



Politecnico di Torino

Collegio di Ingegneria Gestionale

Tesi di Laurea Magistrale

**Applicazioni blockchain in supply chain:
sfide ed opportunità all'interno del settore
agroalimentare**

Candidato: Alessio Follini

Relatore: Professor Giuseppe Scellato

Anno accademico 2017/2018

*A te,
perché profonde sono le tue radici
che raggiungono il mio cuore.*

Ringraziamenti

Innanzitutto intendo ringraziare la mia famiglia. Il ringraziamento più grande va a mamma Clara, maestra di vita e specchio della mia anima; a Lei devo tanto di quello che sono oggi e a Lei dedico questo lavoro di ricerca.

Un grazie a mio papà, Giorgio, per avermi dato la possibilità di intraprendere il percorso universitario, per avermi supportato anche nei momenti più difficili e per avermi insegnato il senso del dovere. Un ringraziamento davvero speciale va alla mia sorellina, compagna di vita e immensa certezza. Quello per te tesoro mio è un infinito grazie: sono fiero di quello che sei e felice di saperti al mio fianco per sempre: ti voglio un bene dell'anima. Impossibile non ringraziare i Nonni, i miei angeli senz'ali, perché il loro amore è stato sempre fonte di forza ed ispirazione. Vi ringrazio perché, nonostante le fatiche della vita, non avete mai smesso di regalarci un sorriso o di gioire per un nostro successo. Grazie Nonna Liliana, Nonno Carlo e Nonna Carla.

Un grazie speciale va anche a tutto il resto della grande e splendida famiglia che siamo. Tra questi, non me ne vogliate, intendo ringraziare con particolare affetto: zia Renata, mia madrina Tiziana e mia zia Lorella per non essersi mai dimenticate di un mio esame o di un mio successo o fallimento universitario. Grazie molte.

Un grazie che non ha eguali lo rivolgo inoltre alla mia ragazza, Giulia. Grazie perché quello che raggiungo oggi lo devo anche a Te. Grazie per non avermi mai voltato le spalle, per avermi sempre teso un mano, per avermi accolto nei momenti più difficili, per aver sempre creduto in me, per esserti arrabbiata quando non era abbastanza ed aver gioito per ogni mio piccolo trionfo ma, soprattutto, per avermi stretto ogni giorno come se fosse il primo. Grazie infinite.

Ringrazio anche Carlo, Antonella e Chiara, ormai parte della mia famiglia: grazie per avermi accolto e per avermi fatto sentire sempre a casa: vi voglio bene.

Non meno importanti sono ovviamente tutti gli amici che in questi anni mi hanno accompagnato e con cui ho condiviso gioie, successi, incomprensioni e fallimenti. Siete tanti, anzi tantissimi ed ognuno di voi ha ricoperto per me un ruolo importante. Grazie per quello che siete o siete stati nel mio percorso di crescita.

Grazie a Stefano, Andrea, Edoardo, amici di una vita: vi voglio bene.

Grazie ad Alexia, perché nonostante gli impegni ci separino, ti ritrovo sempre: ti voglio bene amica mia.

Grazie a Sara, Stefano, Alberto, Kevin, Elisa, Beatrice con la piccola Ginevra, Giulia, Alice: anche voi amici di sempre, vi porto nel cuore.

Un enorme grazie a Giuseppe e al Mister: siete per me continua fonte di ispirazione e di stimolo. Sono sicuro che il futuro ci regalerà grandi gioie e soddisfazioni personali e professionali.

Un ringraziamento ai ragazzi di OggiNext per le importanti opportunità di crescita e di confronto che sono nate lavorando insieme.

Grazie ai tutti quelli che in questi anni di Politecnico hanno condiviso con me appunti, ansie, scritti, orali, prove d'esame, notti di studio e lavori di gruppo. Grazie dunque a Marcolino, Andrea, Ricky, Fra, Alby C., Lele.

