

Tecnologie 4.0 e imprese agroalimentari: il ruolo delle relazioni con i fornitori e gli ecosistemi di supporto

Vladi Finotto

Università Ca' Foscari Venezia, Italia

Monica Plecherò

Università Ca' Foscari Venezia, Italia

Abstract The chapter draws on the latest data and case studies from the Agrifood Management and Innovation Lab's Observatory on Strategies and Innovation in Food to illustrate how the adoption of 4.0 technologies is feasible for food SMEs, provided that there is a well-structured interface with a variety of actors in their local contexts. The adoption and deployment of 4.0 technologies requires mediation by software, consulting, and research operators to scale down solutions designed for large and structured organizations and to adapt them to the peculiarities of SMEs. We document the nature and structure of these interactions to contribute to future policy choices in supporting digitalization of the sector.

Keywords Industry 4.0. Co-design. Collaborative innovation. Regional systems of innovation. Agrifood SMEs.

Sommario 1 Introduzione. – 2 Le sfide del 4.0 e della transizione gemella per le PMI dell'agroalimentare. – 3 Incertezza, sostenibilità, nuovi mercati: digitale e agroalimentare nel contesto post-pandemico. – 4 Tecnologie 4.0 e agroalimentare del Veneto e del Nord-est. – 5 Innovazione e territorio. – 6 Innovazione, reti ed ecosistemi: quanto contano gli attori 'esterni'? – 7 Il trasferimento di conoscenza dal fornitore al cliente: aspetti salienti. – 8 Conclusioni.

1 Introduzione

Questo capitolo ragiona sul ruolo dell'ecosistema che circonda le PMI dell'agroalimentare per coglierne il contributo all'innovazione legata all'adozione delle tecnologie di Industria 4.0. La scelta dell'ambito innovativo è presto spiegata. Le più recenti politiche europee e nazionali pongono, ancor di più dopo il Covid, il digitale al centro dell'agenda di economia industriale. Esso è visto, nelle sue tante forme, come un abilitatore di modelli di impresa più robusti di fronte alle incertezze dell'economia globale e soprattutto più sostenibili. Lo stimolo politico per la digitalizzazione, sotto forma di risorse pubbliche capaci di mobilitare quelle private, è stato poderoso negli ultimi dieci anni. Ciononostante, perdura, perlomeno in Italia, una apparente irriducibilità tra PMI e soluzioni più avanzate del digitale e dell'Industria 4.0. Quando si osservano sistematicamente i percorsi virtuosi, tuttavia, si coglie il ruolo degli ecosistemi che circondano le PMI nel bypassare parte rilevante dei problemi responsabili del ritardo italiano nella digitalizzazione soprattutto in ambiti tradizionali come l'agroalimentare.

Il capitolo fa leva sugli ultimi dati e sui casi di studio dell'Osservatorio sulle strategie e sull'innovazione nel food dell'Agrifood Management and Innovation Lab. A partire da questi, illustra come l'adozione di tecnologie 4.0 sia possibile per le PMI del comparto a patto che avvenga un articolato lavoro all'interfaccia tra imprese e attori dei contesti in cui si inseriscono (geografici e industriali). Le logiche secondo cui le tecnologie del 4.0 sono sviluppate richiedono la mediazione di operatori del software, della consulenza e della ricerca per scalare verso il basso soluzioni pensate per organizzazioni grandi e strutturate. L'integrazione di processi e di sistemi incoraggiata dalle tecnologie che scorrono lungo intere filiere, suggerisce l'opportunità di supporto e co-progettazione in collaborazione con fornitori, distributori e imprese capofila. Le risorse finanziarie richieste dall'implementazione delle soluzioni 4.0 reclamano politiche specifiche e un'attenzione particolare da parte dei policy maker e della finanza. Con questa prima riflessione, si intende contribuire ad avviare una interazione fruttuosa tra ricerca, operatori e istituzioni che possa indirizzare le prossime scelte di policy. A queste spetta il gravoso compito di accelerare il passo della digitalizzazione.

2 Le sfide del 4.0 e della transizione gemella per le PMI dell'agroalimentare

Negli ultimi 25 anni, il passo accelerato dell'innovazione nelle tecnologie dell'informazione e della comunicazione (Ict) ha causato diverse 'onde' di soluzioni a supporto della gestione d'impresa. Gli anni Ottanta e Novanta furono segnati dall'imperativo del recupero di

efficienza tramite soluzioni gestionali capaci di razionalizzare i processi amministrativi e operativi più routinari sia dentro le organizzazioni che nelle catene di fornitura. I sistemi gestionali da un lato e di supply chain management dall'altro hanno consentito di razionalizzare le attività di molti settori. A sua volta, questa messa in ordine delle operation ha generato un decremento dei prezzi praticati ai consumatori e allo stesso tempo la tenuta della redditività in molte filiere, quantomeno fino alla fine del secolo scorso.

A seguito di questa prima generazione di soluzioni, il raggio d'azione del digitale in azienda si è ampliato. Per servire sempre meglio acquirenti via via più sofisticati, esigenti e collocati su mercati geograficamente e culturalmente distanti, i sistemi di Customer Relationship Management (CRM) hanno portato a valore i dati accumulati dalle imprese nel servire la domanda. Il primo decennio del nuovo secolo fu caratterizzato da diverse tipologie di tecnologie utili al presidio della relazione e delle transazioni con i clienti finali (marketing digitale, e-commerce) capitalizzando sulla multimedialità e sulla produzione di contenuti in circuiti in cui agli emittenti tradizionali (media e aziende) si sono aggiunti molteplici intermediari, dagli influencer alle comunità di consumatori (Di Maria, Finotto 2008).

Più di recente l'internet industriale (Industry 4.0), l'intelligenza artificiale e le soluzioni per l'analisi dei dati sembrano richiedere un ulteriore adeguamento del parco tecnologico delle imprese. Le tecnologie 4.0 connettono processi produttivi, domanda, fornitori. Innervano le catene del valore di connettività e dati, in una logica *end-to-end*: internet connette tutte le fasi delle catene del valore e i dati fluiscono in tutte le direzioni possibili. L'integrazione dei processi manifatturieri collegati dalle tecnologie digitali con le attività che avvengono all'interfaccia con la domanda, e quella tra questi e le previsioni rese possibili dall'intelligenza artificiale, promettono un salto evolutivo nei modelli di business (Coco et al. 2024). Per alcuni anticipano anche una severa selezione delle aziende in molti mercati (Mariani, Borghi 2019).

