

## Le TLC di fronte alla sfida della sostenibilità: problemi e prospettive <sup>1</sup>

di Valerio Francola, Alessandro Liscai, Gordon A. Mensah e Alessandra Miraglia

### Premessa

All'inizio degli anni Novanta, sulla spinta in particolare di studi ed analisi dell'Oecd, si è dedicata molta attenzione al fenomeno della convergenza (tecnologica e di mercato) tra le industrie dell'Information and Communications Technologies (telecomunicazioni, audiovisivo, informatica). Alla base di questa "rivoluzione", la digitalizzazione – assieme ad altri fattori – ha svolto un ruolo fondamentale, tanto è che, nel nuovo millennio l'acronimo ICT è stato spesso sostituito con l'espressione ecosistema digitale.

Il passaggio dalle industrie ICT all'ecosistema digitale è stato determinato anche dall'avvento di nuove tecnologie e servizi: il cloud, i big data, il supercalcolo, la blockchain, e, più di recente, l'intelligenza artificiale. In tal modo, è indubbiamente aumentata la complessità sia dell'analisi, sia dell'individuazione delle policies più adatte a favorire lo sviluppo di sistemi produttivi in linea con la rivoluzione digitale. Solo per restare al contesto europeo, comunitario a dire meglio, da oltre un decennio l'Unione europea ha varato una strategia digitale, già rivista un paio di volte, per favorire la transizione digitale dell'economia – e della società - europee.

Le misure immaginate a tale riguardo, da ultimo con il Next Generation UE (PNRR, in Italia), hanno riguardato tanto le infrastrutture – e tra queste in particolare le reti di telecomunicazioni (o di comunicazione elettronica), quanto i "servizi" digitali (cloud, cybersecurity, ad esempio).

Alla luce di quanto precede, si deve sottolineare come premessa che, mentre nei primi tre capitoli di questo volume l'analisi si concentra sul settore TLC tra sfide e opportunità della transizione digitale, in questo capitolo, vi sono due "integrazioni": da un lato, si considera il più ampio contesto dell'ecosistema digitale (ICT, o sue "amplificazioni"), di cui le TLC costituiscono un fondamentale fattore abilitante; dall'altro lato, l'analisi si estende dalla transizione digitale a quella "gemella", ossia la transizione

---

<sup>1</sup> È il testo del capitolo quarto del libro di ASTRID, *Telecomunicazioni: una politica industriale per la doppia transizione*, a cura di Franco Bassanini e Antonio Perrucci, Bologna, Il Mulino, 2024. Le opinioni espresse dagli autori sono a carattere personale e non impegnano in alcun modo le istituzioni di appartenenza.

ecologica. A questo riguardo, si segnala che la relazione tra le cosiddette *twing transictions* assume duplice natura: per un verso, riguarda il modo in cui il settore TLC (le imprese, in particolare) si stia adeguando alla transizione ambientale; per altro verso, si tratta del contributo che le infrastrutture ed i servizi di TLC possono dare per il raggiungimento della sostenibilità ambientale.

Più precisamente, anticipando le due linee di approfondimento di questo capitolo, da un lato, viene esaminato il ruolo primario di abilitatore tecnologico delle società di telecomunicazioni nell'ambito della duplice transizione: fornendo connettività, le Telco sono il primo anello della catena quando si tratta di implementare tecnologie sostenibili in altri settori ed ecosistemi. Dall'altro lato, le società di telecomunicazioni sono impegnate nella definizione e nel costante aggiornamento della propria "agenda della sostenibilità": le Telco, infatti, possono generare un impatto ambientale diretto implementando soluzioni sostenibili all'interno del proprio modello di business. Sono esempi concreti l'utilizzo di energie rinnovabili e contatori energetici intelligenti negli uffici e nelle sedi operative, l'implementazione di sensori di flusso di dati Internet of Things (IoT) nei data center, l'applicazione dell'intelligenza artificiale per ottimizzare il consumo energetico delle proprie infrastrutture fisiche o ancora l'utilizzo di materiali innovativi e nuove tecnologie che riducono le emissioni di CO2 delle infrastrutture di rete di nuova generazione.

## **Parte I – Il settore ICT e la sfida della sostenibilità**

### **1. Il concetto di sostenibilità e le sue diverse declinazioni nel settore ICT**

Il concetto di sviluppo sostenibile, secondo la definizione contenuta nel noto rapporto elaborato nel 1987 dalla Commissione Brundtland per conto delle Nazioni Unite, *Our common future*<sup>2</sup>, si basa su due elementi: l'ambiente quale dimensione essenziale dello sviluppo economico e la responsabilità intergenerazionale nell'uso delle risorse naturali. Ponendo, quindi, l'accento sui principi di equità intergenerazionale e intragenerazionale, il rapporto identifica per la prima volta la sostenibilità come la condizione di uno sviluppo in grado di «assicurare il soddisfacimento dei bisogni della generazione presente senza compromettere la possibilità delle generazioni future di realizzare i propri»<sup>3</sup>.

---

<sup>2</sup> *Report of the World Commission on Environment and Development: Our Common Future*, 1987, disponibile alla pagina: <http://www.un-documents.net/our-common-future.pdf>.

<sup>3</sup> *Ivi*, p. 41.

Il concetto di sostenibilità nel tempo ha subito un'importante trasformazione<sup>4</sup>: muovendo da un'accezione preminentemente incentrata sugli aspetti ecologici ha assunto un significato più ampio, comprensivo della dimensione ambientale, di quella economica e di quella sociale.

Tappa fondamentale di questa evoluzione è stata la sottoscrizione (settembre 2015) dell'Agenda 2030 per lo Sviluppo Sostenibile da parte di 193 paesi membri delle Nazioni Unite<sup>5</sup>. L'Agenda 2030 insieme all'Accordo di Parigi sui cambiamenti climatici<sup>6</sup> costituiscono la tabella di marcia a livello internazionale in materia di sviluppo sostenibile e relative dimensioni ambientali, economiche, sociali e di governance<sup>7</sup>. In linea con l'obiettivo della neutralità climatica entro il 2050, anche l'Unione europea ha tracciato un puntuale percorso di sostenibilità, adottando nel 2019 la strategia *Green*

---

<sup>4</sup> UNCED, *United Nations Conference on Environment and Development*, Rio de Janeiro, 1992 (in occasione di questa conferenza venne approvato il documento programmatico *Agenda 21*); Johannesburg, 2002. Disponibili alla pagina: <https://www.un.org/en/conferences/environment>

<sup>5</sup> <https://www.un.org/sustainabledevelopment/>. L'Agenda definisce 17 Obiettivi di sviluppo sostenibile (Sustainable Development Goals – SDGs) da raggiungere entro il 2030, articolati in 169 Target monitorati attraverso oltre 240 indicatori: rispetto a tali parametri, ciascun Paese viene valutato periodicamente in sede ONU. Cfr. l'ultimo rapporto pubblicato a giugno 2024, *The Sustainable Development Goals Report*, disponibile alla pagina: <https://unstats.un.org/sdgs/report/2024/The-Sustainable-Development-Goals-Report-2024.pdf>

<sup>6</sup> United Nations, *Convenzione quadro delle Nazioni Unite sui cambiamenti climatici («Accordo di Parigi»)*, 2015, disponibile alla pagina: [https://unfccc.int/sites/default/files/english\\_paris\\_agreement.pdf](https://unfccc.int/sites/default/files/english_paris_agreement.pdf). L'accordo di Parigi si integra con i traguardi dell'Agenda, a partire dall'obiettivo 13 “Lotta contro il cambiamento climatico”. In particolare, l'Accordo definisce nel dettaglio i contenuti del sotto-obiettivo 13.2 dell'Agenda 2030, che richiede di “integrare le misure di cambiamento climatico nelle politiche, strategie e pianificazione nazionali”. L'Italia ha ratificato l'Accordo con la legge 4 novembre 2016, n. 204.

<sup>7</sup> L'Italia nel 2017 ha declinato l'Agenda 2030 delle Nazioni Unite nella Strategia Nazionale per lo Sviluppo Sostenibile (SNSvS). Si ricorda che ogni tre anni la SNSvS deve essere sottoposta a revisione. L'Istat, che al pari degli altri istituti nazionali di statistica svolge un ruolo attivo di coordinamento nazionale nella produzione degli indicatori per la misurazione dello sviluppo sostenibile e il monitoraggio dei suoi obiettivi, ogni anno pubblica il Rapporto sugli SDGs. Ministero dell'Ambiente e della tutela del territorio e del mare, *Strategia Nazionale per lo Sviluppo Sostenibile*, 2017, disponibile alla pagina: [https://www.mase.gov.it/sites/default/files/archivio\\_immagini/Galletti/Comunicati/snsvs\\_ottobre2017.pdf](https://www.mase.gov.it/sites/default/files/archivio_immagini/Galletti/Comunicati/snsvs_ottobre2017.pdf).

*Deal*<sup>8</sup>, nel 2021 il Pacchetto *Fit for 55*<sup>9</sup>, nel 2022 il piano *RePowerEU*<sup>10</sup> e nel 2023 il *Green Deal Industrial Plan*<sup>11</sup>.

Entro questa cornice, che vede a livello europeo combinarsi la transizione verde e la transizione digitale<sup>12</sup>, il settore ICT può contribuire in modo sostanziale a tutte e tre le dimensioni di sviluppo sostenibile sopra considerate<sup>13</sup>, come si vedrà nei successivi paragrafi del capitolo.

---

<sup>8</sup> V. la Comunicazione della Commissione europea COM(2019) 640 dell'11 dicembre 2019 alla pagina [https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:b828d165-1c22-11ea-8c1f-01aa75ed71a1.0006.02/DOC\\_1&format=PDF](https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:b828d165-1c22-11ea-8c1f-01aa75ed71a1.0006.02/DOC_1&format=PDF).

<sup>9</sup> Il pacchetto mira a tradurre in normativa le ambizioni del Green Deal, v. la Comunicazione della Commissione europea COM(2021) 550 del 14 luglio 2021 disponibile alla pagina: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/IT/TXT/PDF/?uri=CELEX:52021DC0550&from=IT>.

<sup>10</sup> Il piano REPowerEU, che si basa sulla piena attuazione del pacchetto *Fit for 55*, ha lo scopo di rafforzare l'autonomia strategica dell'UE nel settore energetico ed è incentrato sul sostegno alla transizione verso l'energia pulita e sull'unione delle forze per un sistema energetico più resiliente. V. la Comunicazione della Commissione europea COM(2022)230 del 18 maggio 2022 alla pagina: [https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:fc930f14-d7ae-11ec-a95f-01aa75ed71a1.0023.02/DOC\\_1&format=PDF](https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:fc930f14-d7ae-11ec-a95f-01aa75ed71a1.0023.02/DOC_1&format=PDF).

<sup>11</sup> Il Piano ha l'obiettivo di rafforzare la competitività dell'industria europea a zero emissioni nette e accelerare la transizione verso la neutralità climatica. V. la Comunicazione della Commissione europea COM/2023/62 del 1° febbraio 2023 alla pagina: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/IT/TXT/PDF/?uri=CELEX:52023DC0062>.

<sup>12</sup> V. Commissione europea, *Relazione di previsione strategica 2022. Abbinamento tra transizione verde e transizione digitale nel nuovo contesto geopolitico*, Comunicazione della Commissione al Parlamento europeo e al Consiglio, COM(2022) 289 final, 2022, disponibile alla pagina: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/IT/TXT/PDF/?uri=CELEX:52022DC0289&from=EN>. In relazione alla transizione digitale, v. inoltre: Commissione europea, *Proposal for a Regulation on measures to reduce the cost of deploying gigabit electronic communications networks and repealing Directive 2014/61/EU (Gigabit Infrastructure Act)*, COM(2023) 94 final, 2023, disponibile alla pagina: [https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:03b1958e-b362-11ed-8912-01aa75ed71a1.0001.02/DOC\\_1&format=PDF](https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:03b1958e-b362-11ed-8912-01aa75ed71a1.0001.02/DOC_1&format=PDF)

<sup>13</sup> Uno studio realizzato nel 2016 da Global e-Sustainability Initiative (GeSI) in collaborazione con Accenture Strategy (GeSI e Accenture Strategy, *#SystemTransformation: How digital solutions will drive progress towards the sustainable development goals*, 2016, disponibile alla pagina: [https://systemtransformation-sdg.gesi.org/160608\\_GeSI\\_SystemTransformation.pdf](https://systemtransformation-sdg.gesi.org/160608_GeSI_SystemTransformation.pdf)) dimostra l'impatto positivo che, le tecnologie digitali possono avere nel raggiungimento degli obiettivi di sviluppo sostenibile ed evidenzia l'opportunità di investire in iniziative a supporto della causa. Il rapporto identifica, inoltre, tre ostacoli da rimuovere per l'implementazione digitale delle TIC su larga scala: 1) vincoli politici e normativi; 2) vincoli dal lato dell'offerta, derivanti dalla necessità di reperire ingenti capitali per realizzare progetti infrastrutturali o per testare soluzioni digitali innovative; 3) ostacoli dal lato della domanda, come la scarsa accessibilità e la mancanza di competenze digitali necessarie per utilizzare le nuove soluzioni tecnologiche. *Ivi*, p. 33 e ss.

Solo a titolo esemplificativo, si ricorda che, riguardo il profilo ambientale, gli effetti diretti e indiretti prodotti dal settore ICT su tutta la filiera possono essere sia negativi sia positivi e, spesso, tendono a bilanciarsi. Da una parte, infatti, i cosiddetti effetti diretti, quali i processi di produzione, il trasporto, il consumo e lo smaltimento, comportano emissioni di CO<sub>2</sub> e un elevato consumo di energia. Dall'altra parte, gli effetti indiretti, ossia derivanti dall'applicazione delle ICT ai settori nevralgici dell'economia, quali ad esempio l'industria, i trasporti, l'agricoltura, l'edilizia e commercio, consentono risparmi in termini di risorse, la riduzione delle emissioni di gas serra e una maggiore efficienza energetica (Agenda 2030, Goal n. 13).

Dal punto di vista economico, invece, il settore ICT può contribuire a promuovere una crescita più equa: l'Internet delle cose e la robotica, ad esempio, possono rendere più efficienti la produzione e la logistica, con conseguenti benefici economici per il settore industriale (Agenda 2030, Goal n. 9).

Per quanto concerne, infine, la sostenibilità sociale, il settore ICT può, ad esempio: ridurre il *digital divide*, assicurando l'accesso ai servizi di comunicazione e all'informazione digitale indipendentemente dalla posizione geografica o dalle condizioni socio-economiche; garantire una maggiore inclusione delle categorie più vulnerabili (es. gli anziani, le persone con disabilità), consentendo di beneficiare di servizi medici più accessibili e di migliore qualità attraverso l'*e-healthcare* oppure favorendo lo sviluppo di strumenti e servizi che facilitino l'accesso al digitale anche a soggetti con gravi limitazioni della capacità di deambulazione, oltre ai non udenti e non vedenti; può, inoltre, sviluppare servizi dedicati alla collettività, si pensi, tra l'altro, alla prevenzione di incidenti stradali tramite servizi di connessioni integrati nelle automobili (Agenda 2030, Goal n. 3).

La trasformazione digitale e lo sviluppo delle infrastrutture di TLC offrono peraltro straordinarie opportunità anche per il superamento dei divari territoriali e della marginalizzazione delle aree interne, urbane e montane, con effetti positivi tanto in termini ambientali (riduzione della mobilità fisica sul territorio, monitoraggio del territorio, contrasto allo spopolamento delle aree interne) che economico-sociali.

Nel breve termine, per converso, la trasformazione digitale può mettere in crisi alcuni settori, comportando l'obsolescenza di un certo numero di attività produttive di beni e servizi basati su tecnologie superate, con conseguenti possibili effetti negativi in termini di occupazione e sostenibilità sociale della transizione; questi effetti devono essere mitigati da idonee politiche pubbliche.

Si tratta perlopiù di effetti negativi largamente compensati dai benefici che, anche in termini di occupazione e sostenibilità sociale, la trasformazione digitale produce. Ma non di rado i benefici si verificano a favore di aree territoriali o persone diverse da quelle che subiscono gli effetti negativi della transizione digitale.

## **2. Il connubio tra innovazione tecnologica, sostenibilità e crescita economica: le transizioni c.d. gemelle**

Nella cornice sopra delineata (Accordo di Parigi sui cambiamenti climatici e Agenda 2030), il costante progresso tecnologico che ha caratterizzato gli ultimi decenni non solo ha consentito la diffusione di modelli innovativi di impresa, ma è divenuto anello di congiunzione tra crescita economica e sviluppo sostenibile, svolgendo un ruolo determinante nel contesto della transizione verde (o ecologica).

La letteratura scientifica, infatti, individua nello sviluppo del settore ICT (a livello infrastrutturale e di investimenti) uno dei motori della crescita economica internazionale, nazionale e regionale<sup>14</sup>, in particolare laddove la comunicazione, l'accesso alle informazioni, la ricerca e l'innovazione sono i fattori chiave che influenzano gli indicatori di crescita<sup>15</sup>. Secondo tali studi, gli investimenti nell'ICT generano riduzione di costi e aumento della produttività e della competitività sui mercati. I massimi benefici derivano dalla modernizzazione dei processi aziendali e dallo sfruttamento delle opportunità offerte dai sistemi ICT.

In aggiunta, lo sviluppo del settore ICT influisce sulla crescita economica sia a livello macro sia micro<sup>16</sup>. A livello macro, fornisce un contributo in

---

<sup>14</sup> Tra gli altri: A. Fernandez-Portillo, M. Almodóvar-González e R. Hernández-Mogollón, *Impact of ICT development on economic growth. A study of OECD European union countries*, Technology in Society, vol. 63(C), 2020, disponibile alla pagina: <https://doi.org/10.1016/j.techsoc.2020.101420>; E. Toader, B. Narcis Firtescu, A. Roman e S.G. Anton, *Impact of Information and Communication Technology Infrastructure on Economic Growth: An Empirical Assessment for the EU Countries*, Sustainability, MDPI, vol. 10(10), 1-22, 2018, disponibile alla pagina: <https://www.mdpi.com/2071-1050/10/10/3750>; S. Cioacă S. Cristache, M. Vuță, E. Marine M.Vuță, *Assessing the impact of ICT sector on sustainable development in the European Union: an empirical analysis using panel data*, Sustainability, MDPI, vol. 12(2), 1-16, 2020, disponibile alla pagina: <https://www.mdpi.com/2071-1050/12/2/592>.

<sup>15</sup> D.W. Jorgenson e K.M. Vu, *The ICT revolution, world economic growth and policy issues. Telecommunications Policy*, Telecommunications Policy, vol. 40(5), 383-397, 2016, disponibile alla pagina: <https://doi.org/10.1016/j.telpol.2016.01.002>.

<sup>16</sup> M. Piatkowski, *Does ICT Investment Matter for Growth and Labor Productivity in Transition Economies?*, TIGER Working Paper Series, No. 47, Transformation,

particolare alla produttività, all'innovazione e all'efficienza dei mercati finanziari, mentre a livello micro, il rapido accesso alle informazioni, alla conoscenza e ai social network accelera la comunicazione, apre allo sviluppo di nuovi mercati, riduce i costi di produzione e di capitale, facilita l'adozione di innovazioni di processo e di prodotto e promuove la sostenibilità aziendale.

In un rapporto delle Nazioni Unite<sup>17</sup> si evidenzia l'impatto macroeconomico positivo dell'ICT generato dalla maggiore produttività del settore ICT stesso, dagli investimenti ICT trasversali in tutti i settori economici ed in grado di aumentare la produttività del lavoro e, infine, dal contributo fornito dai sistemi ICT alle innovazioni aziendali e all'efficienza complessiva dei modelli produttivi e di business.

In particolare, e con specifico riguardo alle infrastrutture di TLC, gli effetti di un aumento della penetrazione della banda larga fissa<sup>18</sup> e mobile<sup>19</sup> generano stime che registrano un consistente aumento indotto del PIL. I risultati empirici hanno rivelato, inoltre, che il livello di accesso a Internet influisce in modo statisticamente significativo sul PIL pro capite, evidenziando effetti positivi sulla crescita economica<sup>20</sup>.

Nel complesso si può affermare che l'evoluzione dei sistemi ICT contribuisce alla crescita economica dei Paesi UE ed in generale dei paesi sviluppati<sup>21</sup>, ma

---

Integration and Globalization Economic Research (TIGER), Warsaw, 2003, disponibile alla pagina: <https://www.econstor.eu/bitstream/10419/140698/1/379152819.pdf>

<sup>17</sup> UNCTAD, *Measuring the Impacts of Information and Communication Technology for Development*. Current Studies on Science, Technology and Innovation, N° 3, Geneva, 2011, disponibile alla pagina: [https://unctad.org/system/files/official-document/dtlstict2011d1\\_en.pdf](https://unctad.org/system/files/official-document/dtlstict2011d1_en.pdf)

<sup>18</sup> M. Minges, *Exploring the Relationship Between Broadband and Economic Growth*, Background Paper prepared for the World Development Report 2016: Digital Dividends, World Bank, 2015, disponibile alla pagina: <https://documents1.worldbank.org/curated/en/178701467988875888/pdf/102955-WP-Box394845B-PUBLIC-WDR16-BP-Exploring-the-Relationship-between-Broadband-and-Economic-Growth-Minges.pdf>

<sup>19</sup> H. Edquist, P. Goodridge, J. Haskel, X. Li e E.Lindquist, *How important are mobile broadband networks for global economic development?*, Information Economics and Policy, vol. 45, 16–29, 2018, disponibile alla pagina: <http://old.iariw.org/copenhagen/edquist.pdf>

<sup>20</sup> J. Manyika e C. Roxburgh, *The great transformer: The impact of the Internet on economic growth and prosperity*, McKinsey Global Institute, 2011, disponibile alla pagina: [https://www.mckinsey.com/~media/mckinsey/industries/technology%20media%20and%20telecommunications/high%20tech/our%20insights/the%20great%20transformer/mgi\\_impact\\_of\\_internet\\_on\\_economic\\_growth.pdf](https://www.mckinsey.com/~media/mckinsey/industries/technology%20media%20and%20telecommunications/high%20tech/our%20insights/the%20great%20transformer/mgi_impact_of_internet_on_economic_growth.pdf)

<sup>21</sup> T.D. Stanley, H. Doucouliagos e P. Steel, *Does ICT Generate Economic Growth? A Meta-Regression Analysis*, Journal of Economic Surveys, vol. 32(3), 705-726, 2018, disponibile alla pagina: <https://doi.org/10.1111/joes.12211>; M.T. Majeed e T. Ayub, *Information and communication technology (ICT) and economic growth nexus: a*

anche dei paesi in via di sviluppo<sup>22</sup>, riducendo in alcuni casi le disuguaglianze, sia internazionali che interne ai singoli paesi<sup>23</sup>.