In relazione al progetto tesi intendo ringraziare profondamente il Professor Giuseppe Scellato per avermi dato la possibilità di approfondire questo argomento e per avermi seguito in questi mesi di lavoro. Ringrazio in questa sede anche il Dottor Marco Demarie per avermi messo in contatto con il Professor Scellato, per il suo aiuto e per la fiducia che ha riposto in me.

Ringrazio inoltre Marcolino per il continuo confronto e per la grande preparazione con cui mi ha consigliato; Giuseppe per avermi spinto ad affrontare la blockchain come argomento di ricerca; Gigi per la professionalità con cui ha risposto alla mia intervista; Stefano per la grande disponibilità e competenza con le quali mi ha suggerito per la stesura del quarto capitolo ed infine Kevin per l'aiuto offertomi nel dare forma alla presentazione finale.

Infine ringrazio me stesso per aver creduto profondamente nel valore che questo titolo ricopre per me, per il mio futuro lavorativo e per la mia vita.

Indice

Executive Summary	8
Capitolo I - La tecnologia blockchain: aspetti introduttivi.....	12
1.1 La blockchain come paradigma: la nascita di un nuovo concetto di Trust.....	12
1.2 Blockchain: dall'Internet delle Informazioni all'Internet del Valore	14
1.3 La blockchain: aspetti tecnologici	17
1.3.1 Caratteristiche principali della tecnologia blockchain.....	27
1.4 Tipologie di blockchain: pubblica, privata, consortium	28
1.4.1 Blockchain pubblica	29
1.4.2 Blockchain privata.....	29
1.4.3 Consortium Blockchain	30
1.5 Gli smart contract	33
1.6 Analisi SWOT	35
1.7 Do you need a blockchain?	36
1.8 Domini applicativi della tecnologia blockchain	40
1.8.1 Blockchain all'interno del panorama dell'Industry 4.0	44
1.8.2 Blockchain in Sanità.....	44
1.8.3 Blockchain nella Pubblica Amministrazione	45
Capitolo II - Sfide degli attuali modelli di Supply Chain Management	46
2.1 La logistica: aspetti introduttivi.....	46
2.2 Supply chain: definizione e caratteristiche.....	47
2.2.1 Il concetto di Integrated Supply Chain e Supply Chain Network	49
2.3 Sfide e criticità delle attuali supply chain.....	50
2.3.1 Gestione della complessità	51
2.3.2 Sostenibilità.....	52
2.3.3 Trasparenza nelle global supply chain	55
2.3.4 Gestione dell'incertezza sulla domanda	58
2.3.5 Ottimizzazione complessiva e coordinamento della supply chain	61

2.3.7 Considerazioni finali	65
2.3 Dalle catene di fornitura alle Digital Supply Chain	66
Capitolo III - La tecnologia blockchain in supply chain	75
3.1 Introduzione	75
3.2 Caso d'uso di applicazione blockchain in supply chain.....	78
3.2.1 Dai sistemi ERP alla blockchain	79
3.2.2 Implementazione della blockchain in supply chain.....	82
3.2.3 Tecnologie di supporto : IoT e IA	91
3.3 Limiti della tecnologia blockchain in supply chain.....	96
Capitolo IV - Applicazioni blockchain in supply chain	103
4.1 Tracking dei prodotti	106
4.2 Tracing dei prodotti - Certificare qualità, provenienza e rispetto degli standard	111
4.3 Automatizzazione dei pagamenti nelle relazioni di fornitura - Supply Chain Finance	118
4.4 Gestione dell'identità digitale dei documenti	121
4.4.1 Digitalizzazione su blockchain dei documenti di fornitura	123
4.4.2 Digitalizzazione su blockchain dei documenti di spedizione.....	125
4.5 Onboarding peer-to-peer platform.....	129
4.6 Collaborative Data Analytics	133
4.7 I vantaggi di un'implementazione sistemica: blockchain per automatizzare le decisioni di approvvigionamento.....	136
4.8 Blockchain Application versus Supply Chain Challenges	137
4.9 Considerazioni Finali : il caso italiano	139
Capitolo V - Analisi della tecnologia Blockchain nel settore agroalimentare.....	144
5.1 Introduzione: la blockchain nell'agrifood.....	144
5.2 Metodologia	148
5.3 La blockchain nel settore agroalimentare: analisi dei case-study.....	151
Conclusioni.....	163
Bibliografia.....	168
Sitografia	173
Appendice A.....	178

