



**Politecnico  
di Torino**

**Politecnico di Torino**

Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Gestionale  
A.a. 2022/2023  
Sessione di Laurea Luglio 2023

**Data-Driven Design: revisione della letteratura,  
analisi dei vantaggi e delle sfide  
nell'implementazione aziendale in un contesto B2B**

Relatore:

Prof.ssa  
Montagna Francesca

Candidato:

Vicino Vincenzo  
Matricola 264804

*Ringrazio la Prof.ssa Montagna per la sua disponibilità ed il supporto dimostrato per sviluppare  
l'argomento e concludere il lavoro di tesi.*

*Ringrazio la mia famiglia, gli amici e i colleghi delle due realtà aziendali in cui ho lavorato e  
lavoro tutt'oggi, che in quest'ultimo periodo mi hanno incoraggiato a raggiungere questo  
importante traguardo.*

*Grazie Claudia per esserci sempre.*

# Indice

Introduzione .....	4
1 Innovazione, progettazione e implicazioni della digitalizzazione .....	5
1.1 Innovazione e sviluppo prodotto .....	5
1.2 Digitalizzazione ed effetti sulla progettazione e sviluppo prodotto .....	6
1.2.1 Digitalizzazione e tecnologie abilitanti.....	7
1.2.2 Revisione della letteratura .....	9
1.3 Opportunità offerte dallo sfruttamento dei dati nello sviluppo prodotto .....	12
1.3.1 Dati lato domanda .....	12
1.3.2 Dati lato offerta .....	18
1.3.3 Conseguenze sullo sviluppo e la progettazione dei processi.....	24
1.3.4 Analytics for Design o Design Analytics: strumenti/tecniche per supportare i processi decisionali di progettazione .....	32
1.4 Il nuovo paradigma.....	36
2 Caso studio e metodologia.....	40
2.1 Contesto aziendale .....	40
2.2 Metodologia – Interviste qualitative semi-strutturate.....	43
2.2.1 La strutturazione delle domande.....	43
2.3 Dati empirici raccolti dalle interviste.....	46
2.3.1 Flussi di dati risultati dalle interviste .....	47
2.4 Modello concettuale .....	51
2.5 Validazione del modello .....	53
2.5.1 Confronto con la letteratura .....	55
2.5.2 Azioni e miglioramenti intrapresi.....	56

3. Implicazioni derivanti dalla tesi condotta.....	57
Conclusioni.....	59
Bibliografia.....	61

## Introduzione

Il progresso scientifico e tecnologico degli ultimi anni ha visto, con l'avvento della digitalizzazione, rafforzare l'importanza dei dati in tutti i settori economici e nella società. Il valore di mercato assunto dai dati non è più trascurabile anche se è solo l'inizio di questo cambiamento.

Con il progressivo aumento dei volumi e varietà, nella definizione di Big Data, i dati hanno già iniziato a caratterizzarsi con il ruolo di "Driver" delle imprese e ad essere utilizzati nei processi produttivi per l'efficientamento, nonché per supportare i processi decisionali e progettuali. Nell'ambito della progettazione a partire dagli anni 1970-1980 è stato attuato un processo di trasformazione e digitalizzazione dei progetti, partendo dai sistemi CAD fino alla gestione del ciclo vita del prodotto PLM, che continua tutt'oggi.

Gli stessi prodotti vengono influenzati da questo cambiamento diventando "intelligenti" grazie alle tecnologie abilitanti, di cui si tratterà nel primo capitolo, allo stesso modo, anche i processi sono sempre più digitalizzati. Questa evoluzione ha indotto l'uso di dati relativi ai prodotti, che possono provenire sia dal lato della domanda, cliente/utente, che dal lato dell'offerta, catena di fornitura, oppure possono essere correlati alle caratteristiche, alle prestazioni, al ciclo produttivo o a tutti gli aspetti del ciclo vita.

L'attività di tesi nasce con l'obiettivo presentare un nuovo paradigma emergente, modellizzato nella letteratura e indagare sulla possibile affermazione attraverso il confronto con modello concettuale, realizzato a partire dal caso studio aziendale operante in un contesto B2B.

Il primo capitolo affronta la letteratura che è alla base delle ipotesi iniziali, a partire dalla spiegazione alcune definizioni e concetti basilari riguardo

l'innovazione, i dati e la loro implicazione nella progettazione e sviluppo prodotto, per concludere con la spiegazione del paradigma emergente.

Nel secondo capitolo si descrive la realtà aziendale ed il contesto in cui opera. Si spiegano le modalità con le quali sono state ricavate le informazioni per la modellizzazione concettuale del flusso di dati nello specifico caso studiato e si confrontano le pratiche attuali con la letteratura.

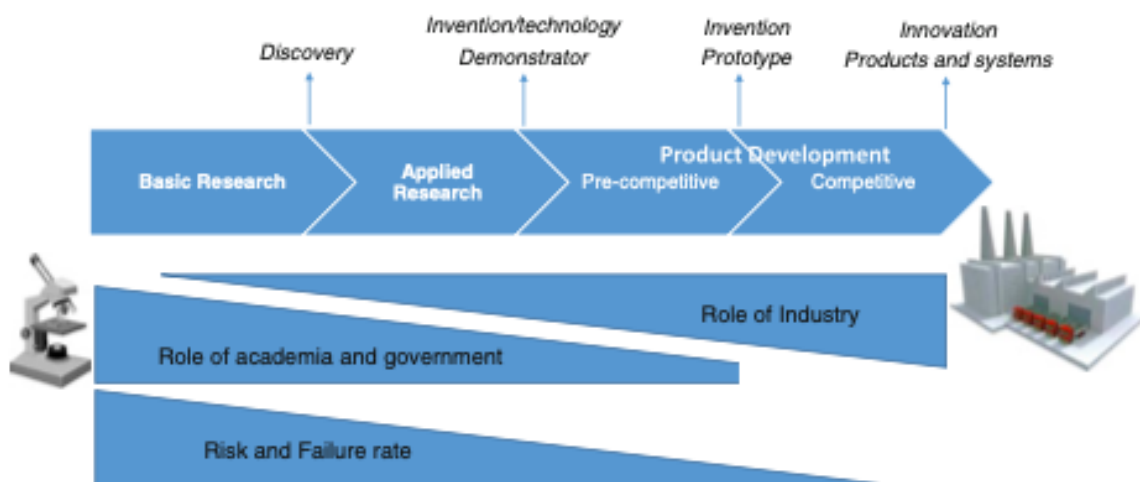
Nel terzo capitolo si discutono le implicazioni derivanti dalla letteratura, quali pratiche e azioni sono state considerate o verranno intraprese nel prossimo futuro.

## 1 Innovazione, progettazione e implicazioni della digitalizzazione

### 1.1 Innovazione e sviluppo prodotto

Il termine innovazione è utilizzato per esprimere una “nuova idea, dispositivo o metodo” ma, nella letteratura dell’Innovation Management è meglio definita come “atto o processo di introduzione di nuove idee, dispositivi o metodi”. Quest’ultima definizione è quella che spiega al meglio il processo dell’innovazione e l’impatto che nuove idee, dispositivi e metodi possono avere sul mercato e sulla società. In definitiva si può riconoscere come “sfruttamento economico di un’invenzione”, il processo attraverso il quale il mercato adotta progressivamente una nuova tecnologia rendendola la principale, attraverso la diffusione.

Nella teoria viene spiegato il “Processo lineare dell’innovazione”, che si compone di quattro fasi principali: ricerca di base, ricerca applicata, fase precompetitiva e post-competitiva.



**Figura 1.** Il modello semplificato "lineare" dell'innovazione (Cantamessa M., Montagna F., 2016).

All'interno dell'organizzazione aziendale, il processo di sviluppo prodotto è quello altamente inter-funzionale, interdisciplinare e ad alto livello di conoscenza, misurato con una base temporale diversa (mesi e anni, anziché in ore o giorni), rispetto agli altri processi aziendali.

L'innovazione e lo sviluppo di nuovo prodotto dipendono direttamente dall'attività di progettazione, per mezzo della quale è possibile definire il nuovo prodotto secondo particolari specifiche per soddisfare bisogni o indurli attraverso nuove tecnologie nel mercato. Attraverso lo sviluppo prodotto, la progettazione e l'industrializzazione, un'azienda fornisce un'innovazione al mercato per mezzo della diffusione.

## 1.2 Digitalizzazione ed effetti sulla progettazione e sviluppo prodotto

La digitalizzazione e il ruolo assunto dai dati stanno trasformando le pratiche attuali di progettazione e sviluppo prodotto, aprendo nuove opportunità e sfide per i progettisti. In molti settori, è sempre più ampio l'utilizzo di strumenti digitali avanzati per l'analisi dei dati e l'attenzione all'esperienza di utilizzo degli utenti.

Questi, si stanno affermando come elementi chiave di successo nella progettazione e lo sviluppo prodotto guidato dai dati.

### 1.2.1 Digitalizzazione e tecnologie abilitanti

Le nuove tecnologie digitali hanno favorito l'informatizzazione di prodotti e dei processi, precedentemente detti "analogici", oggi indicati con la parola "digitali".

L'informatizzazione è in atto dal momento in cui i computer hanno fatto la loro comparsa, dai primi anni del 1970 ed il loro utilizzo si è diffuso a dismisura.

In passato, le informazioni sui prodotti erano sviluppate, contenute e visualizzabili solamente in versioni cartacee. I relativi calcoli e le simulazioni non potevano automaticamente fornire un riscontro immediato. Inoltre, le molteplici parti costitutive di un assieme non erano correlate tra loro e non potevano interagire.

I progressi tecnologici dell'ultimo decennio, definito dagli studiosi come l'avvento della quarta rivoluzione industriale o *Industry 4.0*, sono stati resi possibili grazie allo sviluppo ICT (Information and Communication Technologies) e alla diffusione dell'IT (Information Technologies). Nel contesto della progettazione è notevole il progresso avvenuto con le tecnologie digitali.

Oggi, le informazioni progettuali sono migrate verso modelli digitali, consentendo enormi praticità sulla generazione e archiviazione delle stesse, costituendo un vero e proprio modello virtuale del prodotto.

A titolo esemplificativo, la creazione di un modello virtuale permette simulazioni e verifiche sotto molteplici aspetti progettuali come le analisi strutturali, eseguite con il metodo degli elementi finiti, assistite dal computer oppure analisi software dei flussi termici dello stesso modello attraverso CFD (Computational Fluid Dynamics).



Inoltre, parlando sempre di “digitale”, i progressi tecnologici precedentemente descritti sono ulteriormente avanzati e complementari alle seguenti tecnologie abilitanti (**Tabella 1**):

1. *Protocolli Internet e connettività sempre più veloce ed economica*: sempre più persone sono connesse ad internet con i propri dispositivi attraverso il World Wide Web e grazie alle piattaforme di social networking si sono create nuove forme di comunicazione e socializzazione. Per quanto riguarda l’interconnessione degli oggetti, la tecnologia dell’IoT (Internet of Things), sta determinando un continuo flusso di dati tra persone-oggetti e tra oggetti-oggetti;
2. *Realtà aumentata e virtuale*: permette una visione immersiva negli ambienti con oggetti sempre più dettagliati, spesso mescolando il virtuale con il reale e viceversa;
3. *Apparecchiature informatiche potenti ed economiche*: dotate di processori, memoria d’immagazzinamento e larghezza di banda, hanno dato la possibilità di rendere virtuali i server fisici, portando al *cloud computing* una migliore gestione ed immagazzinamento dei *Big Data*;
4. *Il data mining*: riesce a sfruttare il valore intrinseco e nascosto di enorme mole di dati eterogenei, identificando modelli e comportamenti nei fenomeni che si verificano all’interno dei sistemi, senza che sia stata definita una teoria di modello ex-ante;
5. *Il machine learning*: consente lo sviluppo di nuove forme di automazione dei processi decisionali, che si basano sulla “digestione” e rielaborazione di enormi quantità di dati.

**Tabella 1: Effetti delle tecnologie abilitanti (Cantamessa et al. 2020)**

Technologies	Data availability	Technological shift	Societal/Behavioural shift	Challenges for business
<i>Internet, Social Networks and Internet of Things (IoT)</i>	Products are becoming 'smart' (i.e., they incorporate sensors, computing power and communication capabilities; (Cronin 2010).	'Smart objects' generate, communicate and use data, consequently adapting their behaviour. Smart objects allow digitalization of processes and services (Grüninger et al. 2010).	People and objects are involved in pervasive digital processes, through which they are continuously connected and engaged with one another (Porter & Heppelmann 2015).	Learning how to design smart products with the right feature sets. (Zawadzki & Żywicki 2016). Defining protocols/processes to allow useful interaction between objects and people. (Rijsdijk & Hultink 2009). Defining proper data collection strategies from smart objects. (Porter & Heppelmann 2014). Defining value-creating product-service bundles. (Valencia et al. 2015).
<i>Augmented and Virtual Realities</i>	Reality can be supplemented by additional information, while virtual objects and worlds can be represented digitally in an immersive way (Lu et al. 1999).	Virtual representations can be used to substitute or to enhance reality to support humans in their actions (Guo et al. 2018).	People seamlessly engage with virtual or augmented representations (Füller & Matzler 2007).	Understanding value-creating uses of augmented and virtual reality (Dodgson et al. 2006). Developing 'digital twins' to support business operations (Tao et al. 2018).
<i>Cloud and Edge Computing</i>	Data storage and processing capabilities are available at little cost and seamlessly connected to the world via reliable networks (Goranson 2003).	Computing power and storage can be allocated as desired (i.e., centralized versus decentralized). Massive amounts of data can be gathered, stored and processed (Big Data) (Bharadwaj & Noble 2017).	Humans generate and store (often unconsciously) a high quantity of data, based on the activities they perform, along with the smart products they use (Brown et al. 2011).	Defining data collection and processing strategies and architectures that can provide value and lead to higher competitiveness (Wu et al. 2019).
<i>Data Mining</i>	Information patterns are discovered in Big Data (McAfee et al. 2012).	A huge amount of data can be analysed and lead to the discovery of unexpected knowledge, generally without requiring ex-ante theorization and domain expertise. Significant increase in the value of data (Golchha 2015; Marjani et al. 2017).	Human decision-making, both for consumers and producers, is empowered by the insight generated by data mining techniques (Wu et al. 2019).	Achieving and exploiting economies of scale arising from data (Wu et al. 2019). Identifying meaningful patterns and extracting relevant knowledge from Big Data (Brown et al. 2011).
<i>Machine Learning</i>	Patterns in data enable the generation of sophisticated forms of automatic behaviour (Fisher et al. 2014).	It becomes possible to develop algorithms allowing automatic decisions or behaviours without having to provide explicit instructions (Leskovec et al. 2020).	Human decision-making is not simply aided by information but actively supported (or even substituted) by autonomous systems (Seidel et al. 2018).	Developing functional and value-creating autonomous systems (Jordan & Mitchell 2015).