Ma la transizione digitale può assolvere anche un'altra importante funzione: le tecnologie digitali attualmente esistenti e quelle future possono diventare fattori chiave per la c.d. transizione verde (nei termini definiti a livello europeo), contribuendo a creare un'economia e una società climaticamente neutre ed efficienti sotto il profilo delle risorse (sinergie tra le due transizioni)<sup>24</sup>.

Lo stretto legame tra le due transizioni c.d. gemelle (digitale ed ecologica) è evidenziato nella programmazione europea nel Digital Compass<sup>25</sup> (uno dei pilastri strategici dell'Unione europea insieme al Green Deal) che delinea obiettivi di digitalizzazione in un'ottica di sviluppo sostenibile, e, più recentemente, nella definizione della Piattaforma Step (*Strategic Technologies for Europe Platform*)<sup>26</sup>. In particolare, quest'ultima iniziativa ha

---

*comparative global analysis*, Pakistan Journal of Commerce and Social Sciences (PJCSS), Johar Education Society, Pakistan (JESPK), Lahore, vol. 12(2), 443-476, 2018, disponibile alla pagina: <https://www.econstor.eu/bitstream/10419/188352/1/pjcss431.pdf>.

<sup>22</sup> Per quanto riguarda l'Indonesia: B.N. Rath, e D. Hermawan, *Do information and communication technologies foster economic growth in Indonesia?*, Bulletin of Monetary Economics and Banking, Bank Indonesia, vol. 22(1), 103-122, 2019, disponibile alla pagina: <https://doi.org/10.21098/bemp.v22i1.1041>; Per quanto riguarda i Paesi africani: Adeleye, N. e Eboagu, C., *Evaluation of ICT development and economic growth in Africa*, Netnomics, Springer, vol. 20(1), 31-53, 2019, disponibile alla pagina: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11066-019-09131-6>.

<sup>23</sup> S., Cioacă, S. Cristache, M. Vuță, E. Marin e M. Vuță, *Assessing the impact of ICT sector on sustainable development in the European Union: an empirical analysis using panel data*, Sustainability, MDPI, vol. 12(2), 1-16, 2020, disponibile alla pagina: <https://www.mdpi.com/2071-1050/12/2/592>.

<sup>24</sup> A livello europeo, la questione dell'allineamento tra sostenibilità e digitalizzazione ha assunto nel tempo sempre più rilevanza. Nel 2022, la Commissione ha pubblicato un rapporto *Science for Policy*: *Verso un futuro verde e digitale*, che descrive le interazioni tra le due transizioni e individua i possibili effetti significativi in termini di sviluppo dell'UE e dei suoi Stati membri. Cfr. S. Muench, E. Stoermer, K. Jensen, T. Asikainen, M. Salvi e F. Scapolo, *Towards a green and digital future*, Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2022, disponibile alla pagina: <https://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/handle/JRC129319>.

<sup>25</sup> Commissione europea, *2030 Digital Compass: the European way for the Digital Decade*, Comunicazione della Commissione al Parlamento europeo, al Consiglio, al Comitato Economico e Sociale europeo e al Comitato delle Regioni, COM(2021) 118 final, 9 marzo 2021, disponibile alla pagina: [https://commission.europa.eu/system/files/2023-01/cellar\\_12e835e2-81af-11eb-9ac9-01aa75ed71a1.0001.02\\_DOC\\_1.pdf](https://commission.europa.eu/system/files/2023-01/cellar_12e835e2-81af-11eb-9ac9-01aa75ed71a1.0001.02_DOC_1.pdf)

<sup>26</sup> Official Journal of the European Union, *Regulation (EU) 2024/795 of the European parliament and of the Council of 29 February 2024 establishing the Strategic Technologies for Europe Platform (STEP)*, disponibile alla pagina:

l'obiettivo di stimolare in Europa gli investimenti nelle tecnologie c.d. critiche (deep e digital technology, cleantech e biotech), rafforzando la competitività e l'autonomia strategica europea anche mediante la riduzione della dipendenza dalle catene di approvvigionamento extra UE. Per raggiungere tale obiettivo, Step mobilerà e orienterà risorse già disponibili provenienti da 11 programmi e fondi di finanziamento che fanno riferimento alle politiche di coesione e ai piani di ripresa e resilienza<sup>27</sup>, ponendo attenzione anche alla carenza di manodopera e di competenze necessarie a sostenere e guidare l'innovazione e la trasformazione del settore industriale europeo.

L'evidente contaminazione tra le due transizioni comporta, quindi, che le strategie verdi e quelle digitali possano, e debbano, essere sviluppate di pari passo. Seguendo una doppia coordinata tabella di marcia, le imprese possono ridurre il proprio impatto ambientale, migliorare la propria offerta digitale e soddisfare i propri obblighi morali nei confronti delle generazioni future, contribuendo ad un mondo più sostenibile, come definito dagli SDGs.

La necessità di intervento del decisore pubblico per coordinare le azioni sulle due transizioni ha portato, in diversi Paesi (europei e non), ad introdurre incentivi e agevolazioni per supportare le imprese nel processo di adozione di tecnologie abilitanti. La convergenza dei diversi piani industriali sugli obiettivi delle transizioni gemelle dovrebbe generare, peraltro, un effetto leva degli investimenti sostenuti dai privati, aumentandone gli effetti<sup>28</sup>.

L'aumento delle emissioni di CO2 derivante dall'uso sempre più intensivo delle tecnologie ICT e dalla crescita del PIL<sup>29</sup> che, in prima battuta, potrebbe

---

[https://commission.europa.eu/document/download/3606579c-46fb-4868-a225-535943d95400\\_en?filename=OJ\\_L\\_202400795\\_EN\\_TXT.pdf](https://commission.europa.eu/document/download/3606579c-46fb-4868-a225-535943d95400_en?filename=OJ_L_202400795_EN_TXT.pdf)

<sup>27</sup> Digital Europe Programme, European Defence Fund, EU4Health, Horizon Europe, Innovation Fund, InvestEU, Recovery and Resilience Facility, Cohesion Fund, European Regional Development Fund, European Social Fund+ e Just Transition Fund.

<sup>28</sup> Come sostenuto dalla United Nations Conference on Trade and Development (UNCTAD), per poter trarre vantaggio dalle opportunità derivanti dalla doppia transizione in un settore specifico e centrale come, ad esempio, quello della catena globale del valore in ambito manifatturiero, è necessario creare delle politiche che abbraccino contestualmente i settori dell'energia, dell'ambiente, dell'industria e degli investimenti esteri. Un coordinamento efficace da parte del decisore pubblico a livello nazionale, infatti, giova alle imprese nell'adozione di tecnologie verdi. Cfr. UNCTAD, *Twin Transition for Global Value Chains: Green and Digital*, UNCTAD Policy Brief No. 111, 2023, disponibile alla pagina: <https://unctad.org/publication/twin-transition-global-value-chains-green-and-digital>

<sup>29</sup> Come è stato già evidenziato, i sistemi ICT hanno un impatto positivo sulla crescita economica misurata dal PIL pro capite. V. A.A. Erumban e D.K. Das, *Information and communication technology and economic growth in India*, Telecommunications Policy, vol. 40(5), 412-431, 2016, disponibile alla pagina: <https://doi.org/10.1016/j.telpol.2015.08.006>.

comportare maggiori oneri ambientali tali da far presupporre una sorta di “tensione” tra le due transizioni, sembra tuttavia essere ampiamente bilanciato dai risparmi energetici e dalla riduzione del consumo di risorse che l’implementazione delle tecnologie digitali garantisce ai diversi settori economici, grazie alle soluzioni offerte nella progettazione di modelli di sviluppo sostenibile e rispettosi dell’ambiente<sup>30</sup>.

Secondo la letteratura<sup>31</sup>, infatti, l’ICT può offrire diversi strumenti innovativi per garantire importanti risparmi energetici (per approfondimenti vedi paragrafo 4.6).

Alcuni esempi sono la diffusione di reti 5G associate all’analisi dei big data, all’intelligenza artificiale e all’apprendimento automatico che dovrebbero fornire connessioni per un *Massive IoT*, in cui miliardi di dispositivi intelligenti possono essere connessi ad Internet. Offrono anche diverse applicazioni rispettose dell’ecosistema che, tra l’altro, possono anche fungere da catalizzatore per l’economia circolare, dal monitoraggio dell’ambiente e degli animali alle applicazioni di *e-agriculture*, processi aziendali migliorati e maggiore efficienza nella produzione.

Inoltre, le tecnologie ICT influenzano direttamente l’efficienza complessiva e il consumo di elettricità dei sistemi degli edifici e di altre infrastrutture. Ad esempio, i sensori wireless ICT forniscono applicazioni in grado di generare risparmio energetico, come ad esempio nell’ambito di reti ed edifici intelligenti e nella produzione di energia rinnovabile, che possono essere integrate in progetti di città intelligenti e sostenibili e in modelli di e-government, nella prospettiva di ridurre il livello di emissioni di CO2 causate dall’intensificarsi delle attività economiche.

Ancora, l’intelligenza artificiale e l’apprendimento automatico forniscono risorse preziose per il processo decisionale e politico nell’era dei big data e delle immagini digitali rilevanti per gli studi ambientali. L’implementazione dell’IoT associato all’intelligenza artificiale e al cloud computing, infine, può far risparmiare risorse naturali ormai sempre più scarse e aumentare la produttività, offrendo ai decisori del settore privato e pubblico l’opportunità di integrare i sistemi ICT in tutti i segmenti produttivi e di offerta di servizi<sup>32</sup>.

---

<sup>30</sup> G. Misuraca, e G. Viscusi, *Shaping public sector innovation theory: An interpretative framework for ICT-enabled governance innovation*, Electronic Commerce Research, vol. 15(3), 303 – 322, 2015, disponibile alla pagina: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10660-015-9184-5>

<sup>31</sup> S. Li, D.L. Xu e S. Zhao, *5G internet of things: A survey*, Journal of Industrial Information Integration, vol. 10, 1-9, 2018, disponibile alla pagina: <https://doi.org/10.1016/j.jii.2018.01.005>.

<sup>32</sup> A titolo di esempio, un team composto da ricercatori del Virginia Tech, Ericsson e del AI Cross-Center Unit del Technology Innovation Institute (Tii) degli Emirati Arabi Uniti,

Transizione verde e transizione digitale, quindi, sono strettamente interconnesse, per quanto abbiano natura diversa e siano soggette ciascuna ad una dinamica propria. La loro sinergia, intesa come la capacità di rafforzarsi a vicenda, è ormai riconosciuta a livello europeo come fattore determinante per il conseguimento degli obiettivi di sviluppo sostenibile delle Nazioni Unite.

Da ciò consegue l'importanza di un approccio globale, strategico, di medio e lungo periodo, che guardi alle due transizioni esplorandone le numerose interconnessioni ma anche i punti di tensione e gli effetti indesiderati (ad. es. il c.d. effetto di rimbalzo).

Il ruolo centrale della tecnologia nel guidare uno sviluppo rispettoso del clima<sup>33</sup>, contestualmente ad un impatto positivo sui modelli di business, è dimostrato, inoltre, dalla scelta di numerose grandi aziende che, seguendo l'esempio delle cosiddette *Big Tech* (e in particolare, di Google, Microsoft e Apple), hanno deciso di impegnarsi, nell'ambito di RE100<sup>34</sup> e di altre iniziative simili, nel contribuire a realizzare una piena transizione energetica (100% di energia pulita) e che, incidendo su vari aspetti della sostenibilità e della tecnologia ambientale, sono pioniere di soluzioni scalabili in aree produttive altamente strategiche<sup>35</sup>.

Un grande incentivo all'introduzione di nuove politiche nasce dalla stretta relazione tra la competizione per il primato nelle tecnologie di frontiera e l'incremento degli impatti reali generati dal cambiamento climatico. In questo contesto, si registra una maggiore proattività da parte delle maggiori economie

---

sta lavorando ad un progetto ambizioso: trovare un equilibrio tra l'accuratezza degli algoritmi ed il consumo sostenibile di energia per l'Intelligenza Artificiale (AI) distribuita. Il team si concentrerà, nello specifico, su come la quantizzazione – una tecnica che crea una rappresentazione più efficiente dello stato dell'AI – sia in grado di influenzare l'equilibrio tra accuratezza, tempi di convergenza e consumo di energia all'interno di un sistema di AI distribuita. Tale progetto ha già vinto un premio all'Ieee International Conference on Communications (ICC) del 2022, nella categoria Green Communication Systems and Networks Symposium.

<sup>33</sup>D.A. Higón, R. Gholami e F., Shirazi, *ICT and environmental sustainability: A global perspective*, Telematics and Informatics, vol. 34(4), 85-95, 2017, disponibile alla pagina: <https://doi.org/10.1016/j.tele.2017.01.001> A. Ollo-Lopez e M.E. Aramendía-Muneta, *ICT impact on competitiveness, innovation and environment*, Telematics and Informatics, vol. 29(2), 204-210, 2012, disponibile alla pagina: <https://doi.org/10.1016/j.tele.2011.08.002>.

<sup>34</sup> RE100 è un'iniziativa globale che riunisce le aziende più influenti del mondo impegnate a produrre elettricità al 100% da fonti rinnovabili: <https://www.there100.org/>.

<sup>35</sup> Nell'interpretazione più estensiva, comprendono le tecnologie per l'energia pulita (rinnovabili, idrogeno verde, cattura e stoccaggio di anidride carbonica), combustibili alternativi, tecnologie per l'efficientamento energetico degli edifici e la mobilità sostenibile (veicoli a basse emissioni, sistemi di ricarica), fino all'illuminazione e al trattamento delle acque.

internazionali (in primis, Cina e USA) che, attraverso incentivi e sostegni alle imprese, cercano di attrarre investimenti nei rispettivi mercati interni o nei mercati “amici” seguendo la logica del *friendshoring*. Questi interventi hanno lo scopo di avviare e/o incrementare la produzione tecnologica determinante sia per la transizione digitale sia per la transizione ambientale.

In questa cornice, l'intervento pubblico ricopre un ruolo considerevole, non soltanto nella lotta al cambiamento climatico, ma anche ai fini del coinvolgimento del settore privato nello sviluppo sostenibile; è pacifico, infatti, che il contributo del settore privato sarà assolutamente decisivo ai fini del raggiungimento del Goal 17<sup>36</sup> e contestualmente di tutti gli altri *Sustainable Development Goals*.

### 3. Politiche pubbliche ed incentivo alla sostenibilità

Con l'Accordo di Parigi del 2015, gli sforzi dell'Unione europea per contrastare il cambiamento climatico si sono intensificati, come dimostra l'adozione di normative e pacchetti di legge volti ad implementare una strategia coordinata sia nell'azione interna sia esterna.

Secondo la Legge europea sul clima, gli Stati dell'UE devono ridurre le emissioni di gas serra di almeno il 55% entro il 2030. L'obiettivo è rendere l'UE neutrale dal punto di vista climatico entro il 2050. Il Consiglio europeo ha sottolineato che la transizione verso la neutralità climatica porta con sé significative opportunità per: i) la crescita economica; ii) i mercati e occupazione, iii) lo sviluppo tecnologico<sup>37</sup>.

Il Pacchetto *Fit for 55* consta di un insieme di proposte di revisione della legislazione esistente e di nuove iniziative, e rappresenta il piano chiave dell'UE per trasformare gli obiettivi climatici in leggi comunitarie. Il pacchetto comprende norme su: i) energia, ii) trasporti, iii) scambio e riduzione delle emissioni, iv) uso del suolo e silvicoltura<sup>38</sup>.

Per i Paesi UE questi provvedimenti comportano l'impegno a destinare il 30% del bilancio a lungo termine dell'UE per il periodo 2021-2027 e del Recovery and Resilience Facility di Next Generation EU a progetti legati al clima, ai quali saranno dunque riservate quote significative delle dotazioni finanziarie

---

<sup>36</sup> Goal 17: Rafforzare i mezzi di attuazione e rinnovare il partenariato mondiale per lo sviluppo sostenibile.

<sup>37</sup> Consiglio europeo, *Fit for 55, The EU's plan for a green transition*: <https://www.consilium.europa.eu/it/policies/green-deal/fit-for-55-the-eu-plan-for-a-green-transition/>

<sup>38</sup> Consiglio europeo, *ibidem*.

nell’ambito comunitario<sup>39</sup>, il che posiziona l’Unione europea, congiuntamente ai suoi Stati membri, con 28,05 miliardi di EUR erogati nel 2022, tra i principali erogatori di finanziamenti per il clima a livello mondiale (con Cina e Stati Uniti)<sup>40</sup>.

Per garantire che la transizione climatica sia equa, l’UE ha introdotto un meccanismo di supporto che mira a fornire sostegno finanziario e tecnico alle regioni più penalizzate dai costi connessi al passaggio a un’economia a basse emissioni di carbonio. A tal fine, saranno mobilitati fino a 90 miliardi di euro.

Analizzando le varie politiche dell’Unione europea, è possibile comprendere come il cambiamento climatico sia diventato elemento fondante di tutte le maggiori azioni intraprese, interne ed esterne. L’aspetto economico, come evidenziato dal Consiglio, è uno dei principali fattori alla base del cambio di paradigma. Si è passati, infatti, dalla lotta al cambiamento climatico, attraverso azioni di mitigazione ed adattamento che hanno caratterizzato le politiche sul clima dei primi dieci anni di questo secolo<sup>41</sup>, ad un approccio proattivo, secondo cui il clima e l’ambiente sono considerati come elementi centrali ed abilitanti di una nuova economia. La cosiddetta “*Green Economy*” si pone come obiettivo la tutela dell’ambiente, ma assicurando contemporaneamente, in stretta coniugazione, crescita economica e sviluppo tecnologico. Quest’ultimo elemento ricopre un ruolo chiave nell’economia verde, come evidenziato nel paragrafo precedente, sia per quanto concerne la conservazione dell’ambiente, sia per lo sviluppo economico e la creazione di nuovi posti di lavoro.

Considerato che per raggiungere gli obiettivi globali di decarbonizzazione sono necessari investimenti per 4-5.000 miliardi di dollari l’anno a livello mondiale<sup>42</sup>, il settore pubblico, oltre a contribuire direttamente, svolge anche

---

<sup>39</sup> A. Belladonna, e A. Gili, *How the European Green Deal Will Drive the Next Generation EU*, ISPI Commentary, 2020, disponibile alla pagina: <https://www.ispionline.it/en/publication/how-european-green-deal-will-drive-next-generation-eu-26494>

<sup>40</sup> <https://epthinktank.eu/2022/06/05/fit-for-55-package/>. L’UE e i suoi Stati membri sono il principale fornitore a livello mondiale di finanziamenti pubblici per il clima, con 28,50 miliardi di euro in finanziamenti pubblici e altri 11,9 miliardi di EUR in finanziamenti privati erogati nel 2022. Cfr. Consiglio europeo, *Finanziamento della transizione climatica*: <https://www.consilium.europa.eu/it/policies/climate-finance/>.

<sup>41</sup> A. Jordan, D. Huitema e H. Van Asselt, *Climate change policy in the European Union: An introduction*, In A. Jordan, D. Huitema, H. Van Asselt, T. Rayner, e F. Berkhout (Eds.), *Climate Change Policy in the European Union: Confronting the Dilemmas of Mitigation and Adaptation?* (pp. 3-26), Cambridge, Cambridge University Press, 2010, disponibile alla pagina: <https://doi.org/10.1017/CBO9781139042772.003>

<sup>42</sup> IEA, *Net Zero Roadmap: A Global Pathway to Keep the 1.5 °C Goal in Reach*, Parigi, 2023,

un ruolo di *leverage* per attrarre, implementando il Goal 17<sup>43</sup> degli SDGs ed i principi ESG, investimenti privati tramite strumenti quali la cosiddetta *Climate Finance*<sup>44</sup>.

La Green Economy, infatti, attribuisce grande rilevanza al settore privato, riconoscendogli un ruolo attivo nella riduzione delle emissioni e, in generale, nel contrasto al cambiamento climatico che, precedentemente, era appannaggio esclusivo del settore pubblico (Commissione Brundtland del 1984 e Conferenza di Rio del 1992).

Sul versante tecnologico, il settore privato ha un ruolo determinante nella creazione, produzione ed utilizzo di tecnologie nonché di innovativi modelli di business con un impatto positivo sul clima e sulle persone, generando un profitto ed una crescita economica più sostenuti. Spetta poi ovviamente alle imprese private dell'industria e dei servizi riconvertire organizzazione, modelli produttivi e prodotti, utilizzando appieno le opportunità della trasformazione digitale e dell'Intelligenza Artificiale.

Questo rinnovato ruolo del settore privato (finanziario e produttivo) ha rilanciato una accesa competizione tra i Paesi più industrializzati, mediante l'introduzione di incentivi, sussidi e detassazioni volti a promuovere la ricerca e l'innovazione tecnologica, a sostenere lo sviluppo e l'adozione delle tecnologie pulite e a accelerare la ristrutturazione dei modelli produttivi, nel duplice intento di raggiungere gli obiettivi ambientali e di accrescere la competitività nazionale. I principali attori globali (USA, UE e Cina), infatti, hanno iniziato ad adottare politiche che, da un lato, sostengono la trasformazione produttiva interna per ottenere rapidamente dalle economie di scala e, dall'altro lato, cercano di attrarre gli investimenti di aziende estere tecnologicamente avanzate<sup>45</sup>.

