



Università
Ca' Foscari
Venezia

Corso di Laurea
magistrale
in Economia e
Gestione delle
Aziende

Tesi di Laurea

Opportunità e criticità derivanti
dall'applicazione delle tecnologie blockchain
nella gestione della supply chain,
con particolare riferimento al settore
agroalimentare e all'esperienza di Devoleum

Relatore

Ch. Prof. Marco Tolotti

Laureando

Matteo Gulmini

Matricola 867797

Anno Accademico

2018 / 2019

Indice

Introduzione.....	5
Capitolo 1. Supply Chain: punti di debolezza e necessità di miglioramento nel contesto attuale.....	9
1.1 <i>L'evoluzione del concetto di logistica.....</i>	9
1.1.1 Definizione di logistica.....	9
1.1.2 Il cambiamento di paradigma nel mercato occidentale.....	10
1.1.3 La logistica: da semplice attività di supporto a variabile chiave nel Supply Chain Management.....	12
1.2 <i>La supply chain e la gestione delle operations.....</i>	14
1.2.1 Le operations e l'Operations Management.....	14
1.2.2 La supply chain come ampliamento del concetto di logistica integrata.....	15
1.2.3 Supply chain: definizione, caratteristiche e struttura.....	16
1.3 <i>Il Supply Chain Management.....</i>	18
1.3.1 I principi di gestione per l'applicazione del SCM.....	19
1.3.2 Le condizioni favorevoli e i fattori frenanti del SCM.....	20
1.3.3 La gestione delle dinamiche della supply chain.....	21
1.3.4 La gestione del lato domanda.....	23
1.3.5 La gestione del lato fornitura.....	25
1.3.6 La gestione delle relazioni nel SCM.....	28
1.3.7 I risultati raggiungibili attraverso il SCM.....	31
1.4 <i>Supply chain e distretto industriale: affinità e differenze nei due modelli.....</i>	32
1.4.1 Definizione e sviluppo del distretto industriale.....	32
1.4.2 Caratteristiche e peculiarità del distretto industriale, con particolare riferimento al distretto industriale italiano.....	34
1.4.3 Affinità e differenze fra il distretto industriale e la supply chain.....	37
1.5 <i>Scenario e punti di debolezza delle attuali supply chain.....</i>	39
1.5.1 Le sfide in termini di integrazione strategica.....	40
1.5.2 Le opportunità fornite dalle nuove tecnologie: IT e blockchain.....	42
Capitolo 2. La tecnologia blockchain: sviluppo, caratteristiche e funzionamento. 45	45
2.1 <i>Sviluppo della blockchain.....</i>	45
2.1.1 Il problema di trust nelle relazioni economiche.....	45
2.1.2 I sistemi centralizzati.....	47
2.1.3 I sistemi distribuiti e l'architettura P2P.....	48
2.1.4 Introduzione e nascita della blockchain.....	50
2.1.5 La Blockchain e il dilemma dei generali bizantini.....	51
2.2 <i>Gli aspetti tecnologici e le caratteristiche della Blockchain.....</i>	52
2.2.1 Le componenti della Blockchain: un piccolo glossario.....	53
2.2.2 Dentro la Blockchain: il funzionamento del sistema.....	56
2.2.3 Le caratteristiche della Blockchain.....	61
2.2.4 Le fork e il miglioramento della Blockchain.....	62

2.3 <i>Le tipologie di blockchain</i>	64
2.3.1 <i>Le blockchain permissionless ledger</i>	65
2.3.2 <i>Le blockchain permissioned ledger</i>	66
2.3.3 <i>Esempi di blockchain</i>	68
2.4 <i>L'utilità pratica e i settori di applicazione della blockchain</i>	72
2.4.1 <i>Quando è utile una blockchain?</i>	72
2.4.2 <i>In quali settori può trovare applicazione la blockchain?</i>	74
Capitolo 3. Applicazione e implementazione della blockchain nella gestione della supply chain	85
3.1 <i>Dal sistema informativo contabile al sistema informativo gestionale</i>	85
3.1.1 <i>La nascita dei sistemi informativi gestionali: il sistema MRP</i>	87
3.1.2 <i>I sistemi MRP II</i>	88
3.1.3 <i>I sistemi ERP</i>	90
3.2 <i>La tecnologia blockchain nella gestione della supply chain</i>	95
3.2.1 <i>L'implementazione della blockchain in supply chain</i>	97
3.2.2 <i>Data entry e data access</i>	102
3.2.3 <i>La combinazione con l'Internet of Things</i>	104
3.3 <i>Aspetti critici dell'implementazione della tecnologia blockchain in supply chain</i>	106
3.4 <i>Opportunità e perplessità derivanti dall'implementazione della blockchain in supply chain</i>	113
Capitolo 4. Le applicazioni blockchain nel settore dell'agrifood	119
4.1 <i>Il tracking e il tracing dei prodotti</i>	121
4.1.1 <i>Il tracking</i>	122
4.1.2 <i>Il tracing</i>	125
4.2 <i>Case study: Provenance</i>	127
4.2.1 <i>"From shore to plate: tracking tuna on the blockchain"</i>	129
4.2.2 <i>Sfide per il futuro e conclusioni</i>	137
4.3 <i>Case study: Devoleum</i>	139
4.3.1 <i>L'olio extravergine di oliva: caratteristiche e filiera</i>	140
4.3.2 <i>La tecnologia innovativa di Devoleum</i>	143
4.3.3 <i>Il funzionamento di Devoleum</i>	148
4.3.4 <i>Difficoltà e criticità riscontrate da Devoleum</i>	152
4.3.5 <i>Considerazioni finali su Devoleum</i>	154
Conclusioni	159
Bibliografia	163
Sitografia	167

Introduzione

Le dinamiche geopolitiche e macroeconomiche, unitamente all'evoluzione tecnologica e alle conseguenti miglorie nelle tecniche di produzione, hanno causato significativi mutamenti nella struttura delle supply chain di fornitura; in particolar modo, dall'inizio del nuovo millennio esse hanno assunto caratteri di globalità, profondità e capillarità che non erano presenti fino agli ultimi decenni del Novecento, determinando così una necessità di revisione dei tradizionali approcci alla gestione.

I cambiamenti cui si fa riferimento sono da ricercarsi in primis nell'internazionalizzazione delle filiere, resa possibile grazie all'eliminazione delle barriere e figlia diretta della globalizzazione che ha interessato e sta interessando il mondo; inoltre, è aumentata la profondità e il livello di dettaglio delle supply chain rispetto al passato, in virtù delle politiche di outsourcing e delocalizzazione delle imprese e del crescente numero di concorrenti dovuti sia alla liberalizzazione dei mercati, sia alla presenza ragguardevole se paragonata con il passato di beni diretti sostituti e concorrenti, i quali sono reperibili in più mercati anche attraverso i neonati canali distributivi online. Tali fattori hanno portato a una trasformazione nel modo di operare all'interno dell'impresa e al di fuori di essa, dovendo ora il management preoccuparsi di più entità aderenti al sistema aziendale; sistema che diventa comunicante continuamente con l'esterno, al fine di coadiuvare e in certi casi anche coordinare l'operato di quella moltitudine di fornitori, clienti e terze parti che svolgono un ruolo tangibile per l'impresa.

All'aumentare della complessità del sistema azienda, si associa anche la necessità di tenere traccia del flusso fisico e informativo della logistica: infatti, supply chain più profonde e ampie causano una dispersione maggiore delle informazioni e un bisogno crescente di tracciare adeguatamente i prodotti lungo le filiere, sia al fine di ottimizzare i costi di ritorno e il recepimento delle informazioni dai diversi stakeholder lungo il processo, sia per evitare situazioni in cui il prodotto venga contraffatto, sottoposto a frodi o perda le sue caratteristiche per una mancata ottemperanza degli obblighi contrattuali delle parti.

Le imprese non hanno saputo reagire prontamente agli stimoli provenienti dal macroambiente, trovandosi in una situazione di inadeguatezza strutturale nel predisporre un sistema di controllo efficiente ed efficace; a tal proposito, i sistemi di auditing interni nonché i gestionali adottati storicamente in azienda sono apparsi obsoleti, di difficile collegamento con sistemi di altre imprese e incapaci di predisporre un sistema di tracking adeguato. Successivamente, l'adozione di sistemi gestionali integrati a livello aziendale come gli ERP e gli ERP II ha consentito alle imprese di acquisire sì conoscenza relativamente al flusso interno dei prodotti, ma non di monitorare la situazione di essi all'esterno, lasciando aperta una finestra importante sull'efficienza sia nella predisposizione del tracking e del tracing di questi ultimi sia nell'integrazione di filiera, elemento indispensabile per ottenere supply chain trasparenti, sicure e flessibili.

Se si considera inoltre che il controllo degli obblighi di legge in materia contrattuale e del corretto svolgimento delle transazioni è deputato a organi centralizzati, siano essi enti

certificatori o istituti bancari, si può comprendere come l'auditing di filiera abbia una componente di debolezza insita nella centralizzazione stessa del sistema. Infatti, i sistemi centralizzati provocano effetti distorsivi nella circolazione trasparente dei dati a livello di supply chain, oltre a essere facilmente bersaglio di attacchi mirati e fonte di corruzione: elementi che non permettono alle supply chain e alla disciplina che studia la loro gestione, il Supply Chain Management, di evolversi verso una direzione più virtuosa e in linea con le esigenze scaturenti dai nuovi paradigmi di mercato.

All'interno di questo panorama si vuole andare a esaminare le opportunità fornite alla gestione delle supply chain dalle tecnologie blockchain, definibili come quei sistemi composti da registri distribuiti nei quali tutti i partecipanti hanno la possibilità di condividere informazioni e pubblicare dati visibili agli altri attori del network.

Le blockchain, facenti parte delle Distributed Ledger Technologies, sono uno strumento moderno, venuto alla luce nell'ultima decade a seguito della pubblicazione del whitepaper di Bitcoin da parte di Satoshi Nakamoto nel 2008; successivamente a tale pubblicazione, che ha determinato la nascita della Blockchain, sono sorte numerose altre soluzioni con applicazioni in diversi campi. Nel corso del lavoro verranno presentate diverse tipologie di blockchain, soffermandosi in particolar modo su quelle soluzioni che possono essere implementate con riferimento alla filiera produttiva, al fine di risolvere le criticità esposte in sede di analisi delle supply chain.

In primo luogo, le blockchain permettono di rendere pubblici e immutabili i dati inseriti al loro interno, andando a costruire uno storico delle transazioni riguardanti uno specifico item consultabile a tutti gli attori; ciò è di fondamentale rilievo se si analizzano le difficoltà di tracciare un prodotto o uno specifico documento nelle diverse fasi della filiera, attraverso le quali le informazioni fra le varie imprese sono frammentate, scarse e non accessibili all'intero insieme delle imprese interessate. Questo comporta una notevole mancanza di trasparenza nelle supply chain che determina inefficienze relative alla reperibilità dei dati per le imprese, la quale causa una difficile e onerosa ricostruzione della storia di un bene; inoltre, tale aspetto può contribuire alla creazione di frodi e contraffazioni di prodotti e certificazioni, specie in determinati settori cardine dell'economia, come l'agroalimentare.

Le informazioni presenti su blockchain sono invece rese sicure grazie all'uso della crittografia e alla natura distribuita stessa del sistema; a differenza dei sistemi centralizzati, i quali sono più esposti ad attacchi informatici di hacker o di terze parti intenzionate ad impossessarsi di informazioni sensibili, i sistemi distribuiti, non essendo dotati di una fonte centrale, corrono un rischio notevolmente inferiore di essere bersaglio di distorsioni che implicherebbero il non funzionamento dell'intero sistema, rendendo le blockchain più sicure sotto tale aspetto.

Altra importante caratteristica delle blockchain risiede nell'eliminazione degli intermediari e dei relativi costi di transazione da sopportare, per le parti, ogniquale volta si debba porre in essere una transazione; su blockchain le transazioni sono verificate da determinati nodi con funzioni e competenze crittografiche, siano essi i miner in determinate soluzioni pubbliche o i nodi mastri in altre soluzioni private.

Per queste ragioni, spiegate più nel dettaglio all'interno del lavoro, le blockchain possono essere una via percorribile se si vogliono migliorare i difetti presenti nella circolazione di informazioni, dati e item all'interno di una supply chain. Muovendosi nel panorama delle soluzioni distribuite si possono infatti mitigare problemi inerenti: l'asimmetria informativa, la mancata condivisione di dati a livello di filiera che può impedire la predisposizione di analisi di mercato e modelli predittivi adeguati, la tracciabilità e la rintracciabilità dei prodotti e la non integrazione delle informazioni spesso presenti solamente all'interno di sistemi gestionali diversi per ogni singola azienda.

Accanto alle opportunità fornite dalla blockchain sono però da ricercarsi alcune difficoltà inerenti la sua applicazione; se da un lato la trasparenza e l'immutabilità delle transazioni costituiscono un notevole vantaggio collettivo, dall'altro ciò mal si concilia con il rispetto della privacy delle imprese, le quali potrebbero essere non disposte a rendere visibili a tutti documenti e dati sensibili inerenti la propria attività. Inoltre, sussiste il problema della scalabilità: se si considera che le blockchain pubbliche accumulano dati e transazioni in maniera indelebile e che tale flusso è in continua crescita, si arriverà presto a un punto in cui tali registri saranno saturi. Collegato a ciò è da considerare l'aspetto economico: l'implementazione di un sistema blockchain che si ponga a un livello superiore rispetto ai sistemi ERP interni delle singole aziende e che sia in grado di connetterli può essere molto costoso e pertanto non accessibile a tutti e, anche qualora i costi di adozione siano sopportabili, il caricamento di documenti all'interno del sistema al fine di renderli sicuri e immutabili permane tuttora oneroso.

Posto che alle soluzioni pubbliche le imprese sembrano preferire quelle private, che conciliano meglio la riservatezza dell'informazione essendo aperte solamente a determinati attori, sussistono ancora numerosi interrogativi sia in merito alla risoluzione delle problematiche esposte in sede di adozione, sia sul contributo effettivo delle blockchain.

Nell'ultima parte del lavoro, anche attraverso l'analisi di due casi studio, si porrà l'accento sull'implementazione della blockchain nel settore dell'agrifood, andando a evidenziare sia le migliorie apportate concretamente dalle relative soluzioni blockchain delle startup proposte, sia sulle difficoltà materiali incontrate. Con riferimento in particolar modo al progetto di Devoleum, enunciato nel secondo dei due case-study, si esporrà una soluzione italiana per la tracciabilità e la sicurezza dei dati all'interno della filiera dell'olio extravergine di oliva, andando ad analizzare come alcuni limiti delle blockchain possano essere risolti integrando la suddetta tecnologia con l'Intelligenza Artificiale e l'Internet of Things. Al netto di ciò, si esporranno anche le problematiche incontrate durante la realizzazione del progetto e le considerazioni su cosa la blockchain possa e non possa apportare in termini di tracciabilità, sicurezza, condivisione di informazioni ed economicità; un particolare accento verrà posto anche su come la blockchain riesca, o meno, a evitare frodi e contraffazioni nelle varie fasi di lavorazione del prodotto attraverso la supply chain e in che maniera essa possa essere un elemento di supporto nella protezione del comparto agroalimentare e del Made in Italy.

Capitolo 1. Supply Chain: punti di debolezza e necessità di miglioramento nel contesto attuale

1.1 L'evoluzione del concetto di logistica

1.1.1 Definizione di logistica

Il concetto di logistica risale all'antichità, nella quale aveva un'accezione più inerente all'algebra che all'economia e precisamente deriva dal termine greco *logistiké*, ovvero "l'arte del computare"¹. I Pitagorici della Scuola di Crotona furono i primi a distinguere fra aritmetica e logistica: essi definirono la prima come la scienza astratta che studia i numeri, in particolare quelli interi, mentre indicarono la logistica come la parte pratica del calcolo dei numeri, con particolare riferimento ai calcoli eseguiti dai mercanti nelle loro attività lavorative. La logistica era pertanto una branca della matematica, seppur già indirizzata in qualche modo all'economia e alla gestione degli aspetti monetari mercantili.

La logistica divenne in seguito una disciplina militare, in particolar modo nella Seconda Guerra Mondiale quando si dovettero affrontare, avvalendosi anche delle applicazioni della Teoria dei sistemi, complesse sfide in termini di gestione di soldati, risorse e mezzi su ampi fronti. Da ciò emerse il concetto di logistica militare, come disciplina volta all'organizzazione e al coordinamento di truppe, mezzi e materiali all'interno di un territorio nemico.

Le competenze sviluppate in ambito militare vennero poi trasposte nelle imprese industriali nelle quali, così come negli eserciti, è fondamentale organizzare al meglio le risorse a propria disposizione e ottimizzare il trade-off fra efficienza ed efficacia e integrare gli sforzi di più funzioni per il raggiungimento di un obiettivo comune.

Pertanto due elementi che contraddistinguono da sempre il termine "logistica" sono i concetti di efficacia e di efficienza: con il primo si intende la capacità di raggiungere un obiettivo (in tal caso la soddisfazione del cliente finale grazie alla consegna tempestiva e affidabile di un prodotto), mentre con il secondo si fa riferimento all'utilizzo di minori risorse possibili per il raggiungimento dell'obiettivo (minimizzazione dei costi). Appurato ciò, è rilevante considerare che il concetto di logistica è di difficile definizione univoca, in quanto si è evoluto spesso negli anni di pari passo con i cambiamenti di visione che le imprese hanno adottato nei suoi confronti.

Una definizione che può essere considerata universale e accettata in dottrina è quella fornita dal Council of Logistics Management:

¹ Enciclopedia Treccani, il portale del sapere.

“La logistica è quel processo volto a pianificare, implementare e controllare l’efficiente e l’efficace flusso di materie prime, semilavorati e prodotti finiti e delle relative informazioni dal punto di origine al punto di consumo con lo scopo di soddisfare le esigenze dei clienti.”

Questa definizione permette di capire che la finalità della logistica è quella di consegnare il giusto prodotto, al costo giusto, al cliente giusto, nel luogo giusto e nel momento giusto: queste condizioni creano valore sia per il cliente che per l’azienda la quale, se riesce ad assicurare tali fattori, oltre a ottenere vantaggi tangibili in termini monetari si propone anche come impresa affidabile con la quale intraprendere una relazione di fiducia.

Spesso si crede che la logistica, per un’azienda, abbia inizio con l’acquisto delle materie prime o delle merci dal fornitore e si concluda con la consegna del prodotto finale al cliente: non è proprio così, o meglio, non solo. Questo appena descritto è il flusso fisico diretto della logistica che, come dice la locuzione stessa, pone il proprio focus sulla gestione degli acquisti e del magazzino prima e sulla consegna del prodotto poi. Tutte quelle operazioni aziendali che riguardano invece l’assistenza post-vendita o la logistica di ritorno sono riconducibili al flusso fisico inverso.

Accanto al flusso fisico si innesta il flusso informativo, volto a raccogliere informazioni dai diversi livelli aziendali al fine di eseguire ordini, svolgere previsioni di vendita e mettere così in pratica il piano della logistica.

Scendendo più nel dettaglio, si può scomporre il processo logistico in tre fasi:

- 1) **Approvvigionamento:** è la fase che dai fornitori conduce il flusso di materie prime, merci e/o semilavorati all’interno dell’impresa. L’obiettivo risiede sia nell’instaurare rapporti duraturi e fiduciosi con i fornitori al fine di non sostenere ritardi negli approvvigionamenti e di non ricevere merce non conforme, sia nel minimizzare i costi di acquisto rispettando al contempo i tempi richiesti dalla produzione e dal cliente finale.
- 2) **Supporto alla produzione:** riguarda il trasporto e la messa a disposizione dei materiali ai reparti produttivi preposti all’interno dell’azienda, sempre in termini di puntualità.
- 3) **Distribuzione fisica:** concerne la messa sul mercato dei prodotti finiti, in quantità e condizioni consone a quanto richiesto dai venditori.

Come si può intuire, la logistica non è quindi un’attività distaccata e operante in autonomia dentro l’impresa, ma necessita collaborazione fra le altre funzioni aziendali e gestione interorganizzativa per poter generare vantaggio competitivo all’impresa e perseguire gli obiettivi di efficienza e di efficacia richiesti.

1.1.2 Il cambiamento di paradigma nel mercato occidentale

Il contesto competitivo attuale, nel quale si trovano ad operare le imprese, è profondamente mutato rispetto a pochi decenni fa e presenta un grado di complessità e di incertezza elevato.

Ciò è dovuto a diversi fattori, riconducibili a due macrovariabili: la variabile esogena e la variabile endogena.

La variabile esogena fa riferimento alle trasformazioni socio-politiche internazionali, con un chiaro riscontro sul piano economico; con la globalizzazione e l'abbattimento delle barriere ai mercati, paesi che prima non erano competitivi dal punto di vista industriale hanno avuto accesso a tecnologie e know-how che hanno consentito loro una rapida e vistosa crescita, divenendo ben presto competitors delle imprese occidentali.

D'altro canto, nel mercato occidentale hanno fatto il loro ingresso manodopera e prodotti a basso costo oltre a grandi quantità di capacità produttive, elementi che hanno modificato gli equilibri del mercato, ora più dinamico, flessibile e riproducibile di un tempo.

Sempre con riferimento alla variabile esogena, è evidente come la globalizzazione abbia causato un allargamento degli orizzonti e del mercato nel quale le imprese operano. Grazie all'abbattimento delle barriere commerciali, all'adozione di nuove tecnologie comunicative e alla maggior efficienza nei trasporti, l'ambiente di riferimento per le imprese non è più solo quello locale, regionale o nazionale, bensì comprende luoghi e realtà distanti che prima non erano inglobabili all'interno di una relazione commerciale e che ora rappresentano una nuova opportunità di mercato.

La variabile endogena si riferisce invece all'evoluzione delle logiche di consumo sia da parte dei clienti, molto più attenti a ciò che acquistano e consapevoli del loro potere cognitivo, sia da parte delle imprese, le quali hanno risposto a tale fenomeno personalizzando la domanda e muovendosi in una visione *customed-based*.

Inoltre, la riduzione del *time to market* ha comportato, assieme all'innovazione tecnologica, un aumento della velocità dell'offerta e della qualità che la stessa deve avere. Non da meno, la diminuzione del ciclo di vita del prodotto ha determinato una difficoltà nel riconfigurare processi e impianti nel breve termine, oltre che maggior criticità nello stabilire una strategia aziendale di lungo termine non soggetta a variazioni in corso d'opera; sempre più determinante diventa la capacità dell'impresa di carpire gli stimoli esterni al fine di ridurre l'incertezza e non lasciarsi scappare quelle finestre commerciali che diventano fondamentali da cogliere per ottenere un vantaggio significativo sui competitors.

Queste due variabili hanno fatto sì che le imprese presenti sul mercato occidentale abbiano dovuto ricercare nuove strategie di penetrazione, creare nuove partnership, agire in network strategici e superare i vecchi paradigmi, al fine di poter competere con le imprese provenienti da nuovi mercati.

L'evoluzione e l'adattamento verso questo nuovo contesto industriale può essere di due tipologie:

- 1) Adeguamento consuntivo: l'impresa adatta le proprie strategie e i propri processi solo dopo il verificarsi di determinate condizioni nel macroambiente, senza carpire in anticipo le opportunità e le minacce derivanti da esso, ma limitandosi ad adeguarsi a posteriori.
- 2) Proiezione strategica: l'impresa, muovendosi in tale direzione, ha un approccio proattivo al cambiamento che le permette di insistere sulle proprie variabili

critiche prima del verificarsi di determinati eventi nel contesto competitivo poiché, attraverso analisi di mercato e previsioni accurate, è stata in grado di modificare in corsa la sua strategia per ottenere un vantaggio sui concorrenti.

Per perseguire tale cambiamento ed orientarsi a una strategia proattiva è necessario, riorganizzare e ripensare l'assetto logistico, fondamentale se si vuole affiancare a un prodotto di qualità elementi come affidabilità, puntualità e personalizzazione del servizio. In particolare, in presenza delle condizioni odierne di incertezza della domanda, ampliamento degli spazi relazionali e propensione al cliente, la logistica assume un ruolo chiave nella determinazione dell'offerta che l'impresa propone sul mercato; questo tramite la riduzione dei tempi di consegna, l'incremento dell'ampiezza e della profondità di gamma e la revisione delle catene organizzative, le quali ora insistono su un panorama mondiale e necessitano una riorganizzazione di tempi e processi. Inoltre l'innovazione tecnologica e dei sistemi informativi e comunicativi porta con sé la possibilità di abbattere i costi di comunicazione delle informazioni e di transazione dei dati, consentendo all'apparato logistico e all'azienda stessa di intraprendere un cambiamento nelle modalità di fare impresa, soprattutto nel rapporto con clienti, fornitori e consumatori finali.

1.1.3 La logistica: da semplice attività di supporto a variabile chiave nel Supply Chain Management

Al fine di comprendere il cambiamento di paradigma introdotto precedentemente e, di conseguenza, l'evoluzione del concetto di logistica, appare opportuno un breve excursus riguardante le forme in cui la stessa è mutata nel corso degli ultimi decenni².

Inizialmente, la logistica era un insieme di operations aziendali incentrato sul governo delle attività di supporto ai processi di approvvigionamento, produzione e distribuzione. Ciò in particolar modo per le imprese manifatturiere dei paesi occidentali; infatti, nella seconda metà del Novecento, paesi come l'Italia e gran parte dell'Europa occidentale, mostravano all'interno del loro tessuto imprenditoriale una vasta porzione di imprese di produzione piuttosto che imprese di servizi, le quali invece si sono imposte come protagoniste del sistema economico europeo dalla fine del Novecento.

Negli anni Cinquanta, dove il modello di riferimento era ancora quello Fordista e la produzione era inquadrata come la funzione determinante del successo aziendale, l'obiettivo strategico era rappresentato da una produzione omogenea su larga scala e sulla conseguente minimizzazione del costo di prodotto. Il focus era incentrato quindi sulla produzione in serie di un gran numero di lotti di prodotti aventi poca ampiezza e poca profondità di gamma; scarsa importanza era data alla gestione delle rimanenze e dei costi di magazzino.

I collegamenti fra le varie funzioni erano generici in quanto le stesse erano concepite come entità indipendenti che, pur facendo parte del sistema impresa, non avevano la necessità di cooperare fra loro ma di massimizzare il contributo singolo da apportare all'insieme.

² Roberta Pinna: "L'evoluzione nella dimensione organizzativa della supply chain. Dalla gestione di un flusso alla gestione di una rete", Franco Angeli Editore, 2006.

Negli anni Sessanta-Settanta, a seguito del calo della domanda e dell'aumento della concorrenza e dell'offerta di prodotti, le imprese iniziarono a concepire la logistica come strumento per ottenere un vantaggio competitivo rispetto ai concorrenti riguardo la distribuzione fisica dei prodotti e la razionalizzazione del ciclo produttivo; il fine era quello di ottimizzare i processi per avere, di richiamo, un miglioramento del prodotto da offrire sul mercato e dei relativi servizi accessori.

Emerge la necessità di affiancare al prodotto una scelta di servizi collegati a esso che consenta all'impresa di conquistare quote di mercato in un ambiente più caotico ed eterogeneo in confronto al decennio precedente: la logistica affianca al già esistente obiettivo di minimizzazione dei costi, un ruolo di differenziazione nell'offerta di beni attraverso la gestione dei servizi collaterali.

È da qui che nasce l'importanza del servizio al cliente come oggi lo si intende, ossia come quella disponibilità del prodotto in termini di quantità e qualità, fondato su:

- Tempestività della consegna: è determinata dall'intervallo intercorrente tra l'emissione dell'ordine da parte del cliente e la ricezione del bene.
- Affidabilità nel tempo di consegna: è misurata dallo scostamento temporale fra la data prevista e la data effettiva di consegna.
- Flessibilità della consegna: definita dalla variazione ammessa in relazione ai termini concordati.
- Qualità della consegna: determinata dalle modalità in cui è stato evaso un ordine e dall'effettivo stato della merce al momento dell'arrivo.

Dagli anni Ottanta si denota un'attenzione particolare verso la gestione dei materiali, anche a seguito di nuove tendenze gestionali come il *just in time (JIT)*: tale sistema, adottato per primo dall'azienda giapponese Toyota, si fonda sulla produzione solamente di ciò che è strettamente necessario a soddisfare la domanda, annullando scarti di produzione e scorte di magazzino superflue e focalizzando il sistema produttivo sull'allineamento simmetrico tra domanda e offerta, dove il numero di componenti prodotti è pari al numero di quelli richiesti sul mercato.

La logistica diviene una funzione che consente di assicurare il giusto flusso di materie prime e di merci per garantire il continuo rifornimento alla produzione e alle funzioni ad essa collegate. Questo perché molte realtà aziendali hanno intuito come ridurre gli sprechi lungo la catena produttiva ed eliminare le produzioni non necessarie a soddisfare le richieste del cliente comporti un decremento dei costi di produzione e di gestione del magazzino, oltre che l'ottimizzazione dei processi produttivi.

Il passo successivo scaturisce da un cambiamento radicale nel pensare e soprattutto nell'agire delle imprese: se fino a ora era prevalsa un'impostazione funzionale, nella quale le singole funzioni aziendali avevano lo scopo di perseguire individualmente la ricerca dei propri obiettivi e l'efficienza operativa, ora si ha il passaggio all'impostazione per processi.

Quest'ultima, basata sulla catena del valore, impone una integrazione delle funzioni aziendali al fine di ottenere un accrescimento del valore creato che si riverbera poi in un'offerta di prodotti e servizi migliore rispetto ai concorrenti.

Nasce così il concetto di “logistica integrata”, formalizzato dal Council of Logistics Management nel 1998:

“Processo di pianificazione, implementazione e controllo di un efficace ed efficiente flusso e immagazzinamento delle merci, dei servizi, e delle relative informazioni tra il punto di origine e il punto di consumo, per soddisfare i requisiti del cliente.”

Da una logica frammentaria propria dell’assetto funzionale si passa quindi a una logica integrata, nella quale la logistica è composta da un insieme di attività interdipendenti e aventi assetto multilaterale, le quali coinvolgono più funzioni aziendali.

L’ultimo tassello di questo mosaico conduce alla nascita del *Supply Chain Management (SCM)*, attraverso cui le imprese prendono coscienza di come il miglioramento nella gestione dei flussi all’interno della catena di fornitura sia imprescindibilmente collegato all’attivo coinvolgimento degli attori esterni, ossia i fornitori a monte e i clienti a valle, i quali possono apportare un incremento di valore a tutta la catena.

La supply chain valica i confini aziendali andando dunque a governare la catena esterna del valore e i rapporti dentro quest’ultima.

1.2 La supply chain e la gestione delle operations

Nel paragrafo precedente si è arrivati a introdurre il concetto di supply chain: ma cos’è la supply chain? E quali sono le sue peculiarità?

Questo paragrafo ha l’obiettivo sia di rispondere alle domande precedenti sia di studiare nel dettaglio, anche a livello tecnico, cosa si intenda per “operations” aziendali, un termine molto usato in economia ma di interpretazione tutt’altro che omogenea.

1.2.1 Le operations e l’Operations Management

Il termine “operations” non ha una traduzione univoca e dettagliata in Italiano, pertanto appare opportuno fornire una rapida spiegazione del suo significato.

Le operations si possono definire come le risorse deputate alla creazione di prodotti o servizi. Pertanto tutte le imprese hanno al loro interno una o più funzioni operations, poiché tutte le aziende gestiscono un processo che inizia dalla ricezione degli input e si conclude con la produzione di output, che per un’azienda può essere un prodotto, un servizio o, nella maggior parte dei casi, un mix di entrambi.

Di conseguenza, l’“Operations Management” è l’attività di gestione delle risorse aziendali che creano prodotti e servizi da immettere sul mercato.

In tale ottica, il termine “operations” può anche essere adottato per definire la relativa funzione che si occupa della gestione di tali risorse³.

Ogni azienda presenta al proprio interno sia delle operations proprie della gestione caratteristica, sia una funzione deputata all’Operations Management, sia l’Operations

³ N. Slack, A. Brandon-Jones, R. Johnston: “Operations management”, Pearson, 2013.

Manager; quest'ultimo è il soggetto responsabile del corretto funzionamento della funzione operations e, a seconda della tipologia di azienda in cui opera, può essere definito in altro modo (ad esempio, "Administrative manager" in un ospedale o "Store manager" in un esercizio commerciale).

Ciò che appare ora così scontato, non lo è stato in passato; infatti, fino agli anni Sessanta, il termine "operation" faceva riferimento unicamente all'attività di fabbricazione e produzione di prodotti fisici, ponendosi come sinonimo naturale di "manufacturing". Il termine "Operations Management" si è diffuso a partire dagli anni Settanta, a seguito di due importanti cambiamenti:

- Si è compreso che le logiche e le metodologie di gestione del manufacturing possono essere applicate anche alla produzione di servizi, sempre più presenti come output delle aziende a partire dagli ultimi decenni del Novecento.
- L'ampliamento della visione di produzione, la quale include ora non solo i processi di fabbricazione del prodotto ma anche tutti quei processi collaterali legati alla distribuzione e alla consegna dei beni, come gli acquisti, la commercializzazione e l'assistenza post-vendita.

Recentemente, con la gestione delle operations e dei processi si fa riferimento non solo alle singole funzioni deputate a ciò, ma all'intera organizzazione.

Adottando una prospettiva universale basata sui processi, attraverso il modello "input-trasformazione-output" le aziende hanno compreso che tutte le componenti di un determinato business si possono configurare come processi e che tutti i processi si possono gestire attraverso i principi dell'Operations Management.

1.2.2 La supply chain come ampliamento del concetto di logistica integrata

I cambiamenti del macroambiente competitivo hanno portato le imprese a deputare un ruolo cardine alla logistica, giungendo a pianificare in modo scrupoloso i processi di approvvigionamento e distribuzione al fine di ottenere efficacia, efficienza e flessibilità nella gestione delle loro operations aziendali.

I progressi nella tecnologia informativa hanno determinato maggior facilità di integrazione fra le aziende partecipanti alla catena del valore, per effetto dei minori costi di implementazione del sistema comunicativo e di trasmissione delle informazioni.

Inoltre, come già precedentemente evidenziato, i consumatori sono diventati più consapevoli del loro ruolo all'interno delle logiche di mercato e più esigenti; la tendenza a pretendere prodotti personalizzati, economici e disponibili in breve tempo, ha portato le aziende ad ampliare l'orizzonte strategico inducendo il passaggio da una visione intra-organizzativa (logistica integrata) a una visione inter-organizzativa (supply chain).

Ogni impresa facente parte del sistema supply chain costituisce un nodo essenziale per la creazione di valore e per l'efficienza e l'efficacia di tutta la catena; il successo di un'impresa è condizionato dal successo dell'intero sistema del valore del quale fa parte.

Questo determina, all'interno della strategia e dei vertici aziendali, uno spostamento dall' "io" al "noi"; l'impresa non deve solamente far riferimento alla gestione dei propri flussi interni ma ha la necessità e l'interesse a far sì che tutti gli attori operino in un sistema cooperativo seguendo un disegno strategico univoco.

Si può evincere che non sono più le singole imprese a competere, ma l'intera supply chain. Sebbene le imprese continuino a essere le une indipendenti dalle altre, si instaurano dei legami di interdipendenza fra i nodi costituenti la catena; più questi legami sono fiduciosi e basati su un rapporto di lungo termine, maggiore è la funzionalità e l'efficienza dell'intero sistema.

D'altro canto, una supply chain con un alto tasso di turnover fra le aziende che ne fanno parte, implica una difficoltà a cooperare dovuta sia dalla poca conoscenza reciproca sia dall'impossibilità di condividere e scambiare informazioni attraverso sistemi informativi e comunicativi che necessitano di tempo e risorse per essere implementati, fattori che solo in una relazione basata sul lungo termine possono essere sopportati.

1.2.3 Supply chain: definizione, caratteristiche e struttura

Da quanto appena esposto pertanto la supply chain rappresenta un'evoluzione del concetto di logistica in quanto, mentre la logistica pone il proprio focus sulla gestione delle attività intra-aziendali, la supply chain presenta un orizzonte maggiormente ampio nel quale sono coinvolti alla creazione del valore per il cliente finale tutti i partecipanti alla catena, dal fornitore del fornitore al cliente finale.

Volendo definire cosa si intenda effettivamente per supply chain si evidenzia che, così come già osservato per il concetto di logistica, anche la determinazione della nozione di supply chain presenta varie interpretazioni e numerose definizioni.

Per uniformità e semplicità, si propone quanto elaborato dall' "International Center for competitive excellence, University of North Florida", del 1994:

"La supply chain è un insieme selezionato e duraturo di entità autonome e indipendenti sotto il profilo proprietario, ma che sono accomunate dall'operare insieme attraverso l'integrazione di alcuni processi aziendali affinché sia possibile rendere disponibili i prodotti, i servizi e le informazioni che aggiungono valore per i clienti, a partire dai consumatori finali risalendo fino ai primi produttori di materie prime."

Analizzando quanto proposto dall'International Center for competitive excellence, si può scendere nel dettaglio approfondendo alcuni aspetti cardine della supply chain:

- Per quanto riguarda gli attori coinvolti, essi possono essere di varia natura e con dimensioni diverse. Si va dal piccolo fornitore di componenti, al grande distributore, all'impresa leader.

Genericamente, gli attori possono essere di due tipologie: la prima riguarda gli agenti di produzione, comprendenti i punti vendita al dettaglio e all'ingrosso, i centri di distribuzione e gli impianti di produzione in senso stretto.

La seconda, facente riferimento agli agenti di servizio, comprende le aziende di trasporto fisico dei prodotti e le aziende di servizi, sviluppanti queste ultime i processi di supporto agli attori di produzione.

- Le relazioni all'interno della supply chain sono multiple e intrecciate, in quanto ogni attore può essere sia cliente che fornitore.

I rapporti fra i vari soggetti sono stabili, duraturi non gerarchici e interdipendenti. L'interdipendenza è un aspetto chiave e distintivo di una supply chain poiché quello che si verifica in una determinata relazione o transazione fra due imprese si riverbera sugli altri partecipanti alla filiera e ogni impresa è dipendente e fonte di dipendenza verso le altre.

Un'ultima considerazione sulle relazioni va posta sulla natura dei controlli e dei contatti, i quali sono spesso informali e costituiti da accordi verbali o richiamanti norme di comportamento sociale.

- Il valore creato dall'impresa è superiore al valore dei singoli componenti. Il fattore propulsore del gruppo di imprese cooperanti fra loro è proprio l'interdipendenza che vi è fra di esse, la quale agisce da fattore moltiplicativo fra i singoli contributi delle stesse.
- Ruolo dell'impresa dominante: in ogni supply chain, pur essendoci una pluralità di attori non aventi relazioni a carattere prettamente gerarchico, è presente un'impresa leader, la quale determina e guida il funzionamento della catena del valore.

Tale impresa ha un ruolo di centralità, prossimità e interposizione rispetto alle altre. Centralità, in quanto essa si configura come punto di riferimento e di passaggio per le altre partecipanti alla catena del valore, considerando i legami che l'impresa in oggetto intrattiene con gli altri attori. Prossimità, in riferimento alla vicinanza fisica; l'impresa trainante riesce a raggiungere direttamente un elevato numero di imprese all'interno della filiera. Interposizione, poiché tale impresa funge anche da intermediario fra due o più attori che necessitano di mettersi in contatto fra loro e siano impossibilitati a farlo autonomamente.

A livello di struttura, le aziende all'interno della supply chain possono posizionarsi in diverse zone, a seconda del ruolo che esse svolgono nella composizione del prodotto⁴:

- Upstream zone: in questa zona sono collocabili quelle imprese che fungono da collegamento tra la materia prima e i componenti. Esse trasformano la materia prima realizzando componenti o semilavorati da immettere nel network di fornitura.
- Midstream zone: le aziende facenti parte della midstream zone sono quelle che, lavorando i componenti o i semilavorati, ottengono prodotti finiti.

⁴ Slack, Brandon-Jones, Johnston, Betts, Vinelli, Romano, Danese: "Gestione delle operations e dei processi", Pearson, 2013.

- **Downstream zone:** è la zona in cui avviene il contatto diretto con il cliente, col quale vengono scambiate informazioni e al quale si consegna il prodotto o il servizio erogato.
Il canale di consegna può essere diretto, differito o indiretto. Nel canale diretto è l'impianto della midstream zone che consegna il prodotto al cliente, pertanto non sono presenti imprese operanti nella downstream zone. Nel canale differito, le imprese della downstream zone si limitano a ricevere il prodotto dalla midstream zone e a consegnarlo al cliente tramite agenti di distribuzione, dopo il confezionamento e l'imballaggio. Con il canale indiretto, il prodotto viaggia attraverso numerosi livelli di distribuzione prima di raggiungere il cliente.
- **Reverse stream zone:** sono le imprese che si occupano della logistica di ritorno, per operazioni riguardanti riparazioni, riciclaggio di prodotti, rilavorazioni degli stessi o gestione dei resi non conformi.

1.3 Il Supply Chain Management

Il Supply Chain Management può essere definito come “il sistematico coordinamento strategico delle tradizionali funzioni aziendali di business e delle tattiche, attraverso le funzioni di una particolare organizzazione e attraverso i business lungo la supply chain, con l'obiettivo di migliorare le performance di lungo periodo delle singole organizzazioni della catena”⁵.

Il SCM rappresenta quindi l'estensione del concetto di partnership, la quale si evolve fino a definire un sistema organizzativo integrato dove le operations di un singolo soggetto, oltre a creare valore per sé stesso, creano valore anche per l'intero sistema. Grazie a questo nuovo concetto di insieme, la logistica integrata presuppone il coinvolgimento anche di attori esterni: i fornitori a monte e i clienti a valle.

Infatti, la competitività si sposta dal saper organizzare efficientemente le attività intra-aziendali a saper integrare e coordinare le attività lungo la catena di approvvigionamento, costituendo una logistica di canale. L'obiettivo ultimo del SCM è la soddisfazione del cliente finale, perseguibile attraverso l'offerta di prodotti e servizi adeguati alle esigenze espresse dalla domanda. Per aspirare a ciò, l'intera supply chain deve perseguire cinque obiettivi di performance: qualità, velocità, affidabilità, flessibilità e costo.

La qualità del prodotto o servizio erogato è il risultato della qualità di tutti i processi che avvengono a livello di catena; un errore in un nodo può comportare errori a cascata con notevole abbassamento della performance complessiva.

Appare dunque fondamentale che ogni componente del network assicuri un'erogazione del proprio output qualitativa e, allo stesso tempo, si preoccupi anche della performance dei suoi fornitori.

La velocità fa riferimento a due fattori. Si può intendere con velocità la rapidità con la quale si servono i clienti, elemento imprescindibile per una performance buona e

⁵ Mentzer J.T. et. al., “Defining Supply Chain Management”, Journal of Business Logistics, Wiley, 2001.

affidabile. La rapidità può però essere ottenuta anche attraverso inefficienze e, da sola, non è condizione sufficiente a rappresentare un buon operato: infatti un'azienda può essere in grado di assicurare rapidità nelle consegne sovradimensionando il magazzino o eccedendo negli stock, elementi che comportano costi elevati. D'altro canto, velocità può essere anche intesa come diminuzione del tempo di transito dei prodotti lungo i nodi della catena. In questo modo i prodotti giacciono per un periodo inferiore nei magazzini delle singole aziende, riducendo così i costi di magazzino e il capitale circolante in virtù delle minori rimanenze; il costo complessivo di consegna al cliente sarà dunque inferiore.

Affidabilità è un concetto correlato alla velocità, in quanto è quella caratteristica che garantisce la consegna puntuale e nelle modalità consone dell'output. L'affidabilità, oltre ad avere dirette conseguenze sull'immagine aziendale e sul posizionamento che l'impresa ottiene sul mercato, riduce l'incertezza all'interno della catena: se un'impresa non è affidabile i clienti saranno costretti a ordinare un quantitativo superiore o ad anticipare gli ordini per ottenere la giusta quantità di prodotto nel giusto tempo.

Una fluttuazione della domanda dovuta, ad esempio, a ordini superiori del necessario, genera effetti negativi a ritroso sull'intera catena poiché, se non esiste un sistema informativo corretto, i fornitori a monte non sapranno "leggere" il motivo per cui avvengono aumenti occasionali della domanda. A causa di ciò si può incorrere nel rischio di sovradimensionare la produzione e di conseguenza le scorte nei singoli magazzini.

La flessibilità fa riferimento alla capacità degli attori della catena di variare il loro operato per adattarsi ai cambiamenti presenti nell'ambiente, attraverso una strategia proattiva. Un concetto collegato alla flessibilità all'interno della supply chain è quello di agilità: quest'ultima concerne aspetti come la reattività alle esigenze del cliente e la rapida evasione degli ordini.

Il costo lungo la supply chain è rappresentato, oltre che dai costi di magazzino e di gestione delle scorte, dai costi di transazione. Questi possono essere elevati qualora non ci siano relazioni consolidate e di fiducia fra i vari attori. In situazioni simili i costi di formalizzazione degli accordi contrattuali, il monitoraggio delle merci, il loro trasporto e il reperimento del giusto fornitore saranno oneri di elevata caratura da sopportare.

Ecco perché, attraverso il Supply Chain Management, ci si muove nella direzione di attuare accordi di partnership fiduciari e duraturi che consentano di ridurre il parco fornitori e di intraprendere relazioni stabili fra imprese.

1.3.1 I principi di gestione per l'applicazione del SCM

In una visione di questo genere, dove a competere non sono più le singole imprese ma le rispettive Supply Chain, le organizzazioni devono seguire determinati principi per poter gestire al meglio tutta la catena, in particolare:

- **Cooperazione:** le attività delle singole imprese devono essere frutto di una strategia comune, al fine di accrescere l'efficienza del network sia dal punto di vista delle risorse che dal punto di vista dei costi.

L'obiettivo è consolidare relazioni cooperative che, nel lungo periodo, fruttino rendimenti superiori a quelli che si otterrebbero con una gestione indipendente dei business.

- Integrazione dei processi: essa è possibile grazie alla costituzione di team interfunzionali, composti da personale interno ed esterno, al fine di avere un unico schema di riferimento per tutta la catena.
- Condivisione di informazioni: le informazioni condivise sono fondamentali per costruire una struttura di impresa condivisa, nella quale fluiscano frequentemente dati relativi a livelli di magazzino, vendite, promozioni e strategie temporanee, con lo scopo di ridurre l'incertezza lungo la catena e non provocare aumenti o cali delle produzioni dovuti alla non comunicazione di questi aspetti. Questo fattore è oggi reso possibile dalle nuove tecnologie informative digitali, le quali consentono di comunicare in tempi rapidi e con semplicità informazioni sensibili fra i livelli della supply chain.

1.3.2 Le condizioni favorevoli e i fattori frenanti del SCM

Per far sì che il Supply Chain Management sia implementato in maniera corretta all'interno di un'organizzazione, è fondamentale che siano presenti alcune condizioni favorevoli.

Oltre alla fiducia, all'impegno reciproco e all'interdipendenza fra le imprese, già illustrate nei paragrafi precedenti, appaiono focali i seguenti fattori:

- **Leadership:** l'impresa leader deve coordinare l'intero network ed essere in grado di stimolare comportamenti cooperativi fra i vari attori, oltre che incoraggiare occasioni di ingresso nelle partnership di altri soggetti economici, anche istituzionali.
Spesso può essere un agente a svolgere il ruolo di impresa leader, poiché possiede competenze in tema di gestione dei rapporti con i clienti e i fornitori o per via delle dimensioni e del potere economico.
- **Supporto del top management:** è l'organo aziendale preposto a orientare le decisioni verso la creazione di valore condiviso, sia all'interno dell'impresa leader che lungo il network di fornitura. Agendo da propulsore per le funzioni aziendali innesca in primis dentro l'organizzazione una politica incentrata sul raggiungimento di un obiettivo economico comune attraverso la cooperazione e la condivisione di risorse, espandendo tale visione in un secondo momento anche con i soggetti esterni all'impresa.
- **Visione, processi chiave e obiettivi:** è essenziale avere una pianificazione strategica e una definizione degli obiettivi di breve e lungo termine all'interno della supply chain, per rendere più chiara l'unità d'intenti comune e controllare più efficientemente le performances dei singoli componenti.

In contrapposizione alle condizioni favorevoli, vi sono anche fattori ostili alla costruzione di un modello di SCM.

La gestione complessiva della supply chain è di difficile realizzazione e, anche nei casi più positivi, la diffusione di una cultura comune dal primo fornitore al cliente finale può risultare complicata da attuare per i seguenti motivi:

- Resistenza al cambiamento: il management di una singola azienda, specie se di piccole dimensioni e poco orientata alla cooperazione, risulterà scettico in merito a iniziative di network e di integrazione all'interno di una supply chain. È naturale che la piccola-medio impresa sia proiettata al profitto di breve termine e sia poco incline a logiche di cooperazione orientate al successo comune nel medio-lungo periodo, le quali presentano cambiamenti a livello di concetti e di strumenti di lavoro.

Anche se il management dovesse aprirsi a tale ipotesi, il personale operativo incontrerà molte difficoltà nel sostituire la metodologia con la quale lavora da anni con strumenti e sistemi gestionali nuovi, soprattutto nel caso di aziende familiari o di aziende dotate di personale con esperienza; con riferimento a queste ultime, è probabile che il capitale umano abbia acquisito una metodologia di lavoro ormai assodata negli anni, che può aver portato risultati nel passato e per la quale un cambiamento possa essere percepito come una perdita di certezze.

- Problemi per le piccole e medie imprese: ricollegandosi al suddetto discorso, una ulteriore difficoltà per le PMI risiede nell'elevato costo di adozione delle nuove tecnologie. Pertanto, è compito delle imprese trainanti del network adottare una tecnologia che possa essere sostenibile sia da un punto di vista delle risorse sia da quello dell'apprendimento degli operativi.
- Investimenti elevati: i risultati di un sistema gestionale integrato possono essere "nascosti" ed essere tangibili solo dopo diversi anni. Gli investimenti possono essere elevati sia per le singole imprese che per l'intera supply chain e molti progetti potrebbero essere interrotti andando a comportare uno spreco di risorse. Molte aziende che non ragionano in un'ottica di lungo periodo possono assumere la decisione di interrompere un progetto solo perché non ha apportato ancora risultati nel breve termine, motivando la scelta con un risparmio di risorse nel futuro per un investimento che può apparire infruttuoso agli occhi dei più. Ciò superficialmente può sembrare sensato ma in realtà è un doppio costo per l'impresa: sia perché le risorse investite nel progetto risultano completamente perse, sia perché bisognerà investire in nuovi progetti e processi ripartendo dal principio, con ulteriori investimenti.
- Scarsa qualità dei dati: è utopico che le informazioni scambiate e transitate all'interno della supply chain abbiano tutte lo stesso formato, che siano prive di dati superflui e che non vi sia dispersione dei dati.
Tutto ciò provoca uno spreco di risorse, umane e non, per sistemare i problemi derivanti da un flusso di dati non funzionale.

1.3.3 La gestione delle dinamiche della supply chain

All'interno della supply chain vi sono situazioni che creano imprecisioni ed errori, tanto più rilevanti quanto più si sale a monte lungo la catena.

Questo fenomeno si può denominare *effetto frusta* o *Effetto Bullwhip*: una piccola variazione a un estremo della catena, solitamente a valle in quanto le fluttuazioni della domanda si ripercuotono prima sui nodi distributivi, crea perturbazioni sempre più forti man mano che si risale lungo la catena. Un modo per spiegare ciò è fornito dal cosiddetto “gioco della birra”, una simulazione aziendale spesso usata nei corsi di formazione per i manager delle supply chain e concepito negli anni '60 da Jay Forrester, l'ideatore dell'effetto bullwhip. Tale simulazione prevede che i partecipanti rappresentino, individualmente o in piccoli gruppi, tre attori: il dettagliante, il grossista e il produttore, all'interno di una supply chain che produce e vende al dettaglio birra. L'unica comunicazione consentita tra gli attori è costituita dagli ordini di acquisto emessi e dagli ordini ricevuti: la mancata comunicazione fra gli attori, i quali non conoscono la domanda e in particolar modo i motivi delle sue variazioni nel corso del gioco, determina la nascita e la crescita dell'effetto bullwhip. In particolare, se a una variazione della domanda non corrisponde un'adeguata comunicazione fra i nodi della catena e ci si limita a basarsi sugli ordini di acquisto per organizzare la produzione, l'effetto bullwhip aumenterà man mano che si risale dal dettagliante al produttore. Lo scopo del gioco è, oltre evidenziare la causa del suddetto effetto, quello di porre in luce come una coordinazione e una condivisione fra i tre soggetti diminuirebbe le inefficienze all'interno del sistema e attenuerebbe l'effetto bullwhip.

Quanto appena riassunto con il “beer game” accade di frequente nelle supply chain poiché manca una comunicazione fra le imprese riguardo le variazioni della domanda e non vi è un coordinamento integrato fra i vari attori.

Uno degli obiettivi del Supply Chain Management è ridurre l'effetto frusta e diminuire le inefficienze lungo l'intera supply chain.

Per raggiungere tale scopo vi sono diverse modalità⁶:

- **Condivisione delle informazioni:** accade spesso che all'interno della supply chain ogni azienda risponda solo agli ordini emessi dal cliente immediatamente successivo a essa, ricadendo quindi più facilmente nelle inefficienze provocate dall'effetto frusta. Una condivisione delle informazioni lungo la catena farebbe sì che tutti gli attori possano monitorare la domanda effettiva, riducendo le distorsioni.

Un metodo per mettere in pratica quanto detto è fornito dai sistemi *EPOS (Electronic Point Of Sale)*, usati da molte grandi catene della GDO per far giungere le informazioni della domanda da valle a monte della catena. Con questo meccanismo i dati di vendita vengono trasmessi ai depositi, ai trasportatori e alle aziende di fornitura affinché questi ultimi possano essere consapevoli dei movimenti presenti nel mercato.

- **Allineamento dei canali di informazione e fornitura:** anche quando le informazioni sono condivise fra le aziende, ci possono essere distorsioni dovute al differente metodo di previsione della domanda o alle differenti strategie di acquisto. Per evitare disallineamenti dovuti a ciò è fondamentale allineare le attività concernenti

⁶ Costantino, Di Gravio, Tronci: “Supply Chain Management e network logistici. Dalla gestione della partnership al risk management”, Hoepli, 2011.

le operazioni di acquisto-vendita attraverso la sincronizzazione armonica dei processi di pianificazione e controllo lungo l'intera supply chain.

- Aumento dell'efficienza operativa della catena: questo obiettivo è perseguibile attraverso il miglioramento dell'efficienza di ogni singola azienda. Ogni attore della supply chain dovrà quindi incrementare la propria performance relativamente ad aspetti chiave dell'efficienza operativa come la qualità di prodotto e processo, la diminuzione dei lead time di consegna, l'affidabilità del servizio offerto. Se una catena ha performance elevate gli operations manager non avranno l'onere di dedicare gran parte delle loro risorse e di quelle aziendali per rimediare alle inefficienze provocate; inoltre, l'efficienza dell'intero processo consente di avere una maggior chiarezza sulle fluttuazioni che possono avvenire a livello di domanda e determina quindi una più corretta previsione nell'andamento della stessa.
- Miglioramento delle previsioni: è uno dei fattori che consegue alla diminuzione dell'effetto frusta. Quest'ultimo infatti è provocato da una superficiale previsione della domanda, che causa conseguenze sulla gestione dei magazzini e sui lead time dei prodotti. Più i lead time sono contenuti, più il lasso temporale su cui calcolare le previsioni della domanda è ridotto e più è facile per il management poter determinare, in quel periodo, la quantità di prodotto necessaria a soddisfare il cliente senza sostenere troppi costi di magazzino.

1.3.4 La gestione del lato domanda

La gestione delle operations è intrinsecamente correlata alla natura della domanda e alla capacità del management di prevederla.

Se la domanda è prevedibile dall'impresa si definisce dipendente e consente di pianificare correttamente l'attività di produzione e l'organizzazione dei processi interni. In realtà, in pochi casi si è in grado di prevedere la domanda di un particolare settore in un determinato momento, in quanto sono troppi gli elementi aleatori che la compongono e che la influenzano.

Nella maggior parte dei casi la domanda è infatti indipendente da qualunque fattore tangibile e le aziende devono soddisfarla non potendo conoscere in preventivo quanti ordini siano presenti in un certo lasso di tempo.

In situazioni in cui la domanda è indipendente risulta necessario giungere a stime riguardo la sua composizione, elaborando previsioni che siano mutabili facilmente nel caso di oscillazioni esterne. È fondamentale che il top management sia attento e aperto verso l'ambiente esterno, per cogliere in anticipo le opportunità e trasformarle in vantaggi strategici: l'impresa deve avere una strategia basata sulla proattività e non sulla adattabilità degli stimoli, poiché il semplice adattamento alle condizioni del macroambiente classifica l'impresa in una posizione di svantaggio verso chi ha saputo prima e meglio sfruttare tali fattori per ottenere un vantaggio competitivo. Un aiuto al SCM in questo senso può essere fornito dalla gestione della logistica e del percorso dei prodotti lungo la supply chain.

Gestione della logistica:

Per quanto concerne l'apparato logistico, può risultare oneroso e difficoltoso per un'impresa gestire autonomamente la funzione logistica ed essere quindi soggetta a fluttuazioni della domanda che possono creare difficoltà nella distribuzione fisica o nello stoccaggio di merci.

Oggi sempre più imprese decidono di esternalizzare tale attività, affidandola a fornitori specializzati, i *Third Party Logistics (3PL)*. Essi gestiscono trasporto e magazzinaggio dei prodotti ritirandoli dal cliente e servendoli al cliente finale a seconda delle necessità. Un'evoluzione dei 3PL sono i *4PL*, fornitori in grado di gestire intere catene logistiche per più fornitori allo stesso momento.

Un altro aspetto rilevante nella gestione della logistica all'interno del Supply Chain Management riguarda i trasporti, in particolare il ritorno dei mezzi di distribuzione dopo che la consegna è avvenuta.

Quando un mezzo di trasporto di un'azienda deve far ritorno al magazzino o allo stabilimento dopo che ha effettuato la consegna al cliente, si può essere in presenza di un potenziale costo poiché in tal caso il mezzo effettuerebbe un viaggio da scarico, all'unico fine di tornare in magazzino. Sarebbe più efficiente se il mezzo facesse ritorno al magazzino pieno, ad esempio perché si è trovato un cliente potenziale che ha necessità di far trasportare le sue merci dal punto di consegna, o comunque vicino a esso, al magazzino dell'azienda che ha trasportato. Questa attività è chiamata *back-loading* e consiste appunto nel riuscire a recepire un cliente che sia limitrofo rispetto al punto di consegna precedente e che abbia bisogno di far trasportare le sue merci al magazzino di partenza del carico iniziale.

Ciò è possibile grazie alle comunicazioni online, le quali possono mettere in contatto distributori, depositi e clienti potenziali al fine di scambiarsi dati sul transito delle merci lungo la catena e ottimizzare i viaggi.

Inoltre, un altro vantaggio fornito dalla comunicazione online è inerente alla possibilità, per il cliente, di conoscere sempre con esattezza dove si trova la merce ordinata grazie al tracciamento degli ordini effettuato dai corrieri.

Tecnologie di identificazione automatica:

Con riferimento al tracciamento degli ordini, si apre un'ulteriore questione. I prodotti sono notoriamente dotati di codici a barre che consentono la loro identificazione nel passaggio attraverso un particolare nodo lungo la supply chain.

Il codice a barre è utile poiché fornisce l'indicazione di quanti prodotti sono presenti in un determinato nodo, ma esso presenta anche delle criticità: innanzitutto può succedere che il prodotto sia posizionato sugli scaffali in posizioni tali che il codice a barre non sia leggibile comodamente. In secondo luogo, esso identifica solo la tipologia di prodotto e non il particolare articolo. Ad esempio, grazie al codice a barre è dato sapere se in magazzino è presente un capo d'abbigliamento di una certa tipologia, ma non quel singolo capo di abbigliamento.

La soluzione a queste limitazioni è rappresentata dall'identificazione automatizzata (Auto-ID); questa tecnologia utilizza un codice elettronico di prodotto detto *electronic Product Code (ePC)*, formato da un numero di 96 bit risiedente in un microchip o in una *smart tag* (etichetta intelligente). La smart tag è posta sul singolo articolo cosicché ogni prodotto presenti uno specifico codice di identificazione; in ogni magazzino o punto di stoccaggio, tramite un apparecchio wireless operante in radio frequenza, le etichette vengono scannerizzate e il codice trasmette le generalità del prodotto (come il luogo di fabbricazione e di immagazzinamento) al sistema di controllo, il quale a sua volta mette al corrente tutti gli attori della catena dello stato di avanzamento di quel particolare articolo.

1.3.5 La gestione del lato fornitura

Fondamentale per una buona performance a livello di operations management è gestire in maniera appropriata e scrupolosa ciò che sta a monte dell'azienda, al fine di ottenere input di buona qualità, a bassi costi e con le tempistiche adeguate da impiegare nei processi produttivi interni.

A tal fine la funzione acquisti è quella deputata alle principali fasi che compongono questo processo: la selezione dei fornitori, la gestione delle relazioni e lo sviluppo con gli stessi.

Selezione dei fornitori:

In rari casi la scelta di quale fornitore avvalersi appare scontata e priva di lunghe valutazioni.

Solitamente questa attività richiede un trade-off tra diverse caratteristiche, in quanto un fornitore può risultare superiore ai concorrenti per alcuni aspetti ma può perdere terreno in altri.

La capacità della funzione acquisti consta nello scegliere il fornitore che presenti quei punti di forza che siano più valorizzanti e quei punti di debolezza che siano più sopportabili per l'azienda e creino minori svantaggi possibili, in relazione alla strategia perseguita dall'organizzazione.