## 1.2.2 Revisione della letteratura

Le tecnologie appena descritte hanno contribuito alla trasformazione radicale dei prodotti, dei processi e ai conseguenti servizi digitali portando cambiamenti in molte industrie nel mondo.

La digitalizzazione è a tutti gli effetti un cambiamento di paradigma, dove non è solo il cambiamento tecnologico a subire gli effetti ma, si possono osservare anche cambiamenti comportamentali nella società.

Inoltre, i modelli di business hanno subito interruzioni sulle catene del valore o sono stati completamente ridefiniti. Anche l'organizzazione, i processi di innovazione, la progettazione e lo sviluppo prodotto sono stati influenzati e hanno subito cambiamenti.

La digitalizzazione ha quindi cambiato l'ambiente di lavoro in cui si svolgono le attività di progettazione e sviluppo prodotto e conseguentemente il ruolo che i dati possono assumere.

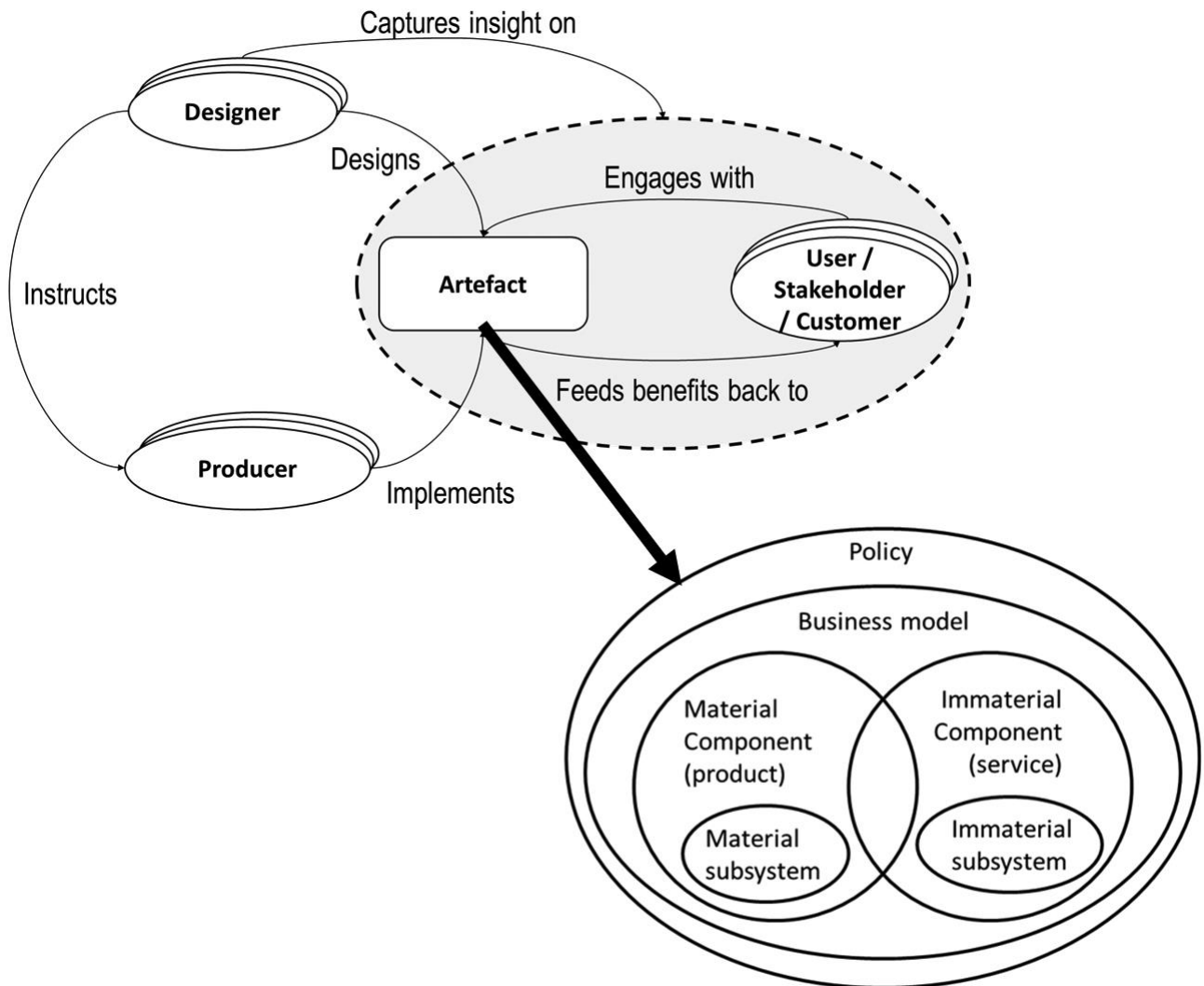
La letteratura su cui si basa questo lavoro di tesi ha portato all'identificazione di tre filoni di ricerca che riguardano l'impatto e gli effetti della digitalizzazione sulla progettazione e sviluppo prodotto, ciascuno dei quali ha conseguenze a diversi livelli aziendali:

1. Conseguenze per i progettisti nel lavoro individuale e all'interno del team;
2. Conseguenze sullo sviluppo e la progettazione dei processi;
3. Analytics per la progettazione o progettazione per l'Analytics.

Per spiegare al meglio l'evoluzione verso il nuovo paradigma si adotterà un modello relazionale per adattarlo allo scenario emergente (**Figura 2**). Esso rappresenta i principali elementi della progettazione degli anni '90.

I progettisti lavorando da soli o in team, seguivano un approccio di sviluppo prodotto "guidato dal cliente" ed erano chiamati a percepire in qualche modo le informazioni sull'interazione tra artefatto e umani (utilizzatore, stakeholder o cliente). Sulla base delle intuizioni, venivano sviluppati e progettati via via prodotti

migliori, fornendo così, allo stesso tempo le informazioni adeguate alla produzione.



**Figura 2.** Il modello relazionale sviluppato in Cantamessa (riferimento Cantamessa M., 2011).

Il concetto di artefatto è progredito oltre i prodotti materiali o fisici, diventando sempre più ampio ed esteso, includendo componenti, servizi e modelli di business. Tuttavia, l'approccio progettuale era ancora radicato nella tradizione della progettazione dei beni fisici.

Nei capitoli seguenti verranno considerati i cambiamenti di tale modello nonché, l'impatto emergente della digitalizzazione riguardo alla progettazione e allo sviluppo prodotto, descrivendo le opportunità e le conseguenze che scaturiscono dall'utilizzo dei dati.

### 1.3 Opportunità offerte dallo sfruttamento dei dati nello sviluppo prodotto

La descrizione del paragrafo precedente è solo il preambolo di tutta una serie di conseguenze che la digitalizzazione ed i dati possono avere sui progettisti.

Si parla di *conseguenze operative* (OP) quando l'impatto avviene sulle modalità attraverso le quali i progettisti svolgono il loro lavoro, sia a livello individuale che come membri di un team, mentre si definiscono *conseguenze organizzative* (ORG) se l'impatto cambia il modo in cui interagiscono le funzioni aziendali.

L'impatto risulta diverso se i dati presi in considerazione provengono dalla catena del valore della produzione, ovvero dati lato dell'offerta o se sono provenienti dai clienti, cioè lato della domanda. Nei paragrafi successivi verranno descritte le diverse tipologie di dati, rivedendo gli scopi e i ruoli che tali dati possono assumere al fine di aiutare le attività di progettazione e sviluppo ad integrarsi con gli altri processi aziendali in modo da consentire l'innovazione.

#### 1.3.1 Dati lato domanda

I dati dei clienti sono raccolti per tracciare il comportamento di acquisto dei clienti, attraverso l'osservazione delle scelte dei singoli o indagando sulle preferenze dei clienti, a volte analizzandone lamentele e reclami.

Da aggiungere ai precedenti descritti vi è l'utilizzo dei dati provenienti direttamente da prodotti intelligenti o dai servizi digitali.

Nel contesto di prodotti e servizi maturi, il mercato studiato da un'impresa è segmentato in modo statico, utilizzando analisi demografiche, modelli di utilizzo etc, mentre in un mercato dove nuovi prodotti devono ancora essere diffusi, le imprese distinguono i vari segmenti descritti, dal modello di Rogers e Moore, come clienti diversi che hanno comportamenti e bisogni diversi, che si susseguono nel tempo a partire dalla prima diffusione del prodotto o servizio.

Proprio per questo i progettisti vengono impiegati per derivare le priorità da ciascun segmento di clienti per ciascuna fase, e qualsiasi interazione con essi avviene quando è necessario affrontare il nuovo segmento.

Attraverso la raccolta di dati diretti è possibile evidenziare due aspetti:

1. la personalizzazione porta a considerare ogni cliente come se fosse “segmento di uno” e diventa un “nuovo bisogno ogni volta”;
2. Le aziende hanno sempre più spesso interazioni continue con i clienti, che avvengono in tempo reale; per cui i progettisti sono sempre aggiornati sulle esigenze non solo di chi ha già adottato ma anche di chi adotterà.

Il primo punto permette di acquisire clienti “di nicchia”, che rappresentano una piccola percentuale delle vendite (appartengono alle code della curva della distribuzione delle vendite), che hanno esigenze diverse dallo standard e sono orientate a mercati di nicchia, per i quali è necessario soddisfare nuove esigenze personalizzate.

Il secondo caso implica che i prodotti siano riprogettati, considerando contemporaneamente sia i bisogni dei clienti acquisiti per mantenere il legame di fedeltà, sia quelli non ancora raggiunti per essere acquisiti.

La gestione dei requisiti dei clienti implica una procedura iterativa. Si parte con la raccolta dei requisiti degli utenti, per poi procedere con l'interpretazione e la definizione delle specifiche del prodotto. Per la fase di aggiornamento “post-lancio”, viene valutata la soddisfazione dei clienti per riprogettare il prodotto o le funzioni in base ai riscontri ottenuti.

Oggi, in contesti agili, le aziende raccolgono continuamente i dati dagli utenti dopo la distribuzione del prodotto nel mercato e li utilizzano come base di partenza per un continuo miglioramento tecnico. Quest'ultimo aspetto da un lato

migliora la capacità di raccogliere anche i nuovi bisogni, determinando nuove funzionalità che non erano state inizialmente concepite, traducendosi in nuove funzioni da progettare, identificate come innovazioni derivate. La capacità di identificare anche implicazioni impreviste, attraverso le innovazioni derivate, può limitare o addirittura evitare le possibili conseguenze negative in caso di difetti del prodotto oppure identificare una certa "immaturità" tecnologica.

A partire dagli anni '90 sono stati compiuti numerosi sforzi per automatizzare i processi di progettazione. Gli uffici marketing hanno dedicato le risorse all'aggiornamento dei processi di raccolta dei dati dal campo, favorita anche dalla digitalizzazione. La presenza di grandi volumi di dati, contemporaneamente alla migliorata capacità di calcolo e all'utilizzo dei computer, sta favorendo il processo di automazione della progettazione.

Questa possibilità deve ancora essere confermata, in quanto è necessario capire quanto sia utile e fino a che punto nelle prime fasi della progettazione, di norma più creative e non di routine.

Quanto descritto ha conseguenze non solo sui processi operativi ma anche sulle interazioni che i team di progettazione hanno con le altre funzioni e i dipartimenti aziendali. Progettisti e marketer devono cooperare strettamente, supportati dalle tecnologie IT integrate nell'organizzazione a vari livelli. Questo aspetto incide maggiormente qualora sia necessario condividere, strutturare e interpretare dati aggiornati continuamente durante tutto il processo di sviluppo prodotto.

La necessità di analizzare enormi quantità di dati raccolti di continuo richiederà un supporto costante di una nuova figura professionale, gli analisti di dati. Questa continua collaborazione rende necessaria la definizione e la formalizzazione dei ruoli e delle nuove competenze che dovrebbero avere tra loro i progettisti, marketer e analisti di dati.

L'idea di attribuire consumatori appartenenti a segmenti di mercato precedentemente definiti è diventata ormai obsoleta, questo perché i consumatori non si limitano ad acquistare passivamente i prodotti ma partecipano sempre più al processo di creazione del valore, tramettendo spesso inconsapevolmente i dati riguardo il loro utilizzo, almeno per la manutenzione programmata. In altre occasioni, i dati relativi ai guasti del prodotto o al suo deterioramento nel tempo non sono utili solo per effettuare manutenzione preventiva e predittiva, ma anche per la definizione di altre destinazioni di utilizzo del prodotto.

Cambiando il rapporto tra cliente e produttore cambia anche la titolarità della gestione del processo di sviluppo prodotto, cioè se esso deve essere gestito dal marketing, dai team di progettazione o addirittura completamente e definitivamente automatizzato.

Si può dire che i dati lato domanda consentiranno alle aziende di comprendere appieno le esigenze degli utenti. Questa profilazione sarà puntuale, adattata continuamente e velocemente sulla base degli stimoli del mercato.

Attraverso l'analisi continua dei dati provenienti da un prodotto già lanciato sul mercato, si potrebbero adattare le funzionalità in tempo reale per soddisfare al meglio le esigenze in continua evoluzione dei clienti e dei prodotti personalizzati.

L'adattamento continuo è da intendersi come un aggiornamento progettuale del prodotto con conseguenze operative ed organizzative per i progettisti.

È evidente che questi presupposti possono guidare il processo di sviluppo prodotto nelle fasi di definizione e scelte di alternative progettuali.

Le conseguenze che ne derivano riguardano i processi operativi e organizzativi.



Tra i processi operativi possiamo annoverare:

1. L'identificazione dei segmenti di clientela i cui bisogni devono essere affrontati;
2. L'estrazione e la soddisfazione, quasi simultanei, dei bisogni del cliente, insieme alla convalida delle prestazioni del prodotto o servizio in ogni sua iterazione di progettazione e sviluppo prodotto;
3. Possibilità di avere innovazioni derivate o la scoperta di implicazioni non previste dal progetto d'origine;
4. L'automazione del processo di innovazione o almeno parti di esso;

Mentre, tra le conseguenze organizzative si possono trovare:

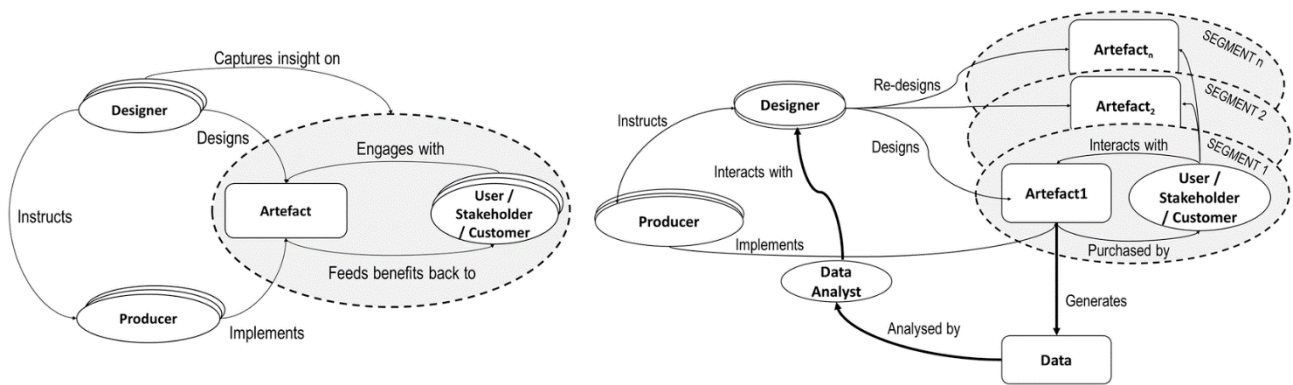
5. L'integrazione delle funzioni IT, marketing e NPD (New Product Development);
6. Il rimodellamento delle relazioni tra clienti e produttori.