Negli USA, l'*Inflation Reduction Act (IRA)* del 2022 rappresenta, al di là del nome, la più importante legge di contrasto agli effetti del cambiamento

---

disponibile alla pagina: <https://www.iea.org/reports/net-zero-roadmap-a-global-pathway-to-keep-the-15-0c-goal-in-reach>.

<sup>43</sup> Goal 17: Rafforzare i mezzi di attuazione e rinnovare il partenariato mondiale per lo sviluppo sostenibile.

<sup>44</sup> B. Handler e M. Bazilian, *How private capital can be leveraged to fight climate change*, World Economic Forum, 2022, disponibile alla pagina: <https://www.weforum.org/agenda/2022/02/how-private-capital-can-be-leveraged-to-fight-climate-change/>; UNEP, *Too Little, Too Slow – Climate adaptation failure puts world at risk*, Adaptation Gap Report 2022, 2022, , disponibile alla pagina: <https://www.unep.org/resources/adaptation-gap-report-2022>

<sup>45</sup> L. Hughes e J. Meckling, *Policy competition in clean technology: Scaling up or innovating up?*, *Business and Politics*, 20(4), 588-614, 2018, <https://doi.org/10.1017/bap.2018.20>

climatico adottata negli Stati Uniti. Essa, infatti, oltre a prevedere misure di contrasto all'inflazione, attiva una imponente leva finanziaria statale che, attraverso crediti di imposta, sussidi, garanzie sui prestiti, è volta a sostenere le imprese statunitensi nel contesto della competizione energetica e ad attrarre investimenti esteri negli Stati Uniti. Per accelerare la transizione verso un'economia basata sull'energia pulita, l'IRA introduce finanziamenti, programmi e incentivi per imprese, organismi non profit, istituzioni educative, istituzioni statali e locali che riducono i costi dell'energia rinnovabile, dall'energia eolica a quella fotovoltaica, da quella geotermica all'idrogeno, e comunque ne rendono vantaggioso l'impiego<sup>46</sup>. l'obiettivo è incentivare la transizione ecologica favorendo componenti e produttori americani; gran parte dei crediti di imposta, infatti, sono vincolati all'utilizzo di materiali statunitensi o comunque di Paesi che hanno con gli Stati Uniti un accordo di libero scambio, nonché all'apertura di impianti produttivi sul territorio americano.

Quest'ultimo punto ha suscitato preoccupazione tra i Paesi dell'Unione europea che, nonostante il rigoroso percorso di transizione ecologica intrapreso (come ricordato nel paragrafo precedente), scontano un significativo ritardo tecnologico rispetto a Stati Uniti e Cina, soprattutto in relazione alle tecnologie digitali. Sussiste, inoltre, anche il potenziale rischio di perdita ulteriore di competitività dovuto all'interesse da parte di molte aziende europee a delocalizzare i loro impianti produttivi negli Stati Uniti, proprio per beneficiare degli incentivi dell'IRA<sup>47</sup>.

La reazione dell'Unione europea all'IRA si è concretizzata nel c.d. *Green Deal Industrial Plan*, presentato a Davos nel febbraio 2023<sup>48</sup>. Il piano è volto a migliorare la competitività nella riduzione delle emissioni e a sostenere la transizione verso la neutralità climatica e mira a creare un ambiente più favorevole al potenziamento della capacità produttiva dell'Ue nell'ambito

---

<sup>46</sup> The White House, *Building a Clean Energy Economy: A Guidebook to the Inflation Reduction Act's Investments in Clean Energy and Climate Action*, CleanEnergy.gov, Version 2, January 2023, disponibile alla pagina: <https://www.whitehouse.gov/cleanenergy/inflation-reduction-act-guidebook/>

<sup>47</sup> A. Gili, *Clean Tech: l'UE risponde all'IRA (e a Xi). Sussidi, semplificazioni normative, diversificazione, freni alla Cina. L'UE prova a rafforzare l'industria hi-tech green in una nuova globalizzazione. Basterà?*, ISPI Commentary, Aprile 2023, disponibile alla pagina: <https://www.ispionline.it/it/pubblicazione/clean-tech-lue-risponde-allira-e-a-xi-121339>

<sup>48</sup> Commissione europea, *The Green Deal Industrial Plan: putting Europe's net-zero industry in the lead*, Press Release, Brussels, 1 February 2023, disponibile alla pagina: [https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/ip\\_23\\_510](https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/ip_23_510)

delle tecnologie e dei prodotti net-zero, necessari per raggiungere gli ambiziosi obiettivi climatici prefissati<sup>49</sup>.

Per quanto concerne la pianificazione strategica e finanziaria, il Green Deal Industrial Plan integra il Green Deal europeo, presentato dalla Commissione l'11 dicembre 2019, e il REPowerEU, il piano della Commissione Ue per rendere l'Europa indipendente dai combustibili fossili<sup>50</sup>. Rispetto a quest'ultimo, mirante essenzialmente al contrasto al cambiamento climatico, il Green Deal Industrial Plan si focalizza maggiormente sulla trasformazione di economia ed industria nell'ottica delle transizioni gemelle, nel contesto di una competizione internazionale che pone al centro tecnologia ed imprese.

La finalità di accelerare la doppia transizione e sostenere la competitività dell'economia europea ha portato, inoltre, ad una revisione delle norme sugli aiuti di Stato ai produttori di tecnologia verde, consentendo ai Paesi membri di eguagliare i sussidi erogati ai loro concorrenti da Paesi terzi. Una scelta che evidenzia come il nuovo paradigma, che lega ambiente, tecnologia e competitività, sottenda tutta la produzione normativa dell'Unione europea: tanto i piani finanziari e le direttive di medio e lungo termine quanto gli interventi per fronteggiare situazioni emergenziali e contingenti, come quella legata al costo dell'energia.

L'ecosistema complessivo delle tecnologie legate alla green economy, che approfondiremo nei paragrafi successivi, muove tra i 2.500 e i 3.000 miliardi di euro a livello globale (tra i 450 e i 600 miliardi di euro nella UE e intorno ai 40 miliardi di euro in Italia)<sup>51</sup>. Nella competizione mondiale del *clean tech*, nonostante le numerose iniziative intraprese da USA e UE per colmare il divario<sup>52</sup>, la leadership resta nelle mani della Cina, anche grazie alla sua ampia disponibilità di materie prime critiche.

---

<sup>49</sup> EIT Digital, *Digital Technologies and the Green Economy*, Markers & Sharpers report, 2022, disponibile alla pagina:

[https://www.eitdigital.eu/fileadmin/2022/ecosystem/publications/EIT-Digital\\_Report\\_Digital-Technologies-and-the-Green-Economy.pdf](https://www.eitdigital.eu/fileadmin/2022/ecosystem/publications/EIT-Digital_Report_Digital-Technologies-and-the-Green-Economy.pdf)

<sup>50</sup> REPowerEU *Energia sicura, sostenibile e a prezzi accessibili per l'Europa*: [https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-2019-2024/european-green-deal/repowereu-affordable-secure-and-sustainable-energy-europe\\_it](https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-2019-2024/european-green-deal/repowereu-affordable-secure-and-sustainable-energy-europe_it)

<sup>51</sup> C. Bussi, *Tecnologia e sostenibilità unite nella corsa verso emissioni zero*, in «Il Sole 24 Ore», 7 marzo 2023, disponibile alla pagina: <https://www.ilssole24ore.com/art/tecnologia-e-sostenibilita-unite-corsa-emissioni-zero-AEMhNkuC>

<sup>52</sup> ISPI, cit.

#### 4. L'agenda della sostenibilità delle Telco

La sfida globale per lo sviluppo sostenibile, la necessità di contribuire al contrasto al cambiamento climatico, l'esigenza di migliorare l'efficienza operativa, nonché la crescente pressione esercitata dall'opinione pubblica<sup>53</sup> hanno spinto la maggior parte delle Telco a dotarsi di una propria "agenda della sostenibilità"<sup>54</sup>, seppure con risultati non ancora omogenei<sup>55</sup>.

In generale, si registra una tendenza positiva, che vede le Telco sempre più impegnate nel raggiungimento dell'obiettivo *Net Zero* e nel contenimento dell'innalzamento della temperatura a 1.5°C<sup>56</sup> e sempre più consapevoli della complessità delle sfide del settore. Si registra una correlazione positiva tra politiche di sostenibilità e performance. Le aziende che investono e si impegnano in pratiche di sostenibilità registrano, infatti, effetti positivi sia di breve sia di lungo periodo, rafforzando il proprio posizionamento strategico<sup>57</sup>.

---

<sup>53</sup> Cfr., ad esempio, il report Ericsson, *Consumers, sustainability and ICT. Perceptions and actions around climate and the role of ICT in living sustainably*, Ericsson Consumer Lab Insight Report, maggio 2020, disponibile alla pagina: <https://www.ericsson.com/4ac68b/assets/local/reports-papers/consumerlab/reports/2020/sustainable-world-report.pdf>. L'indagine, oltre a rilevare un accresciuto interesse e una maggiore preoccupazione in relazione alle tematiche ambientali, evidenzia come i consumatori percepiscano come fondamentale l'apporto dell'innovazione tecnologica per affrontare le sfide ambientali future. Cfr. anche il position paper ETNO, *Empowering Consumers in the Green Transition*, ETNO Position Paper, maggio 2022, disponibile alla pagina: <https://etno.eu/library/positionpapers/463:empowering-consumers-in-the-green-transition.html>. Con specifico riguardo al contesto italiano, la Fondazione per la Sostenibilità Digitale, nata il 22 aprile 2021, ha messo a punto il *Digital Sustainability Index* (DiSI), il primo indice italiano che misura il livello di consapevolezza dell'utente nell'uso delle tecnologie digitali quali strumenti di sostenibilità.

<sup>54</sup> R. Friedrich, S.Hoffmann, T. Lampe e S. Ullrich, *Putting Sustainability at the Top of the Telco Agenda*, BCG, giugno 2021, disponibile alla pagina: <https://web-assets.bcg.com/d1/bb/09fa1876412d8725e80c83d1cf5b/bcg-putting-sustainability-at-the-top-of-the-telco-agenda-jun-2021.pdf>.

<sup>55</sup> Nella *Top 10 risks for telecommunications* stilata da EY, nel 2024 la scarsa gestione dell'agenda della sostenibilità occupa il quarto posto, così come l'anno precedente, mentre nel 2022 era al quinto. V. [https://assets.ey.com/content/dam/ey-sites/ey-com/en\\_gl/topics/telecommunications/ey-top-10-telecommunications-risk-2024-v2.pdf](https://assets.ey.com/content/dam/ey-sites/ey-com/en_gl/topics/telecommunications/ey-top-10-telecommunications-risk-2024-v2.pdf).

<sup>56</sup> ETNO, *The State of Digital Communications 2024*, pp. 81 e ss., gennaio 2024, disponibile alla pagina: <https://etno.eu/library/reports/117-state-of-digital-2024.html>

<sup>57</sup> Istituto per la competitività (I-Com) e Join Group, *Le transizioni gemelle: digitale e sostenibilità alleati per cambiare l'Italia*, pp. 31 e ss., luglio 2022, disponibile alla pagina: [https://www.i-com.it/wp-content/uploads/2022/07/Paper-I-Com-Join-Group-FuturLab\\_Le-transizioni-gemelle.pdf](https://www.i-com.it/wp-content/uploads/2022/07/Paper-I-Com-Join-Group-FuturLab_Le-transizioni-gemelle.pdf)

Con particolare riferimento all'industria mondiale della telefonia mobile, la GSM Association (GSMA) in un recente rapporto<sup>58</sup> evidenzia che 70 operatori, che rappresentano il 68% del settore per fatturato e il 48% del settore per numero di connessioni, si sono impegnati a diminuire le proprie emissioni dirette e indirette entro il 2030; una parte considerevole di essi (53 operatori) si è posta l'obiettivo di raggiungere il *Net Zero* entro il 2050, se non prima.

In generale, la strategia di contenimento dei consumi di energia nel settore ICT implica necessariamente un insieme di misure da attuare in modo sinergico, quali: l'utilizzo di energia rinnovabile per alimentare le reti; la riduzione del consumo energetico delle apparecchiature passive; gli investimenti in ricerca per lo sviluppo di nuove tecnologie *clean*; la accelerazione della chiusura delle reti 2G e 3G; l'utilizzo di soluzioni di gestione della rete innovative e programmabili, che consentano di monitorare e controllare il consumo energetico delle infrastrutture in tempo reale e correggere le inefficienze<sup>59</sup>.

Molti sono i progetti e le iniziative a livello internazionale volti sia a promuovere una "cultura" della sostenibilità del settore, sia a introdurre sistemi di valutazione delle performance e criteri di rendicontazione condivisi. Ad esempio, International Telecommunication Union (ITU), Global Enabling Sustainability Initiative (GeSI), GSM Association e Science Based Targets Initiative (SBTi)<sup>60</sup> nel 2020 hanno predisposto una guida per supportare le aziende ICT nella definizione di obiettivi scientifici per i gas a effetto serra (GHG), secondo una serie di nuovi percorsi di decarbonizzazione<sup>61</sup>.

---

<sup>58</sup> GSMA è l'associazione che rappresenta i principali operatori di rete mobili mondiali. Cfr, il rapporto GSMA, *Mobile Net Zero: State of the Industry on Climate Action 2024*, p. 10, febbraio 2024, disponibile alla pagina: <https://www.gsma.com/solutions-and-impact/connectivity-for-good/external-affairs/wp-content/uploads/2024/02/Mobile-Net-Zero-2024-State-of-the-Industry-on-Climate-Action-1.pdf>).

<sup>59</sup> ABI Research, *A Telco Sustainability Reality Check*, Free Whitepaper, p. 3, dicembre 2022, disponibile alla pagina: <https://go.abiresearch.com/lp-telco-sustainability-reality-check>

<sup>60</sup> L'iniziativa Science Based Targets è una collaborazione tra il CDP, il Global Compact delle Nazioni Unite, il World Resources Institute e il World Wide Fund for Nature.

<sup>61</sup> ITU, GeSI, GSMA e Science Based Targets Initiative, *Guidance for ICT Companies Setting Science Based Targets. Mobile networks operators, fixed networks operators and data centres operators*, 2020, disponibile alla pagina: <https://www.itu.int/en/action/environment-and-climate-change/Documents/20200227-Guidance-ICT-companies-report.PDF>. I percorsi sono descritti in dettaglio nella Raccomandazione ITU-T, *Greenhouse gas emissions trajectories for the ICT sector compatible with the UNFCCC Paris Agreement*, Recommendation ITU-T L.1470, 2020, disponibile alla pagina: <https://www.itu.int/rec/T-REC-L.1470-202001-I/en>, e sono coerenti con la relazione speciale dell'IPCC su 1,5°C.

È in costante aumento, inoltre, il numero degli operatori TLC aderenti al sistema globale di misurazione e rendicontazione ambientale CDP (ex Carbon Disclosure Project)<sup>62</sup>.

Negli ultimi anni, diverse agenzie specializzate hanno iniziato a misurare e valutare le *Environmental, social, and corporate governance performances* (Esg) delle imprese quotate, utilizzando approcci metodologici diversi e che spesso prescindono dal settore di riferimento. Ma, a differenza della rendicontazione di carattere finanziario, al momento non esistono standard consolidati di reporting di sostenibilità<sup>63</sup>; proprio la mancanza di norme comuni in materia ha favorito, in diversi casi, il fenomeno del c.d. *greenwashing* (pratiche ingannevoli adottate come strategia di marketing da alcune aziende per dimostrare un finto impegno nei confronti dell'ambiente, nell'ottica di un ecologismo o ambientalismo di facciata), determinando tra l'altro situazioni di disparità nel mercato a danno delle imprese realmente sostenibili<sup>64</sup>.

---

<sup>62</sup> CDP è un'organizzazione no-profit operante a livello globale sull'impatto ambientale. CDP si propone di aiutare investitori, aziende e città a valutare la propria impronta ambientale. La piattaforma di rendicontazione di CDP fornisce un sistema di rendicontazione in linea con le raccomandazioni della Task Force on Climate-related Financial Disclosures (TCFD). Cfr. [https://www.cdp.net/en/guidance/how-cdp-is-aligned-to-the-tcf?cid=14319416384&adgpid=123400714062&itemid=&targid=kwd-1411217497598&mt=b&loc=1008736&ntwk=g&dev=c&dmod=&adp=&gclid=Cj0KCQiAwJWdBhCYARIsAJc4idA\\_HP4xp2fTZyDAJ55g1A\\_F-dF3jlb4X7Fbk6JdLQwn--mpDagTkUaAs-xEALw\\_wcB](https://www.cdp.net/en/guidance/how-cdp-is-aligned-to-the-tcf?cid=14319416384&adgpid=123400714062&itemid=&targid=kwd-1411217497598&mt=b&loc=1008736&ntwk=g&dev=c&dmod=&adp=&gclid=Cj0KCQiAwJWdBhCYARIsAJc4idA_HP4xp2fTZyDAJ55g1A_F-dF3jlb4X7Fbk6JdLQwn--mpDagTkUaAs-xEALw_wcB). Si evidenzia che il Gruppo Tim partecipa alla valutazione CDP dal 2010 e nel 2023 è stato incluso nella lista 'A'.

<sup>63</sup> Negli ultimi anni, tuttavia, si registra una volontà di convergenza e coordinamento degli standard a livello internazionale (V. Assonime, *Forum report di sostenibilità*, Interventi, No. 4/2023, pp. 14-15, 10 marzo 2023, disponibile alla pagina: [https://www.assonime.it/\\_layouts/15/Assonime.CustomAction/GetPdfToUrl.aspx?PathPdf=https%3A//www.assonime.it/attivita-editoriale/interventi/Documents/Interventi%204-2023.pdf](https://www.assonime.it/_layouts/15/Assonime.CustomAction/GetPdfToUrl.aspx?PathPdf=https%3A//www.assonime.it/attivita-editoriale/interventi/Documents/Interventi%204-2023.pdf)). Si ricorda, inoltre, che la recente Direttiva 2022/2464 del Parlamento europeo e del Consiglio del 14 dicembre 2022 sul Corporate Sustainability Reporting (CSRD), proprio per evitare un'eccessiva frammentazione normativa che potrebbe avere conseguenze negative per le imprese che operano a livello mondiale, prevede che i principi dell'Unione di rendicontazione di sostenibilità dovrebbero contribuire al processo di convergenza dei principi di rendicontazione di sostenibilità a livello globale, sostenendo l'attività dell'International Sustainability Standards Board (ISSB). Quest'ultimo, costituito il 3 novembre 2021, in occasione della COP26 di Glasgow, dalla Fondazione IFRS (International Financial Reporting Standards), ha il compito di sviluppare standard di rendicontazione incentrati sulle esigenze degli investitori e dei mercati finanziari.

<sup>64</sup> A livello europeo, proprio al fine di arginare il fenomeno del *greenwashing*, di recente è stata adottata la Direttiva (UE) 2024/825 del 28 febbraio 2024 che modifica le direttive 2005/29/CE e 2011/83/UE per quanto riguarda la responsabilizzazione dei consumatori per la transizione verde mediante il miglioramento della tutela dalle pratiche sleali e

Il Boston Consulting Group (Bcg), tuttavia, ha di recente ha messo a punto il *Telco Sustainability Index*<sup>65</sup>, che consente di misurare le performance ESG degli operatori valutando quattro fattori indipendenti: 1) l'impegno degli operatori verso obiettivi di sostenibilità; 2) le emissioni di CO2 e l'intensità energetica dei fornitori della catena del valore; 3) il livello di scarti e di economia circolare; 4) l'abilitazione degli utenti a ridurre le loro emissioni di CO2. Nel 2021, secondo l'indagine Bcg, oltre l'80% dei dirigenti aziendali afferma di aver adottato un piano di sostenibilità, ma meno del 50% può confermare di aver ottenuto i risultati attesi rispetto al sistema di misurazione utilizzato. I dati del 2022, invece, dimostrano che il settore, nel complesso, ha compiuto progressi in tre delle quattro dimensioni sopra ricordate. Si registrano, infatti, miglioramenti costanti in riferimento ai fattori 1) e 3); miglioramenti importanti, anche se con una percentuale di crescita più contenuta, in riferimento al fattore 4); per quanto riguarda, invece, il fattore 2) (riduzione delle emissioni di CO2 e dell'intensità energetica), i risultati sono leggermente inferiori rispetto a quelli dell'anno precedente. Ciò, probabilmente è dovuto al fatto che il considerevole aumento della domanda di servizi di telecomunicazioni e di traffico dati di fatto neutralizza gli sforzi compiuti dagli operatori per ridurre ulteriormente le emissioni di carbonio e il consumo di energia<sup>66</sup>.

Nel settore della telefonia mobile, la Next Generation Mobile Networks Alliance (NGMN Alliance)<sup>67</sup> ha intrapreso nel 2021 un'iniziativa, *Green Future Networks*, volta a identificare e mitigare gli impatti dell'ecosistema mobile sull'ambiente, attraverso obiettivi verdi condivisi<sup>68</sup>. Il progetto si

---

dell'informazione. Tale Direttiva introduce norme specifiche volte a contrastare le pratiche commerciali sleali che ingannano i consumatori e impediscono loro di compiere scelte di consumo sostenibili, quali le pratiche associate all'obsolescenza precoce dei beni, le asserzioni ambientali ingannevoli, le informazioni ingannevoli sulle caratteristiche sociali dei prodotti degli operatori economici o i marchi di sostenibilità non trasparenti e non credibili. La Direttiva modifica, inoltre, le norme sull'etichettatura dei prodotti e regola l'uso dei marchi di sostenibilità.

<sup>65</sup> BCG, *Telco Sustainability Index*, luglio 2022, disponibile alla pagina: <https://web-assets.bcg.com/96/92/e112b849463e8e3bfd31dafa61f5/how-telcos-can-put-their-sustainability-promises-into-practice-pdf.pdf>.

<sup>66</sup> R. Friedrich, S. Ullrich, M. Kuroki e M. Ueda, *Telcos Show Modest Gains in Curbing Emissions and Helping Customers Curb Theirs*, BCG Telecommunication Industry Article, 18 dicembre 2023, disponibile alla pagina: <https://www.bcg.com/publications/2023/telcos-modest-emission-reduction-progress>.