Ad esempio, un'impresa potrebbe scegliere come partner un giovane fornitore con know-how di livello e con spirito imprenditoriale e voglia di emergere, ma che abbia uno stato attuale di affidabilità nelle consegne insufficiente, poiché ritiene che nel lungo termine possa migliorare la sua performance e abbia un capitale intellettuale che riduce lo svantaggio procurato da una consegna non sempre perfetta.

Le grandezze su cui le imprese pongono l'attenzione nella scelta dei fornitori sono diverse e includono, oltre all'affidabilità e alla tempestività delle consegne, la reattività, il costo della fornitura, la gamma e la qualità dell'offerta, le prospettive di crescita, la capacità di innovazione e la disponibilità alla cooperazione.

A livello quantitativo la scelta ricade sull'affidarsi a una strategia single-sourcing o multi-sourcing, ovvero se fornirsi di un prodotto da un singolo soggetto o a una pluralità di

fornitori. Ovviamente non esiste una scelta ottima, in quanto a seconda delle caratteristiche del mercato, degli obiettivi delle imprese e del momento entrambe le strategie risultano più o meno consone.

La strategia single-sourcing prevede l'instaurazione di un legame fiduciario con un singolo fornitore, il quale avvertendo senso di fiducia da parte dell'impresa cliente, è più incline a offrire un prodotto qualitativo e a essere puntuale nelle consegne. Questo legame fiduciario e duraturo consente anche un'eventuale cooperazione nello sviluppo del prodotto e la costante comunicazione, soprattutto quella informale, facilita e rafforza i rapporti già esistenti tra i soggetti. D'altro canto si possono riscontrare due rischi principali, uno per parte: il fornitore, essendo l'unico, risentirà maggiormente delle variazioni della domanda, le quali si ripercuoteranno in toto su di esso e non si spalmeranno lungo la catena. Il cliente potrebbe veder aumentati i prezzi da parte del fornitore, specie nelle situazioni in cui non è presente una valida alternativa sul mercato e l'attuale fornitore abbia una sorta di monopolio nella fornitura di un determinato bene o servizio.

Il multi-sourcing consente di disporre di un ampio ventaglio di fornitori, diversificando le opportunità di approvvigionamento a seconda delle circostanze. Il cliente può far valere la sua posizione in termini di riduzione dei prezzi, giocando su un meccanismo di aste tra i vari fornitori e, qualora un rapporto di fornitura sia infruttuoso, è possibile cambiare fonte più facilmente rispetto a una strategia single-sourcing dove sarebbe peraltro più forte il patrimonio economico e di conoscenze perso.

Gli svantaggi di tale strategia sono da rilevare principalmente nella minor comunicazione informale tra i soggetti e, da parte del cliente, in una difficoltà a ottenere l'affidabilità del fornitore; infatti quest'ultimo si sentirà meno vincolato nel rapporto commerciale rispetto a una situazione di single-sourcing e può anche venir meno la qualità del prodotto offerto. Chiaro da quanto esposto che in queste condizioni è più difficoltoso instaurare una cooperazione e condividere il know-how.

Gestire le relazioni con i fornitori:

Una volta ricaduta la scelta sul fornitore ritenuto consono, la relazione va consolidata attraverso lo scambio reciproco di informazioni, al fine di aggiornare costantemente l'altra parte delle dinamiche interne aziendali che potrebbero avere risvolti sul rapporto commerciale.

Un fattore importante è dato dal grado di tollerabilità: specie in partnership di lungo termine è consigliabile avere una buona tollerabilità degli errori altrui, a maggior ragione nelle fasi embrionali di un progetto, per non pregiudicare il lavoro che si ha intenzione di intraprendere. Un grado di tollerabilità basso mina la reciproca fiducia se la relazione prosegue creando barriere comunicative fra le controparti e, nei casi più gravi, può anche essere la causa di interruzione del rapporto di fornitura.

Nella gestione con i fornitori, alcune aziende scelgono di formalizzare le relazioni attraverso accordi sul livello di servizio, detti *Service Level Agreement (SLA)*.

Gli SLA sono utilizzati in maggior misura per quanto riguarda la definizione dei tempi di consegna e di risposta e della gamma di servizi offerti.

Un uso corretto degli SLA prevede il loro utilizzo “come report delle relazioni quotidiane alla luce dell’esperienza. Se usati correttamente, codificano le conoscenze che entrambe le parti hanno acquisito lavorando insieme”⁷.

In realtà, invece che essere usati come strumenti di collegamento e supporto alla relazione quotidiana fra clienti e fornitori, tali accordi spesso vengono fatti valere solo in sede di risoluzione di controversie e appaiono pertanto inadeguati a una corretta gestione dei rapporti.

Sviluppo dei fornitori:

Nelle relazioni di partnership il cliente ha interesse a far sì che i propri fornitori migliorino poiché, come già enunciato, miglioramenti a monte si traducono in possibilità di performance migliori a valle.

Ecco perché può accadere che, specie le grandi aziende, investano risorse per la pianificazione del miglioramento dei propri fornitori.

La maggiore difficoltà che si può ottenere è un disallineamento fra quanto percepito da entrambe le parti relativamente a oggetto e andamento della relazione.

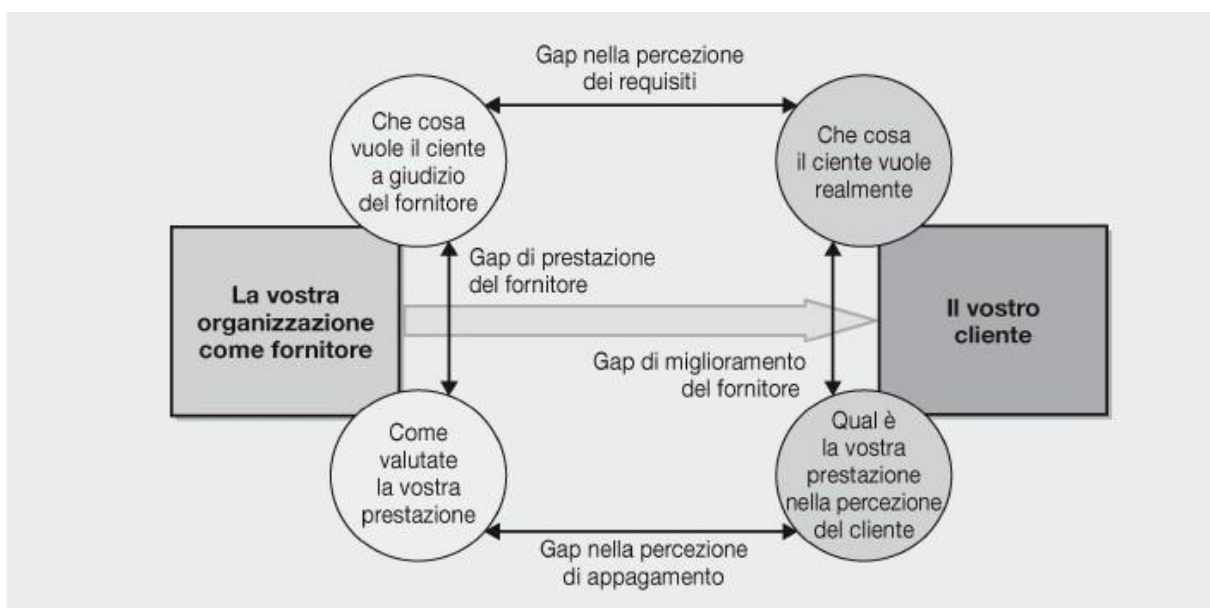


Figura 1. I gap nel processo di fornitura. Slack, Brandon-Jones, Johnston, Betts, Vinelli, Romano, Danese, “Gestione delle operations e dei processi”, Pearson, 2013.

Si possono così formare quattro tipologie di gap, illustrate nell’immagine sopra riportata:

- Gap della percezione dei requisiti: riguarda la diversa interpretazione in merito alle aspettative che cliente e fornitore attribuiscono all’obiettivo finale della relazione.

Il cliente può avere un’idea di ciò che vuole ottenere da una relazione, mentre il fornitore può avere un’interpretazione diversa della natura del rapporto.

⁷ Slack, Brandon-Jones, Johnston, Betts, Vinelli, Romano, Danese, “Gestione delle operations e dei processi”, Pearson, 2013.

- Gap della percezione dell'appagamento: fa riferimento all'efficacia e all'efficienza con cui il cliente si aspetta che il fornitore adempia alle sue richieste.
- Gap di prestazione del fornitore: indica la differenza fra ciò che il cliente si aspetta come output dall'attività del fornitore e la performance effettiva di quest'ultimo. Il fornitore potrebbe consegnare un prodotto insoddisfacente per il cliente poiché la percezione di elementi distintivi come la qualità è diversa fra i due soggetti e non vi è univocità di giudizio.
- Gap di miglioramento del fornitore: indica il gap esistente fra la percezione che il fornitore ha riguardo ai propri miglioramenti nella fornitura al cliente e i miglioramenti che il cliente ritiene compiuti effettivamente.

1.3.6 La gestione delle relazioni nel SCM

Uno dei punti chiave nell'operato del Supply Chain Management è la gestione delle relazioni che intercorrono tra i partecipanti al network di fornitura, in quanto esse influenzano l'efficienza dei flussi tra le varie operations e l'erogazione del prodotto o servizio finale.

All'interno della supply chain possono esserci più tipologie di relazione fra clienti e fornitori, o fra aziende e consumatori finali. La distinzione è stata resa ancor più netta e frammentata dall'avvento dell'e-commerce: le aziende operanti in questo campo hanno infatti segmentato ulteriormente i settori del mercato al fine di definire chi è cliente di chi e chi è fornitore di chi.

Pertanto, se prima la distinzione era riconducibile solo a relazioni B2B e B2C, ora si possono definire quattro categorie di relazione fra attori in una supply chain:

- Relazioni Business-to-Business (B2B): sono le relazioni che intercorrono fra due aziende e sono le più comuni nella supply chain. Possono riguardare scambio di merci, materiali o semicomponenti nel caso in cui si sia più a monte del processo di lavorazione, oppure prodotti finiti e servizi qualora si scenda a valle della catena. Le relazioni B2B sono caratterizzate da rapporti interdipendenti fra le imprese e sono strettamente collegate alle logiche di acquisto/vendita, comprendenti aspetti come la gestione dei magazzini, la scontistica e l'acquisto in lotti. Questa tipologia di relazioni, oltre a essere la più comune, è anche la più articolata, in quanto i rapporti fra imprese possono delinearli secondo strategie diverse, discusse successivamente nel capitolo.
- Relazioni Business-to-Consumer (B2C): sono quelle relazioni che si instaurano fra un'azienda venditrice di un prodotto o un servizio e l'acquirente finale, ovvero un consumatore. Si trovano a valle del processo e vedono l'attivo coinvolgimento della funzione marketing e dei sales manager, i quali, fra le altre, hanno la funzione di proporre un servizio di vendita accurato e far aumentare l'immagine aziendale.
- Relazioni Consumer-to-Business (C2B): in un'ottica di Customer Relationship Management, nel quale le imprese sono attente ai bisogni dei consumatori e sono proprio questi ultimi a direzionare le scelte delle aziende attraverso l'espressione delle loro preferenze, si sviluppano le relazioni C2B. I consumatori, anche grazie all'utilizzo della rete e dei nuovi sistemi di comunicazione digitali, sono più in

contatto con le imprese e riescono a far giungere a esse le loro opinioni riguardo un prodotto o i loro bisogni di mercato.

Queste relazioni sono vantaggiose per entrambe le tipologie di soggetti: per i consumatori poiché hanno la possibilità di influenzare l'offerta in maniera attiva, per le imprese perché possono captare gli stimoli e modificare la propria offerta per catturare i bisogni dei clienti.

- Customer-to-Consumer (C2C): dette anche "relazioni peer-to-peer" (P2P), sono le relazioni intercorrenti fra i consumatori, i quali vendono i loro beni ad altri consumatori o condividono prodotti e/o servizi.

Sono, assieme alle C2B ma ancor più di esse, le più conseguenti all'espansione di internet e dei mezzi digitali: comprare e vendere articoli online, usufruire di servizi di trasporto e condividere o affittare abitazioni attraverso applicazioni per smartphone fino a poco tempo fa non era possibile. Ora, con l'avvento del web, le relazioni C2C sono frequenti e in alcuni casi sostituite delle relazioni B2C, in quanto appaiono agli occhi dei consumatori come un'occasione di risparmio, specie se lo scambio avviene su piattaforme certificate come E-bay, BlaBlaCar e Airbnb, per rimanere sulle tematiche individuate precedentemente.

Le relazioni B2B:

Ai fini dello studio della supply chain, le relazioni più inerenti e maggiormente presenti sono senza dubbio quelle Business-to-Business. Questo perché in una catena di fornitura le transazioni fra i nodi sono uno degli elementi pulsanti che consente all'intera supply chain di tendere verso la produzione di un prodotto finale, dal momento che sono ormai scomparse le imprese che decidono di internalizzare tutti i processi produttivi e non affidarsi a terzi per la lavorazione di parti o componenti.

Le relazioni B2B possono essere di due tipologie: transazionali e di mercato.

- Le relazioni transazionali hanno un approccio "day-by-day", nel senso che ogni singola operazione di acquisto comporta la scelta del miglior fornitore in quel determinato momento. Di conseguenza, essendo ogni transazione a sé stante, è di difficile costruzione quel rapporto di fiducia basato sul lungo termine che già precedentemente si era introdotto.

Posto ciò, tali relazioni presentano dei vantaggi. I fornitori, avendo l'incertezza della scelta da parte dell'azienda cliente, sono propensi a offrire la massima performance al fine di avere la meglio sui concorrenti.

In secondo luogo, queste relazioni possono essere vantaggiose quando riguardano fornitori specializzati di piccole dimensioni con una limitata offerta del loro prodotto; essi sono nelle condizioni di offrire prodotti a prezzi inferiori beneficiando delle economie di scala.

Inoltre, in settori che presentano instabilità, al modificarsi della domanda il cliente può modificare numero e tipologia di fornitori più facilmente rispetto a una partnership duratura, nella quale andrebbe persa la relazione di fiducia e il know-how di cooperazione.

Gli svantaggi delle relazioni transazionali sono da ricercarsi nell'elevato numero dei fornitori a disposizione di un cliente: sapendo di avere numerosi concorrenti, qualora l'evasione degli ordini comporti un ingente consumo di risorse e si riveli di difficile attuazione, i fornitori potrebbero non dimostrarsi leali e affidabili. Per di più avere un numeroso parco fornitori, se da un lato rappresenta un vantaggio, dall'altro costituisce una dispendiosa raccolta di informazioni per capire a quale fornitore affidarsi.

Concludendo, le relazioni transazionali sono convenienti quando si vuole valutare l'ingresso di una determinata azienda nel parco fornitori, con acquisti occasionali per testarne l'affidabilità e la qualità del prodotto, oppure per quelle forniture prettamente episodiche di componenti che non costituiscono un ruolo chiave per l'azienda cliente.

- Le relazioni di partnership rappresentano accordi cooperativi duraturi e fiduciari fra le imprese di una certa supply chain, le quali instaurano legami commerciali al fine di scambiare flussi biunivoci, utilizzando risorse di singole organizzazioni per il raggiungimento in comune dei singoli obiettivi delle diverse aziende coinvolte. Il concetto di base di una relazione di partnership si instaura sul fondamento che, mettendo insieme competenze e risorse, si possa giungere a benefici comuni superiori a quelli ottenibili con un'azione singola.

Ciò è possibile se le imprese hanno una relazione assodata e si conoscano l'un l'altra da tempo o, in alcuni casi, se collaborino da poco ma abbiano intenti e visioni coerenti.

Vi sono vari fattori che influenzano una relazione di partnership.

Innanzitutto le relazioni di partnership, oltre a essere basate sul medio-lungo termine, devono presupporre un limitato numero di relazioni con altri clienti o fornitori: ciò per concentrare tutte le risorse e gli sforzi in quelle poche relazioni durature che si crede possano portare gli effetti sperati.

Tra le aziende vi deve essere trasparenza di comunicazione delle informazioni e un coordinamento strategico omogeneo, per evitare tempi morti ed essere efficienti nei flussi transitori lungo la catena.

Riguardo le informazioni, esse non devono essere necessariamente limitate ai canali formali; ciò che rafforza un legame di partnership è il fatto che le comunicazioni avvengano anche attraverso vie informali e fra una pluralità di soggetti delle due organizzazioni, per favorire meglio la cooperazione.

La fiducia rimane l'elemento focale e denota la disponibilità di un'impresa a collaborare con l'altra in un clima di lealtà e non opportunismo, anche quando i risultati non siano immediati.

A proposito dei risultati, accade spesso che essi non siano tangibili nel breve termine, ma necessitino di un periodo più lungo per manifestarsi. È importante che le aziende non siano superficiali nelle analisi costi-benefici e sappiano ponderare i tempi entro cui poter toccare con mano i risultati, altrimenti la partnership può vedere una perdita di fiducia reciproca che può portare i vari soggetti a interrompere il rapporto.

Tenendo presente che quasi mai un'azienda instaura solamente una tipologia di relazione, si può affermare che le relazioni di partnership siano auspicabili quando il settore sia

composto da un numero ridotto di fornitori, che pertanto non hanno modo di ottenere vantaggi competitivi derivanti dalla concorrenza.

In situazioni di questo genere, costruire una partnership con un fornitore, o due, può essere vantaggioso per entrambe le parti, se esse sono disposte a rinunciare a una parte della propria libertà d'azione in favore di una condivisione di intenti che possa portare a benefici superiori.

D'altro canto, in presenza di un mercato competitivo, eterogeneo e con tratti di instabilità e turbolenza, l'impresa cliente potrebbe avviare una politica degli acquisti basata sulle relazioni transazionali: in questo modo si ha la possibilità di cambiare partner all'occorrenza, valutando più fornitori e non precludendosi opportunità vantaggiose. È anche vero che, in situazioni turbolente, le relazioni di partnership riducono il rischio di non ottenere la fornitura, costituendo una sorta di assicurazione.

Concludendo, uno dei compiti del management di ogni azienda in ottica di Supply Chain Management, è stabilire che tipo di relazioni porre in essere con i propri fornitori, alla luce dei vantaggi e degli svantaggi sopra riportati.

1.3.7 I risultati raggiungibili attraverso il SCM

Il fine ultimo cui il Supply Chain management tende è la soddisfazione del cliente finale, oltre che l'aumento della competitività del sistema e la creazione di valore nello stesso.

Per giungere a questi particolari risultati le organizzazioni si pongono determinati obiettivi:

- **Ridurre i costi globali:** in particolar modo i costi di inventario, attraverso l'uso di sistemi di pianificazione e previsione della domanda.
I costi di gestione delle rimanenze spesso sono elevati proprio a causa di un'incapacità e di una superficialità nel determinare quale sarà la domanda per i periodi a venire.
Di conseguenza le aziende, per non incorrere in situazioni di stock-down, spesso ordinano più di quanto sia necessario senza considerare che le scorte di magazzino rappresentano un'incudine che grava sulle finanze aziendali.
Non solo i costi di inventario costituiscono l'obiettivo di riduzione da parte delle imprese: anche i costi di produzione possono essere ridotti, per via della miglior connessione fra i nodi della supply chain, con la conseguente eliminazione di inefficienze di trasporto e di tempi morti nel flusso di materie prime, semilavorati e prodotti finiti.
- **Riduzione del capitale circolante:** la riduzione dei costi e delle scorte genera una distribuzione più efficace ed efficiente dei magazzini.
L'indice di rotazione aumenta per la minore consistenza dei livelli di magazzino, determinati dal quantitativo di rimanenze presenti.
- **Miglioramento nei servizi al cliente:** il servizio al cliente deve essere veloce, tempestivo, di qualità e, se richiesto, personalizzato.
La collaborazione fra agenti e fra imprese è una variabile determinante nell'incremento di customizzazione dell'offerta e della qualità del prodotto; inoltre

la collaborazione fra gli agenti distributivi e le aziende determina una distribuzione più efficiente e con meno ritardi.

Ciò ha un ritorno sia diretto che indiretto, in quanto il cliente sarà più propenso a esprimere fiducia verso un'azienda capace di offrire queste peculiarità.

- Riduzione del time to market: la collaborazione tra clienti e fornitori ha risvolti tangibili nella diminuzione dei tempi di consegna e nell'eliminazione dei ritardi.

1.4 Supply chain e distretto industriale: affinità e differenze nei due modelli

Questo capitolo ha la finalità di individuare i punti in comune e le differenze fra la configurazione di una supply chain e quella di un distretto industriale. Vi sono indubbiamente affinità fra i due modelli sia dal punto di vista strutturale, inerente la dimensione e il numero delle imprese, sia da quello concernente la tipologia di relazioni esistenti fra i vari attori. Allo stesso tempo, sono presenti differenze significative che consentono di delineare in modo chiaro quali strategie di sviluppo economico e tecnologico possano essere applicate a ognuno di essi.

Perché condurre questo lavoro? Perché il distretto industriale è un modello organizzativo peculiare del nostro paese che, specie negli ultimi tre decenni, ha contribuito all'espansione del Made in Italy e ha favorito la diffusione del settore produttivo in Italia. Infatti, a differenza di altri settori che presentano ancora ritardi nei confronti dei loro corrispettivi negli altri paesi leader mondiali, il tessuto imprenditoriale italiano è di tutto rispetto e l'Italia è tra i maggiori produttori all'interno dell'Organizzazione per la Cooperazione e lo Sviluppo Economico (OCSE).

Si analizzeranno successivamente le peculiarità del distretto industriale italiano al fine di studiare quali siano le differenze con la supply chain e capire, nel prosieguo del lavoro, come possano essere applicate le nuove tecnologie di condivisione dei dati e delle informazioni nelle due strutture.

Prima di proseguire nella trattazione, appare opportuno definire cosa sia il distretto industriale e quali siano i suoi fondamenti di base.

1.4.1 Definizione e sviluppo del distretto industriale

Si può definire il distretto industriale come un insieme di piccole imprese, localizzate su un territorio non vasto e specializzate nella produzione di un determinato prodotto, le quali cooperano verticalmente e competono orizzontalmente. Elemento fondamentale è il territorio, che opera da collante fra le imprese e la comunità, la quale tende a identificarsi con il tessuto produttivo in un sistema di interscambio di valori. Nel distretto è presente una moltitudine di microimprese, ognuna delle quali svolge un componente, un semilavorato o concorre alla realizzazione di questi ultimi al fine di produrre un unico prodotto finale da vendere sul mercato al cliente. La caratteristica risiede proprio nella frammentazione delle unità produttive le quali, così come in una

supply chain, devono essere coordinate fra loro e fra le quali deve sussistere un intenso legame di relazioni formali e soprattutto non formali, per mantenere il rapporto comunicativo e informativo sempre aggiornato.

Il distretto si è sviluppato principalmente in Italia a partire dagli anni Ottanta ed è stato un punto di forza per la produzione e l'esportazione del Made in Italy. Come detto precedentemente, l'Italia è uno dei principali paesi produttori nell'Occidente e, a differenza degli altri stati, presenta una maggioranza rilevante di piccole e microimprese, elemento che ha facilitato la diffusione e lo sviluppo dei distretti.

Tale tipologia di organizzazione ha riscontrato tentativi di applicazione e interesse anche fuori dai confini italiani, in particolar modo nei paesi in via di sviluppo. Grazie allo stretto rapporto tra territorio e aziende, il distretto consente di sviluppare sia la dimensione economica che quella sociale, andando così a delineare uno sviluppo a tutto tondo e non solo incentrato sull'attività economica in quanto tale.

Inoltre, nei paesi in via di sviluppo la maggioranza delle imprese è di piccole o medie dimensioni; è infatti difficile riscontrare la presenza di molte macroimprese e coordinarle eventualmente fra di loro dal momento che, se presenti, esse sono spesso multinazionali appartenenti a paesi terzi che raramente collimano i propri interessi con quelli della comunità.

Proseguendo in questa direzione, lo sviluppo del distretto consente una più equa distribuzione della ricchezza derivante dall'operato economico rispetto a quella prodotta da grandi imprese presenti sul territorio. Per di più, essendo un modello non gerarchico e che prevede elementi quali la cooperazione e la collaborazione, il distretto stimola la creazione di relazioni orizzontali e riduce le disuguaglianze fra soggetti, che sono presenti di gran lunga nei paesi in via di sviluppo.

Detto ciò, non sempre i distretti hanno avuto successo; la loro presenza in territori in cui latitano istituzioni e in cui per ragioni culturali si fatica a comprendere la logica della cooperazione porta e ha portato inefficienze e criticità. Da questi fattori ci si riconduce ancora all'importanza del territorio e del contesto storico, sociale e culturale in cui il distretto può inserirsi e questo indica come l'esportazione forzata del modello distrettuale sia di complicata realizzazione.

Il distretto ha visto il suo ruolo e la sua importanza mutare nel corso degli anni, anche a seguito degli eventi macroeconomici e politici. La globalizzazione ha determinato un ruolo non più centrale del territorio, con acquisizioni delle piccole aziende da parte di grandi imprese o l'insorgere delle multinazionali, fattori che hanno determinato una minor opportunità di coesione fra territori e tessuto imprenditoriale locale. Dall'altro lato però essa ha conseguito alla creazione delle economie di scala e di standardizzazione del prodotto; quest'ultimo elemento ha ricreato interesse per la diversità e la varietà del bene, con il territorio che può riacquisire rilevanza e fungere da attore principale nella riscoperta di prodotti non standardizzati e con una valenza storica caratteristica verso cui il consumatore non di massa è attratto.

1.4.2 Caratteristiche e peculiarità del distretto industriale, con particolare riferimento al distretto industriale italiano

In Italia il distretto ha avuto un ruolo centrale per lo sviluppo dell'economia nazionale sin dagli anni Settanta e Ottanta, quando le attività economiche hanno rotto gli argini del cosiddetto "triangolo industriale" formato da Milano, Genova e Torino, nel quale storicamente era da ricercarsi il fulcro degli scambi commerciali e dell'attività produttiva italiana.

Uno dei più grandi studiosi del distretto italiano è stato, senza dubbio, Giacomo Becattini. Egli ha più volte delineato l'importanza di questa espansione economica all'interno della penisola, la quale ha contribuito in maniera considerevole all'economia tricolore, in particolar modo per quanto concerne la produzione e l'esportazione del Made in Italy nel mondo. Becattini ha ripreso e adattato al contesto italiano le osservazioni di Alfred Marshall relativamente ai diversi vantaggi cui possono fare affidamento le grandi e le piccole imprese.

Marshall denotò come le grandi aziende, specie quelle di produzione di massa dell'epoca, riescano a conseguire vantaggi economici poggianti sulle economie di scala o di raggio d'azione e sulla divisione del lavoro indipendentemente dalla loro localizzazione nel macroambiente; al contrario, per le piccole imprese, i vantaggi derivanti dalla divisione del lavoro sono determinati dalla presenza di numerosi attori, specializzati ognuno in una fase produttiva e condensati in un territorio limitrofo e ristretto. Da qui il concetto di atmosfera industriale, che si può definire come un insieme di fattori astratti per cui, in un determinato territorio a forte specializzazione produttiva "i misteri dell'industria non sono più tali; è come se stessero nell'aria, e i fanciulli ne apprendono molti inconsapevolmente"⁸. L'atmosfera industriale si sviluppa pertanto in virtù di una condivisione, per la maggior parte in termini informali, di valori all'interno di un territorio fra imprese, comunità di appartenenza e istituzioni.

Nella visione di Becattini, al fine dello sviluppo di un distretto industriale, sono necessari vari fattori.

In primis, è fondamentale che ci sia una attività industriale preponderante, specializzata nella produzione di un particolare bene. In Italia, la formazione dei distretti è stata agevolata dalla forte diversità di valori, usi e costumi presenti nelle varie regioni, la quale ha favorito l'accorpamento di piccole imprese in territori limitrofi, generando un mosaico di raggruppamenti di imprese ognuno specializzato nella produzione di prodotti locali o tipici di quel luogo.

A ciò ha contribuito anche la tendenza della domanda, nel corso degli anni, di spostarsi da una scelta basata sui prodotti di massa a una scelta d'acquisto che apporti diversità, tipicità e particolarità al consumatore e che si differenzi pertanto dal prodotto di massa.

In secondo luogo, deve essere presente una comunità locale che abbia un sistema dei valori strutturato e solido nel tempo, condiviso fra tutti i partecipanti ad essa: istituzioni, imprese, famiglie, amministrazioni pubbliche. Questo ambiente è in grado di incentivare

⁸ Alfred Marshall, "Principles of Economics", Macmillan, 1890.

le imprese a perseguire la loro attività imprenditoriale e a innovarsi. In Italia la divisione storica che da sempre ha riguardato le popolazioni facenti parte della penisola ha facilitato il formarsi di un senso di comunanza, a volte sfociato in chiusura verso l'esterno, che ha formato un bagaglio di valori condivisi fra gli abitanti di uno specifico luogo geografico. Se si collega tale aspetto al fatto che i territori in cui si sviluppano i distretti sono spesso luoghi non centrali, talvolta rurali o comunque esterni ai grandi centri cittadini, si può comprendere come la condivisione di valori storici fra abitanti del luogo e imprese sia ancora più forte. Non vi è una distinzione netta fra l'abitante, da sempre insediato in un certo luogo, e l'impresa esterna che non condivide valori e aspetti storico-culturali di quel territorio.

Appare quindi evidente come il contesto italiano abbia permesso di strutturare quell'intreccio fra gli aspetti sociali e le attività economiche che è necessario per sviluppare un rapporto di interdipendenza fra le persone e i soggetti economici.

Inoltre le imprese presenti in tale scenario devono essere numerose, ognuna specializzata in una fase di produzione del bene economico offerto dal distretto, in un sistema di divisione del lavoro affinato. Le imprese sono allo stesso tempo cooperanti e competitors; cooperanti perché concorrono alla formazione del prodotto finale che è composto dai singoli componenti realizzati nelle specifiche fasi di produzione, competitors poiché i soggetti produttori dello stesso componente o semilavorato competono fra loro al fine di riuscire a essere il punto di riferimento per l'intero distretto per quella determinata fase. Ad esempio, si consideri un distretto manifatturiero, come può essere quello della calzatura. La cooperazione avviene verticalmente: per formare il prodotto finale, la scarpa, è necessario che i singoli produttori di tacchi, soles, lacci, tomaie, collaborino fra loro per svolgere le loro fasi in maniera tale che il prodotto da vendere sul mercato abbia caratteristiche ben delineate. La competizione avviene orizzontalmente: pertanto, i produttori di lacci saranno in competizione fra loro per essere l'impresa produttrice di lacci più importante nella formazione della scarpa, e allo stesso modo i produttori di tacchi, soles e tomaie.

Andando invece a indagare quali siano state le possibili cause relative all'origine dei distretti industriali in Italia, si delineano quattro prospettive⁹:

- Nascita spontanea: può accadere che in una località si inneschino fenomeni di sviluppo distrettuale a seguito di eventi casuali, o comunque non riconducibili all'espressa volontà dei soggetti economici di avviare un'attività di tale portata. Per fare un esempio, il distretto calzaturiero di San Mauro Pascoli, in Emilia Romagna, ha visto la sua nascita a seguito della Seconda Guerra Mondiale; prima di essa, vi erano alcune attività indipendenti volte alla produzione di scarpe e scarponi ma, con l'avvento della guerra, la domanda di scarponi militari crebbe esponenzialmente e per giunta venne stabilito, da una legge dell'epoca, che i lavoratori addetti alla produzione di questa particolare calzatura fossero esentati dal fronte. Ciò fu un enorme incentivo per l'espansione dell'attività di produzione,

⁹ Lucio Poma: "Oltre il distretto. Imprese e istituzioni nella nuova competizione territoriale", FrancoAngeli, 2003.

che da semplice attività di bottega indipendente divenne la produzione caratteristica del territorio.

Oggi il distretto calzaturiero è ancora attivo ed è presente un ente, il Cercal, che funge da centro di ricerca e scuola di formazione; il Cercal ha la finalità di formare figure professionali specializzate nel campo del calzaturiero, in particolar modo sull'alta moda, attraverso una collaborazione con le imprese del distretto che consente un inserimento nel settore di figure professionali competenti.

- Presenza di una grande impresa nel territorio: come accennato precedentemente, nel distretto sono presenti piccole e microimprese, prevalentemente artigiane e manifatturiere, che comunicano fra loro con relazioni informali e non gerarchiche. In un contesto di questo genere, la presenza di una grande impresa potrebbe risultare fuori luogo o comunque dannosa per la vita del distretto.

A una prima analisi, tale deduzione è corretta: infatti la grande impresa tende ad accentrare verso di sé le competenze e le risorse presenti nel territorio, fungendo da catalizzatore e smembrando il tessuto territoriale di piccole imprese. I motivi sono da ricercare nell'assorbimento di capitale umano che, da impiegato nella piccola impresa o addirittura proprietario di questa, può essere propenso ad abbandonare la propria attività per far parte di una realtà più strutturata e per certi versi con più tutele. Inoltre, la grande impresa tende ad abbassare la qualità del prodotto per standardizzarlo e renderlo più facilmente replicabile all'interno del processo di lavorazione ma, così facendo, riduce la qualità di quanto offerto dal territorio; inoltre, a questo consegue una riduzione dei prezzi per sfruttare le economie di scala, elemento che determina la perdita, per i piccoli artigiani, di quel margine di contribuzione che permette loro di fabbricare un bene qualitativo e venderlo a un prezzo medio-alto. Un altro aspetto per cui il distretto è lesionato dalla presenza di una grande impresa è che quest'ultima può introdurre innovazioni incrementali e radicali cui le piccole imprese non possono sostenere, rimanendo così queste ultime indietro nel processo di sviluppo del prodotto e perdendo immagine e quota di mercato.

Evidenziate le note negative della presenza di una grande impresa in un ambiente distrettuale soprattutto nelle fasi iniziali e successive al suo insediamento, è opportuno porre l'attenzione sul fatto che in un secondo momento essa possa divenire divulgatrice di conoscenza ed elemento trainante del distretto. Ciò può accadere quando la grande impresa opti per una politica di decentramento, come successo negli anni Settanta, nei quali i consumatori esigevano prodotti differenziati e dove il ciclo di vita degli stessi si era accorciato significativamente. Un'altra possibilità in cui avviene questo divulgamento di conoscenza positivo per il distretto si ha quando si creano spin off spontanei, derivanti dall'acquisizione di competenze e conoscenze da parte dei lavoratori della grande impresa, che decidono di mettersi in proprio e trasmettere quanto appreso a realtà più piccole. Ultimo, il fallimento della grande impresa: oltre ad avere effetti negativi in termini di occupazione, esso può portare alla nascita di un distretto, con un meccanismo simile a quello degli spin off, in cui i lavoratori dell'ex impresa si riorganizzano in tante piccole microimprese.

- Vicinanza a risorse naturali: è la situazione che si riscontra quando un territorio offre una particolare materia prima deputata alla produzione di un prodotto unico.

Ne è un esempio il distretto del marmo a Massa Carrara, sviluppatosi proprio grazie alla presenza del marmo bianco, avente caratteristiche uniche e richiesto in tutto il mondo. Anche in tale distretto è presente una scuola di formazione deputata alla creazione di personale specializzato nella lavorazione artistica e nel taglio del marmo.

- Presenza di una scuola di formazione: ricollegandosi al punto precedente, le scuole di formazione sono per la maggior parte una conseguenza della presenza di un distretto, formatesi successivamente rispetto al tessuto imprenditoriale. Talvolta invece esse sono non la conseguenza, bensì la causa della nascita di un distretto, ponendosi come figura istituzionale che impartisce e configura l'atmosfera industriale in un certo territorio. Sempre con riferimento all'Italia, protagonista di questa digressione, si può citare il caso delle scuole Aldini Valeriani di Bologna, per la costituzione del distretto del packaging bolognese. Le scuole Aldini Valeriani, fondate dal fisico Giovanni Aldini e dall'economista Luigi Valeriani, hanno costituito un incipit per la creazione del tessuto imprenditoriale della zona, prima pressoché inesistente. Grazie a un metodo innovativo di insegnamento basato sulla coesistenza fra teoria e pratica applicata e al legame intercorrente fra scienza e tecnica, le scuole hanno saputo non solo formare figure professionali specializzate, ma anche coadiuvare le imprese nella ricerca, sia del lavoro sia scientifica.

1.4.3 Affinità e differenze fra il distretto industriale e la supply chain

Obiettivo di questo paragrafo è individuare i caratteri che accomunano il distretto industriale e la supply chain e soprattutto le divergenze che intercorrono fra i due sistemi, al fine di evidenziare le diverse possibilità di sviluppo tecnologico nei due modelli.

Le affinità sono da ricondursi sicuramente nella cooperazione fra imprese: in entrambi i casi i vari attori sono portati a cooperare fra loro, al fine di ottenere un prodotto appetibile da vendere sul mercato. Inoltre per quanto concerne la dimensione media, così come nel distretto, anche in una catena di fornitura si riscontra un numero elevato di imprese: esse sono perlopiù piccole o medie e coordinate da un'azienda trainante di grandi dimensioni, mentre nel distretto la dimensione media delle imprese è un gradino inferiore, con una preponderanza di piccole e microimprese piuttosto che di PMI.

La logistica, l'incipit di questo lavoro, rappresenta un ulteriore punto di comunanza fra distretto e supply chain; se nella filiera essa è fondamentale per allineare i processi produttivi in una visione di insieme e deve essere l'elemento propulsore per la riduzione di inefficienze, nel distretto diventa il fattore cardine che può creare valore per l'intero sistema distrettuale. Infatti, la dimensione ancor più piccola delle entità imprenditoriali e la più accurata divisione del lavoro enfatizzano il ruolo della logistica come creatore di vantaggio competitivo.

Proseguendo nel delineare l'importanza della logistica tra il distretto industriale e la supply chain odierne, si evidenzia la prima differenza strutturale. Nella filiera produttiva l'integrazione è possibile anche grazie ai sistemi ERP (Enterprise Resource Planning), definibili come quei sistemi gestionali in grado di integrare sia le funzioni interne

all'impresa sia i rapporti con l'esterno, se dovutamente connessi. La dotazione di infrastrutture tecnologiche nelle aziende componenti la supply chain implica una dotazione di capitali e di risorse importante, oltre che una relazione di lungo termine fra i nodi della filiera; solo con queste condizioni è vantaggioso costruire un'architettura software che possa mettere in relazione i vari sistemi ERP delle singole aziende per ottenere un flusso informativo e materiale condiviso e verificato fra tutti i soggetti. Tali caratteristiche, sia la dotazione di risorse importanti ma soprattutto la relazione di lunga durata, appaiono fragili nel distretto. Le risorse poiché le microimprese sono spesso imprese individuali formate da un artigiano, o piccole imprese che hanno un elevato know-how ma una dotazione di capitali ridotta. Anche quando il capitale e le risorse sono sufficienti a implementare un sistema software condiviso, si riscontra nel distretto una diffidenza alla condivisione di sistemi comuni, sia per la paura di perdere tratti di unicità e conoscenza tacita, sia per il timore di intaccare la componente di genuinità nel contatto diretto con la clientela. Sul fronte delle relazioni invece il distretto si caratterizza sì per una fitta rete informativa informale e ben radicata, ma anche per una durata nei rapporti instabile; infatti, la competizione orizzontale fra le aziende del distretto può provocare facili cambi di partner di fornitura o di azienda cliente.

Scendendo più nel dettaglio nello studio delle relazioni fra le imprese appartenenti ai due modelli, si intuisce meglio come esse siano diverse. Se è vero che in entrambi i sistemi sono presenti relazioni intrecciate con una buona componente di informalità nei rapporti, è altrettanto vero che vi sono delle differenze. Nel distretto i rapporti informativi e relazionali sono prettamente informali, facilitati anche dalla vicinanza fra le imprese e dal fatto che molti imprenditori o artigiani si conoscano personalmente anche fuori dall'ambito lavorativo; in un contesto di questo genere la formalità nelle relazioni quotidiane è pressoché nulla. Nella gestione della supply chain invece, i nodi della catena presentano un sistema relazionale più eterogeneo. L'informalità è uno dei tratti caratteristici nel caso in cui due aziende siano legate da un rapporto commerciale fiduciario di lungo termine, ma lungo la catena sono presenti anche relazioni formali: questo sia nel caso in cui non vi sia conoscenza perfetta tra due attori, sia nel caso in cui le due aziende siano geograficamente distanti, poiché attraverso la formalità nello scambio di informazioni, dati sensibili o merci, aumenta la tutela delle parti nella transazione.

Un altro tratto distintivo è la territorialità: se il territorio, l'atmosfera industriale di Marshall e la presenza di enti che integrino i vari attori sono elementi fondamentali per definire un sistema produttivo come distretto, nella filiera questa voce perde di importanza. La vera differenza, o perlomeno la più rilevante, risiede proprio nel fatto che la supply chain non è necessariamente localizzata in uno specifico luogo geografico, specie al giorno d'oggi. Chiaramente se così fosse sarebbe vantaggioso per i partecipanti alla filiera, ma non è un elemento fondamentale, soprattutto a seguito della globalizzazione e dell'espansione dei mercati. Oggi le filiere produttive travalicano i confini nazionali grazie a una velocità di comunicazione e di trasporto di prodotti e persone che permette alle aziende di trovare i partner più adatti per la loro attività produttiva in giro per il mondo.

Il distretto si mostra invece come un sistema chiuso, poco incline all'apertura internazionale a causa delle peculiarità che lo contraddistinguono e che gli forniscono una forte componente di entropia.

La filiera e la sua gestione integrata, attraverso il SCM, si presenta come un ecosistema più evoluto rispetto al distretto industriale, che meglio ha saputo adattarsi ai cambiamenti socio-economici post globalizzazione e conseguenti all'innesto di nuove tecnologie.

Su questo ultimo aspetto appare opportuno un approfondimento, in virtù di quanto si enuncerà nel proseguo del lavoro. Nel distretto sembrano di difficile applicazione quelle tecniche di integrazione logistica e di implementazione di tecnologie ottimizzanti i processi come l'Information Communication Technology (ICT) e ancor di più la blockchain, che si andrà a delineare nel capitolo successivo.

Questo perché, come già enunciato, le risorse e la disponibilità all'apertura e alla condivisione nel distretto sono limitate e le microimprese costituenti la filiera del distretto appaiono più deboli strutturalmente delle imprese facenti parte di una supply chain di produzione non distrettuale. Ciò ha determinato un duplice effetto per il distretto: da un lato la sua crisi come sistema economico chiuso che, incapace di adattarsi a cambiamenti nel macroambiente, non è stato in grado di evolversi di pari passo con l'economia globale. Inoltre le innovazioni distrettuali sono spesso incremental, in quanto innovazioni radicali con il passato non sarebbero sostenibili dalla dimensione media delle imprese e romperebbero con il know-how storico delle singole aziende, elemento su cui si poggia la cultura distrettuale.

Pertanto i continui miglioramenti adottati presuppongono tempo e continuità per essere implementati, mentre nell'economia attuale le innovazioni sono spesso veloci e radicali e tendono a rompere i paradigmi passati. Dall'altro lato, il distretto non ha saputo adattarsi al cambiamento di territorio, che da geografico è diventato relazionale; come detto, grazie all'ICT, è cambiata la logica informativa e di conseguenza anche il territorio, che non è più inteso come luogo marshalliano nel quale numerose piccole imprese cooperano per la produzione di un bene specifico. Oggi il territorio è uno spazio relazionale ed economico, senza necessariamente un'ubicazione geografica distinta, nel quale le imprese sono unite da relazioni interdipendenti e dalla comunanza di intenti. Se un'impresa non trova affinità con le imprese a sé limitrofe, può costruire un sistema di relazioni in un altro luogo, oppure delocalizzare determinate attività produttive. Le supply chain attuali possiedono proprio tale caratteristica e meglio hanno reagito sia al contesto economico derivante dalla globalizzazione sia alle opportunità fornite dai nuovi paradigmi tecnologici.

1.5 Scenario e punti di debolezza delle attuali supply chain

Dal capitolo precedente si comprende come la supply chain sia un sistema economico diverso dal distretto e che meglio si conformi ai cambiamenti globali che stanno interessando l'economia in questi anni. Vero è anche però che le attuali catene di fornitura presentano punti di debolezza che necessitano di essere migliorati al fine di assorbire le opportunità derivanti dall'integrazione logistica e dalle nuove tecnologie informative.

1.5.1 Le sfide in termini di integrazione strategica

Nello scenario competitivo attuale, per emergere e avere la meglio sulla concorrenza, le imprese cercano di perseguire l'eccellenza organizzativa, che può portare vantaggi sotto diversi aspetti. Per conseguirla, il management volge verso l'adozione di modelli organizzativi che consentono di migliorare l'efficienza e l'efficacia interna, la reattività verso l'ambiente esterno e la flessibilità nei confronti della domanda di mercato; inoltre, è necessario condividere informazioni con clienti e fornitori e orientarsi al consumatore al fine di impostare su di esso il proprio sistema relazionale e produttivo.

Proprio la costante e continua connessione con fornitori a monte e clienti a valle è uno degli aspetti più rilevanti e che influenza di conseguenza gli altri citati: l'integrazione con gli altri soggetti della supply chain risulta fondamentale se si vuole costruire un modello globale che sia orientato al cliente, che sia flessibile e reattivo in risposta agli stimoli esterni cogliendone le opportunità e reagendo alle minacce e che, di conseguenza, crei valore per tutta la catena.

Vi sono stati due significativi cambiamenti nelle supply chain negli ultimi anni ai quali non ha del tutto corrisposto una conseguente risposta delle imprese.

In primis, le supply chain non sono più un insieme di reti fra fornitori e OEM operanti a sé stante, ma un ecosistema che vede una moltitudine di prodotti che viaggiano fra più attori cooperanti fra loro. Sono aumentati i rapporti che ogni singola azienda ha con i suoi fornitori, il numero stesso dei fornitori e soprattutto si sono ampliati i canali di distribuzione, che ora comprendono anche i canali online. Precedentemente, tutti questi fattori erano minori e il produttore di apparecchiature o semilavorati (l'OEM) gestiva un numero minore di relazioni con il nodo successivo nella catena, al quale si limitava a fornire il proprio output che veniva poi installato sul prodotto finale dall'impresa cliente. Secondo, il ciclo di vita dei prodotti è più breve rispetto al passato e sono frequenti i periodi di crescita e diminuzione della domanda, in virtù della minor durata delle singole fasi di lancio, sviluppo, maturità e declino. Tale elemento provoca instabilità nella domanda e difficoltà nel prevederla; ecco perché è obbligatorio per le imprese riuscire a condividere più informazioni possibili e coordinare la propria attività produttiva con le altre imprese nella catena.

Se la supply chain è mutata e si pone in una direzione di integrazione, non è altrettanto vero che anche le singole imprese si siano del tutto adattate e abbiano cambiato la loro organizzazione; la necessità di integrazione è stata colta ma l'implementazione di sistemi tecnologici non è stata ancora del tutto completa, causando un potenziale ritardo nello sviluppo delle odierne supply chain. Questo perché i singoli sistemi informativi delle aziende non sono collegati fra loro adeguatamente, pertanto il flusso di informazioni e lo scambio di beni fra i nodi della catena non è ancora ottimale.

È possibile sapere, ad esempio, chi ha spedito un determinato prodotto e da dove esso provenga grazie alle etichette digitali poste sopra l'imballaggio, ma non si è in grado di sapere cosa sia presente effettivamente all'interno dell'imballaggio e in che condizioni sia. Questo banale esempio è utile a capire come per le singole imprese l'esigenza sia quella di riuscire a coordinare i propri sistemi informativi, i quali sono spesso obsoleti, adatti al passato e implementati per imprese verticali con una catena di approvvigionamento meno dettagliata e più statica di quella attuale.

Oggi le condizioni di mercato impongono un passaggio dai vecchi sistemi statici a sistemi dinamici, appropriati per la cosiddetta "impresa integrata". L'impresa integrata è quell'organizzazione che, grazie all'uso e all'implementazione di tecnologie avanzate, è in grado di coordinare efficacemente non solo le funzioni interne ma anche le funzioni esterne, favorendo così lo scambio in forma elettronica di documenti sensibili, pagamenti e informazioni condivise.

Uno dei punti maggiormente critici per le imprese e per i quali appare necessario un coordinamento univoco e integrato è la difficoltà nel gestire e nell'interpretare la domanda, fattore che porta a inefficienze gestionali e a costi maggiori per l'intero sistema. Per le imprese la domanda è la somma degli ordini che provengono dagli anelli della catena successivi a essa; se un anello a valle della supply chain varia il quantitativo dell'ordine, gli anelli a monte modificheranno la loro produzione per sopperire a questo aumento di domanda. Pertanto, una variazione della domanda a valle genera una ripercussione lungo tutta la catena di fornitura, amplificando la propria portata man mano che si risale lungo la filiera: tale fenomeno prende il nome di *Effetto Bullwhip*, che può spiegarsi con questo semplice e rapido esempio.

Posto che la domanda possa subire variazioni per più motivi e in presenza di numerosi fattori, si prenda in considerazione l'ipotesi, tutt'altro che infondata e remota nelle dinamiche di mercato, di un aumento casuale della domanda. Il dettagliante, non potendo conoscere in anticipo che la variazione è casuale ed estemporanea, tenderà a aumentare l'ordine verso il nodo a monte al fine di non incorrere in un rischio di stock-out; il nodo a monte, verosimilmente un grossista, interpreterà il maggior ordine richiesto come un aumento della domanda ma, non potendo neanche egli sapere che tale aumento è casuale, ordinerà a sua volta al proprio nodo a monte una quantità maggiore. L'ordine del grossista presenterà un surplus composto dalla quantità ordinata in più dal dettagliante e dall'incremento che il grossista stesso deciderà di ordinare per non incorrere lui stesso in una situazione di stock-out. Questo processo, se ripercorso lungo tutta la catena, mostra come una semplice variazione della domanda amplifica il proprio effetto man mano che si risale la filiera. Risultato simile si ottiene non solo quando la domanda aumenta per un effetto casuale, ma anche quando un distributore decide di attuare una politica promozionale o quando voglia approfittare di promozioni offerte dal produttore; in tal caso la domanda crescerà nel primo periodo per poi calare nei successivi poiché il magazzino del distributore avrà scorte sufficienti che dovranno essere smaltite prima di un nuovo ordine pieno. Queste informazioni riguardanti le variazioni di domanda e i motivi di tali variazioni, se non sono condivise fra tutti i soggetti della supply chain di fornitura, provocano l'effetto bullwhip con le relative inefficienze che si ripercuotono su tutta la filiera; esse potrebbero essere evitate qualora vi fosse una struttura comunicativa e informativa adeguata fra tutti i partecipanti alla catena.

Un ulteriore aspetto da migliorare riguarda la trasparenza delle supply chain e la tracciabilità dei prodotti lungo la filiera. A seguito della globalizzazione le imprese agiscono su scenari internazionali, con una movimentazione di merci che valica i confini nazionali e che interessa numerosi attori, anche istituzionali. A questa evoluzione ed espansione dei rapporti commerciali, che comporta una elevazione del coefficiente di difficoltà nella gestione della filiera, si è accompagnata spesso l'impossibilità per le

imprese di controllare e governare le informazioni relative a ogni singolo passaggio dei prodotti lungo i nodi della catena. Ciò determina un'assenza di trasparenza nella tracciabilità e nella movimentazione dei beni, con una conseguente perdita di immagine e di qualità.

Le principali difficoltà per le supply chain in questi aspetti sono dovute a una digitalizzazione ancora non sviluppata nei massimi termini, che non consente di collegare fra loro i diversi sistemi informativi e di porre in essere un adeguato sistema di auditing dei processi interaziendali. Spesso le attività di controllo sono ancora svolte attraverso la trascrizione a mano di documenti che poi transitano da un'impresa all'altra, o da una funzione all'altra dentro la stessa impresa, i quali non permettono un rapido controllo e una immissione immediata nei sistemi informativi esterni; senza contare il fatto che i documenti scritti a mano sono inefficienti in termini di tempo e possono contenere errori di trascrizione.

Un'altra criticità risiede nella moltitudine di entità che entrano in gioco nella fase di regolamentazione di una transazione. Infatti, non solo fra stati diversi ma anche all'interno di uno stesso paese, accade che vi siano più organi di controllo ognuno richiedente standard differenti e non collimanti fra loro. Le imprese si vedono costrette a seguire numerosi diktat interni ed esterni, giungendo così a seguire passivamente la regolamentazione solo al fine di non incorrere in sanzioni, senza pervenire a una tracciabilità dei prodotti lungo tutta la filiera che potrebbe portare vantaggi significativi dal punto di vista economico, dei tempi e della qualità del servizio offerto.

1.5.2 Le opportunità fornite dalle nuove tecnologie: IT e blockchain

Le nuove tecnologie di condivisione delle informazioni e di integrazione verticale nella supply chain sono fornite principalmente da internet e dal digitale.

Le tecnologie IT consentono di creare una rete elettronica tra la singola impresa e i partner dentro la catena di fornitura, con il fine da un lato di ridurre i tempi di risposta al mercato e dall'altro di aumentare la velocità informativa e ottimizzare il processo produttivo e di approvvigionamento. L'impresa integrata costituisce un continuum fra i fornitori delle materie prime e i consumatori.

Negli anni le imprese hanno adottato alcuni miglioramenti nella gestione del flusso dei prodotti. Grazie ai sistemi informativi elettronici a livello di catena, il fornitore è ora in grado di conoscere quanti prodotti vengono venduti al dettaglio e, di conseguenza, quanta merce è necessaria alla propria impresa cliente. Quando il dettagliante vende un prodotto, i dati inerenti la vendita vengono inseriti nel sistema distributivo, al quale hanno accesso tutti i nodi della catena attraverso un sistema EDI; in tal modo il fornitore è a conoscenza del flusso uscente di prodotti ed egli, a sua volta, pone a disposizione dei propri fornitori informazioni relative alle materie prime usate, sulle scorte e sull'andamento della domanda. Si crea pertanto un processo che a ritroso costituisce un feedback lungo tutta la supply chain. Il sistema EDI (Electronic Data Interchange) cui si fa riferimento consente pertanto lo scambio di documenti normalizzati tra i sistemi informativi dei partecipanti a una relazione commerciale, superando così lo scoglio della mancata integrazione fra le

single imprese. Il fatto che il materiale scambiato abbia un carattere normalizzato è proprio ciò che differenzia il sistema EDI dagli altri sistemi di scambio di informazioni: i diversi partner possono scambiarsi elettronicamente ordini, documenti di trasporto, fatture, inventari, listini prezzi e via dicendo, tramite l'adozione di un linguaggio comune standardizzato che consente l'interazione di diversi sistemi informativi, automatizzando l'integrazione con gli ERP delle singole imprese e costituendo un unico linguaggio lungo la supply chain.

La tecnologia EDI ha avuto tuttavia una scarsa applicazione per via degli elevati costi di investimento che caratterizzano la fase iniziale del processo, sia per quanto riguarda gli hardware e i software traduttivi, sia per quanto riguarda gli standard di comunicazione e il formato dei documenti. L'abbattimento di tali barriere è reso ora possibile da internet, che ha permesso anche un ampliamento delle occasioni di utilizzo di tale tecnologia: grazie al *Web EDI* si possono scambiare documenti o dati sensibili con soggetti non dotati di tecnologia EDI ma aventi solo una connessione internet. In virtù di ciò, è possibile per un fornitore far compilare al cliente un modulo online al momento dell'emissione di un ordine di acquisto e acquisire i dati in formato elettronico senza doverli digitare nuovamente.

Negli ultimi anni si è dunque assistito a una diffusione significativa delle tecnologie digitali nella supply chain, seppur ancora non sufficiente a garantire una gestione ottima della filiera. Questo incremento è da ricercarsi nel calo del costo di dette tecnologie sul mercato, sia dei singoli prodotti che degli elementi infrastrutturali, unito a un incremento di competenze informatiche all'interno delle aziende e all'aumento della potenza di calcolo dei dispositivi. Ciò ha permesso alle aziende di installare tecnologie importanti a investimenti moderati, o comunque sostenibili in un'ottica di medio lungo termine.

Un'opportunità fornita dalle nuove tecnologie è, ad esempio, quella relativa all'adozione dei sensori RFID (Radio Frequency Identification), che si può definire come un'evoluzione del codice a barre. La peculiarità di questa tecnologia risiede nel fatto che ogni prodotto, anche della medesima tipologia, vede applicato su di esso un'etichetta diversa; ciò consente di sapere se quel determinato prodotto è uscito o entrato dal magazzino, monitorarne il percorso e avere pertanto un chiaro quadro di quanti e quali singoli beni siano in viaggio lungo la catena.

Nella gestione delle scorte le etichette RFID sono molto utili in quanto permettono, solo tramite la semplice lettura da parte del reader, di rimuovere un prodotto dalle giacenze se è stato venduto e di aggiornare costantemente e in tempo reale il magazzino; ugualmente, esse permettono di conoscere perfettamente le entrate, sempre grazie alla semplice lettura del tag (l'etichetta) da parte del reader.

Un'ulteriore tecnologia che si è fatta strada recentemente è la blockchain, la quale verrà esposta con precisione le capitolo seguente. Attraverso la blockchain le imprese possono reinventare il loro approccio al Supply Chain Management a livello di ecosistema, abbandonando quella dimensione di chiusura verso l'esterno che ancora oggi caratterizza soprattutto le PMI, ottenendo una efficiente e autenticata gestione dell'intera catena di fornitura e volgendo definitivamente la loro attività verso l'integrazione completa della catena. Questa tecnologia, ancora poco diffusa a livello mondiale, permette di creare una

rete verificata nella transazione di prodotti, moneta e dati fra attori privati, attraverso un sistema *peer-to-peer* e un'architettura software in grado di connettere i diversi sistemi ERP delle singole aziende e capace quindi di superare lo scoglio dell'incomunicabilità delle informazioni.

Capitolo 2. La tecnologia blockchain: sviluppo, caratteristiche e funzionamento

2.1 Sviluppo della blockchain

2.1.3 Il problema di trust nelle relazioni economiche

Quando due soggetti effettuano una transazione di beni gioca un ruolo fondamentale il livello di fiducia che ognuno ripone nell'altro: maggiore è l'asimmetria informativa in capo a ciascuna delle parti, maggiore sarà il grado di accortezza e attenzione riposto nella controparte. Purtroppo, non è sempre sufficiente l'essere accorti e scrupolosi nel verificare l'operato di un soggetto per non incorrere in contraffazioni, falsi o inconvenienti qualitativi e quantitativi nel corso di una contrattazione; ciò sia per la mancanza di strumenti tecnici atti a verificare il contenuto effettivo di una transazione, sia per la presenza di fattori esterni che impediscono la piena conoscenza della controparte e la perfetta supervisione delle operazioni svolte.

La questione sulla *trust*, ossia sulla fiducia intercorrente fra le parti in uno scambio commerciale, è una problematica che è presente da molti secoli e che accompagna tuttora le relazioni fra due o più individui e l'attività economica delle imprese.

Il primo caso conclamato di falso presente in una relazione è riconducibile alla famosa Donazione di Costantino. Prodotta tra il 750 e l'850 d.C. probabilmente a Roma o nel monastero di Saint Denis, in Francia, in essa si attestava il conferimento da parte dell'imperatore Costantino al papa Silvestro I della giurisdizione civile su Roma e sull'Occidente, attribuendo inoltre alla Chiesa i poteri imperiali ed equiparando il clero romano agli ufficiali dell'Impero in merito a poteri e diritti. Il documento, sebbene in disaccordo con i civilisti che non lo consideravano proprio di valore giuridico poiché in contrasto con una glossa delle *Institutiones* sull'attribuzione dei poteri imperiali, venne incluso addirittura nel *Decretum Gratiani*, il testo ufficiale per l'insegnamento del diritto canonico. Solo nel 1440 d.C., dopo che anche Nicolò Cusano aveva espresso in precedenza dubbi sulla veridicità dell'atto, l'umanista e filologo Lorenzo Valla dimostrò la non autenticità del manoscritto con la pubblicazione dell'opera *De falso credita ed ementita Constantini donatione* ponendo così fine a un falso che, a causa della mancanza di trasparenza, era durato più di mezzo millennio.

Rimanendo nel passato e spostandosi verso una situazione più simile a una odierna transazione, appare esemplificativo il caso del Cupido Dormiente di Michelangelo Buonarroti. La statua creata in giovane età dal maestro aretino fu invecchiata artificialmente ad hoc e sotterrata, sotto il consiglio di Lorenzo di Pierfrancesco de' Medici, al fine di renderla appetibile nel mercato delle sculture antiche a Roma; l'inganno prese piede quando, anche grazie all'intermediazione di Baldassarre del Milanese, l'opera fu venduta al cardinale di San Giorgio, Raffaele Riario. Anche se ai fini della trattazione ha scarsa rilevanza, è opportuno indicare che in realtà la vicenda ebbe una conclusione

positiva: questo poiché il cardinale, scoperto l'inganno, inviò nelle botteghe fiorentine il suo banchiere di fiducia, Jacopo Galli, al fine di conoscere chi gli avesse perpetrato la truffa. Michelangelo, poste le scuse al cardinale, divenne artista presso la residenza del Galli e iniziò la sua splendida carriera.

I due avvenimenti sopra riportati evidenziano come sin dal passato la fiducia negli atti e nelle transazioni, siano queste di denaro o non, sia appannaggio di pochi e di come sia difficile per un soggetto potersi fidare completamente della controparte.

Nel corso degli anni il ruolo della fiducia all'interno della società occidentale è profondamente mutato. Se storicamente la fiducia nei rapporti commerciali o con le istituzioni si configurava come una forza diretta, tangibile e basata sulla reputazione di una singola persona o di un gruppo di persone di cui si aveva conoscenza, tra l'Ottocento e il Novecento si ebbe una profonda mutazione; a seguito della forte urbanizzazione e della nascita delle prime grandi città, si perse quel senso di territorialità che intercorreva nei rapporti citati precedentemente e si dovette riporre la fiducia nelle istituzioni e in terze parti che, nella maggior parte dei casi, non apparivano dirette e prossime alla popolazione. L'istituzionalizzazione della fiducia, presente per tutto il ventesimo secolo e in parte ancora oggi, ha però subito forti ridimensionamenti e concitate critiche, in particolar modo dopo il verificarsi di alcuni scandali mondiali che hanno interessato principalmente l'economia e le grandi istituzioni come la crisi bancaria del 2008, i Panama Papers e il Dieselgate.