Da quanto emerge, la corrispondente evoluzione del paradigma dal lato della domanda, a partire dal caso inizialmente proposto, è rappresentata in **Figura 3**.

I dati che vengono continuamente generati, raccolti e analizzati sistematicamente evidenziano il cambiamento principale. Questi dati sono raccolti attraverso l'osservazione diretta, continua e in tempo reale delle varie interazioni tra i clienti e l'artefatto (**Figura 3**). Questo aspetto è evidente e diverso dalle metodologie tradizionali rappresentate dal precedente paradigma (**Figura 3 b**) che si basavano sull'osservazione e sull'estrazione dei bisogni del cliente.

I dati giocano un ruolo fondamentale nel nuovo paradigma, esaltando la nuova figura dell'analista di dati che, si trova a lavorare sempre più a stretto contatto con i progettisti e altri reparti aziendali, come il marketing. Gli analisti di dati e i

progettisti per il lavoro che svolgono e per le competenze da possedere, possono essere quasi intesi come operanti singolarmente che all'interno di un unico team.



**Figura 3.** Il passaggio dal vecchio paradigma (a) al nuovo paradigma della domanda (b) (Cantamessa et al., 2020).

Da queste conseguenze operative ed organizzative, scaturiscono alcune domande chiave della ricerca (**Tabella 2**).

**Tabella 2.** Conseguenze operative e organizzative derivanti dalla disponibilità dei dati lato della domanda (Cantamessa *et al.*, 2020).

Operational consequence	Derived research questions
Customization and personalization are leading to consider each customer as a 'segment-of-one' (Canhoto <i>et al.</i> 2013). Continuous (and real-time) interaction with the different customer segments that progressively appear along the diffusion curve (Roblek <i>et al.</i> 2016) (D-OP1)	What are the new theoretical models describing the diffusion of innovative products and services? What features should these models have in order to study diffusion?
Each iteration in development simultaneously incorporates satisfaction of needs and validation of performance (Montagna & Cantamessa 2019) (D-OP2)	How can companies operatively manage the data they continuously gather from users as a basis for continuous technical improvement?
Innovative uses lead to derivative innovations or to the need of managing unanticipated consequences (Gawer 2010; Yoo <i>et al.</i> 2012) (D-OP3)	How should companies look at innovative uses or unanticipated impacts of their products and introduce derivative innovations?
Possible automation of the innovation process or at least parts of it (Bstieler <i>et al.</i> 2018) (D-OP4)	Will AI algorithms lead to the automation of agile product and service development? What AI algorithms could lead to this automation?
Organizational consequence	Derived research questions
Integration of IT, marketing and NPD departments (Bstieler <i>et al.</i> 2018) (D-ORG1)	What new digital skills and competencies should be developed, allocated and integrated within companies? How should marketers and designers operatively interact with data analysts to envision innovation opportunities?
Change in the negotiating power between customers and manufacturers (Nedelcu <i>et al.</i> 2013; Espejo & Dominici 2017) (D-ORG2)	How will the agile approach alter the producer-customer relationship, which was up to now based on close relationships and structured flow of information on customer needs to be delivered to product and service designers? In this context, what will be the impact of AI algorithms?

### 1.3.2 Dati lato offerta

Oltre ai dati provenienti dal lato della domanda, le aziende possono raccogliere enormi quantità di dati dai propri sistemi di produzione e dai reparti operativi. I macchinari, i sistemi per la gestione della catena di fornitura ed i sistemi di monitoraggio possono essere alcune delle possibili fonti di dati dal lato dell'offerta. Una considerevole quantità di dati e la loro raccolta sistematica sono state favorite con la rivoluzione dei sistemi di produzione dovuta all'avvento

dell'Industry 4.0. Tutti i dati prodotti dai nuovi sistemi vengono raccolti e analizzati per capire le opportunità di riduzione dei costi e aumentare l'efficienza.

I vantaggi derivanti dagli effetti della digitalizzazione dei processi di produzione potrebbero essere anche più numerosi, soprattutto se le informazioni venissero utilizzate fin dall'inizio del processo di sviluppo prodotto.

Per i dati provenienti dal lato dell'offerta vi sono delle conseguenze operative riguardanti la necessità di disporre di informazioni integrate provenienti dai diversi dipartimenti come la produzione, la progettazione e servizi post-vendita.

I sistemi informatici utilizzati tradizionalmente ERP (Enterprise Resource Planning), MES (Manufacturing Enterprise System), PLM (Product Lifecycle Management), CRM (Customer Relationship Management) sono raramente integrati tra loro e ciò non permette alle organizzazioni aziendali di avere una visione unificata di questi dati e di non seguire un metodo rigoroso per raccolta degli stessi.

I problemi di interoperabilità e scambio dei dati tra le differenti architetture forniscono ancora problemi di coerenza. Per esempio, le architetture di prodotto e le distinte base di produzione sono scarsamente correlate tra loro, le modifiche dei dati non sono monitorate dai sistemi, le informazioni sono spesso non condivise al meglio in termini di granularità e dettaglio tale da garantire che l'operabilità tra i sistemi sia soddisfacente.

La definizione di modelli concettuali comuni tra le imprese, l'allineamento delle procedure e la creazione strutture condivise per la raccolta dei dati risolverebbero i problemi descritti.

I dati sparsi in più sistemi mostrano un problema comune per le imprese che operano nella stessa catena del valore. Il raggruppamento e la disgregazione dei dati devono avvenire in base alla necessità delle analisi da svolgere in ogni fase

del ciclo vita del prodotto. La sfida per le aziende consiste nello sviluppo di strutture comuni che integrino i dati tra i molteplici sistemi utilizzati nell'organizzazione.

I dati sul lato dell'offerta, che sono raccolti e provengono da diverse fonti e in diversi formati, evidenziano il requisito operativo di gestire tale diversità in ampi volumi di dati.

Altre fonti di dati che possono essere utilizzate e che richiedono anch'esse una adeguata gestione possono essere:

- la realtà virtuale per una migliore visualizzazione dei test strutturali e verifiche dei processi di assemblaggio e manutenzione;
- prototipazione rapida, efficace nell'ambito delle attività di progettazione del prodotto.

Queste fonti appena descritte non sono altro che sistemi che hanno iniziato ad imporre requisiti aggiuntivi per la raccolta dei dati e la necessità di far convergere il dominio fisico con quello digitale.

Il rischio di incoerenza è più alto se la provenienza del dato non rimane interna allo sviluppo prodotto (es. test e verifiche di prodotto) ma è costantemente generato in grandi quantità dalle molteplici fonti durante la produzione (es. sistemi di assemblaggio robotici o in formato digitale dalle squadre di manutenzione).

Per tutta una serie di motivazioni, anche se si fosse in grado di garantire l'interoperabilità tra i sistemi, la coerenza e la deframmentazione dei dati, indipendentemente dalla provenienza e dal formato, l'effettivo utilizzo di tutti questi dati rimarrebbe un problema operativo rilevante per i progettisti, anche in un contesto digitale.

Innanzitutto, le aziende possiedono già una grande quantità di dati che potrebbero essere utilizzati per supportare le decisioni ma non sempre conoscono quali dati sono già a disposizione nei loro database, e quali dati stanno generando.

Inoltre, spesse volte i progettisti non conoscono o non hanno le competenze per utilizzare al meglio questi dati.

Infine, vi è una terza motivazione legata all'entità del fenomeno che potrebbe costringere all'utilizzo di algoritmi di intelligenza artificiale, ma il potenziale di questi algoritmi non è ancora definito, soprattutto se si tratta di mettere insieme la conoscenza proveniente da diversi domini tecnici. Infatti, risulta ancora poco chiaro se e in quale modo, gli algoritmi di AI saranno in grado di interpretare correttamente i patterns prestazionali e funzionali e quale tipo di contributo potranno fornire ai progettisti.

Ad oggi, gli algoritmi vengono utilizzati solamente l'ottimizzazione della progettazione e la prototipazione.

Per esempio, ci sono state perplessità rispetto alla loro capacità di generare alternative tecniche realizzabili sia da sé, che interpretando le intenzioni espresse dai progettisti. Questa problematica si aggiunge a quella precedentemente menzionata riguardo all'automazione del processo di progettazione.

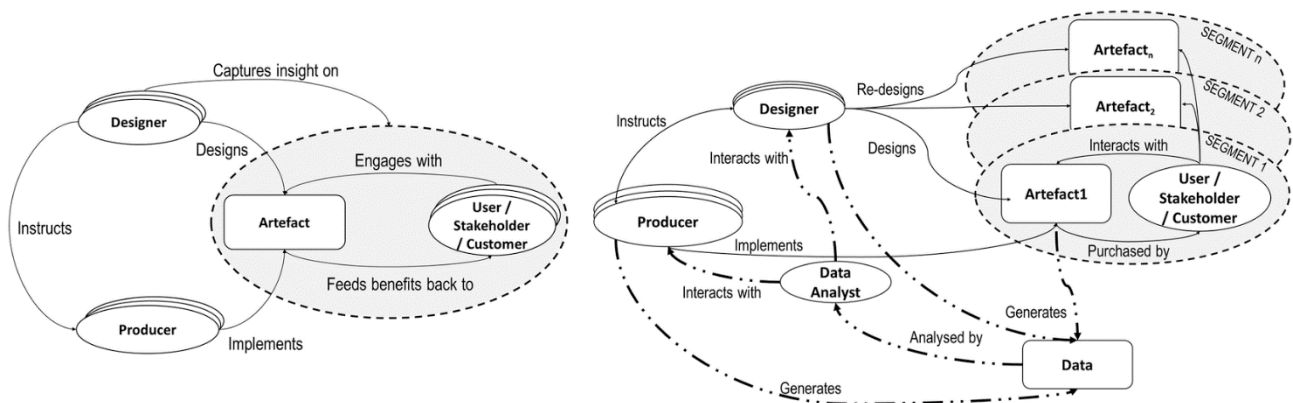
Anche per quanto riguarda le conseguenze organizzative, è possibile riassumere un'esistente difficoltà a collaborare tra le diverse funzioni aziendali tra quelle di sviluppo prodotto, IT e le altre funzioni operative.

La necessità di integrazione dei dati implica anche una integrazione tra gli altri reparti operativi. Con l'Industria 4.0 gli impianti produttivi, insieme ai processi operativi sono stati dotati di sensori e dispositivi per la raccolta dei dati in tempo

reale sullo stato di esecuzione del processo. Le aziende sono disposte ad utilizzare tali dati, non solo per la risoluzione delle problematiche relative all'efficienza ma anche per guidare i processi di progettazione. L'analisi di una quantità così elevata di dati e l'interpretazione di quelli rilevanti, richiederanno la completa integrazione delle funzioni aziendali, il possesso di conoscenze trasversali, nuove competenze e capacità.

I progettisti con precedenti esperienze nel settore, dovranno aggiungere al loro bagaglio competenze specialistiche provenienti da altri domini tecnici, nonché dovranno sviluppare competenze digitali in modo da interpretare e identificare le aree in cui i dati possono essere utili alla progettazione e ai processi decisionali. Inoltre, dovranno essere affiancati da analisti di dati che a loro volta, dovranno ampliare le proprie conoscenze nello specifico ambito tecnico, ovvero principi fondamentali di progettazione.

Arrivati a questo punto, è possibile definire un ulteriore passo nel nuovo paradigma progettuale guidato dai dati, rispetto al modello di partenza (**Figura 4**), che include anche il ruolo del flusso dei dati dal lato dell'offerta. Questo flusso diventa rilevante sia per il produttore che per il progettista (rappresentato con le linee di collegamento tratteggiate).



**Figura 4.** Il passaggio dal vecchio paradigma (a) al nuovo paradigma della domanda (b) (Cantamessa et al., 2020).

L'importanza e la centralità del dato diventa dominante ed i sistemi informatici devono essere adeguati ad acquisire le informazioni provenienti dai molteplici sistemi utilizzati nei vari processi operativi in tempo reale. Il flusso continuo e imponente di dati deve essere integrato e reso affidabile per essere utilizzato con efficacia dai metodi e dagli strumenti di analisi dei dati, in modo che i risultati forniti siano di supporto alle attività di progettazione.

Per concludere, i progettisti, i produttori e gli analisti di dati dovranno lavorare a stretto contatto, discutendo sulle implicazioni e sviluppando soluzioni basate sui dati, nonché integrando in modo reciproco le proprie competenze.

Nella **Tabella 3** sono riassunte le domande effettuate per svolgere la ricerca nella letteratura.



**Tabella 3.** Conseguenze operative e organizzative della disponibilità dei dati dal lato dell'offerta (Cantamessa et al., 2020).

Operational consequence	Derived research questions
The information must be integrated from different domain perspectives, such as design, manufacturing and after-sales services (Schuh et al. 2008) (S-OP1).	What is the right level of granularity and detail of the information to ensure satisfactory interoperability among systems? What are the possible conceptual models, procedures and frameworks for data collection?
Extensive volumes, formats and sources of data lead to problems of inconsistency and lack of convergence between physical and digital domains (Li et al. 2015; Trunzer et al. 2019) (S-OP2)	What is the common and integrated set of parameters and variables that must be observed to ensure consistency and convergence? What is the right level of observation width to avoid data overwhelming and to generate the right information for innovation opportunities?
Interoperability between systems, coherence and defragmentation of the data regardless of the source and the format is still one of the major barriers (Zhan et al. 2018) (S-OP3)	
Possible automation of the design process (Bstieler et al. 2018; Seidel et al. 2018) (S-OP4)	Will AI algorithms lead to the automation of some of the activities in the design process? Which processes are ready for more automation? Will designers be able to express their rationale in a way that AI algorithms will be able to design autonomously? How much can AI algorithms integrate or even replace technical knowledge?
Organizational consequence	Derived research questions
The massive availability of data, now more than ever, will require full functional integration, cross-domain knowledge and new competencies and skills (Liao et al. 2017)	What new digital skills and competencies should be developed and integrated within companies? How should designers and production experts operatively interact with data scientists to envision new functional opportunities? What skills (digital and not) should designers and production experts develop? And dually, which specific and technical expertise will the data analyst have to develop?
Collaboration between IT, production and R&D departments will have to be made effective by integrating IT systems from different departments (Liao et al. 2010) (S-ORG1)	What will their roles be? Who has the ownership and the responsibility of such data-driven processes?