<sup>67</sup> Associazione di operatori, venditori, produttori e istituti di ricerca operanti nel settore della telefonia mobile.

<sup>68</sup> NGMN Alliance ha pubblicato nel luglio 2021 due White Papers: J. Erfaian, S. Ansari, A. Galindo Serrano, M. Fremiot, S. Ergut, E. Gedik, K. Yaman, O. Persson, G. Lebrun, M. Tseytlin, A. Andrae, P. Gemma, J. von Perner, G. Li, W. Redmond e A. Gabriel, *Green Future Networks: Sustainability Challenges and Initiatives in Mobile Networks*, NGMN Alliance, 19 luglio 2021, disponibile alla pagina: <https://www.ngmn.org/wp->

concentra prevalentemente sulla valutazione dell'impronta ambientale di beni e servizi digitali, sull'efficienza energetica della rete, sull'analisi del ciclo di vita come presupposto della circolarità, sull'eco-design e le sue implicazioni.

Nel 2022, GSMA insieme a EY ha lanciato *ESG Metrics for Mobile*, ossia un modello standard di rendicontazione ESG specifico per il settore delle Telco mobili. Il sistema di misurazione, basato su dieci indicatori chiave di performance (KPI – *Key Performance Indicators*) del settore, è pensato per semplificare e armonizzare la rendicontazione di sostenibilità<sup>69</sup>.

Molte organizzazioni per lo sviluppo di standard (Standard Development Organizations - SDOs), tra cui ETSI<sup>70</sup>, ITU-T<sup>71</sup>, 3GPP e ATIS<sup>72</sup>, stanno lavorando sull'efficienza energetica delle apparecchiature e dei servizi ICT, sull'economia circolare e sul riciclaggio dei dispositivi, sulla gestione dei rifiuti elettronici e sulle metodologie per l'analisi dell'impatto ambientale e sulla valutazione del ciclo di vita (LCA).

Per quanto concerne, invece, le iniziative intraprese a livello europeo, nel marzo 2021 si è costituita la *European Green Digital Coalition* (EGDC). Si

---

[content/uploads/210719\\_NGMN\\_GFN\\_Sustainability-Challenges-and-Initiatives\\_v1.0.pdf](https://www.ngmn.org/wp-content/uploads/210719-NGMN_GFN_Sustainability-Challenges-and-Initiatives_v1.0.pdf); S.Wasmus, G. Flik, Y. Park, A. Galindo Serrano, S. Vaija, O. Persson, M. Odini, A. Andrae, K. Numssen e A. Gabriel, *Green Future Networks: Network Equipment Eco-Design and End to End Service Footprint*, NGMN Alliance, 19 luglio 2021, disponibile alla pagina: [https://www.ngmn.org/wp-content/uploads/210719-NGMN\\_Green-future-Networks\\_Eco-design-v1.0.pdf](https://www.ngmn.org/wp-content/uploads/210719-NGMN_Green-future-Networks_Eco-design-v1.0.pdf)

<sup>69</sup> GSMA e EY, *ESG Metrics for Mobile: Realising value for society through common industry KPIs*, White paper, giugno 2022, disponibile alla pagina: <https://www.gsma.com/betterfuture/wp-content/uploads/2023/02/ESG-Metrics-for-Mobile-February-2023.pdf>. I dieci indicatori sono divisi in quattro macro-categorie: ambiente, inclusione digitale, integrità digitale e supply chain.

<sup>70</sup> ETSI, *Sustainability & ICT, are we ready?*, Enjoy! The ETSI Mag, gennaio 2021, disponibile alla pagina: [https://www.etsi.org/images/files/Magazine/ETSI\\_Enjoy\\_MAG\\_2021\\_N01\\_January.pdf](https://www.etsi.org/images/files/Magazine/ETSI_Enjoy_MAG_2021_N01_January.pdf); ETSI Summit on Sustainability, *How ICT developments and standards can enable sustainability and have a positive impact on society*, 30 marzo 2023, disponibile alla pagina: <https://www.etsi.org/events/2169-etsi-summit-on-sustainability>

<sup>71</sup> ITU e World Benchmarking Alliance, *Greening digital companies: Monitoring emissions and climate commitments*, giugno 2022, disponibile alla pagina: <https://www.itu.int/en/ITU-D/Environment/Documents/Publications/2022/Greening-Digital-Companies-22June2022.pdf>. Il rapporto documenta le emissioni e il consumo di energia di 150 delle principali aziende tecnologiche del mondo. Oltre a valutare i dati e gli obiettivi sul clima aziendale, il rapporto evidenzia le migliori pratiche per le aziende digitali per ridurre le proprie emissioni e realizzare operazioni a emissioni zero.

<sup>72</sup> Atis, *STEP: Sustainability in Telecom: Energy and Protection Committee*, alla pagina: <https://www.atis.org/committees-forums/step/>

tratta di un progetto lanciato dalle principali aziende europee del settore ICT<sup>73</sup> al fine di sfruttare il potenziale delle soluzioni digitali nella trasformazione green. L'obiettivo della Coalizione, quindi, è dimostrare il ruolo abilitante dell'industria delle telecomunicazioni per il raggiungimento degli obiettivi climatici, contribuendo alla riduzione delle emissioni di CO2 sia direttamente sia indirettamente, attraverso lo sviluppo e la distribuzione di soluzioni digitali verdi ed efficienti anche in altri settori come l'energia, i trasporti, l'agricoltura e l'edilizia<sup>74</sup>. Con la sottoscrizione della Dichiarazione *A Green and Digital Transformation for the EU*<sup>75</sup>, i membri della Coalizione si impegnano ad anticipare entro il 2040 il raggiungimento dell'obiettivo *Net Zero*, previsto dalla Legge europea sul clima al 2050.

Sempre nel 2021, cinque dei principali operatori di telefonia mobile in Europa, per favorire scelte d'acquisto più consapevoli e sostenibili da parte dei clienti, hanno lanciato un nuovo sistema di etichettatura per la valutazione ecologica dei dispositivi mobili, *Eco Rating*<sup>76</sup>. La metodologia prevede l'assegnazione di un punteggio, con una scala da 1 a 100, attribuito grazie ad un'analisi dei principali parametri ambientali individuati nelle fasi di produzione, trasporto, utilizzo e smaltimento del prodotto. Più alto è il punteggio, migliori sono le prestazioni dello smartphone in termini di parametri ambientali. L'etichetta *Eco Rating* evidenzia anche il livello raggiunto su cinque aspetti chiave della sostenibilità: durabilità, riparabilità, riciclabilità, efficienza climatica ed efficienza delle risorse.

---

<sup>73</sup> Sono membri fondatori: Accenture, Aruba, Atos SE, Beyond.pl, Bolt, Dassault Systèmes, Deutsche Telekom AG, Ericsson, IBM, Liberty Global, Microsoft, Nokia, NOS, Orange, OVHCloud, Proximus, SAP SE, Scaleway, Schneider Electric, SHIFT GmbH, TDC Group A/S, Telefónica, A1 Telekom Austria Group, Telenor Group, Telia Company, Vodafone Group. Hanno sottoscritto, in seguito la Dichiarazione anche Google, KPN, Siemens, Uber, Cisco, BT Group, Capgemini, Sopra Steria, Hewlett Packard Enterprise e Tim.

<sup>74</sup> La Coalizione collaborerà inoltre con alcune organizzazioni europee per la definizione di standard che possano provare scientificamente la riduzione delle emissioni attraverso l'implementazione delle soluzioni digitali. La Coalizione, il cui Segretariato è assicurato dal GESI, ETNO, GSMA e la SME Alliance, lavorerà in stretta collaborazione con la Commissione europea. Per maggiori dettagli: <https://www.greendigitalcoalition.eu/>.

<sup>75</sup> Alla pagina: [https://www.greendigitalcoalition.eu/assets/uploads/2022/02/EGDC-declaration-to-sign\\_v2.pdf](https://www.greendigitalcoalition.eu/assets/uploads/2022/02/EGDC-declaration-to-sign_v2.pdf).

<sup>76</sup> L'iniziativa è stata lanciata da Deutsche Telekom, Orange, Telefónica (che opera con i marchi O2, Vivo e Movistar), Telia Company e Vodafone e a partire da giugno 2021 è stata estesa in 24 Paesi europei: [www.ecoratingdevices.com](http://www.ecoratingdevices.com).

Sono, inoltre, in fase di sperimentazione soluzioni ecosostenibili anche per quanto concerne gli inserti di imballaggio di dispositivi elettronici complessi e pesanti<sup>77</sup>.

A marzo 2024, il Comitato per la Sostenibilità del FTTH Council Europe (*FTTH Council Europe sustainability committee*)<sup>78</sup> ha pubblicato un libro bianco<sup>79</sup> che illustra il modello operativo della Piattaforma per l'impronta carbonica del FTTH (*FTTH Council Carbon footprint project*), iniziativa pilota lanciata nel febbraio 2023 allo scopo di sostenere le aziende Telco nel perseguimento degli obiettivi di decarbonizzazione e di *Net-Zero* e per fornire un supporto ai fini della rendicontazione di sostenibilità prevista dalla recente Direttiva *Corporate Sustainability Reporting (CSR)*<sup>80</sup>.

Con specifico riguardo, infine, al contesto italiano, molte sono le misure di sostenibilità ambientale (riduzione emissioni, economia circolare e riciclo dei dispositivi, utilizzo di energia da fonti rinnovabili) intraprese dalla maggior parte delle Telco. A fronte di un impegno generalizzato delle aziende soprattutto nella riduzione del proprio *carbon footprint*<sup>81</sup>, sembra, tuttavia, che

---

<sup>77</sup> Ericsson, in collaborazione con gli operatori Deutsche Telekom e Swisscom, nel 2023 ha iniziato i test per ridurre l'impatto ambientale degli imballaggi per i prodotti elettronici che in genere pesano da 24 kg a 36 kg. In luogo della plastica a base di petrolio, vengono utilizzati materiali in fibra di legno che, essendo completamente riciclabili, consentono una riduzione del totale di plastica dal 20% a meno dell'1%.

<sup>78</sup> Il comitato per la sostenibilità del FTTH Council Europe è stato creato con due obiettivi principali: promuovere la fibra in quanto tecnologia spiccatamente sostenibile e abilitante; sostenere tutti gli stakeholder della catena del valore nel realizzare gli obiettivi di neutralità e di riduzione delle emissioni di carbonio. V. <https://www.ftthcouncil.eu/about-us/committees/sustainability-committee>.

<sup>79</sup> FTTH Council Europe, *FTTH Council Carbon footprint project: a reporting model for the entire sector. Helping ensure FTTH sector companies and supportibg organisations can meet CSRD carbon reporting requirements*, Project Whitepaper, 20 marzo 2024, disponibile alla pagina: <https://www.ftthcouncil.eu/resources/all-publications-and-assets/2041/whitepaper-ftth-council-carbon-footprint-project-a-reporting-model-for-the-entire-sector>.

<sup>80</sup> Direttiva 2022/2464 del Parlamento europeo e del Consiglio del 14 dicembre 2022 che modifica il regolamento (UE) n. 537/2014, la direttiva 2004/109/CE, la direttiva 2006/43/CE e la direttiva 2013/34/UE per quanto riguarda la rendicontazione societaria di sostenibilità, Gazzetta ufficiale dell'Unione europea, 16 dicembre 2022, disponibile alla pagina: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/IT/TXT/?uri=CELEX%3A32022L2464>.

<sup>81</sup> L'impronta carbonica, o carbon footprint (anche chiamata inventario GHG, ossia dei GreenHouse Gas), è una misura che esprime in CO2 equivalente il totale delle emissioni di gas ad effetto serra associate direttamente o indirettamente ad un prodotto, un'organizzazione o un servizio. La carbon footprint raggruppa le fonti emissive in tre macro-classi: Scope 1 (emissioni dirette), Scope 2 (emissioni indirette da consumo energetico) e Scope 3 (altre emissioni indirette derivanti dalle attività a monte e a valle dell'organizzazione).

si proceda ancora in ordine sparso e che siano ancora poco diffusi gli strumenti di valutazione degli impatti sociali e ambientali delle tecnologie digitali<sup>82</sup>.

La filiera delle TLC in Italia si posiziona nel 2022 al quarto posto per livello complessivo di investimenti in efficienza energetica (con 230 milioni di euro), pur essendo all'ottavo posto per quanto riguarda i consumi assoluti (4,3 TWh). Raggiunge, invece, il terzo posto nel rapporto tra investimenti in efficienza energetica e consumi<sup>83</sup>. Secondo quanto affermato nei report di sostenibilità pubblicati annualmente<sup>84</sup>, tutte le principali Telco hanno adottato una strategia

---

<sup>82</sup> Istituto per la competitività (I-Com) e Join Group, *Le transizioni gemelle: digitale e sostenibilità alleati per cambiare l'Italia*, p. 43, luglio 2022, disponibile alla pagina: [https://www.i-com.it/wp-content/uploads/2022/07/Paper-I-Com-Join-Group-FuturLab\\_Le-transizioni-gemelle.pdf](https://www.i-com.it/wp-content/uploads/2022/07/Paper-I-Com-Join-Group-FuturLab_Le-transizioni-gemelle.pdf).

<sup>83</sup> ASSTEL, SLC/CGIL, FISTEL/CISL, UILCOM/UIL, *Rapporto sulla Filiera delle Telecomunicazioni in Italia – Edizione 2022*, Politecnico di Milano, osservatori.net digital innovation, 2022, disponibile alla pagina: <https://www.asstel.it/wp-content/uploads/2023/03/rapporto-sulla-filiera-delle-telecomunicazioni-2022.pdf>.

<sup>84</sup> Si ricorda che il c.d. bilancio di sostenibilità rientra nella categoria di reportistica di carattere non finanziario che, per quanto riguarda l'Italia, a partire dal 1° gennaio 2024, deve obbligatoriamente essere redatta dalle grandi imprese e dalle organizzazioni madri di grandi gruppi con più di 500 dipendenti che siano enti di interesse pubblico. Tale innovazione risponde all'attuazione della recente Direttiva 2022/2464 del 14 dicembre 2022 sul Corporate Sustainability Reporting (CSRD), il cui recepimento ufficiale è stato finalizzato dal Consiglio dei Ministri con il Decreto legislativo del 30 agosto 2024, seguito alla Consultazione pubblica indetta dal Ministero dell'Economia e delle Finanze – Dipartimento del Tesoro. Il Decreto legislativo introduce diversi elementi di reporting che mirano a garantire una maggiore completezza delle informazioni, a facilitare la comparabilità dei dati e, in generale, a promuovere la trasparenza nella reportistica, in modo da consentire al mercato di avere accesso a informazioni sempre più chiare e attendibili riguardo all'impatto delle aziende sui temi ambientali, sociali e di governance ESG. Più in generale, la CSRD sostituisce la Direttiva 2014/95/UE sulla rendicontazione delle informazioni di carattere non finanziario delle imprese (NFRD), considerata inadeguata (per un confronto tra le due si rimanda a: A. Genovese e S. Scalzini, S., *Il d.lgs. n. 254 del 2016 di recepimento della Non Financial Reporting Directive (NFRD) 2014/95/UE e la Corporate Sustainability Reporting Directive (CSRD) 2464/2022 a confronto*, Astrid Rassegna, No. 18, 2023, disponibile alla pagina: <https://www.astrid-online.it/static/upload/protected/a.-g.a.-genovese-e-s.-scalzini---report-fase-2-direttiva-csrd.pdf>) e introduce obblighi più stringenti di informazione sull'impatto sociale e ambientale. La Direttiva 2022/2464, infatti, sostituisce il termine “dichiarazione di carattere non finanziario” (DNF), usato dalla previgente normativa, con quello di “informazioni sulla sostenibilità”, al fine di rimarcare l'impatto di queste ultime sul piano finanziario dell'impresa. La rendicontazione di sostenibilità diventa, dunque, parte integrante della relazione finanziaria annuale. Questo passaggio riveste un'importanza notevole ed è avvalorato dall'introduzione del concetto di “doppia materialità”. Il suo scopo è quello di generare una rendicontazione delle informazioni necessarie per comprendere l'impatto dell'impresa sui temi ambientali e sociali, nonché di documentare i fattori attraverso i quali tali questioni influenzano l'andamento dell'impresa, i suoi risultati e la sua esposizione ai rischi. Una più ampia trattazione riguardo ai contenuti della CSRD e della sua implementazione in Italia è analizzata in: R. Rota e S. Scalzini,

di sostenibilità e di riduzione dei consumi in linea con gli obiettivi fissati a livello europeo<sup>85</sup>, in taluni casi anticipandone persino i tempi<sup>86</sup>.

La maggior parte delle società ICT è inserita in indici internazionali e classifiche di sostenibilità<sup>87</sup>. Alcuni operatori, inoltre, beneficiando anche di

---

*Implementazione della Corporate Sustainability Reporting Directive 2464/2022 a livello europeo e suo recepimento in Italia: I contenuti della direttiva*, Astrid Rassegna, n. 16/2023, disponibile alla pagina: <https://www.astrid-online.it/static/upload/protected/d7d2/d7d2ea3694a0ce31d62ac4e888813122.pdf>.

Secondo un recente rapporto, l'adeguamento alla nuova normativa europea avrà nel complesso un impatto economico importante sulle imprese italiane e, quindi, anche sul comparto ICT (Assonime, *Forum report di sostenibilità*, Interventi, No. 4/2023, pp. 8-11, 10 marzo 2023, disponibile alla pagina: [https://www.assonime.it/\\_layouts/15/Assonime.CustomAction/GetPdfToUrl.aspx?PathPdf=https%3A//www.assonime.it/attivita-editoriale/interventi/Documents/Interventi%204-2023.pdf](https://www.assonime.it/_layouts/15/Assonime.CustomAction/GetPdfToUrl.aspx?PathPdf=https%3A//www.assonime.it/attivita-editoriale/interventi/Documents/Interventi%204-2023.pdf)). I prossimi passaggi operativi prevedono l'estensione dell'obbligo di rendicontazione non finanziaria a una platea gradualmente più ampia di imprese. A partire dal 1° gennaio 2025 sarà la volta delle grandi imprese e delle imprese madri di gruppi di grandi dimensioni che rientrano in almeno due di questi tre parametri: numero di dipendenti superiore a 250; fatturato di 50 milioni di euro; totale di stato patrimoniale di 25 milioni di euro. Seguiranno poi, a partire da inizio 2026, le piccole e medie imprese quotate, gli enti creditizi di minori dimensioni e le imprese di assicurazione e riassicurative. Le ultime ad essere interessate dall'obbligo saranno le filiali e le succursali di grandi organizzazioni internazionali basate in paesi extra UE che negli ultimi due esercizi consecutivi hanno prodotto ricavi netti nei mercati UE superiori a 150 milioni di euro, sia in termini di vendita di prodotti sia in termini di erogazione di servizi.

<sup>85</sup> Ad esempio, il gruppo Tim, per quanto concerne la strategia climatica, si è posto l'obiettivo di utilizzare energia elettrica proveniente al 100% da fonti rinnovabili entro il 2025, di raggiungere le zero emissioni nette entro il 2040 ed ha confermato il target di Carbon neutrality al 2030. WindTre a fine 2023 ha ridotto le emissioni di CO2 del 35% rispetto al 2020 (anno base del piano di annullamento delle emissioni) e del 46% (Scope 1 e 2) rispetto al 2017. Nel 2022, la quota di energia proveniente da fonti rinnovabili acquistata certificata da Open Fiber ha raggiunto il 100%. Ericsson nel 2021 ha ridotto le emissioni del 60% rispetto al 2016 e utilizza energia proveniente per il 62% da fonti rinnovabili; ha, inoltre, migliorato l'efficienza energetica delle proprie radio Massive MIMO (Multiple Input, Multiple Output). Vodafone Italia da novembre 2020 alimenta la sua rete al 100% con fonti rinnovabili. Fastweb dal 2021 ha raggiunto la Carbon neutrality per tutte le emissioni dirette e per quelle legate all'erogazione dei servizi ai clienti.

<sup>86</sup> Ad esempio, Vodafone Italia e Fastweb hanno anticipato al 2025 gli obiettivi di zero emissioni proprie di gas a effetto serra.

<sup>87</sup> A titolo di esempio, il gruppo Tim è inserito nel Dow Jones Sustainability Index World e nel Dow Jones Sustainability Europe Index di S&P (unica azienda di telecomunicazioni in Italia), e nell'indice MIB ESG, primo indice ESG blue-chip in Italia che combina la misurazione della performance economica con gli impatti ESG. Tim e WindTre fanno parte del network EcoVadis, provider che a livello globale fornisce valutazioni di sostenibilità aziendale, e si sono posizionate nel 2023 nell'1% delle migliori aziende nel settore Telecomunicazioni. Ericsson valuta annualmente le emissioni di carbonio e dispone di target per la riduzione delle stesse approvati dalla Science Based Targets

un regime fiscale favorevole, hanno di recente modificato il proprio statuto divenendo Società Benefit, ossia adottando un modello di business in grado di coniugare la crescita economica e lo scopo di lucro con l'impegno di creare valore condiviso duraturo per l'ambiente e le persone<sup>88</sup>.

Numerose, infine, sono le iniziative delle Telco volte ad incentivare la rivendita o il riuso dei materiali e dei beni aziendali non più utilizzati, il recupero di smartphone e le campagne di sensibilizzazione rivolte ai clienti per incoraggiare un uso responsabile e sostenibile della tecnologia<sup>89</sup>.

## **Parte II - Infrastrutture e tecnologie abilitanti della transizione green e gli impatti dell'ICT sui settori produttivi**

### **5. Le tecnologie abilitanti**

Il settore ICT si trova oggi a dover affrontare molteplici sfide dal punto di vista ambientale. Come sopra accennato (v. paragrafo 4.1), il funzionamento

---

Initiative (SBTi). Vodafone Italia è stata riconosciuta nella classifica "Green Star 2022" stilata dall'Istituto tedesco ITQF tra le aziende più sostenibili in Italia. Fastweb a novembre 2021 ha ricevuto il rating di sostenibilità "EE" (Strong) da parte di Standard Ethics, l'agenzia di rating indipendente attiva a livello internazionale nel mondo degli ESG. Con specifico riguardo alle classifiche italiane, il gruppo Tim, Vodafone, Windtre, Inwit e Fastweb rientrano nella lista dei *Leader della sostenibilità 2022 e 2023* creata, in collaborazione con Il Sole 24 Ore, da Statista.