Executive Summary

Era il 3 Ottobre del 2008 quando Satoshi Nakamoto, noto pseudonimo su cui ancora oggi echeggia una certa aurea di mistero, pubblicava un *white-paper* dal titolo "*Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System*". All'interno del documento Nakamoto proponeva un nuovo modello transazionale completamente decentralizzato e strutturato intorno ad un meccanismo di consenso capace di eliminare gli intermediari. (Nakamoto, 2008).

Oggi, a circa 10 anni di distanza, nonostante nessuno sia stato in grado di svelare l'identità di Satoshi Nakamoto, possiamo ritenere che dietro ai suoi progetti si celasse in realtà il desiderio di dar vita ad un vera e propria rivoluzione che avesse il potenziale di impattare in modo *disruptive* su ogni aspetto della vita umana. Ed alla base di questa rivoluzione vi era una nuova tecnologia ovvero la blockchain.

Negli ultimi anni la blockchain è stata oggetto di numerosissime attenzioni grazie proprio alla sua capacità di eliminare l'intermediario centralizzato e dunque di modificare in modo sostanziale i modelli su cui si struttura la società moderna. La blockchain infatti è *trustless* nel senso che ogni utente connesso alla rete non ha bisogno di fidarsi della controparte, o di un intermediario centrale, per poter effettuare una transazione. La fiducia dell'utente è tutta riposta nella tecnologia ed in particolare nel software e nel protocollo che ne regolano il funzionamento.

Questo fa sì che la blockchain non sia semplicemente una soluzione tecnologica ma, un nuovo approccio decentralizzato al concetto di *trust*. La capacità di declinare in digitale un nuovo concetto di fiducia rende questa tecnologia potenzialmente adatta ad assumere anche un valore politico e sociale. L'Economist a tal proposito sottolinea come: "La vera innovazione non siano le criptomonete, ma la macchina della fiducia che elimina [gli intermediari] e promette molto di più" [3].

Ecco allora che la blockchain, più che una tecnologia, può essere considerata un nuovo paradigma, ovvero un nuovo modo di interpretare il grande tema della decentralizzazione e della partecipazione.

Dunque accanto alla visione che porta ad associare la blockchain alle *cryptocurrency* vi è quella che invita ad alzare lo sguardo a tantissime altre applicazioni senza porsi alcun tipo di limitazione. Ed è proprio all'interno di questo contesto che le imprese ed in termini più ampi le *supply chain* hanno iniziato a mostrare interesse nei confronti di questo nuovo modello.

Difatti la blockchain è uno strumento che permette di raggiungere il consenso nell'esecuzione di un'attività collettiva che coinvolge entità che necessariamente non si fidano l'una dell'altra, ma che hanno un obiettivo comune.

Questo si sposa benissimo con la *supply chain*: infatti all'interno dei network di fornitura vi sono un certo numero di entità, che hanno un interesse comune, (vendere e servire un determinato prodotto soddisfacendo i bisogni del consumatore) ma che, allo stesso tempo, sono separate e dunque non si fidano necessariamente l'una dell'altra.

Ed proprio a partire da questo *matching* che ha preso forma questo lavoro di ricerca che si è posto come obiettivo quello di analizzare l'impatto della tecnologia blockchain all'interno del complesso panorama delle catene di fornitura.