### 1.3.3 Conseguenze sullo sviluppo e la progettazione dei processi

Nel precedente paragrafo è stata descritta la digitalizzazione e l'insieme delle tecnologie abilitanti che la caratterizzano. L'impatto sullo stesso sviluppo prodotto sta cambiando nella sua natura, in quanto non esiste più la separazione tra lo sviluppo prodotto ex-ante e l'utilizzo del prodotto ex-post. Inoltre, le stesse

tecnologie digitali e i nuovi modelli descritti in precedenza, impongono nuove linee guida per la progettazione con l'instaurazione di progetti "pilota", definiti dai concetti di interoperabilità, virtualizzazione, decentralizzazione, capacità in tempo reale, orientamento al servizio e modularità (riassunti in **Tabella 4**).

**Tabella 4.** I nuovi progetti pilota imposti dalle tecnologie e dai modelli di business (Cantamessa et al., 2020).

Design pilots (Hermann, Pentek & Otto 2016)

Digital technologies	Internet protocols and connectivity	Interoperability
	Virtual realities	Virtualization
	Cloud computing and Big Data	Decentralization
	Data mining	Real-time capability
	Machine learning	Real-time capability
New business models	Servitization	Service orientation
	Mass customization	Modularity

Quest'ultimi comportano nuovi cambiamenti operativi e organizzativi, facendo emergere un'ulteriore conseguenza direttamente in relazione con il processo di sviluppo prodotto. Le conseguenze sono descritte di seguito in **Tabella 5**, colonne 2-4.

**Tabella 5.** Conseguenze operative, organizzative e gestionali sui processi di sviluppo e progettazione (Cantamessa et al., 2020).

Specific shift	Operational consequence	Managerial consequence	Organizational consequence	Derived research questions
Product development is a never-ending story of experimentation and adaptation	It becomes irrelevant to develop a reliable and complete set of product/service specifications for the seed design (Gunasekaran et al. 2019) (NPD-OP1)	Agile management 'minimum viable products' (MVP) are the basis for further product improvements (NPD-MAN1) Concurrent Engineering issues (Krishnan et al. 1997) (NPD-MAN2) Set of product specifications is always changing. Issues in drafting permanent legal documents and renewing the certification processes (Song 2017) (NPD-MAN3)	Iterative validation steps managed either by the designer or the data analyst (Song 2017) (NPD-ORG1)	When products and services are developed in an agile context, how can the responsibility of the design decisions among the actors involved be managed? Moreover, how do firms manage legal issues (contractual obligations/terms of service), regulatory issues and certifications with respect to relevant authorities?
Product platforms and platform design become necessary	Product platform enables the possibility of improving product and services (Porter & Heppelmann 2014; Rossit et al. 2019) (NPD-OP2) Platforms become the main enabler of modularity and customization/ personalization allowing combinatorial innovations (Yoo et al. 2012; Mourtzis & Doukas 2014; Marion et al. 2015) (NPD-OP3) Trade-off between production constraints and architecture flexibility (Krause et al. 2017) (NPD-OP4)	Platform design leads to lower development costs concerning a wider variety or more frequent product versions (Simpson et al. 1999) (NPD-MAN4)	Integration choices, deciding on which layers of the platform, should be externally extended (Yoo et al. 2012) (NPD-ORG2)	Which operational and organizational trade-offs that naturally arise by using design platforms will become the most relevant to be managed?
Digital representations, models and systems are incorporated into an artefact	Expand physical materiality by 'entangling' it with software-based digital functions. Form and function are decoupled (Autio et al. 2018) (NPD-OP5)	Decoupling form and functions will support <i>unpredictability in innovation processes</i> (Austin et al. 2012) (NPD-MAN5)	Need to support creativity and serendipity behaviours (Andriani & Cattani 2016) (NPD-ORG3)	To what extent are design processes changing because of this shift? How can designers take into account both the physical and digital affordances of products/services?
Information and knowledge management must change			The transition from representation to model, from tacit to explicit and nowadays (through automation) from explicit to tacit changes again the process rules and organization equilibria. <i>Knowledge change is a relevant form and move from individuals to capital</i> (NPD-ORG4)	

Dal punto di vista operativo e da quello di processo, l'adattamento continuo della proposta di valore da parte delle aziende e il cambiamento dei modelli di business rendono difficile, se non irrilevante, sviluppare specifiche complete, esaustive ed affidabili per lo sviluppo di prodotti/servizi.

Pertanto, diventa molto importante per i progettisti creare una versione iniziale del prodotto, "seed design", che serva come base per ulteriori miglioramenti ed estensioni. Questo concetto è simile a quello di "Minimum Viable Product".

Le iterazioni successive richiedono passaggi di validazione, ma potrebbe sorgere il problema di individuare una responsabile che dia l'autorizzazione a prendere decisioni su tali iterazioni. Questa responsabilità potrebbe ricadere sui progettisti, sul personale marketing o sugli analisti di dati.

Questa situazione fa emergere sfide simili a quelle affrontate nelle pratiche di gestione dei progetti nel concurrent engineering. Infatti, le attività e i team di lavoro devono essere gestiti tenendo conto di uno scambio di informazioni sempre più frequenti tra il lato della domanda e quello dell'offerta. Le opportunità di flessibilità sono limitate a causa dell'incertezza tecnica del progetto e della sensibilità delle attività a valle che seguiranno. Inoltre, la complessità nel coordinare le risorse aumenta quando sono coinvolti progetti altamente complessi o quando vengono gestiti più progetti in parallelo.

Questo continuo adattamento dei prodotti può comportare nuove sfide nell'ambito contrattuale e amministrativo in quanto, i produttori, non possono redigere un documento legale che descriva in modo definitivo il loro prodotto, ma devono continuamente modificarlo e aggiornarlo. Inoltre, i processi di certificazione devono essere rivisti in modo coerente per adeguarsi ai cambiamenti. Questi sono solo alcuni dei temi che emergono quando si considerano gli aspetti operativi e di processo strettamente legati all'adattamento continuo delle organizzazioni insieme ai cambiamenti dei modelli di business.

**La modularità dei prodotti e i progetti piattaforma** diventano fattori chiave nello sviluppo di prodotti e servizi migliori anche grazie alla diffusione e all'impulso

dato dalle tecnologie digitali. L'adozione di piattaforme modulari e di progetti piattaforma offre numerosi vantaggi e opportunità per le aziende.

In primo luogo, offrono maggiore flessibilità e agilità nel processo di progettazione e sviluppo prodotto. Le aziende possono creare componenti e moduli standardizzati che possono essere combinati e adattati tra loro per soddisfare le specifiche esigenze dei clienti, consentendo una personalizzazione rapida del prodotto e la soddisfazione di una maggiore varietà di richieste da parte dei clienti.

Inoltre, le piattaforme modulari facilitano lo sviluppo di innovazioni architetture. Con l'utilizzo di componenti standardizzati e interfacce bene definite, le aziende possono facilmente combinare tra di loro in moduli le diverse tecnologie e funzionalità per creare nuovi prodotti e servizi. Questo approccio favorisce la creazione di soluzioni innovative che sfruttano le sinergie tra le diverse tecnologie o tra diversi settori, con la possibilità di aprire nuove opportunità di mercato.

Tuttavia, è importante non trascurare e considerare i costi associati alla progettazione della piattaforma. Le decisioni che riguardano l'architettura del prodotto, la condivisione dei componenti e l'apertura della piattaforma a molteplici progetti hanno implicazioni sia strategiche che gestionali. Le aziende devono trovare un equilibrio tra i costi di produzione, flessibilità della progettazione e l'apertura della piattaforma ad un certo numero di prodotti. Infatti, una progettazione troppo rigida o troppo aperta può influenzare negativamente l'efficienza e l'efficacia dell'azienda. Inoltre, i produttori devono anche decidere se consentire ad altre aziende di estendere o condividere la piattaforma. Questa decisione può influire sulle scelte di integrazione verticale dell'organizzazione della produzione e sugli accordi strategici. È necessario valutare con attenzione i vantaggi e gli svantaggi di aprire la piattaforma a terze

parti e considerare le implicazioni sul controllo e sulla gestione della piattaforma stessa. In breve, la progettazione della piattaforma e l'adozione di un'architettura modulare sono diventati fondamentali nello sviluppo di prodotti e di servizi migliori. Le piattaforme appena descritte consentono maggiore flessibilità, personalizzazione e innovazione combinatoria (o architettonica). Tuttavia, le aziende devono gestire attentamente i compromessi tra costi, produzione, apertura e flessibilità dell'architettura prodotta per massimizzare i benefici derivanti.

**La complessità aggiunta dalla digitalizzazione nella progettazione e nell'integrazione delle tecnologie digitali nei prodotti** è un altro aspetto che implica alcune considerazioni.

Nelle pratiche tradizionali, il legame tra funzione, comportamento e forma è strettamente legato. Una volta definite le funzioni del prodotto, queste guidano le caratteristiche strutturali e di forma. Con l'avvento dell'"affordance digitale", il legame tra la forma, il comportamento e la funzione divengono trascurabili. I progettisti sono portati a separare la "forma" dalla "funzione" e creare una piattaforma software e strutturale che possa accettare l'aggiunta di componenti e moduli ex-post, anche dopo il lancio del prodotto nel mercato. Questo approccio consente ai progettisti di gestire al meglio la complessità e di adattarsi alle esigenze emergenti. Possono essere introdotte nuove funzionalità e caratteristiche anche dopo che il prodotto è stato lanciato sul mercato, offrendo a tutti gli utenti esperienze di utilizzo migliorate, mantenendo i prodotti aggiornati, al passo con i rapidi cambiamenti tecnologici.

Un esempio tangibile può essere rappresentato dai sistemi di aggiornamento software Over-The-Air (OTA) di alcune tra le più note case automobilistiche. In questo modo hanno la possibilità di inviare aggiornamenti ai veicoli già in

circolazione, apportando miglioramenti delle prestazioni, alle funzioni e alla sicurezza. Questo approccio permette di reagire rapidamente ai feedback dei degli utenti, correggere eventuali problemi e offrire nuove funzionalità senza richiedere modifiche fisiche al prodotto.

La possibilità di aggiungere comportamenti e funzionalità ex-post offre una maggiore flessibilità e agilità nel processo di sviluppo del prodotto.

Tuttavia, è importante controllare e supportare i comportamenti di creatività e serendipità in questi processi che cambiano di continuo. Mentre l'imprevedibilità può portare a scoperte e innovazioni sorprendenti, è invece necessario un giusto controllo e supporto per garantire che le caratteristiche introdotte con gli aggiornamenti mantengano l'integrità e l'efficacia nel prodotto nel suo complesso.

Un ulteriore effetto è dato dal **cambiamento nell'informazione progettuale e nella gestione della conoscenza**, legato alla transizione della progettazione tradizionale a quella automatizzata "design automation".

In passato, le informazioni sui prodotti erano rappresentate in modo "passivo" attraverso disegni cartacei o altre visualizzazioni non interattive. Con l'avvento dei sistemi CAD (Computer-Aided-Design) e delle simulazioni, la modellizzazione digitale ha permesso di esplicitare la conoscenza progettuale e rendere codificabili le scelte progettuali insieme alle attività di verifica attraverso parametri validati e valori variabili. Questo ha contribuito a trasformare la conoscenza tacita degli esperti in conoscenza esplicita che può essere gestita e condivisa in modo più efficiente. Con il progressivo passaggio alla design automation, si sta assistendo ad un effetto paradossale. Invece di eliminare completamente il ruolo del progettista umano, si riconosce sempre più che i sistemi di supporto possono svolgere un ruolo attivo nei processi di

progettazione. I sistemi automatizzati possono agire autonomamente per il progettista, apprendendo e incorporando la conoscenza che in precedenza si trovava nelle competenze individuali o di un team di progettazione. Ne consegue che la conoscenza passa dall'individuo o dal gruppo alla base di conoscenza dell'organizzazione.

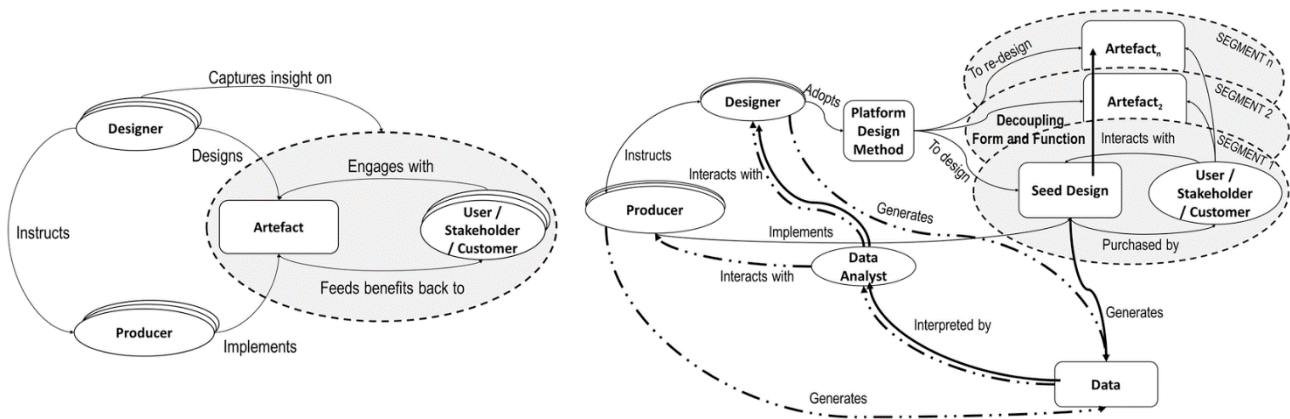
Questo spostamento ha conseguenze significative perché la conoscenza degli individui e quella incorporata nell'organizzazione sono diverse. L'individuo, il team di progettazione e le competenze personali devono trovare un nuovo equilibrio all'interno della conoscenza dell'organizzazione. I sistemi di supporto automatizzati agiscono come custodi di conoscenza dell'organizzazione, apprendendo dagli input e dalle esperienze, facendo passare la conoscenza da una forma esplicita a una tacita, influenzando le regole del processo e degli equilibri organizzativi.

Inoltre, l'approccio alla progettazione sta evolvendo verso un processo iterativo e continuo, in cui i progettisti partono da un "seed design" ovvero un progetto iniziale che viene successivamente migliorato ed esteso sulla base di iterazioni guidate dalla piattaforma di design automation.

Questo permette di procrastinare le decisioni relative alla forma, alle caratteristiche e alle funzioni del prodotto, consentendo la flessibilità e adattabilità durante lo sviluppo.

La **Figura 5** evidenzia gli effetti specifici dei nuovi progetti piloti di cui si è discusso il paragrafo precedentemente.