Industria 4.0 fa riferimento alla connessione tra macchine, operatori e impianti entro filiere produttive e al risultante flusso bidirezionale di dati e alla connessione e allo scambio di dati tra oggetti, macchine e umani. Si riconducono alla nebulosa del 4.0 tecnologie diverse, alcune delle quali preesistenti al documento della task force tedesca che ne decretò la prima formulazione (Kagermann et al. 2011): Internet delle cose (Internet of Things - IoT), *cloud computing* e relative logiche di software e hardware 'a servizio', manifattura additiva (3D printing), big data, intelligenza artificiale, realtà virtuale e realtà aumentata.

Queste tecnologie consentono un efficientamento radicale dei processi produttivi grazie allo scambio di dati in tempo reale, abilitano l'emergere di nuovi modelli di business come la servitizzazione (servizi basati su o veicolati da prodotti smart e connessi), supportano gli

operatori aziendali nel decidere in situazioni dinamiche e di incertezza grazie ai sistemi di analisi di dati e all'intelligenza artificiale. In altre parole, ciò che chiamiamo Industria 4.0 è un insieme di strumenti che potrebbe aprire la strada a nuovi modelli di business più efficienti e innovativi (Büchi et al. 2020; Corò et al. 2020; Rullani, Rullani 2018).

Nello scorso decennio, la spinta dei governi nazionali e dell'Europa verso l'adozione di Industria 4.0 ha dato misura della centralità del digitale nell'agenda di politica industriale. Secondo alcuni autori (Reischauer 2018), Industria 4.0 è stata soprattutto un discorso politico utilizzato dai governi per istituzionalizzare e legittimare sistemi territoriali dell'innovazione ispirati alle logiche della tripla elica, cioè capaci di generare una efficace traduzione operativa della conoscenza innovativa grazie al serrato dialogo tra università, imprese e istituzioni. Con questa mossa, si è inteso accelerare la convergenza tra istituzioni pubbliche e private di ricerca, imprese e fornitori di tecnologia favorendone la collaborazione nell'accompagnare la transizione delle economie manifatturiere europee.

In Italia, i crediti d'imposta del Piano Impresa 4.0 ripresi nei piani Transizione 4.0 e 5.0, hanno rinvigorito l'investimento privato nelle tecnologie dell'internet industriale. Alcune stime calcolano che il Piano Impresa 4.0 abbia mobilitato risorse private per un valore pari a 5 volte il bonus fiscale concesso (Mimit 2024). La strategia europea di rilancio post-Covid, New Generation Europe, mette al centro il tema della *twin transition*, la transizione gemella -digitale e sostenibile- allocando importanti capitoli di spesa del cosiddetto Recovery Plan allo stimolo alla digitalizzazione. Processori, software, robot e reti sono necessari per rendere più robuste le filiere europee di fronte alla crescente incertezza geopolitica ed economica e per far transitare l'economia continentale verso un modello più verde e rispettoso di pianeta e comunità locali.

Nonostante l'armamentario retorico e politico mobilitato di recente, il tasso di adozione delle nuove tecnologie da parte delle PMI, in tutta l'economia italiana e nell'agroalimentare nello specifico, rimane moderato. Secondo il Digital Economy and Society Index (DESI), il nostro Paese continua a collocarsi tra gli ultimi in quanto a diffusione delle tecnologie digitali più aggiornate tra le aziende. Se in quanto a livello 'base' di adozione del digitale (almeno 4 delle 12 tecnologie censite dalla Commissione europea) le PMI italiane si collocano su valori pari alla media continentale, il Paese sta sotto alla media nelle aree più avanzate, tra cui intelligenza artificiale (6,20% delle imprese, contro il 7,20% della media europea), e-commerce (13% delle imprese contro una media del 19%), big data (8,50% contro la media del 14,20%). Le imprese italiane si segnalano solamente per la propensione spiccata all'adozione delle tecnologie cloud (52% contro una media europea del 34%), un segnale di una selettività sulla quale torneremo in seguito (Commissione europea 2023).

In sintesi, Industria 4.0 richiede alle aziende del settore agroalimentare importanti investimenti in tecnologie digitali che spesso le imprese, soprattutto quelle di piccola dimensione, faticano a sostenere. Non è una questione di puro costo, quanto di competenze, di visione rispetto alle innovazioni strategiche e operative che le tecnologie potrebbero abilitare.

Eppure ci sono motivi per guardare alla situazione come il punto di partenza per un aggiornamento mirato e generalizzato della dotazione digitale delle aziende. Nell'agroalimentare in particolare, emerge come le traiettorie più promettenti di adozione del digitale vedano il ricorso ad attori esterni (consulenti, fornitori di tecnologie, istituzioni, ricerca) come un'efficace soluzione ai deficit strutturali e di risorse delle PMI del settore. Un lavoro di 'squadra', in altre parole, che chiama le aziende a imparare a cercare competenze adeguate e ad aprirsi a collaborazioni in filiera e con attori di altri settori; una collaborazione che richiede flessibilità e capacità di adeguamento agli attori degli ecosistemi (istituzioni, fornitori di tecnologie, consulenza e ricerca) che può essere premiata, tuttavia, da processi di apprendimento che consentono di riversare le competenze accumulate nel food su altri settori e altri mercati. L'obiettivo delle sezioni che seguono è fare luce su queste dinamiche relazionali per valutare l'influenza che hanno o potrebbero avere su specifici percorsi di crescita e di innovazione intra-settoriali. Lo faremo guardando allo specifico sistema territoriale veneto attraverso i dati e le interviste raccolte nell'Osservatorio annuale sulle Strategie e l'innovazione nell'agroalimentare del Nord-est dell'Agrifood management and Innovation Lab della Venice School of Management.

3 Incertezza, sostenibilità, nuovi mercati: digitale e agroalimentare nel contesto post-pandemico

Uno sguardo sommario all'evoluzione dell'agroalimentare post-Covid-19 fa cogliere l'urgenza di un'agenda per la digitalizzazione. In particolare, va tenuto a mente il potenziale delle tecnologie 4.0, cosiddette abilitanti, e di tutte quelle complementari (come e-commerce, sistemi gestionali, integrazione di sistemi e altri ancora) (Mise 2016).

Come anticipato, si tratta di soluzioni in grado di:

- efficientare processi interni alle organizzazioni e nelle filiere;
- aumentare l'interazione con il mercato e la valorizzazione dei dati da esso provenienti;
- abilitare nuove proposte di valore attraverso l'integrazione di prodotti e servizi.

Per quanto attiene all'efficientamento dei processi dentro e tra organizzazioni, l'agroalimentare è un banco di prova molto importante.