Proseguendo su tale onda ma soffermandosi sulle dinamiche commerciali che interessano in questo scenario le imprese operanti sul mercato, appare evidente come dal punto di vista economico la fiducia sia un elemento tanto fondamentale quanto arduo da ottenere e riporre per le imprese.

Nel contesto competitivo attuale le supply chain sono composte da una moltitudine di aziende differenti tra loro per struttura e conoscenze, con aspetti culturali e sociali diversi, localizzate in luoghi geografici spesso distanti fra loro e sottoposte a numerose ed eterogenee policies di regolamentazione delle attività economiche. Questi fattori determinano, oltre una lontananza fra i soggetti che il più delle volte è sia fisica che culturale, la non cooperazione fra le imprese e la conseguente competizione all'interno di un rapporto commerciale; in un ambiente competitivo avente tali tratti distintivi la soluzione per acquisire fiducia e sentirsi tutelati nel corso di una transazione, o di uno scambio, può essere rappresentata dal ricorso agli intermediari.

Gli intermediari sono tutte quelle figure che si interpongono fra due parti nel corso di una transazione, al fine di mediare e riporre su sé stesse, attraverso la propria opera, parte della responsabilità di una contrattazione e possono essere di vario genere, a seconda del settore e della funzione in cui operano.

I più rilevanti sono gli intermediari finanziari, quelle figure che facilitano l'incontro fra la domanda e l'offerta di capitali gestendo investimenti per conto terzi, come le banche, le istituzioni creditizie e le imprese di investimento.

Altrettanto importanti sono gli intermediari operanti nelle transazioni di mercato, ovvero gli agenti di commercio: tale figura, individuata dall'articolo 1742 c.c. è "il soggetto, persona fisica o società, stabilmente incaricato di promuovere, salvo approvazione della

ditta mandante, la conclusione di contratti in una zona preliminarmente definita per conto di una o più ditte proponenti”.

Il vantaggio insito nella scelta di un soggetto di affidarsi a un intermediario risiede, oltre che nella competenza e nell'esperienza nel settore della figura professionale individuata, dalla minor probabilità che la controparte metta in atto comportamenti lesivi o non ottemperanti in quanto, se ciò accadesse, si sarebbe comunque assicurati dall'operato dell'intermediario come soggetto *super partes*.

Se da un lato il sistema basato sull'intermediazione ha condotto le redini dell'economia per più di un secolo in forza di quanto affermato, oggi appare vulnerabile e di minor affidabilità rispetto al passato agli occhi della popolazione e delle imprese; ciò anche a seguito degli eventi sopra citati che hanno evidenziato come l'approccio centralizzato nella gestione di una relazione sia difficile, dispendioso e pertanto inefficiente.

Inoltre, il sistema basato sull'impiego degli intermediari nella gestione delle transazioni racchiude un problema di disuguaglianza, dal momento che non tutti i soggetti hanno la possibilità economica per farvi ricorso: ne consegue che il sistema centralizzato non può presupporre una scelta ottima in termini di risorse ed efficacia per la verifica e il controllo delle transazioni.

Tali motivazioni sono alla base del passaggio dai sistemi centralizzati e decentralizzati, operanti con l'ausilio di intermediari specializzati in vari settori a seconda della funzione a loro richiesta, all'adozione di sistemi innovativi di controllo e auditing che non presuppongano l'intervento di terze parti nella gestione di un rapporto o di una relazione. Si può dunque affermare che nel ventunesimo secolo la fiducia, riposta precedentemente negli intermediari per più di un secolo, si stia spostando verso la tecnologia, la quale rappresenta oggi l'elemento su cui i soggetti fanno affidamento nella gestione delle transazioni.

Prima di proseguire su questa strada e scendere più nel dettaglio, appare opportuna una breve digressione sul funzionamento dei sistemi centralizzati, dei sistemi decentralizzati e di quelli distribuiti e della loro conseguente evoluzione, in particolare nella gestione delle transazioni di denaro e di dati sensibili al fine di comprendere meglio le differenze fra i diversi modelli e di introdurre adeguatamente la blockchain, il sistema che rappresenta il cardine di questo lavoro.

2.1.2 I sistemi centralizzati

In ambito informatico i sistemi centralizzati si sono sviluppati fra gli anni '60 e gli anni '70, poggiando in particolar modo sull'architettura *mainframe* e sui sistemi di gestione di basi di dati come i DBMS (Data Base Management System). I sistemi centralizzati sono formati da un grande elaboratore centrale collegato a diversi terminali periferici. Il vantaggio proprio di questa architettura è rappresentato da due concetti chiave in informatica, ossia quelli di affidabilità e scalabilità. L'affidabilità risiede nella fiducia che il sistema ripone nelle capacità del computer centrale, il quale è il nodo focale attraverso cui passano tutte le informazioni fra le varie unità terminali; la scalabilità è invece rappresentata dalla potenzialità di crescita e ampliamento del sistema al crescere dei

volumi di lavoro, semplicemente aggiungendo ulteriori terminali collegati al mainframe centralizzato.

Il sistema Centralized Ledger comporta però anche considerevoli svantaggi. Oltre a quelli legati a elementi prettamente informatici come la mancanza di funzionalità grafiche avanzate e la difficoltà di sostituzione, ciò che rileva ai fini della trattazione è inerente prevalentemente ai limiti di sistema: la condizione per cui tutti i terminali siano collegati imprescindibilmente a un unico mainframe centrale rappresenta una fonte di debolezza significativa soprattutto in termini di sicurezza, in quanto queste architetture sono facilmente attaccabili da una forza esterna semplicemente vulnerando l'entità centrale del sistema.

Tali inefficienze vengono in parte superate con l'avvento dei sistemi decentralizzati (Decentralized Ledger): in essi è sì presente un'unica entità centralizzata a cui diversi nodi periferici sono collegati e subordinati ma tali nodi, a livello locale, fungono a loro volta da punti di riferimento per molti terminali.

Tuttavia, anche con questa soluzione non si ha una completa sicurezza in quanto è possibile per un hacker attaccare i nodi decentralizzati per mettere in crisi l'intero sistema.

2.1.3 I sistemi distribuiti e l'architettura P2P

Il vero cambiamento si ottiene con l'adozione dei sistemi distribuiti, i cosiddetti Distributed Ledger, nei quali non è più presente un'autorità centralizzata di riferimento e dove la fiducia è riposta in un meccanismo di consenso fra i nodi della rete. Il passaggio a questo sistema è stato reso possibile innanzitutto dalla diminuzione dei costi di hardware e software, dalla migliore qualità del servizio offerto rispetto ai sistemi centralizzati e da una maggiore flessibilità che i sistemi distribuiti possono assicurare nell'economia moderna. Uno dei vantaggi dei sistemi distribuiti risiede soprattutto nel non dover fare ricorso a un'entità centrale: ciò in termini di sicurezza implica che l'intero sistema sia difficilmente vulnerabile, poiché si elimina il problema della dipendenza dal nodo centrale, come si evince dalla figura.

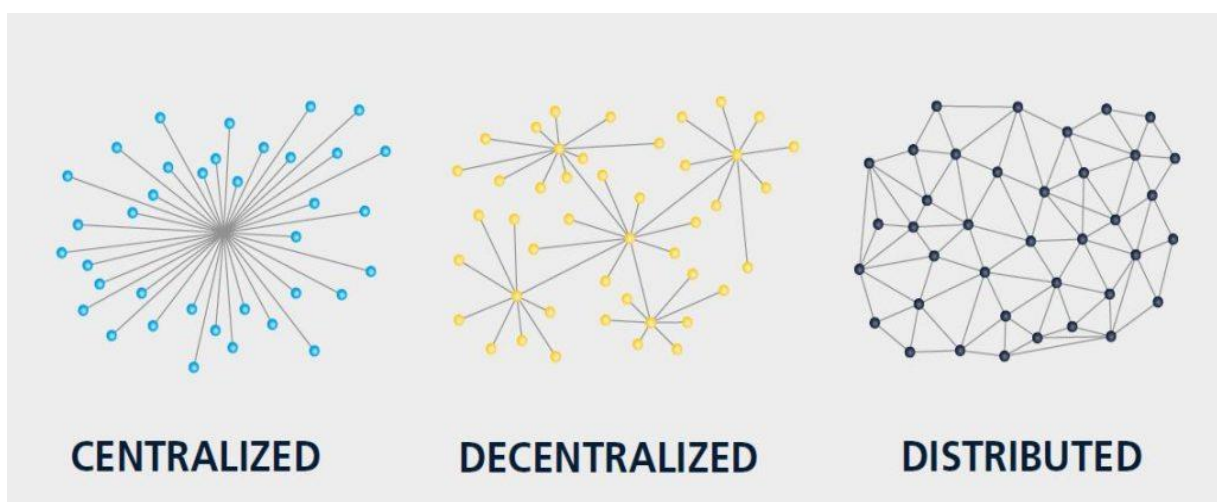


Figura 2. Tipologie di sistemi: centralizzato, decentralizzato, distribuito.

Le caratteristiche di un sistema distribuito possono essere riassunte nelle seguenti:

- **Trasparenza:** un sistema distribuito non deve esplicitare che le sue risorse siano fisicamente distribuite. La trasparenza può essere di diverse tipologie: quella di accesso consiste nel nascondere le modalità di accesso degli utenti alle risorse, quella di locazione consta nel nascondere la locazione fisica di una risorsa, quella di migrazione permette l'accesso a risorse che abbiano cambiato la loro locazione e quella di duplicazione fa riferimento al nascondere la risorse duplicate all'esterno del sistema.
- **Flessibilità:** tale caratteristica è relativa alla semplicità nella configurazione del sistema e nell'aggiunta di nodi allo stesso, al fine di renderlo estendibile.
- **Scalabilità:** è la capacità di fornire le medesime prestazioni, in termini di throughput e latenza, anche in presenza di un aumento del carico operativo sul sistema, ovvero in situazioni che presentano picchi di carico di accesso alle risorse.
- **Eterogeneità:** sottende la varietà e la differenza di reti, sistemi operativi, hardware e linguaggi che possono essere presenti in un sistema distribuito, a differenza di un sistema centralizzato.
- **Concorrenza:** è relativa alla possibilità che più utenti vogliano avere accesso alla medesima risorsa contemporaneamente; in tal caso deve essere possibile per tutti avere accesso a quella risorsa.

Un esempio di sistema distribuito può essere riscontrato ad esempio nell'architettura *peer-to-peer* (P2P), nella quale l'infrastruttura in server centrali è minima o completamente assente. Ciò che consente al sistema di funzionare è la comunicazione in via diretta tra coppie di terminali, gli host o *peer*, ossia i computer controllati direttamente dagli utenti che riescono a scambiarsi dati e informazioni senza l'ausilio di un'autorità centrale: un esempio di applicazione P2P è Skype, dove più host hanno la possibilità di comunicare tra loro telefonicamente e in videoconferenza.

Uno dei punti di forza dei sistemi P2P e, come già visto, di tutti i sistemi distribuiti è la scalabilità: in particolare, nell'architettura P2P tale caratteristica assume una rilevanza maggiore che nei sistemi centralizzati in quanto ogni peer non solo aumenta il carico di lavoro del sistema, ma alleggerisce il sistema stesso aggiungendo capacità e rispondendo alle richieste degli altri peer. Un altro fattore attrattivo di questa architettura è costituito dal risvolto economico: dal momento che non sono necessari server né infrastrutture importanti, i costi per la sua implementazione appaiono ridotti.

Andando a carpire la correlazione fra le infrastrutture informatiche considerate e il cambiamento della fiducia nella società odierna, si può ben comprendere come l'evoluzione in campo informatico e l'affermazione della trust nella società vadano di pari passo.

Volendo instaurare un parallelismo, se in termini economici il sistema centralizzato è paragonabile alle istituzioni e il decentralizzato all'impiego degli intermediari che si attengono all'autorità e fungono da nodi periferici di essa, il sistema distribuito può rispecchiarsi nella tecnologia, ossia quell'elemento distribuito e accessibile alla maggior

parte della popolazione che consente ai soggetti di comunicare e scambiarsi informazioni e dati sensibili senza l'ausilio di un intermediario.

2.1.4 Introduzione e nascita della blockchain

Il 31 ottobre del 2008 Satoshi Nakamoto, in una mailing list di crittografia sul sito *metzdowd.com*, pubblica il *white paper* di Bitcoin, il mezzo di pagamento digitale che continua a diffondersi e ad aumentare di valore giorno per giorno.

Le generalità di questo rivoluzionario inventore sono ancora sconosciute: Nakamoto è infatti un mero pseudonimo e vi è la possibilità che dietro a tale nome si celi non un singolo individuo ma un gruppo di persone. L'intento del creatore, o dei creatori, di Bitcoin però è estremamente chiaro e infatti il whitepaper si propone di introdurre un sistema distribuito che non abbia bisogno dell'ausilio di banche e istituzioni centralizzate per l'elaborazione delle transazioni.

Nell'introduzione del whitepaper viene esplicitato come le transazioni riguardanti il commercio online siano gestite da istituzioni centralizzate che, pur operando spesso correttamente, non rappresentano una soluzione ottima e portano in dote elementi di debolezza propri del modello fiduciario. Una criticità propria di tale modello è data dalla reversibilità delle transazioni: un atto si dice irreversibile se si ha la certezza assoluta che si stia compiendo, una certezza che non può venir meno al volere delle parti e garantisce pertanto il massimo rispetto degli obblighi derivanti da uno specifico atto giuridico, o da una transazione. La mancanza di irreversibilità crea un meccanismo per il quale è sempre più rilevante la fiducia nella controparte e per il quale il venditore è portato a diffidare dei propri clienti, ad esempio chiedendo loro numerose informazioni aggiuntive all'interno di una relazione, per il timore di non poter vedere concluso l'accordo.

Inoltre l'intermediazione comporta dei costi di transazione che, come già affermato precedentemente in questo capitolo, non appaiono sostenibili per tutti gli individui, sottendendo così un problema di disuguaglianza sociale.

Infine, è da segnalare come una certa quantità di frodi sia presente e inevitabile nel sistema fiduciario.

Per queste motivazioni, secondo Nakamoto, è opportuno costituire un sistema distribuito peer-to-peer per le transazioni online, che superi le debolezze insite nel ricorso agli intermediari.

"È necessario un sistema di pagamento elettronico basato su prova crittografica invece che sulla fiducia, che consenta a due controparti qualsiasi di negoziare direttamente tra loro senza la necessità di una terza parte di fiducia."¹⁰

Attraverso tale pubblicazione viene così per la prima volta introdotta la blockchain, come tecnologia sulla quale si instaura il protocollo Bitcoin.

Il Bitcoin quindi è una criptovaluta non controllata da istituzioni centralizzate, poggiante sulla tecnologia blockchain. A tal proposito appare opportuna una delucidazione: anche

¹⁰ Satoshi Nakamoto, "Bitcoin: a peer-to-peer Electronic Cash System", 2008.

se spesso con il termine “blockchain” si fa riferimento alla tecnologia che ha permesso al Bitcoin di nascere e svilupparsi, esistono numerose blockchain, intendendo con tale termine quelle tecnologie in cui è presente un database di transazioni condiviso tra più nodi della rete. Per non confondere le diverse blockchain, quella originaria dei Bitcoin viene indicata con la lettera maiuscola, mentre le altre con la lettere minuscola. Pertanto, se ci si imbatte nella “Blockchain” si sta facendo riferimento specificatamente alla tecnologia Bitcoin, mentre se si parla di “blockchain” in generale, ci si sta riferendo a una qualsiasi tecnologia distribuita organizzata sul consenso.

In questa parte della trattazione si prenderà in esame la Blockchain sottostante la tecnologia Bitcoin per le sue peculiarità distintive.

2.1.5 La Blockchain e il dilemma dei generali bizantini

La vera capacità innovativa della Blockchain consiste nell’assicurare l’integrità e la conservazione dei dati quando questi vengono trasmessi nella rete da più peer di volta in volta: ricollegandosi al discorso precedente sulla fiducia, si può affermare come quest’ultima sia riposta completamente nella tecnologia e di come gli utenti non abbiano più la necessità di doversi fidare di una terza parte o della controparte.

La Blockchain introdotta da Nakamoto è rivoluzionaria poiché riesce a risolvere uno dei più grandi problemi presenti nel mondo digitale: prima di essa non era infatti possibile, se non tramite un intermediario, avere la conferma che una certa quantità di denaro fosse stata spesa. La vera difficoltà nello scambio online di moneta è relativa alla natura della moneta stessa; se oggetto dello scambio è un documento word, PDF o excel, non è un problema crearne una copia e inviarla al destinatario. Qualora l’oggetto della transazione sia però il denaro, non è possibile crearne un duplicato e non è inoltre possibile inviare una somma di denaro univoca e non copiabile senza la certificazione di una terza parte che confermi e autorizzi l’avvenimento della transazione. Tale problema è noto come “double spending” ed è stato per l’appunto risolto grazie all’adozione della Blockchain. Ma come questa tecnologia è in grado di porre rimedio a una problematica così spinosa? La risposta è da cercarsi in una parola: il consenso.

In un sistema distribuito come la Blockchain il consenso risiede nella tecnologia stessa e rappresenta quel meccanismo universalmente accettato da tutti i nodi sul quale si erige il funzionamento del sistema stesso. Cosa accade però se uno o più nodi malintenzionati decidessero di attaccare la natura del sistema inviando messaggi e dati lesivi agli altri nodi? Non è forse necessaria la presenza di un intermediario? No, se la soluzione adottata è quella di creare un consenso universale che permetta ai nodi della rete di giungere a una versione comune di quanto scambiato nella transazione.

Al fine di rendere più intuitivo il meccanismo sottostante la Blockchain e il suo funzionamento attraverso il consenso distribuito, si introduce un famoso rompicapo che per anni è rimasto irrisolto: il dilemma dei generali bizantini. Questo problema è stato proposto nel 1982 da Leslie Lamport, Robert Shostak e Marshall Pease per porre attenzione sui limiti presenti in un sistema distribuito e per capire come sia possibile trovare una forma di consenso universale che elimini l’intervento degli intermediari in una situazione simile a quella che si va delineando.

Il dilemma, semplificato, si presenta così: vi sono tre o più generali bizantini, ognuno al comando di una falange dell'esercito. Essi circondano una città per attaccarla e conquistarla e la loro strategia poggia sul programmare una soluzione comune che consenta a tutti i generali di compiere la medesima scelta nel medesimo momento; pertanto, se la maggioranza dei generali decide di attaccare, tutti devono attaccare mentre se la maggioranza decide di ritirarsi, allora tutti dovranno optare per la ritirata. Qualora non venga presa una decisione comune e si crei una situazione in cui certi generali compiano una scelta e certi un'altra, l'attacco fallirebbe. Dal momento che i generali sono distanti fra loro, essi possono comunicare solo tramite dei messaggeri i quali, però, per poter portare i messaggi da un generale all'altro devono attraversare il campo nemico, con la concreta possibilità che vengano catturati e che non portino a termine il loro compito. Inoltre, è possibile che certi soggetti, sia generali che messaggeri, siano dei traditori e inficino con le loro scelte la buona riuscita dell'operazione.

Chiaro è il parallelismo con i sistemi distribuiti, nei quali è per l'appunto possibile che alcuni nodi minino all'integrità del sistema. Il dilemma dei generali bizantini è rimasto irrisolto per più di venti anni, esattamente ventisei se si considera il lasso temporale fra la pubblicazione di Lamport nel 1982 e quella di Nakamoto nel 2008, rappresentando una chiara applicazione nel campo dei sistemi distribuiti.

La Blockchain risolve la questione relativa all'impossibilità di una comunicazione sicura e distribuita fra i generali protagonisti del dilemma attraverso la costituzione di una rete in cui tutti i nodi devono concordare sull'esattezza e sull'affidabilità della transazione, tramite il consenso distribuito; anche se fosse presente qualche "mela marcia" all'interno del sistema o dei nemici pronti a sferrare un attacco, la rete non ne verrebbe influenzata dal momento che la maggioranza di essa valida e conferma solamente il messaggio corretto, secondo le norme di un protocollo. Ciò è reso possibile anche dal fatto che ogni partecipante alla catena è in possesso di una copia firmata della transazione corretta nel proprio libro mastro e può verificare facilmente la manomissione di un'informazione.

Infatti, una volta che i messaggi sono convalidati, vengono immessi nel sistema e risultano non modificabili dagli utenti per la condizione di irreversibilità prima esposta: ciò va a costituire una piattaforma condivisa immune ai messaggi errati o contraffatti.

Tornando al problema dei generali bizantini, si può affermare come tramite questo sistema ogni generale possa avere la certezza della decisione presa e irreversibile degli altri bizantini; egli può procedere dunque all'attacco o alla ritirata nel periodo concordato, semplicemente riponendo la fiducia nel funzionamento del sistema stesso.

Nel prossimo paragrafo si delinea il funzionamento della Blockchain a livello tecnologico, ponendo attenzione sul meccanismo del consenso distribuito e di come la sicurezza del sistema sia garantita da elementi chiave come la crittografia, la proof-of-work e le chiavi di accesso.

2.2 Gli aspetti tecnologici e le caratteristiche della Blockchain

Da quanto esposto nel paragrafo precedente, si può quindi affermare come la Blockchain sia una tecnologia che è in grado di gestire transazioni fra più nodi della rete all'interno

di un *distributed ledger*. Il database che permette il funzionamento del sistema e che connette fra loro i diversi nodi è suddiviso in blocchi: ogni blocco contiene più transazioni ed è collegato agli altri in maniera tale che la Blockchain sia il risultato di una catena di blocchi contenenti più transazioni ognuno. Le transazioni sono verificate, validate e confermate dai nodi della catena; ogni nodo, che è costituito fisicamente da un server locale, può vedere l'archivio di tutte le transazioni e il loro percorso storico, dal momento che i blocchi sono condivisi fra tutti i nodi della catena. Poiché le transazioni contenute nei blocchi possono essere modificate solo con l'approvazione dei nodi della rete, esse possono essere considerate immutabili e irreversibili: infatti, anche se la maggioranza dei nodi dovesse modificare una transazione, il suo storico non verrà mutato, andando così a costituire una prova indissolubile dell'evoluzione della transazione stessa.

I nodi della Blockchain, se si prende in esame la Blockchain pubblica e quindi accessibile a tutti dei Bitcoin, sono un gruppo di server locali che fanno parte di un network condiviso; essi verificano i blocchi di transazioni che scorrono nella rete grazie alla crittografia sia con una chiave privata sia con una chiave pubblica, la cui funzione sarà spiegata opportunamente nelle seguenti pagine. L'oggetto della transazione è il criptoasset nativo, in questo caso rappresentato proprio dal Bitcoin.

2.2.1 Le componenti della Blockchain: un piccolo glossario

Prima di procedere descrivendo il processo tramite il quale i nodi verificano le transazioni nei blocchi, appare opportuno un breve excursus sui principali elementi che caratterizzano l'infrastruttura Blockchain, dandone una definizione sintetica che permetta di comprendere adeguatamente la spiegazione del processo che verrà fornita in seguito.

Criptoasset: è l'asset nativo, ovvero quella particolare tipologia di asset che deve essere prodotta da una specifica tecnologia, la quale al contempo deve anche limitarne la distribuzione. In questo caso l'asset nativo è rappresentato dai Bitcoin dal momento che, come già ricordato, la tecnologia della quale si sta delineando il funzionamento è la tecnologia Blockchain sottostante ai Bitcoin.

Nodo: come già sopra riportato, un nodo altro non è che un server fisico capace di gestire le transazioni in criptoasset. I nodi sono collegati fra loro attraverso un network peer-to-peer e l'oggetto delle transazioni sono risorse digitali.

Ogni nodo partecipante alla Blockchain possiede una copia esatta e immutabile dell'intera catena dei blocchi costituenti la *chain*, la quale viene aggiornata in maniera continua e sincronizzata dai nodi stessi quando sono connessi al network.

Transazione: è lo scambio di criptoasset tra due o più nodi. A seconda della fase del processo una transazione può essere verificata, validata o confermata. Una transazione si dice verificata quando deve ancora essere racchiusa in un blocco ma è già stata verificata dai nodi del network, i quali controllano se il cedente disponga davvero della quantità di criptoasset che vuole trasferire al cessionario; si può dire che la transazione è validata invece quando si trova all'interno di un blocco validato in attesa di essere aggiunto alla catena, mentre una transazione si definisce confermata quando si trova in un blocco

validato distante dall'ultimo blocco validato di almeno cinque posizioni ed è pertanto aggiunta al network in maniera indissolubile. Dal momento che nel sistema Bitcoin un blocco viene validato e di conseguenza aggiunto alla catena ogni circa dieci minuti, si ha una transazione confermata ogni ora. All'interno della transazione sono contenute informazioni relative all'indirizzo pubblico del ricevente, le caratteristiche della transazione stessa e la firma crittografica, la quale garantisce la sicurezza e l'autenticità della transazione.

Blocco: è l'insieme delle transazioni verificate durante la creazione del blocco stesso. Come visto, un blocco viene generato ogni circa dieci minuti: dopo la sua generazione, il blocco viene aggiunto in coda ai blocchi già presenti all'interno della catena, andando così a formare una catena di blocchi, la cosiddetta Blockchain.

Ogni blocco presenta al suo interno un header identificativo, composto da diversi campi:

- **Height:** detto anche *numero del blocco*, indica la posizione di un blocco all'interno della catena.
- **Timestamp:** è la marcatura temporale che segna quando un blocco è stato creato da un nodo.
- **Merkle Root:** è un campo che viene valorizzato con la Root Transaction. Quest'ultima si ottiene applicando più volte la funzione di Hash a un insieme di transazioni tramite uno schema ad albero di Merkle, ovvero una ramificazione della struttura dati per descrivere più transazioni; lo scopo è quello di certificare l'autenticità di un gruppo di transazioni raggruppate ad albero.
- **Nonce:** è la stringa di dati che deve essere utilizzata nel processo di hashing per soddisfare quanto richiesto nell'attività di mining; termini che verranno enunciati nelle pagine seguenti, a cui si fa riferimento.
- **Target difficulty:** è un valore a 256 bit che si modifica in virtù del tempo necessario a validare 2016 blocchi e misura quanto sia difficile trovare un Hash per un certo target. È direttamente correlato alla difficoltà nel trovare l'Hash. Nella Blockchain dei Bitcoin viene modificato ogni circa 14 giorni, il tempo necessario a convalidare 2016 blocchi.
- **Previous Hash:** è l'Hash del blocco precedente, già validato e verificato, che precede il blocco in questione nella catena.
- **Version:** è il campo nel quale è indicata la versione del protocollo impiegato nel raggiungimento del consenso nell'attività di mining.

Ledger: conosciuto anche come "libro mastro", è un particolare registro pubblico distribuito dove sono contenute le transazioni in maniera sequenziale e cronologica, al fine di poterne ricostruire facilmente il loro storico. Fisicamente il ledger è formato da un insieme di blocchi che sono legati fra loro attraverso una funzione crittografica e la funzione di Hash.

Il ledger è gestito dalla DLT (Distributed Ledger Technology), la quale è spesso utilizzata come sinonimo di Blockchain, seppur impropriamente. Infatti, la Blockchain è una tecnologia facente parte delle tecnologie DLT: esse possono essere definite come quell'insieme di sistemi facenti riferimento a un registro distribuito, governato in modo tale da permettere l'accesso e la possibilità di effettuare modifiche a più nodi di una rete.

Funzione di Hash: è un sistema matematico non invertibile che permette di convertire un messaggio di testo avente lunghezza variabile in un messaggio alfanumerico di lunghezza fissa, chiamato Digest. L'Hash non deve consentire di risalire al testo originario del messaggio iniziale ed è identificativo per ogni blocco, essendo collocato nell'header dello stesso; grazie a tale proprietà l'Hash registra quindi tutte le informazioni relative al blocco.

Ogni blocco, oltre ad avere nel proprio header il relativo Hash, contiene anche l'Hash di quello che lo precede: la formazione della catena di blocchi è possibile proprio grazie ai vari Hash poiché, all'interno di un blocco, l'Hash contenente le informazioni relative a quello precedente permette di legare un blocco al suo antecedente. Da ciò discende che grazie ai codici Hash è possibile sia avere una visione continua e coordinata della catena e delle sue evoluzioni, sia ripercorrere la costruzione della catena stessa dal proprio incipit allo stato attuale.

Grazie all'Hash e al *timestamp*, ovvero un marcatore presente in ogni blocco che conferisce allo stesso una dimensione temporale, si è in grado di stabilire un ordine cronologico dei blocchi costituenti la catena.

Wallet: è il portafoglio elettronico personale di ciascun utente, nel quale sono memorizzate sia le credenziali per accedere al sistema sia il numero di criptovalute possedute da quel determinato utente.

Miner: il "minatore" è un nodo della rete che, in modo assolutamente volontario, convalida le transazioni attraverso il meccanismo del consenso distribuito e aggiunge i blocchi validati alla catena. L'attività del miner è detta "mining" e per il loro operato i miners possono ottenere *reward* o mance: le reward sono le remunerazioni in criptoasset, mentre le mance possono essere incluse nelle transazioni su iniziativa dei singoli nodi come ricompensa aggiuntiva che il miner riceve per la propria opera di validazione.

Proof-of-work: è la prova tangibile tramite la quale il sistema riconosce che un determinato miner ha validato un blocco e che permette al miner di ottenere le rewards o le mance.

Nella Blockchain ogni partecipante, a seguito di una o più transazioni, vede modificarsi la propria disponibilità di Bitcoin. In realtà, ciò che costituisce una transazione in criptoasset sulla Blockchain sono gli *UTXO (Unspent Transaction Outputs)*, ossia dei frammenti di criptoasset legati a uno specifico proprietario. Gli UTXO sono registrati e riconosciuti come unità costituente valore dal network e sul network stesso sono tracciati tutti gli UTXO non spesi dai partecipanti. Ogni volta che un soggetto riceve una transazione in Bitcoin, la somma ricevuta sarà registrata nel network come UTXO, cioè come quantità di criptovaluta che quel singolo partecipante alla catena ha a disposizione.

Nel network ogni transazione crea UTXO sul Distributed Ledger, affinché il sistema nel suo complesso possa essere al corrente del fatto che un determinato utente abbia ricevuto una somma di UTXO e che questa sia nella sua disponibilità. Ciascun nodo traccia la quantità di UTXO in una serie di dati, detta *UTXO set*, posta in un database. Da tale database gli UTXO possono essere consumati o creati: consumati se vengono usati dall'utente come

input della transazione, creati se vengono trasferiti al destinatario e fungono da output della transazione.

Anche se impropriamente si parla di “saldo Bitcoin” come il totale degli UTXO che appartengono a un nodo, nella tecnologia Bitcoin non esiste quindi un concetto vero e proprio di conto e di saldo inteso come differenza tra il dare e l’avere; è infatti il wallet dell’utente che calcola gli UTXO disseminati nel sistema e legati all’utente in questione per costruire ciò che viene in gergo chiamato “saldo Bitcoin”.

Inoltre appare opportuno aggiungere che ogni transazione sulla blockchain è corredata da uno *script*, un microcodice informatico scritto in un linguaggio di programmazione specifico che ha la finalità di informare i nodi su come comportarsi con i dati contenuti nelle transazioni; grazie allo script ogni nodo è in grado di eseguire azioni specifiche, come consentire o meno l’utilizzo della disponibilità di criptoasset che viene trasferita da un soggetto a un altro. Lo script può essere eseguito in modo distribuito da qualsiasi nodo e permette al criptoasset di essere programmabile: la programmabilità è insita nella possibilità di predeterminare delle regole e delle azioni correlate irreversibilmente a uno specifico asset.

Per meglio comprendere si propone un semplice esempio. Si supponga che un soggetto voglia trasferire Bitcoin a un utente solamente qualora questi ne sia davvero bisognoso. La transazione verrà confermata da un nodo e inserita in un blocco validato, poi la somma sarà disponibile al destinatario sotto forma di UTXO senza che il mittente possa essere in grado di verificare o meno che l’utente ricevente ne sia davvero bisognoso. Come può il mittente sapere di quanti UTXO attualmente dispone il destinatario? Attraverso uno script il mittente di una transazione può impedire che il destinatario entri in possesso della disponibilità di criptoasset fintanto che la quantità di UTXO da quest’ultimo disposta non sia inferiore a un tetto prestabilito; il destinatario riceverà comunque i Bitcoin, ma non potrà spenderli fintanto che la condizione iniziale, ossia il disporre meno di una certa soglia, non si avvererà.

Lo script funge quindi da condizione irreversibile sulla transazione, che determina la disponibilità effettiva di UTXO di un soggetto solamente al verificarsi di condizioni precedentemente pattuite fra gli utenti.

2.2.2 Dentro la Blockchain: il funzionamento del sistema

Dopo aver esposto le principali componenti della Blockchain e aver dato loro una prima definizione, si procede andando a studiare il processo tramite il quale questa tecnologia opera; un elemento chiave è rappresentato dalla crittografia.

La crittografia è una tecnica di rappresentazione di un messaggio in codice, ovvero in una forma tale per cui l’informazione sottostante può essere compresa solo dal mittente e dal destinatario. La sua origine pone le radici nella storia antica: Cesare, nelle sue comunicazioni di guerra, era solito cifrare i messaggi sostituendo le lettere dell’alfabeto con una lettera seguente di un certo numero di posizioni, al fine di eludere i tentativi dei nemici di giungere a informazioni belliche preziose. La crittografia è stata protagonista anche fra il 1400 e il 1700 d.C. sempre in ambito militare e, come si è visto per la logistica nel capitolo precedente, ha avuto un ruolo fondamentale durante la Seconda Guerra

Mondiale¹¹.

Nella Blockchain rileva in particolar modo la crittografia a chiave pubblica e a chiave privata. La chiave privata è una chiave crittografica asimmetrica e personale, formata da un codice alfanumerico che si associa a ogni wallet e quindi a ogni proprietario, fornendo così la chiara prova di chi sia il mittente di un messaggio all'interno del network. La funzione principale della chiave privata è quella di de-crittografare i messaggi e di poter utilizzare i Bitcoin presenti nel wallet; se la chiave privata va persa, l'utente non potrà più spendere Bitcoin su quel determinato indirizzo, pertanto va custodita in maniera scrupolosa. La chiave pubblica fornisce le generalità del mittente e presenta minori caratteri di segretezza, in quanto è condivisa all'interno del network; essa è rappresentata dall'*address*, ossia una stringa di caratteri alfanumerici che viene impiegata per ricevere o inviare transazioni.

Il sistema è basato sulla cosiddetta "crittografia ellittica", un metodo proposto da Neal Koblitz e Victor S. Miller nel 1985, tale per cui è possibile calcolare la chiave pubblica da quella privata ma non viceversa. Ciò garantisce che all'interno del network gli utenti siano riconoscibili unicamente tramite la loro chiave pubblica, rendendo visibili nelle transazioni solamente i loro pseudonimi.

Quando un nodo appartenente al sistema crea una transazione, prima di inviarla agli altri nodi del sistema per consentire loro di verificarla, deve compiere alcuni passi.

Innanzitutto deve conoscere la chiave pubblica del soggetto a cui vuole inviare la transazione, il che è relativamente semplice in quanto la suddetta chiave è per l'appunto pubblica e reperibile sul network. Posto questo primo step iniziale, il mittente deve creare il digest, che si ricorda essere il codice alfanumerico di lunghezza standard che caratterizza ogni transazione, attraverso la funzione di Hash. Il digest va quindi firmato tramite la chiave privata del mittente, in maniera tale da ottenere la firma digitale sulla transazione in questione. Successivamente si aggiungerà la chiave pubblica del destinatario; tale chiave servirà quando quest'ultimo vorrà utilizzare la disponibilità di criptoasset che gli viene trasferita dall'attuale mittente, essendo la chiave pubblica collegata al wallet che contiene i Bitcoin posseduti da un determinato utente. Quando il destinatario riceverà la transazione potrà decifrare la firma digitale apposta dal mittente conoscendo la sua chiave pubblica, la quale rappresenta l'unico modo di riconoscimento di un utente nel network; applicando poi la funzione di Hash alla transazione, il destinatario può confrontare il risultato del messaggio che ha appena de-crittografato con il digest originario creato dal mittente. Se i due messaggi corrispondono allora la transazione è autentica¹².

Una volta che il mittente ha calcolato il digest della transazione creata, l'hash e la transazione vengono inviati agli altri nodi affinché essi possano iniziare il processo di verifica. La verifica indipendente, che antecede l'attività di validazione da attuarsi attraverso il mining, è effettuata da ciascun nodo senza che vi sia necessariamente coordinazione. Nella fase di verifica qualsiasi nodo può constatare che il messaggio sia firmato dalla chiave privata corrispondente alla chiave pubblica del mittente e che il

¹¹ Enciclopedia Treccani, il portale del sapere.

¹² Roberto Garavaglia: "Tutto su Blockchain. Capire le tecnologie e le nuove opportunità", Hoepli, 2018.

messaggio in sé non sia stato alterato poiché, se fosse avvenuta un'alterazione, la firma non risulterebbe più valida; inoltre i nodi hanno l'opportunità di verificare che il mittente sia in possesso della disponibilità di criptoasset che sta per trasferire al destinatario.

Quando un nodo riceve una transazione verificata inizia a costruire un blocco, il quale è composto dalla transazione appena giunta e da quelle che si aggiungeranno in futuro. Ogni nodo, creando un nuovo blocco, aggiorna contemporaneamente la propria copia del registro; ciò è molto importante poiché le transazioni non arrivano nello stesso momento a tutti i nodi della rete. Può accadere infatti che, sfruttando le differenze temporali e i conseguenti ritardi nella trasmissione delle transazioni, dei nodi malintenzionati inseriscano delle transazioni distorte nei blocchi. Ad esempio, potrebbe verificarsi la situazione in cui il mittente, o un nodo a lui alleato, cerchi di inserire una transazione che rimandi a sé stesso la quantità di Bitcoin appena inviata al destinatario, andando a creare una situazione di "double spending": in tal caso, il destinatario della transazione non entrerebbe mai in possesso della quantità di Bitcoin trasferita, che rientrerebbe nella disponibilità del mittente.

I miner hanno perciò l'onere di trovare quel meccanismo di consenso distribuito che permetta al sistema di annullare l'operato di possibili nodi disonesti; tale consenso si ottiene attraverso una sorta di votazione mediante l'applicazione di regole comuni inserite all'interno di un protocollo. Pertanto, qualora vi fosse un miner disonesto, quest'ultimo dovrebbe riuscire a competere con i miner onesti imponendo ordini e regole diverse all'interno del protocollo, ricalcolando anche tutte le proof-of-work presentate fino al momento del suo "attacco". Ciò appare poco plausibile, se non quasi impossibile, poiché il nodo malintenzionato dovrebbe possedere almeno il 51% della forza computazionale dell'intero network, al fine di far risaltare le sue azioni come rappresentative della maggioranza dei consensi. Inoltre, la "Regola del 51%", così come viene definita in gergo, appare difficilmente attuabile anche perché per riuscire nel suo intento il nodo avrebbe ovviamente bisogno di più account sui quali votare e ricalcolare le PoW, ma l'aver più account diminuisce la forza computazionale del nodo stesso, in quanto questa va frazionata per il numero di account presenti.

Il consenso distribuito può quindi riassumersi come quell'insieme di regole presenti nel protocollo del network che sono condivise da tutti i partecipanti e che, anche in presenza di un attacco al sistema, riescono ad assicurare l'integrità delle operazioni basandosi sia sul meccanismo della maggioranza distribuita, sia sulla quasi impossibilità da parte dei nodi malevoli di attaccare il sistema nel suo complesso.

Nell'attività di mining il nodo entra quindi in competizione con gli altri nodi partecipanti alla catena per la risoluzione dell'enigma crittografico, che dovrà essere svelato presentando la proof-of-work all'interno del meccanismo di consenso distribuito che sottende il sistema.

Il processo che porta all'elaborazione della proof-of-work, che deve essere presentata dal miner al fine di risolvere l'enigma crittografico e ricevere così il compenso stabilito e le eventuali mance, è lungo e dispendioso in termini di energia e forza computazionale, tanto che il paragone con i minatori deriva proprio dall'estrema complessità e accuratezza con la quale questi ultimi operano per ricavare l'oro dalle miniere. La proof-of-work è rappresentata da una soluzione matematica che deve essere raggiunta creando un Hash

che presenti necessariamente una determinata serie di valori; ogni nodo ha il compito, che si ricorda sempre essere volontario, di trovare quel particolare valore che aggiunto alle altre transazioni consenta di ottenere il risultato richiesto dal sistema. Il valore in oggetto è il *nonce*, che può essere definito come una stringa di dati utilizzata nel processo di hashing di un blocco; ogni nonce è diverso per ogni tentativo di hashing e solo il miner risolutore di questo enigma verrà ricompensato dal sistema.

Si è visto come il raggiungimento del consenso attraverso la condivisione delle regole del protocollo sia l'elemento fondamentale che consente al sistema Blockchain di essere autentico e sicuro: per comprendere però come facciano i miners ad accordarsi su quale sia la versione di blocco da aggiungere universalmente alla catena per risolvere l'enigma e raggiungere il consenso distribuito, occorre soffermarsi nuovamente sulla funzione di Hash.

Come enunciato in precedenza, l'Hash è quel sistema matematico che permette di trascrivere un messaggio di lunghezza qualsiasi in digest, una lunghezza fissa che costituisce l'impronta digitale del messaggio. Così come le impronte digitali per gli esseri umani, il digest conferisce integrità e autenticità al messaggio crittografato, in quanto se si cambia anche un singolo carattere del digest, si ottiene un codice Hash diverso. La Blockchain usa una particolare funzione di Hash, dettata dall'algoritmo sviluppato dalla NASA "SHA-256"; il "Secure Hash Algorithm 256" prende il nome dal fatto che il codice Hash ottenuto ha una lunghezza di 256 bit.

Si supponga di prendere ad esempio il calcolo del codice SHA-256 del messaggio "Matteo Gulmini". L'Hash che si ottiene è:

284A79FAFA83971887849E7BDE8E38266B74C3E15916C63A62D2A599088D5559.

Volendo anche solo cambiare il messaggio originario con un carattere, ad esempio aggiungendo una virgola e ottenendo così il messaggio "Matteo, Gulmini", si ha un Hash completamente diverso dal precedente:

1A81F982E26A775E2EC1E02DD05A0277587740ED205D08A3E12E98D55CA70023.

Compresa la complessità della funzione di hash, i miners devono risolvere enigmi di questo genere: "Si trovi quel particolare nonce che, messo in coda a "Matteo Gulmini", permetta di ottenere un valore di SHA-256 che inizi con quattro zeri invece di 284A. Il miner deve quindi trovare quella particolare stringa di numeri, il nonce, che aggiunto alla struttura dati comprendente le transazioni da validare, più il previous Hash, faccia in modo che l'*Hash value* del blocco inizi con un numero di zeri pari in questo caso a quattro. Dal momento che si può giungere solo per tentativi al risultato, sono necessari computer con una grande forza computazionale; motivo per cui, come già delineato prima, tale sistema funge da deterrente per quei nodi malevoli che vogliano creare più account al fine di introdurre transazioni dannose, dal momento che la loro potenza computazionale andrebbe frammentata fra i vari account.

La proof-of-work del miner è data dalla condivisione sul network del nonce cui si è giunti, al fine di consentire a tutti i nodi della rete di verificare che il risultato ottenuto sia quello richiesto. La PoW deve quindi essere quel nonce in corrispondenza del quale il valore di Hash del blocco abbia in testa un numero di zeri minore o uguale del target richiesto, ovvero del target difficulty; l'algoritmo definisce quindi il target difficulty, che come si è visto prima è un numero estremamente grande che si modifica nel tempo ed è correlato alla difficoltà di risoluzione, e i miners devono arrivare a un Hash value del blocco che non superi il valore di tale target. Riprendendo quanto enunciato nella spiegazione dei campi dell'header di un blocco, il target difficulty viene aggiornato nella Blockchain dei Bitcoin ogni circa 14 giorni, dal momento che ogni dieci minuti si valida un blocco e si giunge alla validazione di 2016 blocchi in due settimane; l'algoritmo viene quindi modificato anche sulla base della difficoltà del problema, calcolata sulla base del tempo impiegato dai miners per aggiungere un blocco. Se si suppone che i miners impieghino non 10 minuti per aggiungere un blocco ma 7, allora la difficoltà si alzerebbe e di conseguenza anche il numero di zeri richiesti come incipit del messaggio aumenterebbe.

La proof-of-work risoltrice deve essere validata dal nodo risolutore e comunicata successivamente agli altri nodi, i quali possono verificarne l'esattezza in seguito all'invio all'intero network da parte del nodo validatore; dopo che anche gli altri nodi abbiano verificato la correttezza della proof-of-work sulla base delle regole inserite all'interno del protocollo, quel blocco sarà confermato da tutti i nodi del sistema ed entrerà a far parte indissolubilmente nella Blockchain.

Come già introdotto, per la loro attività di validazione richiedente molta energia, tempo e forza computazionale, i miners ricevono una ricompensa; tale ricompensa è rappresentata dai *token*, che nel sistema di cui si sta trattando sono rappresentati dai Bitcoin. In particolare, per ogni blocco validato un miner ottiene circa 12,5 Bitcoin, mentre all'inizio erano 50: infatti il sistema è strutturato in modo tale per cui ogni quattro anni le ricompense vengano dimezzate.

Ovviamente ciò vale relativamente alla Blockchain, mentre nelle altre tipologie di blockchain i token assumono contorni differenti a seconda delle situazioni. Volendo introdurre una breve digressione, si possono identificare tre tipologie di token, a seconda della loro funzione e del valore che essi apportano al ricevente:

- Token di classe 1: è la classe di token cui appartiene il Bitcoin. Sono token trasferibili tramite transazioni sulla rete e hanno la semplice funzione di registrare la proprietà del token stesso, senza conferire diritti nei confronti di una controparte.
- Token di classe 2: appartengono a questa categoria gli *smart contracts*, che saranno oggetto di trattazione nel corso del lavoro. Sono quei token che, a differenza dei primi, conferiscono al titolare un particolare diritto nei confronti dell'emittente o di terze parti. Possono, in una logica civilistica, essere paragonabili ai titoli di credito.
- Token di classe 3: i token di questa classe si caratterizzano per il fatto che il titolare non ha diritti esercitabili direttamente verso altri soggetti. Tali token hanno una funzione ibrida, in quanto conferiscono sia diritti di proprietà, sia diritti

speciali come il diritto di voto o diritti economici per soggetti aventi cariche legali o di proprietà in imprese commerciali.

2.2.3 Le caratteristiche della Blockchain

Enunciato il funzionamento del processo tramite il quale la Blockchain opera, risultano immediate quelle che sono le caratteristiche chiave di tale tecnologia.

Innanzitutto si può definire la Blockchain come una rete trasparente nel quale eseguire transazioni fra due o più nodi. La trasparenza è dettata dal fatto che le informazioni immesse sulla rete sono disponibili, e quindi verificabili, da tutti i partecipanti al network.

Un'altra caratteristica della Blockchain è l'immutabilità, o irreversibilità, delle transazioni. Una volta emesse all'interno del circuito esse non possono essere modificate dai nodi; se un nodo riuscisse a cambiare i tratti di una transazione, tutti i nodi ne sarebbero subito al corrente in quanto ognuno è in possesso di una copia del ledger sempre aggiornata e sincronizzata. Ciò permette quindi facilmente di verificare eventuali manomissioni o tentativi di ledere il sistema.

Un aspetto importante, forse il più rilevante, è che la Blockchain è una tecnologia *trustless*, poiché permette di eliminare gli intermediari negli scambi e instaurare un concetto di fiducia fra i nodi basato sul consenso distribuito. Come già evidenziato in precedenza, questo permette di eliminare i costi di transazione propri del sistema centralizzato e consente l'accesso a tale meccanismo a un numero maggiore di individui, eliminando il problema della disuguaglianza sociale nell'accesso al sistema transazionale; la Blockchain si presenta così come una soluzione più economica rispetto ai tradizionali sistemi centralizzati, anche se non bisogna dimenticare che il processo di mining sul quale è incentrata la Blockchain presenta elevati costi inerenti l'energia elettrica, i software e gli hardware.

Altro tratto distintivo e fondamentale di tale tecnologia è da riscontrarsi nell'affidabilità e nella sicurezza del sistema, dovuto alla natura stessa del sistema distribuito e all'impiego di elementi come la crittografia. La Blockchain è sicura poiché, essendo un sistema distribuito, non è possibile attaccare la fonte centrale, essendo questa inesistente; anche se un nodo venisse hackerato, gli altri nodi riuscirebbero a condurre il processo di validazione dei blocchi. I nodi malintenzionati potrebbero comunque sferrare un attacco al network attraverso la regola del 51%, ma ciò appare poco plausibile in quanto vorrebbe significare che, oltre a riprodurre le proof-of-work presenti fino al momento dell'attacco, più della maggioranza della forza computazionale sia appannaggio di hacker malintenzionati: l'energia necessaria per porre in pratica tale atto è spropositata e, considerando il rapporto di proporzionalità inversa che intercorre tra numero di account di un singolo utente e forza computazionale dell'utente stesso, appare pressoché impossibile che uno o più nodi riescano a riprodurre tale situazione. La sicurezza del sistema è racchiusa anche nell'uso delle chiavi crittografiche, che permettono di sapere esattamente se il messaggio decifrato attraverso la chiave privata sia riconducibile a quella determinata chiave pubblica.

2.2.4 Le fork e il miglioramento della Blockchain

Enunciate le caratteristiche della Blockchain, si rende opportuno evidenziare anche quelle che sono i provvedimenti che devono essere attuati al fine di migliorare il sistema e risolvere le difficoltà a oggi presenti.

Nella Blockchain considerata, quella sottostante i Bitcoin, il processo di mining vede come principale carattere incentivante la remunerazione in Bitcoin per quei miners che riescono a presentare la proof-of-work e validare una transazione; oltre alla remunerazione, come accennato in precedenza, sono presenti anche le mance, le quali sono erogate facoltativamente da quegli utenti che desiderano aggiungerle alla normale ricompensa per il miner. Lo scopo delle mance è duplice: dal lato dell'utente rendono più attraente la transazione da validare e quindi si ha più possibilità che la transazione in oggetto sia scelta da un miner e inserita in un blocco. Dal lato del miner, la mancia funge da elemento accessorio verso il quale propendere nella scelta fra più transazioni da validare: il miner tende ovviamente a preferire la transazione avente una mancia, o quella con la mancia più alta fra le disponibili.

Ciò al contempo provoca però anche degli effetti distorsivi. In primis, si ricrea parzialmente quel meccanismo di disuguaglianza tanto contestato nei sistemi centralizzati, dove non tutti gli individui hanno la possibilità di rivolgersi a un intermediario e incorrere nei costi di transazione e di intermediazione. Allo stesso modo, con le mance si denota una sostanziale disuguaglianza all'interno del network fra gli utenti che hanno più disponibilità a elargire mance per la risoluzione e il trattamento delle proprie transazioni e quei soggetti che non potendoselo permettere, appaiono in una condizione di svantaggio. Infatti, i miners tenderanno a preferire l'inserimento nei blocchi delle transazioni più remunerative, causando così un ritardo nella risoluzione delle proof-of-work relative a transazioni prive di mance; gli utenti meno facoltosi possono dover aspettare ben più di un'ora per vedere convalidata la propria transazione all'interno di un blocco.

Il problema appena esposto è collegato anche alla dimensione dei blocchi, attualmente di 1MegaByte. Se i blocchi presentassero una dimensione maggiore, allora ci sarebbe più posto all'interno di un singolo blocco e le transazioni senza mance potrebbero essere inserite ben prima di quanto avviene.

Un altro fattore da porre in evidenza concerne la collocazione geografica dei principali miners. Si è messo in luce come i miner abbiano un fabbisogno di energia elettrica spropositato per operare e risolvere PoW continuamente; accade allora di frequente che i miners concentrino la loro attività nei *mining pool*, ovvero dei gruppi molto grandi di server costosi che sono installati in Paesi a basso costo di energia elettrica, al fine di ottenere così una maggior potenza di calcolo.

Questa situazione, abbastanza logica se si ragiona in ottica di mercato, rischia però di compromettere l'attività di quei nodi che, non avendo risorse adeguate per poter competere, si vedono praticamente estromessi dall'attività di mining. Ciò può risultare

molto grave in quanto potrebbe venir meno uno dei punti saldi della Blockchain, ossia quello inerente la distribuzione periferica dei nodi validatori e la decentralizzazione dei controlli.

Nel corso degli anni, in particolar modo nel 2017, si è visto necessario superare le inefficienze appena considerate e le comunità dei principali miners hanno dovuto trovare un connubio fra la necessità di rendere più scalabile la Blockchain, risolvere il problema dei “mining pool” e abbassare il costo delle mance.

Per perseguire tale obiettivo sono stati adottati dei particolari strumenti chiamati *Fork* (“biforcazione”), al fine di migliorare le performance della Blockchain e gestire in maniera più equa ed efficiente il protocollo.

I Fork si dividono in due tipologie, che si andranno a spiegare separatamente: i *Soft Fork* e gli *Hard Fork*.

Soft Fork:

I Soft Fork sono rappresentati da cambiamenti reversibili del protocollo e, per capire più facilmente, il loro peso può essere equiparato a quello di un’innovazione incrementale. Costano sostanzialmente nella creazione di una versione aggiornata dello stesso compatibile alle precedenti; ciò consente anche a quei nodi che decidono di non effettuare l’aggiornamento di partecipare alla Blockchain e rimanere attivi nel sistema.

Hard Fork:

Gli Hard Fork sono paragonabili alle innovazioni radicali e rompono completamente con il passato. Sono strumenti che creano un cambiamento irreversibile, imponendo agli utenti del network di aggiornarsi obbligatoriamente.

Gli Hard Fork possono essere di due tipologie, *planned* o *contentious*. Gli Hard Fork Planned sono innovazioni e aggiornamenti pianificati e accettati dalla comunità previo raggiungimento di un quorum definito nella fase di proposta del cambiamento, mentre gli Hard Fork Contentious sono rappresentati da quegli strumenti che non riescono a ottenere il consenso da parte degli utenti. Mentre nei Planned si giunge al consenso e il protocollo viene aggiornato in continuità, negli Hard Fork Contentious si arriva al cambiamento tramite una scissione all’interno della Blockchain.

Nel corso della seconda metà del 2017, anche a seguito di un’impennata del valore della moneta virtuale, si è registrato un aumento delle registrazioni e delle operazioni all’interno del network e si è creata una sostanziale diafrasi tra chi desiderava mantenere inalterata la struttura della Blockchain e chi voleva apportare delle modifiche sostanziali, risolvendo le inefficienze sopra riportate. Ciò ha creato diversi Hard Fork che hanno portato alla creazione di due protocolli distinti per la Blockchain: Bitcoin Cash e Bitcoin Gold.

Prima di giungere a questi due protocolli distinti, occorre fare un passo indietro. Il problema delle commissioni, sopra accennato, scoppiò nel maggio del 2017 quando più utenti si lamentarono del fatto che dovettero aspettare più di quattro giorni per vedere

validata la loro transazione. I tempi di transazione erano aumentati enormemente a seguito dell'incremento sostanziale dei flussi nel network e la soluzione, per gli utenti più facoltosi, fu quella di aumentare le commissioni e le mance al fine di accelerare il processo di verifica. Queste premesse portarono a una situazione surreale, in cui le commissioni superavano il valore unitario degli oggetti che si potevano comprare con i Bitcoin. Inizialmente si ideò una Fork chiamata *Bitcoin Unlimited*, che avrebbe eliminato il limite dei blocchi; ciò avrebbe portato a uno snellimento dei tempi di verifica, in quanto non ci sarebbe più stato un tetto massimo di grandezza per ogni singolo blocco, che avrebbe potuto così contenere innumerevoli transazioni. Bitcoin Unlimited non fu mai sviluppato completamente, poiché prevalse la corrente di pensiero secondo la quale l'implementazione di tale protocollo avrebbe sì eliminato l'inefficienza del limite massimo dei blocchi, ma avrebbe alimentato quella relativa alla disuguaglianza; si sarebbero implicitamente esclusi i piccoli miner e l'attività di validazione sarebbe stata appannaggio di quei miners aventi grande capacità computazionale per riempire blocchi di grandezza illimitata.

Si passò dunque alla concezione di una nuova Fork, denominata *Segregated Witness*, volta al miglioramento della scalabilità del sistema attraverso la gestione e l'archiviazione off-chain di alcuni dati; questa soluzione avrebbe consentito di liberare spazio nella Blockchain e permesso ai blocchi di contenere un numero maggiore di transazioni più "leggere". Gli sviluppatori però, credendo si trattasse di un semplice ripiego di Unlimited, migliorarono il progetto di Segregated Witness e giunsero all'elaborazione di SegWit2x; questa versione, in più della precedente, poteva vantare un incremento della grandezza dei blocchi a 2 MB. Tuttavia lo spazio sulla rete non crebbe significativamente e il problema inerente il limite di grandezza non appariva risolto.

Dalle ceneri di SegWit2x nacque nell'agosto del 2017 Bitcoin Cash, un protocollo nel quale i blocchi hanno la dimensione massima di 8 MegaByte e che presenta token distinti dai Bitcoin, creando così una separazione dalla Blockchain madre. Uno dei vantaggi di Bitcoin Cash è legato sicuramente al minor costo delle transazioni da effettuare nel network, risolvendo così la questione legata all'eccessiva dispendiosità delle commissioni nel sistema Bitcoin.

L'altro significativo Fork da menzionare è Bitcoin Gold, creato nell'ottobre del 2017. Si tratta di un protocollo tramite il quale è possibile validare a una velocità maggiore le transazioni in Bitcoin; ciò dà la possibilità anche a chi possiede hardware di minor capacità computazionale di svolgere attività di mining, eliminando il problema della disuguaglianza creatosi sulla rete Bitcoin a seguito della concentrazione dei principali miners in mining pool. L'obiettivo di Bitcoin Gold è proprio quello di allargare il network di miners.

2.3 Le tipologie di blockchain

Finora si è trattato esclusivamente della Blockchain dei Bitcoin, essendo la più consolidata e sviluppata fra le blockchain attualmente presenti. Una caratteristica fondamentale di questa tecnologia è, come espresso in precedenza, l'essere completamente distribuita e accessibile; distribuita poiché è costituita da un numero aperto di nodi comunicanti fra

loro, accessibile in quanto non vi sono limitazioni all'ingresso di nuovi utenti. La Blockchain dei Bitcoin è l'esempio più rappresentativo delle blockchain pubbliche, dette anche *permissionless ledger*; sono però presenti anche delle blockchain private, dette *permissioned ledger*, in cui i tratti di libera accessibilità vengono meno. Queste ultime sono caratterizzate dal fatto che l'accesso alla piattaforma è limitato e sono presenti una o più terze parti *trusted*, ossia verificatrici della correttezza delle informazioni e custodi della fiducia del sistema.

A seguito di questa rapida distinzione, si delineano meglio le differenze presenti nelle due tipologie di blockchain.

2.3.1 Le blockchain permissionless ledger

Dal momento che le caratteristiche delle blockchain pubbliche sono state già ampiamente spiegate nel corso della trattazione, appare opportuna e sufficiente una breve sintesi dei tratti distintivi di esse.

Le *permissionless ledger* sono blockchain aperte a tutti, svincolate da una proprietà di riferimento e strutturate per non essere controllate da una terza parte *trusted*.

Ogni attore può entrare a far parte del network e, come partecipante, ha il diritto ad avere una copia immutabile e sincronizzata del registro contenente tutte le transazioni, al fine di poter facilmente verificare la veridicità delle operazioni avvenute all'interno della rete. Il peso specifico di ogni nodo dipende dalla sua forza computazionale in ambito di mining e la sicurezza del sistema è riposta nelle chiavi di crittografia pubbliche e private e nella logica del consenso distribuito, che permette al sistema di resistere agli attacchi contro uno o più nodi e consente allo stesso il funzionamento sulla base della maggioranza distribuita.

Questa tipologia di blockchain è stata la prima a svilupparsi ed è definibile come un database globale e periferico nel quale immettere documenti che necessitano di essere irreversibili e immutabili nel tempo, come le risorse monetarie o particolari atti giuridici quali i testamenti o i contratti di proprietà.

Le blockchain pubbliche presentano i seguenti vantaggi e punti di forza:

- Il funzionamento del sistema, imperniato sul consenso distribuito e sulla doppia chiave crittografica, conferisce ai nodi una sicurezza e una tutela non solo dagli attacchi esterni per le motivazioni espresse in precedenza, ma anche da attacchi interni al sistema e dagli stessi sviluppatori. Il sistema è, in pratica, autoprotettivo per la sua natura.
- L'apertura della blockchain a qualunque soggetto voglia e possa parteciparvi e l'irreversibilità delle transazioni consente a tutti gli utenti di effettuare facilmente e senza costi di intermediazione transazioni sicure e affidabili, mantenendo il quasi completo anonimato; anonimato che è quasi completo poiché, come enunciato in precedenza, per ogni utente è visibile solamente lo pseudonimo da lui adottato. Di contro, si denota la lentezza del sistema nella validazione dei blocchi, e di

conseguenza anche delle transazioni che sono riposte al loro interno: infatti ogni blocco, si ricorda, viene validato ogni circa dieci minuti.

2.3.2 Le blockchain permissioned ledger

Le blockchain private sono nate successivamente alle corrispettive pubbliche e si differenziano da queste ultime principalmente per il carattere della proprietà; esse fanno parte della categoria delle blockchain permissioned ledger. Possono essere controllate e avere pertanto una proprietà, configurandosi così come sistemi centralizzati verificati da una funzione crittografica.