<sup>88</sup> Eolo è stato il primo operatore Telco nazionale a convertirsi in Società Benefit nell'aprile 2021; Fastweb ha deliberato la trasformazione nel novembre 2021 con efficacia da gennaio 2022. Secondo quanto disposto dalla Legge n. 208 del 28 dicembre 2015 (commi 376-384), una Società Benefit (*B Corp* in inglese) è un'azienda che nell'esercizio della propria attività economica, oltre allo scopo di generare profitti, persegue una o più finalità di beneficio comune e opera in modo responsabile, sostenibile e trasparente nei confronti di persone, comunità, territori e ambiente, beni ed attività culturali e sociali, enti e associazioni ed altri portatori di interesse. Il passaggio a Società Benefit deve avvenire per modifica dello Statuto e comporta l'analisi e la rendicontazione degli impatti dell'azienda all'interno di una relazione annuale di impatto pubblica, che includa: la descrizione degli obiettivi specifici, delle modalità e delle azioni attuati dagli amministratori per il perseguimento delle finalità di beneficio comune; la valutazione dell'impatto generato attraverso uno specifico standard di valutazione esterno; una sezione dedicata alla descrizione dei nuovi obiettivi che la società intende perseguire nell'esercizio successivo. Si ricorda, infine, che l'Italia è stato il secondo Paese al mondo, dopo gli Stati Uniti, a introdurre le Società Benefit nel proprio ordinamento.

<sup>89</sup> Ad esempio, Tim e Vodafone aderiscono all'iniziativa Eco Rating di cui si è detto sopra; Vodafone ha lanciato le campagne Green Friday e Lancio 22 relative al recupero di smartphone e la campagna social Switch to Green, per coinvolgere i clienti incoraggiando un uso responsabile e sostenibile della tecnologia; WindTre supporta, nell'ambito della partnership con WWF Italia, la campagna #GenerAzioneMare; Fastweb ha lanciato insieme a Legambiente il marchio "Fastweb per la sostenibilità" che identifica i prodotti e i servizi che permettono ai clienti di ridurre il proprio impatto sull'ambiente (in termini di riduzione delle emissioni di CO2) rispetto ad altri prodotti più tradizionali presenti sul mercato.

dell'intero settore comporta necessariamente emissioni di CO2 e un elevato consumo di energia: da qui le iniziative delle Telco volte al contenimento dell'innalzamento della temperatura e al raggiungimento dell'obiettivo Net Zero. Tra queste si include anche la scelta e l'implementazione di tecnologie ritenute più eco-sostenibili e, in generale, più performanti da diversi punti di vista, anche in relazione ad altri settori nevralgici dell'economia.

Le reti a banda ultra-larga, ad esempio, possono essere annoverate fra le infrastrutture a basso impatto ambientale che promuovono la sostenibilità digitale. Un recente studio, infatti, denota una relazione inversa tra la penetrazione della banda ultra-larga e le emissioni di anidride carbonica<sup>90</sup>. Si stima, inoltre, che il passaggio dalle reti in rame a quelle in fibra può ridurre il consumo di energia in media dell'80%<sup>91</sup>. Le reti in rame, infatti, producono un maggior impatto sull'ambiente sia nella fase di posa sia nella modalità di utilizzo.

Le reti a banda ultra-larga, inoltre, si caratterizzano per elevate prestazioni a fronte di bassi costi operativi<sup>92</sup> e, rispetto ad altre tecnologie, sembrano essere anche più resistenti all'obsolescenza<sup>93</sup>. L'utilizzo e la diffusione di tali tecnologie, quindi, può consentire il raggiungimento di assetti produttivi maggiormente sostenibili.

La fibra ottica, innanzitutto, è sintetizzata a partire dal silicio, che per sua natura non richiede attività di estrazione in miniera. Le reti in rame di vecchia generazione richiedono, al contrario, non solo un'attività estrattiva, ma anche un particolare trattamento della materia prima, che comporta la creazione di polveri e l'utilizzo di ingenti quantità d'acqua. Lo switch off dal rame alla fibra peraltro consentirebbe di recuperare almeno una parte del rame utilizzato per le infrastrutture dismesse, con possibilità di riutilizzo in altre produzioni.

La fibra non richiede, poi, a differenza dei cavi in rame, un'erogazione continua di energia elettrica e non genera dispersioni elettromagnetiche

---

<sup>90</sup> Luiss Business School, *Il settore Telco in Italia: assetto normativo e analisi di impatto. Trasformazione digitale e incentivo a investire nelle reti a banda larga ad alta capacità: criticità e prospettive del caso italiano.*, Luiss, pp. 134-137, novembre 2021, disponibile alla

pagina: [https://www.windtregroup.it/Shared%20Documents/Report\\_Il\\_settore\\_Telco\\_in\\_Italia\\_a\\_ssetto\\_%20normativo\\_e\\_analisi\\_di\\_impatto.pdf](https://www.windtregroup.it/Shared%20Documents/Report_Il_settore_Telco_in_Italia_a_ssetto_%20normativo_e_analisi_di_impatto.pdf).

<sup>91</sup> ETNO, *The State of Digital Communications 2023*, p. 76, gennaio 2023, disponibile alla pagina: <https://etno.eu/library/reports/112-the-state-of-digital-communications-2023.html>.

<sup>92</sup> In alcune condizioni, tali reti possono anche essere collaudate da remoto, grazie all'utilizzo di strumenti innovativi di realtà aumentata. Ciò contribuisce a ridurre l'impatto ambientale e al tempo stesso gli spostamenti dei tecnici.

<sup>93</sup> *Ivi*, p. 10.

nell'ambiente. Si presta, inoltre, all'utilizzo di tecniche di scavo e di posa meno invasive, che producono meno rifiuti, richiedono meno materiali per il successivo riempimento e i riducono i problemi alla circolazione del traffico rispetto ai cantieri tradizionali. Proprio in considerazione della minore manomissione del manto superficiale e dei conseguenti vantaggi in termini di efficienza realizzativa, impatto acustico, volumi del materiale di risulta e sicurezza operativa per gli addetti, negli ultimi anni, con specifico riferimento al contesto italiano, è stata adottata una normativa incentivante l'utilizzo di tecnologie quali la trivellazione orizzontale guidata, la mini-trincea e le indagini radar<sup>94</sup>.

La sostenibilità ambientale della fibra, infine, è correlata ai numerosi vantaggi che derivano dal suo utilizzo. Basti pensare allo sviluppo e alla diffusione di servizi digitali innovativi in molteplici settori, quali telemedicina, *smart working*, *distance learning*, *smart city*, *smart home* e altre applicazioni dell'*internet of things*, con una conseguente riduzione delle emissioni. Innanzitutto, per la riduzione delle esigenze di mobilità fisica delle persone e dunque dell'utilizzo di mezzi di trasporto pubblici e privati, alcuni dei quali molto inquinanti, ma anche per la riduzione della dimensione degli uffici e altre sedi lavorative per effetto del lavoro da remoto e conseguente riduzione del consumo di suolo. La diminuzione degli spostamenti fisici dovuta al telelavoro, infatti, non solo comporta una riduzione del traffico stradale e una minore emissione di gas serra dovuta ai trasporti, ma consente anche un risparmio di energia elettrica per illuminazione, riscaldamento e raffreddamento, nonché di risorse come l'acqua. Inoltre, la minore presenza

---

<sup>94</sup> Tra la normativa nazionale più recente che promuove l'utilizzo di tecnologie a basso impatto ambientale, si ricorda: il «Decreto Scavi» del 1°ottobre 2013 (MISE e MIT) che raccomanda l'impiego delle tecnologie di scavo a limitato impatto ambientale quali le perforazioni orizzontali guidate, la minitrincea e le indagini radar; il Dlgs. 33 del 15 febbraio 2016, pubblicato in Gazzetta Ufficiale n. 57 del 9 marzo 2016 (recepimento della Direttiva Europea 61/2014), che specifica che l'istallazione deve essere effettuata preferibilmente con tecnologie di scavo a limitato impatto ambientale e secondo le Norme e Prassi pubblicate dall'UNI; il D.L. 76 del 16 luglio 2020, convertito, con modificazioni, in L. 120 del 11 settembre 2020 (Decreto Semplificazioni) che introduce la tecnica della Microtrincea come abilitante per l'accelerazione della digitalizzazione del Paese ; il D.L. 77 del 31 maggio 2021, convertito, con modificazioni, in L. 108 del 21 luglio 2021 (Governance del Piano nazionale di ripresa e resilienza) che introduce semplificazioni per l'installazione di infrastrutture per la rete mobile e fissa e snellisce le procedure amministrative per l'impiego dei miniscavi in generale e permette l'uso della microtrincea anche in deroga ai Regolamenti comunali. Cfr. V. Di Porto e E. Espa, *L'analisi di impatto e gli altri strumenti per la qualità della regolazione. Annuario 2021*, Osservatorio AIR, pp. 105-106, Editoriale Scientifica, Napoli, 2022, disponibile alla pagina: [https://www.astrid-online.it/static/upload/annu/annuario\\_osservatorioair\\_2021\\_ed2022.pdf](https://www.astrid-online.it/static/upload/annu/annuario_osservatorioair_2021_ed2022.pdf).

negli uffici può ridurre la necessità di costruire edifici più grandi o di ristrutturare spazi esistenti, contribuendo a una minore impronta ecologica.

È innegabile, dunque, il forte legame tra infrastrutture di telecomunicazioni, sviluppo ICT e crescita sostenibile.

L'aspetto forse più rilevante delle innovazioni in atto nel settore delle telecomunicazioni concerne il ruolo di abilitatore della *green economy*. Attraverso la digitalizzazione, le reti di telecomunicazioni e le tecnologie ICT hanno consentito di ottenere importanti riduzioni di CO<sub>2</sub> in diversi comparti dell'economia e della società<sup>95</sup>.

La Tabella 1 evidenzia alcuni esempi delle soluzioni offerte dalle tecnologie digitali a supporto dello sviluppo sostenibile.

---

<sup>95</sup> Tra gli altri: D. Rolnick, P.L. Donti, L.H. Kaack, K. Kochanski, A. Lacoste, K. Sankaran, A.S. Ross, N. Milojevic-Dupont, N. Jaques, A. Waldman-Brown, A. Luccioni, T. Maharaj, , E.D. Sherwin, S. Karthik Mukkavilli, K.P, Kording, C. Gomes, A.Y. Ng, D. Hassabis, J.C. Platt, F. Creutzig, J. Chayes e Y. Bengio, *Tackling Climate Change with Machine Learning*, ACM Computing Surveys (CSUR), vol. 55(2), 1-96, 2022, disponibile alla pagina: <https://doi.org/10.1145/3485128>; S. Lange e T. Santarius, *Digitalization and Sustainability*, Routledge Studies in Sustainability, Routledge Taylor & Francis Group, 1<sup>st</sup> Edition, 2020, disponibile alla pagina: <https://www.routledge.com/Smart-Green-World-Making-Digitalization-Work-for-Sustainability/Lange-Santarius/p/book/9780367467579?srsId=AfmBOoqq2X7yStQ36r8qeLzuPmqwLRMgzNVtPQi30eIOdKQ8uDleU3CH>; A. Hedberg, e S. Šipka, *Towards a green, competitive and resilient EU economy: How can digitalisation help?*, Discussion Paper, Sustainable Prosperity for Europe Programme, European Policy Centre, 2020, disponibile alla pagina: [https://www.epc.eu/content/PDF/2020/Towards\\_a\\_green\\_competitive\\_and\\_resilient\\_EU\\_economy.pdf](https://www.epc.eu/content/PDF/2020/Towards_a_green_competitive_and_resilient_EU_economy.pdf); A. Hedberg e S. Šipka, , *Building a circular economy: The role of information transfer*, Discussion Paper, Sustainable Prosperity for Europe Programme, European Policy Centre and Vodafone Institute for Society and Communications, 2021, disponibile alla pagina: [https://www.epc.eu/content/PDF/2021/DP\\_the\\_role\\_of\\_information\\_transfer.pdf](https://www.epc.eu/content/PDF/2021/DP_the_role_of_information_transfer.pdf); S. Šipka, *Towards circular e-waste management: How can digitalisation help?*, Discussion Paper, Sustainable Prosperity for Europe Programme, European Policy Centre, weeforum e SENS eRecycling, 2021, disponibile alla pagina: [https://epc.eu/content/PDF/2021/E-waste\\_DP\\_v5.pdf](https://epc.eu/content/PDF/2021/E-waste_DP_v5.pdf); D. Pietrón, P. Staab e F. Hofmann, *Sustainable Digital Market Design: A Data-Based Approach to the Circular Economy*, ECDF Working Paper Series, Einstein Centre Digital Future (ECDF), 2022, disponibile alla pagina: <https://api-depositonce.tu-berlin.de/server/api/core/bitstreams/847a2922-a808-4185-b389-f13051bbd061/content>.

Tab. 1. Alcuni ambiti di applicazione delle tecnologie digitali. Rielaborazione su informazioni contenute nel report S. Muench, E. Stoermer, K. Jensen, T. Asikainen, M. Salvi e F. Scapolo, *Towards a green and digital future*, Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2022.

<p><b>Monitoraggio e tracciamento</b></p>	<p><b>Il monitoraggio e la tracciabilità possono fornire conoscenze precise in tempo reale</b></p> <p>Le tecnologie digitali consentono di monitorare le emissioni, lo stato degli ecosistemi e i flussi di materiali. In un'economia circolare, la tracciabilità digitale è un fattore che favorisce il riutilizzo e il riciclaggio. Ne sono un esempio i passaporti dei materiali o i registri digitali degli edifici. La combinazione di tecnologie digitali, come i sensori intelligenti, con gli strumenti di analisi dei dati, fornisce una comprensione in tempo reale delle condizioni e dei parametri ambientali (ad esempio, la qualità dell'aria o dell'acqua). Dati accessibili e interoperabili, combinati con infrastrutture digitali e soluzioni basate su intelligenza artificiale, possono facilitare le decisioni maturate su dati concreti e ampliare le capacità di comprendere e affrontare le sfide ambientali<sup>96</sup>. I dati, gli algoritmi e le soluzioni derivanti dalle analisi effettuate tramite tecnologie digitali possono favorire modelli di sviluppo sostenibile<sup>97</sup>.</p>
<p><b>Simulazione e previsione</b></p>	<p><b>La simulazione e strumenti di previsione possono migliorare l'efficienza</b></p> <p>La conoscenza dell'intero ciclo di vita dei prodotti può essere acquisita attraverso simulazioni digitali. Le informazioni acquisite in questo modo consentono di identificare soluzioni per migliorare l'impronta ambientale dei prodotti, le ragioni che possono portare all'obsolescenza prematura, rafforzando le</p>

<sup>96</sup> P. Ulrich, N. Duch Brown, A. Kotsev, M. Minghini, L. Hernandez Quiros, R. Boguslawski e F. Pignatelli, *Quantifying the benefits of location interoperability in the European Union*, Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2022, disponibile alla pagina: <https://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/handle/JRC127330>. Le categorie elencate hanno costituito la base per l'esame del ruolo delle tecnologie digitali nel sostenere la transizione verde di vari settori e per identificare le funzioni chiave che le tecnologie digitali per la transizione verde. Sebbene le categorie forniscano una panoramica, non sono esaustive e esistono interconnessioni significative tra le varie categorie.

<sup>97</sup> Commissione europea, *EU Taxonomy, Corporate Sustainability Reporting, Sustainability Preferences and Fiduciary Duties: Directing finance towards the European Green Deal*, Comunicazione della Commissione al Parlamento europeo, al Consiglio, al Comitato Economico e Sociale europeo e al Comitato delle Regioni, COM(2021) 188 final, 21 aprile 2021, disponibile alla pagina: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/en/ALL/?uri=CELEX%3A52021DC0188>; UN Environment Assembly, *The Case for a Digital Ecosystem for the Environment: Bringing together data, algorithms and insights for sustainable development*, Discussion paper, Science Policy Business Forum, 2019, disponibile alla pagina: <https://un-spbf.org/wp-content/uploads/2019/03/Digital-Ecosystem-final-2.pdf>.

	<p>soluzioni che consentono riparazione e aggiornamento dei prodotti già in uso quotidiano. I modelli computerizzati per gli edifici possono testare approcci alternativi di raffreddamento per ridurre il consumo di energia durante il loro ciclo di vita.</p> <p>Le previsioni tramite simulazione possono consentire di bilanciare la domanda e l'offerta nel settore delle reti energetiche, prevenire interruzioni e prevenire eventi di crisi di varia natura. Nella manutenzione predittiva, l'analisi dell'usura del materiale può indicare la necessità di riparazione ed evitare tempi di fermo delle macchine. Per il riscaldamento degli edifici, i termostati ad autoapprendimento possono comprendere le abitudini degli utenti e ottimizzare i cicli di riscaldamento. Per la gestione del traffico, i Digital Twin alimentati con dati in tempo reale possono ottimizzare i percorsi dei mezzi di trasporto in base alle condizioni di utilizzo. In agricoltura, l'intelligenza artificiale alimentata da costanti flussi di dati può ottimizzare l'impiego di concimi e l'uso di una risorsa sempre più scarsa come è l'acqua. Nella prevenzione delle malattie i Digital Twin, alimentati da flussi di dati costantemente aggiornati, consentono di simulare gli effetti di medicinali e di integratori alimentari applicati ai singoli pazienti.</p>
<p><b>Virtualizzazione</b></p>	<p><b>La virtualizzazione permette di consolidare e ottimizzare le risorse riducendo l'impiego di energia</b></p> <p>La virtualizzazione fornisce nuove soluzioni digitali, come <i>ebook</i>, videoconferenze, esperienze di realtà virtuale o prototipi digitali in grado di supportare, in una prospettiva sostenibile, i modelli di business di molti settori. Le tecnologie di realtà estesa, come la realtà aumentata e i metaversi, hanno il potenziale per spostare online un maggior numero di servizi, attività di produzione o di consumo. La virtualizzazione può riguardare molte attività, come lo shopping online, gli eventi e/o i concerti. Prendendo come esempio il commercio al dettaglio, la domanda di negozi fisici potrebbe ridursi. Tuttavia, l'incremento dello shopping online genera un aumento degli spostamenti a seguito dell'intensificarsi del trasporto delle merci (consegna e restituzione)<sup>98</sup>. Il successo della virtualizzazione della produzione e del consumo si basa sulla volontà delle persone di cambiare il proprio comportamento e di adattarsi alle nuove soluzioni. A fronte di tutto ciò le tecnologie digitali devono rafforzare la loro efficienza energetica, sviluppando maggiormente soluzioni circolari per garantire un impatto ambientale positivo.</p>

<sup>98</sup>D. Zhang, P. Zhu e Y. Ye, *The effects of E-commerce on the demand for commercial real estate*, *Cities*, vol. 51, 106-120, 2016, disponibile alla pagina: <https://doi.org/10.1016/j.cities.2015.11.012>.

<p><b>Gestione dei sistemi</b></p>	<p><b>La gestione dei sistemi che utilizza le tecnologie digitali aiuta a far fronte alla crescente complessità</b></p> <p>L'adozione delle tecnologie basate su intelligenza artificiale da parte del settore industriale può contribuire a rendere i processi produttivi più efficienti e meno dispendiosi in termini di risorse impiegate. I gemelli digitali alimentati con dati reali possono essere utilizzati come strumenti per una gestione intelligente e più efficiente di macchine e sistemi. Ad esempio, le città intelligenti mostrano come le transizioni verdi e digitali possano avvenire in modo olistico e sistemico. La combinazione di diverse tecnologie, come l'IoT e l'intelligenza artificiale applicate ai sistemi urbani, favorirà modelli di business innovativi, nuovi servizi e una migliore gestione delle risorse. Nel settore dell'energia, le reti elettriche "intelligenti" possono ottimizzare le capacità della rete gestendo e razionalizzando l'utilizzo da parte dei consumatori (come i punti di ricarica dei veicoli elettrici), coordinando le opzioni di stoccaggio per bilanciare la produzione di elettricità e spostando la domanda (<i>peak shaving, valley filling</i>). La visualizzazione dei dati è resa possibile dai sistemi informativi geografici e da dashboard che migliorano la comprensione e l'interpretazione dei dati<sup>99</sup>.</p>
<p><b>Tecnologie dell'informazione e della comunicazione</b></p>	<p><b>Le tecnologie dell'informazione e della comunicazione consentono nuovi livelli di interazione</b></p> <p>Le moderne tecnologie dell'informazione e della comunicazione offrono la possibilità di raccogliere e diffondere informazioni senza limiti, con il potenziale di influenzare positivamente il comportamento degli utenti. Ad esempio, etichette e imballaggi intelligenti possono comunicare l'impronta ambientale e il "costo pieno" di un prodotto. Le piattaforme digitali possono anche fornire matchmaking tra offerta e domanda di prodotti specifici. Inoltre, ogni individuo potrebbe diventare un attore commerciale, condividendo o scambiando energia in eccesso, prodotti usati o non utilizzati e mezzi di trasporto.</p>

In tutti i potenziali ambiti di applicazione emerge con chiarezza l'importanza dei dati, della capacità di estrazione ed elaborazione degli stessi e della rapidità di trasmissione tramite reti fisse e mobili di ultima generazione.

<sup>99</sup> Commissione europea, *EU Taxonomy, Corporate Sustainability Reporting, Sustainability Preferences and Fiduciary Duties: Directing finance towards the European Green Deal*, Comunicazione della Commissione al Parlamento europeo, al Consiglio, al Comitato Economico e Sociale europeo e al Comitato delle Regioni, COM(2021) 188 final, 21 aprile 2021, disponibile alla pagina: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/en/ALL/?uri=CELEX%3A52021DC0188>.