Anche se dibattute e spesso utilizzate grossolanamente, le statistiche sull'impatto ambientale del settore agricolo e alimentare danno un orientamento. Considerati nella loro interezza dal campo alla tavola - comprendendo trasformazione, logistica e packaging - i sistemi alimentari sono responsabili di quasi un terzo delle emissioni climalteranti (Crippa et al. 2021). Per un'Europa che ha impostato l'intera strategia di rilancio sulla sostenibilità ambientale e sociale, efficienza significa riduzione dell'impatto su ambiente e comunità attraverso la compressione delle esternalità negative. Non è un caso che per indicare una direzione chiara da intraprendere si sia coniata l'espressione *twin transition*, la transizione gemella digitale e sostenibile, che ha nelle Ict gli strumenti abilitanti la conversione green di imprese e filiere (Montresor, Vezzani 2023).

L'efficienza derivante da una matura adozione dei sistemi digitali e delle soluzioni 4.0 potrebbe rispondere a un'altra criticità sentita nell'agroalimentare: l'incertezza nelle catene di fornitura e nei mercati delle materie prime e dell'energia. Su questi terreni si è avviata una spirale di aumento dei costi deleteria per la redditività delle imprese del comparto. Le attuali tensioni geopolitiche e le ristrutturazioni nelle catene di fornitura internazionali minacciano la redditività. Le sfide sono ulteriormente accentuate dagli aumenti dei prezzi dell'energia (92%), dei fertilizzanti (164%) e delle materie prime agricole (48%) (Ismea 2023 su dati 2022). Lontane dal poter influenzare queste macro-dinamiche, alle aziende non rimane che perseguire ossessivamente il recupero di efficienza. Razionalizzare processi produttivi, ottimizzare le capacità previsionali, rendere agili le relazioni di filiera sono passi necessari verso la riduzione di sprechi e permettono di recuperare o difendere la marginalità. Ne giova anche la gestione dei rischi: cruscotti informativi aggiornati di continuo e profondi in quanto quantità e integrazione dei dati potrebbero sostenere meglio di quanto accada oggi le decisioni degli operatori orientate al futuro.

Sul versante della comunicazione con il mercato, è immediato pensare ai benefici delle tecnologie del digitale in un settore ad alta intensità di significati e simboli come il cibo. Non solo la domanda pretende in misura crescente informazioni sulle caratteristiche organolettiche, nutrizionali e sull'impatto ambientale degli alimenti e dei relativi processi produttivi come spiegato negli altri contributi di questo volume. La competizione sui mercati della qualità, come ad esempio dei prodotti con indicazione geografica (DOP, DOC, IGT, IGP), richiede di costruire articolati, coerenti e continui racconti di territori, tradizioni, culture. Richiede inoltre di integrare in racconti coerenti e aggiornati prodotti, paesaggi, storia e storie al fine di ottenerne, soprattutto sui mercati esteri, un percepito differenziato e quindi un premio di prezzo (Ismea-Qualivita 2023; Crescenzi et al. 2022).

La quantità di dati e contenuti rilasciati a vario titolo negli spazi digitali da operatori e clienti di ogni parte del mondo, unita alla

potenza delle soluzioni di intelligenza artificiale, potrebbe rivelarsi benefica per l'elaborazione di previsioni sempre più attendibili e per lo sviluppo di campagne di comunicazione e promozione sempre più profilate e personalizzate. All'intersezione tra produzione e mercato, per chiudere, anche le tecnologie della tracciabilità - dalla blockchain all'IoT- consentirebbero all'agroalimentare, attestato sulle fasce medio-alte del mercato, di assicurare provenienza e origine, qualità dei processi produttivi e servizi a valore aggiunto.

Insomma, da un lato il digitale e il 4.0 risultano importanti in chiave di razionalizzazione ed efficienza, vale a dire di recupero di marginalità e di riparo dall'alea dei mercati delle commodity, del clima e della geopolitica. Dall'altro, l'Ict consentirebbe di esprimere ancor di più e meglio il potenziale di differenziazione del prodotto nazionale. Inoltre, a fronte dell'enorme attenzione della politica e della società sul contributo dell'agricoltura e dell'alimentare alla crisi ambientale, le tecnologie digitali sembrano strumenti irrinunciabili per ripensare, su basi più rispettose dell'ambiente e delle comunità, l'intero settore.

Anche l'agroalimentare, come molti compatti italiani, presenta numerose difficoltà nell'approccio a modelli maturi di adozione delle tecnologie del digitale e del 4.0. Date le urgenze e gli imperativi illustrati in questa sede, è opportuno indagare più approfonditamente sulla dimensione del gap e sui fattori capaci di muovere le imprese verso dotazioni tecnologiche, strategie e logiche gestionali più aggiornate.

4 **Tecnologie 4.0 e agroalimentare del Veneto e del Nord-est**

I dati raccolti recentemente da Unioncamere sugli investimenti in tecnologie 4.0 da parte delle imprese manifatturiere della regione Veneto permettono di avere un quadro indicativo dell'avanzamento tecnologico del settore degli alimenti e bevande.¹ La ricerca condotta in collaborazione con altri enti locali e con un team di ricercatori di Ca' Foscari mostra come nel 2019 più del 50% delle imprese dello specifico settore aveva già iniziato ad adottare tecnologie 4.0 in grado di abilitare le trasformazioni dei processi produttivi e organizzativi. Tuttavia, uno sguardo più attento ai dati mette in evidenza alcuni limiti di adozione relativi soprattutto alla tipologia di soluzione e al grado di complessità tecnologica raggiunta (numero di tecnologie

¹ I dati sono stati raccolti all'interno della indagine congiunturale di Unioncamere che viene condotta trimestralmente su un campione casuale e rappresentativo della popolazione. La responsabilità dell'analisi dei dati è dei soli Autori.

co-adottate). Poco più del 10% delle aziende del settore ha investito in più di due tecnologie 4.0. L'investimento ha inoltre riguardato soprattutto le tecnologie più comuni e di base: cybersecurity (più del 36% delle adottanti), robotica e automazione (più del 26%) e servizi cloud (circa il 24%). Pochi e limitati investimenti invece sono stati indirizzati verso tecnologie più sofisticate quali IoT (circa 9%) e big data (circa 7%). Quasi nullo è stato invece l'investimento in sistemi di manifattura additiva, intelligenza artificiale e in tecnologie per la realtà virtuale.