La scelta dell'oggetto di analisi è stata motivata dalla revisione di una serie di *paper* che hanno coinvolto sia la letteratura scientifica che un numero elevato di ricerche qualitative e quantitative sul tema. Queste infatti hanno permesso di chiarire il reale interesse dei *supply chain manager* e della comunità scientifica in relazione alle opportunità offerte da questa nuova tecnologia all'interno delle catene di fornitura. A supporto di tali affermazioni si ritiene adeguato riportare in maniera succinta il lavoro predisposto dall'Osservatorio Blockchain del Politecnico di Milano. Dai dati emerge che in media il 25% dei progetti *enterprise*, che negli ultimi anni si sono sviluppati intorno alla tecnologia blockchain, riguardano proprio applicazioni in ambito *supply chain* con una crescita tra il 2016 ed il 2017 di oltre 550 punti percentuali (Valeria Portale, 2018). Per questa ed altre ragioni si è dunque ritenuto fosse interessante approfondire l'impatto di questa nuova tecnologia all'interno dei network di fornitura.

A tal proposito l'elaborato si struttura intorno a due direttrici di indagine. La prima di natura descrittiva mirata a delineare le caratteristiche, le sfide e le opportunità della tecnologia blockchain all'interno delle *global supply chain*. La seconda invece, di natura quantitativa volta ad offrire un quadro più chiaro e definito sul fenomeno in esame. Il progetto di ricerca si apre dunque proponendo un'analisi dettagliata della tecnologia blockchain diretta a definirne a livello tecnico e teorico, i presupposti e le funzionalità.

Il capitolo II invece presenta uno studio meticoloso sulle sfide e sulle criticità che caratterizzano le attuali catene di fornitura ed in termini più ampi il *Supply Chain Management*. Dall'analisi della letteratura scientifica emerge come l'innovazione tecnologica possa essere la chiave per superare, almeno in parte, molte delle problematiche che attualmente caratterizzano i *supply network*. L'elemento chiave che accomuna questi nuovi strumenti risiede nella loro capacità di fornire soluzioni che spingano le imprese a re-ingegnerizzare i propri processi per meglio soddisfare le richieste del consumatore finale. Ovviamente la blockchain rientra all'interno di questo panorama grazie proprio alla sua capacità di realizzare la cooperazione e la collaborazione tra i *player* della filiera.

Di conseguenza il capitolo III propone un possibile *use case* in relazione all'implementazione della tecnologia blockchain in *supply chain*. Ai fini della trattazione si è deciso di descrivere l'infrastruttura di sistema ponendo particolare attenzione a: le entità coinvolte e come queste si interfacciano con la piattaforma; le differenze esistenti tra i nodi; i processi di autorizzazione, verifica, visualizzazione e memorizzazione dei dati.

L'elaborato prosegue proponendo nel capitolo IV una **tassonomia** delle potenziali applicazioni blockchain in *supply chain*. Tale scelta metodologica, nonostante possa sembrare desueta, ha permesso di ottenere una serie di importanti risultati. Innanzitutto, dal momento che le singole applicazioni possono essere implementate indipendentemente l'una dall'altra, è stato possibile comprendere dal loro esame quale fosse lo stadio di avanzamento di ognuna di queste. Inoltre, tale suddivisione ha predisposto un modello di classificazione impiegabile in modo trasversale nei diversi settori industriali. Il capitolo si conclude con un'analisi incrociata tra le applicazioni blockchain così individuate e le *supply chain challenges*. L'obiettivo in questo caso è stato definire come la blockchain potesse risolvere, anche solo parzialmente, le sfide che caratterizzano le attuali catene di fornitura.