L'estrazione e l'elaborazione dei dati, in particolare, grazie ai moderni strumenti tecnologici che supportano l'analisi dalla fase iniziale di reperimento a quella finale di utilizzo dei risultati, sembrano essere il fulcro della c.d. transizione gemella (verde e digitale).

Una connessione di ultima generazione, fissa e mobile, "l'autostrada" lungo la quale viaggiano i dati, diviene quindi determinante e strategica anche nella prospettiva di maggiore competitività e internazionalizzazione delle imprese, ma soprattutto si pone come principale elemento abilitatore delle due transizioni, giacché consente l'accesso ad una molteplicità di servizi avanzati quali *Internet of Things* (IoT), Intelligenza Artificiale e *Big Data Analytics*.

Come vedremo anche nel paragrafo successivo, nell'ambito dell'applicazione delle tecnologie digitali (e dell'utilizzo dei dati che spesso sono alla base del loro funzionamento) assume un rilievo particolare il tema della cybersecurity. Si tratta di un argomento trasversale che riguarda l'ecosistema digitale nel suo complesso e che coinvolge direttamente gli operatori di telecomunicazione in virtù del loro ruolo di fornitori di accesso alla rete internet e depositari di una enorme quantità di dati e informazioni sensibili.

La sempre maggiore attenzione riguardo al tema ha fatto registrare nel 2022, nel mercato (italiano) della cybersecurity, investimenti per 1,86 miliardi di euro, in aumento del 18% rispetto al 2021<sup>100</sup>. Gli obiettivi degli investimenti comprendono non soltanto il rafforzamento e l'aggiornamento dell'infrastruttura di cybersecurity (hardware e software) in grado di contrastare gli attacchi informatici, ma anche la diffusione di un maggiore know-how nelle aziende e nelle pubbliche amministrazioni, con l'obiettivo di creare un ecosistema normativo e formativo in grado di garantire maggiore sicurezza nella tutela del dato in qualsiasi contesto<sup>101</sup>.

La sostenibilità nel settore delle reti di comunicazione elettronica richiede un'attenzione particolare alla sicurezza e alla privacy dei dati degli utenti, garantendo che i servizi siano forniti in modo sicuro e conforme alle normative sulla privacy. Oggi è sempre più urgente utilizzare tutte le piattaforme per educare i consumatori sulla sostenibilità e promuovere comportamenti responsabili, come il consumo consapevole di dati e l'uso di dispositivi elettronici efficienti dal punto di vista energetico.

---

<sup>100</sup> Fonte: Osservatorio Cybersecurity & Data Protection della School of Management del Politecnico di Milano.

<sup>101</sup> Si veda ad esempio il Rapporto di Sostenibilità 2024 di WindTre: WindTre, *Molto più vicini. Per un future più sostenibile*, 2024, disponibile alla pagina: [https://www.windtregroup.it/Documenti\\_Sustainability/Report2/ITA/WINDTRE/Brochure\\_BH%20Sostenibilità\\_luglio24\\_INTER.pdf](https://www.windtregroup.it/Documenti_Sustainability/Report2/ITA/WINDTRE/Brochure_BH%20Sostenibilità_luglio24_INTER.pdf)

Tra le tecnologie abilitanti, in particolare il 5G (e, in futuro, il 6G) costituisce un'interessante opportunità per il settore delle telecomunicazioni di diversificare le proprie attività e le proprie fonti di ricavo e contribuire al raggiungimento degli obiettivi di sostenibilità. L'infrastruttura di comunicazione 5G si pone come fattore abilitante delle tecnologie connesse, e per tale ragione ricopre un ruolo fondamentale nel processo di digitalizzazione di moltissimi settori economici, sociali e culturali: dall'industria ai trasporti, dalla logistica all'agricoltura, dalla produzione e distribuzione dell'energia alla tutela e valorizzazione del patrimonio artistico e culturale, dall'intrattenimento alla sicurezza pubblica, dal turismo alla Pubblica Amministrazione<sup>102</sup>.

Attualmente, molte delle soluzioni 5G presenti sul mercato delle telecomunicazioni sono indirizzate principalmente a fornire vantaggi in termini di risparmio economico o di aumento dell'efficienza, anche se riducono le emissioni come conseguenza del loro obiettivo primario<sup>103</sup>. Basti pensare, ad esempio, alle soluzioni per il lavoro da remoto, che consentono di ridurre le emissioni dovute agli spostamenti quotidiani, oppure ai vantaggi connessi all'assistenza sanitaria virtuale<sup>104</sup>. Questi sviluppi significativi nella qualità dei prodotti e dei servizi generano come effetto un aumento del valore e anche della soddisfazione dei consumatori.

L'impatto che le molteplici applicazioni del 5G produce nei vari settori è trasversale. Basti pensare alle potenzialità di impiego nella gestione dell'energia e dei trasporti, con conseguente miglioramento dell'efficienza e della sostenibilità ambientale. Tra le soluzioni tecnologiche *digital enablers* che si prevede possano giovare maggiormente al sistema economico e sociale nel suo insieme, oltre a garantire il funzionamento dell'*Internet of Things* ed i relativi vantaggi in termini di efficienza e sostenibilità, vi è anche indubbiamente il *cloud computing*<sup>105</sup>. Le caratteristiche di flessibilità e

<sup>102</sup> A. Sassano, *5G, La rivoluzione delle telecomunicazioni*, Ecoscienza, N. 4, 2019, pp. 26-29, disponibile alla pagina: [https://www.fub.it/wp-content/uploads/2020/04/26\\_Sassano.pdf](https://www.fub.it/wp-content/uploads/2020/04/26_Sassano.pdf).

<sup>103</sup> A. Boyle, *5G and sustainability: the role of green 5G in the energy transition*, StlPartners, novembre 2022, disponibile alla pagina: <https://stlpartners.com/wp-content/documents/Articles/Sustainability/5G%20Sustainability%20Green%20Energy%20Transition.pdf>.

<sup>104</sup> Secondo uno studio condotto da Accenture, gran parte dei consumatori sarebbe disposta a pagare un premio per la tecnologia avanzata abilitata dal 5G per usufruire di un'assistenza sanitaria da remoto. V. Accenture Strategy, *The impact of 5G on the European Economy*, febbraio 2021, disponibile alla pagina: <https://www.accenture.com/content/dam/accenture/final/a-com-migration/manual/r3/pdf/pdf-144/Accenture-5G-WP-EU-Feb26.pdf>.

<sup>105</sup> Il cloud computing è – come è noto – un accesso on-demand, tramite Internet, a risorse di calcolo - applicazioni, server (fisici e virtuali), *storage* di dati, strumenti di sviluppo, funzionalità di rete e altro ancora, ospitate in un data center remoto gestito ad un provider

accessibilità, oltre alle proprietà tecnologiche che consentono la gestione sicura di grandi quantità di dati, rendono la tecnologia *cloud* una infrastruttura digitale estremamente attrattiva sia per gli utenti privati, sia per aziende e pubbliche amministrazioni, come dimostrato anche durante le restrizioni alla mobilità durante la fase più acuta della pandemia da Covid-19. L'adozione nell'architettura delle infrastrutture di rete dell'*edge cloud computing*<sup>106</sup> ne rappresenta una condizione abilitante, soprattutto in alcuni settori (per esempio veicoli a guida autonoma o assistita).

Analogamente, tecnologie quali la robotica<sup>107</sup> e l'IoT potrebbero migliorare l'efficienza delle risorse impiegate nei processi produttivi e aumentare la flessibilità di sistemi di gestione e reti. La tecnologia *blockchain*<sup>108</sup> ad alta efficienza energetica, utilizzata durante l'intero ciclo di vita di prodotti e servizi, può agevolare il percorso verso un'economia circolare e una maggiore sostenibilità competitiva. La tecnologia 5G può consentire alle aziende di adottare i principi dell'economia circolare nella catena di fornitura, riducendo la necessità di estrarre nuove risorse e di produrre rifiuti. Ad esempio, le aziende possono utilizzare sistemi interconnessi sia per tracciare e gestire la restituzione e il riutilizzo dei prodotti, sia per ridurre le emissioni di carbonio associate ai rifiuti e all'estrazione di nuove risorse<sup>109</sup>.

---

di servizi *cloud* (o CSP, *Cloud Service Provider*) o a una rete di data center. Il CSP mette a disposizione queste risorse per un costo di abbonamento mensile o le fattura in base all'utilizzo.

<sup>106</sup> L'*edge computing* è – come è noto – un'architettura di rete e data center per la raccolta e il trattamento dei dati che ne consente l'elaborazione in prossimità della loro origine e del loro utilizzo, riducendo notevolmente la necessità di elaborare i dati in un data center remoto. Spostando le capacità di elaborazione più vicino agli utenti e ai dispositivi, i sistemi di edge computing migliorano significativamente le prestazioni delle applicazioni, riducono i requisiti di larghezza di banda e forniscono approfondimenti più rapidi in tempo reale (minore latenza). I vantaggi rispetto al tradizionale modello centralizzato riguardano, oltre la maggiore tempestività di fruizione dei risultati, anche la migliore sostenibilità ambientale: evita infatti il trasporto di grandi quantità di informazioni a distanze considerevoli rispetto a dove esse sono prodotte e utilizzate e consente infine un controllo dei dati sensibili.

<sup>107</sup> La robotica è – come è noto – una branca dell'ingegneria, precisamente della mecatronica, che studia e sviluppa metodi che permettono a un robot di eseguire dei compiti specifici riproducendo in modo automatico il lavoro umano.

<sup>108</sup> La *blockchain* – come è noto – è un registro condiviso e immutabile che facilita i processi di registrazione delle transazioni e di monitoraggio degli asset nelle reti aziendali. Un asset può essere concreto (case, automobili, denaro contante, terreni) o astratto (proprietà intellettuale, brevetti, diritti d'autore, *branding*). Praticamente qualsiasi cosa di valore può essere monitorata e scambiata in una rete blockchain, riducendo i rischi e tagliando i costi per tutte le parti coinvolte.

<sup>109</sup> C. Maasem e S. Gupta, *Energy savings: Is 5G a sustainability driver or a power glutton?*, Consultancy-me.com, 16 ottobre 2023, disponibile alla pagina:

Ulteriori soluzioni innovative sono offerte dal possibile impiego dei c.d. passaporti digitali dei prodotti<sup>110</sup>, i quali – eventualmente associati all’uso della blockchain - consentirebbero una migliore tracciabilità di materiali, componenti e dimensione *end-to-end*, favorendo anche l’accessibilità dei dati: si tratta di un aspetto essenziale ai fini di modelli di business circolari economicamente sostenibili.

Tra i modelli digitali che si stanno maggiormente affermando, ad esempio nel campo dell’edilizia e della medicina, si pongono i c.d. gemelli digitali<sup>111</sup>, grazie alla loro capacità di facilitare l’innovazione e la progettazione di processi, prodotti o edifici più sostenibili, o di testare l’efficacia di terapie di prevenzione e cura delle malattie. Un processo di virtualizzazione e simulazione della realtà che sarà supportato sempre più dal c.d. calcolo quantistico<sup>112</sup>, il quale garantirà la progettazione di simulazioni particolarmente complesse per i computer tradizionali, in un contesto in cui le tecnologie di dati spaziali, che forniscono informazioni globali in tempo reale, consentono un monitoraggio costante delle attività che devono sempre più configurarsi secondo modelli di sviluppo sostenibile.

Come precedentemente ricordato (v. paragrafo 4.2.), tecnologia e ambiente hanno da alcuni decenni una forte connessione. Sebbene la diffusione delle *general purpose technologies* e della *tech based economy* comporti un significativo aumento delle emissioni di CO<sub>2</sub>, l’evoluzione digitale nel complesso fornisce un contributo determinante nel contrasto al cambiamento climatico.

Al riguardo, occorre distinguere tra le cosiddette *climate technologies* e il *clean tech*. Le prime supportano la mitigazione del cambiamento climatico, focalizzandosi principalmente sulla riduzione delle emissioni con tecnologie quali *carbon capture*, *agri-tech*, *afforestation* e *geo-engineering*. Le seconde, invece, consentono di limitare gli effetti sull’ambiente e, contemporaneamente, di aiutare le aziende a ridefinire i propri modelli di business secondo un’ottica di sostenibilità, permettendo una riduzione

---

<https://www.consultancy-me.com/news/6998/energy-savings-is-5g-a-sustainability-driver-or-a-power-glutton>.

<sup>110</sup> Digital Product Passport (il passaporto digitale dei prodotti, o DDP) è – come è noto – un sistema informativo che rende accessibili, in base alle necessità, i dati relativi alla sostenibilità dei prodotti lungo le loro catene del valore. Il passaporto digitale dei prodotti è parte del regolamento Ecodesign for Sustainable Products Regulation (ESPR) entrato in vigore il 18 luglio 2024.

<sup>111</sup> Un gemello digitale è – come è noto – un modello virtuale progettato per riflettere in modo preciso un oggetto fisico.

<sup>112</sup> Il quantum computing (o calcolo quantistico) è – come è noto – una tecnologia emergente che sfrutta le leggi della meccanica quantistica per risolvere problemi troppo complessi per i computer classici.

dell'inquinamento del suolo, dell'acqua e dell'aria causato dalle tecnologie "sporche", come il carbone, il gas, il petrolio, l'estrazione mineraria, il trasporto e la produzione.

D'altronde, sempre nell'ottica dell'interconnessione tra le due transizioni gemelle, anche le c.d. energie alternative del futuro, se incentivate adeguatamente, potrebbero rendere più ecosostenibili le tecnologie basate sui dati, quali le analisi dei *big data*, la *blockchain* e l'IoT. Tuttavia, sono ad oggi ancora numerose le sfide con cui confrontarsi: per esempio, dall'adeguamento delle infrastrutture di trasporto dell'energia rinnovabile prodotta da migliaia di impianti diffusi sul territorio, alla dotazione di adeguati impianti di accumulo di queste energie fino alla adozione di tecnologie per il riutilizzo del calore prodotto dai centri di analisi dei dati.

Soluzioni innovative a ridotto impatto ambientale possono derivare anche dalla combinazione di tecnologie digitali differenti, in alcuni casi interdipendenti tra di loro. *Internet of Things* è un esempio di combinazione di diverse tecnologie digitali, di grande potenziale: dispositivi, sensori, strumentazione indossabile (*wearable*) sono stati adattati in seguito all'uso massiccio di *smartphone* e di altri dispositivi mobili che ora vengono impiegati come *gateway* per la connessione ad Internet. Ciò ha determinato un incremento dei dispositivi connessi tramite tecnologia IoT, con una previsione che vede oltre 75 miliardi di dispositivi connessi entro il 2025<sup>113</sup>. L'esempio dell'IoT evidenzia l'importanza di non considerare soltanto le tecnologie digitali emergenti, ma anche le nuove combinazioni e applicazioni di tecnologie digitali già esistenti e già disponibili.

Nella Tabella 2 sono sinteticamente descritte, senza presunzione di esaustività, alcune delle principali tecnologie digitali che possono essere ricomprese in "macroaree" tecnologiche.

Tab. 2. Alcune funzioni delle tecnologie digitali. Rielaborazione su informazioni contenute nel report S. Muench, E. Stoermer, K. Jensen, T. Asikainen, M. Salvi e F. Scapolo, *Towards a green and digital future*, Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2022.

Area tecnologica	Descrizione	Tecnologie incluse (alcuni es.)
<b>Intelligenza artificiale e robotica intelligente</b>	Intelligenza artificiale e robotica intelligente si riferiscono a una famiglia di tecnologie che mostrano comportamenti	✓ Elaborazione di immagini, video e audio

<sup>113</sup> J. Sá Silva, A. Loureiro, A. Skarmeta e F. Boavida, *Special issue on management of IoT*, in «International Journal of Network Management», John Wiley & Sons, vol. 28(5), 2018, disponibile alla pagina: <https://doi.org/10.1002/nem.2032>.

	<p>“intelligenti” analizzando il loro ambiente e intraprendendo azioni – con un certo grado di autonomia – per raggiungere obiettivi specifici.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Assistenti virtuali e sistemi di raccomandazione</li> <li>✓ Automazione robotica di processo e veicoli automatizzati</li> <li>✓ Elaborazione del linguaggio naturale</li> <li>✓ Sistemi di gestione basati sull’intelligenza artificiale</li> </ul>
<p><b>Tecnologie basate sui dati</b></p>	<p>Le tecnologie basate sui dati si riferiscono ad applicazioni che utilizzano grandi quantità di dati per fornire approfondimenti, fare previsioni, elaborare consigli e suggerire azioni.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Machine e deep learning</li> <li>✓ Analisi descrittiva e visualizzazione dei dati</li> <li>✓ Analisi predittiva e simulazione</li> <li>✓ Analisi prescrittiva e processo decisionale algoritmico</li> <li>✓ Analisi della sicurezza e intelligence sulle minacce</li> </ul>
<p><b>Internet delle cose (Internet of Things, IoT)</b></p>	<p>L’internet delle cose può essere definito come un insieme di oggetti fisici dotati di sensori o tecnologie applicative e collegati ad una rete</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Dispositivi mobili e indossabili</li> <li>✓ Sensori e dispositivi intelligenti</li> <li>✓ Piattaforme di Internet delle Cose</li> <li>✓ Tecnologie di geolocalizzazione</li> </ul>
<p><b>Infrastrutture informatiche</b></p>	<p>Infrastruttura informatica è un termine generico che raccoglie elementi hardware e software che consentono ad una organizzazione di eseguire operazioni IT come archiviazione ed elaborazione dati, networking, simulazione e visualizzazione. L’informatica quantistica è un paradigma informatico emergente che</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Calcolo ad alte prestazioni</li> <li>✓ Cloud computing</li> <li>✓ Edge computing</li> <li>✓ Informatica quantistica</li> <li>✓ Calcolo ottico</li> </ul>

	propone nuove infrastrutture informatiche con capacità di elaborazione di dati e algoritmi significativamente superiori rispetto alle capacità offerte da computer classici e supercomputer	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Archiviazione dei dati digitali DNA</li> <li>✓ Transistori a base di grafene</li> <li>✓ Calcolo distribuito</li> <li>✓ Data Center</li> </ul>
<b>Tecnologie della comunicazione</b>	Tecnologie di comunicazione è un termine generico che si riferisce a una raccolta di elementi hardware e software che consentono ad una organizzazione di inviare e ricevere informazioni su lunghe distanze	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Reti 5G e dispositivi palmari</li> <li>✓ Reti definite dal software</li> <li>✓ Reti 6G</li> <li>✓ Protocollo Internet versione 6</li> <li>✓ Wi-Fi (tecnologia di rete wireless)</li> <li>✓ Comunicazione satellitare</li> <li>✓ Droni</li> <li>✓ Bluetooth</li> </ul>
<b>Software e tecnologie di servizio</b>	Software e tecnologie di servizio è un termine generico che si riferisce ad attività di un settore specifico interessato allo sviluppo, alla manutenzione e alla pubblicazione di prodotti software. Il termine include la fornitura di servizi di supporto alle imprese, assistenza tecnica e formazione, ingegneria, consulenza e documentazione	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Interfacce di programmazione delle applicazioni, servizi web</li> <li>✓ Programmazione di processi industriali e macchine e sistemi embedded</li> <li>✓ Produzione additiva (stampa 3D/4D)</li> <li>✓ Nanotecnologie (ad esempio microprocessori e componenti software)</li> <li>✓ Tecnologie di identificazione (es. RFID, QR-code)</li> </ul>

<p><b>Tecnologie Distributed Ledger</b></p>	<p>Una tecnologia Distributed Ledger è un modo decentralizzato di registrare le transazioni di asset. La registrazione avviene in più posti contemporaneamente</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Criptovalute</li> <li>✓ Smart contract</li> <li>✓ Finanza decentrata</li> <li>✓ Economia tokenizzata</li> <li>✓ Organizzazione autonome decentralizzate</li> </ul>
<p><b>Realtà estesa e metaversi</b></p>	<p>La realtà estesa e i metaversi comprendono un insieme di tecnologie che mirano a: 1) aumentare le informazioni disponibili e la loro provenienza in un determinato quadro d'azione percettivo e informativo; 2) simulare opzioni o addirittura ecosistemi interamente immaginati; 3) visualizzare e interagire con questi o realtà virtuali; 4) costruirli come ambienti completamente interattivi, arricchiti e immersivi</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Informatica sociale</li> <li>✓ Realtà aumentata</li> <li>✓ Realtà mista</li> <li>✓ Realtà virtuale</li> <li>✓ Ologrammi interattivi</li> <li>✓ Ambienti aumentati</li> <li>✓ Ambienti immersivi</li> <li>✓ Avatarizzazione</li> <li>✓ Metaversi</li> </ul>

## 6. L'impatto dell'ICT sui settori produttivi

La transizione digitale, come sopra ricordato (v. paragrafo 4.2), svolge, tra l'altro, il ruolo di abilitatore della *green economy* in diversi settori dell'economia e della società<sup>114</sup>.

Consideriamo innanzitutto l'impatto dell'ICT nei settori che registrano i livelli più alti di emissione di gas a effetto serra nella UE: energia (27%), trasporti (23%), industria (21%), edilizia residenziale e commerciale (12%) e agricoltura (11%). A questi, si aggiunge il settore idrico, di cui si occupa un'altra parte della ricerca Astrid di cui questo volume illustra alcuni risultati.

<sup>114</sup>S. Muench, E. Stoermer, K. Jensen, T. Asikainen, M. Salvi e F. Scapolo, *Towards a green and digital future*, cit.

In tutti e sei questi settori, le tecnologie ICT possono contribuire significativamente al raggiungimento degli obiettivi di neutralità climatica e di salvaguardia delle biodiversità.