La loro nascita è stata accompagnata da numerose critiche, in particolar modo incentrate sul fatto che tale tipologia di blockchain vada essenzialmente in contrasto con il principio di decentralizzazione e distribuzione del consenso collettivo proposti da Nakamoto tramite la Blockchain dei Bitcoin.

In una blockchain privata e in generale nelle permissioned ledger, mentre l'autorizzazione alla lettura può essere mantenuta pubblica o impostata come privata, l'autorizzazione all'inserimento e alla verifica dei blocchi è gestita centralmente. Pertanto, non è presente quel carattere rivoluzionario insito nella distribuzione del consenso e dell'azione dei nodi proprio delle blockchain pubbliche e, inoltre, è attiva una terza parte trusted sulla quale è riposta la fiducia dei partecipanti alla rete.

Per quanto concerne la partecipazione al network, si evidenzia come essa non sia più libera come nelle blockchain pubbliche, ma sottostante a un sistema basato sull'invito da parte dell'autorità centrale.

Per quest'ultimo aspetto in particolare e per i fattori sopra delineati, le blockchain private sono adottate prevalentemente in imprese e istituzioni al fine di proteggere le informazioni circolanti e mantenere un grado di privacy consistente verso l'esterno. In particolare, le blockchain private permettono alle grandi imprese di gestire supply chain ampie e globali, comprendenti un gran numero di attori diversi e localizzati su un territorio vasto, verso i quali aggiornare e diffondere documenti e transazioni sensibili senza rinunciare al contempo al controllo centralizzato delle operazioni.

All'interno delle blockchain permissioned ledger si trovano anche le *consortium blockchain*, che si possono definire come l'anello di congiunzione fra una blockchain pubblica e una privata.

Nelle consortium blockchain il funzionamento del sistema è, come suggerisce il nome stesso, il medesimo che si presenta nei consorzi. In particolare, il processo di consenso e di validazione dei blocchi è coordinato e gestito da un numero prefissato di nodi e per ottenere la validazione di un blocco può essere sufficiente che una maggioranza prestabilita di nodi esprima il consenso. Tale famiglia di blockchain associa caratteri di diffusione del consenso propri delle blockchain permissionless ledger a elementi distintivi delle blockchain private come l'affidabilità in capo a una singola entità, in questo caso un insieme di nodi.

Nelle blockchain permissioned ledger rilevano quattro aspetti fondamentali:

- Ruolo infrastrutturale: le blockchain private e le consortium blockchain spesso presentano performance migliori rispetto alle blockchain pubbliche. Tuttavia esse necessitano di un'infrastruttura software protetta e di una rete privata che sia chiusa verso l'esterno, affidabile e performante. Tali qualità sono raggiungibili attraverso la capacità del sistema stesso di proteggere i nodi del network impedendo a soggetti non autorizzati di giungere in possesso delle informazioni circolanti in rete.
- Creazione di un ecosistema: significa stabilire una governance condivisa con regole e valori chiari, stabiliti e rispettati da tutti gli utenti, cui attenersi e fare riferimento. In particolare per le grandi imprese, è quindi fondamentale creare una sorta di ecosistema nel quale gli attori hanno il compito di condividere e rispettare le regole di governance nelle loro attività di progettazione, sviluppo e realizzazione dei processi aziendali.
- Sviluppo di applicazioni: essendo la parte applicativa strettamente collegata alle logiche di governance definite dai nodi costituenti l'infrastruttura, è necessario che le imprese operanti nello sviluppo di applicazioni e le software house lavorino a stretto contatto con i fornitori di infrastrutture e con la governance stessa; solo questa partnership può portare alla costituzione di un modello efficiente e basato sul rispetto delle regole interne alla rete.
- Il ruolo della governance: come visto nei punti precedenti, la governance è l'elemento trainante delle blockchain permissioned ledger, in quanto costituisce il punto di riferimento intorno al quale si sviluppa l'insieme di regole che deve essere condiviso e adottato dalle imprese utenti nella realizzazione delle loro attività produttive. Una forte governance deve presentare segnali di chiarezza nell'esposizione delle regole, sicurezza nella protezione del sistema da minacce esterne e deve essere volta al raggiungimento degli obiettivi di business delle singole imprese che fanno parte del network.

I vantaggi delle blockchain permissioned ledger possono configurarsi nei seguenti:

- La velocità di validazione delle transazioni è superiore rispetto alle blockchain permissionless ledger poiché inferiore è il numero di nodi validatori, ricordando sempre che il tempo necessario alla convalida dei blocchi è proporzionale al numero di nodi con funzione di validazione presenti nella rete.
- Le regole di governance possono essere modificate e ciò rappresenta un vantaggio per i singoli nodi in quanto viene meno il carattere dell'irreversibilità. Ciò è possibile dal momento che, a differenza delle blockchain pubbliche, il consenso è centralizzato e pertanto sono i nodi centrali a optare per una modifica dei principi di governance e non i singoli nodi periferici, tra i quali si potrebbero insinuare uno o più nodi malevoli.
- Proprio perché i nodi centrali e i nodi minatori sono noti a tutto il sistema, essi possono svolgere azioni correttive nelle transazioni e godono di una fiducia da parte di tutti gli utenti della rete.

- Per le blockchain nelle quali si adotta la limitazione all'autorizzazione anche nella lettura dei dati e non solo nella validazione, si ha la sicurezza che i documenti e le transazioni godano di maggiore privacy.

Alla luce di quanto esposto, le blockchain permissioned ledger appaiono più confacenti a una logica d'impresa, in particolar modo in quelle supply chain gerarchizzate dove si necessita sì di un'azione distinta da parte degli attori della filiera, ma allo stesso tempo coadiuvata da un'entità centrale che determini le linee guida di governance, autorizzi l'ingresso al network e definisca la visualizzazione dei dati scambiati.

Inoltre, le blockchain private risultano più adatte anche nel settore pubblico, dove la finalità delle istituzioni è quella di essere sì trasparente nei confronti dei cittadini, ma senza perdere quel grado di centralità che ha sempre contraddistinto la funzione pubblica.

La blockchain pubblica può essere invece vantaggiosa per relazioni fra attori di pari livello e può essere applicata sia nelle transazioni fra semplici soggetti, sia nelle relazioni interne a una supply chain, qualora non vi sia un'impresa leader che detti chiaramente le regole di funzionamento e di comportamento degli altri attori.

La soluzione ottima, ovviamente, non esiste e a seconda delle finalità e degli obiettivi che si vogliono conseguire, l'una o l'altra opzione può risultare la più adatta.

2.3.3 Esempi di blockchain

Dopo aver delineato le differenti tipologie di blockchain, si scende più nel dettaglio andando a elencare alcune blockchain diverse da quella sottostante il sistema Bitcoin, al fine di avere un quadro più ampio e comprendere meglio quali siano le opportunità fornite dall'insieme di dette tecnologie; ciò in previsione di quanto verrà poi esposto nel capitolo seguente riguardo le applicazioni delle varie blockchain alla gestione della supply chain e dei rapporti interaziendali lungo la filiera di produzione.

Ethereum:

Ethereum è una blockchain programmabile fondata dallo sviluppatore russo Vitalik Buterin, che la ideò nel 2013 e, a seguito di una raccolta di crowdfunding nel 2014, la lanciò sul mercato nel 2015.

La blockchain di Ethereum si differenzia dalla Blockchain madre dei Bitcoin in quanto, a differenza di quest'ultima, non è un database distribuito sul quale poter condurre transazioni in criptomoneta; o meglio, non è solo questo. Ethereum si può definire come un "computer distribuito" lungo il network che offre a chi ne fa parte la possibilità di creare e gestire applicazioni decentralizzate come gli *smart contracts*, attraverso la generazione di un microcodice richiamante il concetto di script.

Uno smart contract può definirsi come la trasposizione in codice informatico di un contratto, permettendo sia la verifica automatica dell'avverarsi delle condizioni definite in sede di negoziazione, sia l'esecuzione delle azioni conseguenti all'accadimento di dette

condizioni. Grazie allo script interno lo smart contract è capace di verificare quindi il rispetto delle condizioni pattuite e di auto-eseguirsi al loro raggiungimento, evitando conflitti fra le parti e garantendo l'efficienza del processo grazie a un risparmio di risorse materiali e temporali.

Pertanto, grazie all'implementazione degli smart contracts, Ethereum non si configura come una blockchain capace soltanto di mettere a disposizione degli utenti un circuito sicuro e immutabile nel quale condurre transazioni in criptomoneta, ma consente anche la programmazione di contratti smart che agevolano i rapporti fra due o più soggetti grazie alle proprietà di sicurezza e trasparenza propri delle blockchain.

Ethereum si definisce pertanto come una piattaforma distribuita computazionale, nel quale la criptovaluta è l'Ether: esso oltre a essere il token monetario del sistema che consente di remunerare un soggetto per la creazione di un contratto, rappresenta la potenza di elaborazione necessaria per produrlo. All'interno della piattaforma il token Ether è governato da un *Internal Transaction Pricing Mechanism* detto Gas, che ha la funzione di ottimizzare le risorse presenti nella rete e allocarle in virtù delle necessità, impedendo così l'attuazione continua e infinita di contratti; infatti, l'esecuzione termina quando il Gas interno a Ethereum si esaurisce. Il Gas può essere comprato in termini di Ether e il suo prezzo è abbastanza basso, per consentire a tutti gli utenti di essere parte attiva nel network.

Gli smart contracts sono sviluppati e gestiti da quello che può considerarsi il vero motore di Ethereum, *Ethereum Virtual Machine (EVM)*; EVM svolge il ruolo di ambiente di runtime per lo sviluppo degli smart contracts in modo protetto, in quanto è completamente separato dalla rete. Ne risulta che gli smart contracts sono autonomi e indipendenti fra loro, il che conferisce un'aura di sicurezza importante al sistema.

Anche all'interno di Ethereum vi è stata una scissione, avvenuta nel 2016, a seguito di un'azione di hackeraggio al progetto "The DAO". The DAO (Decentralized Autonomous Organization) era un'organizzazione virtuale creata su Ethereum volta alla raccolta di capitali per finanziare progetti con aspettativa di profitto per gli investitori sulla blockchain; nel giugno del 2016 però, raccolti 150 milioni di dollari, The DAO subì un attacco hacker che determinò la perdita di 70 milioni in poche ore. Ciò condusse a un cambiamento del codice blockchain al fine di limitare le conseguenze dell'attacco, ma tale decisione creò una frattura dapprima concettuale e in un secondo momento fisica fra chi sosteneva che le regole del protocollo potessero essere modificate per volere della maggioranza della comunità e chi era del parere che le regole della blockchain non dovessero essere variate.

Tale situazione ha portato alla creazione di due diverse blockchain: Ethereum Foundation ed Ethereum Classic. La prima può definirsi come l'organizzazione no-profit avente per compito la gestione delle attività di ricerca e sviluppo del sistema, nonché gestire Ethereum a livello economico. Uno dei progetti più importanti di Foundation è "Homestead", riguardante il miglioramento nella gestione di Gas e nella definizione del sistema di pricing all'interno del network; accanto a tale progetto si trovano "Metropolis", avente la finalità di rendere maggiormente flessibile e veloce la blockchain migliorando EVM, e "Serenity", volto al miglioramento del sistema di consenso.

Ethereum Classic è una blockchain che può definirsi autonoma, in quanto formata da quegli utenti che non condividono le regole e le migliorie proposte da Foundation; Classic è gestito da un team a sé stante e si configura come un network avente completa compatibilità con Ethereum, presentando al contempo maggiori garanzie dal lato della sicurezza e della fruizione d'uso. In particolare, Classic è imperniata su una strategia di emissione di Ether proporzionale allo sviluppo della rete stessa nel tempo, al fine di limitare le possibili deflazioni della criptovaluta.

Per le sue proprietà di programmabilità e creazione di smart contracts, che conferisce agli utenti la possibilità di gestire contratti intelligenti predeterminati e auto-eseguibili, Ethereum si pone come blockchain avente riscontri pratici nella gestione della supply chain, come si vedrà nel capitolo seguente.

Ripple:

Ripple è una blockchain ibrida operante su una rete decentralizzata open source, fondata a San Francisco nel 2013; attualmente si configura come la terza blockchain per valore di capitalizzazione azionaria alle spalle di Bitcoin e di Ethereum, come si può osservare dal portale CoinMarketCap¹³.

A differenza di Bitcoin ed Ethereum, Ripple è da considerarsi un modello ibrido in quanto gli utenti validatori sono preselezionati dal sistema e non vi è un meccanismo di consenso distribuito; in Ripple il modello informatico sottostante è lo shared decentralized ledger e non il distributed ledger. Ciò è più comprensibile se si denota il fatto che tale piattaforma è stata creata appositamente per le banche e gli istituti di credito, che sono infatti anche i nodi validatori del sistema; il fine di Ripple è consentire uno scambio interbancario sicuro, crittografato e pressoché immediato fra le banche di tutto il mondo attraverso un'unica criptovaluta, chiamata XRP.

XRP è quindi l'asset nativo di Ripple e può essere definita come una criptovaluta di compensazione universale nel sistema bancario, al fine di rendere le transazioni internazionali più efficienti e meno costose. Il funzionamento della criptovaluta, e di Ripple stesso, è determinato dai crediti IOU ("I owe you", "sono in debito con te"), che rappresentano le valute reali come l'Euro, il Dollaro, lo Yen, la Sterlina e così discorrendo. Ciò che viene inviato da un soggetto a un altro sono gli IOU, che vengono comprati in XRP e poi convertiti in valuta reale; pertanto gli XRP sono l'unica valuta circolante per tutte le banche nel network e fungono da unità di misura per lo scambio di IOU.

Se, ad esempio, una banca americana vuole spedire Euro in una transazione a una corrispettiva europea ma ha disponibilità solamente di dollari, o comunque non ha una disponibilità di euro sufficiente a coprire il costo della transazione, allora la banca destinataria comprerà gli IOU dell'americana per un certo ammontare di XRP; il compratore avrà poi l'opportunità, sempre sulla blockchain, di vendere gli IOU acquistati

¹³ Coinmarketcap è un sito web accreditato che funge da punto di riferimento per chi opera nel panorama delle criptovalute, proponendo un ranking aggiornato delle 100 blockchain più importanti; per ogni blockchain vengono mostrati il market cap, il prezzo e il volume in dollari nelle ultime 24 ore, la quantità di criptovaluta circolante e la variazione del tasso di cambio. Il portale è raggiungibile attraverso il seguente link: <https://coinmarketcap.com>.

in un'altra valuta reale, ad esempio la sterlina, in cambio di altri XRP. Inoltre, Ripple possiede una velocità di effettuazione delle transazioni che oscilla tra i 2 e i 5 secondi, contrariamente ai 10 minuti necessari affinché un blocco sia validato sulla blockchain dei Bitcoin; ciò consente a questa blockchain di essere molto vantaggiosa in termini di tempo e risorse, oltre che sicura, poiché grazie al ledger distribuito è possibile tracciare qualsiasi movimento di qualsiasi asset.

Hyperledger:

La caratteristica principale di Hyperledger risiede nella mancanza di un asset nativo, ossia di una criptovaluta.

Creata nel 2015 all'interno del progetto Linux Foundation, grazie alla volontà di circa una trentina di membri consolidati come IBM, SAP e Fujitsu, rientra nella famiglia delle blockchain permissioned ledger e può catalogarsi come una consortium blockchain nella quale l'adesione è subordinata alla sottoscrizione e al pagamento di quote.

Lo scopo di Hyperledger è sviluppare soluzioni innovative open source per le aziende private, garantendo caratteristiche di segregazione dati, sicurezza ed estrema privacy. Hyperledger conta numerose applicazioni al suo interno, anche se le più rilevanti sono essenzialmente due: Fabric e Sawtooth.

Fabric è un'implementazione fortemente supportata da IBM e SAP che permette a due o più utenti di comunicare nel network al possesso di specifici permessi; Fabric si presenta come una sorta di blockchain privata nella quale solo alcuni nodi, detti *endorse*, sono abilitati a validare l'ingresso di nuovi utenti e autorizzare le transazioni, al contrario delle blockchain pubbliche dove l'attività di mining è distribuita e slegata da privilegi specifici a determinati utenti.

Ma qual è il vero punto focale di Hyperledger? Sicuramente si può riscontrare nei cosiddetti "canali", ossia delle particolari transazioni visibili solo dai nodi in questione grazie al meccanismo della segregazione dati, nei quali si possono implementare smart contracts e realizzare transazioni private fra i vari utenti. Ciò permette risvolti anche nelle logiche commerciali; si pensi a una supply chain nella quale un produttore voglia concedere uno sconto particolare a un solo distributore, senza che gli altri ne vengano a conoscenza o senza che ciò possa inficiare i rapporti che egli pone in essere con gli altri players.

Attraverso Fabric è possibile attuare questa strategia in quanto la transazione avviene su un canale privato, nel quale solo le parti in causa sono a conoscenza di quanto comunicato.

Un'altra applicazione di Hyperledger è Sawtooth, supportata da Intel e volta alla creazione anche di blockchain permissionless, ossia pubbliche. Attraverso tale sistema è possibile, come per Fabric, implementare e gestire smart contracts, elaborare richieste di pagamento assicurativo e gestire dinamiche di supply chain attraverso l'implementazione di IoT e l'esecuzione di transazioni internazionali.

Su Sawtooth non si corre il rischio di incorrere in fork, in quanto per modificare le regole del consenso presenti nel protocollo è sufficiente emettere un codice nella rete che deve essere approvato da tutti i partecipanti.

Hyperledger Sawtooth si distingue anche per l'utilizzo di un protocollo del consenso diverso dalla PoW, la *Proof-of-Elapsed-Time (PoET)*. In termini semplici e rapidi, la PoET permette potenzialmente a ogni nodo di divenire validatore per una particolare transazione, previa richiesta al network attraverso le modalità espresse nel protocollo. La scelta fra le tante richieste di validazione ricadrà sul nodo che avrà speso il minor tempo di attesa; questa soluzione presenta una forte componente di casualità, anche se essa non è l'unica determinante. Infatti, il sistema assegna casualmente i tempi di attesa ai nodi, ma la probabilità di essere eletti è direttamente proporzionale e correlata al livello di contribuzione al network: ciò significa che più un nodo contribuisce allo sviluppo del network mettendo a disposizione risorse computazionali, più è probabile che gli venga conferito un tempo di attesa minore e venga eletto, divenendo il *leader* di quella specifica transazione. Una volta che il nodo è stato eletto, vi è un'ulteriore finestra temporale nella quale egli deve autenticarsi, permettendo così al sistema di controllare che il vincitore abbia la possibilità legittima di validare il blocco.

Il meccanismo della PoET è meno dispendioso dal punto di vista delle risorse energetiche e computazionali rispetto alla PoW, in quanto non si richiede che più nodi validino la transazione contemporaneamente; inoltre, per entrare a far parte del network non sono richieste necessariamente forze computazionali elevate che estrometterebbero i nodi meno facoltosi, invogliando così anche i piccoli utilizzatori a partecipare alla rete ed esserne parte attiva.

2.4 L'utilità pratica e i settori di applicazione della blockchain

In questo paragrafo si andranno a delineare i possibili casi d'uso della blockchain, nonché gli specifici campi in cui può essere implementata, riportando vari esempi di applicazioni concrete in diversi settori quali quello bancario, quello assicurativo, l'agrifood e la sanità.

2.4.1 Quando è utile una blockchain?

In virtù di quanto spiegato nei paragrafi precedenti relativamente al funzionamento della blockchain, delle caratteristiche, di ciò che si può ottenere attraverso il suo utilizzo e di quali siano le varie tipologie di questa tecnologia innovativa, risulta opportuno chiedersi in quali circostanze essa possa essere adottata e in che settori possa realmente apportare un vantaggio significativo da un punto di vista economico.

Si è delineato come la blockchain possa essere vista come un sistema in grado di rivoluzionare sia i metodi di pagamento mediante l'eliminazione degli intermediari, sia la gestione di filiere produttive attraverso, ad esempio, la creazione di smart contracts; se da un lato questi sono solo alcuni dei vantaggi ottenibili tramite l'implementazione della blockchain, è altrettanto vero che quest'ultima non può essere adottata universalmente come panacea di tutti i mali. Precisamente, non in tutti i settori la blockchain rappresenta una soluzione da perseguire per migliorare le inefficienze del sistema.

Sicuramente le blockchain che riscontrano più applicazioni in realtà aziendali sono le permissioned ledger, in particolar modo quelle private. Questo perché le blockchain

permissionless ledger come Bitcoin, offrono sì un vantaggio importante insito nell'irreversibilità delle transazioni e nella distribuzione del consenso, ma non sempre ciò sembra collimare con le esigenze delle grandi imprese. In particolare le blockchain pubbliche non offrono una privacy totale, poiché chiunque può entrare a far parte del network venendo a conoscenza delle transazioni effettuate e conservandone una copia sul proprio libro mastro: se questa peculiarità è in realtà un elemento a favore delle blockchain pubbliche in quanto conferisce un aspetto di trasparenza rilevante, è anche vero che non sempre entra in sintonia con l'interesse delle grandi corporation, desiderose sì di decentralizzare le operazioni a livello di filiera, ma mantenendo al contempo caratteri di privacy interna.

Un'altra criticità è relativa alla volatilità dei prezzi e delle remunerazioni da corrispondere ai miner, che possono portare a bolle speculative simili a quelle avvenute in Bitcoin e per le quali si è creata la fork che ha portato alla nascita di Bitcoin Cash. Inoltre, le blockchain pubbliche sono meno performanti in termini di tempo, come dimostra il confronto fra Bitcoin e Ripple riguardo la validazione di una transazione; nondimeno, vi è incertezza sullo sviluppo futuro del sistema in riferimento alla sua scalabilità e alla gestione dei blocchi archiviati, che diventano sempre più numerosi con il passare del tempo. Dal momento che il protocollo del network non è modificabile su iniziativa del singolo utente ma di un team di sviluppatori, è difficoltoso cambiare le regole interne e modificare le inefficienze della rete; come conseguenza, spesso a seguito di proposte di modifica del software, si associano delle fork che portano alla creazione di blockchain secondarie.

Per tutte queste motivazioni, per la gestione delle imprese appaiono forse più opportune le blockchain private. Queste ultime infatti presentano maggiori caratteri di segretezza e privacy, in quanto la visione dei documenti e l'accesso sono regolati da una o più entità centralizzate sulle quali è riposta la fiducia; i miner sono predeterminati e non è presente il rischio di inflazione relativo alle mance come avviene nelle blockchain pubbliche, poiché la predeterminazione stessa di un nodo al ruolo di miner esclude la competizione nella presentazione della PoW su base volontaria.

In aggiunta e come visto in precedenza, i sistemi di blockchain privati sono più veloci rispetto ai pubblici e la diminuzione dei miner consente di aumentare la capacità di memoria del sistema che permette di inserire più transazioni nei blocchi.

A seguito di quanto esposto, la blockchain per le imprese può risultare un'utile applicazione sia se implementata in via pubblica che in via privata; dipende dalle esigenze e da ciò che si vuole migliorare in una determinata azienda operante in uno specifico settore. La blockchain rappresenta un'evoluzione dei sistemi tradizionali imperniati sull'utilizzo di database relazionali, ossia quei database di gestione dati organizzati in tabelle interrelate fra loro. I database relazionali, se da un lato possono risultare di semplice applicazione e utilizzo, presentano le criticità proprie dei sistemi centralizzati, in particolare l'impossibilità dei singoli attori di concorrere alla modifica o all'aggiornamento di un dato; queste azioni, infatti, sono appannaggio dell'unità centrale, il che causa un aumento in termini dei tempi di attesa, un accentramento delle responsabilità in capo a un singolo soggetto e una maggior possibilità di un attacco hacker che minerebbe l'intero sistema.

La blockchain può superare tali limiti, ma è compito delle imprese e delle istituzioni che si affacciano a questo nuovo panorama tecnologico predisporre un'analisi costi-benefici e capire se sono maggiori le migliorie apportate da una blockchain o se sono preponderanti i punti critici relativi all'implementazione di essa, continuando in quest'ultimo caso a lavorare attraverso i database relazionali moderni.

Se si sceglie la strada della blockchain, allora è fondamentale stabilire quali caratteristiche siano più importanti per la propria azienda al fine di scegliere il sistema blockchain più adeguato.

2.4.2 In quali settori può trovare applicazione la blockchain?

L'obiettivo di tale paragrafo consiste nell'illustrare quali siano i possibili settori di applicazione delle tecnologie DLT, andando a individuare gli scenari e le attuali implementazioni. Quella proposta è una semplice fotografia dei possibili campi applicativi della blockchain, mentre il modo attraverso cui tale tecnologia possa rivisitare e rivoluzionare le supply chain globali verrà delineato dettagliatamente nel capitolo successivo.

Settore finanziario:

La Blockchain, fin dalla sua nascita per opera di Satoshi Nakamoto quale tecnologia operante nel sistema Bitcoin, è stata vista con estremo interesse in particolar modo dal settore finanziario. L'intento iniziale di Nakamoto era infatti creare una rete nella quale poter condurre in totale autonomia e trasparenza una transazione, a bassi costi e senza l'ausilio di terze parti; i destinatari di questa tecnologia, almeno inizialmente, sono stati i grandi players della finanza, perché Bitcoin rappresentava sia un miglioramento da introdurre nel sistema bancario, sia una potenziale minaccia per il sistema stesso, che vedeva nell'eliminazione degli intermediari una criticità consistente. Ecco perché fin da subito le grandi istituzioni finanziarie hanno riposto grande attenzione sulla blockchain e su come poter introdurre questa nuova tecnologia nel loro sistema di business; l'obiettivo era trasformare ciò che poteva rappresentare una minaccia in una opportunità di miglioramento per il sistema.

A conferma della grande attenzione presente tutt'ora all'interno del sistema bancario verso gli ambiti applicativi della blockchain, è da riscontrare il fatto che non solo i singoli istituti privati ma anche le banche centrali stiano predisponendo progetti inerenti la creazione di una rete condivisa per gli scambi internazionali e la gestione smart e sicura delle operazioni bancarie. A riprova di ciò si cita il progetto di ricerca condiviso tra la Banca Centrale Europea e la Banca del Giappone sull'implementazione delle DLT nel sistema intermedio finanziario; denominato "Progetto Stella", il programma congiunto fra Europa e Giappone è volto all'esplorazione di come il regolamento di due obblighi contrattuali fra loro collegati, come la consegna di titoli a fronte del versamento in denaro da parte di un soggetto, possa essere gestito tramite le tecnologie DLT¹⁴.

¹⁴ Il report della BCE relativo al Progetto Stella può essere consultato al seguente link:
https://www.ecb.europa.eu/pub/pdf/other/ecb.stella_project_report_september_2017.pdf

Settore assicurativo:

Nel panorama delle assicurazioni la blockchain può contribuire in maniera significativa allo sviluppo e all'accrescimento del settore.

Come riportato da uno studio pubblicato da Ernst&Young nel 2016¹⁵, le tecnologie blockchain possono incrementare l'efficienza nel mondo assicurativo sostanzialmente in tre aspetti:

- Eliminazione delle frodi e prevenzione dei rischi: in un ambiente dominato dall'incertezza e dall'asimmetria informativa fra i soggetti quale è quello assicurativo, attraverso la sua struttura decentralizzata e distribuita la blockchain può costituire un fattore rilevante nel garantire all'assicuratore la veridicità delle fonti e dei dati forniti dal cliente in merito a sinistri, reclami e denunce. Ciò grazie alla sua peculiarità di creare un network in cui immettere informazioni e transazioni verificabili da più nodi; tali informazioni, diventando immutabili una volta confermate, non possono costituire fonte di frodi o interpretazioni ambigue per le parti in causa.
- Gestione digitale dei reclami: le compagnie assicurative, adattandosi alle novità introdotte dall'Industria 4.0, stanno volgendo lo sguardo verso una prevenzione e una gestione dei sinistri digitale e smart. Tramite una combinazione di blockchain e IT e grazie all'adozione degli oracoli, di cui si discuterà nel prosieguo del lavoro, è possibile implementare un sistema efficiente nella gestione dei rimborsi e nel pagamento delle indennità da parte delle assicurazioni.
Un esempio riguardante questo possibile risvolto si riscontra nella possibilità, grazie al collegamento fra gli smart contracts e i Big Data presenti nelle stazioni meteorologiche, di poter rimborsare automaticamente i passeggeri il cui volo aereo sia in ritardo o venga cancellato per particolari condizioni meteo avverse; ciò consentirebbe una gestione smart e immediata del reclamo, che si esegue automaticamente in quanto posta come condizione nello script all'interno dello smart contract e che permette al cliente di essere ripagato subito, aumentando la sua soddisfazione e di conseguenza l'immagine aziendale.
- Creare un nuovo modello di governance: l'obiettivo delle assicurazioni in questo ambito è relativo alla diminuzione dei costi di gestione delle pratiche, attuabile attraverso la creazione di un network condiviso nel quale immettere smart contracts che si eseguano al verificarsi di eventi predeterminati. Quanto visto per le compagnie aeree può applicarsi anche per il pagamento di premi assicurativi, prestiti, esecuzione di contratti di locazione o acquisto di immobili e rappresenta un modo per l'eliminazione degli ingenti costi che sia le assicurazioni, sia gli assicurati, devono sostenere in relazione al ricorso agli intermediari.

La finalità ultima del settore assicurativo, perseguibile grazie all'adozione dei sistemi blockchain, è quindi fornire un servizio "24/7", sempre connesso, in grado di gestire

¹⁵ Shaun Crawford, Ian Meadows, David Piesse: "Blockchain technology as a platform for digitalization. Implication for the insurance industry", EY, 2016.

autonomamente il portafoglio clienti diminuendo significativamente i costi di gestione e i tempi di esecuzione.

Agrifood:

Nel settore agroalimentare la blockchain è vista con enorme interesse dagli addetti ai lavori. Il consumo alimentare e le abitudini degli individui sono notevolmente mutate negli ultimi decenni, facendo emergere una classe di consumatori sempre più attenta ai cibi acquistati; il crescente fenomeno del “mangiare sano”, assieme alle numerose tendenze alimentari salutiste e funzionali all’attività fisica, hanno contribuito al fenomeno e instaurato nei soggetti occidentali una esigenza rilevante in termini di qualità e tracciabilità degli alimenti. Considerando tale aspetto, per le imprese appare distintivo riuscire a soddisfare i bisogni di “food safety” dei clienti e garantire loro il consumo di cibi e bevande con certificazioni di qualità e facilmente tracciabili.

In questo scenario la blockchain può essere una soluzione perfetta per instaurare un controllo a livello di filiera che consenta di tracciare l’intero percorso del prodotto e assicurare standard di qualità allo stesso, escludendo il rischio di frodi certificative e la non ottemperanza di determinati obblighi qualitativi da parte degli attori lungo la supply chain. Il processo di tracciabilità di filiera coinvolge tutti gli attori: dal primo fornitore, ai trasportatori, ai produttori, alle aziende di packaging, al retailer. Ciò al fine di condividere dati e informazioni sia a livello di supply chain sia con il consumatore finale; in particolare quest’ultimo può venire a conoscenza dell’origine dei prodotti acquistati e verificare che le qualità enunciate del prodotto corrispondano a quelle reali.

Non solo il consumatore finale è il destinatario dei benefici apportabili da un sistema blockchain nella filiera dell’agrifood; infatti, anche la singola azienda può trarre enormi vantaggi dall’implementazione di una rete condivisa di informazioni. In particolare l’azienda leader della supply chain ha la possibilità di controllare l’operato dei propri fornitori in maniera digitale e senza spreco di risorse umane ed economiche, verificando che le direttive imposte siano rispettate e che gli obblighi inerenti igiene e sicurezza degli alimenti siano ottemperati.

Passando agli esempi concreti, Bofrost, nota impresa leader nel settore della vendita porta a porta dei surgelati, ha adottato la soluzione blockchain *EY OpsChain Traceability*; sviluppata su Ethereum, è utilizzata per far sì che tutti gli attori della supply chain registrino le informazioni di quanto svolto nei rispettivi processi produttivi, nonché le certificazioni di qualità applicate al prodotto, in maniera irreversibile e inalterabile dall’esterno. Si desume quindi come questa particolare tecnologia creata da EY abbia un duplice risvolto. Infatti, oltre a consentire a Bofrost una rapida valorizzazione dei controlli di filiera, monitorando i processi dall’arrivo della materia prima alla consegna del prodotto, è estremamente utile e interessante anche per i clienti. Scansionando il QR code presente nella confezione del surgelato, i consumatori potranno vedere la storia del prodotto, le lavorazioni che ha subito e i passaggi effettuati lungo la filiera; questa trasparenza consente ai clienti di effettuare scelte d’acquisto ragionate e vedere soddisfatto così il bisogno crescente di “conoscere” un prodotto e non solo di consumarlo. Almeno inizialmente il progetto di Bofrost verterà solamente su due prodotti simbolo

della gamma offerta dall'azienda, ovvero i filetti di merluzzo nordico e gli spicchi di cuore di carciofo, che contano rispettivamente 170.000 e 250.000 confezioni vendute l'anno, come confermato dall'ad di Bofrost Italia, Gianluca Tesolin¹⁶; il progetto pilota consentirà quindi all'azienda di studiare la fattibilità dell'iniziativa ed espanderla poi a più prodotti, per garantire ai consumatori una conoscenza dei processi di filiera a tuttotondo.

Una soluzione simile, sempre in collaborazione con EY, è stata adottata nel settore vitivinicolo, in particolare sulla salvaguardia del vino Made in Italy.

Il vino rappresenta uno dei punti di forza dell'imprenditoria agroalimentare italiana e, come dimostra uno studio condotto dall'Istituto Marchigiano di Tutela Vini e coadiuvato dal Professor Gabriele Micozzi, è in larga espansione fra i giovani tra i 18 e i 35 anni. La ricerca, denominata "Vino&Giovani" e presentata al Vinitaly 2018, illustra come il vino sia la bevanda preferita dalla metà degli intervistati e come questi ultimi siano consumatori attenti all'eco-cultura e alla sostenibilità; inoltre, più del 70% degli intervistati sarebbe disposto a pagare un surplus economico per un prodotto qualitativo, trasparente nella provenienza e certificato¹⁷. Il quadro che emerge, quindi, raffigura una generazione del domani propensa e interessata alla qualità del vino e alla trasparenza della filiera, così come già esposto in precedenza.

Il comparto vitivinicolo, però, è anche uno dei più colpiti dalla contraffazione delle certificazioni, delle proprietà e del Made in Italy. Come riportato dalla Coldiretti, da agosto a gennaio 2018, l'Ispettorato centrale repressione frodi ha rilevato un aumento del 40% del numero dei sequestri e del relativo valore della merce sequestrata rispetto al 2017, con 944 irregolarità e 257 sequestri. Massimo Morbiato, fondatore dell'azienda specializzata nel tracciamento delle filiere produttive EZlab, afferma che "sono molte le cantine che usano uva non locale, che la fanno arrivare dall'estero e marchiano il vino come originario di una zona".¹⁸ Ecco allora che la blockchain può rappresentare una soluzione per contrastare tale fenomeno e indurre le aziende a operare in trasparenza e legalità, al fine di immettere sul mercato prodotti certificati e aventi le caratteristiche riportate.

Il progetto in ambito vinicolo, ideato da EY e coadiuvato con EZlab, è volto all'autocertificazione della tracciabilità di filiera, con un meccanismo molto simile a quello adottato da Bofrost Italia per il comparto dei surgelati; il processo con cui opera WineBlockchain è illustrato nella figura sottostante, dove vengono esposti i vari passaggi a livello di filiera e le informazioni e i benefici di cui il cliente può disporre grazie all'implementazione di detta piattaforma.

¹⁶ Le dichiarazioni dell'amministratore delegato di Bofrost Italia Gianluca Tesolin e di Gianluca Perrone, EY Blockchain Hub Mediterranean Leader, sono riportate al seguente articolo:

<http://www.ilfriuli.it/articolo/gusto/bofrost-lancia-la-blockchain-dei-surgelati/10/201084>.

¹⁷ La ricerca citata è esposta brevemente all'articolo online in oggetto: <http://www.albertomazzonei.it/vinitaly-indagine-giovani-18-35enni-macche-movida-il-vino-e-consapevolezza-e-passione/>

¹⁸ I dati relativi allo studio riportato da Coldiretti e l'intervista a Massimo Morbiato, fondatore di EZlab, sono consultabili al link seguente: <https://www.ezlab.it/wp-content/uploads/2018/11/Corrieredellasera-Ezlab-certifica-il-vino-tramite-blockchain.pdf>.



Figura 3. Il processo di attivazione della soluzione Wine Blockchain di EY.

WineBlockchain prevede la creazione di un database distribuito collegato alla firma digitale del produttore nel quale le aziende sono tenute a inserire le informazioni e le transazioni di merci e prodotti lungo la filiera, così come accade per OpsChain Traceability. E, sempre similamente, i consumatori finali potranno verificare provenienza, campo di coltivazione, trattamenti con fitofarmaci, attività di trasformazione, conseguimento delle certificazioni BIO e DOP e siti di trasporto del vino che vogliono acquistare semplicemente leggendo il QR code con il loro smartphone.

Sanità:

Uno dei grandi limiti della sanità, in particolar modo del Sistema Sanitario Nazionale (SSN) ma riguardante anche i privati, è la mancanza di informazioni relative al paziente; accade spesso che un medico o professionista del settore si trovi a valutare un paziente senza sapere la sua storia, le sue patologie e senza conoscere la sua cartella sanitaria. Alla prima visita presso un nuovo medico, può succedere che i pazienti non portino con sé tutti i documenti necessari e siano pertanto invitati a ripetere esami strumentali e a fornire nuove analisi anche se questi sono stati effettuati poco tempo prima, poiché il medico ha la giusta pretesa di conoscere le esigenze e le caratteristiche del soggetto che si trova a valutare e curare.

Questi limiti informativi, che determinano anche uno spreco di tempo sia per il medico che per il paziente oltre che un notevole esborso per la spesa sanitaria nazionale, possono essere superati con l'ausilio della blockchain. Non è un caso infatti che l'applicazione della tecnologia blockchain in sanità sia un argomento cardine negli ambienti politici, come dimostra anche il convegno "Blockchain in Sanità: opportunità e prospettive", organizzato nel febbraio 2019 dal Presidente della Commissione Sanità del Senato Pierpaolo Silieri assieme a Consulcesi Tech, un'importante azienda operante nel settore del diritto sanitario.

All'evento il presidente di Consulcesi, l'Avvocato Massimo Tortorella, ha illustrato quali possono essere i benefici ottenibili tramite un'applicazione della blockchain al settore

sanitario nazionale: la certificazione della Formazione ECM, la tracciabilità della crioconservazione delle cellule staminali e la trasparenza della supply chain farmaceutica¹⁹.

L'Educazione Continua in Medicina (ECM) è il processo di formazione medica cui il professionista sanitario deve sottoporsi per mantenersi aggiornato verso le nuove pratiche mediche e rispondere al meglio ai bisogni dei pazienti. In più situazioni si sono rilevati casi di professionisti non dotati degli strumenti idonei a operare o addirittura di "falsi medici" senza un titolo valido all'esercizio della professione, con un notevole danno di immagine per il settore sanitario, oltre che numerosi danni materiali subiti dai pazienti. La soluzione proposta da Consulcesi risiede in una piattaforma e-learning che si avvale di tecnologia blockchain, "Sanità in-Formazione". Il progetto viene presentato nel maggio del 2019 in Albania, dove la formazione continua è obbligatoria per legge dal 2002, e ha l'obiettivo di certificare il completamento dell'intero percorso formativo da parte del professionista tramite la blockchain Ethereum. La verifica e l'immutabilità dei titoli appresi dal medico saranno possibili grazie alla memorizzazione dei dati nei nodi della rete, distribuiti al fine di rendere le informazioni sicure, inviolabili e accessibili a tutti. La piattaforma di formazione a distanza (FAD) è predisposta infatti per consentire l'accesso dei contenuti ovunque e in qualsiasi momento, attraverso qualsiasi dispositivo, a prescindere dal livello di conoscenza informatica.

Per quanto concerne invece il secondo punto all'ordine del giorno, Consulcesi ha illustrato in Senato il progetto avviato con Futura Stem Cells, una società di crioconservazione delle cellule staminali prelevate dal sangue del cordone ombelicale. La finalità dell'iniziativa, denominata "Future Stem Chain", è quella di mappare e tracciare l'intero processo di conservazione delle cellule staminali, dalla firma del contratto al rilascio del certificato di proprietà delle cellule.

Attraverso applicazioni web interagenti con uno smart contract che valida ogni step e crea transazioni immutabili sulla blockchain, l'informazione sarà resa immutabile e sicura all'interno del network; quando viene rilasciato il certificato di crioconservazione, all'utente viene consegnato un Token Futura al proprio wallet su Ethereum, che certifica la proprietà delle cellule staminali.

Il paziente potrà, oltre che dialogare con un medico specialista, seguire il processo attraverso un dispositivo personale come smartphone o computer autenticandosi con una chiave di sicurezza univoca, potendo così conoscere la banca di appartenenza e avere dimostrazione della qualità delle cellule. Inoltre potrà consultare il suo certificato e riscattare il token presso la banca per avere disponibilità delle cellule, o donarle presso un altro utente che ne abbia fatto richiesta.

Per il terzo obiettivo da raggiungere, la trasparenza dei dati nella supply chain farmaceutica, si pone in luce la partnership fra Consulcesi e Iqvia, una multinazionale attiva nella fornitura di servizi alle case farmaceutiche. La collaborazione è volta alla costruzione di una blockchain che possa portare riscontri positivi nella gestione

¹⁹ La rassegna stampa dell'evento e quanto illustrato da Andrea Tortorella sono consultabili al link: <https://www.consulcesi.tech/wp-content/uploads/Convegno-Blockchain-e-sanita.pdf>

distribuita e digitalizzata delle cartelle cliniche, nella cyber security dei dati personali dei pazienti e nella tracciabilità della catena distributiva.

Un altro elemento in cui la blockchain può assicurare soluzioni concrete riguarda la contraffazione dei farmaci; come dichiara Sergio Liberatore, general manager di Iqvia Italia e Grecia, il danno arrecato dal mercato nero del farmaco si stima intorno ai 10,2 miliardi di euro in Europa e a 1,6 miliardi di euro in Italia. Oltre al danno economico e lavorativo per gli impiegati nel settore, non sono da sottovalutare le conseguenze negative per i pazienti, i quali rischiano di subire pesanti danni dovuti all'assenza di principi attivi e all'inadeguatezza di ingredienti e dosaggi.

Concludendo, quello medico appare uno dei settori più interessati all'implementazione e all'utilizzo della blockchain come sistema trasparente e certificatore e, come si avrà modo di approfondire nel corso dell'opera, assieme all'agrifood rappresenta vasti campi di applicazione concreta.

Politica e social media:

Al giorno d'oggi la considerazione che i cittadini ripongono nelle istituzioni e nella politica è in diminuzione e, come evidenziato all'inizio del capitolo, il sistema centralizzato non pare più godere della fiducia delle persone. Le cause sarebbero da ricercarsi in un ampio ventaglio di eventi e concause sviluppatesi nel corso degli anni e a seguito di determinate circostanze, che non si delinea in quanto non oggetto della trattazione; risulta però necessario evidenziare come, anche recentemente, il rapporto fra istituzioni e cittadini si sia ulteriormente incrinato in virtù della non affidabilità del sistema.

Nel dettaglio, la non attendibilità dei sondaggi politici e la proliferazione delle cosiddette *fake news*, specie all'interno dei social network, ha alimentato un clima di sfiducia generale. I sondaggi elettorali, pur trattandosi di previsioni effettuate su un campione più o meno ristretto della popolazione, sono sempre stati visti con enorme interesse per la loro capacità di fornire in anticipo proiezioni su eventi di grande caratura quali le elezioni. Il caso più clamoroso è anche il più recente: alle elezioni presidenziali americane, alla vigilia era data per favorita la candidata dei democratici Hillary Clinton mentre è stato il repubblicano Donald Trump a sedersi alla Casa Bianca. Avvicinandosi all'Europa si nota come, sempre in tempi recenti, i sondaggi non siano risultati attendibili: alle elezioni europee del 2014 il delta tra la percentuale pronosticata e quanto raggiunto dal Partito Democratico è stato di più del 10%, mentre il Movimento 5 Stelle raccolse 11 punti percentuali in più di quanto previsto dagli esperti.

Le ragioni di ciò sono da ricondursi, probabilmente, nei cambiamenti che hanno imperversato nella società nel corso degli anni. Se nei decenni scorsi era il telefono fisso il principale strumento sul quale fare affidamento per eseguire un sondaggio, oggi molti soggetti adoperano e si informano su altre piattaforme, tantoché il vecchio telefono fisso viene adoperato da sempre meno persone. Inoltre, ricollegandosi al discorso relativo alla fiducia nelle istituzioni, si denota una minor decisione nel voto e aumentano, come riscontrato anche dagli stessi sondaggi, continuamente gli indecisi; ciò determina una difficoltà crescente nel pronosticare esattamente i risultati di un evento politico, considerando anche la minor fedeltà che gli elettori ripongono verso uno specifico partito

rispetto al passato. Se a ciò si aggiunge anche il fattore inerente la pubblicazione online, e in particolar modo sui social, di articoli di disinformazione e di fake news volte a influenzare le decisioni dei singoli soggetti, appare ulteriormente complicato per le società condurre sondaggi affidabili.

Un'altra criticità è rappresentata dalle differenze fra sondaggi condotti da società diverse, che aumentano l'incertezza e la confusione sia nel mondo politico, sia negli elettori.

Una soluzione al problema è stata proposta sempre da Consulcesi, per via del CEO Andre Tortorella, all'evento "Politica&Impresa" organizzato dall'UDC²⁰. Tale proposta si configura nel progetto "Survey Chain"; obiettivo di questa applicazione è certificare i sondaggi e in particolare le fonti, le fasi rilevanti e i soggetti sottoposti al sondaggio tramite la scrittura immutabile sulla blockchain Ethereum. Grazie alla firma univoca apposta su ognuno dei file certificati, ovvero l'hash, sarà possibile rendere i dati componenti il sondaggio immutabili e verificabili in ogni momento da qualunque utente all'interno del registro pubblico distribuito.

Partendo dai sondaggi in ambito sanitario, il progetto è volto anche all'espansione verso il panorama politico; come enunciato dallo stesso Tortorella, infatti, "Nell'epoca del web ormai fake news, post truth ed hate speech rappresentano sostanziali distorsioni considerate socialmente pericolose ma praticamente inevitabili. Eppure proprio grazie alla Blockchain è possibile compiere un ulteriore passo avanti nella democratizzazione dell'informazione, attraverso sondaggi certi e immutabili che restituiscano fiducia al cittadino-elettore"²¹.

Aiuti umanitari:

Building Blocks è il sistema blockchain presentato dal World Food Programme (WFP) dell'ONU nel 2017, per distribuire aiuti umanitari in denaro ai rifugiati nei campi profughi in Giordania. L'obiettivo per cui è stata creata questa blockchain chiusa, poggiate su Ethereum, risiede nella gestione più efficiente degli aiuti umanitari.

Infatti, il WFP da alcuni anni ha iniziato a distribuire denaro ai rifugiati invece di cibo; ciò conferisce più dignità ai bisognosi, i quali possono scegliere come spendere i soldi erogati comprando i beni che più gli aggradano. Inoltre, il sistema precedente basato sulla distribuzione dei pasti era dispendioso dal punto di vista economico nonché da quello pratico: spesso il cibo non era vario o presente nella quantità giusta, provocando sprechi e insoddisfazioni.

Come soluzione il WFP ha scelto di erogare il denaro su conti virtuali propri, dal momento che i rifugiati, non avendo documenti, non possono nemmeno accendere un conto corrente. Tale sistema nelle sue origini portava in dote numerosi costi amministrativi legati prevalentemente alla gestione delle transazioni bancarie; esse, oltre a generare un lavoro amministrativo enorme per quanto concerne la gestione di tutti i conti correnti, provocavano costi di commissione elevati per ogni transazione, considerando anche il

²⁰ La presentazione del progetto "Politica&Impresa": <https://www.consulcesi.tech/it/andrea-tortorella-ecco-come-funziona-il-progetto-survey-chain/>

²¹ Andrea Tortorella, CEO di Consulcesi Tech, al Messaggero: https://www.ilmessaggero.it/politica/sondaggi_elettorali_exit_poll_blockchain_cybersecurity-4365996.html#

fatto che avvenendo in paesi terzi le commissioni erano di gran lunga maggiori rispetto a quelle eseguite in patria.

Un altro aspetto da considerare nel novero delle criticità è il fatto che spesso le carte di pagamento venivano passate dai rifugiati che lasciavano il campo a parenti, conoscenti o amici, che potevano così usufruire di due carte, gravando doppiamente nell'ammontare delle spese sostenute dal WFP.

Tali inefficienze sono state risolte con l'avvento di Building Blocks, avvenuto nel 2017. Questa blockchain è gestita da un database interno e chiuso dell'ONU ed elimina l'aspetto bancario: i rifugiati non possiedono più carte di pagamento con le quali poter effettuare gli acquisti, ma possono scegliere e acquistare il cibo al supermercato attraverso *EyePay*, un sistema rientrante nelle IT che permette l'autorizzazione di un pagamento tramite il riconoscimento della retina. Il rifugiato deve solamente guardare nell'*IrisScan* presente in cassa, al resto pensa la tecnologia: avvenuta la scansione dell'iride, viene controllato che l'identità dell'individuo corrisponda a quella inserita nel database al momento dell'identificazione del rifugiato nel campo profughi e che il budget associato al soggetto permetta di effettuare l'acquisto. Se tutto è in regola, l'acquisto viene confermato e il soggetto può uscire dal supermercato con la spesa. Le transazioni vengono regolate direttamente dal WFP e sono approvate dall'ONU stesso in tempo reale nel registro di cassa presente nel cloud.

La difficoltà principale del progetto, lanciato nel campo profughi di Zaatari in Giordania con l'ambizione di estenderlo successivamente a tutti i campi del Paese, risiede nella localizzazione geografica capillare dei rifugiati; spesso essi vivono in piccoli paesi, nei quali la comunità locale e gli esercizi commerciali possono non essere propense all'utilizzo e all'installazione di tecnologie moderne e rivoluzionarie come *EyePay*.

Inoltre, per permettere a Building Blocks di funzionare ed eseguire i pagamenti sul cloud dei vari supermercati, è necessaria una rete internet strutturata e performante, che non è sempre presente nei Paesi che ospitano rifugiati.

I primi risultati sono comunque confortanti: il WFP ha segnalato una riduzione dei costi di transazione e commissione del 98%²². Il dirigente del WFP Houssem Haddad, il *deus-ex-machina* del progetto, ha intenzione di estendere le finalità di Building Blocks gestendo non più solamente l'aspetto economico ma anche quello giuridico e sociale.

L'intento ultimo di Haddad è quello di consentire ai rifugiati l'accesso al sistema finanziario e giuridico, nonostante essi non siano in possesso di documenti di identità o conti correnti, elementi che attualmente risultano indispensabili per entrare a far parte della struttura sociale di un paese.

La buona riuscita di questo ultimo punto appare lontana e piena di interrogativi, anche se aziende come Accenture e Microsoft stanno già lavorando al progetto *ID2020*, che rappresenta un'alleanza tra governi, amministrazioni pubbliche e aziende tecnologiche. La mission è quella di fornire a tutti i rifugiati un'identità digitale; attualmente, quando un rifugiato giunge in un campo profughi, non possiede documenti personali e sanitari ed è impossibile provare con certezza la sua identità e le sue referenze personali. Ciò comporta

²² I dati e gli approfondimenti sul programma "Building Blocks" sono consultabili al seguente link: <https://medium.com/visionari/la-blockchain-entra-in-un-campo-profughi-in-giordania-ddc5e580fb6d>.

un problema sia nell'accesso ai servizi di pubblica utilità sia nella gestione sicura dei dati forniti a voce dal soggetto. Attraverso ID2020 si vuole identificare ogni rifugiato grazie al riconoscimento dell'iride e delle impronte digitali, immagazzinando i dati biometrici in un server gestito da più istituzioni umanitarie; la blockchain crea una sorta di identificatore tra il rifugiato e i dati immessi sul server e permette di autenticare i documenti digitali grazie al contributo di istituzioni mediche, sociali e amministrative. Se un rifugiato viene vaccinato, viene apposto un "timbro" sul network, così come se un'istituzione riesce a confermare o a reperire documenti quali titoli di studio, certificati di nascita o curriculum; ogni rifugiato potrà così avere un timbro per ogni caratteristica accertata dal network di istituzioni e associazioni umanitarie e potrà disporre di un registro virtuale nel quale sono inseriti tutti i timbri. Ciò gli consentirà di confermare la sua identità in maniera digitale e accedere ai servizi pubblici offerti dal governo senza il pericolo che dati o documenti personali vadano persi o distrutti.

Capitolo 3. Applicazione e implementazione della blockchain nella gestione della supply chain

Dopo aver inquadrato le supply chain illustrando in particolare la loro evoluzione nel corso degli ultimi decenni ed esposto i tratti fondamentali delle tecnologie blockchain, con le opportunità da esse fornite, appare giunto il momento di capire come queste ultime possano essere introdotte nella gestione della supply chain.

Nel dettaglio, l'obiettivo è quello di delineare come la blockchain possa essere uno strumento chiave nel SCM e riesca a superare le inefficienze tuttora presenti all'interno delle aziende e lungo la filiera produttiva, derivanti da una mancata connessione dei singoli sistemi gestionali e da una condivisione delle informazioni insufficiente.

Il capitolo presenta il suo incipit in una panoramica generale e storica sull'adozione dei sistemi informativi aziendali, andando a sottolineare quali aspetti siano migliorati e quali siano ancora da definire nella gestione delle informazioni e degli ordini; excursus che risulta fondamentale per capire come si siano evoluti i sistemi informativi gestionali e quali siano i passi ancora da compiere.

Successivamente viene esplicitato come può agire la blockchain per superare le criticità insite nei sistemi ERP, esponendo i vantaggi perseguibili percorrendo tale strada e le problematiche relative all'implementazione di una tecnologia così potente e sofisticata.

Il lavoro prosegue poi con uno spunto su quale sia il rapporto fra la blockchain e le nuove tecnologie derivanti dall'Internet of Things e in che modo tali due elementi possano essere correlati per ottenere un aumento nell'efficienza della gestione inter-aziendale.

In ultimo, viene illustrato il dibattito presente in letteratura relativamente all'utilità e alla fattibilità dell'adozione della tecnologia blockchain per la gestione della filiera produttiva, riportando i pareri di più autori in accordo e in contrasto fra loro, al fine di poter tracciare un quadro completo e offrire più visioni sul tema.

3.1 Dal sistema informativo contabile al sistema informativo gestionale

Fino agli anni '60 le imprese operavano in un contesto competitivo relativamente stabile, in cui la concorrenza era limitata e non vi era una complessità rilevante nella gestione dell'attività economica, essendovi molti meno fattori critici rispetto al panorama odierno. In tale prospettiva, anche il comportamento dei clienti risultava più facile da prevedere. In primis perché, dovendo ancora fare la loro comparsa fenomeni macroeconomici quali la globalizzazione e l'abbattimento delle frontiere con la conseguente apertura dei mercati, per i consumatori vi erano minori possibilità sia di ponderare l'acquisto tra una vasta scelta di prodotti, sia di reperirne perfetti sostituti. In secondo luogo, la scarsa concorrenza consentiva alle imprese di agire con una relativa tranquillità, non dovendo continuamente pensare a come anticipare le mosse dei concorrenti, come invece avviene in un regime a forte tasso concorrenziale; inoltre, sempre in virtù del basso numero di imprese, per i grandi player era possibile suddividere il mercato o creare piccoli oligopoli, che permettevano alle aziende di stabilizzare ulteriormente il contesto competitivo.

Tali elementi denotano come fosse più semplice dedurre il comportamento dei consumatori che, oltre a disporre di un ventaglio di scelta minore rispetto a quello attuale, erano anche meno informati e aperti rispetto ai consumatori odierni, specialmente in determinati settori, come l'agrifood; in quest'ultimo si è sviluppata negli ultimi anni un'attenzione quasi rigorosa da parte della popolazione occidentale, anche a seguito di numerose scoperte in ambito salutistico, che ha messo in discussione scelte consolidate nel consumatore e ha indotto le imprese a variare punti cardine della loro produzione costringendole a uscire dal proprio status quo.

Considerando infine anche il fatto che il ciclo di vita dei prodotti era esprimibile in anni, quindi molto più lungo rispetto a ora sia a causa della mancanza di alternative che lo conducevano verso la fase di declino sia per la lentezza della tecnologia, era molto probabile che un cliente si fidelizzasse a un'azienda e ripetesse il proprio acquisto con una certa regolarità; dentro un quadro di siffatta stabilità, non era necessario per le organizzazioni disporre di un sistema informativo gestionale col quale pianificare e controllare la produzione in maniera scrupolosa e integrata.

Le imprese erano solite organizzare la produzione predisponendo schede cartacee propedeutiche all'elaborazione delle distinte base; il riordino dei prodotti e la gestione delle scorte di magazzino era effettuato secondo modelli basilari quali il *punto di riordino (ROP, Reorder Point)*, che consisteva nell'acquistare o produrre un certo componente al superamento del punto di giacenza. Il punto di giacenza altro non era che il limite stabilito dall'organizzazione sotto il quale sarebbe stato pericoloso non procedere a un rifornimento di materie prime, merci o prodotti finiti.

Tale metodologia, basata su documenti cartacei scritti a mano, pur essendo per certi versi anche efficace in virtù delle condizioni del macro-ambiente delineate precedentemente, presentava in realtà numerose inefficienze sia per gli errori di trascrizione, sia per il reale rischio di perdere le schede, sia per la scarsa periodicità con cui venivano redatti i documenti manuali. Anche il magazzino era tenuto approssimativamente, con l'inventario che era predisposto su base annuale e aggiornato di tanto in tanto con registrazioni su schede *paper-based*.

Le suddette inefficienze creavano in azienda situazioni di confusione, dovute sia a registrazioni e annotazioni non aggiornate e quindi non coincidenti con le reali scorte di magazzino presenti, sia a ordini di acquisto tardivi o troppo prudenti dal lato temporale. Tali contingenze portavano le aziende a spingere costantemente la domanda ad acquistare il loro prodotto, anche a costo di rinunciare a margini di profitto elevati, per liberarsi di elevate scorte di magazzino latenti. La strategia che sottendeva questo comportamento da parte delle imprese è la cosiddetta *push*, nella quale l'azienda "spinge" la vendita dei prodotti; oggi è possibile riscontrarla ancora nel mercato automobilistico, anche se per cause diverse rispetto al passato. Le concessionarie sono solite offrire grandi sconti e riservare offerte sostanziose a coloro che vogliono acquistare una macchina nelle fasi finali dell'anno solare, specie fra Natale e Capodanno; la spiegazione risiede nel fatto che le case automobilistiche e le singole concessionarie devono raggiungere determinati obiettivi in termini di volume di vendita e, se nel periodo conclusivo dell'anno non li hanno conseguiti, attuano tale strategia per finire le scorte di magazzino e raggiungere l'obiettivo predisposto.

Riprendendo il sentiero principale e concludendo il discorso, appare lampante che sebbene sovente riusciva a fornire i suoi frutti in un contesto stabile dal punto di vista competitivo e da quello della fiducia del cliente, il sistema informativo contabile adottato dalle imprese prima dell'avvento dei computer fosse arretrato, inefficiente e inadatto a una gestione integrata e inter-aziendale della produzione e dell'intera organizzazione.

3.1.1 La nascita dei sistemi informativi gestionali: il sistema MRP

I computer in azienda fecero il loro ingresso tra gli anni '70 e gli anni '80, grazie a una serie di fattori concomitanti; innanzitutto il progresso tecnologico, culminato con la nascita di grandi aziende come Microsoft e Apple e la messa sul mercato dei primi personal computer di successo, come l'IBM 5150. Accanto alle innovazioni tecnologiche, fondamentali dal punto di vista strutturale per la diffusione del sistema informatico nelle realtà aziendali, si presentò la necessità per le imprese di conoscere più dettagliatamente le scorte di magazzino, le giacenze medie, il quantitativo degli ordini emessi e da emettere, nonché le informazioni qualitative e quantitative relative a clienti e fornitori al fine di poter rispondere efficientemente alle variazioni della domanda. Domanda che, rispetto al decennio precedente, appariva mutata e non più ristretta ai confini nazionali; incrementò la competizione nei mercati con l'apertura a terze economie e fecero la loro comparsa nel mercato prodotti più complessi, i quali necessitavano di una maggior cura da parte delle aziende in termini di pianificazione della produzione e di assistenza post-vendita.

Da tali premesse vennero poste le basi per la nascita dei sistemi *MRP (Materials Requirement Planning)*, operanti secondo una metodologia di gestione proattiva da parte dell'azienda riguardo la gestione dei materiali e la gestione della produzione. L'impresa predisponendo il *MPS (Master Production Schedule)*, ovvero un semplice documento che basandosi sull'andamento del mercato e sugli ordini di acquisto pervenuti forniva un'impronta di quella che doveva essere la produzione di un bene o di una parte di esso in un dato periodo; grazie al MPS e all'esplosione delle distinte base, indicanti i materiali e i componenti necessari alla realizzazione di un prodotto, il programma MRP riusciva a determinare i materiali richiesti, confrontandoli con quelli presenti in magazzino e fornendo una precisa indicazione su quanti e quali rifornimenti servissero al reparto produttivo.

Inoltre, essendo il processo visibile a tutte le figure aziendali, soggetti di aree diverse potevano avere idea di quello che fosse il fabbisogno dell'azienda per un determinato bene e poter così prevedere l'andamento della produzione. Ad esempio, il responsabile della produzione poteva pianificare i livelli di scorte e i tempi di acquisto, mentre il responsabile vendite riusciva a disporre di quanto prodotto l'azienda potesse garantire alla domanda in un certo momento.