Il modello tassonomico è stato poi utilizzato nell'ultimo capitolo per analizzare le applicazioni della blockchain all'interno del settore agroalimentare. La scelta di approfondire le implicazioni del *distributed ledger* all'interno dell'*agrifood industry* è stata dettata da una serie di motivazioni di carattere scientifico. Infatti tale settore è caratterizzato da un numero molto elevato di casi d'uso che coinvolgono imprese e *startup* operanti in ogni parte del mondo. La **rilevante popolosità** è un fattore essenziale in termini di ricerca in quanto permette di giungere a considerazioni che siano statisticamente significative in relazione al fenomeno analizzato. Inoltre a differenza di altri settori, quello agroalimentare, presenta una certa **eterogeneità nelle applicazioni** sviluppate. Questo ha consentito di comprendere quale fosse il reale impiego ma, soprattutto, lo stato di avanzamento delle singole soluzioni, offrendo un'immagine più chiara sullo stato dell'arte della tecnologia.

Infatti proprio per la sua natura e per le sfide che lo caratterizzano quello agroalimentare è uno dei settori che meglio incorpora i benefici offerti dalla nuova tecnologia. Le ragioni di tale fenomeno vanno ricercate nelle sfide che questo si trova oggi ad affrontare ovvero: la richiesta di maggiore trasparenza da parte dei consumatori; la lotta alle frodi e alle contraffazioni; l'aumento della pressione imposta dalle autorità regolatorie in termini di sicurezza alimentare.

La descrizione è stata supportata da una serie di risultati numerici ottenuti per mezzo di un'analisi quantitativa effettuata su un campione di 60 differenti iniziative a livello business, così suddivise: 50 progetti *startup*; 10 iniziative *company* (aziende consolidate che hanno deciso di impiegare la blockchain per svolgere o migliorare specifiche attività del loro business).

La metodologia impiegata nell'analisi dei dati si è strutturata intorno a due differenti campi d'indagine. In primo luogo è stata effettuata una revisione della letteratura sistematica sia sulla tecnologia che sul settore agroalimentare. Dopo di che è stata condotta una ricerca empirica incentrata sull'analisi dei casi di studio con l'obiettivo di comparare ed eventualmente validare i risultati riscontrati dall'esame della letteratura.

L'elaborato termina con un sezione conclusiva che tenta di riassumere gli elementi essenziali sviscerati nei vari capitoli, cercando da una parte, di offrire una quadro chiaro e definito sulle opportunità derivanti

dall'implementazione della tecnologia (in primis nel settore agroalimentare), dall'altra di delineare i limiti e le sfide che in senso lato caratterizzano i *distributed ledger* e che ne limitano fortemente l'adozione.

Capitolo I - La tecnologia blockchain: aspetti introduttivi

1.1 La blockchain come paradigma: la nascita di un nuovo concetto di *Trust*

I cambiamenti di paradigma sono sempre stati caratterizzati da progressi tecnologici, mutamenti dei valori sociali e dall'affermarsi di nuove esigenze che hanno segnato in modo profondo la storia delle civiltà moderne.

Tutte le grandi innovazioni si sono contraddistinte per la loro capacità comune di risolvere un *gap*, una "lacuna", rivoluzionando in modo sostanziale l'agire ed il pensare umano.

Nel 1400 con l'invenzione della stampa a caratteri, Gutenberg ha risolto il "*knowledge gap*" rendendo possibile la diffusione della conoscenza in ogni parte del mondo.

Nel 1800 l'invenzione del motore a scoppio ha invece colmato il "*power gap*" permettendo il trasporto e la produzione su macchina. L'invenzione del motore ha avviato i processi di industrializzazione, amplificando in maniera esponenziale le capacità dell'uomo e segnando per alcuni paesi la fine del colonialismo e dalla schiavitù.

Internet, indubbiamente la più grande invenzione del secolo scorso, ha invece risolto il "*distance gap*". Niente più di Internet ha forse cambiato la vita delle persone, promuovendo un nuovo modo di divulgare e scambiare l'informazione.