Gli investimenti dopo la pandemia, anche per effetto della spinta del mercato verso il digitale, sono comunque aumentati.² Sebbene con una campionatura diversa, i dati raccolti dall'Osservatorio dell'Agri-food Management and Innovation Lab³ sulle PMI del Nord-est per il 2023 mostrano una tendenza in miglioramento. L'Osservatorio consiste in un monitoraggio annuale dello stato dell'arte dell'innovazione digitale e sostenibile delle piccole e medie imprese dell'industria alimentare di Veneto, Friuli-Venezia Giulia e Trentino-Alto Adige. A un'analisi desk della presenza online di 566 aziende di tutte le filiere escluse quelle del vino e del beverage segue un approfondimento tramite questionario somministrato ai decisori aziendali sul livello di adozione delle tecnologie digitali e sui fattori abilitanti. Nella versione 2023 dell'osservatorio hanno risposto a quest'ultima 94 rappresentanti di imprese nordestine del food. Le informazioni raccolte hanno consentito di tracciare un quadro significativo della diffusione delle tecnologie 4.0 nel territorio e delle determinanti della situazione osservata. Da ultimo, una serie di analisi di caso consente di apprezzare qualitativamente i percorsi compiuti dalle aziende e le interazioni tra dimensione organizzativa, settoriale e strategica che toccano l'investimento in tecnologia.

Inquadrare la transizione digitale di una popolazione di PMI è complesso per due ordini di motivi. In prima istanza, le tecnologie disponibili oggi, e variamente riconducibili alla costellazione del 4.0, sono molte, come testimonia il florilegio di sigle e acronimi utilizzati anche nelle precedenti sezioni di questo contributo. Dall'altra parte, date le loro ridotte disponibilità di risorse, le PMI, soprattutto le piccole, difficilmente approcciano articolati portafogli di soluzioni: piuttosto si avvicinano a uno o due ambiti in risposta a urgenze, emergenze o opportunità a breve. Un conteggio quindi della diffusione delle singole tecnologie *sic et simpliciter* non darebbe un

2 I dati Unioncamere relative al 2021 mostrano un aumento dell'adozione di tecnologie 4.0 per le aziende manifatturiere degli alimenti e bevande di più di 5 punti percentuali.

3 I dati raccolti dall'osservatorio tramite survey sono limitati per l'anno 2023 al comparto degli alimenti e a imprese con specifici codici ATECO. I report dell'Osservatorio sono disponibili per il download gratuito sul sito <http://www.agrifoodlab.it>.

quadro capace di far comprendere le sfumature della situazione osservata, né permetterebbe di risalire alle ragioni che la determinano. Più interessante, anche ai fini della parsimonia nell'indagine, risulta ragionare per grandi categorie di tecnologie e farlo soprattutto discriminando per i 'casi d'uso' ovvero per le priorità strategiche e gestionali a cui gli strumenti digitali danno risposta. L'osservatorio i cui dati sono alla base di questo capitolo, quindi, si concentra su cinque macro categorie:

- tecnologie gestionali, quelle dedicate alla razionalizzazione dei flussi di dati inerenti ai processi interni e a quelli concatenati nelle filiere, tipicamente relativi alle operation e alle attività più strutturate. Si fa riferimento a soluzioni come i gestionali integrati, l'EDI, SCM, i servizi cloud;
- tecnologie per l'automazione e la robotica in fabbrica, nella produzione e nella logistica, con riferimento alle combinazioni hardware e software in grado di automatizzare operazioni inerenti ai processi produttivi, come per esempio robotica e sensoristica, magazzini automatizzati e verticali;
- tecnologie per la comunicazione e le transazioni con il mercato, con cui si denotano gli strumenti per interloquire con i clienti e per gestire transazioni, dalle tecnologie per il marketing in rete fino all'e-commerce;
- tecnologie di visualizzazione e simulazione, con cui vengono designate tutte le soluzioni in grado di virtualizzare processi e artefatti fisici, visualizzare grandi quantità di informazioni e 'aumentare' luoghi, macchine ed esperienze; realtà aumentata, realtà virtuale, *digital twin*;
- tecnologie e soluzioni per l'analisi di dati e sviluppo di attività predittive, etichetta con la quale si indicano gli applicativi per la raccolta e l'elaborazione intelligente di dati critici per i processi decisionali; soluzioni di data analysis, algoritmi predittivi, intelligenza artificiale.

Per quanto concerne l'adozione di queste famiglie di soluzioni, il quadro rilevato nel 2023 è frastagliato. Un'azienda su due ha adottato almeno una tra le soluzioni atte ad automatizzare i processi produttivi o la logistica (macchinari 4.0, sensoristica, robot, automazione di magazzino) e un ulteriore 4% pianifica di farlo nel futuro immediato. Il rimanente 46% delle aziende non ha mosso dei passi in questa direzione né prevede di farlo nel futuro.

Sorprende per certi versi il dato inerente all'uso del digitale per le relazioni e le transazioni con i clienti. Solo il 36% delle aziende ha adottato almeno una tra le famiglie di tecnologie utili per interagire coi consumatori (soluzioni di marketing digitale, *in-store experience*, geolocalizzazione) o per gestire transazioni (e-commerce). La sorpresa è dovuta soprattutto all'attesa, smentita, di un comparto

consapevole del contenuto simbolico di ciò che vende (salute, territorio, tradizioni) e avvezzo almeno all'uso degli strumenti digitali per narrare al meglio il proprio patrimonio simbolico. Il web, tra le altre cose, ha il vantaggio di essere relativamente meno costoso rispetto a tecnologie più complesse come quelle della produzione e soprattutto di essere meno invasivo a livello di processi.

In un'altra macrocategoria di tecnologie, quella che permette l'analisi di grandi set di dati in chiave previsiva (machine learning e intelligenza artificiale), i valori del gruppo di imprese considerate sono piuttosto contenuti. Non si discostano dalla generale bassa dimestichezza dell'economia del Paese con questi strumenti: il 23% ha adottato una tra queste tipologie di soluzioni, mentre il rimanente 77% neanche programma di valutarne pro e contro.

Si diceva della relativa sorpresa nel constatare valori più alti in quanto ad adozione di tecnologie a supporto della produzione rispetto a quelli relativi alle soluzioni, apparentemente più abbordabili, per la comunicazione col mercato. Le interpretazioni possono essere diverse, ovviamente. Tramite delle domande mirate a cogliere i benefici riscontrati nell'uso delle tecnologie selezionate, emerge un chiaro orientamento al recupero di marginalità e di efficienza: in una scala da 1 a 5, tra tutti i diversi benefici - la razionalizzazione delle relazioni di fornitura, nuove opportunità di mercato, sviluppo di operation sostenibili ed efficienza produttiva/riduzione dei costi - è la riduzione dei costi la voce che emerge con forza. Essa vale 2,91 nel caso delle tecnologie gestionali, 3,27 nel caso dell'automazione e della robotica, 3,24 nel caso delle tecnologie per l'analisi dei dati e la predizione. Insomma, pressione sui margini e recupero di efficienza, oggi e probabilmente nel futuro prossimo, saranno le aree su cui le PMI del food nordestino saranno maggiormente sensibili quando si tratterà di adottare nuove tecnologie.