Nel **settore energetico**, le tecnologie digitali possono: supportare flussi più efficienti di vettori energetici e aumentare l'interconnettività tra i mercati; rendere disponibili, in tempo reale, informazioni approfondite e disaggregate su domanda e offerta; migliorare la previsione della produzione e della domanda di energia tramite sensori, dati satellitari e l'utilizzo della *blockchain*<sup>115</sup>; sviluppare reti intelligenti in grado di adeguare i consumi alle condizioni meteorologiche che incidono sulla produzione di energia rinnovabile variabile<sup>116</sup>. Nel complesso, le tecnologie digitali applicate al settore energetico possono determinare le condizioni per rendere più efficace la gestione e la distribuzione delle energie rinnovabili, evitando al contempo possibili interruzioni critiche. La tecnologia 5G può infatti offrire accesso a informazioni tempestive sui modelli di consumo energetico e sull'integrazione delle energie rinnovabili per strategie *green*<sup>117</sup>. Secondo un rapporto dell'Agenzia internazionale per le energie rinnovabili (IRENA), l'uso mirato e intelligente delle energie rinnovabili può ridurre le emissioni di carbonio fino al 70%<sup>118</sup>.

Infine, si sta affermando nel settore energetico il modello *energy-as-service*<sup>119</sup>, un sistema innovativo di fornitura di servizi energetici che, grazie all'utilizzo dei dati forniti da contatori e sensori intelligenti ed elaborati tramite tecnologie IoT e IA, può rendere il settore energetico più efficiente e

---

<sup>115</sup> Le tecnologie di Distributed Ledger come la blockchain potrebbero consentire un'interazione diretta e rapida tra i partecipanti al mercato.

<sup>116</sup> Le fonti di energia rinnovabile possono essere suddivise in fonti di energia variabile (la generazione di energia varia in base a fattori esterni) o "programmabili" (la produzione di energia può essere pianificata). L'energia rinnovabile variabile (Variable renewable energy, VRE) o le fonti di energia rinnovabile intermittente (intermittent renewable energy sources, IRES) sono fonti di energia rinnovabile che non sono "programmabili" a causa della loro natura fluttuante, come l'energia eolica e l'energia solare, in contrasto con le fonti di energia rinnovabile "controllabili", come l'energia idroelettrica, la biomassa, o le fonti relativamente costanti, come l'energia geotermica.

<sup>117</sup> C. Maasem e S. Gupta, *Energy savings: Is 5G a sustainability driver or a power glutton?*, cit.

<sup>118</sup> IRENA, *Global energy transformation: A roadmap to 2050*, 2019 Edition, International Renewable Energy Agency, Abu Dhabi, 2019, disponibile alla pagina: [https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2019/Apr/IRENA\\_Global\\_Energy\\_Transformation\\_2019.pdf](https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2019/Apr/IRENA_Global_Energy_Transformation_2019.pdf).

<sup>119</sup> Energy as a Service è un innovativo modello di business in cui l'azienda non si limita a fornire elettricità, ma anche servizi annessi: dalla consulenza, all'installazione dei sistemi, dai software per il monitoraggio a quelli per il controllo dei consumi.

resiliente, migliorando il rapporto tra fornitore di energia e consumatore e offrendo nuove soluzioni per ottimizzare o automatizzare i servizi energetici.

In particolare, tali strumenti sono in grado di fornire simultaneamente informazioni sul consumo di energia di diversi elettrodomestici e apparecchiature, fornendo ai proprietari di casa più informazioni per gestire il loro consumo energetico. Grazie al 5G, che consente una migliore connettività tra dispositivi, un maggior numero di case saranno dotate dei suddetti contatori intelligenti, come riportato da una recente ricerca<sup>120</sup>. Nello studio si dimostra anche che dispositivi IoT a basso consumo, come i sensori che si connettono al 5G, possono consentire di prolungare fino a 10 anni la durata delle relative batterie. Inoltre, i lampioni collegati con la tecnologia 5G e dotati di sensori potrebbero ridurre la luminosità in assenza di persone o veicoli sulla strada, risparmiando così energia: questo approccio garantirebbe risparmi significativi, dato che l'illuminazione stradale può rappresentare fino al 40% della bolletta elettrica di una città<sup>121</sup>. Il 5G supporterà anche l'uso di droni per il monitoraggio e la manutenzione di componenti delle linee elettriche, con conseguente miglioramento dei tempi di attività della rete, riduzione dei costi di ispezione e operazioni più sostenibili<sup>122</sup>.

Più in generale, come evidenziato nella ricerca precedentemente citata, il 5G ha la potenzialità di condurre verso soluzioni innovative nella produzione, trasmissione, distribuzione e utilizzo dell'energia: con reti intelligenti più connesse e una maggiore velocità di connessione, la gestione dell'energia diventerà più efficiente<sup>123</sup>, riducendo i picchi di elettricità e i costi energetici

---

<sup>120</sup> CB Insights, *5G & the future of connectivity: 26 industries the tech could transform*, 2022, disponibile alla pagina: <https://www.cbinsights.com/research/report/5g-technology-disrupting-industries/>.

<sup>121</sup> CB Insights, *5G & the future of connectivity: 26 industries the tech could transform*, 2022, disponibile alla pagina: <https://www.cbinsights.com/research/report/5g-technology-disrupting-industries/>.

<sup>122</sup> Ad esempio, all'inizio del 2021, la società energetica spagnola Naturgy ha lanciato un programma in collaborazione con Vodafone e FuVex, sviluppatore di droni a lungo raggio, per ispezionare le proprie linee elettriche utilizzando droni a controllo remoto. Naturgy mira a portare queste capacità a tutte le migliaia di chilometri di linee elettriche della sua rete. L'iniziativa potrebbe far risparmiare oltre 6 milioni di tonnellate di anidride carbonica grazie a operazioni più efficienti.

<sup>123</sup> Il 5G è anche più efficiente dal punto di vista energetico rispetto alle precedenti generazioni di tecnologia cellulare wireless. Una ricerca condotta da Nokia e Telefónica sostiene che le tecnologie 5G sono fino al 90% più efficienti, dal punto di vista energetico, per unità di traffico, rispetto alle reti 4G.

complessivi. In particolare, rispetto al 4G, gli esperti prevedono che il 5G aumenterà l'efficienza di cento volte<sup>124</sup>.

Uno studio di STL Partners<sup>125</sup> dimostra, inoltre, che un sito di telefonia mobile 5G richiede solo il 15% circa dell'energia consumata da un sito di telefonia mobile 4G per la trasmissione della stessa quantità di dati, quindi una transizione più rapida al 5G potrebbe far risparmiare circa 0,5 miliardi di tonnellate di CO2 in tutto il mondo entro il 2030. Ciò equivale a una riduzione di quasi l'80% delle emissioni di carbonio e a un abbassamento dei costi operativi di quasi un terzo grazie all'uso della tecnologia 5G. Uno studio dell'Università di Zurigo<sup>126</sup> conclude inoltre che nel 2030 la rete 5G produrrà circa l'85% di emissioni in meno per unità di dati trasportati rispetto all'attuale rete mobile.

Un ulteriore elemento innovativo è rappresentato dalle microreti<sup>127</sup> e dalle reti auto-organizzate, le quali possono diventare uno strumento per gestire in modalità decentralizzata il sistema energetico, riducendo la necessità di trasportare energia su lunghe distanze o di rafforzare la rete elettrica tramite l'implementazione di nuove linee<sup>128</sup>, aumentando anche la resilienza dell'approvvigionamento energetico isolando i singoli guasti.

---

<sup>124</sup> Machine Insider, *Five ways that 5G promotes sustainability*, 19 ottobre 2023, disponibile alla pagina: <https://www.machineinsider.com/five-ways-that-5g-promotes-sustainability/>.

<sup>125</sup> A. Boyle, *5G and sustainability: the role of green 5G in the energy transition*, cit.

<sup>126</sup> J. Bieser, B. Salieri, R. Hischer e L.M. Hilty, *Next generation mobile networks: Problem or opportunity for climate protection?*, in cooperation with Swisscom AG and swissecleantech, University of Zurich, Empa, Zurich, St. Gallen, 2020, disponibile alla pagina:

[https://plus.empa.ch/images/5G%20climate%20protection\\_University%20of%20Zurich\\_Empa.pdf](https://plus.empa.ch/images/5G%20climate%20protection_University%20of%20Zurich_Empa.pdf).

<sup>127</sup> Una microrete è una rete locale di produzione e distribuzione di energia, che può funzionare in maniera indipendente quando è disconnessa dalla rete elettrica principale al verificarsi di una crisi, quale un blackout, o una tempesta, o semplicemente per soddisfare picchi di richiesta degli utenti delle microreti, evitando, contemporaneamente, maggiori costi energetici. Tali piccole reti riforniscono un determinato gruppo di utenti a livello locale, come possono essere un complesso abitativo, un centro d'affari, un ospedale, o un impianto di produzione, che si trovino nelle immediate vicinanze. Le microreti sono alimentate da generatori, o da fonti di energia rinnovabile, come i pannelli solari, o le pale eoliche e, generalmente, vi vengono integrate unità di stoccaggio energetico quali le batterie.

<sup>128</sup> M.F. Dyngé, P.C. del Granado, N. Hashemipour e M. Korpås, *Impact of local electricity markets and peer-to-peer trading on lowvoltage grid operations*, Applied Energy, vol. 301, 117404, 2021, disponibile alla pagina: <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2021.117404>.

La digitalizzazione dei sistemi energetici richiederà anche lo studio di soluzioni in grado di rispondere alle sfide rappresentate dalla cybersicurezza, in un contesto in cui i dati diventano fondamentali, e occorrono sistemi di comunicazione sicuri, veloci e diffusi capillarmente su tutto il territorio.

Un altro settore che mostra ampi margini di sviluppo innovativo e sostenibile grazie all'utilizzo di sistemi ICT è senz'altro quello della **mobilità e dei trasporti**. Ad esempio, le tecnologie digitali possono rafforzare e ampliare l'utilizzo delle batterie di prossima generazione<sup>129</sup>, sia nel campo del trasporto di passeggeri, sia nel trasporto pesante (autocarri). In questo contesto, la domanda crescente di energia elettrica da parte dei trasporti potrà infatti essere supportata dall'utilizzo di sensori, potenza di calcolo e *software* avanzati.

Questi strumenti miglioreranno, tramite un approccio sistemico, l'efficienza energetica<sup>130</sup> dei mezzi di trasporto. Ad esempio, la ricarica può essere efficientata grazie alla disponibilità dei dati provenienti dagli strumenti digitali applicati ai veicoli, che generano informazioni utili anche a monitorare le condizioni climatiche e ambientali in cui svolge il servizio di mobilità/trasporto.

Un altro valido esempio è fornito dalla connettività cellulare *vehicle-to-everything* (C-V2X), abilitata dal 5G<sup>131</sup>.

---

<sup>129</sup> Ad esempio, quelle allo stato solido, agli ioni di litio senza cobalto, o quelle che utilizzano materiali DRX (salgemma con struttura disordinata con eccesso di litio, con cui è possibile realizzare catodi delle batterie senza nichel o cobalto).

<sup>130</sup> Un esempio è rappresentato dalla c.d. ricarica bidirezionale, che offre flessibilità alle reti elettriche intelligenti, sostenendo l'integrazione delle energie rinnovabili e massimizzandone l'uso. La ricarica bidirezionale è una tecnologia di ricarica per auto elettriche che integra le funzionalità V2G (Vehicle to Grid) e V2H (Vehicle to Home).

<sup>131</sup> Accenture Strategy, *The impact of 5G on the European Economy*, febbraio 2021, disponibile alla pagina: <https://www.accenture.com/content/dam/accenture/final/a-com-migration/manual/r3/pdf/pdf-144/Accenture-5G-WP-EU-Feb26.pdf>. I sistemi di guida altamente automatizzati potrebbero liberare fino a 95 ore all'anno per i pendolari tedeschi e risparmiare 400.000 tonnellate di CO<sub>2</sub> solo nel 2025 (Bosch, *My car, my hero: what the connected vehicle will be capable of doing on the streets of the future*, Press release, 4 luglio 2017, disponibile alla pagina: <https://www.bosch-presse.de/pressportal/de/en/my-car-my-hero-what-the-connected-vehicle-will-be-capable-of-doing-on-the-streets-of-the-future-99136.html>). La soluzione per autobus elettrici autonomi di Telia ed Ericsson si basa sulle funzionalità di rete 5G per il posizionamento e la prioritizzazione dei video in diretta. I veicoli automatizzati, abilitati dalle tecnologie IoT e 5G, sono più efficienti dal punto di vista del consumo di carburante rispetto alle alternative a guida manuale, riducendo le emissioni di gas serra derivanti dal trasporto pubblico, rendendo al contempo il trasporto pubblico più accessibile e riducendo i costi operativi (A. Boyle, *5G and sustainability: the role of green 5G in the energy transition*, cit.). Un recente contributo stima al 15-20% il potenziale di riduzione delle emissioni di carbonio grazie all'interconnessione dei veicoli con l'ambiente circostante (altri veicoli, infrastrutture,

Anche nel trasporto ferroviario sono state promosse numerose iniziative per supportare la digitalizzazione, la sostenibilità e la competitività e per migliorare, grazie alle maggiori capacità del 5G, la connettività ferroviaria e l'automazione dei treni<sup>132</sup>. In particolar modo, a livello europeo il progetto 5GMED (un'iniziativa sostenuta da finanziamenti della Commissione europea relativi al programma di ricerca e innovazione Horizon 2020, nell'ambito del 5G Public Private Partnership), si propone come obiettivo primario quello di valutare le capacità delle tecnologie 5G nel soddisfare i requisiti dei servizi CAM e FRMCS in scenari transfrontalieri<sup>133</sup>. In

---

pedoni, ecc.), che limiterebbe la quantità di frenate e accelerazioni (C. Maasem e S. Gupta, *Energy savings: Is 5G a sustainability driver or a power glutton*, cit.).

<sup>132</sup> Un esempio è l'adozione dello standard European Rail Traffic Management System (ERTMS). Sotto il profilo della connettività, l'attuale standard del 2G per la connettività ferroviaria, il GSM-R, sarà presto sostituito dal Future Railway Mobile Communications System (FRMCS), alimentato dal 5G, con un conseguente incremento delle prestazioni. Sotto il profilo dell'automazione, lo European Train Control System (ETCS) è uno standard di segnalamento dell'ERTMS che pone le basi per l'automazione dei treni e per una riduzione significativa del consumo di energia nel settore ferroviario (Accenture Strategy, *The impact of 5G on the European Economy*, febbraio 2021, disponibile alla pagina:

<https://www.accenture.com/content/dam/accenture/final/a-com-migration/manual/r3/pdf/pdf-144/Accenture-5G-WP-EU-Feb26.pdf>). Con l'introduzione

del FRMCS abilitato al 5G, operazioni sempre più automatizzate saranno finalmente possibili anche nel comparto del trasporto ferroviario pesante. Ciò comporterà miglioramenti sostanziali in termini di sicurezza, consumo energetico e accesso sociale, oltre a introdurre una serie di nuovi servizi di mobilità. Nonostante la mobilità su rotaie sia già uno dei sistemi di trasporto più sostenibili, soluzioni alternative di guida associate ai treni automatizzati potrebbero ridurre il consumo energetico di almeno il 20% (Smith, K., *Automatic for the people: unlocking the benefits of automated operation on the main line*, International Railway Journal, 28 settembre 2018, disponibile alla pagina: [https://www.railjournal.com/in\\_depth/automatic-for-the-people-unlocking-the-benefits-of-automated-operation-on-the-main-line/](https://www.railjournal.com/in_depth/automatic-for-the-people-unlocking-the-benefits-of-automated-operation-on-the-main-line/)). Molti operatori ferroviari europei hanno iniziato a sperimentare il 5G grazie ai noti vantaggi delle operazioni automatizzate dei treni. Tra gli altri, Nokia e German Rail (DB) hanno sviluppato un sistema 5G autonomo per testare tale applicazione nel 2021 (Turner, J., *The fifth element: how 5G is set to revolutionise the railways*

, Railway Technology, 7 luglio 2020, disponibile alla pagina: <https://www.railway-technology.com/features/5g-railways/?cf-view>). Thales e Vodafone hanno stretto una partnership per testare treni senza conducente controllati tramite rete 5G (D. Briginshaw, *Thales and Vodafone conduct driverless trial using 5G*, International Railway Journal, 18 settembre 2019, disponibile alla pagina: <https://www.railjournal.com/signalling/thales-and-vodafone-conduct-driverless-trial-using-5g/>), mentre FirstGroup e Blu Wireless hanno annunciato un progetto per implementare la banda larga 5G "da binario" ai treni ad alta velocità (M. Donegan, *All Aboard for 5G-Powered Wi-Fi on UK Trains*, 5GUK Limited, 26 febbraio 2019, disponibile alla pagina: <https://5g.co.uk/news/5g-powered-wi-fi-uk-trains/4768/>).

<sup>133</sup> F. Vázquez-Gallego, J. Nasreddine, E. Carmona-Cejudo, Y. Murillo, R. Vilalta, P. Veyssiere, M. Dalgitsis, M. A. Serrano, A. Antonopoulos, J. Polo, J. Bastida J. L. e Luque, *Cross-border 5G Seamless Connectivity for Connected and Automated Mobility:*

particolare, il 5GMED sta conducendo estese prove di connettività 5G lungo il corridoio transfrontaliero del Mediterraneo tra Figueres (Spagna) e Perpignan (Francia)<sup>134</sup>.

Quanto al trasporto marittimo, un uso sistematico dei dati generati da navi<sup>135</sup> connesse e automatizzate/autonome (in combinazione con i servizi spaziali) può offrire soluzioni affidabili in grado di garantire una maggiore efficienza della gestione del traffico, un minor consumo di carburanti e la riduzione delle emissioni di CO<sub>2</sub>. In particolare, questo ultimo effetto positivo si ottiene grazie alle tecnologie 5G che facilitano lo scambio di informazioni in tempo reale tra gli attori del processo terminale, portando ad una riduzione della movimentazione delle merci, ottimizzando il processo e riducendo il consumo di carburante e le emissioni di CO<sub>2</sub> associate. Abilitare tramite il 5G il così detto *Massive Machine-Type Communication* rappresenta una possibilità concreta di sperimentare Use Case innovativi a sostegno della logistica delle merci ed in particolare delle operazioni di movimentazione delle merci in ambito portuale.

Ulteriori vantaggi nel settore dei trasporti derivano dall'impiego dei c.d. gemelli digitali dei veicoli e dalla possibilità di sperimentare soluzioni innovative, valutandone preventivamente l'impatto sul mondo reale e contribuendo a fornire una migliore comprensione delle necessità degli utenti finali<sup>136</sup>.

---

*Challenges, Network Implementation, and Lessons Learnt*, IEEE Future Networks World Forum (FNWF), Baltimore, MD, USA, pp. 1-6, 2023, disponibile alla pagina: <https://ieeexplore.ieee.org/document/10520360>.

<sup>134</sup> Ibidem.

<sup>135</sup> Vedi, ad esempio, l'esperienza del porto di Livorno. Il progetto, avviato da Ericsson insieme al Consorzio Nazionale Interuniversitario delle Telecomunicazioni (CNIT) e all'Autorità di Sistema Portuale del Mar Tirreno Settentrionale, ha posto le basi, sin dal 2016, affinché uno dei maggiori porti italiani diventasse un banco di prova per la sperimentazione di nuove soluzioni 5G, soprattutto in relazione agli Obiettivi di Sviluppo Sostenibile 2030 delle Nazioni Unite (SDG). Le sperimentazioni 5G sono state parte integrante del progetto europeo Corealis – Port of the Future.

Nello specifico, il 5G ha permesso di migliorare lo scambio di informazioni in tempo reale all'interno del terminal portuale, portando alla riduzione dei movimenti non necessari durante la movimentazione delle merci. Grazie ad un modello elaborato insieme ai partners di progetto ed alla Fondazione Eni Enrico Mattei (FEEM), si è calcolato che in questo modo ogni anno sarà possibile ridurre le emissioni dell'8,2% per terminal portuale, pari a quasi 148.000 kg di CO<sub>2</sub>, contribuendo gli obiettivi definiti dall'SDG numero 13 (Climate Action). In termini economici, le stime indicano un risparmio di 2,5 milioni di euro all'anno grazie all'ottimizzazione dei tempi di ormeggio delle navi e un miglioramento del 25% della produttività attraverso l'utilizzo di gru controllate da remoto in 5G.

<sup>136</sup> A. Rasheed, O. San e T. Kvamsdal, , *Digital Twin: Values, Challenges and Enablers From a Modeling Perspective*, IEEE Access, vol. 8, 21980-22012, 2020, disponibile alla pagina: <https://ieeexplore.ieee.org/document/8972429>. Lo studio di un gemello digitale di

Analogamente ad altri settori, si sta inoltre assistendo allo sviluppo di soluzioni di mobilità multimodale che combinano diverse opzioni di trasporto disponibili tramite un'unica piattaforma interoperabile (c.d. *mobility-as-service-MaaS*)<sup>137</sup>. MaaS è un concetto globale di mobilità che prevede l'integrazione di molteplici servizi di trasporto pubblico e privato accessibili grazie ad un unico canale digitale<sup>138</sup>.

Tale dinamica, che andrà supportata da investimenti ingenti nello sviluppo di infrastrutture di accesso e tecnologie, tra cui intelligenza artificiale e *cloud*, sta evolvendo nella prospettiva di garantire, in particolare nel trasporto pubblico, maggiore efficienza e convenienza, ampliando le possibilità di scelta per i consumatori. Peraltro, questo processo dovrà essere monitorato con grande attenzione dai *policy maker*, in quanto il rischio è che il modello di "piattaformizzazione" *as-service* renda il servizio dipendente da grandi soggetti dominanti<sup>139</sup>.

La spinta verso dinamiche di condivisione dei mezzi di trasporto e le nuove forme di offerta di servizi di mobilità multimodale possono inoltre estendere i loro vantaggi anche nelle regioni remote e rurali (e non soltanto nelle città)<sup>140</sup>. A tal fine, alla necessità di garantire infrastrutture adeguate di connettività su tutto il territorio (centro/periferia)<sup>141</sup> si unisce l'importanza di definire condizioni di interoperabilità dei diversi servizi offerti ma soprattutto dei dati su cui i servizi vengono modellati e offerti agli utilizzatori finali. Il tema dell'accesso ai dati sulla mobilità riguarda anche le autorità pubbliche che grazie alle informazioni che potranno acquisire saranno in grado di monitorare e pianificare le attività, le infrastrutture e i servizi di trasporto.