**Figura 5.** Il passaggio dal vecchio (a) al nuovo paradigma (b) considerando le specifiche conseguenze sui processi di sviluppo e progettazione (Cantamessa et al., 2020).

Riassumendo, l'automazione del processo di progettazione sta causando un cambiamento nella gestione delle conoscenze e delle dinamiche organizzative. La conoscenza progettuale che un tempo risiedeva nell'individuo o nel team di progettazione viene incorporata nei sistemi di supporto automatizzati e diventa parte della base di conoscenze dell'organizzazione. Questo richiede una ridefinizione dei ruoli e delle competenze dei progettisti umani, nonché un adeguamento delle dinamiche organizzative per sfruttare al meglio la design automation e capitalizzare la conoscenza accumulata.

Come risultato di questi cambiamenti, sono formulate nuove domande ai fini di ricerca nell'ultima colonna della precedente **Tabella 5**.

### 1.3.4 Analytics for Design o Design Analytics: strumenti/tecniche per supportare i processi decisionali di progettazione

L'Analytics for design o Design Analytics, ovvero l'analisi per la progettazione o la progettazione analitica, si concentra sui processi e sugli strumenti che supportano la trasformazione dei dati progettuali in informazioni utili per i processi decisionali durante le fasi di progettazione. Nello specifico è il processo di ispezione, pulizia, trasformazione e modellazione dei dati per estrarre conoscenza, utile per generare e valutare nuove soluzioni progettuali. A supporto

di questo processo, esistono tecniche e strumenti che verranno descritti di seguito.

Le tecniche di data-mining e l'intelligenza artificiale sono abbastanza utilizzate e consolidate per affrontare e risolvere i problemi di progettazione. Tra questi strumenti di intelligenza artificiale, gli algoritmi di machine learning, classificati in algoritmi supervisionati e non supervisionati, sono invece ai loro primi tentativi di utilizzo. Essi sono utilizzati a scopo predittivo e descrittivo e sono numerosi gli esempi di applicazione insieme alle diverse fasi dello sviluppo prodotto.

L'analisi dei cluster e l'analisi congiunta, a partire da un ampio set di dati, possono essere impiegate per scopi descrittivi, ad esempio per distinguere diverse tipologie di clienti, per definirne le preferenze o suggerire i requisiti. Inoltre, queste tecniche possono fornire informazioni utili per suggerire funzioni e prestazioni di nuove soluzioni progettuali.

L'analisi prescrittiva e predittiva fa uso di algoritmi di intelligenza artificiale come le reti neurali e algoritmi genetici. Questi approcci consentono di determinare le impostazioni ottimali degli attributi di progettazione per massimizzare la soddisfazione dei clienti. Inoltre, vengono impiegati strumenti di ottimizzazione per prevedere l'impatto delle modifiche di progettazione o per ottimizzare la progettazione nel suo complesso.

L'analisi della progettazione e l'applicazione delle tecniche di intelligenza artificiale possono essere impiegate nelle varie fasi di progettazione e sviluppo prodotto, dalla pianificazione iniziale di posizionamento prodotto, alla raccolta dei requisiti, alla generazione delle idee e alla fase di progettazione di dettaglio. Questi approcci forniscono un supporto prezioso per estrarre conoscenza dai dati progettuali e generare nuove soluzioni di progettazione innovative e confrontarle da loro.

In definitiva, l'analisi per la progettazione o analisi della progettazione si basa sull'applicazione di tecniche di data mining e intelligenza artificiale per estrarre conoscenze dai dati progettuali e guidare i processi decisionali durante la progettazione. Questo campo di ricerca offre strumenti e approcci innovativi per migliorare l'efficienza e l'efficacia del processo di progettazione e generare soluzioni di progetto ottimali.

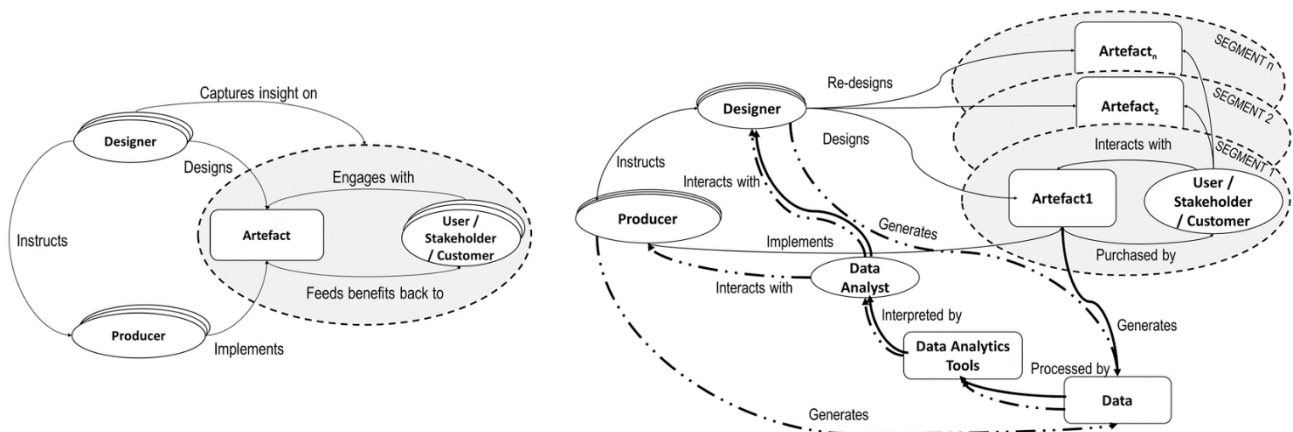
L'utilizzo delle tecniche di analisi dei dati della progettazione all'interno del processo di sviluppo prodotto comporta conseguenze operative che meritano di essere prese in considerazione.

Ogni tecnica di analisi considerata, che sia descrittiva, prescrittiva o predittiva, richiede un diverso tipo e quantità di dati in ingresso e produce differenti risultati a diversi livelli di affidabilità e qualità. Pertanto, la scelta della tecnica da utilizzare deve essere adattata alla fase specifica di sviluppo prodotto nella quale viene applicata. Non è ancora completamente chiaro quali tecniche dovrebbero essere utilizzate nelle diverse fasi del processo di progettazione e sviluppo.

Inoltre, la maggior parte delle analisi attualmente utilizzate sono ancora descrittive, mentre quelle di tipo predittivo e prescrittivo rappresentano sfide più complesse e difficili. Al momento, l'analisi predittiva e prescrittiva fornisce i maggiori vantaggi nell'individuazione dei miglioramenti ottimali alle soluzioni di progettazione, ma è sempre necessaria una maggiore esplorazione di un'ampia gamma di soluzioni possibili.

Un'altra conseguenza operativa riguarda la capacità degli algoritmi di apprendimento automatico di rendere automatico il processo di apprendimento che si basa sulle grandi quantità di dati in ingresso e sull'acquisire sempre più autonomia per futuri processi di analisi dati. Attualmente questa caratteristica è principalmente fornita dagli algoritmi di apprendimento automatico, che vanno

oltre il data mining e gli approcci di intelligenza artificiale. Tuttavia, questi ultimi devono ancora essere implementati a pieno nelle diverse fasi di progettazione e sviluppo. Inoltre, la **Figura 6** mostra il cambiamento apportato dal nuovo paradigma emergente con l'utilizzo dei dati. Sebbene gli strumenti di analisi dei dati fossero già utilizzati nel processo di progettazione del vecchio paradigma, il nuovo utilizza un nuovo set di strumenti, in particolare quelli di machine learning. Questi strumenti stanno diventando sempre più autonomi nell'apprendimento dei dati e nell'assunzione di parte delle attività del processo di progettazione. Questa autonomia, insieme alla necessità delle analisi predittive e prescrittive, con l'utilizzo di strumenti di analisi dei dati più accurati, sta portando verso l'indipendenza degli strumenti di machine learning come elemento separato del nuovo paradigma progettuale.



**Figura 6.** Il passaggio dal vecchio al nuovo paradigma considerando l'analisi dei dati (Cantamessa et al, 2020).

Infine, in **Tabella 6** sono riassunte le conseguenze operative e le domande effettuate per la ricerca in questo argomento.

**Tabella 6.** Conseguenze operative sull'utilizzo di strumenti di analisi dati per il processo di progettazione sviluppo (Cantamessa et al. 2020).

Operational consequence	Derived research questions
The choice of the type of different technique to be used depends on the phase of the design and development process in which it is applied (Van Horn et al. 2013; Altavilla & Montagna 2019) (DA-OP1)	What are the relevant analytics tools that are appropriate for each design activity and hence are they applicable in the different phases of the design and development process?
Predictive and prescriptive techniques represent the most insightful set of tools that can help the development team in better exploiting the advantages of data analysis (Bstieler et al. 2018) (DA-OP2)	How can prescriptive and predictive techniques be better integrated into the design and development process?
The new frontier of design analytics tool requires the autonomy of the algorithm in learning from the process and provide insights on data (Tan et al. 2019) (DA-OP3)	How much will the algorithm be able to learn from the process and obtain more and more autonomy? Is the autonomy related merely to their ability to recognize similarities? Or there are already capable of translating general goals into specific objective functions? Are they nowadays effectively autonomous, or they will continue to will simply provide a structure and analysis to the data, which will still be interpreted by the designers? Is this dependent on the level of structuring the design problem (structured, partially structured, unstructured problems)?

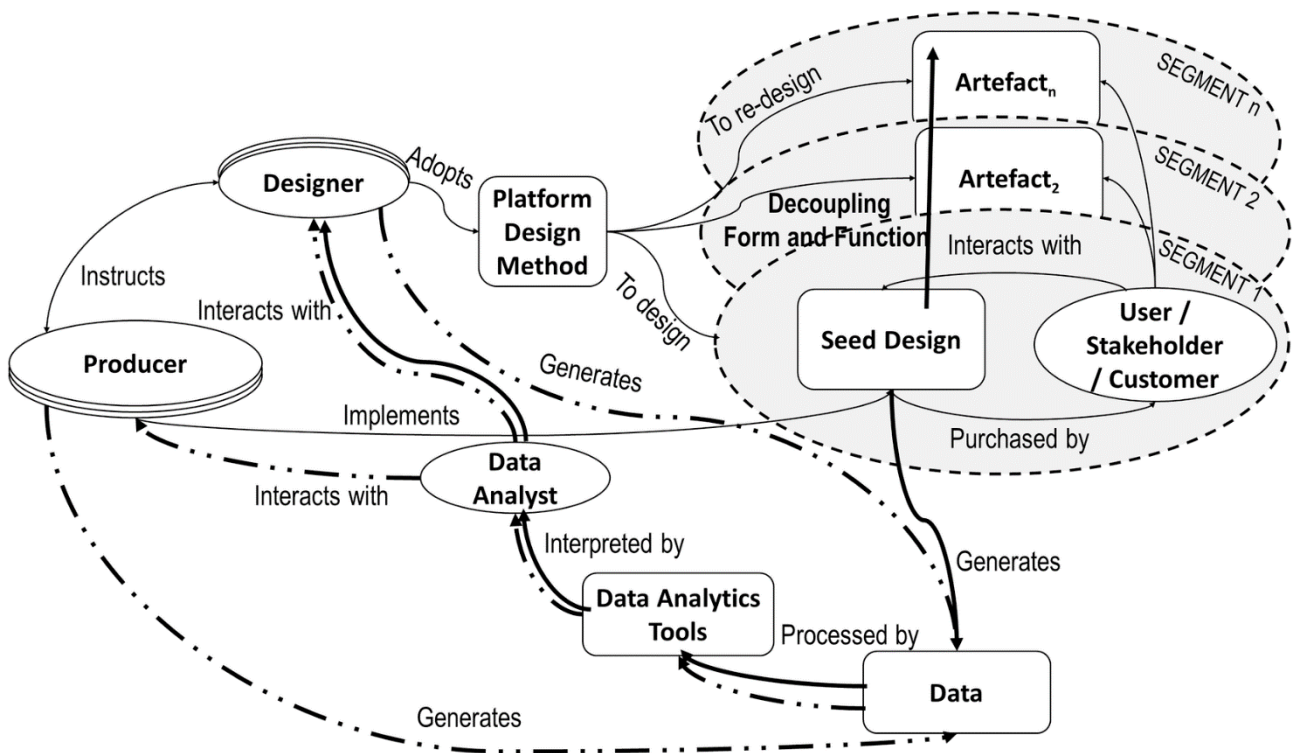
## 1.4 Il nuovo paradigma

Il paradigma di progettazione basato sui dati risultante, come illustrato in **Figura 7**, evidenzia una crescente rilevanza di strumenti e metodi legati alla progettazione della piattaforma e all'analisi della progettazione.

Questi strumenti e metodi assumono un ruolo sempre più centrale nel guidare l'attività di interpretazione e analisi dei progettisti a supporto delle decisioni progettazione. Infatti, i metodi di progettazione non devono più essere considerati come semplici supplementi relativamente deboli ad un processo dominato principalmente dalla cognizione umana e dall'interazione sociale, ma hanno il potenziale per diventare fattori determinanti dei risultati del processo di progettazione.

L'efficacia di questi strumenti e metodi dipenderà notevolmente dalla presenza di un'infrastruttura IT adeguata e da un contesto organizzativo che favorisca l'utilizzo dei dati e delle analisi nel processo di sviluppo prodotto e progettazione. L'infrastruttura IT svolge un ruolo fondamentale nella raccolta, nell'archiviazione e nella gestione dei dati di progettazione, nonché della fornitura di strumenti e piattaforme per l'analisi dei dati. Un contesto organizzativo adeguato, invece, comprende l'adozione di processi e culture che favoriscono l'utilizzo dei dati e delle analisi come parte integrante del processo di progettazione. Il paradigma di progettazione basato sui dati implica quindi un cambiamento nell'approccio alla progettazione, in cui l'attività di analisi dei dati e utilizzo degli strumenti correlati diventano parti essenziali e dominanti. Questo paradigma richiede l'integrazione sinergica tra le competenze umane, le conoscenze di dominio e le capacità analitiche fornite dagli strumenti e dagli algoritmi di analisi.

È importante sottolineare che l'efficacia del paradigma di progettazione basato sui dati dipenderà dalla disponibilità di un'infrastruttura IT adeguata e di un ambiente organizzativo che favorisca l'adozione e l'utilizzo appropriato di tali strumenti. È necessario sviluppare un ecosistema in cui i progettisti possano sfruttare appieno il potenziale fornito dai dati e dalle relative analisi nel processo di progettazione creando sinergie tra le competenze umane e le tecnologie digitali.