5 Innovazione e territorio

Fin qui abbiamo dato un quadro generale dell'adozione di diverse famiglie tecnologiche entro le PMI del food nordestino. Ora preme entrare nello specifico delle sue determinanti, con uno sguardo rivolto al ruolo degli attori esterni.

Adottare nuove tecnologie in azienda è, a ben vedere, un processo di innovazione: l'acquisto e l'uso di nuovi sistemi spesso presu-
mono il riorientamento strategico o determinano la revisione di processi dentro le organizzazioni e nelle filiere. Insomma, adottare le tecnologie del 4.0 non è un problema di 'acquisti': segue o determina innovazioni strategiche e operative importanti. Da questo punto di vista quindi, come per l'innovazione di prodotto, è importante analizzare i comportamenti delle imprese in relazione al contesto in

cui operano. In particolare, interessa gli autori di questo capitolo illuminare il ruolo degli attori esterni all'impresa nel favorire o ostacolare questo specifico processo innovativo.

La lente qui indossata per comprendere la diffusione delle tecnologie 4.0 tra le imprese dell'agroalimentare assume che per una popolazione di micro e piccole o medie imprese l'innovazione debba essere sostenuta da uno sforzo collettivo. L'etichetta spesso generica di 'territorio' assume, in questo quadro, una valenza concreta e misurabile. In primis, imprese di dimensioni ridotte non dispongono di risorse umane, finanziarie, strutturali e cognitive per governare entro i propri confini proprietari e da sole processi complessi come quelli di acquisto, integrazione e implementazione delle tecnologie 4.0. Queste, infatti, riconfigurano le logiche operative e hanno implicazioni strategiche importanti, difficili da addomesticare in realtà poco strutturate e schiacciate, giocoforza, sull'operatività quotidiana e le competenze più sensibili nel breve termine, vale a dire quellelegate a produrre e vendere.

A livello locale le scelte di innovazione avvengono all'interno di uno specifico ecosistema e sono spesso dettate da processi di imitazione, spillover e apprendimento che si snodano lungo le filiere di prossimità (Becattini 1989; Garofoli 1991; Rullani 2002). A causa del forte radicamento della filiera, guardare alle economie di prossimità è essenziale per capire come e con chi le imprese stanno affrontando la sfida digitale, soprattutto di fronte a tecnologie che toccano le operation e le interfacce con clienti, fornitori, distributori.

Senza nulla togliere al valore che oggi hanno i flussi di conoscenza nazionali e internazionali per i processi di innovazione locale, la peculiarità dell'ecosistema di un luogo plasma gran parte del modo in cui le imprese innovano e sviluppano vantaggi competitivi spendibili poi anche a livello internazionale (Becattini 1989; Asheim, Gertler 2005). Di converso, come viene assorbita e assimilata la conoscenza che viaggia nelle reti internazionali - della scienza e della tecnologia - dipende da quanto accade nelle interazioni tra attori nei territori. Come sottolineano vari studiosi, la capacità di innovazione o di avanzamento tecnologico, così come la modalità di sviluppo dell'innovazione è anche il frutto di processi di learning *place-based*.

Non solo, quindi, gli ecosistemi di attori che circondano le imprese del food sono chiamati a giocare un ruolo nell'accompagnare l'innovazione delle imprese del settore. Vi è una seconda accezione per cui il territorio è rilevante, e ha a che fare con la ibridazione tra competenze e l'osmosi tra compatti. Si pensi al Veneto, una regione che presenta una forte specializzazione manifatturiera e conta molti sistemi produttivi ancorati a catene del valore internazionali come la meccanica, il tessile, l'agroalimentare, l'arredamento. La concentrazione di numerose filiere in un'area geografica limitata e in un contesto piuttosto omogeneo dal punto di vista culturale, sociale e istituzionale,

favorisce il fluire delle conoscenze da un settore all'altro. Le innovazioni tecnologiche, in altre parole, avvengono non solo all'interno di un comparto ma anche grazie alle contaminazioni infra-settoriali stimolate dalla prossimità. Il successo del settore meccatronico veneto, in particolare di quello vicentino, per esempio, risulta dalla fortunata mescola delle competenze della comunità imprenditoriale e lavorativa del settore meccanico e di quelle delle comunità imprenditoriali e lavorative di altre specializzazioni (tessile, concia, oreficeria ecc.). Favorite dalla condivisione di cultura, identità, mercato del lavoro, questo mix ha contribuito a definire una specificità competitiva regionale (Forrer et al. 2022).

Simile considerazione si potrebbe fare per le relazioni tra filiere tecnologiche e agroalimentare. Essendo attestato su produzioni di qualità e mirando a mercati sensibili a elevati standard di prodotto e processo, l'agroalimentare italiano presenta sfide non banali ai produttori di tecnologie, siano esse produttive in senso stretto o digitali. In questo senso, concepire l'innovazione - nel nostro caso l'adozione di tecnologie 4.0 - come un 'affare di sistema' non rappresenta tanto o solo una risposta alle criticità legate alla piccola dimensione; offre agli sviluppatori di tecnologie e infrastrutture la possibilità di apprendere in contesti critici - l'agroalimentare di qualità - per riversare poi quanto appreso su altri settori e altre geografie. In linea, perciò, con la letteratura più recente sugli ecosistemi dell'innovazione, questo capitolo assume che l'avanzamento delle PMI dell'agroalimentare nell'adozione di tecnologie 4.0 dipenda dalla vivacità delle relazioni tra attori nei territori, a cavallo di diverse filiere. Con questa lente, andiamo a leggere i dati provenienti dall'Osservatorio.