Grazie alle loro peculiarità, i sistemi MRP rappresentarono un grosso passo in avanti per le imprese, se rapportati ai sistemi informativi contabili paper-based del decennio precedente. L'impresa, grazie all'adozione dei sistemi informativi gestionali, riusciva a essere proattiva verso il mercato: mentre prima la sua strategia poteva definirsi passiva, in quanto era solita aspettare la diminuzione delle giacenze con il ROP per procedere al

riordino dello stesso, ora provava ad anticipare le variazioni del mercato prevedendo la produzione e organizzandosi in modo da non restare sopraffatta a cambiamenti nel macro-ambiente.

Un ulteriore punto da considerare riguarda l'evoluzione dei pacchetti software. I primi sistemi gestionali erano realizzati secondo i criteri e le necessità espressi da una singola azienda, risultando così specifici e adatti solo per essa; con la comparsa dei sistemi MRP e la nascita di Data Base Management System indipendenti dai sistemi gestionali, venivano invece creati pacchetti software che presentavano caratteri di polivalenza, potendo essere proposti a più aziende diverse. Si scioglieva pertanto il legame biunivoco che aveva legato in precedenza aziende e software house.

Al contempo però essi presentavano numerose criticità. Una delle principali consisteva proprio nel sistema di calcolo, incentrato sul "backward scheduling": partendo dalla data prevista di consegna, si procedeva a ritroso calcolando l'inizio della produzione e l'arrivo dei rifornimenti secondo i tempi di approvvigionamento delle varie materie prime, al fine di minimizzare le scorte e incorrere in minori costi di magazzino. Ciò comportava però seri rischi di riuscita delle operazioni di approvvigionamento e consegna, con un particolare accento sulla tempestività; infatti, un ritardo anche solo di un giorno di un singolo componente determinava un ritardo su tutta la consegna. Un altro punto debole era insito nella non interattività del calcolo: venendo effettuato offline, non era possibile capire le dimensioni del ritardo provocato da un determinato articolo e non vi era modo di programmare nuovamente la produzione a seguito dell'avvenuto ritardo.

Un'estensione dei sistemi MRP si può configurare in quelli che sono stati definiti "sistemi MRP a ciclo chiuso", conosciuti anche come *CRP (Capacity Requirements Planning)*. Essi disponevano di funzionalità più elevate rispetto ai predecessori, potendo contare su un maggior dettaglio nella gestione della distinta base e sulla pianificazione dei percorsi produttivi che collegavano le diverse lavorazioni, oltre che sulla definizione dei centri di lavoro; ciò anche grazie al progresso tecnologico, che consentiva la disponibilità di computer con maggior potenza computazionale rispetto al passato a prezzi inferiori. I sistemi CRP garantivano una prima e semplificata previsione della mole di lavoro, permettendo agli addetti di poter intervenire nei picchi e nei colli di bottiglia previsti dal sistema.

Anche tali sistemi però presentavano delle inefficienze, legate soprattutto all'eccessiva semplificazione del metodo di calcolo: la capacità produttiva dei singoli centri di lavoro era posta come infinita e tale aspetto non rispecchiava una veritiera rappresentazione della situazione aziendale.

3.1.2 I sistemi MRP II

Al fine di superare le criticità insite nei sistemi MRP apparve fondamentale un cambio di approccio nella gestione della produzione, che comprendesse anche aspetti economici e non solo tecnici: i nuovi software dovevano essere in grado di integrare l'aspetto produttivo e l'aspetto contabile, per fornire all'impresa una visione di insieme univoca e rappresentante la realtà nel suo complesso, unitamente al miglioramento delle prestazioni dei diversi moduli.

I nuovi pacchetti software racchiudenti tali proprietà furono denominati *Manufacturing Resource Planning*, conosciuti anche più semplicemente come *MRP II*, in quanto costituivano un'evoluzione dei precedenti.

Il primo elemento che merita un approfondimento è la denominazione. A differenza dei sistemi MRP, nei quali la "M" significava "Materials", negli MRP II tale lettera rappresenta nell'acronimo la parola "Manufacturing"; questa precisazione, che può sembrare minuziosa o di poco conto, è invece distintiva per enunciare la prima sostanziale variazione che differenzia i due sistemi. MRP era un sistema volto a gestire la pianificazione degli approvvigionamenti e degli ordini di un'azienda, pertanto era rivolto solamente a due settori di essa: la gestione dei materiali e della produzione. MRP II invece si raffigurava come una metodologia proattiva di calcolo che considerava l'azienda come un sistema integrato univoco; il suo scopo era quello di gestire la pianificazione di un'azienda manifatturiera, che rappresentava la tipologia di azienda più diffusa negli anni in cui nacquero gli MRP II, considerando non solo l'approvvigionamento e gli ordini ma anche fattori collaterali collegati al sistema contabile.

Una funzionalità importante era dovuta proprio all'integrazione fra il processo di acquisto dei materiali, proprio dell'area produttiva, e la pianificazione monetaria della produzione, appartenente all'area economica. Ciò era possibile in quanto le informazioni relative all'aspetto produttivo erano ora collegate al sistema contabile, al fine di poter rilevare eventuali scostamenti rispetto al budget e intervenire con opportune azioni correttive su quest'ultimo. A differenza dei sistemi MRP, dove non vi era connessione tra le due aree e non era possibile modificare la previsione svolta ex-ante a seguito di fatti esterni di gestione, ora gli addetti ai lavori riuscivano ad avere un quadro aziendale più completo e collegato.

Inoltre il modulo CRP, che si ricorda prima essere a capacità infinita, diventò a capacità finita; tenendo presente le effettive capacità produttive di un impianto, riduce l'alea di incertezza nella quale erano soliti lavorare i responsabili in merito alla pianificazione produttiva, permettendo così un calcolo più adeguato.

Ricapitolando, i sistemi MRP II consentono quindi di:

- Pianificare le operations aziendali: grazie alle proprietà sopra descritte, essi sono in grado di pianificare l'intero insieme delle operations di un'organizzazione, non limitandosi solo al processo di acquisto. È possibile quindi pianificare la capacità produttiva grazie i nuovi moduli CRP a capacità finita, schedare le attività, ipotizzare previsioni di vendita, gestire il magazzino e fornire al management un quadro completo dell'operato aziendale.
- Includere l'area amministrativa: collegando produzione e contabilità è possibile gestire il ciclo attivo e il ciclo passivo, gli ordini di acquisto e la contabilità analitica in funzione della produzione, traducendo l'aspetto quantitativo non monetario in termini economici.
- Elaborare previsioni e aggiornarle: i sistemi MRP II sono in grado pertanto di valutare sia la pianificazione in unità di misura non monetarie sia la pianificazione in termini monetari, simulando la risposta dei vari flussi in reazione a situazioni esterne. L'American Production and Inventory Control Society (APICS) definisce

infatti il sistema MRP II come “un metodo per l’effettiva pianificazione di tutte le risorse di un’azienda manifatturiera [...], capace di poter rispondere a quesiti del tipo “cosa succede se” grazie all’integrazione di una grande varietà di funzioni”.

3.1.3 I sistemi ERP

I sistemi MRP II garantivano quindi una gestione più ottimale dei reparti produttivi, grazie al collegamento con la contabilità analitica e alla capacità di modificare le previsioni poste in essere in precedenza; l’azienda in tal modo riusciva ad avere una visione proattiva e non reattiva in relazione agli avvenimenti esterni.

Il passo successivo si compie attorno alla fine degli anni '90, quando lo sviluppo tecnologico e l’attenzione crescente verso i processi aziendali, nel frattempo mutati e divenuti più complessi e articolati, porta all’elaborazione dei sistemi *ERP* (*Enterprise Resource Planning*). Come si evince già dalla denominazione, tali sistemi gestionali non sono più rivolti alla pianificazione di determinate aree aziendali, come ad esempio la produzione, ma concernono la gestione dell’intera azienda. Infatti, il progresso dettato dagli ERP si raffigura proprio nell’integrazione, vero cardine di tali sistemi, che permette di avere una visione proattiva dell’azienda considerandola come un unico sistema integrato e ottenendo una panoramica globale delle informazioni utilizzabili dal complesso delle funzioni aziendali.

Tutti gli elementi dell’organizzazione riescono quindi a comunicare internamente grazie a un unico sistema informativo integrato, imperniato sulla gestione della logistica anche con attori esterni come clienti e fornitori; inoltre si comprendono in tale sistema informativo anche fattori esterni alla produzione, come la gestione del personale e gli aspetti amministrativi. Per capire la portata dell’innovazione determinata dagli ERP si consideri che il sistema che gestisce un MRP è solitamente il nucleo base dell’ERP.

Le caratteristiche principali di un sistema ERP, che lo distinguono fortemente da MRP e MRP II, possono essere così sintetizzate²³:

- **Integrazione delle attività aziendali:** a differenza di un sistema gestionale tradizionale che raccoglie ed elabora informazioni e dati in maniera separata fra le varie funzioni aziendali, un sistema ERP conduce tale processo in modo unitario e integrato. Ciò si traduce in un collegamento più immediato e più efficiente in termini di costi fra le varie funzioni aziendali, dettato anche dal fatto che esse comunicano attraverso un’unica interfaccia. Questo permette una gestione intrecciata delle informazioni, gestione che appare orizzontale se rapportata ai processi aziendali delle diverse business unit e verticale se considerata in ottica di catena del valore; come afferma Porter, infatti, i sistemi ERP facilitano la comunicazione tra le varie fasi della catena del valore. Si denota quindi come l’integrazione non sia solo intra ma anche inter-aziendale, permettendo così all’organizzazione di possedere e valutare informazioni relative alla gestione della supply chain, in particolare riguardanti clienti e fornitori.

²³ A. Quagli, P.R. Dameri, I.E. Inghirami: “I sistemi informativi gestionali”, Franco Angeli Editore, 2005.

- **Modularità:** i sistemi ERP sono composti da diversi sotto sistemi, che devono essere garantiti dal produttore del software. Al tempo stesso, l'azienda deve capire quali moduli implementare al fine di gestire il proprio flusso informativo, per non incorrere in inefficienze derivanti dall'adozione di un numero di moduli minori o maggiori del dovuto. La modularità rappresenta un vantaggio poiché permette alle singole aziende di poter adattare il sistema ERP, eliminando o aggiungendo un sotto sistema in una determinata funzione aziendale a seconda delle esigenze interne di quest'ultima e delle attività che essa deve porre in essere; il fatto che il sistema ERP sia standardizzato permette ai singoli sotto sistemi di comunicare fra loro mediante un'interfaccia comune e, di riflesso, permette all'azienda di vedere collegate le diverse funzioni.
- **Connessione ed elaborazione in tempo reale:** i soggetti operanti in azienda sono connessi al sistema informativo, cosicché tutte le operazioni da essi svolte siano inserite in tempo reale e possano in tal modo essere accessibili a più livelli dell'organizzazione. Pertanto, non è più necessario rettificare ex post gli archivi interni attraverso registrazioni successive come avveniva con i vecchi sistemi tradizionali, poiché i contenuti sono condivisi immediatamente nel momento in cui vengono elaborati.
- **Database unico:** come visto precedentemente, il database centrale del sistema è unico, essendo unico anche il DBMS atto a gestire gli archivi aziendali. La base del database è quindi unica per tutte le funzioni aziendali e i moduli da esse adottati, consentendo caratteri fondamentali come la sincronizzazione delle operazioni svolte e la gestione centralizzata del sistema.
- **Scalabilità e configurabilità:** la scalabilità è insita nella possibilità, per le aziende, di modificare il proprio sistema ERP aggiungendo componenti o potenziandolo a seconda delle esigenze che si prospettano. Infatti, la base del sistema ERP solitamente è composta dalla gestione del ciclo attivo, del ciclo passivo, del magazzino e della contabilità analitica, ma si possono aggiungere moduli ulteriori che vanno a incrementare le funzionalità del software.
La configurabilità permette invece all'organizzazione di configurare ogni modulo secondo le attività che una determinata funzione deve compiere, giungendo a una suddivisione dei compiti ottimale e non incorrendo in sovrapposizioni di incarichi.

Alla luce delle caratteristiche riportate, si evince quindi come i sistemi ERP coadiuvino l'operato dell'azienda nel suo complesso, andando poi a denotare le diverse sfaccettature presenti nelle specifiche funzioni aziendali, grazie a un database unico, standardizzato e scalabile.

Per le sue funzioni, un sistema ERP è in grado di supportare il processo decisionale interno accelerando le decisioni e ampliando il panorama aziendale da interno a esterno, includendovi i rapporti con i clienti e i fornitori; per tali motivi, ERP riesce a identificare possibili rischi operativi e porre in essere soluzioni adottabili dall'azienda per anticipare e in un secondo momento reagire ai cambiamenti di un determinato settore.

I vantaggi di un sistema ERP, oltre all'integrazione fra le diverse funzioni aziendali, sono i seguenti:

- Risparmio di tempo: le decisioni vengono assunte più rapidamente dal top management in quanto il collegamento fra le diverse funzioni aziendali consente di disporre di un sistema di reporting integrato che fornisce ai vertici l'insieme delle informazioni e dei dati richiesti in un tempo minore rispetto a quanto avveniva con gli MRP.
- Riduzioni dei costi: si genera come conseguenza del punto precedente, poiché minori tempi per la ricostruzione delle informazioni e per l'assunzione delle decisioni si tramutano in un'ottimizzazione delle attività del management.
- Veloce risposta alle esigenze del mercato: la sincronizzazione fra le aree aziendali e la condivisione di elementi sensibili consente al complesso azienda di essere più reattivo rispetto ai bisogni espressi dalla domanda, rispondendo in tempi più rapidi e riducendo il time-to-market.
- Unicità del linguaggio: nei sistemi informativi tradizionali, come erano gli MRP, ogni dato doveva essere immesso più volte nel sistema, in quanto ciascuna area aziendale utilizzava un sistema differente dalle altre. Ciò rendeva difficoltoso e laborioso il processo mediante il quale le informazioni erano rese disponibili a tutti i membri dell'organizzazione, creando sovrapposizioni e discordanze. L'unicità che sta alla base di un sistema ERP elimina tale inconveniente fornendo a tutta l'impresa le informazioni rilevanti e garantendo trasparenza e comunicazione nel processo informativo e decisionale.

D'altro canto, i sistemi ERP presentano anche precisi punti critici. In primis, il primo scoglio per le aziende è da ricercarsi proprio nella scelta del giusto sistema ERP; infatti, tali software sono molteplici e presentano un costo rilevante, pertanto l'investimento da effettuare per l'azienda ha caratura elevata. È da considerare anche il fatto che i sistemi ERP non offrono vantaggi tangibili e immediati come può apportare, ad esempio, un macchinario più sofisticato: un investimento presuppone che siano noti i costi e i benefici collegati e che l'investitore possa ponderare la scelta anche e soprattutto in base a ciò che si aspetta di ottenere da essa. Il sistema ERP invece non mostra chiaramente i propri benefici, in quanto agendo sull'efficienza delle prestazioni interne risulta come quel fattore che amalgama l'intera azienda nella costituzione del suo processo decisionale: prevedere i miglioramenti realmente apportabili non è assolutamente semplice e ogni azienda deve valutare più che gli aspetti quantitativi dell'investimento, quelli qualitativi che, come noto, sono oggetto di stima da parte del management.

Ogni impresa avrà criteri più rilevanti di altri, a seconda del settore in cui opera, della propria organizzazione strutturale e di ciò che si aspetta dall'investimento.

Si presenta dunque un possibile elenco dei principali criteri di adozione di un sistema ERP²⁴:

- Funzionalità: il sistema ERP, come precedentemente introdotto, deve essere funzionale all'azienda e presentare quei moduli che siano centrali per essa, andando a interessare aspetti inerenti la produzione, l'amministrazione, le risorse

²⁴ Birdogan Baki, Kemal Çakar: "Determining the ERP package-selecting criteria", Business Process Management Journal, 2005.

umane, la logistica e qualsiasi area ritenuta un fulcro per l'impresa. Lo studio della funzionalità di un sistema ERP può essere condotto da un team inter-funzionale, al fine di rappresentare con chiarezza e competenza quali aspetti di ciascuna area siano ritenuti chiave e necessitino di integrazione con il resto dell'organizzazione.

- Criteri tecnici: il software deve essere comprensibile per l'utente finale, ossia il fattore umano. Per questo motivo, è necessario valutare la qualità del proprio capitale umano e determinare se esso sia in grado di apprendere nuove soluzioni tecnologiche e con che risorse in termini di tempo e di denaro esse possano essere distribuite. Inoltre, l'architettura software dovrebbe essere integrata con l'Information Technology al fine di perseguire una gestione più integrata dell'organizzazione.
- Costi: come già enunciato, i sistemi ERP sono alquanto onerosi per le imprese e il costo non comprende solamente quello monetario per l'acquisizione del software in sé. Infatti, oltre a tale costo primario sono da considerare i costi per l'acquisto di hardware adeguati, per la consulenza esterna e per la formazione del capitale che si appresta ad adottare tale sistema. L'insieme dei suddetti costi va a determinare il *Total Cost Ownership (TCO)*, ossia il costo complessivo del processo di scelta e implementazione del sistema ERP, il quale rappresenta una discriminante di carattere elevato per le imprese.
- Assistenza post-vendita e supporto dei fornitori: per le aziende acquirenti, l'implementazione di un sistema ERP e la coesione con i sistemi e le procedure precedenti può rappresentare un notevole scoglio. Per questo, appare più logico orientarsi verso un fornitore che sappia offrire un'adeguata assistenza post-vendita e sia disponibile ad ascoltare le richieste e i dubbi delle imprese.
- Integrazione e tempo di implementazione: per quanto riguarda la prima, risulta fondamentale che il software possa essere integrato attraverso più moduli in quanto l'assenza di integrazione determina un aumento dei costi e del tempo di implementazione, denotando una perdita di efficienza del sistema. La durata dell'implementazione è proporzionale alla complessità del sistema richiesto dall'azienda, pertanto a seconda delle esigenze da essa evidenziate si potrà avere una dilazione del tempo necessario a porre in essere la completa implementazione del sistema.
- Possibilità di consulenza: per supportare i vertici nella scelta del processo decisionale, molte imprese propongono consulenti interni. Essi devono possedere esperienza nel settore e conoscere l'azienda cliente, suggerendo quali moduli dell'ERP implementare e quali escludere perché non necessari. Il consulente appare agli occhi dell'azienda come una figura che offre garanzia e sulla quale fare affidamento, pertanto è solitamente ben vista dalla clientela.

Un altro aspetto critico concerne l'allineamento fra quanto apportato in termini di benefici dal sistema ERP e la strategia di business aziendale. Per le imprese abituate a operare con i vecchi sistemi informativi può risultare difficile assimilare un nuovo modello di business incentrato sulla pianificazione integrata a livello di azienda e sulla revisione costante dei processi e delle strategie. Il passaggio dalla strategia passiva, o reattiva, a quella proattiva non è scontato e lo è ancora meno se esso deve essere calibrato

in un'organizzazione con dipendenti in età lavorativa avanzata, restii a modificare le loro procedure lavorative. In tutti i casi, comunque, è il top management che deve diffondere nella cultura aziendale tale cambiamento e assicurarsi che si verifichi una coesione fra la tecnologia e l'azienda in sé.

Nonostante le svariate migliorie apportate dai sistemi ERP, appaiono ancora molte le criticità dettate, oltre che dagli aspetti inerenti il processo di scelta e l'allineamento fra tecnologia e strategia di business, dalla struttura stessa degli ERP. Tali software sono infatti progettati per ampliare la visione dell'impresa da una singola area aziendale a tutta l'organizzazione, ma non sono costruiti per considerare opportunamente anche l'integrazione con l'esterno. Tramite un ERP si può ripianificare la produzione, o modificare una determinata strategia, ma non è possibile ottenere una totale integrazione con le realtà che circondano l'azienda, come i clienti e i fornitori.

Partendo da ciò sono stati proposti i sistemi ERP estesi, detti anche *ERP II*; grazie a essi e alle nuove tecnologie dell'informazione si ha la possibilità di integrare il proprio sistema ERP, dialogando con la filiera in uno specchio d'azione ampio che pone l'azienda non più come entità chiusa ma come sistema aperto. Gli strumenti adoperati dagli ERP II sono, fra gli altri, l'archiviazione digitale integrata e i Mail Collectors.

Inoltre, i sistemi ERP hanno bisogno continuamente di dati per poter lavorare e fornire soluzioni alle imprese. Il problema risale nel fatto che spesso i dati sono di difficile reperibilità, in quanto conservati accuratamente dalle singole aziende e tenuti segreti; può accadere allora che le imprese siano costrette a stimare i dati e inserire all'interno degli ERP informazioni non accurate. Ciò determina una diminuzione dell'efficienza del sistema poiché il software appare tanto più performante quanto più i dati sono accurati, precisi e veritieri.

Molte imprese infine, non potendo sostenere i costi per implementare i nuovi e onerosi sistemi ERP II che si muovono verso la strada dell'integrazione, sono rimaste ancorate a metodi di comunicazione con la filiera retrogradi e chiusi, come gli XML e gli EDI, già menzionati nei paragrafi precedenti. Negli ultimi anni hanno invece fatto il loro ingresso sul mercato le architetture software *SOA (Service Oriented Architecture)*, grazie alle quali è possibile far inter-operare due differenti sistemi informativi; il loro limite è racchiuso nel fatto che tali sistemi consentono la connessione integrata fra due nodi della supply chain, ma non fra tutti gli attori. In catene corte le SOA possono rappresentare un passo in avanti importante, ma in catene lunghe aventi molti livelli e sub-livelli di fornitura nella componentistica, come ad esempio l'automotive, non apportano un miglioramento tangibile in termini globali.

Appare quindi lampante che al fine di gestire una supply chain, prevedere la domanda grazie alla condivisione delle informazioni e coordinare una catena di fornitura articolata su più livelli, si necessiti di un sistema comunicativo e informativo diverso, che riesca a superare l'ostacolo della condivisione inter-aziendale delle informazioni collegando i vari sistemi ERP delle singole aziende e creando un network condiviso comune accessibile a tutti gli attori della catena.

3.2 La tecnologia blockchain nella gestione della supply chain

Nelle supply chain moderne, articolate su più livelli e con un numero elevato di attori e di informazioni che transitano da un nodo all'altro della catena, manca un elemento che funga da collante fra i vari soggetti e che sia in grado di fornire loro il libero accesso ai dati circolanti nella rete. Come già evidenziato, infatti, le supply chain attuali sono molto più efficienti e aperte rispetto alle supply chain di due o tre decenni fa, ma mancano ancora di un elemento fondamentale, collegato in via diretta alla complessità della catena: la trasparenza. Essa è un fattore chiave se si vuole emergere dalla varietà e dalla molteplicità dei concorrenti e rappresenta un punto focale per le imprese in quanto assicura loro di operare in un contesto sicuro e privo di frodi.

Frodi che invece sono presenti qualora i singoli nodi della catena di fornitura non siano collegati fra loro, non vi sia integrazione fra i diversi sistemi ERP e non esista quindi un network condiviso e trasparente nel quale sia possibile disporre delle informazioni di clienti e fornitori. In tale scenario, per un'impresa ciò che rileva è la fiducia che ha nei confronti della controparte, rappresentata da quanto si ritengono affidabili e veritiere le informazioni fornite; ma, come esposto nel capitolo precedente, la fiducia è una determinante che è collegata alla durata della relazione mentre, in caso due imprese compiano una transazione per la prima volta o non abbiano una conoscenza reciproca pressoché perfetta, essa può risultare debole. Infatti, se si considerano due imprese operanti in un certo settore, magari distanti geograficamente e senza rapporti precedenti intercorsi, appare poco probabile che si possa instaurare, almeno inizialmente, un meccanismo fiduciario che consenta alle parti di condurre la transazione senza remore o asimmetrie informative dovute al timore che l'altro soggetto possa non ottemperare gli obblighi previsti dal contratto.

Anche dal lato della clientela, che come si è in precedenza denotato risulta sempre più attenta a fattori qualitativi e sociali del prodotto, si ha difficoltà a verificare l'operato delle imprese in merito all'osservanza delle norme non solo di legge ma anche di buon senso.

È arduo stabilire se un'azienda ricorra alla manodopera minorile per la produzione di un determinato capo d'abbigliamento dall'altra parte del mondo, o se la materia prima animale sia stata allevata secondo le norme igienico-sanitarie dettate dagli organi di competenza; ancora, se ci siano stati test animali su cosmetici, o quali prodotti chimici e fertilizzanti siano stati adoperati per un farmaco o un alimento.

Infatti, numerosi scandali hanno dimostrato come anche le più grandi aziende riescano a nascondere il mancato rispetto degli obblighi di legge, andando in alcuni casi a porre in essere azioni lesive dei più elementari e fondamentali diritti umani. L'esempio che viene subito da citare è senza dubbio lo scandalo venuto alla luce a cavallo del nuovo millennio legato alla Nike, colpevole di sfruttare il lavoro minorile lungo la sua filiera produttiva in fabbriche operanti in condizioni pessime, specie in Paesi asiatici come Pakistan e Cambogia; Nike non fu la sola, infatti anche altri numerosi marchi di abbigliamento hanno dovuto fare i conti con accuse di tal genere, come Adidas e H&M. Avvicinandosi in tempi più recenti, i due scandali che hanno maggiormente colpito e sensibilizzato l'opinione pubblica sono quelli relativi al Dieselgate e ad Haribo, seppur per motivazioni differenti. Il Dieselgate del 2015, che ha colpito in principio Volkswagen e si è poi espanso a macchia

d'olio coinvolgendo anche altre case produttrici come Audi, ha evidenziato una mancanza di trasparenza all'interno di una filiera lunga e articolata come è quella automobilistica che, seppur non incidendo sui diritti umani, ha provocato grande scalpore per l'inganno perpetrato sia alla clientela sia alle autorità governative e di categoria; le vetture incriminate riuscivano a superare i test di emissione grazie all'installazione di un software in grado di manipolare i valori di NO_x (sigla generica indicante il complesso degli ossidi di azoto e le miscele da essi derivanti), che sarebbero stati invece quaranta volte oltre il limite consentito, come appurato dall'*EPA statunitense (United States Environmental Protection Agency)*²⁵.

La vicenda Haribo scuote l'opinione pubblica nel 2017, quando l'emittente televisivo pubblico tedesco Ard manda in onda il reportage "Haribo Check", riguardante due aspetti: il primo inerente le condizioni di vita disumane cui sono sottoposti i lavoratori nelle piantagioni brasiliane di carnauba, una palma da cui si ricava l'omonima cera da applicare sui famosi orsetti gommosi del marchio teutonico. I lavoratori, secondo l'inchiesta, sono pagati una decina di euro al giorno, costretti a dormire all'aperto o nei camion e senza la presenza delle più elementari norme di tutela igienico-sanitaria. Il secondo punto critico è relativo all'allevamento dei maiali nel nord della Germania, effettuato da diverse aziende esterne per conto di Gelita, uno dei fornitori da cui Haribo si approvvigiona per la gelatina necessaria alla composizione delle caramelle derivante dalle parti povere del maiale; il reportage mette in luce le condizioni pessime con cui sono allevati i maiali, trattati con estrema atrocità dagli allevatori. Haribo si è dichiarata estranea e inconsapevole ai fatti, esponendo sdegno per la vicenda e mostrandosi chiaramente propensa a risolvere l'accaduto in maniera proattiva attraverso colloqui con i propri fornitori e indagini interne²⁶.

Gli scandali sopra riportati mostrano un comportamento diverso delle imprese, tra chi è certamente consapevole delle azioni lesive poste a carico della clientela e dei dipendenti e tra chi si ritiene estraneo ai fatti, sebbene le posizioni siano sempre da valutare. Ciò che invece accomuna i tre casi è la mancanza di trasparenza all'interno delle supply chain che consente a chi voglia evadere le norme di farlo in maniera consenziente e impedisce a chi è in buona fede di avere sotto controllo l'operato di tutti i propri fornitori. La mancanza di trasparenza agisce pertanto come un'alea protettrice verso quelle imprese che vogliono operare senza il rispetto delle regole e d'altro canto raffigura a pieno come in questo contesto globale e multi-articolato sia necessaria l'integrazione inter-impresa al fine di supportare l'attività economica in maniera più efficiente e permettere alle imprese di operare in serenità e con pieno controllo della filiera.

A tal proposito, la blockchain garantirebbe un collegamento fra i vari sistemi ERP delle singole aziende, assicurando trasparenza e condivisione delle informazioni e delle transazioni; inoltre, queste ultime, oltre a essere accessibili a tutto il network blockchain, sarebbero anche immutabili in virtù del meccanismo osservato nel secondo capitolo

²⁵ Il comunicato dell'EPA rilasciato in data 18 settembre 2015:

<https://web.archive.org/web/20150923055957/http://yosemite.epa.gov/opa/admpress.nsf/bd4379a92ceceea-c8525735900400c27/dfc8e33b5ab162b985257ec40057813b!OpenDocument>.

²⁶ L'articolo di Repubblica in cui viene mostrato il reportage di Ard:

https://www.repubblica.it/esteri/2017/10/28/news/haribo_accusata_di_schiavitu_-179602930/.

basato sul consenso distribuito e costituirebbero una prova ineluttabile di quanto avvenuto. Un ruolo chiave è giocato poi dagli smart contracts, i quali consentono alle parti di predisporre e delineare le regole su cui basare un rapporto commerciale e che portano in dote l'auto-esecuzione di quanto pattuito nello script; ciò permetterebbe un notevole passo in avanti nella gestione dei conflitti dovuti a resi, ritardi, interessi di mora o inadempienze contrattuali varie che attualmente sono causa di numerose e onerose liti fra le aziende e che costituiscono uno scoglio importante per il conseguimento di una supply chain integrata ed efficiente.

3.2.1 L'implementazione della blockchain in supply chain

Come può quindi la blockchain fungere da collegamento fra i vari sistemi ERP delle singole aziende e costituire quell'unicum capace di far giungere l'ecosistema supply chain verso un orientamento integrato e condiviso delle operations svolte lungo la filiera?

La blockchain poggia sostanzialmente su cinque pilastri: la privacy e il permesso all'accesso dei dati, la trasparenza, l'immutabilità delle transazioni, la scalabilità e la sicurezza. Questi cinque attributi fondamentali contraddistinguono tutte le operazioni e le transazioni svolte sulla blockchain, la quale si suddivide in tre livelli, ognuno con uno specifico ruolo e caratterizzato dalla presenza di almeno uno dei pilastri; essi fungono da collegamento fra un livello e l'altro, consentendo al sistema di essere connesso fra le sue diverse funzionalità.

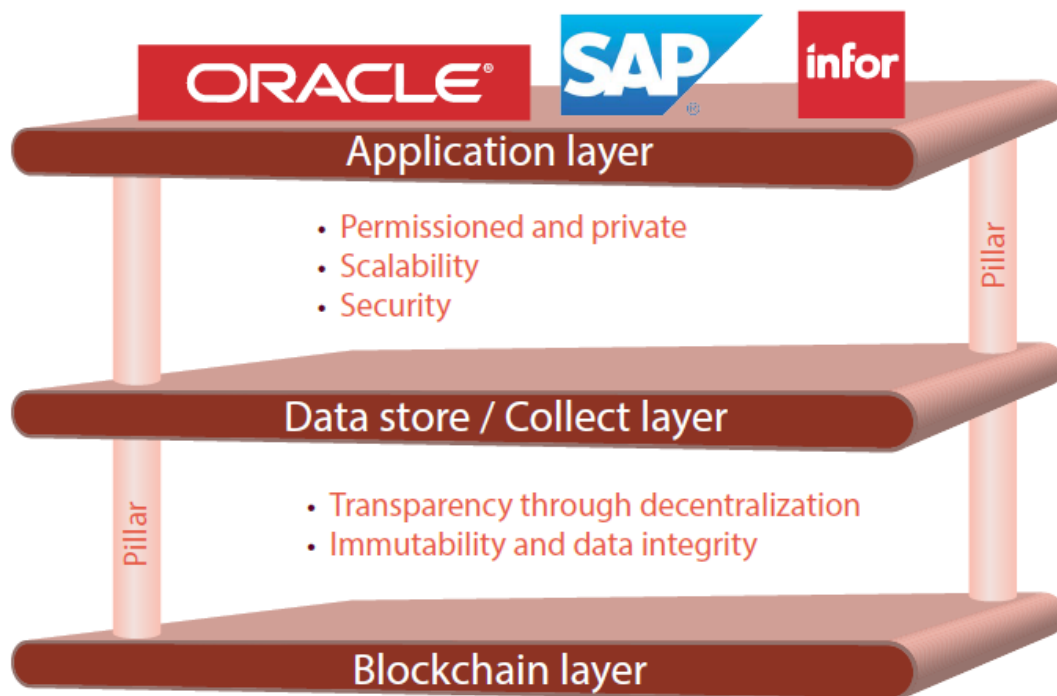


Figura 4. I diversi layer dell'architettura blockchain. Arnab Banerjee: "Integrating Blockchain with ERP for a transparent supply chain", 2018.

I livelli (layer) che consentono il funzionamento della blockchain e sui quali la struttura si articola, sono quelli rappresentati in figura²⁷:

- **Blockchain layer:** tale livello è il responsabile della gestione della funzione di Hash ed è il luogo dove avviene la conversione dei messaggi dalla loro lunghezza variabile a quella di 256 bit propria del sistema blockchain.
Ciò consente di evidenziare i cambiamenti di stato e l'integrità dei dati, proprio grazie all'operato della funzione di Hash; il Blockchain layer è connesso ai Data Store Layer ed è caratterizzato dalla trasparenza, dall'immutabilità e dall'integrità dei dati.
- **Data Store layer:** nel livello intermedio della blockchain i dati sono immagazzinati in store privati. I dati possono essere registrati e gestiti con le medesime logiche di un database relazionale, potendo essere così impiegati in supporto alle funzioni degli altri livelli. I dati sono immagazzinati nei blocchi tramite delle transazioni di auto-hash immesse sulla catena a intervalli variabili, a seconda della tipologia di blockchain utilizzata.
Un tratto fondamentale è rappresentato dal fatto che i dati inseriti nel Data Store layer non possono entrare nella disponibilità di terze parti non autorizzate, a meno che essi ovviamente non siano in possesso delle chiavi crittografate necessarie per de-crittografare le informazioni derivanti dai dati stessi. Per tale motivazioni il livello in oggetto è incentrato sui pilastri della privacy e della sicurezza, che consentono al sistema di disporre di dati sicuri e protetti da minacce esterne, oltre che sul pilastro della scalabilità, fulcro della blockchain nella gestione e nell'immagazzinamento di una mole di dati di dimensioni crescenti.
- **Application layer:** è il livello finale della piramide che costituisce l'architettura della blockchain. Interagendo con i due livelli precedenti converte i dati e le informazioni racchiuse nei blocchi in applicazioni utili per il business dell'azienda e può essere considerato come l'elemento che connette quanto svolto nel Blockchain layer con quanto elaborato nel Data Store layer; l'Application layer infatti identifica i cambiamenti di stato che avvengono nel Blockchain layer e, attraverso i codici e le funzioni di Hash, ricava i dati dal Data Store layer ed esegue la convalida finale.
L'Application layer è in grado sia di interagire con sistemi software ERP come SAP e Oracle già presenti nella struttura informativa aziendale, sia di sviluppare nuove logiche applicative basate sulla blockchain all'interno dell'impresa.

Grazie all'architettura sopra descritta è possibile integrare i sistemi ERP esistenti facendo così confluire i dati precedentemente immessi in questi ultimi dentro alla blockchain, offrendo al network di imprese un notevole valore aggiunto in termini di disponibilità di informazioni rilevanti e condivisione di esse. Nondimeno, viene facilitato sensibilmente il processo relativo alla ricerca delle informazioni e l'estrapolazione dei dati in capo a soggetti esterni, che può risultare difficoltosa e onerosa in termini di tempo e risorse monetarie essendo i dati, come precedentemente esposto, spesso immagazzinati in database di società esterne o tenuti segreti dalle imprese stesse; attraverso la blockchain

²⁷ Arnab Banerjee: "Integrating Blockchain with ERP for a transparent supply chain", 2018.

è invece possibile gestire in maniera smart i flussi informativi, senza dover ricorrere a riferimenti diversi per ogni singolo prodotto transitante nella catena.

Infatti, attraverso i sistemi ERP, pensati per gestire internamente l'azienda nel suo complesso, è frequente che le imprese adottino codici, riferimenti e caratterizzazioni dei prodotti transitanti lungo la catena differenti: ne consegue che in una transazione gli ordini di acquisto fanno riferimento a codici progressivi diversi, il che implica un lavoro di riordino non indifferente per le amministrazioni e gli apparati logistici.

Tramite l'implementazione della blockchain i sistemi informativi delle diverse aziende sono sincronizzati fra di loro e ciò fa sì che i prodotti posseggano riferimenti standard per tutti gli attori del network; i prodotti sono pertanto caratterizzati da un'identità digitale condivisa da tutte le organizzazioni operanti nella filiera e la sincronizzazione non avviene più ex-post per opera delle amministrazioni, ma è insita nel network stesso.

È importante ricordare come in ambito supply chain le soluzioni blockchain private siano più adatte ai bisogni delle imprese; le blockchain private, pur possedendo molte delle peculiarità proprie delle loro corrispettive pubbliche, permettono alle imprese di avere caratteri di privacy maggiori, il che consente di porre in essere un controllo più efficiente sulla quantità e sulla qualità delle informazioni condivise nel network. Network che, essendo ristretto e formato solamente dalle imprese cui viene dato il permesso di entrare, è circoscritto e pertanto più sottoponibile a controllo rispetto a un network pubblico. Inoltre, molte blockchain private non si reggono sul sistema della PoW in quanto esiste un'autorità centrale, solitamente un attore della supply chain, che regola gli ingressi e il funzionamento del sistema; pertanto, non essendoci attività di mining, tali blockchain presentano performance migliori rispetto alle pubbliche²⁸.

Ad ogni modo, sia nelle soluzioni pubbliche che in quelle private, rileva il fatto che il network è costituito dai singoli nodi della rete e dalle transazioni che, una volta validate e racchiuse in blocchi, entrano a far parte del network stesso divenendo immutabili, condivisibili e accessibili a tutti i nodi autorizzati nelle blockchain private, o a tutti i nodi nelle blockchain pubbliche.

In una supply chain i nodi della blockchain sono le singole imprese che costituiscono la filiera produttiva, mentre le transazioni non sono solamente rappresentate da quelle monetarie; anzi, per la maggior parte a transitare da un nodo all'altro e quindi fra i diversi attori della catena sono prodotti, semilavorati, materie prime, documenti contabili, certificazioni, contratti, brevetti, report finanziari, informazioni sensibili e qualsivoglia dato rilevante che possa costituire un valore aggiunto per la supply chain.

Affinché tutte queste proprietà materiali e intellettuali fluiscano continuamente lungo la filiera e per evitare la ricostruzione relativamente alla storia di un prodotto o un documento come si sottolineava pocanzi, è necessario che ogni singolo oggetto (*item*) fluente nel network abbia un'identità digitale. Questa permette all'item di possedere un profilo univoco contenente tutte le informazioni a esso relative; inoltre, in questo modo il bene in oggetto è identificato da un codice preciso e da un hash in maniera tale che

²⁸ C. Catalini, J.S. Gans: "Some simple economics in the blockchain", National Bureau of Economic Research, 2016.

chiunque abbia l'accesso al network possa tenerne sotto osservazione la storia, il percorso lungo la filiera e gli attributi qualitativi e quantitativi che possiede.

Non solo gli item, ma anche gli attori della catena, le imprese, sono caratterizzati da un profilo digitale che viene generato in sede di registrazione al network, dove viene richiesto all'impresa di registrarsi e autenticarsi per poter accedere al sistema in rete; dopodiché vengono fornite all'attore le due chiavi crittografiche, una pubblica e una privata. Come si ricorda dal secondo capitolo, mentre la chiave pubblica ha la funzione di identificare l'attore agli altri partecipanti alla rete, la chiave privata è necessaria per consentire all'impresa di dialogare e interagire con il sistema; ciò consente di firmare in maniera crittografata le singole transazioni riguardanti il passaggio dei prodotti lungo la filiera. Nel profilo digitale di un'impresa sono racchiuse sia informazioni anagrafiche riguardanti la ragione sociale o la sede, sia attributi distintivi come le certificazioni di qualità, la posizione finanziaria, i prezzi dei prodotti e le relative promozioni, i volumi di produzione e di vendita fino ad arrivare agli indicatori di performance.

A seconda del settore in cui è inserita e delle funzionalità che si vogliono ottenere dall'implementazione della blockchain, le informazioni condivisibili possono variare: in una supply chain di fornitura multilivello, le aziende saranno più interessate a conoscere i livelli di magazzino, i volumi di vendita, i lead time dei prodotti e i prezzi di vendita delle altre imprese, mentre in una supply chain incentrata sull'aspetto finanziario nella quale le banche devono garantire sulla solvibilità delle imprese del network rilevano in maggior parte le informazioni relative alla stabilità finanziaria di un fornitore.

Posto che sia i prodotti che le imprese dispongono di un'identità digitale che permette alla rete di conoscere attributi e informazioni ben precise, il sistema blockchain consente a ogni attore di firmare tramite la propria chiave privata un item nel momento in cui esso transita o viene lavorato all'interno dell'azienda, creando un link immutabile fra l'azienda e quel determinato prodotto che diventa prova del passaggio dello stesso in quella specifica impresa in un preciso momento; ciò contribuisce a far conoscere al network dove si trovi un certo item e quale sia il suo percorso lungo la filiera, eliminando l'incertezza sull'arrivo dei beni e sulla loro reale posizione in catene che, si ricorda, coinvolgono solitamente più paesi nel globo.

Oltre ai prodotti e alle imprese, anche altre entità possiedono un'identità digitale nella rete e sono incluse nel network blockchain; un esempio ne sono i certificatori, i quali grazie a tale tecnologia possono certificare e comprovare il rispetto degli standard di qualità e sicurezza imposti anche in via digitale attraverso l'attivazione degli smart contracts, come si delinea più nel dettaglio in seguito.

A seconda del ruolo svolto all'interno della chain virtuale, gli attori possono essere catalogati in differenti tipologie²⁹:

- Registrars: nelle blockchain private, le più usate in termini di gestione delle supply chain, sono quei nodi che hanno il compito di gestire le identità digitali degli attori, fornendole inizialmente a essi dopo la registrazione. La gestione dei profili digitali è di fondamentale importanza perché consente di avere un chiaro quadro di quali

²⁹ Abeyratne, Radmehr P. Monfared: "Blockchain ready manufacturing supply chain using distributed ledger", Loughborough University, 2016.

siano i partecipanti alla catena e permette agli attori di potersi rivolgere ai registrar qualora ci siano problematiche relative alle chiavi digitali. Mentre nelle soluzioni pubbliche come Bitcoin, lo smarrimento di una chiave comporta l'impossibilità di accedere al network e la conseguente perdita di tutti i Bitcoin collegati a tale chiave, nelle blockchain permissioned la regolazione di tali aspetti è affidata in toto ai registrar; ciò per evitare che un'impresa, in seguito alla perdita della chiave privata, sia estromessa dal sistema e non possa più accedervi, evento che provocherebbe un danno sia all'impresa in questione sia agli altri attori che non potrebbero più contare sulla sincronizzazione dei fatti di gestione interessanti quel determinato attore. Ecco perché il ruolo dei registrar nelle blockchain private è fondamentale.

- **Standard Organizations:** sono attori che definiscono quali siano gli standard di qualità da rispettare in un determinato settore per le imprese che ve ne fanno parte e quali obblighi esse debbano ottemperare. Un esempio di organizzazione operante in questo ambito è Fairtrade, un marchio di certificazione che permette di contraddistinguere quei prodotti realizzati senza lo sfruttamento dei lavoratori e dell'ambiente e operante in diversi settori economici: dall'agroalimentare, in particolare banane, caffè e zucchero, all'abbigliamento.
- **Certifiers:** sono i nodi certificatori che, come anticipato pocanzi, permettono agli attori di partecipare al network grazie all'ottenimento degli standard di qualità previsti dalle normative. Il ruolo dei certificatori può essere in parte sostituito, o meglio integrato, da smart contracts e da sensori IoT che, come si vedrà nel paragrafo successivo, coadiuvano tale nodi nella loro opera di certificazione tramite specifici algoritmi.
- **Producers, manufactures, distributors and retailers:** a seconda della tipologia di supply chain i suddetti nodi assumono le vesti di produttori, venditori, banche, compagnie di assicurazione, corrieri, enti doganali. Sono la parte del network che opera attivamente nella produzione, distribuzione e commercio dei beni e servizi all'interno della filiera e, grazie alle chiavi crittografiche, aggiungono informazioni sensibili ai profili degli item, alimentando di volta in volta il flusso informativo interno alla blockchain.
- **Consumer:** sono i consumatori, i quali acquistano i prodotti e, in alcuni casi, sono coinvolti attivamente nella blockchain. Ciò può avvenire direttamente, come nel processo di inserimento di informazioni riguardanti quanto acquistato, oppure indirettamente tramite soluzioni *off-chain*; in questo caso l'utente finale può accedere alla blockchain non in via diretta, bensì tramite un collegamento esterno che gli consenta di verificare e prendere visione di alcune caratteristiche fondamentali del prodotto. È il caso, ad esempio, delle soluzioni proposte nel capitolo precedente, come WineBlockchain: attraverso il QR Code apposto sulla bottiglia, i consumatori possono accedere all'intera storia del prodotto, alle sue certificazioni, alle caratteristiche organolettiche e alla provenienza delle materie prime impiegate nel processo di lavorazione. Pur non essendo parte attiva della blockchain e non possedendo quindi né le chiavi crittografiche né il libero accesso ai dati sincronizzati del network, in certi casi l'utente finale ha la possibilità di accedere a informazioni significative e verificare di persona l'affidabilità e la qualità di un'azienda e di un prodotto.

Pertanto ogni attore di qualsivoglia tipologia, identificandosi e autenticandosi tramite le chiavi crittografate, accede alla blockchain. Il sistema sul quale tale tecnologia poggia è creato da software house accreditate esterne alla blockchain ed è strutturato in modo tale da poter coesistere con i sistemi informativi interni delle singole imprese; ciò è possibile in quanto, come sostenuto dal Global Innovation Blockchain Leader di Ernst&Young Paul Brody, la blockchain può essere implementata tramite l'integrazione con un'interfaccia web, munita di connettori EDI, che è in grado di recepire informazioni e dati provenienti da gestionali diversi e riunirli sotto una piattaforma comune per renderli maneggevoli universalmente nella supply chain di riferimento. Come sostenuto dallo stesso Brody, infatti, "la blockchain non è un semplice pacchetto software da acquistare e sostituire con il gestionale presente nell'organizzazione. In realtà è il contrario: una soluzione all'attuale infrastruttura frammentata delle aziende". Inoltre, tale sistema facilita l'inserimento di nuovi dati e l'accesso a quelli già esistenti è semplice e legato alla tipologia e alla posizione che l'attore possiede all'interno della supply chain.

Una funzione chiave nelle blockchain private e volte alla gestione di una supply chain di fornitura è rappresentata dagli smart contracts, i quali oltre alla loro funzione primaria che li identifica come contratti programmabili e auto-eseguibili al rispetto di determinate condizioni, hanno l'ulteriore funzione di definire le regole di governance; infatti l'insieme delle regole scritte che governano una blockchain è inserito e memorizzato in codice dentro al sistema e tali regole determinano come i diversi nodi possano interagire e operare all'interno della blockchain, oltre che come i dati possano essere condivisi nella chain. Le regole non possono essere cambiate senza la condivisione del mutamento da parte di tutti i nodi e la successiva validazione delle nuove condizioni da parte degli attori preposti, il che rende il protocollo e le sue disposizioni immutabili e sicure. In sostanza, quindi, gli smart contracts regolano quello che è il *data entry* e il *data access* della blockchain.

3.2.2 Data entry e data access

Il processo di data entry si riferisce al meccanismo con il quale i dati relativi a un item o a un attore vengono inseriti nella blockchain, diventando così parte del network in maniera immutabile e distribuita.

Il data access concerne invece il sistema tramite il quale i singoli attori hanno accesso alla rete e come essi possano essere autorizzati, o meno, alla visione e alla verifica dei dati immessivi.

Entrambi i processi sono possibili grazie all'utilizzo degli smart contracts.

Data entry:

Si è visto come ogni attore e ogni item siano in possesso di un'identità digitale e di come i primi siano in grado di aggiungere informazioni relativamente ai secondi, ad esempio aggiungendo connotati specifici ai singoli prodotti circolanti nella rete e rendendo più dettagliato il loro percorso e le loro qualità.

Il processo che consente a un nodo di aggiungere informazioni in capo a un singolo item è regolato da uno specifico smart contract; in particolare, usando le identità digitali di attori e item, è possibile creare uno smart contract per ogni prodotto che sia nella disponibilità di un singolo attore. In tal modo, quando un item si trova fisicamente in possesso di un nodo, viene creato uno smart contract attraverso il quale solo quel nodo, tramite le sue chiavi crittografate, potrà accedere all'identità digitale di quell'item e aggiungere le informazioni che desidera; nessun altro potrà quindi agire su quel bene e, inoltre, quanto aggiunto da un attore non potrà essere modificato dai successivi "proprietari" in virtù del pilastro dell'immutabilità delle transazioni.

Solo il proprietario attuale potrà avviare una transazione con l'acquirente di quello specifico item, che nella catena di fornitura altri non sarà che il successivo attore preposto nella lavorazione o nella vendita dello stesso. Anche in tal caso, fra le parti viene creato uno smart contract che deve essere firmato da ambo i soggetti al fine di autenticare lo scambio; solo dopo che le parti hanno firmato digitalmente il contratto digitale, la transazione viene aggiunta nella blockchain e il sistema aggiorna il profilo del prodotto oggetto della transazione. Successivamente, la rete elabora quanto avvenuto e aggiorna le autorizzazioni, cosicché sia ora il nuovo proprietario l'unico in grado di agire su quel bene aggiornando le sue caratteristiche.

La sicurezza è garantita dalle chiavi crittografiche e quindi dal fatto che solo il proprietario momentaneo può aggiungere informazioni al prodotto e che tali informazioni non possano essere modificate o eliminate dai proprietari successivi.

L'intero sistema possiede così una visione trasparente, cronologica e immutabile del percorso di ogni singolo item, delle lavorazioni svolte nelle varie fasi del processo, delle aziende che lo hanno trattato, delle qualità e delle certificazioni che esso ha ottenuto lungo la filiera produttiva.

I dati possono essere aggiunti manualmente o automaticamente dagli attori: nella prima ipotesi sono i singoli nodi che si autenticano ed eseguono il processo di data entry inserendo le informazioni di loro proprietà. Diversamente, qualora il processo di data entry sia eseguito automaticamente, i dati sono aggiunti al sistema da applicazioni software esterne, collegate in rete alla blockchain; capita frequentemente, infatti, che la blockchain sia implementata in modo tale che sia supportata da soluzioni esterne a essa connesse e volte alla raccolta dati come gli oracoli, definibili appunto come agenti esterni in grado di inoltrare e verificare dati alla blockchain affinché essa possa utilizzarli attraverso gli smart contracts.

Nel caso in cui in un lotto, i dati rilevati esternamente, ad esempio tramite sensori IoT misuranti la temperatura di conservazione di un alimento, non rientrino nei parametri predeterminati, l'informazione sarà comunque inviata alla blockchain cosicché tutti gli attori abbiano la conoscenza dell'accaduto e possano valutare in maniera coscienziosa l'acquisto o meno di quel prodotto che non è stato mantenuto nei livelli standard prestabiliti.

Data access:

L'accesso ai dati è consentito a tutti quei nodi che dispongano dell'autorizzazione e delle conseguenti credenziali di autenticazione per interagire con il sistema. In virtù della tipologia di blockchain implementata e delle regole di governance stabilite dal protocollo interno, si avranno situazioni nelle quali tutti gli attori possono accedere e interagire con i contenuti del sistema e casi in cui l'accesso è regolato da certi nodi, i registrar, i quali a seconda del ruolo svolto dagli attori nel network forniscono o meno l'autorizzazione a compiere determinate operazioni.

Quando un utente si autentica, il sistema verifica le autorizzazioni in capo a esso tramite uno smart contract; nello specifico, viene controllato che quell'utente abbia il permesso per accedere ai dati e interagire con il sistema. Ciò avviene automaticamente, in modo tale che non ci siano situazioni nelle quali un attore possa accedere a informazioni per le quali non abbia il permesso. Ad esempio, un consumatore che vuole acquistare un prodotto ortofrutticolo potrà vedere i luoghi di coltivazione e i tempi di distribuzione di un prodotto, mentre un certificatore avrà accesso anche ai nominativi dell'azienda agricola, alle condizioni meteo presenti durante la raccolta e a informazioni relative allo stoccaggio come la temperatura delle celle frigorifere o i prodotti chimici utilizzati per la conservazione.

3.2.3 La combinazione con l'Internet of Things

L'Internet of Things (IoT) è un concetto nato nel 1999 per mano di Kevin Ashton, cofondatore e direttore esecutivo di Auto-ID Center, un importante consorzio di ricerca con sede al Massachusetts Institute of Technology; egli, durante una presentazione presso l'accreditata azienda statunitense di prodotti per l'igiene personale e la pulizia Procter & Gamble, tenutasi nel 1999, coniò tale neologismo per rivolgersi all'estensione di Internet al mondo degli oggetti appartenenti al mondo reale comunemente utilizzati dalla maggior parte della popolazione³⁰.

L'idea di fondo di Ashton è che grazie al collegamento alla rete gli oggetti sono in grado di assumere determinate decisioni, variare il loro status e pertanto acquisire una sorta di intelligenza virtuale che gli consenta di reagire sia agli stimoli provenienti dal mondo esterno sia a quelli pre-impostati dalle persone. L'utilità primaria di tale innovazione è da ricercarsi nel miglior utilizzo del tempo dell'uomo, il quale non deve più preoccuparsi di impostare, rilevare e reperire dati e informazioni che gli pervengono ora direttamente da oggetti di uso comune; ne sono un esempio domestico i frigoriferi "intelligenti" che all'esaurimento di un prodotto lo inseriscono automaticamente alla lista della spesa, o gli impianti di riscaldamento/climatizzazione auto-regolanti o comandabili a distanza, o ancora gli ormai diffusi e consolidati assistenti digitali, che consentono un dialogo con tutti gli oggetti connessi alla rete domestica, facilitando lo svolgimento di piccoli compiti quotidiani.

³⁰ Kevin Ashton, "That "Internet of Things" Thing", RFID Journal, 2009.

L'IoT, oltre che per questioni quotidiane, è utilizzato nelle sue forme anche in ambiti più articolati come le supply chain; ciò avviene tramite i sensori RFID e altre apparecchiature simili in grado di fornire un servizio a distanza e comunicarlo all'attore di riferimento grazie al collegamento via rete. In ambito supply chain tali declinazioni sono particolarmente importanti in quanto possono fornire un reale supporto nella reperibilità e di conseguenza nell'analisi di dati esterni: si pensi ad esempio alla filiera agroalimentare, dove un sensore IoT può dare visibilità della temperatura effettiva presente all'interno di una cella frigorifera posta in un mezzo di trasporto, al fine di verificare se quel trasportatore, e più in generale quell'azienda di trasporti, sta rispettando gli standard richiesti per quel prodotto.

Il punto critico legato all'utilizzo dei sensori IoT è legato soprattutto alla sicurezza: come evidenziato da Bob Gill, vicepresidente della sezione ricerca della multinazionale Gartner, si stima da un lato che entro il 2020 il 65% delle imprese adotterà dispositivi IoT e dall'altro che quasi un quarto degli attacchi informatici alle imprese da parte di associazioni criminali e di hacker coinvolgerà in via diretta l'IoT³¹. Solo nel 2016 sono stati compiuti diversi grandi attacchi DDoS (Distributed Denial of Service) a imprese come Amazon, Netflix e Twitter sfruttando i punti deboli di migliaia di dispositivi IoT; grazie all'hackeraggio di questi ultimi è stato reso possibile trasformarli in creatori di richieste DNS, inondando il traffico al DNS hosting provider e rendendo inutilizzabili i sistemi informatici. I Distributed Denial of Service sono attacchi informatici volti a saturare le risorse sia informatiche che di rete di un sistema, rendendo irraggiungibile un sito o un server per via della saturazione della banda di comunicazione. Il fattore principale di tale tipologia di attacchi è una fitta rete di dispositivi infettati da malware o trojan horse, che vengono controllati a distanza da uno o più hacker. Mentre un tempo era possibile attaccare solamente i computer in via diretta, con l'aumento dei dispositivi interconnessi il rischio di attacco è aumentato in maniera esponenziale, includendo qualsiasi dispositivo collegato in rete come smartphone, tablet, smartTV, termostati intelligenti, stampanti di rete e qualsivoglia sensore o elettrodomestico smart che si trovi connesso alla rete.

Per sfruttare al meglio i benefici derivanti dall'IoT ed eludere, almeno in parte, possibili attacchi hacker, è fondamentale quindi risolvere le problematiche relative alla struttura di base di tali dispositivi, che tuttora è rappresentata dall'architettura client-server. La centralizzazione propria del client-server appare inadeguata in termini di sicurezza in quanto predisposta facilmente agli attacchi esterni e in termini di gestione di grandi flussi: se è vero che limitatamente al governo delle smart home e di ecosistemi chiusi essi possono rappresentare una buona soluzione, non si può dire lo stesso in relazione a contesti ampi e multilivello come quelli che si riscontrano nelle filiere produttive.

La blockchain può rappresentare un notevole aiuto all'Internet of Things e la commistione di tali elementi può portare a un incremento di efficienza lungo la supply chain.

Innanzitutto in relazione alla sicurezza dei dati immessi nel sistema, i quali essendo gestiti in modo decentralizzato e non più centralizzato sono meno sottoposti a rischi di attacco, anche in virtù di quanto esposto nel secondo capitolo relativamente ai sistemi centralizzati e decentralizzati. Inoltre grazie all'implementazione della blockchain è

³¹ Mark Hung et al., "Leading the IoT. Gartner insights on how to lead in a connected world", 2017.

possibile inserire le condizioni di conformità di un prodotto all'interno di uno smart contract, al fine di verificare il rispetto della compliance da parte di un attore; nell'esempio sopra proposto, nel quale si delineava la possibilità di rilevare la temperatura di un prodotto all'interno di una cella frigorifera mobile, non era possibile sapere se i dati del sensore fossero stati manomessi al fine di inviare una temperatura falsa. Con l'aiuto della blockchain, invece, si può monitorare la temperatura per tutta la durata del viaggio e assicurarsi, per mezzo dello smart contract predisposto, il rispetto della stessa.

Pertanto, la blockchain garantisce che, non appena un dato viene rilevato dai sensori e dai dispositivi IoT, l'informazione da esso derivante sia trasmessa allo smart contract; quest'ultimo confronta quanto ricevuto con le condizioni prestabilite nello script e, se vi è coincidenza, si auto-esegue dandone prova a tutto il network. In tal modo, viene data conoscenza al complesso degli attori connessi alla rete dell'avvenuta transazione e visibilità in capo agli stessi in termini di responsabilità contrattuale e di tracciabilità dell'item in questione.

Per il raggiungimento degli obiettivi sopra esposti risulta pertanto fondamentale la creazione di soluzioni blockchain che consentano ai dispositivi IoT di comunicare in reti sicure, decentralizzate e condivise, garantendo così integrità e sicurezza dei dati grazie al meccanismo del consenso condiviso nel network e svincolandosi da un sistema centralizzato come l'attuale client-server.

3.3 Aspetti critici dell'implementazione della tecnologia blockchain in supply chain

A fronte delle numerose e significative opportunità che la blockchain offre al sistema supply chain e alle aziende che ve ne fanno parte, sono da ricordare anche i punti critici relativi alla sua implementazione in tale contesto; essendo una tecnologia nuova ed emergente, la blockchain presenta di per sé alcuni aspetti che tuttora sono da migliorare se la si vuole rendere di semplice adozione per qualsivoglia filiera produttiva e per le rispettive imprese che si avvicinano a essa.

Le principali difficoltà cui sono sottoposte e a cui devono far fronte le aziende in sede di implementazione della blockchain sono:

- **Scalabilità:** forse la problematica più rilevante nello scenario delle tecnologie distribuite come la blockchain. Come si è già messo in luce, le soluzioni pubbliche come Bitcoin hanno una scalabilità molto bassa, circa 7 transazioni per secondo (tps); nelle forme private, che si ricorda essere le più implementate in ambito supply chain, il numero delle transazioni generate al secondo è maggiore, ma ancora insufficiente se paragonato alle dimensioni proprie di circuiti elettronici non appartenenti a tecnologie distribuite. Infatti basti pensare che, mentre la consortium blockchain Hyperledger può giungere a più di 3000 tps, i circuiti VISA sono in grado di sopportare picchi di almeno tre volte tanto e Twitter può processare 15000 tps.

Il carico di transazioni cui le tecnologie DLT possono farsi carico è ancora basso quindi, se confrontato con le capacità di lavoro di altri sistemi non distribuiti; se nelle supply chain di modeste entità questo problema può essere in parte risolto ricorrendo alle soluzioni private, ciò rappresenta ancora uno scoglio importante qualora tale tecnologia debba essere adottata in una filiera produttiva di grandi dimensioni, dove le transazioni sono elevate e il flusso informativo necessita di grande scalabilità.