**Figura 7.** Il nuovo paradigma del contesto progettuale guidato dai dati (Cantamessa et al., 2020).

In base alla scelta e all'adeguatezza dei metodi di analisi dei dati impiegati, nonché al loro utilizzo metodologicamente rigoroso delle piattaforme, possono incidere significativamente sulla qualità delle soluzioni generate nel processo di progettazione. La scelta dei metodi non può solamente essere lasciata in carico al giudizio dei progettisti, ma dipenderà anche dalle decisioni strategiche delle imprese riguardo agli investimenti informatici e alla percezione del nuovo ruolo dell'analisi dei dati nella progettazione. Le imprese dovranno decidere se internalizzare o esternalizzare l'analisi dei dati e se creare delle funzioni di analisi separate che interagiscono con altre funzioni aziendali, inclusa la progettazione, oppure incorporare degli analisti di dati all'interno di ciascuna funzione organizzativa. Inoltre, sarà rilevante valutare il grado di formazione dei progettisti nell'analisi dei dati, che può variare dalla competenza completa per eseguire i compiti semplici e interagire con gli specialisti quando necessario, a una formazione minima per interagire con gli specialisti o addirittura l'assenza di

formazione specifica. Questo problema richiama la sfida che le aziende hanno introdotto per la prima volta le metodologie del Design for X (DFX) negli anni '90, in termini di competenze e responsabilità da assegnare ai progettisti in domini tecnici complementari. Quindi la decisione strategica diventa evidente.

Inoltre, con l'introduzione di nuovi metodi, strumenti e sistemi di supporto alla progettazione, cambia il rapporto tradizionale tra la conoscenza tacita, che risiede negli individui e quella esplicita, che viene convenzionalmente considerata come patrimonio delle organizzazioni e incorporata nel capitale. Questo solleva questioni rilevanti nel campo della ricerca, che andando oltre allo scopo dell'argomento di tesi non verranno trattate.

La complessità e il numero di nuovi elementi evidenziati nel diagramma relazionale in **Figura 7** evidenziano che stiamo vivendo un vero e proprio cambio di paradigma nella progettazione. Questo genera numerosi interrogativi di ricerca per gli accademici, che devono affrontare la sfida di fornire solide basi empiriche, data la recente introduzione di queste metodologie. La risposta a queste domande di ricerca è rilevante anche per le imprese, poiché potrebbero dover affrontare il nuovo paradigma basandosi solo sull'intuizione e su costosi tentativi di errori.

Infine, vi sono implicazioni significative per la formazione degli ingegneri e dei progettisti del prossimo futuro, poiché i curricula e le competenze dovranno tenere conto dell'impatto di questi nuovi metodi e strumenti nel processo di progettazione.



## 2 Caso studio e metodologia

In questo capitolo sono descritti la realtà aziendale ed il contesto in cui opera. Si spiega la metodologia con la quale sono state ricavate le informazioni per la modellizzazione concettuale del flusso di dati per lo specifico caso studiato e si confrontano le pratiche attuali con la letteratura esaminata nel precedente capitolo.

Il paradigma discusso nel capitolo precedente, pur rappresentando una panoramica del cambiamento in atto, non riesce ad indagare fino in fondo riguardo le sfide e i problemi tecnico/operativi posti dalla letteratura e a caratterizzare i processi innovativi. Infatti, non espone nel dettaglio le fonti dei flussi di dati e le parti interessate coinvolte (stakeholder), ne definisce quali sono i processi e le pratiche consolidate che stanno emergendo.

In questo capitolo, attraverso l'esposizione del caso studio aziendale, si indaga sui flussi di dati che caratterizzano i processi di innovazione e progettazione guidati dai dati (Data-Driven Design), validando almeno in parte, alcune problematiche tecnico/operative in modo da discutere quali sono le attuali pratiche e risorse nonché gli strumenti a disposizione dei progettisti per affrontare tali problemi e quali azioni si stanno delineando.

### 2.1 Contesto aziendale

L'azienda oggetto del caso studio fa parte di un gruppo multinazionale, proprietario di dieci marchi aziendali, opera sia in un mercato B2B sia B2C. L'organizzazione è specializzata nella progettazione, produzione e commercializzazione di soluzioni per la generazione dell'energia primaria e di backup per i settori residenziale, commerciale e industriale. I prodotti di tutte le aziende possedute dal gruppo includono generatori, dispositivi di accumulo

dell'energia, sistemi di controllo dell'elettricità e in genere apparecchiature elettriche. In qualità di fornitore di soluzioni energetiche, lo scopo del gruppo aziendale è guidare l'evoluzione dei prodotti verso soluzioni energetiche più resilienti, efficienti e sostenibili in tutto il mondo. Occupa circa 9500 dipendenti nel mondo e ha generato ricavi per 4,5 miliardi di dollari nel 2022. In specifiche unità sono delegate anche le attività di ingegnerizzazione di nuovi prodotti e di ricerca e sviluppo, oltre a quelle di produzione e commercializzazione.

Nello specifico caso, è stata presa in considerazione l'unità produttiva italiana, Leader da oltre 25 anni, che è entrata a far parte del gruppo nel 2013 ed è impegnata nella progettazione e produzione di macchine per la generazione dell'energia e dell'illuminazione per il settore delle costruzioni ed organizzazione di eventi.

Nella sede produttiva sono impiegati circa 200 dipendenti e i ricavi sono stati di circa 36 milioni di euro nel 2021.

La produzione dello stabilimento è dedicata in parte alla soddisfazione di clienti locali, ma la maggior parte per le filiali del gruppo si occupano di commercializzare i prodotti per l'Europa ed il resto del mondo. La presenza locale si occupa dello sviluppo del mercato per la gamma di prodotti trattati precedentemente, preservando la conoscenza dei clienti e le relazioni con le parti interessate in ogni regione Europea e del resto del mondo (Medio Oriente, Africa, Asia, Australia).

Per i prodotti trattati nello stabilimento oggetto dell'indagine, le attività di business intelligence rimangono locale, quelle di ricerca di mercato, di marketing e di servizio clienti sono centralizzate in un'altra sede del gruppo.

Le attività di progettazione sono svolte insieme a quelle di ricerca e sviluppo fino alla fase validazione prototipo e di completa industrializzazione. L'azienda sta ultimando il processo di allineamento dei sistemi di supporto alla progettazione (PLM) allineandosi con gli stessi utilizzati nella sede centrale e in altre parti del mondo mentre, i sistemi informatici per la gestione degli ordini e la logistica sono centralizzati per l'area geografica europea e resto del mondo.

Attualmente, le attività di analisi dei dati vengono eseguite relativamente alle vendite e all'identificazione dei mercati dove sviluppare il business. La raccolta centralizzata dei dati che provengono dalle varie parti interessate, interne ed esterne all'organizzazione, avviene attraverso i sistemi ERP, MRP, CRM.

Il top management ha avviato l'attività per la progettazione, lo sviluppo e la realizzazione di un sistema di raccolta e di monitoraggio dei dati provenienti da tutti i prodotti venduti, pensando alle opportunità che possono derivare sia per lo sviluppo e l'offerta di servizi innovativi, sia per incrementare la conoscenza di utilizzo effettivo dei prodotti.

Infatti, grazie a quanto affermato, potranno essere progettate funzionalità specifiche sulla base di bisogni non ancora espliciti dei clienti, aumentando allo stesso tempo la precisione e l'efficienza degli investimenti pubblicitari e commerciali nel fornire conoscenze dettagliate sui consumatori, sulle loro preferenze e comportamenti di acquisto. Attualmente alcuni prodotti sono dotati, su particolare richiesta dei clienti, di componenti in grado di collegarsi ad internet e comunicare svariati dati ma non sono sfruttati dall'organizzazione.

Nei successivi paragrafi sono spiegate la metodologia e modalità attraverso le quali è stato possibile definire il flusso dei dati tra le varie parti interessate che caratterizzano il caso studio, fino alla definizione del modello concettuale che ne deriva.

## 2.2 Metodologia – Interviste qualitative semi-strutturate

Al fine di comprendere e identificare gli attori coinvolti all'interno del paradigma, la tipologia di dati ed interpretare il corretto flusso, cioè il passaggio dei dati da un attore del paradigma ad un altro, è stato adottato un approccio qualitativo e si sono condotte interviste di tipo semi-strutturato.

Le interviste semi-strutturate combinano sia gli elementi delle interviste strutturate che quelli delle non strutturate.

La metodologia scelta ha permesso di combinare alcune domande predefinite ex-ante (**Tabella 7**) e ulteriori domande circostanziali per approfondire alcuni particolari ritenuti utili per la comprensione del fenomeno, senza seguire uno schema predefinito.

Le domande strutturate si sono rese necessarie per garantire uniformità nelle risposte fornite dai partecipanti riguardo i dati utilizzati ed il flusso seguito. Le altre domande non strutturate sono state somministrate all'occorrenza per avere flessibilità di argomentare i ruoli specifici degli intervistati e individuare anche gli attori esterni alla realtà aziendale per capire la relazione e il flusso di dati coinvolto.

### 2.2.1 La strutturazione delle domande

Le domande strutturate sono state poste con l'obiettivo di individuare i dati di interesse provenienti dal lato della domanda, dal lato dell'offerta e per comprendere l'utilizzo effettivo di strumenti o tecniche di analisi di tali dati.

Per ciascun tipo di dato è stato inoltre domandato quale fosse la fonte e la destinazione. Qui di seguito sono elencate le domande strutturate, divise per tipologia di dato. I quesiti somministrati erano incentrati sui dati provenienti dal lato della domanda, così sviluppati:

- **Dati del cliente** - per comprendere i bisogni, le preferenze e il comportamento del cliente per la progettazione o lo sviluppo di un nuovo prodotto;
- **Dati contestuali** - per comprendere al meglio il comportamento e le prestazioni per lo sviluppo prodotto, la progettazione di uno nuovo (o una nuova funzionalità) o che possono intervenire sull'adozione/utilizzo;
- **Dati di operatività** - per comprendere al meglio la funzionalità dei prodotti;

Ulteriori domande non strutturate, sono state poste a ciascun attore intervistato, al fine di definire le figure aziendali e gli attori esterni coinvolti da flussi di dati.

I quesiti riferiti ai **dati lato dell'offerta** sono stati sviluppati in modo da essere utili per una migliore comprensione delle esigenze di produzione, distribuzione e le alternative di industrializzazione o prototipazione dei prodotti.

In **Tabella 7**. Le domande e gli attori ai quali sono state rivolte.

**Tabella 7.** Le domande e gli attori ai quali sono state rivolte (Elaborazione propria basata sull'indagine qualitativa semi-strutturata).

<b>Domande</b>	<b>Attori</b>
<b>Dati del cliente</b>	Business manager, Marketing leader/manager, Product leader/manager
Quali tipologie di dati sono d'interesse al fine di comprendere bisogni, preferenze e comportamento del cliente per la progettazione/sviluppo di un nuovo prodotto?	
Chi/Quali sono le fonti di tali dati?	
Chi/Quali sono i destinatari di tali dati?	
<b>Dati contestuali</b>	Sales leader/manager, Marketing leader/manager, Customer service/ warranties rapair
Quali tipologie di dati sono d'interesse al fine di comprendere il comportamento e le prestazioni per lo sviluppo/progettazione di un nuovo prodotto o che possono intervenire sull'adozione o l'utilizzo ?	
Chi/Quali sono le fonti di tali dati?	
Chi/Quali sono i destinatari di tali dati?	
<b>Dati operatività (funzionalità)</b>	Sales leader/manager, Product leader/manager, Customer service/ warranties rapair
Quali tipologie di dati sono d'interesse al fine di comprendere al meglio la funzionalità dei prodotti?	
Chi/Quali sono le fonti di tali dati?	
Chi/Quali sono i destinatari di tali dati?	
<b>Dati lato offerta</b>	Supply chain/Purchase leader/manager, Product leader/manager, Manufacturing leader/ manager, Logistic leader/manager
Quali tipologie di dati sono d'interesse al fine di comprendere al meglio le esigenze di produzione, distribuzione e le alternative di industrializzazione (prototipazione)?	
Chi/Quali sono le fonti di tali dati?	
Chi/Quali sono i destinatari di tali dati?	
<b>Strumenti e tecniche di analisi dei dati</b>	General
Con quali metodi o tecniche vengono organizzati e analizzati i dati nello sviluppo prodotto o nell'ottimizzazione, al fine di prevedere l'impatto di una modifica di progettazione sulle prestazioni a livello di sottosistema e complessive del sistema?	
<b>Cambiamenti e problemi indotti nella progettazione e nello sviluppo prodotto guidato dal flusso dei dati</b>	General
Quali principali cambiamenti e problemi sono stati riscontrati dalle richieste di implementazione e dalle esigenze dei clienti?	
Quali sono i processi e le pratiche consolidate e le implicazioni che stanno emergendo nello sviluppo prodotto guidato dai dati?	

Dall'analisi delle risposte sono stati identificati tutti gli stakeholders, le tipologie e i flussi dei dati. Inoltre, dall'analisi è stato elaborato un modello concettuale di paradigma che sarà presentato e discusso nei successivi paragrafi.

### 2.3 Dati empirici raccolti dalle interviste

I dati sono stati raccolti durante la somministrazione delle domande e delle relative risposte ricevute in sede di intervista. Sempre attraverso le interviste e le domande sottoposte ai principali manager e ai team leader, sono stati individuati gli attori che sono coinvolti all'interno del paradigma economico. I

Le figure intervistate sono state:

- Business Unit Director
- Sales Manager
- Marketing Leaders
- Supply chain Leader
- Manufacturing Leader
- Logistic Leader
- Customer Service Leaders
- Product managers

Si è proceduto all'interpretazione del flusso dei dati, determinando e analizzando le opportunità ed i problemi che ne scaturiscono. Inoltre, sono stati individuati degli attori esterni all'organizzazione, anch'essi coinvolti nel flusso di dati.

L'indagine è stata condotta con l'obiettivo di comprendere quali tipologie di dati influiscono e caratterizzano i processi di progettazione e di innovazione dei prodotti dell'azienda oggetto del caso studio, nel contesto B2B.

### 2.3.1 Flussi di dati risultati dalle interviste

Le risposte alle domande strutturate, sono state raccolte e organizzate in un database per poi essere analizzate e utilizzate per la realizzazione del modello concettuale.

Il **Business director** ha il ruolo di autorità e responsabilità nel prendere decisioni strategiche e operative. Attraverso l'identificazione degli obiettivi di business, l'analisi del mercato e la definizione delle priorità strategiche dichiara che si studiano diverse strategie di business. L'identificazione dei mercati da conquistare avviene con lo studio di report già elaborati da Market data provider (istituti pubblici o privati che si occupano di raccogliere ed elaborare dati riguardo certi settori industriali, mercati e segmenti di mercato).

Inoltre, fanno parte dei dati considerati, quelli provenienti dalle istituzioni doganali l'importazione globale dei prodotti costruiti in un dato paese, i dati economici dei mercati in crescita o in pieno sviluppo insieme ai dati economici e strategici delle prime duecento imprese del settore delle grandi costruzioni al mondo.

Non meno importanti sono i dati economici dei competitor, dati riguardo i rapporti con i clienti ricavati dai report utilizzando un sistema CRM (Customer Relationship Management). Tali dati non forniscono nessuna informazione che possa riguardare la progettazione e lo sviluppo prodotto, o nuove funzioni ma forniscono preziosi dati riguardo il mercato o segmento più adatto in cui creare e sviluppare il business e individuare al meglio i clienti.

