle analisi e nelle previsioni illustrate nel documento.

Beneficio per l'economia in termini di maggiore produttività delle aziende manifatturiere

Beneficio economico per l'industria manifatturiera dovuto all'uso del 5G – metodo Commissione Europea

Le valutazioni in merito ai benefici legati all'utilizzo del 5G la manifattura sono state effettuate sulla base di elaborazioni interne, sia sulla base degli studi effettuati dalla Commissione Europea (CE) e raccolti nel documento "EU-Identification and quantification of key socio-economic data to support strategic planning for the introduction of 5G in Europe". Secondo gli studi della Commissione Europea il 5G è in grado di portare un miglioramento in tutte le fasi del processo di produzione, aumentando la produttività dell'1% annuo a beneficio dei produttori stessi.

Abbiamo quindi applicato tale percentuale al valore aggiunto lordo a prezzi correnti previsto per il periodo 2025 – 2030 da Oxford Economics, individuando così il beneficio economico.

Settore manifatturiero: contributo delle tecnologie mobili al PIL di settore italiano – metodo GSMA

La valutazione che considera anche l'impatto delle tecnologie abilitate dal 5G parte dalle considerazioni riportate nello studio di GSMA Intelligence per GSMA "GSMA Intelligence, Economic growth and the digital transformation of enterprises. Impacts and projections" del febbraio 2025. In tale studio viene calcolato il vantaggio economico apportato dal 5G per l'industria manifatturiera rispetto al Prodotto Interno Lordo dovuto all'industria manifatturiera a livello globale per ciascun anno dal 2024 al 2030. Abbiamo dunque considerato la quota del PIL globale dovuto all'industria manifatturiera, calcolata con i dati di consuntivo forniti da World Bank. A livello globale il valore del PIL manifatturiero è pari a circa il 26% del PIL.

Abbiamo utilizzato dunque la percentuale di vantaggio ricavata dal rapporto tra vantaggio economico dovuto al 5G, secondo il rapporto citato, al PIL globale relativo all'industria manifatturiera per ciascun anno secondo i dati di previsione del Fondo Monetario Internazionale corretti secondo le indicazioni della World Bank. Il rapporto così calcolato varia dal 4,2% del 2024 al 5,4% del 2030.

Per l'Italia abbiamo ricavato i dati del Valore Aggiunto Lordo dell'industria manifatturiera da Istat, secondo il nuovo metodo di calcolo di marzo 2025, e, ricavato il trend del rapporto fra valore aggiunto industria manifatturiera e PIL nazionale (tutto a valori correnti), sulla base delle previsioni del PIL italiano a valori correnti di Oxford Economics di marzo 2025, abbiamo ricavato il futuro andamento del PIL dovuto all'industria manifatturiera per il periodo 2025 – 2030. Ai valori così ottenuti abbiamo applicato le percentuali ricavate dal rapporto GSMA, ottenendo il beneficio del 5G sul PIL manifatturiero.

Per massimizzare la prudenza, abbiamo però corretto tali valori con la percentuale di diffusione del 5G che, secondo GSMA, parte da una diffusione del 27% nel 2024 in Italia, 30% nel 2025, fino a una quota dell'80% nel 2030.

I benefici economici per l'ambiente

Sono costituiti dal risparmio generato dalla riduzione dei rifiuti industriali e dalla maggiore efficienza nel loro trattamento, e dalla riduzione delle emissioni di Co2 del settore manifatturiero di Scope 1 e di Scope 2.

Il vantaggio sui rifiuti industriali

Il primo passaggio è stato stimare i rifiuti prodotti dal settore manifatturiero dal 2025 al 2030.

Abbiamo dunque calcolato, con i dati dei rifiuti prodotti da attività economiche di fonte Eurostat, i rifiuti prodotti da attività manifatturiere a consuntivo. Questi sono stati poi divisi fra rifiuti pericolosi e non pericolosi partendo dai dati storici di ISPRA.

Seguendo la metodologia presentata da ISPRA nell'analisi della generazione dei rifiuti legata all'ammontare del PIL nazionale, abbiamo ritenuto che tale metodo potesse consentire di stimare i rifiuti prodotti secondo l'andamento delle attività manifatturiere nel periodo 2025 – 2030.