---

un mezzo di trasporto infatti può rendere disponibili dati completi sulle prestazioni real time, sulle migliori configurazioni di utilizzo, sulla scelta delle migliori componenti e sulle soluzioni più adeguata riguardo la loro manutenzione (IBM. *What is a digital twin?:* <https://www.ibm.com/topics/what-is-a-digital-twin#:~:text=IBM,reasoning%20to%20help%20make%20decisions.>).

<sup>137</sup> ITF, *Mix and MaaS: Data Architecture for Mobility as a Service*, International Transport Forum Policy Papers, No. 113, OECD Publishing, Paris, 2023, disponibile alla pagina: [https://www.oecd-ilibrary.org/transport/mix-and-maas-data-architecture-for-mobility-as-a-service\\_4272475b-en](https://www.oecd-ilibrary.org/transport/mix-and-maas-data-architecture-for-mobility-as-a-service_4272475b-en).

<sup>138</sup> Attraverso piattaforme digitali, che combinano varie funzionalità e garantiscono diverse alternative di viaggio (trasporto pubblico, car sharing, bike sharing, taxi) gli utenti possono pianificare, prenotare e pagare più servizi in base alle proprie esigenze.

<sup>139</sup> Alcune possibili risposte prevedono partenariati in cui gli operatori del settore mettono in comune gli investimenti e concordano norme, infrastrutture, piattaforme e quadri di governance comuni.

<sup>140</sup> P. Labee, S. Rasouli e F. Liao, *The implications of Mobility as a Service for urban emissions*, Transportation Research Part D: Transport and Environment, vol. 102, 103128, 2022, disponibile alla pagina: <https://doi.org/10.1016/j.trd.2021.103128>.

<sup>141</sup> Ivi.

Il ruolo delle tecnologie digitali sarà fondamentale anche nel **settore industriale**: l'implementazione di strumenti quali i contatori intelligenti o i sensori, in grado di generare informazioni in tempo reale sui consumi, sui sistemi di controllo e sull'organizzazione ottimizzata dei processi industriali, può, infatti, garantire una migliore gestione dell'energia e delle risorse. Anche nel comparto industriale, l'uso dei gemelli digitali supporterà una migliore progettazione di prodotti e servizi, creando laboratori virtuali nel quale testare nuovi prodotti, monitorare ed effettuare la manutenzione preventiva, valutare il ciclo di vita del prodotto e selezionare i materiali più adeguati ed efficienti<sup>142</sup>. L'ottimizzazione basata sull'analisi dei dati (tramite IA) provenienti ad esempio dall'uso di *Digital Twins*, contribuirà a migliorare i materiali esistenti, a sviluppare alternative più ecologiche e a prolungarne la durata, aumentando anche la circolarità grazie al miglioramento della manutenzione e all'attivazione di processi di riciclo di qualità elevata.

In questo contesto, una tecnologia che potrebbe garantire una efficace tracciabilità delle informazioni nel settore industriale è la *Distributed Ledger Technology* (la tecnologia alla base della *Blockchain*): questa particolare tecnologia può assicurare un percorso informativo accessibile, trasparente, sicuro e in grado di garantire elevati standard di qualità dei dati, favorendo la fiducia tra stakeholder nella condivisione delle informazioni/dati.

Rilevante per il settore è anche l'integrazione delle tecnologie di fabbricazione, digitali e di altre tipologie innovative, quali la robotica o la stampa 3D e 4D<sup>143</sup>. Nel contesto della virtualizzazione nel settore manifatturiero la tecnologia 5G ha il potenziale per migliorare l'esperienza di realtà aumentata/realtà virtuale, accrescendo la qualità attraverso una maggiore velocità di trasmissione, una minore latenza e una maggiore mobilità. Tramite la realtà virtuale, si stima che i tempi di inattività vengano ridotti dal 10% al 35%, gli scarti e le rilavorazioni dal 15% al 25% e i tempi di assemblaggio dal 20% al 50%; più in generale, grazie al 5G le aziende possono aggiornare la loro forza lavoro tramite una tecnologia più rapida e all'avanguardia e aumentare così la produttività per lavoratore<sup>144</sup>. La

---

<sup>142</sup> L'uso delle tecnologie digitali nei processi di ottimizzazione dei materiali presenta numerosi vantaggi: ci vogliono infatti dai 10 ai 30 anni per sviluppare materiali avanzati con metodi convenzionali, le tecnologie digitali possono aiutare a ridurre sostanzialmente il tempo necessario per sviluppare nuovi materiali e aiutare a gestire la complessità dei processi di ottimizzazione.

<sup>143</sup> Gli oggetti stampati in 4D possono cambiare forma o auto assemblarsi nel tempo se esposti a uno stimolo quale calore, luce, acqua, campo magnetico o altre forme di energia che attivano il processo di mutazione.

<sup>144</sup> Accenture Strategy, *The impact of 5G on the European Economy*, febbraio 2021, disponibile alla pagina: <https://www.accenture.com/content/dam/accenture/final/a-com-migration/manual/r3/pdf/pdf-144/Accenture-5G-WP-EU-Feb26.pdf>.

combinazione di maggiore produttività e riduzione degli sprechi di materiale di scarto daranno vita a una linea più sostenibile e rispettosa dell'ambiente.

Anche le apparecchiature e i macchinari possono essere monitorati in tempo reale con l'aiuto del 5G, riducendo i tempi di fermo e la necessità di costose riparazioni. In tal modo il consumo di energia per le riparazioni delle apparecchiature e la sostituzione dei pezzi diminuisce: la manutenzione predittiva può ridurre il consumo di energia fino al 10%, tagliare i costi di manutenzione fino al 30% e aumentare la disponibilità del sistema fino al 20%<sup>145</sup>.

Similmente, utilizzando il 5G, le aziende possono tracciare e monitorare le loro catene di fornitura in tempo reale. Una maggiore trasparenza riduce gli sprechi e consente di reagire tempestivamente alle interruzioni, oltre ad altri vantaggi. I sistemi di gestione della catena di approvvigionamento abilitati dall'IoT possono ridurre le scorte fino al 30% e aumentare l'efficienza della catena di approvvigionamento fino al 50%<sup>146</sup>.

Per quanto riguarda il **settore edilizio**, gli strumenti ICT diventano determinanti per supportare il processo di trasformazione *green* nel contesto della riqualificazione degli edifici. L'evoluzione *green* richiede una revisione complessiva delle prestazioni energetiche delle strutture, dei sistemi di riscaldamento alimentati a combustibile fossile (nella prospettiva di sostituzione con alternative sostenibili, ad esempio pompe di calore) e una riduzione dell'impronta di carbonio derivante dall'uso intensivo dell'acqua.

Anche nel settore edilizio si stanno affermando *best practices* innovative in cui l'analisi e l'elaborazione dei dati e delle informazioni generate da contatori intelligenti e sistemi di monitoraggio e di controllo degli edifici rendono possibile non solo una migliore progettazione degli stabili, ma anche una ottimizzazione dell'uso delle costruzioni esistenti. L'implementazione di tali tecnologie rende possibile un miglioramento significativo dell'efficienza energetica e idrica degli edifici, una maggiore capacità di gestire la manutenzione e una migliore comprensione del comportamento dei materiali utilizzati (tramite registri digitali, ad esempio<sup>147</sup>), evitando di utilizzare tipologie di materiali che si dimostrano nocive per l'ambiente e per l'uomo.

---

<sup>145</sup> C. Maasem e S. Gupta, *Energy savings: Is 5G a sustainability driver or a power glutton?*, cit.

<sup>146</sup> Ivi.

<sup>147</sup> L'implementazione di tecnologie digitali assume un ruolo rilevante anche nella definizione del c.d. registro digitale degli edifici che potrebbe fungere da archivio comune, includendo al suo interno i "passaporti digitali" dei materiali, con tutte le informazioni in grado di supportare un processo decisionale consapevole nell'ambito della realizzazione di un progetto edilizio, anche grazie all'analisi del ciclo di vita dei materiali.

Nelle fasi di pianificazione, monitoraggio e gestione degli spazi urbani, assumono un ruolo di rilievo i gemelli digitali, i quali potrebbero supportare, grazie alla possibilità di svolgere sperimentazione in ambiente digitale, la riduzione delle emissioni urbane, l'efficientamento delle risorse utilizzate e il miglioramento complessivo della qualità di vita degli utenti. Al contempo, un utilizzo più razionale e ottimizzato dello spazio edificabile grazie alle informazioni generate tramite l'uso di gemelli digitali potrebbe aumentare la resilienza degli edifici di fronte ad eventi pericolosi.

Nella prospettiva di un utilizzo più razionale degli spazi disponibili e di conseguente riduzione della domanda/necessità di ulteriori spazi o edifici che determina impatti negativi sull'ambiente si stanno affermando soluzioni innovative (ad esempio micro-appartamenti<sup>148</sup>) che mirano ad un utilizzo più efficiente degli edifici esistenti. In questo contesto, le piattaforme digitali<sup>149</sup> e le tecnologie digitali possono consentire una condivisione ottimizzata e razionale degli ambienti e aiutare a ridurre la domanda di spazio. Le applicazioni basate su *Internet of Things*, come i sensori installati negli edifici, possono fornire un quadro preciso e in tempo reale dell'uso degli spazi di un edificio, consentendo opzioni di prenotazione flessibile di stanze o aree per svolgere attività, anche last minute, insieme all'offerta di soluzioni che riguardano regolazione, simulazione e previsione dell'occupazione di spazi e ambienti.

Una corretta implementazione delle tecnologie ICT può consentire, in un altro settore a forte impatto ambientale quale quello **agricolo**, una transizione verso un modello più sostenibile dell'intero comparto. L'utilizzo di sistemi di rilevamento digitale tramite sensori e informazioni provenienti anche da servizi spaziali stanno già offrendo in parecchie esperienze sperimentali l'opportunità di ridurre l'uso di acqua, pesticidi, fertilizzanti ed energia, a vantaggio anche della salute umana e delle specie animali. Monitorando il processo lungo tutto il suo percorso, dalle condizioni meteorologiche alla qualità del suolo e alla salute delle colture, tecnologie come il 5G e l'*Internet of things* aiutano gli agricoltori a ottenere le informazioni necessarie per prendere decisioni informate su aspetti quali l'irrigazione delle colture<sup>150</sup>,

---

<sup>148</sup> Tra gli altri: N. Francart, M. Höjer, K. Mjörnell, A.S. Orahim, J. von Platten e T. Malmqvist, , *Sharing indoor space: Stakeholders' perspectives and energy metrics*, Buildings and Cities, 1(1), 70–85, 2020, disponibile alla pagina: <https://journal-buildingscities.org/articles/10.5334/bc.34>; M. Höjer e K.Mjörnell, *Measures and Steps for More Efficient Use of Buildings*, Sustainability, MDPI, vol. 10(6), 1-11, 2018, disponibile alla pagina: <https://doi.org/10.3390/su10061949>.

<sup>149</sup> Le piattaforme di condivisione e le soluzioni digitali intelligenti come i sistemi integrati di gestione dello spazio di lavoro, la prenotazione di posti e scrivanie o i servizi di portineria digitale sono fattori chiave per la condivisione degli spazi.

<sup>150</sup> Tra gli altri: E.A. Abioye, M.S.Z. Abidin, M.S.A. Mahmud, S. Buyamin, M.H.I. Ishak, M.K.I.A. Rahman, A.O. Otuoze, P. Onotu e M.S.A. Ramli, *A review on monitoring and*

monitorando i livelli di umidità del suolo o determinando il momento ottimale per fertilizzare<sup>151</sup>, l'uso di pesticidi<sup>152</sup> e una migliore gestione del bestiame<sup>153</sup>.

---

*advanced control strategies for precision irrigation*, Computers and Electronics in Agriculture, vol. 173, 105441, 2020, disponibile alla pagina: <https://doi.org/10.1016/j.compag.2020.105441>; O. Adeyemi, I.Grove, S. Peets, e T. Norton, *Advanced Monitoring and Management Systems for Improving Sustainability in Precision Irrigation*, Sustainability, MDPI, vol. 9(3), 353, 1-29, 2017, disponibile alla pagina: <https://www.mdpi.com/2071-1050/9/3/353>.

<sup>151</sup> Machine Insider, *Five ways that 5G promotes sustainability*, 19 ottobre 2023, disponibile alla pagina: <https://www.machineinsider.com/five-ways-that-5g-promotes-sustainability/>.

<sup>152</sup> Un esempio è rappresentato dalle soluzioni offerte dalla società belga Proximus che fornisce la connettività 5G consentendo il controllo delle erbe infestanti e dei parassiti nei campi coltivati: utilizzano i droni per catturare immagini dei siti agricoli e l'intelligenza artificiale per identificare i modelli di erbe infestanti o di malattie nelle colture. La tecnologia è in grado di inviare i dati dal drone alla piattaforma di analisi, che crea quindi una mappa delle attività per un robot dotato di bruciatore (per le erbe infestanti) o per un irroratore di pesticidi (per i parassiti o le malattie). Invece di trattare un intero campo in presenza di enti patogeni, questo permette agli agricoltori di mirare solo alle aree colpite. Entro il 2030, gli agricoltori europei dovranno ridurre del 50% l'uso di pesticidi: in questo caso di prova, Proximus ha scoperto che l'uso di pesticidi può essere ridotto dell'80% (Vodafone, *Using 5G and IoT to support more sustainable food production*, 28 ottobre 2022, Protecting the Planet, disponibile alla pagina: <https://www.vodafone.com/news/protecting-the-planet/5g-iot-support-sustainable-food-production>).

In collaborazione con Bayer in Germania, un altro esempio di best practice proviene da Vodafone, che ha lanciato la prima rete 5G in una serra. Con l'aiuto di robot completamente autonomi e dell'intelligenza artificiale, sarà uno spazio per i ricercatori di insetticidi per acquisire nuove conoscenze sulla salute delle piante e per testare nuovi metodi in modo efficiente. La serra è composta da 133 sezioni in cui è possibile simulare individualmente un'ampia varietà di condizioni climatiche, come temperatura e umidità o ora del giorno. Di conseguenza, i test possono essere eseguiti in condizioni realistiche e quasi naturali. I dati provenienti dalla serra possono essere raccolti ininterrottamente e in massa quasi in tempo reale, grazie al 5G, e saranno elaborati automaticamente grazie all'intelligenza artificiale. I risultati potranno poi essere utilizzati per varie attività di ricerca e modelli predittivi, consentendo di sviluppare nuove soluzioni innovative, non solo in laboratorio e in serra, ma anche in campo, al fine di rendere l'industria agricola più sostenibile (Vodafone, *Using 5G and IoT to support more sustainable food production*, 28 ottobre 2022, Protecting the Planet, disponibile alla pagina: <https://www.vodafone.com/news/protecting-the-planet/5g-iot-support-sustainable-food-production>).

<sup>153</sup> Tra gli altri: N.A. Arias, M.L. Molina e O. Gualdron, *Estimate of the weight in bovine livestock using digital image processing and neural network*, Proceedings of SPIE - The International Society for Optical Engineering, vol. 5622, 224-228, 2004, disponibile alla pagina: <https://doi.org/10.1117/12.590779>; D. Bailey, M.G. Trotter, C.W. Knoght e M.G.mThomas, *Use of GPS tracking collars and accelerometers for rangeland livestock production research*, Translational Animal Science, vol. 2(1), 81-88, 2018, disponibile alla pagina: <https://doi.org/10.1093/tas/txx006>.

Ulteriori sviluppi nel settore dell'agricoltura supportati dalle tecnologie digitali riguardano la c.d. l'agricoltura intelligente e sostenibile la cui implementazione è resa possibile grazie all'adozione di pratiche già note nella gestione delle aziende agricole nel contesto dell'Industria 4.0<sup>154</sup>. Si tratta di nuove applicazioni in grado di sviluppare il potenziale di automazione e di digitalizzazione dei processi agricoli, oltre alle capacità di analisi dei terreni agricoli garantiti anche dall'impiego di droni, rafforzando modelli di sviluppo sostenibile e una maggiore resilienza del settore.

L'*Internet of Things*, ad esempio, può favorire l'interoperabilità e l'integrazione di dati provenienti da diverse fonti e quindi consentire il passaggio alla c.d. agricoltura intelligente<sup>155</sup>, così come l'Intelligenza artificiale può supportare la produzione di prodotti agricoli innovativi e la transizione verso modelli di business basati su un uso meno intensivo di risorse.

Ulteriori strumenti innovativi appartenenti all'ecosistema digitale come, ad esempio, il calcolo quantistico stanno creando le condizioni per supportare, in collaborazione con discipline quali la bioinformatica e la genomica delle piante<sup>156</sup>, una migliore comprensione dei processi biologici e chimici necessari per ridurre pesticidi e fertilizzanti<sup>157</sup>.

---

<sup>154</sup> Oltre alle aziende agricole, tali processi sono applicabili anche alla silvicoltura, all'acquacoltura e alle pratiche di pesca.

<sup>155</sup> I dati sullo stato delle piante, del bestiame e del suolo, combinati con le previsioni meteorologiche e altri dati di monitoraggio ambientale, possono fornire un supporto decisionale alla forza lavoro impiegata nel settore agricolo. Tale supporto può avvenire tramite la visualizzazione dei dati, la condivisione delle raccomandazioni elaborate grazie all'analisi dei dati e alle indicazioni che sono generate grazie all'interazione tra uomo e tecnologia.

<sup>156</sup> Ad esempio, l'editing genetico sviluppa varietà di colture più resilienti e più produttive. V. I.J. Bingham, D.R. Walters, M.J. Foulkes e N.D. Paveley, *Crop traits and the tolerance of wheat and barley to foliar disease*, *Annals of Applied Biology*, vol. 154(2), 159-173, 2009, disponibile alla pagina: <https://doi.org/10.1111/j.1744-7348.2008.00291.x>; C.D. Messina, D. Podlich, Z. Dong, M. Samples e M. Cooper, *Yield-trait performance landscapes: From theory to application in breeding maize for drought tolerance*, *Journal of Experimental Botany*, vol. 62(3), 855-868, 2011, disponibile alla pagina: <https://doi.org/10.1093/jxb/erq329>; D.E. Nelson, B. Shen e H.J. Bohnert, *Salinity tolerance—mechanisms, models and the metabolic engineering of complex traits*. In: Setlow, J.K. (eds) *Genetic Engineering*, vol. 20. Springer, Boston, MA, 1998, disponibile alla pagina: [https://doi.org/10.1007/978-1-4899-1739-3\\_9](https://doi.org/10.1007/978-1-4899-1739-3_9).

<sup>157</sup> Tra gli altri: R. Flavell, *Knowledge and technologies for sustainable intensification of food production*, *New Biotechnology*, vol. 27(5), 505-516, 2010, disponibile alla pagina: <https://doi.org/10.1016/j.nbt.2010.05.019>; N., Mahon, I. Crute, E. Simmons e M.M. Islam, *Sustainable intensification – “oxymoron” or “third-way”?* *A systematic review*, *Ecological Indicators*, vol. 74, 73-97, 2017, disponibile alla pagina: <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2016.11.001>; C. Paul, A.-K. Techen, J.S. Robinsone, K.

Infine, anche in questo settore, lo sviluppo delle piattaforme digitali e l'uso di dati satellitari, di sensori e di tecnologia blockchain contribuiscono a favorire la transizione verso un sistema di distribuzione e produzione locale in grado di ridurre la produzione di rifiuti alimentari e rendere più razionali le catene del valore e i consumi. Si tratta di sistemi (ICT) che consentono la diminuzione dei costi di installazione e manutenzione, se supportati da opportuni incentivi (finanziari e tecnici) che ne facilitino l'implementazione e la loro diffusione capillare, anche in aziende agricole di piccole dimensioni.

Peraltro, come già osservato negli altri settori, anche in questo caso, le fondamenta di tali prospettive innovative poggiano sulla necessaria presenza di un'adeguata infrastruttura di connettività, anche nelle zone periferiche e rurali.

Anche nel **settore idrico**, per far fronte alle nuove esigenze e necessità derivanti dall'adozione di sistemi di economia circolare, dall'obsolescenza delle infrastrutture, dai cambiamenti demografici e climatici, si sta assistendo alla trasformazione digitale dei servizi, per migliorare l'efficienza delle risorse e soddisfare le nuove esigenze.

Per quanto concerne il primo tema (efficienza delle risorse), le tecnologie ICT vengono applicate al settore idrico con l'obiettivo di costruire un sistema di gestione idrica intelligente e sostenibile che aiuti a ridurre le perdite, a garantire la qualità dell'acqua e a ottimizzare il funzionamento delle infrastrutture. Le informazioni in tempo reale riguardanti la qualità dell'acqua dei fiumi e delle tubature, così come i dati idrometeorologici sulle inondazioni e sul fabbisogno di acqua negli edifici commerciali possono essere monitorati grazie alle tecnologie dell'*Internet of Things*. Diversi Paesi nel mondo hanno investito molto nello sviluppo di sistemi digitalizzati di gestione dell'acqua<sup>158</sup>.

Dal lato dell'approvvigionamento idrico, le tecnologie ICT possono sviluppare un sistema orientato alla comunità, integrando in un ecosistema digitale efficiente necessità ed esigenze di clienti e imprese. I dati e le informazioni vengono condivisi tra le parti interessate (ad esempio, aziende di gestione del ciclo idrico, autorità locali, società immobiliari, servizi pubblici) e utilizzati per offrire migliore pianificazione e integrazione dei servizi. In questo contesto vengono abilitati nuovi prodotti e servizi ed emergono nuovi modelli di business in grado di soddisfare le crescenti

---

Helming, *Rebound effects in agricultural land and soil management: Review and analytical framework*, Journal of Cleaner Production, vol. 227, 1054-1067, 2019, disponibile alla pagina: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.04.115>.

<sup>158</sup> In Cina, ad esempio, Wuxi, Shenzhen e Shanghai hanno aggiornato il loro sistema di gestione dei servizi idrici e costruito un'infrastruttura informatica per la gestione dell'acqua.

aspettative, contribuendo così, anche nel settore idrico, a sviluppare un modello di gestione dei servizi maggiormente orientato a garantire una società e un ambiente più sostenibili.