Altri dati utilizzati, in questo caso utili per la progettazione dei prodotti sono quelli che emergono dalla necessità di rispettare requisiti specifici, derivanti dalle normative legate a particolari parametri ambientali, agevolazioni o incentivi governativi.



I **Marketing leaders** sottopongono interviste ai clienti, con particolare attenzione a quelli più ricettivi al cambiamento o dove i governi applicano politiche incentivanti relative alla transizione energetica, riduzione delle emissioni e connettività. Spesso i clienti rendono espliciti dati riferiti a necessità o richieste indicate a loro volta dall'utilizzatore finale.

Il **Sales Manager**, descrivono i dati che per la maggiore provengono dal lato della domanda, riguardano i clienti, gli ordini e le vendite raccolti nei sistemi aziendali ERP e CRM. Insieme al marketing sottopongono interviste per raccogliere dati relativi alla domanda, disponibilità e assortimento dei prodotti e possibili ordini. Anche i dati riguardano lo studio del contesto competitivo e le transazioni sulle vendite in un dato periodo e mercato.

Altri dati provengono incontrando di persona i clienti, cercando di apprendere in che modo sono utilizzati i prodotti e quali funzioni sono da sviluppare o migliorare. Le vendite sono gestite prevalentemente dalle filiali commerciali che a loro volta distribuiscono a due categorie di clienti: le aziende Rental per il settore cantieristico ed eventi e alcuni rivenditori di macchine per gli stessi settori.

Un contributo importante viene fornito dai **Customer Service Leaders** che riescono a rilevare informazioni direttamente dai clienti o dalle filiali commerciali che si occupano della distribuzione e manutenzione after sales e gestione delle garanzie. Questi dati provengono direttamente da un riscontro immediato sul tipo di problema o sulla funzione o parte del prodotto da migliorare ulteriormente. I dati raccolti hanno una ricaduta immediata sulla progettazione e lo sviluppo di nuove funzionalità o caratteristiche. Inoltre, possono essere visualizzati dati di funzionamento e posizione GPS anche da remoto attraverso la dotazione del prodotto di dispositivo di connessione alla rete internet, con annesso servizio di IoT (Internet of Things). Oltre a ciò, dall'analisi delle richieste di interventi in

garanzia (se particolarmente gravi e numerose) forniscono informazioni all'ingegneria per le implementazioni da effettuare in fase di progettazione.

I **Product Leaders** studiano e raccolgono, all'interno di database, i dati sulle prestazioni, dell'esperienza d'utilizzo e più eterogenei, quelli provenienti sia dal lato della domanda, dal lato dell'offerta. Attraverso incontri con i clienti vengono raccolti dati incentrati sull'esperienza di utilizzo e le prestazioni, attraverso i quali viene riconosciuto il valore dato al prodotto e le caratteristiche o funzionalità per le quali i clienti sono disposti a sostenere un costo. Solitamente si parte da architetture prodotto già esistenti e si sviluppano nuove funzioni o miglioramento delle prestazioni precedenti. Per questi motivi vengono presi in considerazione molteplici dati da più funzioni differenti: dati sui volumi di vendita, dati sui ricavi generati dalle vendite e relative marginalità, i costi di produzione, dati storici sulle non conformità dei prodotti, dati di funzionamento generati dal prodotto stesso (a partire dai test di validazione eseguiti su di esso, alle prestazioni misurate dal cliente stesso come riscontro).

I dati dal lato offerta sono stati evidenziati dai **Leaders Supply Chain** che scambiano informazioni reciproche con la **Produzione** (Demand office e linee produttive) oltre che con la **Logistica**. Essi riguardano principalmente i flussi di dati interni alla produzione e quelli generati attraverso il rapporto con i fornitori e la gestione dei magazzini. Attraverso i sistemi ERP e MRP vengono gestite le richieste di approvvigionamento e la pianificazione dei materiali necessari.

I **Leaders Supply Chain** svolgono un ruolo cruciale nell'ottimizzazione dei flussi di materiali grezzi, dei semilavorati e dei costi legati al trasporto. La gestione della domanda di materiali è monitorata in modo da adeguare la produzione e la distribuzione in base alle esigenze e richieste del mercato.

**Tabella 8.** Riconoscimento degli stakeholder e flussi di dati dal caso studio (Elaborazione propria basata sull'indagine qualitativa semi-strutturata).

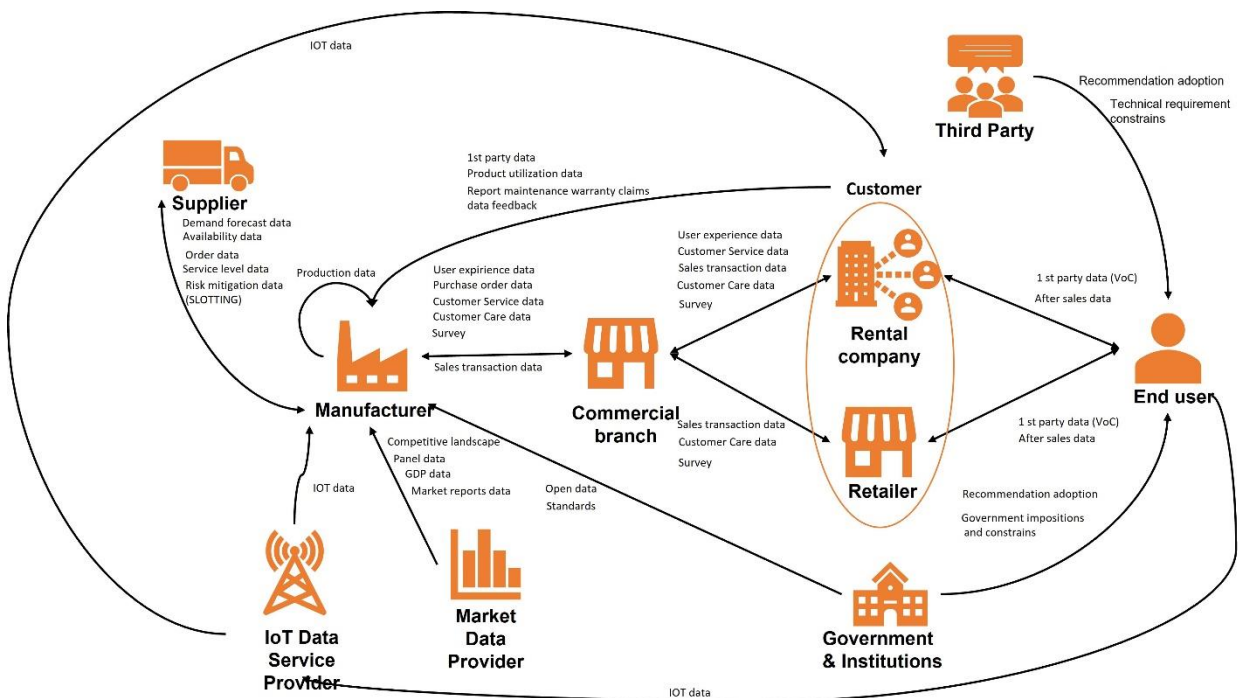
Scenario actors	Stakeholder	Data type	Data flow
Market research leader via Marketing leader & Business manager	Market data provider	Business data, Panel data, Industry reports, GDP data	Industry and market trends, Customer profiles (responsive to innovation and new functionalities), Customs and goods data, Competitive landscape
Marketing leaders	Customer	Customer survey data	Customers profiles, Costumers needs and preferences
Government economics and environment agency via Business manager & Marchet reseach leader	Government & Institution	Open data, Standards	Limit parameters on noise, environmental pollution, light emissions, footprint (dimensional constrains)
Third party data via Business manager and Rental/Retailer	End user	Technical requirements and constrains	Recommendation to adoption
Sales manager	Manufacturer, Retailer, Rental	Sales transaction data, Customer care data, Customer service,	Demand, Availability, Orders
Rental & Retailer via Sales manager	Retailer, Rental , Commercial branch	Purchase ordere data	Recommendation on assortments products, Segmantation of Customers and anticipation trend by segments
Costumer via IoT data provider	IoT data service provider	Geo-located data, product key variables data	Single products location or fleet sites data, generators variables (examples power, voltage current, light status...)
Suppliers via the Product Supply leaders	Suppliers	Logistic contractual data, Availability data,	Demand, Availability, Orders for production optimization
Suppliers via the Product Supply leaders	Manufaturer	Demand Forecast, Level of service data, Order data, Risk mitigation data	Demand, Availability, Orders for production optimization
Customer data via the Customer service leader	Customer	Product utilization data, 1st party data, warrany claims data	Feedback and problem solutions regarding fault messages or alarm or guarantee period maintenace/repair
IoT data via the Customer service leader	IoT data service provider	Product usage data, position detection, 1st party data	Remote alarm diagnosis, Real-time usage feedback, Customized solutions regarding fault messages or alarm, Personalized raccomandations of usage
Customers via Product Leaders	Customers, End users	User experience datas	User experience, functionalities and performance from the users point of view.

Attraverso le risposte è stato possibile ricostruire i flussi di dati rilevanti dalle quali emergono le pratiche attuali adottate dall'azienda, riepilogate in **Tabella 8** dove sono stati riportati i flussi rilevanti per l'adozione e per i processi di progettazione e lo sviluppo di nuove funzioni. I dati sono stati raggruppati e correlati ad una

tipologia di stakeholder per essere rappresentativi di una categoria più ampia di settori. Con questa prospettiva, è possibile estendere per analogia, ad altri prodotti dello stesso settore così ottenendo una lista di stakeholder e flussi di dati generalizzati.

## 2.4 Modello concettuale

A partire dal riepilogo in **Tabella 8**, abbinando le coppie di stakeholder è possibile ricostruire flusso dei dati riportato nel diagramma in **Figura 8**.



**Figura 8.** Il diagramma rappresenta il flusso di dati nel caso studio discusso (Elaborazione propria basata sull'elaborazione dei dati raccolti).

Come si può apprendere dal diagramma ricostruito sulla base delle informazioni emerse relative alle pratiche attuali, le interazioni tra gli attori coinvolti sono molteplici. Il produttore, così come gli altri attori del modello elaborato si trovano a fronteggiare enormi quantità di dati e provenienti da più parti coinvolte.

Di conseguenza i processi di progettazione e i progettisti ne sono coinvolti, sia individualmente che come parti di un gruppo, anche se molte delle pratiche

dell'azienda emerse dalle interviste, non rappresentano quelle consolidate dalla letteratura. Le opportunità e problemi che possono nascere dall'analisi dei dati con l'utilizzo di strumenti e tecniche richiederanno nuove competenze per i progettisti oppure una nuova figura da affiancare durante la fase di progettazione e sviluppo.

Dalla revisione della letteratura discussa nel precedente capitolo, è possibile concentrarsi sulle opportunità, sulle sfide e sui problemi derivanti dall'uso dei dati. Inoltre, è possibile individuare e analizzare i cambiamenti operativi, gestionali e organizzativi nel processo di progettazione e sviluppo riassunti nella **Tabella 9** dove si evidenzia una crescente rilevanza dell'analisi dei dati nella progettazione.

**Tabella 9.** Sfide, opportunità e problemi che emergono dalla letteratura.

SFIDE E OPPORTUNITA'		PROBLEMI					
DATA	DESCRIZIONE	DATA ANALISYS TOOLS	DESCRIZIONE	TECHNICAL	DESCRIZIONE	MANAGERIAL/ ORGANISATIONAL	DESCRIZIONE
CH1	Dati del cliente: velocità di adattamento a bisogni, preferenze, comportamenti	CN1	Vantaggi contestuali e limiti degli strumenti di analisi dei dati alla fase di sviluppo del prodotto	CN3	Elicitazione e soddisfazione simultanee delle esigenze del cliente insieme alla convalida delle corrispondenti prestazioni del prodotto/servizio ad ogni iterazione di sviluppo del prodotto	CN6	Impossibile - ma anche irrilevante - serie completa e affidabile di specifiche del prodotto/servizio
CH2	Dati contestuali: aggiustamenti funzionali pronti o modifiche nel parametro di progettazione	CN2	Già sperimentato la mancanza di implementazione nella progettazione	CN4	Innovazioni derivate, risolti non previsti, caratteristiche inizialmente non concepite e quindi nuove funzioni e comportamenti da progettare	CN7-8	Modularità di progettazione e piattaforme come fattori abilitanti chiave: 1) compromesso tra costi, vincoli di produzione e apertura e flessibilità dell'architettura del prodotto 2) scelte critiche di integrazione verticale
CH3	Dati operativi: adeguamenti funzionali immediati o modifiche dei parametri di progettazione			CN5	Capacità di gestire tale diversità in ampi volumi di dati	CN9	L'affordance digitale ribalta l'approccio tradizionale al design, basato su una mappatura relativamente rigida tra funzioni, comportamenti e struttura
CH4	Dati dal lato dell'offerta: adeguamenti funzionali pronti o modifiche dei parametri di progettazione					CN10	Imprevedibilità dei processi di innovazione, controllo e supporto della creatività e comportamenti serendipity in tali processi che cambiano frequentemente
						CN11	Il sistema di supporto alla progettazione incorpora la conoscenza dei progettisti, il cambiamento delle regole di processo e gli equilibri organizzativi

I dati raccolti rappresentano le pratiche attuali dell'azienda. La **Tabella 10** mostra schematicamente i flussi di dati che rappresentano le pratiche attuali dell'azienda con le opportunità e i problemi emersi dalla precedente revisione della letteratura. Alcune di queste pratiche, con le conseguenti sfide, opportunità e problemi, sono state convalidate. Altre invece richiedono lo svolgimento di nuovi compiti, nuovi approcci dedicati con l'emergere di nuove problematiche. Questi ultimi rappresentano gli elementi di novità per la letteratura e saranno discusse nel capitolo successivo.