Abbiamo quindi acquisito i dati consuntivi del Valore Aggiunto Lordo del settore manifatturiero da Istat, e abbiamo ricavato i chilogrammi di rifiuti prodotti per ogni mille euro di Valore Aggiunto Lordo. Abbiamo preso le previsioni del Valore Aggiunto Lordo della manifattura per l'Italia nel periodo di analisi da Oxford Economics (gennaio 2025), e,

utilizzando i coefficienti ricavati dai dati consuntivi e considerando la previsione della riduzione dei rifiuti contenuta nel PNIEC 2024 a politiche correnti, abbiamo stimato le quantità di rifiuti totali che il settore manifatturiero produrrà nei prossimi anni. A questi valori abbiamo poi applicati i coefficienti dei rifiuti speciali pericolosi e non pericolosi come si sono sviluppati nell'ultimo ventennio, ottenendo i dati previsionali per le due categorie.

A questi dati abbiamo applicato il costo di trattamento e smaltimento dei rifiuti speciali, suddivisi fra pericolosi e non pericolosi. Tali costi sono reperibili tramite richieste dirette agli operatori del settore e dall'analisi di alcuni siti internet della Pubblica Amministrazione locale. Quelli riportati nel rapporto costituiscono la media. C'è un generale consenso sul costo per i rifiuti speciali pericolosi, pari a circa 55 euro per quintale, più il costo per le analisi (circa 300 euro + IVA) e le spese di trasporto, mentre per i rifiuti speciali non pericolosi oscilla da circa 210 a 260 euro per tonnellata, più il costo per le analisi (circa 300 euro + IVA) e le spese di trasporto. Per un principio di prudenza abbiamo utilizzato il valore medio della forbice dei rifiuti speciali non pericolosi, pari a 235 euro per tonnellata, e per entrambe le categorie non abbiamo considerato i costi di analisi e le spese di trasporto.

Ottenuto così il costo di trattamento e smaltimento dei rifiuti del settore manifatturiero, abbiamo applicato il coefficiente di riduzione calcolato dalla Commissione Europea nello studio già citato, che è pari al 1%, ottenendo il vantaggio da riduzione dei costi per il periodo considerato, a cui andrebbero poi aggiunti i costi di trasporto che in questa analisi non abbiamo stimato.

La riduzione di emissioni di gas serra e il risparmio economico collegato

Partendo dalle previsioni della produzione di gas serra dello scenario di riferimento contenuto nel Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima (PNIEC) di giugno 2024, abbiamo stimato le previsioni future di produzione di gas serra del settore manifatturiero sia di scope 1 (dirette) sia di scope 2 (indirette, cioè da utilizzo di energia), con politiche nazionali e dell'Unione vigenti almeno fino al 2030, tenendo presente le riduzioni previste per le varie categorie di emissioni contenute nel piano citato. In sintesi, presi i valori presenti nel PNIEC, vale a dire gli anni 2019-2022, il 2025 e il 2030, abbiamo ricostruito le serie numeriche dei valori per gli anni intermedi, verificandone la coerenza con l'obiettivo delle emissioni totali escluso LULUCF.

Abbiamo poi preso a riferimento il documento realizzato da Accenture per CTIA⁷¹ nel 2022, e abbiamo estratto il rapporto fra la riduzione delle emissioni negli USA, calcolate da Accenture con il modello descritto più sopra nel in questo rapporto, e il totale delle emissioni di gas serra USA nello stesso anno da dati OCSE, ricavando il peso percentuale del risparmio dovuto al 5g

⁷¹ CTIA e Accenture, 5G Connectivity - A Key Enabling Technology to meet America's Climate Change Goals, 2022

negli USA rispetto al totale delle emissioni dirette e indirette del settore manifatturiero americano (6,5%). Tale percentuale è stata poi moltiplicata per il totale delle emissioni italiane della manifattura per scope 1 e scope 2 ricavate come spiegato sopra per gli anni dal 2025 al 2030, ricavandone il risparmio delle emissioni di gas serra espresse in CO2 equivalente dovuto al 5G.

Infine tali risparmi sono stati tradotti da tonnellate di CO2 equivalente in euro, utilizzando a tale scopo il valore di conversione proposto da uno studio⁷² della Environmental Protection Agency (EPA), l'Agenzia per la Protezione Ambientale degli Stati Uniti. Lo studio propone infatti una stima dei costi sociali dell'inquinamento ambientale da gas serra⁷³, tenendo conto di tutti gli impatti economici e sociali degli stessi. Dal momento che il valore è espresso in dollari, abbiamo utilizzato per la conversione in euro i tassi di cambio attesi dalle previsioni di Oxford Economics.