6 **Innovazione, reti ed ecosistemi: quanto contano gli attori 'esterni'?**

I crudi numeri sull'adozione delle tecnologie visti prima non si discostano dal quadro che emerge in una molteplicità di settori industriali. Consentono di segnare un punto, spesso trascurato: a fronte di urgenze ed emergenze strategiche, le aziende di piccole e medie dimensioni mostrano di poter affrontare percorsi complessi e impegnativi di adozione di tecnologie selezionate. Non sono, in altre parole, refrattarie del tutto e senza speranza all'innovazione tecnologica. Individuare il *quid* che le attiva diventa essenziale in chiave teorica e soprattutto pratica. Si pensi al caso delle tecnologie cloud, menzionate in apertura di capitolo, adottate senza grossi problemi da gran parte delle imprese. È anche il caso delle tecnologie inquadrate come strumenti per il recupero di marginalità: in un triennio segnato da crisi, spinte inflazionistiche, incertezze nella filiera e un potere contrattuale ancora più marcato della distribuzione rispetto

al periodo pre-Covid, recuperare ogni minimo margine nei processi diventa questione di sopravvivenza. Di fronte all'imperativo impre-scindibile, le aziende mostrano di discriminare tra diverse tecnologie, con particolare attenzione alle tecnologie gestionali e a quelle della robotica e automazione.

Di fronte a questo incontro 'ben riuscito', o quantomeno coerente, tra urgenze strategiche e soluzioni disponibili, qual è il ruolo dell'e-ecosistema di attori che contorna le aziende del food prese in considerazione dall'Osservatorio? Le imprese hanno compiuto un percorso di analisi interna, di confronto con il mercato, di sviluppo delle competenze per 'comprare' e quindi selezionare delle soluzioni più adeguate in modo autonomo? Oppure hanno fatto leva su linee esterne e partner collocati nel territorio o fuori, nella loro filiera o in altre?

La domanda è retorica. Un dato illumina chiaramente il quadro: solo l'11% delle aziende che ha fatto qualche investimento ha assunto nuove competenze per far fronte al processo di digitalizzazione. Possiamo considerare questa iniezione limitata di forze nuove come il segno di un procedere grazie a supporti esterni. L'adozione del 4.0, in altre parole, è il risultato di un bricolage di risorse interne e soprattutto esterne che, compreso adeguatamente, potrebbe essere formalizzato, astratto e reso disponibile, con ulteriori sforzi di ricerca, a policy maker, imprenditori e imprenditrici, operatori del settore e delle filiere complementari.

Sebbene le aziende analizzate dall'osservatorio abbiano in maggioranza attivato qualche forma di investimento digitale, il 70% di esse afferma di non aver bisogno di nuove competenze o di non voler assumere. Non prevedono, in altre parole, un upgrade tramite professionalità in grado di guidare la transizione digitale. Il dato potrebbe essere positivo: farebbe pensare che le PMI del food del Nord-est sono già così avanzate in quanto a digitalizzazione che hanno già nei propri organici le professionalità adeguate. In realtà, senza necessità di particolari elaborazioni, due fatti danno misura del contrario: spesso non vi sono, soprattutto in quelle più piccole, team dedicati alla digitalizzazione se non responsabili Ict generalisti. Il ritardo endemico delle PMI italiane, non solo del food, inoltre, mostra che potrebbe essere in corso una sorta di sopravvalutazione delle proprie capacità di operare scelte sul digitale che porterebbe a sottostimare l'entità della sfida e l'urgenza dell'investimento in competenze specialistiche. Il terzo orizzonte, tuttavia, è dato in questo caso: le aziende potrebbero aver riconosciuto nel ricorso agli attori esterni il modo più efficiente di acquisire competenze e farsi guidare. Il 92% delle aziende nell'affrontare la trasformazione ha coinvolto altri attori della filiera e altre figure esterne all'azienda.

Tabella 1 Figure esterne coinvolte nel processo di trasformazione digitale.

| Attori nella trasformazione digitale | Percentuale di aziende che ritiene abbiano avuto un ruolo |
|---|---|
| Consulenti, fornitori di tecnologia, agenzie di servizi | 74,47% |
| Fornitori | 52,13% |
| Clienti | 25,53% |
| Università | 12,77% |

Vale anche la prospettiva opposta. Il 25,53% delle aziende intervistate dichiara di aver avuto un ruolo guida nella trasformazione digitale per gli altri attori della filiera, soprattutto nei confronti sia di clienti che di fornitori.

Tabella 2 Soggetti nei confronti del quale l'azienda ha avuto un ruolo di guida

| Ruolo guida nei confronti di | Percentuale rispondenti |
|------------------------------|-------------------------|
| Fornitori | 17,39% |
| Entrambi | 47,83% |
| Clienti | 26,09% |
| Altro | 8,70% |

Le interviste condotte recentemente da parte del gruppo di ricerca dell'Agrifood Management and Innovation Lab sia alle imprese del comparto cibo e bevande che ad alcuni fornitori di tecnologie permettono di far luce sul grado di dipendenza tecnologica delle imprese dai *vendor* di soluzioni. Ci permettono inoltre di comprendere meglio le dinamiche di contaminazione intrasettoriali, cioè quelle in cui il cimentarsi sulla digitalizzazione del food dà alle imprese dell'ecosistema di supporto benefici in termini di nuove competenze spendibili altrove.

7 Il trasferimento di conoscenza dal fornitore al cliente: aspetti salienti

Alcuni dei casi approfonditi nel corso delle diverse edizioni dell'Osservatorio hanno consentito di dare una lettura più articolata delle dinamiche relazionali che si instaurano tra aziende, fornitori e partner. Sul versante della metodologia, il campione dell'Osservatorio presenta al team di ricerca oltre 500 possibili imprese candidate a interviste in profondità. A ogni rilevazione, almeno 15 casi vengono analizzati, a partire dalle risposte date dai rappresentanti aziendali a una traccia di intervista semistrutturata che si snoda intorno ai

principali temi legati alle determinanti dell'innovazione. I dettagli dello strumento di rilevazione sono illustrati nel dettaglio nei report del Laboratorio. I limiti del presente capitolo impongono di elencare semplicemente le principali macro-tematiche della traccia utilizzata. L'intervista dapprima tocca tematiche relative alle decisioni strategiche e di marketing prese dall'azienda, in seguito passa all'innovazione digitale e da ultimo alle innovazioni inerenti alla sostenibilità. Per ogni area, l'intervista cerca di cogliere i processi che hanno condotto a tali decisioni e alle criticità sperimentate, tenendo presenti le dimensioni psicologiche, culturali, organizzative e sociali. Per ogni area, si approfondiscono le relazioni con attori esterni che a vario titolo possono aver avuto un impatto sulle direzioni intraprese. Le interviste, registrate e trascritte, vengono poi codificate in temi rilevanti dai ricercatori attraverso un processo iterativo che conduce a individuare categorie e relazioni fra le stesse che consentono di ipotizzare nessi causali e possibili spiegazioni di quanto rivelato dal dato numerico. Per motivi di riservatezza, le imprese intervistate vengono indicate in questo capitolo genericamente tramite il ricorso alla loro attività caratteristica, senza menzione della ragione sociale.