**Tabella 10.** Tipologie di flussi di dati e opportunità.

Current case study company's practice				Literature review		Emerging
Data type	Source	Target	Process	Consolidated opportunities	Identified concerns	opportunities
Business data, Panel data, Industry reports, GDP data	Market data provider	Manufacturer	Marketing	Competitive landscape understanding	CH1, CN1, CN5	
Customer survey data	Customer	Market data provider	Marketing	Drivers of product differentiation	CH1, CN1, CN5	
Open data, Standards	Government & Institution	End user, Manufacturer	Design	Drivers of product design		
Technical requirements and constrains	Third Party	End User	Adoption	Drivers of product specification		
Sales transaction data, Customer care data, Customer service,	Retailer, Rental	Commercial branch, Manufacturer	End user Purchasing	Segmentation of consumers and anticipation of trends by segment	CH1, CN1, CN5, CN7, CN8	
Purchase ordere data	Commercial branch	Manufacturer	Customer Purchasing	Personalised offers to be designed	CH1, CN1, CN5, CN7, CN8	
Geo-located data, product key variables data	IoT data service provider	Customer, Manufacturer	Use	Product area distribution		
Logistic contractual data, Availability data	Suppliers	Manufacturer	Supply	Product dimensioning	CH4, CN1, CN2, CN5, CN11	
Demand Forecast, Level of service data, Order data, Risk mitigation data	Manufacturer	Suppliers	Production	Industrialization, production process dimensioning, anticipation of production failures,	CH4, CN1, CN2, CN5, CN11	
Product utilization data, 1st party data, warranty claims data, User experience datas	End user, Customers	Customer, Manufacturer	Use	Continuous elicitation of user needs and habits, Improvemets of customer experience	CH1-3, CN1, CN2, CN3, CN4, CN5, CN9, CN10, CN11	Design of personalized recommendations and real-time feedbacks to change use behaviours and Alternative uses afforded by the product can guide manufacturers towards the introduction of new features and functionalities
Product usage data, position detection, 1st party data	IoT data service provider	Customer, Manufacturer	Use	Identification of consumer profile and creation of new services	CH1-3, CN1, CN2, CN3, CN4, CN5, CN9, CN10, CN11	New services creation for End Users and Customer (Remote diagnosis, maintenance services...)

## 2.5 Validazione del modello

Dall'analisi del modello concettuale elaborato per il caso studio aziendale, emerge una parziale conferma di quanto discusso nella letteratura, in quanto

alcune delle pratiche dichiarate non rappresentano pratiche consolidate nella letteratura e nell'eventualità possono essere riferite a contributi molto recenti. Queste pratiche possono essere rappresentate dalla necessità di:

- 1 Progettare in base alle raccomandazioni personalizzate in risposta da parte dei clienti, in tempo reale per modificare comportamenti sull'utilizzo dei prodotti;
- 2 Riconoscere utilizzi alternativi offerti dal prodotto per avere la possibilità di guidare i produttori verso l'introduzione di nuove caratteristiche e funzionalità;
- 3 Creare nuovi servizi per gli utilizzatori finali e altri clienti (diagnosi da remoto, servizi di manutenzione programmata in base all'effettivo utilizzo).

L'utilizzo dei dati che provengono dai clienti, per personalizzare i prodotti in fase di progettazione rappresenta sfide legate alla raccolta, analisi e interpretazione dei dati in tempo reale. Infatti, il caso rappresentato non possiede risorse dedicate a tale attività e i dati attualmente sfruttati non sono in tempo reale e sono raccolti in database popolati manualmente.

Il riconoscimento di utilizzi alternativi offerti dai prodotti può anch'esso essere rilevato attraverso l'analisi dei dati. Le sfide attuali si concentrano sulla comprensione di come i produttori possono riconoscere tali utilizzi e sfruttarli come spunto per l'introduzione di nuove caratteristiche e funzionalità.

La creazione di nuovi servizi legati all'utilizzo del prodotto per gli utenti e clienti, genera una moltitudine di sfide legate da un lato, all'integrazione dei componenti hardware e software, allineando i protocolli di comunicazione tra i componenti stessi e dall'altro fronte l'adozione di un'unica interfaccia IoT per l'interpretazione dei dati da remoto.

Tutte queste necessità mostrano dei limiti e delle sfide nella progettazione guidata dai dati. La ricerca scientifica e applicata in questo ambito contribuirà a superare le sfide attuali e a condurre l'innovazione e la progettazione guidata dai dati.

### 2.5.1 Confronto con la letteratura

Il confronto del modello concettuale elaborato con la letteratura fornisce ulteriori argomenti da affrontare in tale ambito. Nonostante le pratiche attuali siano incentrate sulla raccolta dei dati del cliente e basate su approfondite ricerche di mercato, con l'obiettivo di ottenere la personalizzazione del prodotto, dell'esperienza d'uso del cliente e dell'utilizzatore finale, l'adeguamento delle pratiche operative e gestionali volte all'utilizzo sistematico dei dati, deve ancora essere completato. Questo potrebbe essere causato dall'arrivo simultaneo di molte informazioni e richieste da parte del mercato che modificano il tradizionale approccio tra esplorazione (exploration) e sfruttamento (exploitation) delle tecnologie, che precedentemente richiedevano pratiche differenti.

Quando l'esplorazione e lo sfruttamento delle nuove tecnologie sono condizionati l'uno dall'altro a causa dell'interazione simultanea con i dati, occorre definire nuovi compiti e nuove pratiche.

Gli approcci di *progettazione per la personalizzazione di massa* consentono all'utente di personalizzare un prodotto in base alle proprie preferenze oltre alla varietà di configurazioni iniziali offerte dal produttore. La personalizzazione può riguardare l'adeguamento delle funzionalità e dell'ergonomia del prodotto, oltre alle prestazioni in genere. Inoltre, può consentire agli utenti di selezionare le caratteristiche e le prestazioni desiderate, scegliendo tra diverse opzioni di potenza, capacità e modalità di utilizzo.



Questo permette di creare un prodotto che si adatta meglio alle esigenze individuali dell'utente, soddisfacendo le specifiche preferenze. Tuttavia, è importante soffermarsi anche sulle sfide legate alla personalizzazione di massa, dettate dalla complessità di gestire le configurazioni personalizzate, la produzione su larga scala e la necessità di mantenere un equilibrio tra personalizzazione e costi. Per avere successo in questo senso sono fondamentali la progettazione di processi e sistemi adeguati a gestire efficacemente la personalizzazione dei prodotti.

Ad oggi, la personalizzazione avviene in parte su esplicita richiesta dei clienti e in parte proponendo tecnologie innovative verso la parte di mercato che le recepisce in anticipo rispetto ad altri.

I dati non sono trattati attraverso algoritmi di intelligenza artificiale come il machine learning, ma sono raccolti, analizzati e filtrati per quantità e tipologia analoghe di richiesta, attraverso metodi di ottimizzazione. Per esempio, la progettazione e la realizzazione avvengono se la quantità di clienti o la domanda di prodotti che richiedono una certa caratteristica, funzionalità o personalizzazione, garantisce il ritorno dell'investimento.

### 2.5.2 Azioni e miglioramenti intrapresi

L'azienda nel caso studio ha già intrapreso un progetto di digitalizzazione dei prodotti. In primo luogo, la richiesta è arrivata dai clienti per avere alcuni dati di utilizzo e geolocalizzazione da parte dell'utilizzatore finale. In secondo luogo, anche il produttore ha realizzato che, gli stessi dati potrebbero essere utili per monitorare l'utilizzo del prodotto, ma anche per pianificare interventi di manutenzione e ampliare la strategia di business orientandola alla fornitura di servizi. Infatti, un ulteriore spunto è arrivato dall'elaborazione delle interviste e dalla modellizzazione dei flussi di dati dove è evidente come il produttore sia

guidato in gran parte dalle informazioni provenienti dal cliente e non dall'utilizzatore finale. Da questa affermazione è possibile dedurre che le principali caratteristiche e funzionalità sono dettate dal cliente che a sua volta "filtra" e ridimensiona alle sue preferenze, a partire dall'utilizzatore finale nel contesto B2B. I dati derivanti da alcuni prodotti collegati al servizio IoT non sono attualmente gestiti e sfruttati dal produttore.

Questa implementazione, oltre all'offerta di nuovi servizi per il mercato, aggiunge alcune novità interni alla struttura aziendale dal punto di vista delle competenze dei progettisti, dell'organizzazione e della gestione. Innanzitutto, la compatibilità dei protocolli di comunicazione e raccolta dati tra prodotto e piattaforma proprietaria IoT è ancora in atto e sarà cruciale la tempistica di introduzione sui prodotti. Infatti, la piattaforma IoT attuale è fornita e gestita da terze parti, l'ottica del progetto è quella di avere una propria piattaforma basata su cloud computing.

Dopo l'avvio del servizio, la quantità di dati dovrà essere tradotta in requisiti per i progettisti, questo comporterà competenze di analisi di dati o all'introduzione di nuove risorse aventi competenze in analisi dei dati.

### 3. Implicazioni derivanti dalla tesi condotta

A partire dal modello concettuale elaborato, sono emerse le pratiche che precedentemente non erano mai state esplicitate ma risultavano tacite e incorporate all'interno dei processi. Questo perché solo negli ultimi anni l'azienda ha iniziato a concentrarsi sulla possibilità di indagare sui dati e sul loro valore in termini di ampliamento del business.

In via definitiva, il produttore ha avuto la conferma che i dati di riscontro sulla progettazione, sono acquisiti direttamente solo attraverso i servizi di

manutenzione o garanzia e che possono risultare utili alla progettazione del prodotto, in gran parte delle volte, quando il servizio di manutenzione è chiamato sul campo o vengono segnalate non conformità e malfunzionamenti. Attualmente, risulta ancora una pratica consolidata e l'unica efficace per apportare modifiche, introdurre nuove funzioni o utili alla progettazione di un nuovo prodotto.

La progressiva digitalizzazione dei prodotti, per i prossimi anni a venire, ha come obiettivo l'offrire servizi di monitoraggio, manutenzione pianificata e predittiva dei prodotti, prima che il disservizio possa causare fermi macchina importanti al cliente o all'utilizzatore finale. Contemporaneamente, dal momento in cui la popolazione di dati raccolti sarà sufficiente, l'azienda dovrà dotarsi delle competenze e delle risorse che siano in grado analizzare ed estrarre nuove caratteristiche o funzioni direttamente dai dati. Per tale scopo sarà necessario, da parte dell'azienda, acquisire le competenze e gli strumenti necessari per l'analisi dei dati attraverso i quali guidare la progettazione e innovazione sui prodotti.

Dai dati raccolti, emerge che i Product Leaders sono tra gli attori più coinvolti dalla raccolta gestione e dall'analisi dei dati, provenienti da varie fonti.

Infatti, attraverso l'analisi dei dati potranno essere rese esplicite le nuove caratteristiche, le funzioni e i requisiti per i futuri prodotti da progettare. Insieme ai progettisti verificano e integrano al meglio le preferenze del mercato, insieme ai vincoli tecnici progettuali (spesso definiti dagli standard alle norme tecniche internazionali).

## Conclusioni

La trasformazione che stanno affrontando i produttori nel contesto B2B per sfruttare al meglio la digitalizzazione, la progettazione e l'innovazione basata sui dati rappresenta una sfida significativa. Mentre la disponibilità crescente di dati offre nuove opportunità di creazione del valore, l'adozione di processi di innovazione e lo sviluppo di prodotti basati sui dati richiede un cambiamento radicale nelle pratiche attuali.

Il caso studio affrontato come riferimento fornisce una panoramica concreta delle questioni sollevate dalla letteratura affrontata nel capitolo iniziale. Questo scenario reale evidenzia la necessità di avere riferimenti consolidati che possano guidare la transizione verso l'innovazione e la progettazione Data-Driven.

Attualmente, i processi di innovazione, progettazione e sviluppo prodotto non sono completamente pronti per cogliere le opportunità e affrontare le sfide presentate dalla digitalizzazione e dall'utilizzo dei dati.

Questa lacuna può limitare la capacità delle aziende di sfruttare il potenziale dei dati e questo può portare ad una mancanza di orientamento nelle pratiche operative e gestionali rendendo difficile la transizione verso l'adozione di processi di innovazione Data-Driven. È necessario affrontare tale lacuna attraverso la ricerca e la collaborazione tra accademici, professionisti e organismi normativi per sviluppare le linee guida e le best practice su tale argomento. Inoltre, la digitalizzazione e l'utilizzo dei dati pongono nuovi problemi che devono essere affrontati e risolti.

Ad esempio, la gestione e l'interdipendenza di grandi volumi di dati generati, la sicurezza, la privacy, la definizione di modelli di business e di processi operativi adeguati. Questi problemi richiedono una collaborazione intensa tra le diverse

funzioni aziendali come IT, ricerca e sviluppo, marketing e nella gestione della supply chain. Un contributo aggiuntivo arriva anche dagli studi accademici e dalle esperienze aziendali, come in questo elaborato, possono fornire un valido punto di partenza per lo sviluppo di modelli concettuali e pratiche consolidate.

Il lavoro di tesi offre una panoramica strutturata dell'utilizzo dei dati nello sviluppo prodotto, basandosi sulla letteratura attuale, sui dati dei clienti e utenti finali, dati contestuali, dati di utilizzo dati operativi, nonché dei dati lato offerta. Tutti questi dati potrebbero svolgere un ruolo nella progettazione di prodotti intelligenti e nell'offerta di nuovi servizi digitali e rendere espliciti alcuni cambiamenti operativi necessari per guidare tale trasformazione. Il modello concettuale realizzato a partire dalle informazioni e dai dati ricavati attraverso la somministrazione delle interviste ha reso possibile il riconoscimento delle parti interessate e l'identificazione dei flussi di dati che effettivamente potrebbero portare a nuove opportunità di business basate sui dati.

Allo stesso tempo è stato possibile identificare gli elementi di valore e opportunità ma, anche dei problemi che portano alla necessità di affrontare nuove conseguenze operative e organizzative riguardo alla progettazione e all'organizzazione aziendale. A fronte dell'emergere delle attuali pratiche, si è appreso che non esistono processi di riferimento per affrontare al meglio queste conseguenze, così come la letteratura non offre adeguate soluzioni. In tutto questo è risultato chiaro che i progettisti e i team siano ampiamente coinvolti da questa transizione.

Solo attraverso una comprensione completa dei problemi e delle opportunità offerte dalla digitalizzazione e dall'utilizzo dei dati, le aziende potranno adattarsi e trasformarsi per rimanere competitive sul mercato in continua evoluzione.

## Bibliografia

Cantamessa M., Montagna F., *“Management of innovation and production development – Integrating business and technological perspectives”*, London, Springer-Verlag, 2016.

Cantamessa M., Montagna F., Altavilla S. Casagrande-Seretti A., *“Data driven design: the new challenges of digitalization on product design and development”*, in Design Science, Cambridge university press, 2020. <https://doi.org/10.1017/dsj.2020.25>

Montagna F., Cascini G., De Mauro A., Kerling N., *“Data-enriched products and data-enabled services: the role of Engineering Design in data-driven innovation processes”*, *Technovation*, working paper.

Autorità per le Garanzie nelle Comunicazioni (AGCOM), Autorità Garante della Concorrenza e del Mercato (AGCM), Garante per la Protezione dei Dati Personali (GPDP) *“Indagine conoscitiva sui big data”*, febbraio 2020.

Pessoa M., *“Smart design engineering: leveraging products design and development to exploit the benefits from the 4<sup>th</sup> industrial revolution”*, in Design Science, Cambridge university press, 2020. <https://doi.org/10.1017/dsj.2020.24>

Corbetta P., *Metodologia e tecniche della ricerca sociale*, Il Mulino, Bologna, 1999

Ozdemir, M., Verlinden, J., Cascini, G. (2022), "Design Methodology for Mass Personalisation enabled by Digital Manufacturing", *Design Science Journal*, in press. <https://doi.org/10.1017/dsj.2022.3>