- **Latenza:** come introdotto nel secondo capitolo, la latenza rappresenta il lasso di tempo che intercorre tra la validazione di un blocco e l'istante in cui l'informazione contenuta nello stesso sia aggiunta al registro e di conseguenza disponibile a tutto il network. Tale intervallo, per risultare efficiente e adatto ai tempi e alle esigenze di una filiera produttiva, dovrebbe essere di pochi secondi, al fine di consentire un rapido flusso di informazioni ed evitare la creazione di colli di bottiglia nei quali si congestionino dati e si creino rallentamenti; in realtà, nelle blockchain pubbliche il tempo di latenza è di circa 10-15 minuti. Una quantità spropositata, che rappresenta un problema risolvibile in parte con le soluzioni private³²; queste ultime, infatti, presentando un'attività di mining minima o addirittura assente in quanto le transazioni sono validate da nodi predeterminati, garantiscono un tempo di latenza inferiore. Questo accade dal momento che il tempo di latenza e il throughput, ovvero la capacità di trasmissione del sistema, sono direttamente proporzionali all'attività di mining: più nodi minatori sono presenti nel sistema, più aumenta il tempo grazie al quale viene raggiunto il consenso.
- **Gestione della blockchain:** attualmente non esiste un'entità o un'organizzazione responsabile del funzionamento della blockchain, al di là delle singole software house che implementano tale tecnologia. Ciò può creare atteggiamenti restii da parte delle imprese che, qualora si presentassero guasti o inconvenienti legati all'inserimento e alla circolazione delle informazioni nel registro distribuito, non vedrebbero un punto di riferimento al quale rivolgersi per tutelare le proprie attività di business.
- **Dimensioni e larghezza di banda:** affinché la blockchain funzioni e operi online in modo condiviso e sincronizzato, è indispensabile una larghezza di banda elevata e uno spazio di archiviazione dei dati che sia in grado non solo di immagazzinare quelli già presenti, ma anche di accogliere quelli futuri. Se si prende come riferimento la Blockchain, si può ben notare come le sue dimensioni siano notevoli e in continuo accrescimento, avendo essa raggiunto e superato nel corso del 2019 i 200 GB³³; pertanto la quantità di tempo necessaria a un'impresa per poter completare il download appare piuttosto elevato. Considerando inoltre che tutte le imprese della filiera, in ottica di implementazione del sistema in supply chain, devono eseguire il download autonomamente, il tempo necessario affinché tutta la filiera sia dotata dell'infrastruttura risulterebbe ancora maggiore e dilazionato. Qualora poi la Blockchain dovesse superare i propri limiti di scalabilità e raggiungere il numero di 2000 transazioni per secondo, come un comune circuito

³² Zibin Zheng, Shaoan Xie, Hong-Ning Dai, Xiangping Chen, Huaimin Wang: "Blockchain challenges and opportunities: a survey", International journal of web and grid services, 2018.

³³ I dati riportati sono consultabili al seguente link: <https://www.blockchain.com/charts/blocks-size>.

VISA, essa crescerebbe di circa 3,9 GB al giorno; un problema che, nella comunità Bitcoin, viene denominato *bloat*, ovvero “gonfiarsi”. Problema che si presenta più cospicuo se si pone in evidenza che, se in un’epoca dove dialogare e gestire una grande mole di dati non rappresenta uno scoglio insormontabile grazie alla possibilità di comprimerli, altrettanto non può dirsi con le soluzioni blockchain, in quanto la compressione inficerebbe sulla sicurezza e sulla qualità degli stessi³⁴. Al fine di evitare problemi di disuguaglianza e centralizzazione, dove solo chi ha più possibilità economiche è in grado di predisporre il server internamente e lungo la filiera, si rende fondamentale la ricerca di soluzioni che riescano a comprimere i dati immagazzinati senza che ciò vada a minare l’integrità degli stessi.

- Interoperabilità: un altro fattore critico è rappresentato dalla mancanza di interazione fra blockchain diverse. Si ponga il caso di due filiere produttive, ognuna operante in un determinato ambito e ognuna munita di un sistema blockchain privato differente; fintanto che le imprese delle due filiere sono chiamate a dialogare e interagire con le corrispettive della medesima supply chain, non si pongono problemi. Qualora però in futuro una o più imprese della prima filiera debba intraprendere un rapporto commerciale, per la nascita di un nuovo business o per una semplice fornitura temporanea di materia prima, con una o più colleghe della seconda, esse non potranno far leva sui rispettivi sistemi distribuiti già implementati e presenti in azienda, poiché attualmente non esiste nessun metodo per far dialogare differenti architetture blockchain. A tal proposito, occorre ricordare come le soluzioni blockchain siano più di duecento e le ICO (Initial Coin Offering) per la creazione di nuove soluzioni siano in costante aumento sia di numero che di capitali investiti, denotando una crescita notevole dell’economia a esse legate e un interesse spiccato da parte del mercato. Dal momento che, anche per quanto appena descritto, parrebbe quindi inopportuno e soprattutto non conveniente implementare un nuovo sistema software condiviso tra le due filiere e che anche muovendosi in tal senso il problema potrebbe riproporsi nuovamente al verificarsi di una situazione analoga fra le molteplici soluzioni esistenti e in via di sviluppo, si può ben comprendere come solo con il coordinamento delle diverse blockchain si sia in grado di fornire alle imprese un ampio palcoscenico in cui operare e agire in sicurezza e trasparenza.
- Comprensione dell’infrastruttura: forse ancora più delle difficoltà incontrabili fisicamente nell’installazione e nella sincronizzazione del sistema con i gestionali presenti in azienda, le organizzazioni intenzionate a compiere il passo verso la blockchain devono far fronte all’ardua comprensione della tecnologia da parte dei dipendenti. Come già evidenziato nel corso della trattazione, tali difficoltà saranno maggior in presenza di personale consolidato, presente da tempo in azienda e con un bagaglio personale in termini di standardizzazione dei processi e conoscenza delle procedure ben delineato; tali dipendenti presenteranno maggiori problematiche nell’accogliere, recepire e assimilare un cambiamento radicale nel proprio *modus operandi*, in quanto potrebbero vedere il nuovo sistema informativo come una perdita delle proprie certezze. In presenza invece di personale giovane, aperto al cambiamento e non ancorato a metodologie di lavoro

³⁴ Melanie Swan, “Blockchain: Blueprint for a new economy”, O’Reilly, 2015.

impiegate per decine di anni, il passaggio può essere meno difficoltoso, ma anche in questo caso non semplice e immediato.

- Spreco di risorse: se da un lato le Distributed Ledger Technologies consentono agli utenti di risparmiare significativamente grazie all'eliminazione degli intermediari, l'altra faccia della medaglia è rappresentata dalle elevate risorse energetiche, e conseguenzialmente monetarie, che devono essere sostenute per porre in essere tale modello. Sempre con riferimento alla Blockchain, il costo giornaliero dell'intero sistema è superiore ai 15 milioni di dollari; vero è che nelle soluzioni private il costo è decisamente inferiore in virtù dell'assenza di mining, ma sono comunque necessarie notevoli quantità di energia che permettano alle blockchain di funzionare. Inoltre, considerando anche l'aspetto quanto mai attuale inerente la sostenibilità e le sue tre declinazioni, economica, ambientale e sociale, il grande utilizzo di risorse rappresenta sia un'appendice negativa in termini di sostenibilità ambientale sia in ottica di sostenibilità sociale ed economica, in quanto non tutti gli attori possono permettersi di implementare soluzioni blockchain a fronte di un dispendio energetico e monetario elevato. Appare quindi evidente che una delle sfide su cui gli sviluppatori, le software house e le start-up debbano porre l'attenzione sia quella incentrata sulla ricerca di soluzioni più sostenibili.

- Fiducia: seppur l'intento originario di Bitcoin, espresso nel celebre White Paper, fosse quello di costruire un'architettura condivisa nella quale l'elemento fiduciario non dovesse più essere riposto in un soggetto o in un'entità centralizzata, con l'evolversi dei progetti DLT si è venuto a ricreare parte del meccanismo fiduciario che Nakamoto cercò di contrastare.

Infatti, sia le soluzioni pubbliche che quelle private necessitano in una certa misura della fiducia degli attori verso determinati nodi e non sono totalmente svincolate dal concetto di trust centralizzata. Le pubbliche, per quanto delineato ampiamente nei paragrafi precedenti, sono sì accessibili a qualunque soggetto voglia entrare a farvi parte, ma per i costi e le capacità computazionali relative all'attività di mining non presentano più quel carattere di uguaglianza dei nodi all'interno del network come auspicato inizialmente dall'inventore dei Bitcoin; le comunità di miner più influenti e con più potenzialità riescono a tirare le fila del sistema condiviso, ad esempio dando la priorità a certe transazioni o proponendo modifiche alla blockchain che, qualora incontrino l'ostracismo da parte di altri miner o di semplici nodi, possono portare alla creazione di fork, indebolendo o modificando così l'intera rete. Le blockchain private racchiudono nella loro natura il riporre la fiducia verso determinati attori, solitamente i nodi master, i quali costituiscono il protocollo e gestiscono il sistema di accesso e interazione dei dati fra i vari utenti.

- Determinazione dei costi e dei benefici: appare arduo per un'impresa riuscire a costruire un'analisi costi-benefici capace di far comprendere all'organizzazione la reale utilità che la blockchain possa apportare. Fino a che le DLT non saranno adottate da un largo numero di imprese, sarà difficile per i singoli soggetti economici capire e tastare con mano gli effettivi benefits prodotti, in quanto l'evidenza empirica dei risultati economici ha bisogno di numerosi casi per poter essere termine di paragone e di benchmark e vincere le resistenze all'investimento che accompagnano molte aziende. Pertanto, uno dei più grandi ostacoli che si possono riscontrare nell'adozione della blockchain è il fatto che risulta difficile

stimare in misura certa il ritorno economico dell'investimento, sia in termini di minori costi di gestione della filiera, che in termini di aumento dei ricavi; tale incertezza, a fronte sia dei risultati comunque evidenti dei sistemi gestionali ERP sia dei costi di implementazione della blockchain e dei rispettivi fattori frenanti elencati in precedenza, determina una resistenza delle imprese alla sostituzione dei vecchi sistemi gestionali o alla loro connessione³⁵. In sostanza, il dubbio legato ai risultati ottenibili dalla nuova tecnologia appare elevato in assenza di numerosi casi concreti di adozione cui poter fare affidamento; il tempo e la determinazione di nuove soluzioni che permettano di rompere quelle barriere strutturali che frenano le imprese all'adozione della tecnologia possono essere due fattori fondamentali nella riduzione di questa resistenza da parte delle imprese.

A fronte delle numerose sfide che accompagnano la concreta applicazione delle tecnologie blockchain all'interno delle supply chain, è opportuno segnalare anche quelle criticità che sono state affrontate e che appaiono, perlomeno in parte, in via di risoluzione. Tra queste, è doveroso soffermarsi sull'aspetto legale, con particolare riferimento al panorama italiano.

Se fino al 2018 la regolazione relativa alle tecnologie distribuite e in particolare agli smart contracts era incompleta e lasciava dubbi e vuoti normativi significativi, grazie alla Legge 11 febbraio 2019, n. 12, che ha convertito il Decreto legge denominato "Decreto semplificazioni" del 14 dicembre 2018, n. 135, si ha un quadro definito e preciso anche in ottica legislativa delle suddette tecnologie.

Nel dettaglio il decreto, nell'articolo 8-ter, "Tecnologie basate su registri distribuiti e smart contracts", definisce a livello giuridico sia le DLT che gli smart contracts. In particolare, si riportano i primi tre commi, i quali stabiliscono che:

- Comma 1: "Si definiscono *tecnologie distribuite basate su registri distribuiti* le tecnologie e i protocolli informatici che usano un registro condiviso, distribuito, replicabile, accessibile simultaneamente, architetturealmente decentralizzato su basi crittografiche, tali da consentire la registrazione, la convalida, l'aggiornamento e l'archiviazione di dati sia in chiaro che ulteriormente protetti da crittografia verificabili da ciascun partecipante, non alterabili e non modificabili."
- Comma 2: "Si definisce *smart contract* un programma per elaboratore che opera su tecnologie basate su registri distribuiti e la cui esecuzione vincola automaticamente due o più parti sulla base di effetti predefiniti delle stesse. Gli smart contracts soddisfano il requisito della forma scritta previa identificazione delle parti interessate, attraverso un processo avente i requisiti fissati dall'Agenzia per l'Italia digitale con linee guida da adottare entro novanta giorni dalla data di entrata in vigore della legge di conversione del presente decreto".
- Comma 3: "La memorizzazione di un documento informatico attraverso l'uso di tecnologie basate su registri distribuiti produce gli effetti giuridici della validazione temporale elettronica di cui all'articolo 41 del regolamento UE n. 910/2014 del Parlamento europeo e del Consiglio, del 23 luglio 2014".

³⁵ Deshpande, Stewart, Lepetit, Gunashekar: "Distributed Ledger Technologies/Blockchain: Challenges, opportunities and the prospects for the standards", British Standards Institutions, 2017.

La legge 12/2019, pertanto, definisce e configura l'aspetto giuridico delle tecnologie distribuite e degli smart contracts, ponendosi come punto di partenza nella costituzione di una regolamentazione che inquadri in toto tale disciplina. In precedenza, era evidente il vuoto normativo in capo agli elementi riconducibili alle tecnologie distribuite che costringeva di volta in volta a porsi quesiti, più che legittimi, sulla validità contrattuale degli smart contracts; la loro mancata regolamentazione li poneva all'interno di un vuoto normativo preoccupante, soprattutto in caso di nullità del contratto virtuale o controversie sollevate da terze parti a seguito dell'auto-esecuzione del contratto.

Le nuove disposizioni nascono quindi da un forte bisogno di chiarezza sull'argomento e discendono dal Rapporto sulla stabilità finanziaria n. 1/2018 del 27 aprile 2018, nel quale la Banca d'Italia ha elaborato la prima definizione di criptoasset; ciò al fine di evitare sovrapposizioni e incongruenze rispetto alla valuta legale. In particolare, viene definita criptoattività, o criptoasset, "l'attività di natura digitale il cui trasferimento è basato sull'uso della crittografia e sulla Distributed Ledger Technology".

Conseguentemente, l'Autorità domestica, in conformità con la BCE, ha specificato che dette criptovalute "non svolgono le funzioni economiche della moneta, non integrano la moneta da un punto di vista giuridico e legale, non conferiscono diritti di carattere economico e non rappresentano passività di un ente emittente".

Tali disposizioni iniziali, sebbene legate a una prima definizione di criptovaluta, appaiono volte perlopiù a delimitare il campo di esistenza dei fenomeni DLT e ad arginare i rischi di volatilità connessi alla mancata regolamentazione precedente sul fenomeno; più che costituire quindi un assetto giuridico di riferimento, si è cercato inizialmente di instaurare una strategia difensiva verso le nuove tecnologie e i rischi da esse derivabili, comportamento in linea con quanto attuato in primis dalle banche al sorgere delle DLT.

Solo successivamente, con il Decreto Semplificazioni e la conseguente conversione in legge, si è quindi posta una base giuridica sulla quale è comunque necessario lavorare per integrare la disciplina sotto svariati aspetti.

Particolare rilevanza assume il comma 3 dell'articolo 8-ter del suddetto decreto; il citato comma espone infatti che la memorizzazione di un documento informatico attraverso l'uso di tecnologie basate su registri distribuiti produce gli effetti giuridici della validazione temporale elettronica relativa all'articolo 41 del regolamento UE n. 910/2014 denominato "In materia di identificazione elettronica e servizi fiduciari per le transazioni elettroniche nel mercato interno". Tale articolo si presenta nei seguenti commi:

- Comma 1: "Alla validazione temporanea elettronica non possono essere negati gli effetti giuridici e l'ammissibilità come prova in procedimenti giudiziari per il solo motivo della sua forma elettronica o perché non soddisfa i requisiti della validazione temporanea elettronica qualificata".
- Comma 2: "Una validazione temporale elettronica qualificata gode della presunzione di accuratezza della data e dell'ora che indica e di integrità dei dati ai quali tale data e ora sono associate".

- Comma 3: “Una validazione temporale elettronica rilasciata in uno Stato membro è riconosciuta quale validazione temporale elettronica qualificata in tutti gli Stati membri”.

Il regolamento espone nell’articolo seguente, il 42 comma 1 che “la validazione temporale elettronica qualificata soddisfa i requisiti seguenti: collega la data e l’ora ai dati in modo da escludere ragionevolmente la possibilità di modifiche non rilevabili dei dati, si basa su una fonte accurata di misurazione del tempo universale e coordinato, è apposta mediante una firma elettronica avanzata o sigillata con un sigillo elettronico avanzato dal prestatore di servizi fiduciari qualificato o mediante un metodo equivalente”.

Osservando attentamente quanto esposto nell’articolo 42 si comprende come le peculiarità descritte in merito alla validazione temporale elettronica siano quelle proprie degli smart contracts in tutti i suoi elementi, specie sia per l’impossibilità di modificare successivamente i dati, elemento cardine del sistema blockchain, sia per l’uso della crittografia, insita nella firma elettronica. Pertanto, riepilogando il contenuto dell’articolo 41 del predetto regolamento e quanto successivamente deliberato della legge italiana, si può assumere che viene fornito un pieno riconoscimento dell’effettività dello smart contract tra le parti che, tramite la validazione temporale qualificata, è in grado di produrre effetti suscettibili di legge così come un “qualsiasi contratto normale, scritto e firmato³⁶”, come affermato da Fulvio Sarzana, avvocato e membro del team di esperti blockchain avviato dal Ministero dello Sviluppo economico.

Riprendendo l’articolo 42 del regolamento e in particolare il comma 3, è evidente come sia quest’ultimo a dare un valore aggiunto alla normativa, esponendo chiaramente come la validazione temporale rilasciata in uno Stato membro sia riconosciuta all’interno dell’UE. Ciò è di fondamentale importanza nell’ambito supply chain, dove capita frequentemente che i rapporti commerciali valichino i confini nazionali; grazie al comma 3, gli smart contracts possono operare sull’intero territorio europeo vedendo intatta la loro validità e il loro riconoscimento da parte delle autorità.

Permangono ancora punti critici però anche in ambito giuridico per quanto riguarda l’applicazione completa degli smart contracts a livello di filiera; nel dettaglio, si evidenzia come le neonate tecnologie blockchain siano accompagnate da attività legate a esse e da nuove prospettive di business per le imprese, come le già citate operazioni di ICO³⁷ e il rilascio dei token, che devono essere ancora in parte regolate dalla normativa. Infatti, a differenza dell’IPO (“Initial Public Offering”), dove le operazioni sono sottoposte a un

³⁶ L’articolo del Sole 24 Ore del 23 gennaio 2019 nel quale sono riportate le dichiarazioni di Sarzana:

<https://www.ilsole24ore.com/art/valore-legale-blockchain-e-smart-contract-primi-via-libera-senato-AEkVaiKH>

³⁷ Le ICO, “Initial Coin Offering” sono un metodo di recepimento di capitali da parte di un’impresa, solitamente una startup operante nel campo delle tecnologie blockchain. Identificabile come una sorta di “crowdfunding 2.0”, si differenzia da quest’ultimo in quanto l’ICO si sostanzia per la vendita di token da parte della startup in cerca di risorse sul mercato. Il token, che si ricorda poter essere solitamente di tre tipologie come enunciato nel secondo capitolo della trattazione, viene emesso dalla startup in cambio di digital currency e fornisce al titolare un diritto a seconda della sua tipologia. L’ICO, appoggiandosi su uno smart contract, si differenzia dall’IPO (“Initial Public Offering”) poiché garantisce la massima trasparenza nella gestione dei token, i quali sono un titolo a tutti gli effetti e come tale possono crescere di valore in base al successo imprenditoriale dell’impresa ed essere scambiati sul mercato.

servizio di vigilanza che in Italia è da ricercarsi nella Consob, la quale ha il compito di sorvegliare sulla correttezza delle operazioni svolte, le ICO non sono ancora controllate da alcun ente di riferimento.

Inoltre, per le autorità regolatrici, appare di difficile determinazione anche l'aspetto fiscale delle imprese operanti nel campo delle ICO e della conseguente emissione dei token; questo poiché la creazione di un mercato delocalizzato in cui imprese e startup svolgono la propria attività economica crea difficoltà di interpretazione per la legge in materia di regime fiscale e tributario, in particolare nel capire quale regime fiscale adottare in virtù della territorialità non bene precisata di suddette imprese.

Alla luce di quanto esposto, si può affermare che sono ancora numerose le sfide che devono essere vinte al fine di implementare efficientemente e senza rischi materiali e interpretativi le blockchain nelle supply chain; considerato ciò, non si può comunque rinunciare alla risoluzione delle problematiche presentate, a fronte dei benefici ottenibili dall'espansione e dalla condivisione aperta delle tecnologie blockchain.

La cooperazione fra sviluppatori, startup e istituzioni è fondamentale in termini di definizione degli standard tecnici che permettano l'implementazione della blockchain su larga scala, al fine di consentire a più imprese possibili di volgere verso questa strada senza problematiche relative alle dimensioni, ai tempi e ai costi di utilizzo; appare inoltre rilevante il contributo in tal senso per riuscire a coadiuvare le migliorie apportate dall'IoT con quelle apportabili dalle DLT.

A livello normativo, al netto dei passi in avanti già fatti in diversi Paesi come l'Italia, è importante che si risolvano quelle situazioni spinose legate al trattamento delle controversie legali relative alle imprese che operano con tecnologie distribuite, emissione di token e ICO, al fine di poter aprire a una piena adozione di detti sistemi e al godimento dei benefici da essi derivanti.

3.4 Opportunità e perplessità derivanti dall'implementazione della blockchain in supply chain

La condivisione delle informazioni all'interno della supply chain si configura ormai come un concetto chiave e base da cui innestarsi per trattare temi a esso collegato. In particolare, la circolazione inter-aziendale delle informazioni riguardanti aspetti legati all'inventario, dati di vendita e di acquisto, emissione degli ordini, studio di nuove combinazioni di prodotto, è resa ancor più agevole negli ultimi anni dai progressi svolti in campo di Information Technology e di Internet of Things. Come evidenziato da diversi autori³⁸, i benefici derivanti dalla condivisione delle informazioni influiscono in positivo sulla riduzione dei colli di bottiglia, sui costi di inventario, sulla riduzione del ciclo di prodotto dall'ordine alla consegna, sul time-to-market, e sulla cooperazione strategica fra le imprese del network.

Il ventaglio si apre maggiormente se si considera che sempre più oggi si parla di *Digital Supply Chain (DSC)*, ovvero supply chain caratterizzate da uno scambio strategico e operativo di informazioni fra i partecipanti tramite i nuovi sistemi comunicativi; in

³⁸ Lotfi, Mukhtar, Sahran, Zadeh: "Information sharing in supply chain management", Elsevier Ltd, 2013.

sostanza, la condivisione delle informazioni include un ampio quantitativo di dati inseriti in sensori e dispositivi IoT e in applicazioni social. La digitalizzazione ha come scopo primario quello di minimizzare i costi di governance, in particolare quelli inerenti allo scambio con altri ecosistemi, ridurre i lead time del prodotto e ottenere vantaggi in termini di visibilità e in sede di assunzione delle decisioni da parte dell'azienda. La digitalizzazione permette il passaggio da transazioni manuali a transazioni digitali, con una conseguente diminuzione dei costi relativi al flusso dei dati intra e inter-aziendali³⁹; infatti l'accettazione dei minori costi dovuti al mancato ricorso agli intermediari è teoria pressoché diffusa e le opportunità fornite dalla blockchain in termini di scambio veloce, sicuro e decentralizzato dei dati sono note.

Inoltre, riprendendo quanto affermato dal già citato A. Banerjee in "Integrating blockchain with ERP for a transparent supply chain" e percorrendo sempre la strada dei vantaggi offerti dalla blockchain, si constata come la predisposizione degli smart contracts e l'integrazione della suddetta tecnologia con i sistemi ERP e con gli strumenti di Customer Relationship Management (CRM) riduca le dispute riguardo ritardi nelle spedizioni, difformità della merce e inadempimenti contrattuali, fornendo anche un quadro più trasparente della natura di un determinato attore e dei suoi comportamenti lungo la catena. Un esempio citato nel trattato è quello di Finlync, la quale ha progettato e lanciato sul mercato un integratore tra SAP e le blockchain Ethereum e Hyperledger denominato "SAP-DL", al fine di volgere anche in pratica verso quell'interoperabilità dei sistemi gestionali tanto auspicata. Come affermato da Peter Klein, direttore tecnologico di Finlync dell'Asia Pacifica: "La soluzione di Finlync, SAP-DL, fornisce alle imprese un'integrazione di processo semplice e la sperimentazione di un accesso sicuro e di un controllo centralizzato, il tutto all'interno del proprio sistema ERP già esistente".

Banerjee si sofferma anche sulla riduzione dei costi di tracking e reporting, la quale si configura come significativa in relazione alla complessità delle filiere e che può essere attuata in quanto, tramite la blockchain, non è più necessaria un'intensa opera di auditing logistico poiché il controllo è insito nel sistema e garantito dallo stesso.

Anche in relazione al paradigma della sostenibilità, la blockchain pare possa conferire declinazioni positive al network produttivo sia sotto l'aspetto economico, sia sotto quello ambientale, che sociale. Relativamente all'aspetto economico, come si è già esposto, rilevano in particolar modo la diminuzione dei costi di intermediazione, gestione del magazzino, tenuta e modifica dei dati; ciò può rappresentare un vantaggio strutturale in termini di fiducia dei consumatori e alleggerimento dei costi nel lungo periodo per quelle imprese e quelle supply chain che scelgano di adottare la blockchain, la quale permette loro di essere più competitive sotto diversi aspetti in relazione ai concorrenti⁴⁰. Per l'aspetto sociale, si pone l'accento sull'attributo della trasparenza, sull'immutabilità e sulla visibilità delle transazioni; tali caratteristiche giocano un ruolo fondamentale nel controllo del rispetto dei diritti umani e delle condizioni lavorative di tutti i lavoratori coinvolti nella filiera produttiva, oltre che nell'identificazione di frodi e prodotti

³⁹ K. Korpela, J. Hallikas, T. Dahlberg: "Digital supply chain transformation toward blockchain integration", 2017.

⁴⁰ S. Saberi, M. Kouhizadeh, J. Sarkis, L. Shen: "Blockchain technology and its relationships to sustainable supply chain management", International Journal of Production Research, 2018.

contraffatti. Dal punto di vista ambientale, la maggior attenzione nei controlli lungo la catena produttiva può riverberarsi in minori quantità di beni che devono essere sottoposti a rilavorazioni o essere oggetto di resi, il che agisce in positivo sul minor impatto logistico dei mezzi di produzione e di trasporto. D'altro canto, la forza computazionale richiesta per determinate tipologie di blockchain, comporta un enorme dispendio energetico che, oltre a essere un'importante barriera per molte realtà aziendali, causa anche un rilevante impatto ambientale; anche se sono emerse soluzioni blockchain sostenibili basate su energia solare, come ElectricChain, la questione inerente al consumo di risorse energetiche per l'implementazione delle DLT appare ancora aperta e rappresenta uno dei maggiori punti critici nell'espansione di dette tecnologie.

Sempre con riferimento all'ambiente e come sostenuto da diversi autori nel già menzionato paper "Blockchain technology and its relationships to sustainable supply chain management", la blockchain può dare il suo contributo nella riduzione delle emissioni inquinanti, specie di carbonio e gas serra: infatti, tracciando l'impronta ambientale dei prodotti appartenenti a un'azienda, si può determinare il complesso di emissioni associabili a essa. Se il quantitativo è alto, l'impresa dovrebbe essere invogliata a ridurre le emissioni al fine di veder migliorata la propria immagine agli occhi dei consumatori. Inoltre, la blockchain ha il potenziale anche per cambiare il commercio delle quote di emissione (i cosiddetti "carbon credit"); IBM e Energy Blockchain Labs Inc. stanno sviluppando in Cina una blockchain "green" che aiuta le imprese a tracciare il loro impatto ambientale in termini di emissioni, verificare l'eventuale superamento della loro quota e facilitare il commercio delle quote fra le varie imprese. Il Paese asiatico è responsabile di circa l'un quarto delle emissioni globali di diossido di carbonio e sta cercando di ridurre il proprio impatto ambientale, volgendo sempre più nella direzione della green economy. Progetto ambizioso quanto oneroso, sia per la differenza di costi intercorrente tra le energie rinnovabili e i carburanti fossili, sia per il meccanismo di mercato dei CER (*Carbon Emission Reduction*) stabiliti dal governo. Tali quote sono state assegnate a industrie e privati, spingendo il meccanismo secondo il quale imprese più bisognose di quote di emissione possano acquistare CER da imprese a basse emissioni, le quali possono utilizzare tali fondi per investire in tecnologie green. Il problema è che, attualmente, il processo di acquisto delle emissioni può durare anche più di dieci mesi, anche in virtù della conformazione geografica del paese che evidenzia l'impossibilità di connettere tra loro imprese appartenenti ad aree geografiche enormemente distanti tra loro. Il progetto di IBM e Energy Blockchain Labs, come sottolineato dal Founding Partner e Chief Architect Cao Yin, si concretizza quindi nella creazione di una blockchain basata su tecnologia IBM volta all'incontro tra le imprese al fine di agevolare lo scambio delle emissioni, riducendo così l'impatto ambientale derivante dai processi produttivi, e invogliando i soggetti economici a investire in energia rinnovabile⁴¹. Il commercio dei carbon assets è così agevolato e permette agli attori di monitorare costantemente il loro fabbisogno di CER, facilitandoli nelle scelte di vendita o acquisto di quote di emissioni; infine, ciò consente sia agli attori stessi che alle autorità regolatrici di porre un controllo sulle effettive quote di ciascuna impresa.

⁴¹ Il progetto di IBM e Energy Blockchain Labs è consultabile al seguente link: <https://www.ibm.com/case-studies/energy-blockchain-labs-inc>.

Incentrando l'analisi sulle criticità in seno all'adozione della blockchain, oltre che quelle legate ai costi di implementazione, emerge in particolar modo la resistenza culturale delle imprese verso tale nuova tecnologia. Come mostrato da uno studio condotto nel 2017 da Niel Hackius dell'Hamburg University of Technology e da Moritz Petersen della Kühne Logistics University⁴² su un campione di 150 imprese di consulenza, di servizi logistici e operanti in supply chain di produzione, solamente il 20% degli interessati ha implementato soluzioni blockchain nel proprio network, il 37% ha dichiarato di consultare periodicamente casi studio per capire l'evolversi della tecnologia e i progressi ottenuti da altre aziende, mentre il 43% non appare interessato alle DLT. Le principali barriere riscontrate dallo studio nell'espansione della blockchain sono principalmente dovute all'incertezza in merito alla regolamentazione del sistema (56%) e alla mancanza di una conoscenza tecnologica adeguata (49%), elemento che appare naturale soprattutto se si considerano le piccole e medie imprese. Inoltre, sempre il 49% degli intervistati ha posto l'accento nuovamente sul problema della mancata accettazione della tecnologia nell'industria e sul fatto che le aziende debbano unire le forze per perseguire un'efficiente condivisione delle risorse; ancora si denota quindi una forte resistenza alla cooperazione e una chiusura mentale delle PMI al collaborare, propria forse dell'errata convinzione secondo cui la condivisione di informazioni possa più arrecare danni in termini di know-how e perdita di potere che apportare i benefici già elencati nel corso della trattazione. Il fattore culturale rappresenta pertanto la più importante delle motivazioni frenanti la blockchain, come dimostrato peraltro dal 40% delle imprese che non hanno ben compreso gli effettivi benefici della tecnologia. Nel dettaglio, dall'indagine è emerso che mentre gli addetti ai lavori del settore logistico presentano maggiori perplessità relativamente ai vantaggi che la blockchain possa addurre al Supply Chain Management e alla gestione dei rapporti nella filiera, le società di consulenza e di servizi ritengono l'assenza di maturazione tecnologica da parte delle imprese l'aspetto principe nella determinazione della mancata adozione delle DLT.

Fra chi muove dubbi sulle possibilità offerte dalla blockchain si trovano Shireesh Apte del "Journal of Excipients and Food Chemicals" e Nikolai Petrovsky del Dipartimento di endocrinologia della Flinders University di Adelaide, Australia⁴³. Con riferimento alla supply chain dei prodotti farmaceutici, altro grande settore insieme all'agrifood fortemente interessato dalle opportunità fornite dalla blockchain in merito soprattutto all'identificazione dei prodotti contraffatti e all'eliminazione delle frodi, essi sollevano alcune questioni interessanti; pur non negando i vantaggi legati all'autenticazione e alla condivisione nella rete delle transazioni avvenute e della conseguente trasparenza legata a tale aspetto, i due autori si soffermano sull'aspetto pratico, sostenendo che non si può provare con certezza che ciò che venga trasmesso virtualmente nel network coincida con quanto sia presente realmente nelle confezioni dei medicinali che transitano da un fornitore all'altro lungo la filiera. Per spiegare meglio, in una supply chain legata a tentativi di frode e contraffazione dei farmaci come è quella dei prodotti farmaceutici, la

⁴² N. Hackius, M. Petersen: "Blockchain in logistics and supply chain: trick or treat?", pubblicato in "Digitalization in supply chain management and logistics", 2017.

⁴³ S. Apte, N. Petrovsky: "Will blockchain technology revolutionize excipient supply chain management?", Editorial of IPEC Americas, 2016.

blockchain non può da sola contrastare l'operato umano e garantire alla filiera che le confezioni non siano state manomesse. Indubbiamente, essa facilita lo svolgimento dei controlli e la tracciabilità dei prodotti, ma non allevia la necessità di interventi adeguati e serrati da parte degli organismi preposti atti a verificare l'effettivo contenuto negli eccipienti e la validità delle azioni compiute da parte degli attori nel network.

Concludendo il review, si può delineare una chiara attenzione della maggioranza della letteratura riguardo alla tecnologia blockchain, al netto dei doverosi dubbi espressi da parte di essa in merito a ciò che la blockchain non può assicurare. Il principale scoglio è rappresentato dall'accettazione del nuovo paradigma tecnologico da parte delle imprese, soprattutto medio-piccole, che potrà essere superato solamente attraverso una chiara diffusione dei reali benefici ottenibili tramite l'implementazione delle DLT e tramite la ricerca di soluzioni più sostenibili dal punto di vista economico ed energetico adottabili da imprese aventi disponibilità limitate; se infatti le grandi corporations non avrebbero troppe difficoltà a compiere il passo della digitalizzazione condivisa, le PMI appaiono in difficoltà di fronte all'esborso economico da fare, specie se rapportato a risultati non tangibili con mano, perlomeno nel breve periodo, che possono fuorviare i manager dall'effettiva utilità della blockchain.

Superato tale limite, non bisogna comunque cadere nell'errata convinzione che la blockchain possa essere una diretta sostituta del controllo umano; piuttosto, essa è un abile e avanzato strumento da affiancare alle operazioni di audit lungo la filiera, capace sia di indirizzare i controlli verso i punti critici grazie alla tracciabilità e all'identificazione dei prodotti, sia di fornire un quadro generale sull'andamento della produzione nella supply chain alle autorità certificatrici e di regolamentazione.

Capitolo 4. Le applicazioni blockchain nel settore dell'agrifood

L'agroalimentare è uno dei settori più rilevanti nell'economia di numerosi paesi al mondo ed è rappresentativo di un vasto numero di attività economiche che rientrano al suo interno; la filiera dell'agrifood, pertanto, si configura come un insieme profondo e variegato di attori operanti in diverse fasi, dalla raccolta del prodotto alla sua commercializzazione, facendo sì che tale settore sia uno di quelli aventi supply chains maggiormente variegata, articolate e ampie. Infatti, essendo un comparto che necessita della materia prima crescente in natura per poter creare e lavorare il proprio prodotto da offrire sul mercato, l'agrifood comprende un vasto repertorio di imprese e lavoratori che spaziano dal semplice raccoglitore o allevatore, al trasformatore, alle industrie di confezionamento, a quelle di conservazione, ai grandi e piccoli distributori, senza dimenticare le numerose imprese certificatrici e le autorità di controllo.

Partendo da tali considerazioni, è evidente come una filiera così eterogenea e profonda presupponga diversi accorgimenti da parte delle autorità regolatrici al fine di garantire la sicurezza e l'integrità del prodotto che viene offerto e consumato dalla popolazione. I controlli posti in essere non sono però in grado di sopperire a carenze strutturali nella supply chain di fornitura e distribuzione proprie dell'agroalimentare, che mettono in luce come attualmente il suddetto settore non riesca a garantire sicurezza e affidabilità ai consumatori in merito alle certificazioni dei prodotti, agli standard di qualità e all'autenticità delle materie prima utilizzate nei processi di lavorazione.

A tal proposito, stante i conclamati casi di ritiro di alimenti presentanti standard di conformità o di qualità non rispettanti la normativa, sono da menzionare sicuramente le contraffazioni alimentari e, tra esse, quelle riguardanti i prodotti "Made in Italy"⁴⁴.

Come sottolineato anche dal rapporto IPERICO⁴⁵ del 2014, è possibile categorizzare la contraffazione di prodotti alimentari in diverse tipologie⁴⁶:

- **Alterazione:** è da ricercarsi in quelle modificazioni delle qualità di un prodotto dovute a una errata conservazione o a fenomeni degenerativi nel tempo e non sono sempre sintomatiche, pertanto, di una vera e propria opera di contraffazione da parte dell'agente umano.
- **Adulterazione:** qui il fattore umano è considerevole ed è un fenomeno ricorrente anche in ambito farmaceutico. Infatti, l'adulterazione si attua aggiungendo o sottraendo determinate sostanze ai prodotti, senza che ciò possa indurre una

⁴⁴ Ministero per lo Sviluppo Economico: "Lotta alla contraffazione nel settore agroalimentare, 2009-2012".

⁴⁵ L'IPERICO (Intellectual Property Elaborated Report of the Investigation of Counterfeiting), è una banca dati incentrata sulle attività di contrasto alla contraffazione in Italia, istituita dal Ministero dello Sviluppo Economico, Direzione Generale per la lotta alla contraffazione, grazie al supporto di Guardia di Finanza, Agenzia delle Dogane e Servizio Analisi Criminale del Ministero dell'Interno. L'obiettivo di IPERICO è fornire informazioni integrate e sintesi di dati provenienti dalle banche dati proprietarie di ciascun organismo preposto al controllo nei settori chiave dell'economia italiana; sul database sono disponibili statistiche, evoluzioni e stime del valore medio delle merci sequestrate sul territorio nazionale, a partire dal 2008.

⁴⁶ S. Calvani, M. Albertazzi: "Saccheggio mondiale", Effata, 2011.

modifica tangibile del bene agli occhi del consumatore. Un esempio può essere l'olio extravergine di oliva filtrato con semplice olio di semi e messo in vendita come olio extravergine di oliva al 100%: solo pochi consumatori, i più avvezzi, riusciranno a coglierne la differenza rispetto a un altro olio commerciale.

- **Sofisticazione:** è simile all'adulterazione, ma se in quest'ultima l'aggiunta di componenti era perlopiù dettata da esigenze di carattere produttivo o da un risparmio dovuto a materie prime meno costose, nella sofisticazione l'aggiunta o la sottrazione di elementi dal prodotto ha lo scopo di migliorarne la qualità, la genuinità e l'immagine agli occhi dei clienti, coprendone difetti e caratteristiche che potrebbero risultare negative dal lato della domanda. Ne sono un esempio i finti biscotti senza olio di palma, o prodotti denominati "senza zucchero" che in realtà ne contengono, o la mozzarella trattata con perossido di benzoile per renderla più bianca, o ancora la salsiccia lavorata con additivo a base di anidride solforosa per conferirle il colore rosso.
- **Falsificazione:** è la completa sostituzione di un alimento con un altro che, pur essendo della stessa famiglia di prodotti, non presenta le medesime caratteristiche organolettiche.
- **Contraffazione del marchio e della provenienza geografica:** consiste nella commercializzazione di prodotti a cui vengono attribuite esplicitamente o implicitamente particolari certificazioni, qualità e proprietà richiamanti uno specifico luogo geografico. Ne è un esempio la contraffazione dei marchi di qualità DOP, IGP e il mercato del falso Made in Italy.

Con particolare riferimento all'ultimo punto, secondo un report della Coldiretti, il mercato del falso Made in Italy genera un indotto stimabile nel 2011 attorno ai 60 miliardi di euro nel mondo e toglierebbe circa 300.000 posti di lavoro. Di tali sessanta miliardi, come messo in luce anche da un'indagine svolta da Federalimentare, circa 6 sono relativi alla contraffazione vera e propria, mentre 54 sono inerenti al commercio dei prodotti *Italian sounding*: con tale espressione si fa riferimento a quell'insieme di beni alimentari fabbricati in paesi esteri con l'intento di richiamare erroneamente l'Italia agli occhi dei consumatori tramite l'imitazione di nomi, luoghi, colori, slogan e caratteristiche organolettiche. I dati attuali assumono valori ancora più significativi: secondo il report Coldiretti del 2019, il mercato del falso Made in Italy raggiunge la quota di 100 miliardi di euro, con una crescita del +70% nell'ultimo decennio⁴⁷.

Secondo un'indagine di Repubblica, all'estero 6 prodotti italiani su 10 appartengono al mercato del falso Made in Italy mentre per il suddetto report di Coldiretti in realtà il rapporto è più significativo, comprendendo circa i due terzi dei prodotti presenti negli scaffali degli esercizi commerciali stranieri: ne sono un esempio i beni alimentari richiamanti nomi italiani come il formaggio "Parmisan" venduto oltreoceano, la "Mortadela siciliana" commercializzata in Canada o il Barbera bianco prodotto in Romania⁴⁸.

⁴⁷ Il report Coldiretti del 2019: <https://www.coldiretti.it/economia/falso-made-italy-sale-100-ml-d-70-10-anni>.

⁴⁸ L'articolo di Repubblica nel quale sono evidenziati i dati relativi all'indagine sul falso Made in Italy, pubblicato nel 2017 a opera di Silvia Pasqualotto: https://www.repubblica.it/economia/diritti-e-consumi/diritti-consumatori/2017/12/02/news/cibo_e_italian_sounding_all_estero_6_prodotti_su_10_sono_falsi_made_in_italy-182600114/.

Il fenomeno è espanso in tutto il mondo, sebbene abbia una forte prevalenza in paesi in cui è forte la presenza di immigrati italiani come il Canada, gli Stati Uniti, l'America Latina e l'Australia e costituisce, oltre una grave perdita di immagine per le aziende del nostro paese, un elemento di contraffazione significativa; si pensi che l'export dei prodotti italiani ha un fatturato di circa 30 miliardi di euro, esattamente la metà di quanto prodotto dal mercato del falso.

In generale, si può quindi affermare che il settore dell'agrifood rappresenta un campo nel quale l'accuratezza e la veridicità delle informazioni circolanti nella supply chain, dal raccoglitore di materie prime all'ultimo distributore, assume una rilevanza consistente e sia determinante nel conferire ai prodotti, alle imprese e ai consumatori una tutela che consenta all'intero comparto di combattere le frodi e le contraffazioni dei beni, oltre che apportare trasparenza a tutti gli attori coinvolti.

Alla luce dei numerosi episodi di contraffazione e del crescere del mercato del falso, appare evidente come sia necessario monitorare i processi in maniera più capillare, affidando a un sistema condiviso il controllo delle filiere produttive e ponendo attenzione all'implementazione di nuovi sistemi per la tracciabilità e la rintracciabilità del prodotto e per garantire quella food safety che non sempre è assicurata ai consumatori.

In particolare, appaiono fondamentali in termini di linee guida gli interventi già realizzati da alcune imprese nell'ambito del tracking e del tracing della filiera tramite tecnologie blockchain che, talvolta collegate a dispositivi IoT, riescono a delineare in modo chiaro, condiviso e trasparente i percorsi dei prodotti lungo i vari punti della supply chain.

4.1 Il tracking e il tracing dei prodotti

Prima di proseguire nella trattazione, è opportuno fare una precisa distinzione tra il tracking e il tracing dei prodotti, ossia tra la tracciabilità e la rintracciabilità.

La tracciabilità è quel processo informativo che accompagna la formazione del prodotto lungo la filiera al fine di tenere traccia di tutti gli elementi che concorrono alla creazione, modificazione e trasformazione del prodotto stesso. Quando si parla di tracking si fa quindi riferimento alla determinazione e alla documentazione delle identità e delle origini di tutti gli ingredienti, dei processi produttivi e delle operazioni che concorrono alla formazione del prodotto finale; pertanto il tracking si può materialmente concepire come una grande raccolta, comunicazione e archiviazione di dati inerenti la formazione di uno specifico bene, dalla materia prima alla distribuzione.

La rintracciabilità è il processo informativo che consente di reperire le informazioni ripartite lungo la filiera produttiva, volto a determinare e a individuare anche e soprattutto ex-post i dettagli di ogni singola trasformazione del prodotto e i rispettivi attori coinvolti. Di conseguenza i due processi sono opposti ma strettamente legati fra loro, in quanto il tracking è fondamentale per garantire successivamente un tracing efficiente e dettagliato.

4.1.1 Il tracking

Come esposto nel capitolo precedente, a oggi le più grandi aziende globali sono dotate di sistemi ERP, integrati ad appositi dispositivi IoT come smart tag o sensori RFID, che permettono loro di tenere traccia del flusso dei prodotti in uscita e in entrata dai propri magazzini. Ciò però non consente alle imprese di avere un chiaro quadro su dove si trovino i loro prodotti dopo che sono stati spediti e soprattutto non permette di conoscere l'operato dei loro partner. Così, un'impresa riesce a tracciare l'entrata e l'uscita di un determinato item, ma non ha la certezza di dove si trovi, e in che condizioni, quando esso uscirà dal magazzino per transitare verso il deposito di un altro attore; ancora, essa non è in grado di conoscere lo stato del prodotto lungo il trasporto o come esso sia lavorato e trasformato dal successivo nodo della catena. In tal modo si attua una tracciabilità frammentata e frazionaria, determinata dalla registrazione su gestionali diversi e interni alle singole aziende ma non adatta a tenere traccia di tutte le informazioni e di tutti i processi lavorativi svolti su uno specifico bene dal momento della raccolta delle materie prime al momento della distribuzione.

Le imprese, pertanto, non hanno la piena panoramica riguardo a ciò che accade ai prodotti della filiera di cui fanno parte lungo il network e perdono così la tracciabilità dei beni.

La blockchain, grazie alla sua natura distribuita e alla integrazione dei diversi sistemi ERP in un'unica architettura software da utilizzare nel network di fornitura, può essere quell'elemento capace di offrire maggiore vigilanza alle imprese per quanto riguarda il tracking e la visibilità di ciò che è accaduto durante i processi ai consumatori, tramite il connubio con i dispositivi dell'Internet of Things.

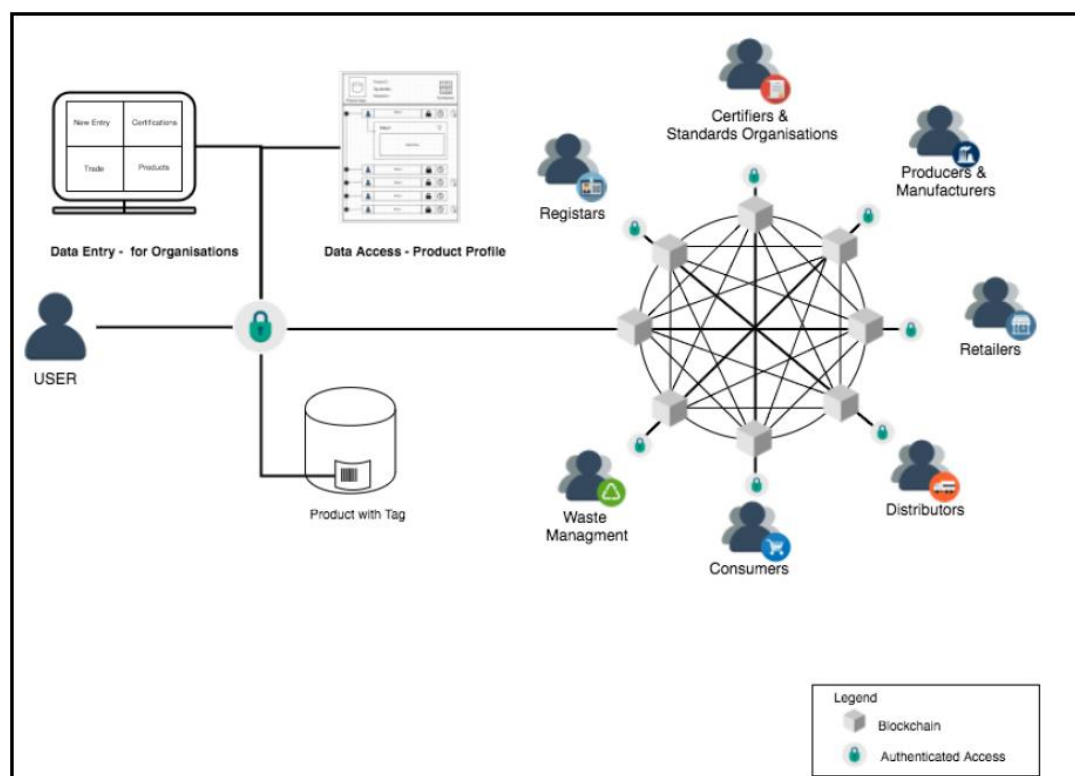


Figura 5 Abeyratne, Monfared: "Blockchain ready manufacturing supply chain using distributed ledger", Loughborough University, 2019.

Ciò si ricorda, in quanto nei sistemi blockchain applicabili alle supply chain di produzione come quello rappresentato in figura, ogni item e ogni attore (*USER*) sono caratterizzati da un profilo digitale univoco (*product profile*) e tutti i passaggi dei prodotti fra diversi attori sono segnati da uno specifico smart contract; tale sistema, descritto nel terzo capitolo, consente pertanto di tenere traccia di tutte le lavorazioni e trasformazioni inerenti quel determinato bene e dell'effettivo posizionamento degli stessi lungo la catena, grazie alle firme crittografiche digitali che solo i nodi in possesso del bene possono apporre per condividere posizione, informazioni e lavorazioni attuate su quel prodotto. Questo meccanismo è coadiuvato e reso possibile anche dai sensori smart i quali, se collegati opportunamente al sistema blockchain, rendono possibile conoscere a tutti gli attori se un prodotto è in un magazzino, in una cella frigorifera o già giunto presso il punto vendita. Inoltre, collegando i sensori smart ai mezzi di trasporto e ai container e connettendoli alla blockchain, si è in grado non solo di conoscere la posizione dei prodotti e tenere traccia di essi, ma si potrebbero avere riscontri anche in termini di tempestività e prontezza nelle spedizioni e nelle ricezioni della merce; in sostanza, si riduce il tempo di incertezza relativo a quando arriva un determinato carico e si preparano in maniera più immediata le spedizioni, poiché si è a conoscenza dell'effettiva posizione dei prodotti e si può organizzare meglio l'attività logistica di magazzino.

Le informazioni riportate da ogni attore riguardo un preciso item e insite nell'apposito smart contract sono visibili a tutto il network una volta che siano state aggiunte e non possono essere modificate, rendendo così immutabile la storia del prodotto e apportando un aiuto consistente nella tracciabilità dello stesso.

I dati inseriti relativamente a un prodotto possono riguardare:

- **Proprietà:** dal momento che tutte le imprese che hanno lavorato l'item in questione devono aver apposto la loro firma crittografica e aggiunto le informazioni relative ai processi di lavorazione e trasformazione attuati, è possibile disporre tramite la blockchain di una lista aggiornata e cronologica di tutte le imprese della filiera che sono state in qualche modo interessate alla formazione del prodotto finale. Ciò è un notevole contributo sia in termini di tracking sia di tracing del prodotto, qualora sia necessario.
- **Localizzazione fisica:** tramite i dispositivi IoT, gli smart sensor e i sensori GPS si ha facile riscontro della posizione dei beni in tempo reale nella catena di fornitura, rendendo più agevole per le autorità di controllo gli interventi mirati di controllo verso specifiche aziende nel caso in cui si riscontrino modificazioni dello stato dei prodotti fra un'impresa e l'altra nel corso dei passaggi di consegna.
- **Cronologia delle transazioni:** ogniqualvolta un'impresa aggiunge informazioni a un bene, la blockchain le inserisce nel profilo digitale univoco rispettivo in ordine cronologico; questo è un elemento importante in quanto, a differenza dei sistemi gestionali tradizionali, assicura la creazione di una cronologia dettagliata delle qualità aggiunte al prodotto nelle varie fasi di lavorazione e nei passaggi di consegna lungo la filiera, permettendo quindi di tenere traccia del percorso dello stesso step-by-step.
- **Dati qualitativi e quantitativi:** sono l'essenza delle informazioni inserite dai diversi attori della supply chain e sono utili sia agli organismi di vigilanza e certificazione

al fine di effettuare un controllo efficace ed efficiente della compliance, sia ai consumatori in quei casi in cui la blockchain sia estesa anche a questi ultimi; in tali situazioni essi hanno la possibilità di vedere, tramite QR code o tecnologie similari, le caratteristiche organolettiche di quanto acquistato.

È inoltre possibile aggiungere dati relativi agli ambienti di conservazione e stoccaggio, utili sempre agli enti certificatori per verificare tramite sensori IoT il rispetto delle norme di legge in merito a temperature di conservazione e altre informazioni riguardanti l'immagazzinamento e il confezionamento dei prodotti.

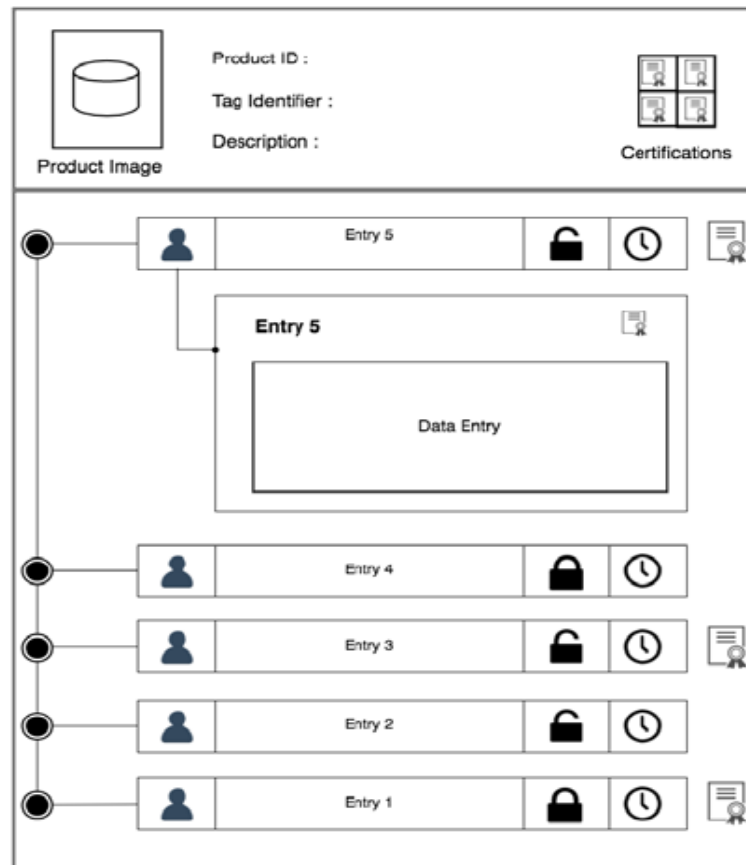


Figura 6 Abeyratne, Monfared: "Blockchain ready manufacturing supply chain using distributed ledger", Loughborough University, 2019.

Come evidenziato dall'immagine in figura, ogni attore può avere accesso o meno a diverse tipologie di informazione a seconda del ruolo operato nella supply chain, come enunciato nel terzo capitolo in relazione al data entry e al data access. In particolare, nella figura è mostrata l'interfaccia di un prodotto in una possibile applicazione blockchain, con il rispettivo codice ID, l'immagine, la descrizione, il tag specifico per identificarlo e le certificazioni ottenute durante il processo di produzione o trasformazione; sotto, vengono mostrate tutte le informazioni aggiunte da ogni singolo attore con l'indicazione se esse sono visibili dall'utente che si sta connettendo al sistema. In questo caso, l'utente che si sta connettendo alla rete blockchain ha l'accesso solamente alle informazioni 2,3 e 5 mentre non può accedere alla visione del contenuto delle informazioni 1 e 4: ciò può accadere perché il soggetto non è autorizzato, in quanto si ricorda che nelle blockchain

permissioned ledger i permessi alla visualizzazione e all'aggiunta dei contenuti sono regolati dai nodi maestri in virtù delle funzionalità dei singoli attori.

Riprendendo, le informazioni 1,3 e 5 mostrano come il prodotto abbia conseguito in quelle specifiche fasi di lavorazione delle certificazioni, visibili cliccando sul relativo simbolo a destra. Esplorando ogni sezione sarà inoltre visibile l'impresa che ha immesso tale dato e la dimensione temporale, oltre che il dettaglio descrittivo visibile nel riquadro "data entry".

Una proposta di interfaccia blockchain come la suddetta rende semplice e veloce l'accesso alle informazioni da parte dell'intera filiera, con le dovute precisazioni in termini di autorizzazioni, consentendo di tracciare la storia del prodotto e di facilitare la rintracciabilità dello stesso in particolari situazioni. Si pensi, ad esempio, al ritiro di un alimento per appurata contaminazione, alle contraffazioni e false certificazioni, o ancora al non ottemperamento delle norme di legge in merito alle fasi di conservazione: sarà più agevole per le autorità preposte colpire alla base le attività illecite e ripiegare agli errori umani salvaguardando il benessere dei consumatori.

4.1.2 Il tracing

Il tracing, o più semplicemente la rintracciabilità, si può definire, in accordo con il Regolamento 178/2002 del Parlamento Europeo del 1 gennaio 2005, come "la possibilità di ricostruire e seguire il percorso di un alimento, un mangime, un animale, destinato alla produzione alimentare o di una sostanza destinata o atta ad entrare a far parte di un alimento o di un mangime attraverso tutte le fasi della produzione, della trasformazione e della distribuzione".

Ponendosi tale obiettivo, la rintracciabilità si configura come un processo inter-aziendale coinvolgente tutti gli attori che hanno preso parte alla formazione del prodotto; rispetto alla tracciabilità, si può affermare che sia un percorso più articolato e che richieda un maggiore sforzo in termini di collaborazione e fiducia fra le parti. La rintracciabilità ha il duplice scopo di sicurezza e trasparenza: sicurezza in quanto tramite il tracing si può procedere a ritiri mirati e precisi, evitando disagi estesi e ingiustificati in situazioni in cui la salute dei consumatori e la food safety sia minata, trasparenza poiché tale processo mira a fornire ai consumatori informazioni precise e dettagliate sulla filiera.

Fondamentale è quindi il rispetto degli standard di qualità dei prodotti, delle condizioni lavorative di tutti gli attori della supply chain e del rispetto dell'ambiente in termini di conservazione dei luoghi naturali in sede di estrazione delle materie prime e lavorazione di esse. Il tutto all'interno di un'ottica di rispetto del tema della sostenibilità nelle sue tre declinazioni: economica, sociale e ambientale.

Dal momento che l'opera di rintracciabilità di prodotti, l'assicurazione del rispetto degli standard e il controllo delle dichiarazioni di certificazione appare un lavoro lungo, complesso e difficilmente attuabile tramite i sistemi tradizionali centralizzati, con il pericolo di corruzione degli organismi preposti o la poca trasparenza in sede di controllo specie in particolari regioni geografiche, si crede che la blockchain possa essere uno strumento appropriato per tale attività. Al contrario del tracking, dove essa viene

impiegata per tenere traccia dei prodotti, qui le DLT, coadiuvate da dispositivi IoT esterni, hanno il compito di verificare e assicurare il rispetto degli standard lungo la filiera e individuare quei casi di non ottemperanza delle regole, in modo tale da consentire alle autorità di controllo un pronto intervento mirato.

Il controllo può essere automatizzato grazie agli smart contracts, oppure coinvolgere direttamente gli enti certificatori tramite input fornito dalla blockchain. Nel primo caso, i sensori IoT riescono a verificare che un determinato parametro (come la temperatura in una cella frigorifera di trasporto, per richiamare l'esempio fatto in precedenza), sia mantenuto entro i limiti prefissati; nel caso in cui lo standard non sia rispettato, lo smart contract avvisa gli attori interessati, come il cliente o il nodo successivo della catena o gli organi di controllo, che la merce non è stata conservata nel modo corretto. Sempre con riferimento agli smart contracts, essi possono essere utilizzati per fornire aiuti in termini di audit, ad esempio incrociando i dati da essi riportati tramite i sensori IoT con la capacità produttiva di un attore; così, se un produttore afferma di produrre biologico, si può confrontare la quantità di prodotto da esso commercializzata con la capacità del terreno in un'agricoltura biologica, per verificare se davvero quella coltivazione possa sostenere il ritmo di produzione senza l'uso di agenti chimici. Nel caso in cui siano coinvolti gli enti certificatori, essi devono verificare il rispetto degli standard da parte degli attori, contrassegnando il loro ID sulla blockchain con la certificazione ottenuta; pur essendovi una componente di centralizzazione nel controllo, e quindi di problematiche insite nel meccanismo centralizzato, tale sistema consente un risparmio in termini di tempo e costi, essendo più efficace ed efficiente. L'efficacia e l'efficienza derivano dal fatto che i certificatori sono inseriti all'interno della blockchain e possono controllare e analizzare i dati al suo interno per studiare uno specifico attore prima di decidere se sia in possesso dei requisiti necessari. Inoltre, poiché le informazioni sono distribuite e accessibili a tutti, appare più complesso il ricorso alla corruzione degli enti certificatori in confronto a un sistema centralizzato non distribuito nel quale le informazioni sono nascoste ai più.

In termini di tracing, qualora un prodotto, o un lotto, non dovesse rispettare i requisiti imposti dalle standard organizations, verrebbe subito ritirato colpendo alla fonte il problema e salvaguardando sia la salute dei consumatori sia l'immagine delle imprese coinvolte; si eviterebbero così quei numerosi casi di ritiro di prodotti già in commercio e già acquistati e consumati dai clienti, agendo anticipatamente e risparmiando sui costi logistici di ritiro della merce post-vendita e sulla ricostruzione dell'immagine aziendale nei casi più clamorosi.

La rintracciabilità, attraverso la blockchain e i dispositivi IoT, può quindi fornire un significativo aiuto per: evitare danni ai consumatori, salvaguardare l'immagine aziendale, migliorare la compliance e il rispetto degli standard, individuare più efficientemente i punti critici della supply chain in situazioni di pericolo, creare un rapporto più trasparente fra cliente e fornitori e tra fornitori e sub-fornitori, gestire i richiami di merce difettosa in modo più sostenibile economicamente, rendere l'attività di auditing più smart tramite controlli incrociati sulla blockchain.