Un primo tema emergente è quello della trasmissione di competenze tra fornitori di tecnologie e clienti. In particolare, nel caso di un'azienda produttrice di dolciumi padovana, la buona riuscita dell'investimento è dipesa dalla formazione effettuata dal fornitore di tecnologia verso il personale tecnico in azienda:

c'era assolutamente bisogno di qualcuno che spiegasse come fare, quindi chi ci ha venduto il macchinario poi ha fatto anche la formazione dedicata al personale che poi lo utilizzerà.

In altre parole, il fornitore di tecnologia, in molti casi una piccola e media impresa del territorio, acquisisce la commessa a favore della sua capacità di sviluppare un *bundle* di tecnologia e formazione a favore dell'azienda cliente. In questa dinamica non mancano criticità, o meglio, emergono punti critici sui quali impostare ulteriori sviluppi delle relazioni tra fornitori e clienti:

Se manca la persona formata nessun altro sa utilizzare la macchina quindi forse è questo che io andrei un po' a migliorare [...]. Non tutti sono ben formati: Qualcuno che magari lo è perché poi utilizza la macchina e quindi sa come fare, però se manca quella persona gli altri non sono capaci. [...] Una piccola infarinatura per tutti secondo me ci starebbe.

L'intervistato evidenzia un punto importante per impostare le relazioni tra clienti e fornitori di tecnologia (in entrambe le prospettive) e per favorire lo sviluppo di ecosistemi dell'innovazione: non solo è

necessario, per far evolvere un tessuto di PMI, l'assemblaggio di tecnologia e formazione. Vanno escogitati anche strumenti e modalità agili e poco costose di fornire a tutta l'organizzazione cliente una conoscenza di base delle tecnologie acquisite e messe al lavoro. A ben vedere, l'intervistato espone una delle ragioni per cui tale estensione è importante: l'eventuale assenza dell'esperto. Una conoscenza basileare delle specificità della tecnologia adottata è importante a diversi livelli e in tutte le funzioni. In prima battuta lo è per sviluppare una cultura dell'innovazione condivisa e legittimata che non generi resistenze a causa dell'esclusione percepita da parte di una porzione del personale. In seconda istanza, perché, come evidenziato in precedenza, le tecnologie del 4.0 hanno effetti ramificati su tutti i processi aziendali (amministrativi, commerciali, produttivi, finanziari, organizzativi) ed è perciò utile un'alfabetizzazione diffusa per portare a valore il *bundle* acquisito che rischia, in caso contrario, di essere percepito come spesa improduttiva.

Il ricorso ad attori esterni permette trasferimenti di conoscenze importanti che contribuiscono alla maturazione delle imprese clienti e di quelle fornitrice. Si tratta, nell'ottica di chi formula le politiche, di un passaggio importante. Il caso di un'altra azienda intervistata, attiva nel trevigiano nel settore lattiero-caseario, aiuta a definire meglio il tema:

L'azienda ha sempre avuto un'agenzia digital perché ha colto l'opportunità di avere qualcuno di esterno che la seguisse per fare un lavoro 'fatto bene' fin da subito. Tra l'altro non aveva competenze interne pronte e specifiche sul digitale (anni fa non c'era tutta l'attenzione che c'è ora). Via via si è migliorata sempre più con agenzie migliori e al passo con le tendenze. L'agenzia odierna ha sposato i valori dell'azienda e propone innovazioni con un occhio sempre sulla tradizione che vogliono comunque portare avanti, sono riusciti a trovare il giusto mix.

In altre parole, il percorso di esplorazione e di approfondimento di un'area tecnologica e strategica 'emergente' ha visto l'azienda rivolgersi, via via, ad agenzie sempre più specializzate e capaci di declinare nel proprio servizio i valori dell'azienda e le specificità del settore agroalimentare. Vale a dire che nel comprare servizi, l'azienda cliente accresce la sua 'capacità di assorbimento', cioè sa discriminare sempre meglio tra le diverse offerte e sa integrare i risultati di consulenze e supporti sempre più sofisticati. Dall'altra parte, in questo suo crescere di competenza e nel suo sofisticare la propria domanda, l'azienda cliente contribuisce all'evoluzione delle imprese fornitrice, la cui capacità di acquisire la commessa dipende dal saper interpretare correttamente le necessità di un cliente che si 'muove' in termini di sofisticazione e dal conoscere intimamente le specificità settoriali e di mercato.

A fronte di investimenti in sistemi complessi, come il 4.0 applicato alla produzione, l'upgrade tecnologico e la relazione con il fornitore sembrano dare la chiave per l'assunzione di figure nuove in azienda (intervista a un'azienda attiva nei prodotti da forno di Treviso):

Perché comunque quando hai del personale che non è abituato a lavorare con certi strumenti, ci vuole del tempo perché familiarizzi. [...] La manutenzione di questi macchinari richiede delle tempestive diverse rispetto a dei macchinari che prima non avevano della sensoristica, delle componenti tecnologiche al loro interno. [...] Ovviamente noi come azienda abbiamo dovuto assumere delle persone: negli ultimi anni abbiamo assunto una IT manager che prima non c'era, adesso abbiamo due persone nel reparto IT perché l'azienda ormai ha un magazzino automatizzato, un reparto imballo automatizzato; abbiamo certe linee di produzione che [...] all'80% sono totalmente autonome e quindi c'è bisogno di persone che sappiano fare la manutenzione, sappiano ricevere le esigenze del personale di produzione e tramutarle in un prodotto finito, cioè l'acquisto e la selezione di un macchinario o di un sensore che sia adeguato alle esigenze di produzione. Ovviamente ci vuole un personale tecnico, ci vuole un personale formato nel mondo informatico.

Ovviamente, individuato un fit adeguato tra cliente e fornitore, la continuità della relazione gioca a favore della maturazione dell'impresa cliente. Il concetto emerge nel caso dell'intervista a un'azienda trevigiana produttrice di piatti surgelati:

Chi realizza i programmi ci supporta moltissimo: noi partiamo da una base che loro vendono e la *customizzano* in base alle nostre esigenze. Se ci sono delle migliorie che possono essere apportate, ce le consigliano: se invece di fare un processo in un modo che noi prevediamo di fare, ne trovano uno più veloce, che semplifica le cose, loro ce lo consigliano e ci aiutano a svilupparlo. Vale sia per l'azienda che ci ha fornito il CMS (Content Management System), sia per l'azienda che ci fa tutti gli altri programmi di produzione.