⁷² EPA, External Review Draft of Report on the Social Cost of Greenhouse Gases: Estimates Incorporating Recent Scientific Advances, 2023

⁷³ Il costo sociale dei gas serra (Social Cost of Greenhouse Gases, SC-GHG) rappresenta il valore monetario dei danni globali attesi causati dall'emissione di una tonnellata aggiuntiva di gas serra, come l'anidride carbonica (CO2) o il metano (CH4), in un determinato anno. Il calcolo del SC-GHG coinvolge diversi passaggi:

- **Proiezione delle emissioni:** Si stimano le emissioni future di gas serra basate su vari scenari di crescita economica e demografica.
- **Modellazione climatica:** Si utilizza un modello climatico per prevedere come queste emissioni influenzeranno il clima, considerando fattori come l'aumento delle temperature, il livello del mare e la frequenza degli eventi climatici estremi.
- **Valutazione dei danni:** Si quantificano i danni economici attesi in vari settori, come l'agricoltura, la salute umana, le infrastrutture e gli ecosistemi. Questo include sia i costi diretti (ad esempio, danni alle proprietà) che i costi indiretti (ad esempio, perdita di produttività).
- **Sconto dei danni futuri:** Si applica un tasso di sconto per convertire i danni futuri in valori presenti, riflettendo l'idea che i danni futuri valgono meno dei danni presenti.

Il risultato finale è una stima del costo per la società di una tonnellata aggiuntiva di emissioni di gas serra.

Limiti di responsabilità

I dati e le informazioni cui si fa riferimento nel presente documento sono forniti in buona fede, TIM, NetConsulting cube e Bi-Rex le ritengono accurate. In nessun caso TIM, TIM, NetConsulting cube o Bi-Rex saranno ritenute responsabili per qualsiasi danno diretto o indiretto, causato dall'utilizzo di queste informazioni.

I dati, le ricerche, le opinioni o i punti di vista espressi da TIM, NetConsulting cube e Bi-Rex non rappresentano dati di fatto. I materiali contenuti in questo documento riflettono le informazioni e le opinioni alla data di pubblicazione originale.

Le informazioni e le opinioni espresse in questo documento sono soggette a modifiche senza preavviso. TIM, NetConsulting cube e Bi-Rex non hanno alcun obbligo o responsabilità di aggiornare i materiali di questa pubblicazione di conseguenza.

TIM, NetConsulting cube e Bi-Rex non saranno, in nessuna circostanza, responsabili per qualsiasi investimento, decisione commerciale o di altro tipo basata o presa in base ai contenuti di questo documento.

Disclaimer by Analysys Mason 20 marzo 2025

Figures, projections and market analysis from Analysys Mason which are contained in this document are based on publicly available information only and are produced and published by the Research Division of Analysys Mason Limited independently of any client-specific work within Analysys Mason Limited. The opinions expressed in the Analysys Mason material cited herein are those of the relevant Analysys Mason report authors only. Analysys Mason Limited maintains that all reasonable care and skill have been used in the compilation of the publications and figures provided by Analysys Mason's Research Division and cited in this document. However, Analysys Mason Limited shall not be under any liability for loss or damage (including consequential loss) whatsoever or howsoever arising as a result of the use of Analysys Mason publications, figures, projections or market analysis in this document, by **Telecom Italia** its servants, agents, or any recipient of this document or any other third party. The Analysys Mason figures and projections cited in this report are provided for information purposes only and are not a complete analysis of every material fact respecting any company, industry, security or investment. Analysys Mason figures and projections in this document are not to be relied upon in substitution for the exercise of independent judgment. Analysys Mason may have issued, and may in the future issue, other communications that are inconsistent with, and reach different conclusions from, the Analysys Mason material cited in this document. Those communications reflect the different assumptions, views and analytical methods of the analysts who prepared them and Analysys Mason is under no obligation to ensure that such other communications are brought to the attention of any recipient of this document. The Analysys Mason material presented in this document may not be reproduced, distributed or published by any recipient for any purpose without the written permission of Analysys Mason Ltd.'

Ringraziamenti

Si ringraziano Analysys Mason, OMDIA e GSMA per la fornitura di dati e informazioni

CENTRO STUDI