Al fine di riscontrare una relazione concreta tra quanto sopra descritto e le applicazioni realmente esistenti, vengono proposti due casi studio che mostrano la realizzazione di

progetti blockchain all'interno di supply chain alimentari, volti al miglioramento della tracciabilità e delle rintracciabilità di filiera. Il primo caso studio è incentrato sul tracking del prodotto in una filiera ampia come quella del tonno e sulla sostenibilità sociale ed economica dei primi attori della filiera, mirando sia a salvaguardare il prodotto nei diversi passaggi a livello di supply chain, sia a proteggere i piccoli pescatori dallo sfruttamento e dall'attacco di imbarcazioni illegali; il secondo caso studio si focalizza sull'autenticità di un bene tipico del Made in Italy spesso oggetto di contraffazioni, ovvero l'olio extravergine di oliva.

4.2 Case study: Provenance

Provenance è una startup inglese con sede a Londra, fondata nel 2014 da Jessi Baker, la quale ricopre tuttora anche il ruolo di CEO. La mission di Provenance è quella di intraprendere un cambiamento significativo nel commercio, tramite la condivisione, all'interno di un network accessibile a tutti, delle informazioni relative ai prodotti messi a disposizione dei consumatori e delle catene di approvvigionamento. Definendosi come un'impresa sociale in crescita, con un notevole background nella progettazione di software, nella produzione di prodotti e nell'implementazione di tecnologie blockchain, Provenance volge la sua attenzione in particolar modo alla tracciabilità del prodotto lungo l'intera filiera alimentare.

La convinzione di base risiede nelle potenzialità fornite dalla blockchain rispetto ai sistemi centralizzati e nella possibilità concreta di implementare soluzioni che permettano la creazione di un modello diffuso e incrementale di detta tecnologia, aumentandone l'utilità e l'efficacia al crescere del tasso di adozione; il tutto senza che vi sia nelle fasi iniziali un rapporto costi/benefici che si riveli proibitivo e che allontani le imprese dall'adottare la blockchain. Il sistema blockchain di Provenance si propone di tracciare quindi tutte le materie prime e i prodotti e di verificare il rispetto degli standard attraverso un approccio alternativo nella certificazione, la quale poggia su un sistema condiviso. Tramite la blockchain è possibile infatti controllare e tenere traccia non solo del prodotto finale, ma di tutte le sue componenti dalla fase di recepimento delle materie prima alla vendita.

Nel dettaglio, l'architettura di Provenance si basa su quattro tipologie di programmi, ognuna inerente una fase diversa del processo che porta alla formazione della rete condivisa di informazioni⁴⁹:

- **Registration program:** questa fase è quella fondamentale, su cui poggia l'intero meccanismo di fiducia del sistema. Ogni utente su Provenance possiede una chiave privata che gli consente di accedere al suo profilo, ovviamente dopo la fase di registrazione che è molto semplice e immediata e attuabile direttamente tramite il sito ufficiale dell'impresa. Il profilo può essere pubblico o privato, in linea con i diversi casi d'uso della tecnologia e i relativi permessi. Il programma viene inizialmente implementato dai

⁴⁹ Il whitepaper di Provenance, nel quale è spiegata, fra le altre tematiche, l'architettura e la tecnologia della startup: <https://www.provenance.org/whitepaper>.

registrars, che si ricorda essere quei nodi della blockchain che hanno il compito di fornire e verificare le identità digitali ai diversi utenti, come enunciato nel terzo capitolo; la verifica dei profili può avvenire per conto dell'operato degli stessi registrars oppure su richiesta di uno o più nodi e ha lo scopo di assicurare la veridicità dei dati inseriti da un'impresa-utente in sede di registrazione.

- **Standards programs:** è la fase del processo in cui gli attori richiedono e vedono eventualmente verificate le certificazioni e le attribuzioni di qualità ai loro prodotti, come le certificazioni biologiche, il “no-animal testing” e le certificazioni di qualità (DOP, IGP). Le standard organizations definiscono la creazione di standard di qualità e compliance per un determinato comparto o per uno specifico insieme di beni e successivamente ogni attore può richiedere, in qualsiasi momento e quando ritiene di averle conseguite, le certificazioni, che saranno conferite solo nel caso in cui i certificatori abbiano verificato l'ottenimento dei requisiti appositi. Il successo della verifica determina l'ottenimento della certificazione dell'utente e la conseguente immissione di essa nel network.
- **Production programs:** a seguito dell'avvenuta certificazione, tali programmi sono usati dai produttori per provare la produzione e la provenienza di materiali o materie prime. Grazie a essi, le imprese possono dar prova di diversi elementi mostrati sotto forma di parametri quantitativi e qualitativi, come la certificazione riguardo la capacità di produzione di un bene in termini quantitativi (ad esempio, quanta materia prima viene usata all'anno per produrre un determinato bene), o la dettagliata descrizione tassonomica del prodotto corredata di appositi tag che segnano gli attributi specifici dello stesso.

I parametri possono essere aggiustati in accordo con le linee guida dettate dalle autorità certificatrici, al fine di dare prova in maniera efficace delle caratteristiche di quel determinato settore; i production programs rappresentano il focus del processo di tracking perché sono lo strumento tramite cui le aziende danno evidenza materiale della lavorazione dei propri prodotti, mostrando dati qualitativi e quantitativi relativamente al processo di produzione e ai materiali usati.

- **Manufacturing programs:** come i production programs, anch'essi sono utilizzati dai produttori, ma con un'ulteriore specificazione. Gli input produttivi devono essere utilizzati per la produzione di un determinato output, che richieda quella quantità e quella tipologia di bene. La blockchain assicura che i componenti di un certo prodotto derivino esattamente da quella materia prima, evitando così che i beni siano fabbricati con input di produzione diversi da quelli dettati dagli standard di settore.

Sorge a tal punto una domanda: come può la blockchain assicurare quanto appena sostenuto? Come può, in altre parole, garantire che un prodotto sia stato fabbricato con quelle determinate materie prime e dar prova ai terzi di quanto avvenuto?

Per far ciò è necessaria una tecnologia che colleghi ogni item fisico nel mondo reale al suo corrispettivo nel mondo virtuale: qui entrano in gioco i tag RfID di ultime generazione e

NFC⁵⁰ che Provenance sta sviluppando, i quali consentono a chiunque di ottenere informazioni sulle caratteristiche, sui processi di produzione, sui dati e sul percorso dei prodotti lungo la filiera. Esistono già diverse applicazioni delle tecnologie di lettura visiva in tal senso: dalle più semplici come “ShopSavvy”, che permette di scannerizzare il prodotto e verificarne il prezzo comparandolo con altri simili, alle più complesse come i Microsoft Tag, in grado di scansionare i codici QR dei prodotti e far accedere i telefoni dei consumatori a qualunque dato e informazioni siano state messe online dai produttori come ottemperanza degli standard programs⁵¹.

Pertanto, a seconda della progettazione del sistema, ogni transazione lungo la supply chain è completamente verificabile; ispezionando la blockchain, le applicazioni per smartphone e i dispositivi mobili possono visualizzare le informazioni rese fruibili ai clienti in qualsiasi momento. Informazioni che sono state verificate dagli enti certificatori, il che conferisce ai consumatori la veridicità di esse e dei dati messi a loro disposizione, consentendo così di compiere scelte di acquisto ragionate e sicure.

4.2.1 “From shore to plate: tracking tuna on the blockchain”

Al fine di comprendere meglio quelle che possono sembrare soluzioni astratte, si riporta l’esperienza diretta di Provenance relativamente al progetto pilota condotto dalla stessa in merito alla tracciabilità del percorso del tonno pescato da operatori con certificato di pesca ecosostenibile.

L’obiettivo del progetto era cercare di comprendere come la blockchain e le nuove tecnologie di smart tagging possano concretamente contribuire al tracking del prodotto, andando a studiare in particolare come la blockchain sia una soluzione sostenibile in tale ambito, seppur presentando una struttura decentralizzata e non gestita da un’autorità centrale.

Nel maggio del 2016, Provenance ha implementato un sistema blockchain, basato quindi sulla tecnologia peer-to-peer, per tracciare la pesca del tonno in Indonesia, precisamente nella provincia di Maluku. Il paese del Sud-est asiatico è il principale produttore di tonno, con circa 60 milioni di persone che vivono in insediamenti lungo la costa e che si dedicano a tale attività, la quale rappresenta ovviamente una delle principali risorse economiche dell’economia indonesiana. Il progetto ha consentito alla startup londinese di toccare con mano numerose problematiche nella pesca del tonno, fra tutte la pesca non regolamentata, le frodi e la violazione dei diritti umani. Come riportato dal Guardian, spesso e volentieri i pescatori e i primi lavoratori della materia prima in tale comparto sono sfruttati e presentano condizioni di notevole disagio nella prestazione della loro opera, dovendo anche subire attacchi da imbarcazioni volte alla pesca illegale da paesi

⁵⁰ NFC (Near Field of Communication), è una tecnologia di comunicazione contact-less basata su un campo a radiofrequenza che utilizza una frequenza di base di 13,56 MHz; è progettata per scambiare dati tra due devices vicini fra loro in modo agevole e tramite un semplice gesto sul touch di uno dei dispositivi.

⁵¹ Steve New: “The transparent supply chain”, Harvard Business Review, 2010: <https://hbr.org/2010/10/the-transparent-supply-chain>.

vicini come le Filippine. Pur rientrando quindi in supply chains di importanti produttori e importatori occidentali, essi non sono tutelati nel loro operato quotidiano⁵². In più, vi è un numero spropositato di piccoli pescatori, i quali spesso si vedono sopraffare dai grandi pescherecci che possono disporre di mezzi economici maggiori e avvalersi il più delle volte del lavoro forzato o non rispettare le regole della pesca.

La questione ha interessato anche l'ONU, con la Food and Agriculture Organizations (FAO) che ha dichiarato "che il 50% del pesce destinato al consumo umano deriva dalla pesca su piccola scala, pertanto i mezzi di sostentamento di questi pescatori sono fondamentali per il destino delle loro comunità e per il perseguimento di un'industria peschereccia sostenibile". Per giungere a tale obiettivo e premiare i piccoli produttori fairtrade tramite un premio di mercato o un accesso preferenziale nelle scelte dei consumatori, è necessario costruire un sistema di tracciabilità e rintracciabilità del prodotto considerevole; elemento ad oggi non reso possibile dai sistemi centralizzati, i quali hanno spesso fallito nel tenere traccia del percorso dei prodotti lungo la catena, nel riconoscimento degli standard produttivi e nell'interoperabilità dei dati fluenti lungo la catena, sebbene l'impegno costante di diverse ONG e governi in tal senso.

L'intento di Provenance era proprio quello di costruire una rete blockchain globale che potesse formare una piattaforma aperta a tutti in grado di offrire affidabilità, trasparenza, sicurezza e riconoscenza verso i piccoli pescatori certificati.

Il progetto è partito da un incontro tra lo staff di Provenance e i boards di otto organizzazioni di pesca, i rispettivi General Managers e i funzionari del controllo qualità, tutti membri dell'AP2HI (Indonesian Pole & Line and Handline Tuna Fisheries); lo scopo dell'incontro era definire gli standard sia di prodotto sia sociali nella pesca del tonno, al fine di garantire l'aumento della responsabilità delle organizzazioni e la tutela dei piccoli pescatori, oltre che giungere a un prodotto certificato.

Inizialmente, è stata attuata una raccolta dati da tutte le otto aziende, utile per conoscere le procedure di trasmissione e analisi dei dati tra un attore e l'altro lungo la filiera; è emerso che tutte le imprese erano solite usare documenti paper-based e fogli Excel nell'attività di reporting, mentre solo una di esse disponeva di una sorta di contabilità digitale; essa era anche l'unica capace di gestire il commercio equo solidale, grazie all'apposizione da parte dei fornitori di una etichetta di plastica sui tonni prima della spedizione, al fine di identificare il pescatore che ha catturato il pesce.

Le metodologie utilizzate dalle diverse imprese in generale non apparivano dunque all'altezza per gli obiettivi preposti. Perciò Provenance ha ideato un modo per acquisire e trasmettere dati lungo la catena tramite una semplice interfaccia per smartphone, scaricando l'applicazione stessa di Provenance; essa, previa una registrazione degli attori interessati nel processo di fornitura, collega identità, posizione, attributi e certificazioni a ogni utente o item circolante nella rete, secondo quanto descritto precedentemente in merito al funzionamento della tecnologia blockchain dell'impresa. Successivamente alla

⁵² L'articolo del Guardian che segna le condizioni di lavoro presenti nei paesi del Sud-est asiatico nel comparto ittico: <https://www.theguardian.com/global-development/2014/jun/10/supermarket-prawns-thailand-produced-slave-labour>.

registrazione, spetta a una ONG locale confermare gli attributi del pescatore registratosi, verificando che disponga dei requisiti di sicurezza, igiene e inerenti le condizioni lavorative richieste.

Prima fase: registrazione e reperimento dei dati dal “primo miglio”

Provenance ha proseguito quindi nel proprio progetto lavorando a stretto contatto con i pescatori locali di due differenti supply chain (tonno a pinna gialla e skipjack), fornendo un sostanziale aiuto nella raccolta dei dati e nel trasferimento degli stessi fino al primo fornitore, in quella che si può definire come la prima fase del progetto pilota.

I pescatori hanno il compito, una volta compiuta l'attività di pesca, di mandare un semplice messaggio SMS contenente la quantità e il dettaglio di quanto da loro pescato, che successivamente andrà a formare un nuovo asset sulla blockchain tramite l'inserimento del dato comunicato attraverso l'applicazione di Provenance; a tal punto, attraverso il sistema distribuito e assegnando a ogni item un'ID permanente e unico, la startup è in grado di trasferire digitalmente la proprietà del pescato dal produttore originario al successivo fornitore, monitorando il processo tramite smart contracts specifici e immettendo nella storia del prodotto il pescatore originario in maniera immutabile. Attraverso il sistema distribuito Provenance è in grado di controllare il contenuto del digital asset immesso nella blockchain e di monitorare lo spostamento del prodotto tramite i vari nodi della supply chain, anche grazie agli ID propri dei diversi item che permettono la connessione fra ogni utente/prodotto e le transazioni che lo riguardano.

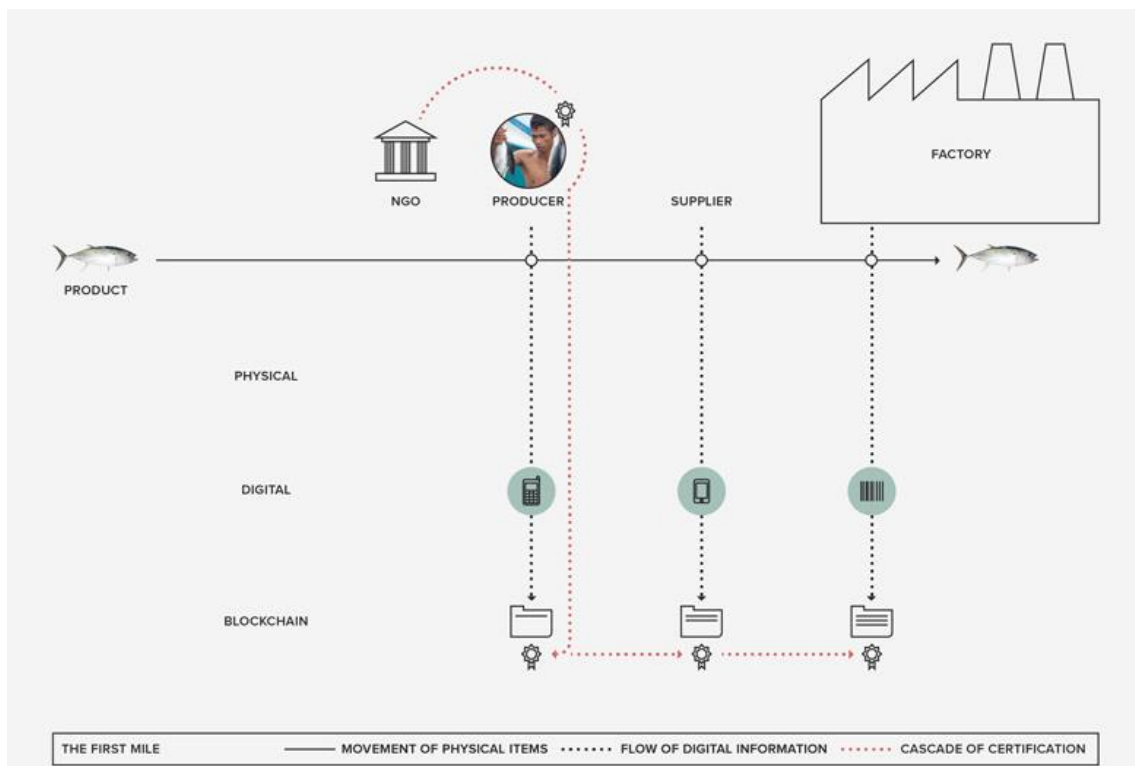


Figura 7. Il processo di tracciabilità del tonno nel progetto pilota di Provenance. Fonte: <https://www.provenance.org/tracking-tuna-on-the-blockchain>.

In questa prima fase, definita “Del primo miglio” in quanto, oltre che alla verifica delle condizioni lavorative dei pescatori, si riferisce alla tracciabilità della merce all’origine della supply chain, i passaggi compiuti da Provenance tramite il proprio sistema blockchain sono i seguenti:



Figura 8. Fase 1: il pescatore viene registrato da Provenance tramite una ONG locale.



Figura 9. Fase 2: l'ONG verifica che il pescatore sia in possesso dei requisiti necessari imposti da Provenance



Figura 10. Fase 3: il pescatore tramite SMS notifica il carico pescato, che viene immesso nella blockchain attraverso la creazione di un asset digitale.

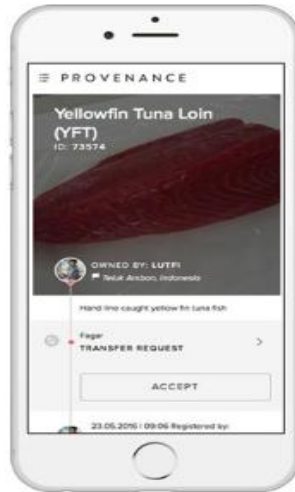


Figura 11. Fase 4: la merce viene trasferita dal pescatore al fornitore sia in via fisica che in via digitale, tramite la blockchain.

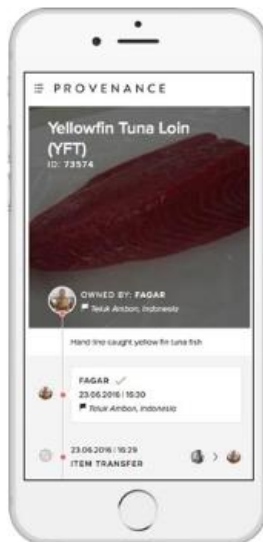


Figura 12. Fase 5: la merce viene ricevuta dal fornitore. Lo storico della merce viene aggiornato, includendo il pescatore nel proprio profilo.



Figura 13. Fase 6: la transazione viene confermata sulla blockchain.

Fase 2: Collegare la blockchain con i sistemi esistenti per la condivisione delle informazioni

La seconda fase ha riguardato la connessione della blockchain ai sistemi informativi esistenti e il miglioramento dell'accessibilità alle informazioni. Come riportato dalla stessa Provenance e come enunciato in precedenza, i sistemi ERP interni mostrano una notevole difficoltà a interfacciarsi con l'interoperabilità, essendo implementati in hardware interni. La soluzione blockchain di Provenance ha superato agevolmente lo scoglio dell'interoperabilità; infatti, ogni ID immesso nel sistema assume la forma di un indirizzo specifico sulla blockchain, consentendo a chiunque acceda al sistema di visualizzare i dettagli di quel particolare item o utente indipendentemente dalla piattaforma usata per accedere alla blockchain. In sostanza, fintanto che i dati vengono immessi sulla blockchain, essa si può definire interoperabile di default, non dovendo andare a integrarsi con i sistemi esistenti, ma fungendo da architettura condivisa soprastante.

Ad ogni modo, la blockchain di Provenance può essere associata a qualsivoglia tipologia di ERP, sebbene la startup stessa abbia lavorato in via preferenziale con il gestionale *ThisFish Tally-O system* prodotto da Ecotrust Canada, lo stesso usato dall'unica azienda del progetto che non adottava strumenti paper-based. Esso permette alle organizzazioni di tracciare il pescato e di migliorare l'accuratezza dei dati immessi a livello di filiera, ponendosi come obiettivo la sostenibilità economica, ambientale e sociale del settore ittico. Tally è il software che permette di inserire dati accurati tramite dispositivi wireless, riducendo il tempo impiegato a condurre report fisici sulle lavorazioni e interconnettendo istantaneamente gli attori della filiera che lo impiegano; i dati che vengono inseriti sono prontamente stampati sulle etichette, dotate di QR code, che accompagnano il pesce lungo le fasi della lavorazione, in modo tale che anche l'usufruttore successivo possa avere un riscontro immediato della provenienza della merce acquisita. Essendo inoltre collegato a scanner che consentono un inventory management e una gestione delle spedizioni accurata, il gestionale può essere connesso anche ad altri sistemi ERP.

Per quanto concerne il progresso nella condivisione delle informazioni, è rilevante quanto attuato da Provenance relativamente alla digitalizzazione delle etichette; al posto delle classiche etichette cartacee presenti sulle confezioni vengono apposte sui prodotti (sia in scatola che freschi) delle etichette smart consultabili con QR Code, RfID tag o diverse tecnologie hardware grazie alle quali i consumatori esterni, così come qualsiasi altro utente facente parte della blockchain, possono vedere provenienza, dati qualitativi e quantitativi e certificazioni del tonno comprato.

All'ingresso di un prodotto o della materia prima in azienda, avviene la registrazione tramite la scansione dell'etichetta smart e l'azione intrapresa viene trasmessa alla blockchain. Quando in seguito, nella fase di lavorazione e trasformazione la materia prima viene convertita in un item diverso, ad esempio quando un tonno viene lavorato e suddiviso in diverse scatolette, uno smart contract specifico associato all'ID del prodotto originario gestisce la conversione della materia prima in bene pronto alla vendita, associando le due etichette smart, in modo tale che il collegamento non vada perso e che sia possibile risalire alla materia prima da quella determinata scatoletta di tonno (o da

quello specifico trancio di pesce fresco). Tally si avvale del bilancio di massa⁵³ per controllare il contenuto delle lattine di tonno che vengono fabbricate durante le fasi di lavorazione, al fine di verificare che ogni lattina contenga esattamente la quantità di tonno e di olio prestabilita. Il trasferimento di un asset da un attore all'altro della supply chain avviene poi con un'ulteriore scansione delle etichette da parte del primo nodo, con l'informazione che viene condivisa sul network e che si aggrega a quanto già trasposto sulla blockchain, divenendo parte immutabile del record di quel bene.

La blockchain di Provenance fornisce quindi un servizio di audit sopraelevato rispetto alle strutture ERP delle singole imprese o a gestionali come Tally, consentendo la condivisione di dati, il controllo delle confezioni tramite il bilanciamento di massa e permettendo il rispettivo controllo riguardo all'uso di prodotti certificati fra più attori; ciò consente di condurre un controllo end-to-end dalla fase iniziale del primo miglio al confezionamento del prodotto finale, senza la necessità di modificare sostanzialmente le interfacce esistenti per l'acquisizione dei dati.

Fase 3: L'esperienza dei consumatori

La terza fase è quella che vede l'entrata in scena dei consumatori e la loro parte attiva nell'accesso alle informazioni contenute nel network.

Al fine di integrare Provenance in maniera efficace nei punti vendita e coinvolgere i consumatori, la startup ha condotto un workshop presso il supermarket Hisbe Food CIC di Brighton, nel corso del quale è stata anche condotta una sessione di prova dell'utilizzo della blockchain proposta. L'obiettivo del seminario, oltre a mostrare quanto svolto nel progetto pilota, era quello di far comprendere ai consumatori come il meccanismo proposto da Provenance basato su sistemi condivisi, smart tag e devices fosse più efficiente rispetto alle classiche etichette cartacee riguardo alla conoscenza della storia del prodotto. Tramite la tecnologia NFC, i consumatori possono conoscere origine, materie prime, passaggi di consegna e lavorazioni del prodotto, semplicemente passando il proprio smartphone sullo smart sticker apposto su ogni confezione.

Questo sistema permette, oltre di tracciare il prodotto dal "primo miglio" alla vendita e di monitorare le condizioni lavorative dei pescatori con l'ausilio delle ONG, di creare una classe di consumatori coscienti e attenti alla qualità e alla sostenibilità economica, ambientale e sociale dei beni acquistati, disposti anche a pagare un surplus di mercato per un prodotto di comprovata origine e lavorazione.

⁵³ Il bilancio di massa (Mass Balance) è uno strumento di conservazione della massa all'interno dei sistemi fisici. Tenendo conto del materiale entrante e uscente da un sistema (in questo caso della quantità di materia prima entrante e uscente in sede di trasformazione di un bene), si riesce a tenere traccia dei flussi di massa anomali, difficilmente misurabili senza tale tecnica, verificando che la massa che entra in un sistema sia esattamente quella che esce, secondo il seguente assioma: "La massa che entra in un sistema deve, in virtù della conservazione di massa, lasciare il sistema o accumularsi all'interno di esso". Nel caso proposto, il mass balancing consente di accertare che l'interno delle confezioni di tonno siano composte dagli ingredienti proposti dagli standard di settore; ad esempio, si può controllare che ogni scatoletta sia composta da 200 grammi di tonno e da 10 ml di olio d'oliva, inviando al process contract gli standard su cui effettuare il calcolo una volta avvenuta la trasformazione.



Figura 14. Gli smart sticker NFC sulle confezioni consentono di visualizzare le informazioni relative al prodotto.



Figura 15. Avvicinando lo smartphone sopra lo sticker è possibile vedere il percorso del prodotto dal momento della pesca all'arrivo in supermercato, oltre che le caratteristiche organolettiche e altre informazioni riguardanti la natura dello stesso.



Figura 16. Gli stickers sono applicabili a innumerevoli tipologie di prodotti e confezioni, sia quelli mantenuti a temperatura ambiente, sia quelli che devono essere conservati a freddo.

Oltre ai prodotti in vendita presso la GDO, il sistema distribuito ideato da Provenance è estendibile anche a smart menu, al fine di conoscere la provenienza delle materie prime di ciò che si consuma in esercizi commerciali come bar e ristoranti.



Figura 17. Un esempio di sticker apposto su un menu di un ristorante.



Figura 18. Un altro esempio di smart menu consultabile tramite la tecnologia Provenance.

4.2.2 Sfide per il futuro e conclusioni

Uno degli obiettivi di Provenance è evitare il double-spending, ossia la “doppia spesa”; un problema conosciuto in ambito blockchain e che consiste nel spendere due volte un asset digitale o un token. Ad esempio, può succedere che mentre nel mondo fisico si trasferisca due volte un bene, si usi due volte un determinato asset per comprarlo; nel caso del tonno di Provenance, il double spending si può verificare qualora la stessa etichetta smart venga duplicata e apposta su due tonni diversi, facendo credere che entrambi i tonni derivino da una pesca sicura e solidale, mentre in realtà uno dei due non è certificato in tal senso. Per il progetto pilota Provenance si è avvalsa di QR code e tag NFC, i quali come visto sono in grado di memorizzare l’indirizzo di una risorsa digitale sulla blockchain e mostrarla all’utente in qualsiasi momento. Ad ogni modo, è abbastanza semplice copiare tali smart tag in qualsiasi momento e in qualsiasi fase della supply chain, cadendo così nel tranello

del double-spending; ciò minerebbe la sicurezza e la trasparenza del sistema, che si vedrebbe “macchiato” di possibili prodotti non tracciati e fatti passare per certificati grazie alla duplicazione di un’etichetta di un prodotto accreditato. Pertanto, al momento i classici tag NFC non garantiscono quella sicurezza necessaria per essere adottati in soluzioni blockchain sicure e prive di possibili frodi.

Provenance si sta dunque muovendo su due approcci per evitare la duplicazione degli smart tag e combattere il double-spending:

- Soluzioni high-tech: i progressi nella tecnologia NFC consentono ora ai tag di nuova generazione di essere difficilmente riproducibili e minimizzare pertanto il rischio di double-spending. Oltre a essi, vi sono nuove vie che stanno venendo esplorate: le nano spirali vengono progettate utilizzando la litografia a fascio di elettroni e sono ancor più difficile da clonare, ponendosi come approcci adatti a prodotti per i quali l’autenticità e la provenienza è un fattore critico di successo. Mentre ProofTag ha ideato la tecnologia BubbleTag⁵⁴, integrabile in un sistema blockchain, che consta di un’impronta caometrica basata sulla generazione di bolle in un polimero, il cui risultato finale è particolarmente sensibile alle condizioni iniziali; ciò dal momento che una piccola variazione del prodotto o rimozione del tag identificativo dal packaging si traduce in un insieme di bolle finale all’interno della confezione volta a segnare un tentativo di contraffazione del bene, rendendo la probabilità di riproduzione su una superficie di 1 cm² di 1/10160.
- Soluzione low-tech: per alcuni prodotti di basso valore unitario, lo smart tagging potrebbe non essere necessario e l’attività di controllo della filiera può limitarsi all’implementazione di una blockchain pubblica che assicuri il corretto svolgimento delle transazioni e ne dia conferma a tutto il network; ciò soprattutto in situazioni nelle quali l’incentivo finanziario che deriva dalla contraffazione o dalla sostituzione dei beni è basso se confrontato alla difficoltà materiale di eseguire la frode. In tali circostanze, è sufficiente adottare una blockchain pubblica che dia garanzie sul trasferimento dei beni lungo la filiera e che, tramite l’integrazione con i sistemi gestionali ERP o con i POS, dia conferma dell’avvenuta transazione a tutti i nodi rendendo impossibile il double-spending salvo in casi eccezionali come l’attacco del 51% descritto nel secondo capitolo, che si ricorda però essere di difficile attuazione materiale a causa dell’enormità di potenza computazionale disponibile e sconsigliata in supply chain di prodotti aventi basso valore.

La condivisione dei dati e la trasparenza delle filiere sono una chiara barriera per combattere comportamenti non etici lungo la supply chain, sia verso i prodotti, sia verso i lavoratori. Con riferimento a questi ultimi, è proprio nelle fasi embrionali delle supply chain che si verificano atrocità e casi di sfruttamento, prima ancora che la destinazione del pesce sia nota; è necessario un sistema che tuteli sia chi opera nelle prime fasi di filiere agroalimentari mondiali, spesso e volentieri piccoli lavoratori locali che non hanno

⁵⁴ Approfondimenti sulla tecnologia BubbleTag sono disponibili sul sito di ProofTag nell’apposita sezione: <http://www.prooftag.net/it/bubble-tag/>.

rapporti diretti con il venditore finale, sia le imprese multinazionali stesse che il più delle volte sono all'oscuro delle condizioni in cui si trovano queste persone. Attualmente, la soluzione più facile sarebbe quella di affidare a un provider unico la tracciabilità di filiera, ma ciò sarebbe non etico, non sostenibile e probabilmente nemmeno sicuro, in quanto trattandosi di un ente unico con potere centralizzato potrebbe essere soggetto a situazioni distorsive.

Da tale assunto si può dedurre come le soluzioni distribuite come quella messa a punto da Provenance in Indonesia e riprodotta anche in un secondo progetto pilota similare condotto alle Isole Fiji dalla stessa startup londinese, possano essere l'arma in più per tutelare tutte le parti coinvolte nella supply chain alimentare, e non solo, di un bene. Inoltre, la blockchain può rappresentare anche un driver ulteriore nel sistema: essendo capace di fornire trasparenza e garanzie sui prodotti acquistati, può consentire alle aziende virtuose impegnate nel campo della sostenibilità e della tracciabilità di filiera l'accesso a un pagamento premium che quei consumatori più attenti sarebbero disposti a pagare per un prodotto di origine nota, certificato e conforme agli standard.

Non potendo comunque risolvere la questione della tracciabilità da sola, la blockchain deve essere accompagnata dall'intervento umano; Provenance, come da lei stessa dichiarato, ha speso molto tempo nel proprio progetto pilota per dialogare con gli attori di riferimento della filiera, capire come digitalizzare le informazioni e come renderle sicure e protette. La blockchain ha bisogno pertanto di un forte intervento di audit umano, posto il quale si può configurare come quello strato di base su quale può essere costruito un sistema distribuito che prescinda dall'operato di un ente centralizzato.

4.3 Case study: Devoleum

A differenza di molte soluzioni blockchain sviluppate da software house in collaborazione con imprese agroalimentari, sovente tramite la creazione di joint venture apposite, Devoleum è una realtà fondata da soli due individui: nata infatti per mano di Elisa Romondia e Lorenzo Zaccagnini, Devoleum è una startup italiana che si pone l'obiettivo di tracciare e registrare ogni singolo passaggio nella supply chain dell'olio extravergine di oliva. Devoleum non è ancora commercializzabile, in quanto stanno venendo perfezionati ulteriori dettagli relativamente alla sua messa in commercio, ma è stata menzionata da Forbes come una delle startup sulle quali vale la pena investire⁵⁵.

Più che una classica soluzione blockchain, Devoleum può considerarsi una Dapp, ovvero un'applicazione decentralizzata ("Decentralized Application"); una Dapp altro non è quindi che una soluzione open space basata sulla tecnologia blockchain. In questo caso, la Dapp Devoleum poggia sulla blockchain pubblica di Ethereum; come visto nel secondo capitolo della trattazione, Ethereum permette agli sviluppatori di soluzioni blockchain e Dapp di predisporre facilmente programmi con smart contracts auto-eseguibili al verificarsi di determinate condizioni. Ciò si rivela di fondamentale importanza poiché

⁵⁵ L'articolo di Forbes che inserisce Devoleum, e la co-founder Elisa Romondia, nelle startup e nelle imprenditrici-tech più influenti al mondo: <https://www.forbes.com/sites/allysonkapin/2018/09/19/60-women-led-startups-who-are-shaking-up-tech-across-the-globe/#5a6f0a9075da>.

consente a chiunque voglia creare una Dapp per un preciso scopo di avere libertà d'azione e varietà di soluzioni, cosa non possibile ad esempio con i Bitcoin.

Devoleum è in grado di dare un contributo nell'intento di tracciare la filiera dell'olio extravergine di oliva grazie alla combinazione di blockchain, smart tags, sensori IoT e intelligenza artificiale, consentendo ai consumatori finali di verificare i passaggi avvenuti a livello di supply chain tramite il loro smartphone.

In particolare, occorre soffermarsi sul concetto di Intelligenza Artificiale al fine di essere più chiari nel corso del lavoro. L'Intelligenza Artificiale⁵⁶ può definirsi come “quella disciplina, appartenente all'informatica, che studia i fondamenti teorici, le metodologie e le tecniche che permettono di progettare sistemi hardware e sistemi di programmi software capaci di fornire all'elaboratore elettronico delle prestazioni che, a un osservatore comune, sembrerebbero essere di pertinenza esclusiva dell'intelligenza umana”⁵⁷. L'intelligenza sviluppata da hardware e software non è limitata quindi alla capacità di calcolo o organizzazione dati, ma a tutte le forme di intelligenza definite da Howard Gardner nei suoi numerosi studi⁵⁸; dall'intelligenza spaziale, a quella cinestetica, a quella logico-matematica. L'Intelligenza Artificiale si configura quindi come un'evoluzione dei semplici algoritmi di calcolo delle macchine, giungendo a una combinazione di questi ultimi per ricreare nei computer e nei dispositivi informatici quelle peculiarità intellettive proprie dell'essere umano.

4.3.1 L'olio extravergine di oliva: caratteristiche e filiera

Prima di enunciare il progetto di Devoleum, occorre soffermarsi sul definire cosa sia l'olio extravergine di oliva e quali siano le sue peculiarità, oltre che analizzare com'è composta la relativa filiera produttiva: ciò al fine di comprendere a pieno i punti di debolezza della filiera e il lavoro che Devoleum si propone di eseguire all'interno del comparto.

L'olio extravergine di oliva (OEVO) è una particolare qualità di olio caratterizzata dall'estrazione mediante metodi meccanici e, in particolare, dall'estrema purezza del prodotto; ciò si concretizza in primis in una serie di parametri chimici, come stabilito dal Regolamento CEE n. 2568/91 della Commissione Europea dell'11 luglio del 1991 “Relativo alle caratteristiche degli oli d'oliva e degli oli di sansa d'oliva nonché ai metodi ad essi attinenti” e modificato in ultimo dal Regolamento CE n. 640/2008 del 4 luglio 2008. Fra i più importanti, si denota il fatto che l'olio deve presentare un grado di acidità

⁵⁶ Il termine, derivante dall'inglese “Artificial Intelligence” (AI) fu coniato per la prima volta nel 1956 in un convegno negli Stati Uniti, sebbene venisse allora denominato “Sistema Intelligente”; qui, per la prima volta si parlò e si presentò un programma in grado di effettuare ragionamenti logici, prettamente legati alla matematica. *Logic Theorist*, il nome del programma, era capace di dimostrare alcuni teoremi matematici partendo da determinate informazioni di input.

⁵⁷ Marco Somalvico: “Intelligenza Artificiale”, Progetto di Intelligenza Artificiale e Robotica – Dipartimento di Elettronica e Informazione del Politecnico di Milano, Hewlett- Packard, 1987.

⁵⁸ Howard Gardner è uno psicologo statunitense, padre della “Teoria delle intelligenze multiple”. Secondo Gardner, non esiste un'unica tipologia di intelligenza, bensì nove, ognuna deputata a differenti settori dell'attività umana; sebbene siano tutte presenti in ogni individuo, è solitamente rilevante una o ciascuna di esse. Le intelligenze individuate da Gardner sono: logico-matematica, linguistica, spaziale, musicale, cinestetica o procedurale, interpersonale, intrapersonale, naturalistica, filosofico-esistenziale.

libera, espressa in acido oleico, inferiore o uguale allo 0,8% e un numero di perossidi espresso in milliequivalenti di ossigeno (meq O₂/kg) inferiore a 20; sopra tale misura, che evidenzia il grado di ossidazione del prodotto e quindi la sua tendenza a irrancidire, l'olio è classificato come *lampante* e non più extra-vergine. Accanto a tali dettami tecnici, verificabili tramite apposite analisi chimiche sul prodotto in questione, si accompagna una valutazione organolettica disposta da un panel composto da un capo-panel e otto assaggiatori da esso scelti per la loro competenza nella distinzione tra campioni di olio all'apparenza simili, come disposto dal Consiglio oleicolo internazionale; essi devono stabilire, attraverso una degustazione qualitativa, le caratteristiche organolettiche dell'olio, assegnando un punteggio in base all'intensità percepita di ciascun attributo positivo e negativo. Il capo-panel deve, una volta ultimata la degustazione, raccogliere i fogli compilati dagli assaggiatori e inserirli in un programma informatico per calcolarne la mediana e attribuire le caratteristiche organolettiche al prodotto a seconda della relativa scala di valutazione. Per l'olio extravergine di oliva, è essenziale che la valutazione organolettica mediana del difetto sia pari a zero, mentre la valutazione organolettica mediana del fruttato sia maggiore o uguale a zero⁵⁹.

Superate tali due fasi, le disposizioni proseguono su ulteriori tre fronti specifici: obbligo di confezionamento, norme di etichettatura e fornitura delle informazioni al consumatore, obbligo di designazione d'origine. Inoltre, è segnalato che i contenitori devono avere: capacità massima di 5 litri se destinati ai consumatori finali e 25 se destinati ad attività di ristorazione o affini, chiusura ermetica, apposita etichetta (con attributi obbligatori, facoltativi e specifici), e confezionamento in quantità nominali espresse in litri.

Per quanto riguarda la struttura della supply chain, essa può essere scomposta in quattro diversi momenti, ognuno comprendente attori diversi e di conseguenza attività differenti fra loro in termini di lavorazione, trasformazione e recepimento delle materie prime:

- **Coltivazione:** naturalmente è la fase primaria del processo, nella quale viene coltivata e trattata l'oliva. È fondamentale la garanzia del prodotto in quanto, considerate le avversità metereologiche e naturali come l'avvento di parassiti, è qui che si determina la qualità dell'olio; è infatti in tale momento che i produttori possono ottenere certificazioni specifiche sui loro processi. Spesso gli agricoltori registrano le informazioni inerenti la loro attività su fogli elettronici o addirittura cartacei, specie qualora essi siano piccoli coltivatori del luogo; le informazioni riportate sono controllate solitamente da un frantoio e transitano lungo la catena verso l'attore successivo, in questo caso l'acquirente della materia prima, ossia un'azienda di trasformazione o un frantoio stesso. Il trasporto della materia prima, unitamente alle informazioni, è un passaggio cruciale in termini di tracking sia

⁵⁹ Per mediana si intende il valore medio di una serie ordinata di numeri dispari, o la media dei valori centrali di una serie ordinata di numeri pari. In questo caso, la mediana dei difetti rappresenta la mediana del difetto percepito con l'intensità più alta dagli assaggiatori, mentre la mediana del fruttato è la mediana dei valori attribuiti dagli assaggiatori all'attributo positivo "Fruttato"; esso, come stabilito dal suddetto Regolamento dell'Unione Europea, è quell'attributo positivo comprendente "l'insieme delle sensazioni olfattive, dipendenti dalla varietà delle olive, caratteristiche dell'olio ottenuto da frutti sani e freschi, verdi o maturi, percepite per via diretta e/o retronasale".

poiché la non accuratezza da parte degli operatori può rovinare la materia prima stessa facendole perdere attributi positivi, sia perché la consegna di dati tenuti in modo superficiale può essere un notevole punto di debolezza all'interno della supply chain.

- **Produzione:** è il momento cruciale in termini di trasparenza della filiera, in quanto le olive vengono prima selezionate e successivamente pulite, trattate e lavorate secondo precisi dettami tecnici, quali la centrifugazione e la decantazione, una volta raggiunto il frantoio. Il processo deve essere monitorato dal controllo della qualità, con le informazioni riguardanti gli obblighi ottemperati che vengono trascritte in appositi registri. Una volta svolto questo processo, le olive vengono trasportate alla distribuzione e anche in questo caso è fondamentale che non vi siano alterazioni lungo il tragitto e che siano rispettate le normative igienico-sanitarie e di conservazione del prodotto, al fine di evitare il deperimento dello stesso; infatti, una perdita di qualsivoglia attributo qualitativo e il peggioramento delle proprietà dell'olio causano un deterioramento irreversibile.

Durante la fase di produzione, il controllo dei processi, la trasparenza delle lavorazioni e l'adempimento delle procedure al fine di ottenere le qualità proprie dell'OEVO, sono fondamentali anche se si vuole evitare e contrastare il fenomeno della contraffazione. Sono molti i casi conclamati in cui durante la produzione, l'olio extravergine di oliva viene miscelato con oli di più scarsa qualità o adulterato con sostanze chimiche specifiche come il beta-carotene o la clorofilla per conferire al prodotto caratteristiche visive e di gusto non veritiere; ciò avviene per risparmiare sui costi di produzione, giungendo così a offrire alla domanda un prodotto adulterato con olive di bassa qualità venduto per un bene riconosciuto e certificato, giocando sulla difficoltà del consumatore nel riconoscere le differenze qualitative, ed è possibile grazie alle falle in termini di audit e tracking presenti nella supply chain.

- **Confezionamento:** dopo la fase di produzione, l'olio viene trasportato in taniche di acciaio inossidabile. Il controllo di qualità avviene tramite registri digitali prima della fase di imbottigliamento, ad ogni modo in diversi casi la contraffazione è possibile in quanto i test possono essere falsificati, specie se il controllo è deputato a un organo centralizzato ed effettuato da persone; ciò non permette di capire se l'olio viene contraffatto in un momento successivo al riempimento delle bottiglie o delle taniche. Inoltre il controllo qualità consente sì di evidenziare se l'oliva non è conforme ai dettami tecnici, ma non di capire la provenienza della stessa in caso di miscela di più oli, diversamente da quanto esposto nei registri.
- **Distribuzione:** durante il trasporto via strada, o via nave, l'olio è più difficilmente sottoposto a frodi o contraffazioni, essendo già imbottigliato. Ogni lotto è accompagnato da registri specifici e da barcodes; tuttavia, le informazioni relative al trasporto e al mantenimento delle relative condizioni, come la temperatura, possono essere oggetto di facile trascurabilità da parte degli operatori.

Avendo analizzato sia le peculiari proprietà del prodotto sia la conformazione della filiera, si nota come in più momenti vi siano delle opportunità per porre in essere frodi alimentari e possibilità di deterioramento del prodotto; ciò anche a causa di una mancanza di trasparenza e interoperabilità fra attori estremamente eterogenei aventi mezzi e

possibilità economiche completamente diverse fra loro (si pensi a un coltivatore e a una grande azienda di distribuzione e ai relativi metodi informativi), che non permettono una condivisione e un utilizzo appropriato dei dati. Come altre filiere alimentari, ad esempio quella del tonno descritta nel case study di Provenance, anche quella dell'olio extravergine d'oliva è una filiera con un grado di complessità elevato; se si pensa inoltre che l'OEVO è un prodotto tipico del Made in Italy e che la sua esportazione è richiesta in diverse parti del mondo, si può avere un'idea dell'ampiezza della supply chain.

Sistemi per salvaguardare la materia prima, la tipicità peculiare dell'olio extravergine di oliva e le informazioni transitanti nella filiera devono essere implementati per permettere di proteggere un'eccellenza del Made in Italy che, così come tanti altri prodotti del comparto, è sottoposto a contraffazioni, frodi e adulterazioni.

4.3.2 La tecnologia innovativa di Devoleum

Devoleum si pone come una soluzione in grado di combinare la blockchain con l'Intelligenza Artificiale e con lo *smart farming*, una tecnica che consente di monitorare i processi raccogliendo informazioni sui campi grazie a sensori IoT in merito a diverse variabili come: temperatura, umidità, precipitazioni, quantità di elementi chimici utilizzati e presenti nel terreno, conferendo in tal modo all'agricoltore un quadro più ampio e consolidato in ottica di informazioni sensibili se rapportato a quanto disponibile tramite l'agricoltura tradizionale.

L'automatizzazione, perlomeno in parte, dell'agricoltura, non è una minaccia per l'agricoltore come si potrebbe pensare, quanto più un considerevole aiuto a esso nel decision making: specialmente con l'agricoltura di precisione, il coltivatore può disporre di una quantità di informazioni vasta, analizzata da un sistema digitale per giungere a un modello dell'ecosistema agricolo utile sia alla reazione tempestiva a determinati avvenimenti nell'ambiente, sia al contrasto di essi tramite opportune azioni preventive. Una delle componenti più significative risiede nella riduzione del costo del lavoro e nella riduzione del pericolo di infortuni; la combinazione e l'analisi di dati consentono infatti di intervenire in maniera mirata e, talvolta, senza l'ausilio dell'uomo, risparmiando così risorse economiche in forza lavoro e notevoli quantità di tempo.

Devoleum, grazie alla combinazione di IA e blockchain, è in grado di assicurare quanto esposto. In particolare, essa si serve dei cosiddetti "oracoli": questi rappresentano, nel mondo blockchain, quei devices esterni alla rete in grado di catturare informazioni sul campo e spedirli alla blockchain, dove vengono trasformate in dati sensibili immutabili. Ciò è fondamentale in quanto la blockchain ha il limite di non "vedere" oltre la propria rete, pertanto si rende necessario che gli oracoli recepiscano informazioni dall'ambiente circostante; informazioni che poi sono usate in particolar modo dal sistema di Intelligenza Artificiale nella creazione di pattern e nell'esecuzione degli smart contracts. Gli oracoli utilizzati da Devoleum sono disposti nei campi, negli uliveti, al fine di captare i cambiamenti climatici, le variazioni della composizione del terreno, lo stato delle piante e mandare al sistema blockchain di Devoleum, costituito sulla blockchain pubblica di Ethereum, le informazioni rilevate. Senza tale collegamento, la blockchain non sarebbe

utile in questo ambito, poiché non riuscirebbe a sostenere da sola il processo di monitoraggio e controllo sopra descritto.

Inoltre, Devoleum utilizza una particolare forma di proof-of-work, la *zk-SNARKs* (*zero-knowledge Succint Non Interactive Arguments of Knowledge*), facente parte delle ZKP (*zero-knowledge proof*). La ZKP è un particolare metodo crittografico incentrato sul provare alle parti impegnate in un rapporto commerciale che una transazione riguardante uno specifico bene (in questo caso l'olio extravergine di oliva) sia valida, pur senza rivelare particolari informazioni sensibili e rispettando le normative sulla privacy, aspetto tanto fondamentale quanto critico nel panorama blockchain: in sostanza, colui che deve dimostrare di essere a conoscenza di qualcosa (ad esempio, di essere a conoscenza di un'informazione, o del codice di autenticazione a un server), può farlo senza rivelare l'informazione stessa⁶⁰.

Le prove a conoscenza zero sono state introdotte nel 1985 da Goldwasser e Micali⁶¹; i due informatici hanno dimostrato che è possibile provare determinate proprietà di un numero senza rivelare il numero stesso, evidenziando matematicamente inoltre come le interazioni tra il *prover* e il *verifier* potrebbero ridurre le quantità di informazioni richieste per risolvere un problema. Una prova a conoscenza zero è tale se soddisfa i requisiti di completezza e solidità: la prima consta nella capacità del prover di dimostrare in maniera più che accurata la conoscenza di una specifica informazione senza rivelarla, mentre la seconda consiste nel determinare, da parte del verifier, che la controparte sia effettivamente in possesso delle informazioni. Questo processo deve impennarsi sul fatto che l'informazione in questione non deve mai essere comunicata tra i due soggetti.

Tale concetto venne ripreso e spiegato in termini più semplici nel 1989 dal crittografo Jean-Jacques Quisquater⁶²; nel documento viene enunciato il concetto di ZKP tramite la "parabola della caverna di Ali Baba", poi riadattata nelle numerose versioni derivanti dal documento stesso. Se ne propone di seguito un'interpretazione semplificata.

Si immagini una caverna a forma di anello, con l'entrata sul lato sinistro di essa e una porta magica sul lato destro; per attraversare tutta la caverna, è necessario pronunciare la parola magica che apre la porta e che consente quindi di attraversare tutto il circuito. Si supponga ora che il soggetto X voglia avere prova che il soggetto Y conosca la parola segreta, mentre Y vuole dar prova della sua conoscenza senza rivelare pubblicamente l'informazione conosciuta. Per giungere a una conclusione, X accetta di rimanere fuori dalla caverna, mentre Y entra in essa e sceglie, casualmente, uno dei due percorsi possibili.

⁶⁰ Le ZKP sono spiegate nel dettaglio al seguente link: <https://www.binance.vision/glossary/zero-knowledge-proofs>.

⁶¹ S. Goldwasser, S. Micali, C. Rackoff: "The knowledge complexity of interactive proof-systems", 1985.

⁶² J.J. Quisquater, L. Guillou, M. Annick, T. Berson: "How to explain a zero-knowledge protocols to your children", Springer-Verlag, 1989.

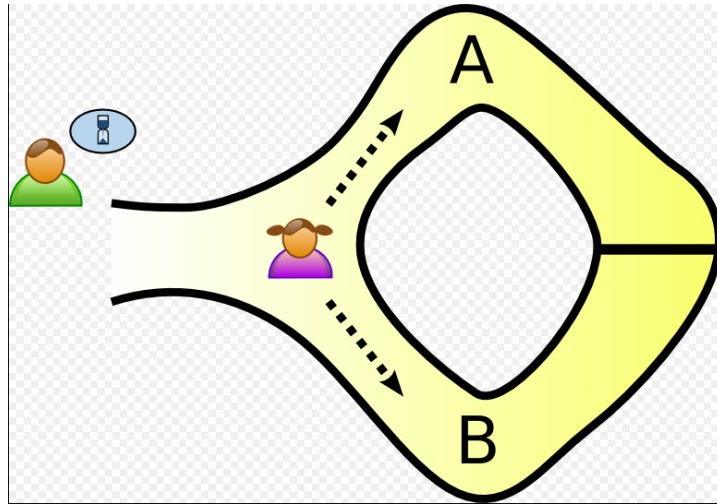


Figura 19. Il soggetto Y entra nella caverna, mentre X resta fuori di essa.

Dopo un po' di tempo, X entra nella caverna e grida da quale dei due percorsi vuole che Y appaia, se da sinistra o da destra. Se Y conosce davvero la parola segreta, allora apparirà dal percorso chiamato da X; se Y non conosce la parola segreta, avrà solamente il 50% di possibilità di apparire dal percorso giusto, ovvero quando per puro caso X chiamerà il lato da cui Y è entrato.

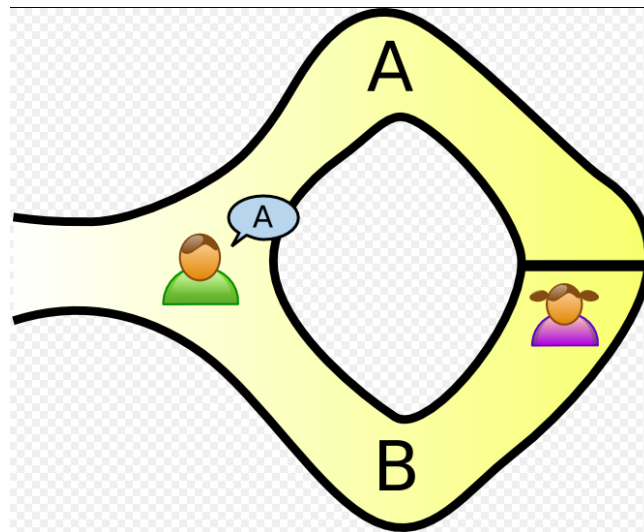


Figura 20. Il soggetto X entra nella caverna e chiama il lato dal quale Y dovrà comparire.

Ripetendo il processo diverse volte, la probabilità che Y compaia dalla parte giusta pur senza conoscere la parola, e quindi solamente per mera fortuna, si ridurrà progressivamente, facendo addurre al verifier X che il prover Y sia realmente a conoscenza della parola segreta, pur senza averla quest'ultimo mai rivelata.

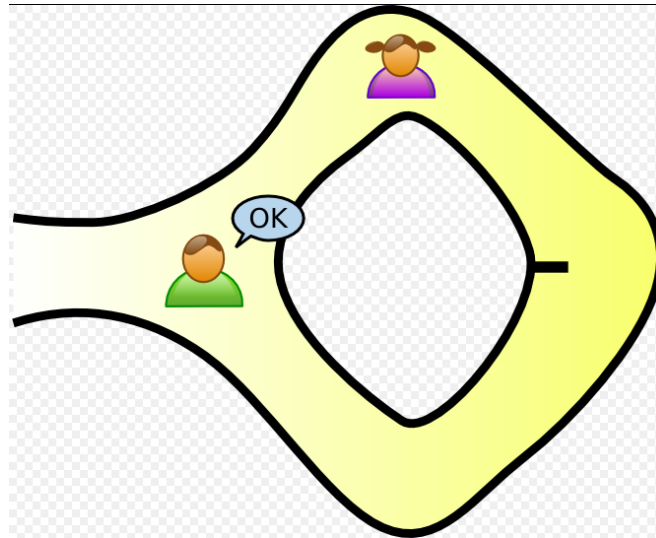


Figura 21. Il soggetto Y appare dal percorso chiamato dal soggetto X: ripetendo il processo numerose volte, la probabilità che Y appaia per puro caso dalla parte giusta, e non perché sia a conoscenza della parola chiave, diminuirà progressivamente.

Pertanto, le prove a conoscenza zero hanno la funzione di far provare a un individuo che le informazioni da lui possedute siano veritiere, senza però rivelarne altre al di fuori della sua validità: l'obiettivo delle ZKP è per l'appunto svelare meno dati possibili tra le due parti all'interno di un algoritmo di consenso blockchain⁶³.

In particolare, nelle zk-SNARKs, le prove da fornire al verifier sono facilmente verificabili e soprattutto di piccole entità ("Succint"); per di più, vi è un'interazione minima fra le parti ("Non-interactive"), la quale fa sì che esse debbano scambiarsi solamente una prova. Ciò è di fondamentale importanza specialmente per quanto riguarda un problema insito nelle tecnologie blockchain, ovvero l'eccessiva presenza di dati sensibili delle parti dettata dalla trasparenza del network; se da un lato essa è un elemento virtuoso per i numerosi motivi già elencati in precedenza, dall'altro potrebbe rivelarsi un fattore pericoloso per i soggetti stessi, che vedrebbero rese pubbliche proprie informazioni a libero uso della concorrenza.

Inoltre, le prove fornite nelle forme crittografiche zk-SNARKs sono considerate computazionalmente valide ("Arguments"), pertanto è difficile che un prover disonesto riesca a creare una prova che inganni il sistema; egli ci potrebbe riuscire solamente nel caso in cui abbia a disposizione una potenza di calcolo illimitata. Tale attributo delle zk-SNARKs è definito come *soundness*, il che non conferisce loro una solidità perfetta ma una solidità computazionale. Infine, la lettera finale dell'acronimo sta per "of Knowledge", e indica che non è possibile per il prover costruire una prova senza essere a conoscenza dell'affermazione in questione, a meno che egli sia per l'appunto in possesso di una potenza computazionale così elevata da poter produrre prove false (meccanismo simile

⁶³ L'algoritmo di consenso blockchain è il meccanismo tramite il quale un network blockchain giunge al consenso; in Bitcoin si è visto che il processo del consenso era la PoW, ma ci sono anche altri algoritmi come la Proof-of-Stake di Ethereum. L'algoritmo di consenso permette quindi di far conoscere al sistema blockchain quali siano le azioni da intraprendere al fine di attenersi alle regole insite nel protocollo.

alla regola del 51% vista per la Blockchain, ritenuta una situazione difficilmente verosimile).

Devoleum assicura, tramite la combinazione tra devices propri dell'Intelligenza Artificiale, che mandano continuamente informazioni alla blockchain, e prove crittografiche solide e rispettanti allo stesso tempo la compliance GDPR⁶⁴, una sicurezza e una trasparenza nella filiera dell'OEVO notevoli; specie per quanto riguarda la privacy dei dati e il rispetto delle norme inerenti, la crittografia zk-SNARK appare la più conforme a tali diktat, basandosi essa su prove succinte in grado di mantenere riservate informazioni preziose, non facendo perdere vantaggi competitivi alle aziende in sede di condivisione di dati e di attuazione di transazioni. Pur non essendo perfetta, la ZKP permette di capire con un'altissima probabilità se un dato è valido senza rivelarlo, grazie alla traduzione di un problema astratto (come è il caso della caverna di Ali Baba) in operazioni a carattere logico-matematico. Combinando ciò con la blockchain è pertanto possibile capire la veridicità di un dato emettendo e comparando certificati, senza dover transare dati sensibili sulla blockchain rendendoli disponibili a tutti.

Per reperire i dati, Devoleum utilizza devices esterni, gli oracoli. Ogni dato è controllato dai sensori IoT e dagli smart tags di Devoleum, i quali verificano le informazioni riportate digitalmente con quanto avvenuto realmente lungo le fasi di creazione e lavorazione del prodotto; così, ogni dato sulla blockchain è verificato prima che esso sia immesso, in maniera tale da rendere immutabili solamente quelle informazioni vere e assodate e non incorrere nell'immissione sul network di un quantitativo elevato di dati erronei. Si nota quindi come l'integrazione tra tecnologia blockchain e Intelligenza Artificiale sia fondamentale per il processo; infatti, da sola la blockchain non è in grado di assicurare la veridicità dei dati rilevati sul campo. Inoltre Devoleum, grazie ai dati catturati con l'IA, elabora dei modelli predittivi che analizzano ogni passaggio della filiera; essi hanno lo scopo di indicare quali siano gli step che devono essere più monitorati e migliorati per rendere la supply chain più efficiente e ridurre il rischio di contaminazioni o frodi in quel dato processo.

Solitamente Devoleum usa oracoli di terze parti per reperire i dati nei campi, ponendosi quindi come una soluzione in grado di integrare elementi di Intelligenza Artificiale e sensori IoT propri dello smart farming per quei coltivatori che vogliano connettere tali due tecnologie al fine di assicurare la propria filiera. Pur essendo vari e disparati, si presentano alcuni esempi di devices utilizzati da Devoleum⁶⁵:

- Sensori nel terreno: hanno la funzione di razionalizzare l'uso dei pesticidi e l'acqua necessaria all'irrigazione. In tal modo, conoscendo la qualità e la quantità

⁶⁴ Il GDPR (General Data Protection Regulation), ovvero il Regolamento dell'Unione Europea n. 2016/679 del 27 aprile 2016, entrato in vigore il 24 maggio 2016 e operativo dal 25 maggio 2018, ha l'obiettivo di rafforzare la protezione dei dati personali dei cittadini dell'UE; esso affronta vari temi fra cui la semplificazione del contesto normativo, l'esportazione dei dati personali fuori dall'UE e soprattutto il trattamento dei dati personali sensibili. Il Regolamento è qui consultabile: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/IT/TXT/PDF/?uri=CELEX:32016R0679&from=IT>.

⁶⁵ L'articolo di Medium nel quale il co-founder e data analyst di Devoleum Lorenzo Zaccagnini illustra il progetto della startup: <https://medium.com/@lorenzozaccagnini/una-guida-per-tutti-su-come-innovare-lagricoltura-utilizzando-blockchain-zero-proof-knowledge-9f4e445239a7>.

dell'acqua e lo stato del terreno, si può monitorare la qualità dell'uva al variare dei parametri indicati.