8 Conclusioni

Il capitolo ha inteso contribuire alla discussione sui fattori che abilitano o ostacolano l'adozione di nuove tecnologie, in particolare il digitale per il 4.0, nelle imprese di piccole e medie dimensioni in un ambito maturo e popolato da PMI come l'agroalimentare. Grazie ai dati e ai casi dell'Osservatorio dell'Agrifood Management and Innovation Lab, abbiamo potuto dare misura della rilevanza delle 'linee

esterne' e dell'ecosistema di attori - soprattutto fornitori e *vendor* di tecnologie - nel far progredire le imprese. A conclusione del ragionamento, vale la pena individuare alcuni punti sui quali chiamare a ulteriori considerazioni la ricerca, chi elabora le politiche e gli operatori.

Il primo riguarda la presunta irriducibilità delle innovazioni tecnologiche con l'apparente arretratezza dell'Italia delle PMI e dei settori 'maturi'. Il gap tra imprese e tecnologie, in realtà, sembra colmabile. Di più: tutt'altro che recalcitranti rispetto alle nuove tecnologie, le PMI sembrano poter intraprendere il percorso di aggiornamento strategico e tecnologico a patto che siano intelligenibili i benefici delle tecnologie e a condizione di trovare nell'ecosistema che le circonda un insieme di attori disposti non solo a vendere soluzioni quanto a co-progettare percorsi di apprendimento trasformazione graduale e che tocca tutte le funzioni aziendali.

Il secondo punto concerne la natura delle relazioni tra imprese negli ecosistemi. Come evidenziato nell'analisi delle evidenze qualitative, il percorso di apprendimento e maturazione è biunivoco. Le PMI clienti 'comprano' competenze aggiuntive e diverse rispetto a quelle detenute. Nel tempo, e grazie all'interazione con i fornitori, acquisiscono una capacità di assorbimento che le rende capaci di specificare meglio le proprie necessità e di sollecitare i fornitori stessi a un innalzamento delle loro capacità e competenze. Questi ultimi, dal canto loro, maturano nella relazione con le PMI del cibo un insieme di competenze che le rendono specialiste del settore, ampliando quindi il potenziale portafoglio di clienti ad aziende agroalimentari di altri contesti.

Dal punto di vista delle politiche, la centralità delle relazioni tra fornitori di tecnologie e servizi e PMI agroalimentari invita a un chiaro riconoscimento, nelle iniziative di stimolo e di supporto alla digitalizzazione, della loro importanza. Laddove soprattutto le imprese fornitrice trasferiscono conoscenza e competenze sofisticate, tale ruolo deve essere esplicitamente riconosciuto nella formulazione di politiche di stimolo, tramite adeguate allocazioni di risorse economiche e il riconoscimento formale del loro essere abilitatori di dinamiche trasformative.

Bibliografia

- Asheim, B.T.; Gertler, M.S. (2005). «The Geography of Innovation: Regional Innovation Systems». Fagerberg, J.; Mowery, D.; Nelson, R. (eds), *The Oxford Handbook of Innovation*. Oxford: Oxford University Press, 291-317.
- Becattini, G. (1989). *Modelli locali di sviluppo*. Bologna: il Mulino.
- Boschma, R. (2005). «Proximity and Innovation: A Critical Assessment». *Regional Studies*, 39, 61-74.
- Büchi, G.; Cugno, M.; Castagnoli, R. (2020). «Smart Factory Performance and Industry 4.0». *Technological Forecasting and Social Change*, 150, 1-8.
- Commissione europea (2023). *2023 Report on the State of the Digital Decade*. <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/library/2023-report-state-digital-decade>
- Corò, G.; Plecherò, M.; Volpe, M. (2020). «Impresa 4.0: Fattori abilitanti ed effetti sulle PMI dell'adozione delle tecnologie di Industria 4.0». *L'Industria. Rivista di Economia e Politica Industriale*, 2, 215-37.
- Crescenzi, R.; De Filippis, F.; Giua, M.; Vaquero-Piñeiro, C. (2022). «Geographical Indications and Local Development: The Strength of Territorial Embeddedness». *Regional Studies*, 56(3), 381-93.
- Crippa, M.; Solazzo, E.; Guizzardi, D.; Monforti-Ferrario, F.; Tubiello, F.N.; Leip, A.J.N.F. (2021). «Food Systems are Responsible for a Third of Global Anthropogenic Ghg Emissions». *Nature Food*, 2(3), 198-209.
- Di Maria, E.; Finotto, V. (2008). «Communities of Consumption and Made in Italy». *Industry and Innovation*, 15(2), 179-97. <https://doi.org/10.1080/13662710801954583>
- Garofoli, G. (1991). *Modelli locali di sviluppo*. Milano: FrancoAngeli.
- Ismea (2023). *Rapporto sull'agroalimentare italiano*. Roma.
- Ismea-Qualivita (2023). *Rapporto Ismea-Qualivita 2023 sulle produzioni agroalimentari e vitivinicole italiane DOP, IGP e STG*. <https://www.qualivita.it/rapporto-ismea-qualivita-2023/>
- Kagermann, H.; Lukas, W.D.; Wahlster, W. (2011). «Industrie 4.0: Mit dem Internet der Dinge auf dem Weg zur 4. industriellen Revolution». *VDI nachrichten*, 13(1), 2-3.
- Mariani, M.; Borghi, M. (2019). «Industry 4.0: A Bibliometric Review of Its Managerial Intellectual Structure and Potential Evolution in the Service Industries». *Technological Forecasting and Social Change*, 1-24.
- Ministero delle Imprese e del Made in Italy (2024). *Mimit, DL Pnrr: al via Transizione 5.0, 6,3 miliardi per la sfida green e digitale delle imprese*. <https://www.mimit.gov.it/it/notizie-stampa/mimit-dl-pnrr-al-via-transizione-5-0-6-3-miliardi-per-la-sfida-green-e-digitale-delle-imprese>
- Mise (2016). *Piano nazionale Industria 4.0*. https://www.mimit.gov.it/images/stories/documenti/guida_industria_40.pdf
- Montresor, S.; Vezzani, A. (2023). «Digital Technologies and Eco-innovation. Evidence of the Twin Transition from Italian Firms». *Industry and Innovation*, 30(7), 766-800.
- Rullani, E. (2002). *Dove va il Nordest. Vita morte e miracoli di un modello*. Venezia: Marsilio.
- Rullani, F.; Rullani, E. (2018). *Dentro la rivoluzione digitale: per una nuova cultura dell'impresa e del management*. Torino: Giappichelli.