- Robot: sostituendosi o addirittura integrandosi al lavoro umano, riescono in molti casi a fornire un contributo maggiore di quello derivante dal bracciante, dimostrandosi più accurati. Elemento fondamentale specie nella raccolta di particolari prodotti delicati come le olive.
- Droni: sono molto utili sia nel monitorare nella lunga distanza i terreni e sia nell'individuare, tramite speciali attrezzature come i multi-spectral imaging⁶⁶, particolari patologie a piante. Grazie a essi è quindi possibile tenere sotto controllo la natura degli uliveti e intervenire tempestivamente.
- Immagini e video: tramite elementi multimediali di computer vision è possibile monitorare costantemente i raccolti e le piantagioni, riuscendo a identificare le problematiche che sorgono nel corso della coltivazione.

Una volta raccolti i dati è necessario elaborarli, allo scopo di non disporre di un quantitativo di essi che sia erroneo o ridondante ai fini dell'analisi e della costruzione dei modelli predittivi. L'Intelligenza Artificiale è costruita su modelli matematici e statistici, oltre che sull'associazione di immagini e oggetti a particolari eventi o situazioni; essa riesce a elaborare e notarizzare un gran quantitativo di dati in modo quasi autonomo una volta istruita, facendo risparmiare notevoli quantità di tempo all'uomo. Fornendo pertanto al modello di IA un insieme di dati relativo a una specifica variabile, come ad esempio la conformazione ottimale del terreno per la crescita delle piante, si è in grado di far astrarre al modello stesso un pattern misurante l'andamento comune dei parametri inerente tale variabile; se in futuro le misurazioni effettuate sul campo dai devices e dagli oracoli si mostreranno in contrasto con il pattern recepito dal modello di IA, allora esso avvertirà della discordanza, evitando ulteriori rilevazioni dell'uomo e ottimizzando tempi e costi dell'attività umana. Ovviamente i modelli devono essere "istruiti" opportunamente tramite algoritmi specifici dettati dai data analyst sulla base dei dati raccolti: nel caso di Devoleum, il co-founder Lorenzo Zaccagnini è la figura che si occupa di tale funzione.

4.3.3 Il funzionamento di Devoleum

L'obiettivo di Devoleum è quello di salvaguardare la filiera dell'olio extravergine di oliva e più in generale il comparto del Made in Italy, essendo una piattaforma versatile e quindi adattabile anche ad altre filiere. Ciò è perseguito attraverso l'integrazione di blockchain, Intelligenza Artificiale e sensori IoT ed è rivolto, nel caso dell'OEVO, a quei coltivatori che abbiano il desiderio non solo di assicurare i passaggi del proprio prodotto a livello di filiera ma anche di conferire allo stesso un tratto distintivo. Molti produttori di OEVO sono infatti di dimensione ridotta e tendono a vendere il loro prodotto solamente nelle zone

⁶⁶ I droni aventi fotocamere per immagini multispettrali consentono all'agricoltore di gestire suolo, colture e fertilizzazioni in maniera più efficace, eliminando sprechi di acqua, abusi di fertilizzanti e ottimizzando la resa del terreno. La tecnologia con telecamere multispettrali fa uso di bande d'onda verde, rossa e infrarossa al fine di catturare immagini invisibili all'occhio umano o migliorare quelle visibili. Fonte: <https://www.dronezon.com/learn-about-drones-quadcopters/multispectral-sensor-drones-in-farming-yield-big-benefits/>.

limitrofe e tuttalpiù provinciali, non potendo inoltre far leva sulla variabile del prezzo in quanto, avendo una forza contrattuale ridotta, spesso sono costretti ad accettare un corrispettivo basso per la qualità del bene venduto: ciò è dettato sia dalla forte competizione che è presente tra un gran numero di soggetti nell'offerta, sia dalla possibilità ridotta di espandere il proprio mercato fuori dai confini locali o provinciali senza affidarsi a canali distributivi con potere contrattuale maggiore.

Devoleum si propone quindi da un lato di creare un luogo virtuale sicuro nel quale poter inserire in maniera immutabile i dati delle transazioni effettuate, grazie alla combinazione di IA e blockchain, e dall'altro di associare a ogni asset fisico, in tal caso la bottiglia di OEVO, un token associato⁶⁷ che renda quell'asset unico e inviolabile in termini di proprietà sulla blockchain. Ogni bottiglia di olio ha pertanto un corrispettivo token e la proprietà di tali token è verificata tramite la tecnologia a prova zero sopra introdotta, che nel caso di Devoleum è data da ZoKrates. ZoKrates è una toolbox per la crittografia zk-SNARK in Ethereum che rende possibile verificare le prove computazionali nella Dapp tramite un linguaggio di programmazione; essa consente agli smart contracts di essere più sicuri e solidi e di provare, tramite la crittografia zk-SNARK, informazioni rilevanti come la proprietà di un token senza rivelare dati sensibili. Il tutto, come si ricorda, traslando concetti astratti in forme matematiche. Con ZoKrates è possibile per un produttore di olio emettere un certificato all'esterno della blockchain, che viene tradotto in linguaggio matematico dall'IA e successivamente verificato e validato dallo smart contract costituito specificatamente per quella transazione; pertanto, all'interno della blockchain non sono immessi i dati sensibili contenuti in un determinato certificato prodotto offchain, i quali rimangono, così come il certificato stesso, propri fra le parti. In Devoleum, ad esempio, un produttore di olio emette all'esterno della blockchain tramite ZoKrates un certificato di produzione di un determinato quantitativo di OEVO; tale certificato sarà tradotto in un problema matematico dal sistema di IA, e verificato da un primo smart-contract, detto verificatore, attraverso il meccanismo della zk-SNARK. Se quest'ultimo verifica positivamente il certificato, allora la richiesta passa allo smart-contract successivo, deputato a prendere le decisioni. Le decisioni possono riguardare, perlomeno in questo caso, l'emissione di un token da applicare alle bottiglie d'olio extravergine di oliva certificato dai sensori IoT e dall'Intelligenza Artificiale e quindi sicuro. Dunque, un produttore d'olio extravergine di oliva che voglia emettere il token per tracciare e proteggere il suo prodotto da possibili adulterazioni di documenti lungo la filiera, deve inviare un certificato al di fuori della blockchain, il quale sarà prima tradotto in linguaggio matematico e in un secondo momento verificato dal contratto verificatore tramite prove matematiche a conoscenza zero; successivamente il contratto utente, se la verifica ha prodotto esiti positivi, emette il token da associare all'asset fisico, ovvero la bottiglia.

La ZKP consente quindi di spostare all'esterno della blockchain la parte di validazione e rappresenta una notevole soluzione, oltre che in termini di compliance GDPR, in ottica di scalabilità della blockchain.

⁶⁷ I token associati alle bottiglie d'olio sono ERC 721-token. Nel campo blockchain i token ERC 721 sono relativi agli item fisici, tangibili e non fungibili e si differenziano dagli ERC 20, usati per diversi scopi tra cui criptovaluta, certificati di proprietà e punti fedeltà. I token ERC 721 caratterizzano invece uno specifico item e sono fondamentali per differenziare e tracciare ogni singolo bene nel network.

Ogni attore presente in Devoleum può, una volta registratosi sul portale, creare la storia del proprio prodotto; è possibile fare ciò aggiungendo ogni step di produzione sulla blockchain, tramite la Dapp di Devoleum. Per creare gli step, come mostrato dal tutorial presente nel sito di Devoleum nel quale è possibile provare una simulazione della Dapp reale, è necessario installare MetaMask, un'estensione compatibile con i più classici browser come Firefox, Chrome, Opera e Brave, avente la funzione di portafoglio di criptovaluta; essa consente di interagire con le applicazioni decentralizzate basate sulla blockchain di Ethereum, come Devoleum, pertanto tramite MetaMask si possono ottenere token e gestire il proprio portafoglio digitale. Una volta installato MetaMask, è possibile creare gli step relativi alla propria supply chain e costruire la storia del prodotto⁶⁸. La simulazione di Devoleum è presente su Rinkeby, ovvero la rete di test di Ethereum, mentre il prodotto commerciale sarà presente all'interno della blockchain pubblica di Ethereum.

Ognuno dei partecipanti alla rete, compresi i consumatori, può accedere alla storia del prodotto prendendo visione di tutte le informazioni e i dati presenti nello storico dello stesso; informazioni che, si ricorda, sono già state controllate e appurate grazie all'integrazione tra blockchain e Intelligenza Artificiale e che sono immutabili nel network. Perdipiù, ogni documento aggiunto in ciascuno step viene caricato su IPFS⁶⁹ o su altri sistemi di archiviazione come Google Drive, al fine di risparmiare sia tempo, che denaro, che spazio sulla blockchain. Denaro poiché l'archiviazione di ogni documento, e quindi i costi di transazione fra un attore e l'altro, costa pochi centesimi di USD; spazio dal momento che sulla blockchain di Devoleum, che si ricorda essere una derivata di Ethereum, non viene uploadato il file in sé, ma è presente solamente l'hash del file e il link dal quale poter accedervi su IPFS. In tal modo, si evita il problema di saturazione del database e di scalabilità che in molte blockchain è presente e per le quali rappresenta un elemento critico.

Ciascun passaggio della supply chain viene dunque inserito dall'attore corrispondente sulla blockchain e ogni documento archiviato su IPFS; i dati immessi hanno la certezza di essere sia reali e veritieri in quanto sono preventivamente controllati dai devices esterni ed elaborati dall'IA, sia sicuri e non sottoponibili a frodi poiché divengono immutabili una volta inseriti nella blockchain. Essendo poi una derivata di Ethereum, sulla quale si ricorda è facile predisporre smart contracts, la blockchain di Devoleum ben si presta a ciò. Gli smart contracts conferiscono ulteriore trasparenza e immediatezza alla rete, con costi di transazione bassi per la loro natura di contratti auto-eseguibili al verificarsi delle condizioni pattuite; gli smart contracts si eseguono nel momento in cui gli oracoli, posti

⁶⁸ Nel link in oggetto è mostrata un'interfaccia della rete Rinkeby di Ethereum, nella quale è presente la schermata relativa alla vendita dell'olio. Rinkeby è la rete di test di Ethereum e ha la funzione di evidenziare il funzionamento della rete in un'ottica simulativa, senza consumare denaro.

<https://rinkeby.opensea.io/assets/0x88a051d837fed5570329ecfb3ee42cff79e2a111/9#related>.


⁶⁹ IPFS (InterPlanetary File System) è un protocollo peer-to-peer per l'archiviazione e la condivisione di informazioni nel network, sfruttante tecnologie similari e derivanti da quelle proprie di Bitcoin e Torrent. A ogni item presente nel database distribuito è assegnato un hash univoco, capace quindi di differenziarlo e di evitare duplicati dello stesso oggetto. Essendo distribuito, così come Torrent, IPFS consente a tutti gli attori non solo di accedere a informazioni presenti nel network, ma anche di immetterle a loro volta, creando un database decentralizzato disponibile a tutti.

all'esterno della blockchain, comunicano allo smart contract a cui essi sono collegati i dati riportati dalle rilevazioni sul campo.

Sulla Dapp Devoleum è inoltre possibile, tramite l'accesso alla piattaforma o tramite lo scan del QR code apposto sulle bottiglie di OEVO, avere piena conoscenza dei passaggi certificati a livello di filiera. Ciò è un vantaggio sia per i consumatori, che hanno la certezza di acquistare un prodotto certificato e qualitativo, sia per i produttori, i quali possono ampliare il loro bacino di utenza facendosi conoscere alla domanda tramite la trasparenza del prodotto dettata dal token e vedendo oltresì tutelata la loro attività d'impresa nei confronti di possibili frodi. Entrando nella piattaforma e scegliendo di visualizzare uno dei prodotti presenti, si riescono a visualizzare le informazioni e la storia dello stesso, con le relative fasi aventi luogo nelle transazioni del prodotto lungo la catena. Per ciascuna linea di prodotto si possono inserire step e documenti riguardanti, ad esempio, la raccolta, la tipologia di lavorazione, il trasporto, la vendita e qualsivoglia altra attività che comporti una transazione; ognuna di queste fasi viene immessa nello storico del prodotto e contiene i dettagli tecnici, la data e l'ora, la quantità trasferita, l'attore di riferimento e ogni documentazione a essa allegata con il relativo link per accedervi su IPFS.

Ciò che un utente può fare accedendo alla piattaforma o semplicemente inquadrando il QR code dalla bottiglia o dalla confezione di olio con il proprio smarphone, è visualizzare quanto sotto riportato.

Olio Extra Vergine
Company: Devoleum
Link: devoleum.com
Date: 23/09/2019 14:43:39



Supply chain steps

Raccolta Olive
Specie: Ogliarola Garganica
Quantità: 500 Kg
Luogo: Vico del Gargano
Metodo: Brucatura
Date: 23/09/2019 15:02:39

Trasporto
Quantità: 500 Kg
Partenza: Vico del Gargano
Date: 23/09/2019 15:04:09

Figura 22. Parte dell'interfaccia di Devoleum che mostra all'utente la storia del prodotto: nel dettaglio, sono visualizzate le fasi di raccolta e di trasporto.

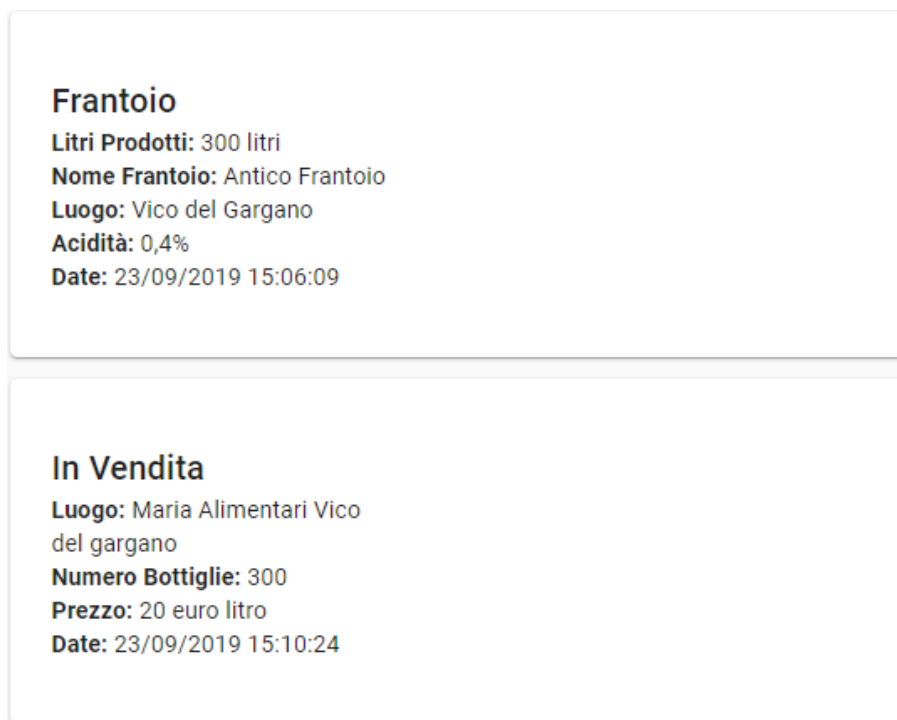


Figura 23. Parte dell'interfaccia di Devoleum che mostra all'utente la storia del prodotto: nel dettaglio, sono visualizzate le fasi di lavorazione nel frantoio e la distribuzione.

Si ricorda come questa sia solamente una simulazione del prodotto commerciale, che presenterà, non appena sarà messo in commercio, un'interfaccia più articolata e un dettaglio maggiore nelle informazioni riportate. Per gli esterni alla blockchain, come i consumatori, le informazioni sono rese disponibili grazie a un oracolo outbound, ossia un particolare genere di oracolo che è in grado di comunicare verso l'esterno della blockchain e mostrare quanto presente nel network.

4.3.4 Difficoltà e criticità riscontrate da Devoleum

Le difficoltà riscontrate da Devoleum sono inerenti in primo luogo alla disponibilità delle infrastrutture internet, fondamentali se ci si vuole evolvere verso lo smart farming e integrarlo con la tecnologia blockchain e l'Intelligenza Artificiale. Infatti, molte aree agricole sono poste in territori in cui non sussiste una connessione rapida, pertanto l'implementazione di devices interconnessi a una rete comune appare tuttora complicata. Data l'impossibilità perlopiù fisica di estendere i cavi a fibra ottica a tutti i territori rurali, è indispensabile che si propenda per la tecnologia 5G, avente una velocità di quasi 1000 volte superiore rispetto all'attuale 4G; tramite essa, sarebbe più semplice predisporre una rete interconnessa di devices trasmettenti dati in maniera continua dai campi e connetterli alla rete blockchain per rendere il flusso di informazioni costantemente aggiornato. Oltre a tale limite strutturale, vi sono da superare criticità legate all'accettazione della tecnologia da parte degli addetti ai lavori e al supporto ancora non pieno in termini di

visione a lungo termine delle fazioni politiche in merito alla risoluzione dei problemi inerenti il Made in Italy.

Oltre a ciò, appaiono considerevoli elementi caratterizzanti il comparto dell'agrifood come la corruzione e il rapporto spesso sussistente tra agricoltura e criminalità organizzata che mal si conciliano con il desiderio di trasparenza e tracciabilità dei prodotti; infatti, i fenomeni di contraffazione e di frode alimentare difficilmente sono messi in atto dal singolo produttore, quanto invece da organizzazioni criminali allargate e aventi possibilità di lucrare su un mercato ampio. Il produttore è spesso inerme e impotente di fronte al volere delle eco e agromafie e costretto, volente o nolente, ad accettare tali imposizioni. Anche e soprattutto per questo appare fondamentale insistere sulle tecnologie blockchain e in particolare su quelle soluzioni che, come Devoleum, integrino la suddetta con l'IA, al fine di predisporre un ambiente sicuro nel quale inserire e notarizzare i passaggi di filiera; ciò fungerebbe da sé come deterrente per chi voglia operare nell'illecito. È vero che le blockchain non sono ancora giunte al punto di evitare la contraffazione fisica dei beni, elemento per il quale servirebbe una forte coadiuvazione con le autorità di controllo, e vero è anche che all'interno delle blockchain possono essere immessi dati falsi creando pattern non veritieri; ma con riguardo a quest'ultimo punto c'è da dire che l'immissione di dati falsi all'interno della blockchain può essere facilmente scoperta, confrontando gli stessi con i pattern già elaborati dal sistema di IA e verificandoli a ritroso ripercorrendo i relativi passaggi nella supply chain. Pertanto, anche a fronte di una prima segnalazione, una filiera costruita virtualmente sull'artificio e sulla frode avrebbe pochissime speranze di sopravvivere nel network e i dati da essa immessi non verrebbero usati dal sistema di IA, che li riconoscerebbe come non congrui al pattern grazie all'integrazione con i dati già esistenti sulla blockchain. Ciò costituisce un chiaro e forte ostacolo a chi voglia porre in essere frodi e contraffazioni: difficilmente chi ha questo scopo ha l'interesse di far divenire pubblici dati, informazioni e rendere tracciabile la propria filiera, in virtù della facile rintracciabilità cui sarebbe sottoposto il prodotto contraffatto una volta immesso in un registro pubblico e distribuito.

Anche per questo Zaccagnini stesso mette in luce la necessità di costituire banche dati pubbliche per gli individui che operano in agricoltura, al fine da poter rendere tali informazioni un input per la blockchain in quanto essa, da sola, è limitata: la blockchain può mettere in relazione dati e renderli sicuri e immutabili, ma ha il primario bisogno di riceverne dall'esterno. Creando un opendata in agricoltura, nel quale andrebbero registrati tutti quei soggetti che vogliono operare su blockchain al fine sia di avere uno storico trasparente degli investimenti in cryptovalute sia di evitare il riciclaggio, si avrebbe la possibilità di condurre stime di mercato basate sui dati, al fine di sviluppare un mercato che sia soddisfacente e basato sul vero valore della filiera e del prodotto certificato, anche e soprattutto per i piccoli produttori; inoltre, essendo in possesso di un opendata nel quale i produttori si impegnano a fornire e rendere pubblici i dati riguardanti i propri terreni e prodotti, i modelli di IA come quelli integrati da Devoleum nella blockchain sono in grado di distinguere, grazie all'esperienza appresa nel tempo, pattern relativi a comportamenti fraudolenti, portando alla luce agro ed ecomafie.

Nella petizione lanciata al Ministero dell'Agricoltura su *change.org*⁷⁰ dal co-founder di Devoleum Zaccagnini, egli sostiene inoltre che tali banche dati costituite sulla base delle informazioni fornite dagli agricoltori debbano essere pubblicate sul sito del Ministero dell'Agricoltura, allo scopo di poter confrontare i relativi dati in sede di ricerche di mercato e di predisporre modelli di IA utili al miglioramento dell'agricoltura italiana in termini di tracciabilità e sicurezza. La pubblicità dei dati e la loro immutabilità permette di conseguenza di favorire lo sviluppo di investimenti e analisi di mercato nel settore agroalimentare, in particolar modo nel Made in Italy, dove attualmente vi è una forte mancanza di dati e una componente approssimativa di stime di mercato che frena sensibilmente tali due fattori e crea una protezione per il sostenimento di attività illecite.

Altro punto presente nella petizione è inerente la formazione di uno stablecoin per gli agricoltori utilizzando parte dei fondi PSR; l'obiettivo è quello di creare un token su blockchain pubblica corrispondente a un valore su valuta FIAT, in questo caso l'euro. Questo per "evitare volatilità negli investimenti su blockchain pubblica, evitare lo spreco di fondi e coinvolgere direttamente i consumatori al supporto dei loro prodotti e territori preferiti". Al fine di creare una rete importante di investimenti in tale settore e verso la direzione delle blockchain, si propone anche di non tassare i capitali in cryptovalute inferiori ai 35.000 euro.

Ulteriore difficoltà incontrata da Devoleum, nonché uno dei motivi dell'ancora mancata commercializzazione della soluzione progettata, riguarda l'ambito normativo. Se è vero che il Decreto Semplificazioni ha legiferato riguardo le tecnologie DLT e riconosciuto valore normativo agli smart contracts, ancora non sussiste una normativa europea applicabile a tutti gli Stati dell'Unione Europea e, ancora più grave, non si sa come regolare i rapporti correnti su blockchain in Paesi non facenti parte dell'Unione Europea: elemento di cruciale importanza, se si pensa che i nodi di una blockchain pubblica come Ethereum sono sparsi in tutto il mondo e concentrati per la maggior parte in determinate zone geografiche extra-europee. Questa incertezza normativa si pone come ostacolo concreto verso chi voglia fare impresa nel campo delle blockchain, poiché non esiste una chiarezza a livello comunitario che tuteli i rapporti giuridici internazionali.

4.3.5 Considerazioni finali su Devoleum

Alla luce di quanto esposto si può definire Devoleum una soluzione basata su blockchain in grado di notarizzare un gran quantitativo di dati, provenienti da oracoli e da devices esterni di terze parti, al fine di costruire modelli predittivi e pattern logici che permettano al sistema di Intelligenza Artificiale di ordinare le informazioni ricevute; ciò da un lato al fine di offrire agli attori la possibilità di tokenizzare item fisici per certificare il proprio prodotto, dall'altro per segnalare le possibili incongruenze nella blockchain relative all'immissione di dati non veritieri ed erronei.

⁷⁰ La petizione lanciata da Lorenzo Zaccagnini al Ministero delle Politiche Agricole, Alimentari, Forestali e del Turismo: https://www.change.org/p/teresa-bellanova-uso-della-blockchain-pubblica-per-filiere-agroalimentari-trasparenti-e-sostenibili?recruiter=1001780807&utm_source=share_petition&utm_medium=copypink&utm_campaign=share_petition&utm_term=share_petition.

Devoleum ha la funzione di costituire un tramite tra una semplice interfaccia web nel quale gli attori possono inserire le informazioni relative agli step della filiera in cui operano e la blockchain, nella quale tali informazioni vengono notarizzate per costruire un sistema sicuro, trasparente e immutabile delle transazioni svolte nella supply chain.

Concludendo, tramite la sua soluzione Devoleum riesce a offrire ai produttori una via tangibile per differenziare il loro prodotto, rendendolo univoco grazie all'assegnazione a ogni item di una particolare tipologia di token; ciò contraddistingue i passaggi di filiera assicurando ai produttori quella sicurezza e trasparenza nelle transazioni che attualmente non sussiste a causa del serio pericolo di frodi e contraffazioni poste in essere perlopiù da organizzazioni criminali che lucrano sulla mancanza di informazioni condivise all'interno della supply chain.

La combinazione tra la blockchain e l'Intelligenza Artificiale, in particolar modo con gli oracoli, funge da elemento cardine del sistema e consente di avere dati e informazioni rilevate direttamente dal campo da inserire successivamente nella blockchain, ponendosi come elemento certificatore della filiera; ciò permette di disporre di dati sensibili veri e non modificabili, eliminando i tentativi di frode riguardanti certificati di analisi chimica, transazioni e certificazioni del prodotto. Inoltre, anche se ancora non è possibile eliminare i tentativi di manipolare manualmente il prodotto e di conseguenza porre in essere adulterazioni dello stesso, l'integrazione tra blockchain e IA si pone come elemento deterrente per chi voglia costruire una storia della filiera artificiosa: infatti, i dati falsi che possono comunque essere immessi su blockchain sono facilmente verificabili grazie al confronto con i pattern già elaborati dal modello di IA, pertanto è sufficiente anche una semplice segnalazione di incongruenza da parte del sistema per predisporre una rintracciabilità del prodotto che riesca a mettere in luce i nodi e gli attori responsabili. Di fondamentale importanza inoltre è l'aspetto secondo il quale i dati vengono elaborati costantemente costruendo pattern di comportamento e modelli predittivi, allo scopo sia di confrontare situazioni diverse all'interno della blockchain sia di osservare in quali fasi della supply chain vi sono più criticità; il tutto nell'ottica dello smart farming e dell'agricoltura intelligente, nella quale il lavoro dell'uomo è migliorato e reso più semplice dall'aiuto di devices esterni capaci di raccogliere ed elaborare criticamente dati.

Avendo affrontato il panorama DLT, si può affermare che un problema insito nelle blockchain sia la difficile coniugazione tra disponibilità dell'informazione e privacy delle imprese: la tecnologia basata sulla prova crittografica zk-SNARK è pertanto un elemento cruciale, in quanto consente alle parti di non rivelare elementi sensibili nelle transazioni sul network, facendo così aderire Devoleum alla compliance GDPR e non sottoponendo ai terzi informazioni ritenute fondamentali dalle aziende, che potrebbero rappresentare sia un danno in termini di potere e forza sul mercato se esposte al pubblico o alla concorrenza sia una violazione del protocollo. Il sistema proposto da Devoleum consente anche di eliminare i dati sensibili all'interno del network qualora un attore voglia uscire da esso e ne faccia richiesta: basterà eliminare il certificato emesso offchain per rendere inaccessibile lo stesso tramite l'hash posto nella blockchain, che perderà di collegamento con il documento originario e non avrà più significato.

Importante è il ruolo degli oracoli, i quali sono allo stato attuale lo strumento più efficiente per integrare l'IA con la blockchain; infatti, le iterazioni necessarie per modellare un sistema di Intelligenza Artificiale comportano attualmente troppe risorse per essere inserite su blockchain. Grazie agli oracoli e all'immissione di quanto da essi recepito negli algoritmi di IA, si possono analizzare i dati in entrata per verificarne la correttezza e in uscita per attuare modelli previsionali che costituiscono il pattern di riferimento per il sistema e per gli smart contracts; in tal modo l'aspetto computazionale viene spostato all'esterno della blockchain. Da notare poi come la relazione tra smart contracts e Intelligenza Artificiale sia basata sul beneficio comune. Infatti, gli smart contracts hanno bisogno di dati accurati per prendere decisioni corrette: più essi sono accurati, rilevati e lavorati in precedenza dall'IA più gli smart contracts sono solidi, in quanto dispongono di dati classificati ed elaborati. D'altro canto, l'Intelligenza Artificiale ha bisogno di dati per creare modelli sempre più precisi, quindi più i dati sono accurati, più i modelli predittivi sono stabili: l'interazione con gli smart contracts e con la blockchain garantisce quindi che i dati messi a disposizione dei modelli di IA siano immutabili, non manipolati e sicuri.

Il fatto che la computazione su Devoleum sia spostata all'esterno della blockchain rappresenta un enorme punto a favore del sistema, in quanto consente di compiere un numero elevato di transazioni e ovviare al problema della scalabilità e dei costi: infatti, inserire anche solo una semplice immagine o un documento PDF all'interno di una blockchain pubblica come Ethereum comporta un elevato ammontare di denaro, pari a centinaia di dollari, mentre in Devoleum il costo è di poche decine di centesimi di USD. Immettendo all'interno dello smart contract presente nella blockchain solo una mera referenza del documento e caricandolo su piattaforme come IPFS o Drive si ovvia quindi al problema; la referenza del documento all'interno della blockchain, presentata tramite un codice hash, perde inoltre completamente di valore se i dati e i documenti cui è associata vengono eliminati. È qui che Devoleum si rende compliant verso il GDPR a differenza di molte soluzioni blockchain, nelle quali il dato una volta immesso nella rete non può essere cancellato: in Devoleum, una volta eliminato il documento, ad esempio perché un attore vuole uscire dal network e non farne più parte, rimane solamente un codice hash identificativo di quel documento ma, essendo l'hash un codice alfanumerico generato tramite algoritmo e non avente senso se preso a sé stante, non fornisce informazioni sensibili una volta scollegato dal documento associato. Per cui, l'eliminazione del documento comporta la rottura del legame che intercorre tra l'hash visibile sulla blockchain e il documento stesso, rendendo il meccanismo di Devoleum in linea con le disposizioni sulla protezione e sulla condivisione dei dati dettato dall'Unione Europea⁷¹.

Alla luce delle determinanti riportate e dall'esperienza di ricerca svolta, si considera Devoleum una soluzione avente una tecnologia innovativa e una mission chiara e precisa. Seppur non ancora capace, come del resto nessun'altra soluzione blockchain, di contrastare le frodi e le contraffazioni in via strettamente materiale, essa si presenta come

⁷¹ L'intervento di Lorenzo Zaccagnini all'Aula del Palazzo dei gruppi Parlamentari della Camera dei Deputati di Roma, il 18 aprile 2019, nel quale evidenzia con precisione gli aspetti salienti dell'innovazione apportata da Devoleum: <https://www.youtube.com/watch?v=xOobvSziPxE>.

un importante sistema nel tracking e nel tracing del prodotto; la coesione tra IA e blockchain si pone come importante ostacolo a comportamenti lesivi del prodotto e della filiera, potendo far desistere chi voglia agire nell'illecito a immettere pubblicamente dati non veritieri che possono essere analizzati, rintracciati e confrontati dai sistemi di IA. La difesa del settore agroalimentare e in particolar modo del Made in Italy si coniuga in Devoleum con la creazione di un'opportunità di mercato, scaturente dalla tokenizzazione di un prodotto certificato e tracciabile negli step della filiera, per quei produttori di olio extravergine di oliva che vogliono dare un'impronta precisa in termini di trasparenza e sicurezza al proprio prodotto.

Anche dal punto di vista economico Devoleum presenta un notevole vantaggio se confrontata alle soluzioni blockchain pubbliche, rendendosi un'importante realtà in grado di ottimizzare le supply chain agroalimentari e non solo; il progetto di Zaccagnini e Romondia è estendibile anche ad altre filiere, stante la sua natura di soluzione versatile, consentendole inoltre di ovviare alle problematiche inerenti la privacy ed essendo un'opportunità a costi di adozione relativamente modesti.

Conclusioni

A fronte dell'esperienza di studio condotta, si può ritenere la blockchain una tecnologia innovativa e capace di creare un nuovo paradigma in termini di trust sia all'interno della società, sia con riferimento alla gestione delle supply chain.

Dalla pubblicazione nel 2008 del whitepaper di Bitcoin sono stati compiuti numerosi progressi nella configurazione e nell'implementazione di tale tecnologia a più settori facenti parte dell'economia, discostandosi in parte dal mero aspetto finanziario insito nel progetto originario di Nakamoto.

Accanto alle blockchain pubbliche sono sorte blockchain private, le quali presentano un minor tempo di latenza nell'approvazione delle transazioni e possiedono un sistema di governance guidato da alcuni nodi predeterminati che ne rende più semplice la modificazione del protocollo senza giungere a eventuali fork; perciò esse meglio si sposano con le esigenze di privacy e riservatezza richieste dalle imprese, anche se si discostano dall'intento originario di distribuzione aperta presente in Bitcoin. Proprio in ambito aziendale e precisamente nel Supply Chain Management, l'adozione di tale tecnologia può apportare diversi benefici e aiutare a risolvere quelle criticità che contraddistinguono la gestione delle supply chain.

In primo luogo, essendo la blockchain una tecnologia distribuita nella quale l'operato dell'impresa è messo in relazione con il network cui essa fa parte, si può affermare che tale tecnologia sviluppi nelle imprese un senso di cooperazione rilevante; la condivisione delle informazioni a livello di filiera e l'orientamento verso l'esterno genera un valore aggiunto all'intera supply chain e ben si coniuga con l'ambiente competitivo attuale, nel quale non sono più le singole imprese a competere ma le catene del valore, rendendo tale scenario applicabile anche a esperienze diverse di cooperazione quali i cluster o i distretti industriali.

Inoltre, la blockchain fornisce trasparenza in merito all'operato della singola azienda e, in ottica più allargata, all'intera filiera, consentendo a chiunque faccia parte del network di poter osservare i passaggi del prodotto e costruire così uno storico di esso che sia visibile, in alcune soluzioni, non solo alle imprese collegate alla rete ma anche ai consumatori. La trasparenza, dettata dall'immissione in un network pubblico di dati che divengono immutabili una volta verificati dai miner o da sistemi algoritmici, può così fornire a quelle imprese che scelgano di implementare una soluzione blockchain un notevole miglioramento dell'immagine aziendale verso quei segmenti di consumatori che appaiono attenti a elementi quali: la sicurezza del prodotto, le certificazioni di qualità, il rispetto delle norme di sostenibilità ambientale e sociale nella filiera.

Infatti, la blockchain permette di porre in essere un sistema di tracking e tracing del prodotto notevole, andando a operare su un livello inter-aziendale e non solamente sull'ingresso e sull'uscita dei flussi in una singola azienda. Ciò consente di tracciare il prodotto dall'inizio alla fine del processo di lavorazione, avvalendosi anche dell'aiuto di strumenti tecnologici appartenenti al mondo dell'IoT, come enunciato nel case-study di Provenance. Tale aspetto è di particolare rilevanza, se si considerano gli innumerevoli casi, specie in ambito alimentare, di adulterazione dei prodotti lungo la filiera e delle

conseguenti operazioni di ritiro dello stesso che provocano alle imprese una perdita di immagine e un notevole sostenimento di costi inerenti la logistica di ritorno.

Collegato al punto precedente è il discorso attinente le frodi e le contraffazioni, sempre con riferimento al settore agroalimentare. Sebbene si stiano studiando soluzioni che permettano di impedirle, attualmente è molto difficile che una blockchain riesca a evitare la contraffazione e l'adulterazione fisica del prodotto; anche tramite l'integrazione della blockchain a sensori IoT e smart tags applicati sui singoli item vi è comunque il rischio di double spending o di sostituzione di tali strumenti, come evidenziato nell'esperienza riportata da Provenance. Ciò che la blockchain può offrire, se opportunamente integrata a oracoli esterni e collegata a un sistema di Intelligenza Artificiale come in Devoleum, è la notarizzazione dei dati immessi nel network, la loro trasparenza e l'aderenza ai pattern verificati dal modello; pertanto, anche se venissero inseriti dati non veritieri e si volesse costruire una storia del prodotto falsa, sarebbe facile portare alla luce l'artefatto e, tramite un semplice percorso di rintracciabilità a ritroso nella supply chain, andare a colpire gli attori responsabili.

Per questo la blockchain si pone come naturale deterrente al sistema di frodi e contraffazioni messo in atto, il più delle volte, da organizzazioni criminali; chi abbia l'intenzione di porre in essere una frode, difficilmente accetterebbe di rendere i propri dati pubblici e sottoposti al controllo di sistemi algoritmici che li confrontino con uno storico in continuo aggiornamento.

Accanto alle opportunità fornite dalla blockchain, sono da riscontrare alcune criticità strutturali e determinati limiti che caratterizzano tale tecnologia. Innanzitutto, il tema dell'immutabilità dei dati inseriti in un network pubblico non si concilia appieno con il GDPR e con il diritto all'oblio; l'immissione di dati e informazioni sensibili comporta che essi diventino, oltre che immutabili, un elemento fisso nel network. Pertanto, qualora un attore voglia uscire da un circuito blockchain, non vedrebbe eliminate le informazioni sensibili a lui relative una volta inserite. Tale problematica è stata ovviata da Devoleum tramite l'immissione nella blockchain di un hash identificativo del documento e non del documento in sé, il quale viene invece uploadato su una piattaforma esterna come IPFS o Drive; in tal modo, qualora un attore voglia eliminare determinate informazioni in quanto non abbia più intenzione di far parte del network blockchain, sarà sufficiente cancellare il documento dalla piattaforma offchain per rompere il collegamento sussistente tra l'hash identificativo e il file. Si crede che tale soluzione possa essere un rimedio efficace ed efficiente: efficace in quanto permette alle soluzioni blockchain, di per sé non compliant verso il GDPR, di essere aderenti a tale normativa ed efficiente dal momento che i costi che derivano dal caricamento di documenti su domini pubblici come quelli indicati precedentemente, sono relativamente bassi se confrontati con il costo di immettere files su blockchain pubbliche come Ethereum.

Per quanto concerne i costi di adozione e uso delle soluzioni blockchain, essi possono variare notevolmente a seconda della tipologia scelta e delle disponibilità economiche delle imprese facenti parte della supply chain; si denota comunque un costo elevato per il caricamento dei documenti su blockchain pubbliche che non rendono del tutto economico il percorrimto di tale strada. Tuttavia, a fronte di un investimento iniziale sicuramente

corposo, si denotano successivamente benefici economici derivanti dal minor impatto della logistica di ritorno sull'ammontare dei costi totali e dalla minor necessità di instaurare campagne di recupero dell'immagine aziendale a seguito dell'esposizione della filiera a fenomeni di frode e contraffazione che la blockchain può concorrere a evitare.

Altro limite risiede nel fatto che la blockchain può per l'appunto solamente concorrere a evitare determinati aspetti lesivi, ma non riesce da sola a farlo; la blockchain ha bisogno di essere integrata a oracoli esterni che captino le informazioni e le inviino al sistema, poiché essa ha il limite strutturale di non poter osservare ciò che accade al di fuori di essa. Il sistema presentato da Devoleum invece riesce a essere efficiente e creare valore aggiunto perché la blockchain è coadiuvata da sensori IoT che hanno il compito di recepire dati e inviarli a un sistema di Intelligenza Artificiale esterno avente la funzione di controllarli creando dei pattern e spedirli successivamente alla blockchain, che li rende immutabili ed utilizzabili dagli smart contracts. Proprio gli smart contracts, elemento cardine di numerose blockchain come Ethereum, sono uno strumento che può diminuire sensibilmente i costi di transazione e le controversie tra le parti data la loro natura di contratti auto-eseguibili al verificarsi delle condizioni pattuite, ma hanno bisogno di ricevere continuamente dati per poter verificare tali condizioni.

L'aspetto normativo non è ancora del tutto completo e, al netto di alcune leggi nazionali che hanno legiferato e apportato valore alle DLT e agli smart contracts, non sussiste a livello europeo una chiara e precisa regolamentazione delle blockchain; il framework europeo appare peraltro in contrasto in alcuni punti se confrontato alle leggi nazionali, creando confusione qualora si debba ragionare non più su scala nazionale ma europea. Considerato che il macroambiente in cui operano le imprese spesso vede queste ultime travalicare i confini nazionali nello svolgimento della loro attività d'impresa, tale incertezza normativa appare rilevante e lo è tanto più se si considera che molti nodi delle blockchain sono posti in luoghi extraeuropei; ciò rende difficoltosa la trattazione dei dati e il rispetto della privacy delle imprese nelle classiche soluzioni blockchain.

Alla luce delle considerazioni svolte, dei limiti presentati e dalle numerose opportunità fornite, si può affermare che l'adozione di un sistema blockchain assuma significato qualora l'impresa e l'intera supply chain volgano verso un cambiamento radicale nel modo di pensare e di operare, muovendosi nell'ottica dell'integrazione e della condivisione di informazioni, documenti e transazioni a livello di filiera; integrando tale tecnologia con una strategia proattiva e con tecnologie complementari, si può allora giungere a quella trasparenza e sicurezza nelle transazioni della supply chain ambita da numerose imprese, purché vi sia un accompagnamento delle forze politiche e legislative a livello europeo e mondiale. Importante è anche che le soluzioni blockchain adottino un sistema che aderisca al GDPR e che il sistema di controllo distribuito posto in essere dal network blockchain sia collegato al sistema di controllo delle autorità nazionali, al fine di avere una pronta risposta nei casi in cui la blockchain sveli frodi e contraffazioni dei prodotti.

Concludendo, la blockchain appare particolarmente consona all'implementazione nel settore agroalimentare e alla protezione dello stesso; ciò sia per la profondità delle filiere

alimentari, sia per la presenza conclamata di organizzazioni criminali che lucrano su beni tipici del territorio e sulla conseguente salute dei cittadini in un ambiente troppo spesso carente di trasparenza. Posto che devono ancora essere compiuti passi in avanti per impedire la manomissione dei prodotti e partendo dal presupposto che la sola blockchain non può assicurare tale obiettivo se non opportunamente coadiuvata a tecnologie esterne e a un adeguato sistema di auditing umano, si può affermare che la sicurezza alimentare e la distribuzione delle informazioni possono apportare notevoli benefici in ottica di salvaguardia del patrimonio dell'agrifood italiano e delle sue specialità, agendo come deterrente verso i tentativi di frodi e contraffazioni e aprendo la strada verso una filiera completamente tracciabile.

Per tale motivazione, si ritiene il progetto di Devoleum un importante passo in avanti nella concezione delle tecnologie blockchain. In primis perché, seppure riferibile anche ad altre filiere, è volto alla protezione e allo sviluppo di filiera di un prodotto cardine del Made in Italy come l'olio extravergine di oliva; in secondo luogo, perché il team di Devoleum ha compreso i limiti della blockchain e ha saputo prontamente risolverli integrandola con gli oracoli e l'Intelligenza Artificiale, arrivando a costruire un modello tecnologico di tutto rispetto anche sulla tematica della protezione dei dati dei soggetti e pertanto proiettato al futuro. Futuro nel quale le blockchain dovranno regolarsi per assicurare agli attori che ne fanno parte quel rispetto della privacy che ancora oggi, in molte soluzioni, manca considerevolmente.

Bibliografia

Advait Deshpande, Katherine Stewart, Louise Lepetit, Salil Gunashekar: "Distributed Ledger Technologies/Blockchain: challenges, opportunities and the prospects for standards", British Standards Institution, 2017.

Alberto Quagli, Paola R. Dameri, Iacopo E. Inghirami: "I sistemi informativi gestionali", Franco Angeli Editore, 2005.

Alessandro Amadio: "Supply chain excellence", Franco Angeli Editore, 2006.

Alfred Marshall: "Principles of Economics", Macmillan, 1890.

Ali Dorri, Salil S. Kanhere, Raja Jurdak: "Blockchain in Internet of Things: challenges and solutions", arXiv, 2016.

Arnad Banerjee: "Integrating blockchain with ERP for a transparent supply chain", Infosys, 2018.

Arnaldo Camuffo, Roberto Grandinetti: "I distretti industriali come sistemi locali di innovazione", Researchgate, 2011.

Birdogan Baki, Kemal Çakar: "Determining the ERP package-selecting criteria", Business Process Management Journal, 2005.

Christian Catalini, Joshua S. Gans: "Some simple economics of the blockchain", National Bureau of Economic Research, 2016.

Debabrata Ghosh, Albert Tan W.K.: "Framework to implementing blockchain technologies to improve Supply Chain performance", Malaysia Institute for Supply Chain Innovation, 2018.

F. Robert Jacobs, Richard Chase: "Operations and supply chain management", McGraw Hill, 2018.

Francesco Costantino, Giulio Di Gravio, Massimo Tronci: "Supply Chain Management e Network Logistici. Dalla Gestione della partnership al risk management", Hoepli, 2011.

Henry Kim, Marek Laskowski: "Sustainable solutions for food, farmers, and financing", Blockchain Research Institute, 2017.

Henry M. Kim, Marek Laskowski: "Toward an ontology-driven blockchain design for supply-chain provenance", Wiley, 2018.

Jean-Jacques Quisquater, Louis Guillou: "How to explain zero-knowledge protocols to your children", Springer Verlag, 1998.

Jennifer J. Xu: "Are Blockchain immune to all malicious attacks?", Springer Verlag, 2016.

John T. Mentzer, William DeWitt, James S. Keebler, Soonhong Min, Nancy W. Cox, Carlo D. Smith, Zach G. Zacharia: "Defining Supply Chain Management", Journal of Business Logistics, Wiley, 2011.

Kari Korpela, Jukka Hallikas, Tomi Dahlberg: "Digital supply chain transformation toward blockchain integration" Hawaii International Conference on System Sciences, 2017.

Kevin Ashton: "That "Internet of Things" Thing", RfID Journal, 2009.

Lucio Poma: "Oltre il distretto. Imprese e istituzioni nella nuova competizione territoriale", Franco Angeli Editore, 2003.

Marco De Marco: "I sistemi informativi aziendali. Temi di attualità", Franco Angeli Editore, 2000.

Marco Iansiti, Karim R. Lakhani: "The truth about blockchain", Harvard Business Review, 2017.

Marco Somalvico: "Intelligenza Artificiale", Progetto di Intelligenza Artificiale e Robotica – Dipartimento di Elettronica e Informazione del Politecnico di Milano, Hewlett-Packard, 1987.

Mark Hung: "Leading the IoT", Gartner, 2017.

Melanie Swan: "Blockchain, Blueprint for a new economy", O'Reilly, 2015.

Mirgani Mohamed, Adam Fadlalla: "ERP II: harnessing ERP systems with knowledge management capabilities", Journal of Knowledge Management Practice, 2005.

Mischa Tripoli, Josef Schmidhuber: "Emerging opportunities for the application of the blockchain in the Agri-food industry", International Centre for Trade and Sustainable Development, 2018.

Nick Hackius, Moritz Petersen: "Blockchain in logistics and supply chain: trick or treat?", Hamburg International Council of Logistics, 2017.

Nigel Slack, Alistair Brandon-Jones, Robert Johnston, Alan Betts, Andrea Vinelli, Pietro Romano, Pamela Danese: "Gestione delle operations e dei processi", Pearson, 2013.

Nigel Slack, Alistair Brandon-Jones, Robert Johnston: "Operations Management", Pearson, 2013.

Nir Kshetri: "Blockchain's roles in meeting key supply chain management objectives", International Journal of Information Management, 2018.

Patrizia Silvestrelli: "Problematiche socio-economiche dei processi produttivi e distributivi dei beni contraffatti", Franco Angeli Editore, 2017.

Paul Brody: "How blockchain is revolutionizing supply chain management", Ernst&Young, 2017.

Roberta Pinna: "L'evoluzione nella dimensione organizzativa della supply chain. Dalla gestione di un flusso alla gestione di una rete", Franco Angeli Editore, 2006.

Roberto Garavaglia: "Tutto su Blockchain. Capire la tecnologia e le nuove opportunità", Hoepli, 2018.

Sandro Calvani, Michela Albertazzi: "Saccheggio Mondiale", Effata, 2011.

Sara Saberi, Mahtab Kouhizadeh, Joseph Sarkis, Lejia Shen: "Blockchain technology and its relationships to sustainable Supply Chain Management", International Journal of Production Research, 2018.

Satoshi Nakamoto: "Bitcoin: a peer-to-peer Electronic Cash System", Whitepaper, 2008.

Saveen A. Abeyratne, Radmehr P. Monfared: "Blockchain ready manufacturing supply chain using distributed ledger", Loughborough University, 2016.

Shafi Goldwasser, Silvio Micali, Charles Rackoff: "The knowledge complexity of interactive proof-systems", ACM, 1985.

Shaun Crawford, Ian Meadows, David Piesse: "Blockchain technology as a platform for digitalization. Implication for the insurance industry", Ernst&Young, 2016.

Shiresh Apte, Nikolai Petrovsky: "Will blockchain technology revolutionize excipient Supply Chain Management?", Editorial of IPEC Americas, 2016.

Vincenzo Morabito: "Business innovation through blockchain", Springer, 2017.

Zahra Lotfi, Muriati Mukhtar, Shahnorbanun Sahran, Ali Taei Zadeh: "Information sharing in Supply Chain Management", Elsevier Ltd., 2013.

Zibin Zheng, Shaoan Xie, Hong-Ning Dai, Xiangping Chen, Huaimin Wang: "Blockchain challenges and opportunities: a survey", International Journal Web and Grid Services, 2018.

Sitografia

Alberto Mazzoni: “Vinality, indagine giovani 18-35enni: macchè movida, il vino è consapevolezza e passione”.

URL: <http://www.albertomazzoni.it/vinality-indagine-giovani-18-35enni-macche-movida-il-vino-e-consapevolezza-e-passione/>.

Alessandro Longo, Il Sole 24 Ore: “Valore legale della blockchain e smart contract: primo via libera al Senato”, 2019.

URL: <https://www.ilsole24ore.com/art/valore-legale-blockchain-e-smart-contract-primo-via-libera-senato-AEkVaiKH>.

Alessio Balbo: “La Blockchain e il suo funzionamento”, 2018.

URL: <https://www.cyberlaws.it/2018/blockchain-e-funzionamento/>.

Allyson Kapi, Forbes: “60 women-led startups that are shaking up tech across the globe”, 2018.

URL: <https://www.forbes.com/sites/allysonkapin/2018/09/19/60-women-led-startups-who-are-shaking-up-tech-across-the-globe/#249a3a1e75da>.

Andrea Reghelin: “Smart Contract e Blockchain: funzionamento, esempi e normativa”, 2019.

URL: https://blog.osservatori.net/it_it/smart-contract-in-blockchain.

Andrea Tortorella: “Ecco come funziona il progetto Survey Chain”, 2019.

URL: <https://www.consulcesi.tech/it/andrea-tortorella-ecco-come-funziona-il-progetto-survey-chain/>.

Arnaldo Iodice: “Blockchain, la sanità è uno dei settori in cui avrà più impatto. A Dubai presentati i risultati del “Survey Chain” condotto da Consulcesi Tech”, 2019.

URL: <https://www.sanitainformazione.it/salute/blockchain-la-sanita-e-uno-dei-settori-in-cui-avra-piu-impatto-a-dubai-presentati-i-risultati-del-survey-chain-condotto-da-consulcesi-tech/>.

Binance Academy: “ZK-SNARKs e ZK-STARKs spiegate”, 2019.

URL: <https://www.binance.vision/it/blockchain/zk-snarks-and-zk-starks-explained>.

Blockchain Size, sito web.

URL: <https://www.blockchain.com/charts/blocks-size>.

Claudia Costa: “Blockchain per il frozen food: Bofrost traccia merluzzo e carciofi”, 2019.

URL: <https://www.blockchain4innovation.it/mercati/agrifood/blockchain-per-il-frozen-food-bofrost-traccia-merluzzo-e-carciofi/>.

CoinMarketCap, sito web.

URL: <https://coinmarketcap.com/>.

Coin News Telegraph: “Utilizzare i casi della tecnologia Blockchain per soluzioni ERP innovative – Applicazioni CIO”, 2019.

URL: <https://it.coinnewstelegraph.com/use-cases-of-blockchain-technology-for-innovative-erp-solutions-cio-applications/>.

Coldiretti: “Il falso Made in Italy sale a 100 mld, +70% in 10 anni”, 2019.

URL: <https://www.coldiretti.it/economia/falso-made-italy-sale-100-mld-70-10-anni>.

Consulcesi Tech, sito web.

URL: <https://www.consulcesi.tech/it/progetti-blockchain/e-learning-chain/>.

Cristiana Gagliarducci: “Ripple: cos’è, come funziona e quali differenze con il Bitcoin? La guida completa”, 2017.

URL: <https://www.money.it/Ripple-cos-e-come-funziona-differenze-con-Bitcoin-guida>.

Devoleum, sito web.

URL: <https://www.devoleum.com/>.

Enciclopedia Treccani, Vocabolario online.

URL: <http://www.treccani.it>.

Enrico Valdani, Bruno Busacca: “Customer Based View: dai principi alle azioni”, Convegno: “Le tendenze del marketing in Europa”, 2000.

URL: http://archives.marketing-trends-congress.com/2000/pdf/valdani_.pdf.

EPA: “EPA, California notify Volkswagen of clean air act violations”, 2015.

URL:

<https://web.archive.org/web/20150923055957/http://yosemite.epa.gov/opa/admpress.nsf/bd4379a92ceceac8525735900400c27/dfc8e33b5ab162b985257ec40057813b!OpenDocument>.

Ernst&Young: “Blockchain technology as a platform for digitlization”, 2016.

URL: <https://www.ey.com/Publication/vwLUAssets/EY-blockchain-technology-as-a-platform-for-digitization/%24FILE/EY-blockchain-technology-as-a-platform-for-digitization.pdf>.

EUR-Lex, l’accesso al diritto dell’Unione Europea, sito web.

URL: <https://eur-lex.europa.eu/homepage.html?locale=it>.

European Central Bank, Bank of Japan: “BOJ/ECB research project on distirbuted ledger technology”, 2017.

URL:

https://www.ecb.europa.eu/paym/intro/news/shared/20170906_stella_report_leaflet.pdf.

European Central Bank, Bank of Japan: “BOJ/ECB research project on distributed ledger technology”, 2017.

URL:

https://www.ecb.europa.eu/pub/pdf/other/ecb.stella_project_report_september_2017.pdf.

Filippo Renga, Valeria Portale, Giacomo Vella, Chiara Corbo: “Dalla blockchain nuove prospettive per la filiera agroalimentare”, 2019.

URL: <https://www.blockchain4innovation.it/mercati/agrifood/dalla-blockchain-nuove-prospettive-per-la-filiera-agroalimentare/>.

Fintan Corrigan: “Multispectral imaging camera drones in farming yielded big benefits”, 2019.

URL: <https://www.dronezon.com/learn-about-drones-quadcopters/multispectral-sensor-drones-in-farming-yield-big-benefits/>.

Friuli.it: “Bofrost lancia la Blockchain dei surgelati”, 2019.

URL: <https://www.ilfriuli.it/articolo/gusto/bofrost-lancia-la-blockchain-dei-surgelati/10/201084>.

Gianmaria Favalaro, IPSOA: “Decreto semplificazioni 2016: blockchain e smart contract diventano legge”, 2019.

URL: <https://www.ipsoa.it/documents/impresa/contratti-dimpresa/quotidiano/2019/02/16/decreto-semplificazioni-2019-blockchain-smart-contract-diventano-legge>.

Giulia Cimpanelli, Il Corriere della Sera: “Con le app della filiera buon vino non mente”, 2019.

URL: <https://www.ezlab.it/wp-content/uploads/2018/11/Corrieredellasera-Ezlab-certifica-il-vino-tramite-blockchain.pdf>.

IBM: “Energy Blockchain Labs Inc. Creating a more efficient green energy marketplace with IBM Blockchain technology”, 2018.

URL: <https://www.ibm.com/case-studies/energy-blockchain-labs-inc>.

Iemma Giuseppe: “Dalla contraffazione alla pirateria digitale: origini ed analisi socio-economica del fenomeno”, 2016.

URL: https://www.diritto.it/dalla-contraffazione-alla-pirateria-digitale-origini-ed-analisi-socio-economica-del-fenomeno/#_ftn5.

Il Sole 24 Ore: “Startup: l’Italia delle piccole della Blockchain. Tutti i numeri”, 2017.

URL: https://www.infodata.ilsole24ore.com/2017/12/08/startup-litalia-delle-piccole-della-blockchain-tutti-numeri/?refresh_ce=1.

Libero Tecnologia: “Cosa sono gli attacchi DDoS, come nascono e come difendersi”.

URL: <https://tecnologia.libero.it/cosa-sono-gli-attacchi-ddos-come-nascono-e-come-difendersi-1342>.

Lorenzo Zaccagnini: “Il caso Findus listeria, come Devoleum utilizzando Blockchain ed Intelligenza Artificiale può rivoluzionare la filiera agroalimentare”, 2018.

URL: <https://medium.com/@lorenzozaccagnini/il-caso-findus-listeria-come-devoleum-utilizzando-blockchain-ed-intelligenza-artificiale-pu%C3%B2-c41018b42c94>.

Lorenzo Zaccagnini: “Una guida per tutti su come innovare l’agricoltura utilizzando Blockchain, Zero Proof Knowledge, Intelligenza Artificiale, 5G, IoT ed il ruolo di Devoleum”, 2019.

URL: <https://medium.com/@lorenzozaccagnini/una-guida-per-tutti-su-come-innovare-lagricoltura-utilizzando-blockchain-zero-proof-knowledge-9f4e445239a7>.

Lucas Mearian: “Blockchain will be the killer app for supply chain management in 2018”, 2018.

URL: <https://www.computerworld.com/article/3249252/blockchain-will-be-the-killer-app-for-supply-chain-management-in-2018.html>.

Matteo Gallone: “Blockchain. Il problema dei generali bizantini rivoluziona l’economia”, 2017.

URL: <https://blogantifragile.com/blockchain-problema-general-bizantini/>.

Mauro Bellini: “Banche centrali e blockchain: i 10 progetti chiave secondo il WEF a partire dal CBDC”, 2019.

URL: <https://www.blockchain4innovation.it/mercati/banche-e-finanza/banche-centrali-e-blockchain-i-10-progetti-chiave-secondo-il-wef-a-partire-dal-cbdc/>.

Mauro Bellini: “Blockchain per la Smart Agrifood: EY presenta Wine Blockchain con EZ LAB a difesa del vino Made in Italy”, 2019.

URL: <https://www.blockchain4innovation.it/mercati/agrifood/blockchain-la-smart-agrifood-ey-presenta-wine-blockchain-difesa-del-vino-made-italy/>.

Mauro Bellini: “Blockchain: cos’è, come funziona e gli ambiti applicativi in Italia”, 2019.

URL: <https://www.blockchain4innovation.it/esperti/blockchain-perche-e-cos-importante/>.

Mauro Bellini: “Dall’energia all’Agrifood, dalle assicurazioni ai trasporti, dalle supply chain all’Industria 4.0: la concretezza della blockchain”, 2019.

URL: <https://www.blockchain4innovation.it/eventi-e-convegni/dallenergia-allagrifood-dalle-assicurazioni-ai-trasporti-dalle-supply-chain-allindustria-4-0-la-concretezza-della-blockchain/>.

Mauro Bellini: “Tag etichetta RFID: cos’è, come funziona ed esempi dell’identificazione a radiofrequenze”, 2018.

URL: <https://www.internet4things.it/iot-library/rfid-cosa-e-come-funziona-esempi-applicativi/>.

Medium.com: “La Blockchain entra in un campo profughi in Giordania”, 2018.

URL: <https://medium.com/visionari/la-blockchain-entra-in-un-campo-profughi-in-giordania-ddc5e580fb6d>.

Michele Faioli, Emanuele Petrilli, Donato Faioli: “Blockchain, contratti e lavoro. La rivoluzione nel mondo produttivo e nella PA”, 2016.

URL: https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=2852967.

Ministero dello Sviluppo Economico: “Lotta alla contraffazione nel settore agroalimentare. Report 2009-2012”, 2014.

URL: <https://www.uibm.gov.it/attachments/article/2007662/Rapporto%20IPERICO-%20Lotta%20alla%20contraffazione%20nel%20settore%20copertina%203.pdf>.

Osservatorio Sistemi Adr: “Blockchain Technology – Zaccagnini”, video youtube.

URL: <https://www.youtube.com/watch?v=xOobvSzjPxE>.

Paolo di Medio: “Gestione delle Operations”.

URL: <https://www.organizzazioneaziendale.net/operations>.

Prooftag, sito web.

URL: <http://www.prooftag.net/it/bubble-tag/>.

Provenance: “From shore to plate: tracking tuna on the blockchain”.

URL: <https://www.provenance.org/tracking-tuna-on-the-blockchain>.

Raffaella Aghemo: “Oracoli per Smart Contract”, 2019.

URL: https://medium.com/@Raffa_Aghemo/oracoli-per-smart-contract-fb7c740e7f87.

Risk&Compliance: “La novità: la blockchain distribuisce gli aiuti umanitari”, 2018.

URL: <http://www.riskcompliance.it/news/la-novita-la-blockchain-distribuisce-gli-aiuti-umanitari/>.

Sandeep Basu, Oracle: “The benefits of Iot and Blockchain for the Supply Chain”, 2018.

URL: <https://blogs.oracle.com/profit/the-benefits-of-iot-and-blockchain-for-the-supply-chain>.

Silvia Pasqualotto, Repubblica: “Cibo e Italian Sounding: all'estero 6 prodotti su 10 sono falsi made in Italy”, 2017.

URL: https://www.repubblica.it/economia/diritti-e-consumi/diritti-consumatori/2017/12/02/news/cibo_e_italian_sounding_all_estero_6_prodotti_su_10_sono_falsi_made_in_italy-182600114/.

The Guardian: "Blockchain technology trialled to tackle slavery in the fishing industry", 2016.

URL: <https://www.theguardian.com/sustainable-business/2016/sep/07/blockchain-fish-slavery-free-seafood-sustainable-technology>.

The Guardian: "Revealed: Asian slave labour producing prawns for supermarkets in US, UK", 2014.

URL: <https://www.theguardian.com/global-development/2014/jun/10/supermarket-prawns-thailand-produced-slave-labour>.

This Fish, Tally: "Simple and easy software to digitalize your data".

URL: <http://tally.this.fish/>.

Valentina Ruggiu, Repubblica: "Gli orsetti gommosi prodotti da schiavi: Haribo sotto accusa dalla tv tedesca", 2017.

URL:

https://www.repubblica.it/esteri/2017/10/28/news/haribo_accusata_di_schiavitu_-179602930/.