La società odierna e soprattutto il modello economico che ne regola il funzionamento, si trova oggi ad affrontare un'altro importante *gap* che nessuna tecnologia è stata in grado di colmare: il "*trust gap*". Con questo termine si fa riferimento al modo attraverso cui le persone "si fidano" nel momento in cui effettuano una transazione. Oggi infatti, non è possibile eseguire una transazione senza l'intermediazione di un *middleman* ovvero di una terza parte nella quale i contraenti ripongono la propria fiducia. Ma secondo alcuni studiosi questo modello, a causa delle sue inefficienze, è destinato a fallire. A tal proposito, sono state numerose le crisi che hanno colpito il sistema economico negli ultimi decenni, in ultimo il collasso finanziario del 2008. Oggi però, esiste una tecnologia in grado di risolvere questo problema, ovvero, la blockchain.

La blockchain è un libro mastro digitale decentralizzato, che è stato introdotto per la prima volta nel 2008 attraverso Bitcoin da Satoshi Nakamoto (Nakamoto, 2008).

In un articolo pubblicato nel 2015, l' Economist ha definito la blockchain come "The trust machine". [1] Uno delle ragioni che hanno permesso a questa tecnologia di ottenere elevata popolarità è stata proprio la sua capacità di eliminare gli intermediari centralizzati (Gupta, 2017). Oggigiorno, individui e organizzazioni, in assenza di mutuo impegno, mancano della fiducia reciproca. Per tale motivo, quando si verifica uno scambio (o una transazione), il risultato più probabile è che le scelte individuali degli attori coinvolti, pur essendo strategie dominanti, determinino un equilibrio inefficiente (Robert Gibbons, 1992, *Teoria dei Giochi*. Il Mulino, Bologna, 1994). Detto in altre parole accade che, piuttosto che cooperare, gli individui competano tra di loro: questo comportamento è ben esemplificato nel noto dilemma del prigioniero. Questo semplice modello di economia industriale (utilizzato nella teoria dei giochi per spiegare le dinamiche di competizione del mercato) suggerisce come, sebbene la soluzione ottimale sia la collaborazione, in assenza di comunicazione tra le parti, gli attori coinvolti tendano a competere tra di loro (soluzione non ottimale). Il dilemma del prigioniero dimostra matematicamente che le strategie dominanti non implicano sempre un equilibrio ottimale (ottimo paretiano). Infatti secondo Nash, ogni giocatore sceglie la propria strategia sulla base delle aspettative del giocatore avversario, dando vita così ad un equilibrio sub-ottimale. Questo, nel dilemma del prigioniero, si concretizza nel non confessare e di conseguenza nel sopportare maggiori anni di prigionia (Gibbons, 1992). La causa di questo risultato, come già sottolineato in precedenza, risiede nella mancanza di cooperazione tra individui che, non essendo informati sulle scelte della controparte, per potersi fidare, sfruttano la presenza di un intermediario "super partes" che garantisca per loro.

La blockchain per le sue caratteristiche sostanziali è in grado di risolvere il dilemma del prigioniero. Infatti questa nuova tecnologia favorisce la cooperazione e la collaborazione tra le parti quando queste sono coinvolte in uno scambio o in una transazione. Mantenendo il parallelismo con la teoria dei giochi, la blockchain consente di raggiungere una soluzione ottimale portando gli individui a cooperare e nello specifico, a confessare i loro crimini. Questo modifica radicalmente il modo di vivere, di competere e di scambiare informazioni non solo delle imprese ma, anche delle persone.

Dunque accanto alla visione che porta ad associare la blockchain alle *cryptocurrency* vi è quella che invita ad alzare lo sguardo a tantissime altre applicazioni senza porsi alcun tipo di limitazione. La blockchain infatti, non deve essere vista semplicemente come una soluzione tecnologica, bensì come un nuovo approccio, decentralizzato, al concetto di *trust*. La capacità di declinare in digitale un nuovo concetto di fiducia rende questa tecnologia potenzialmente adatta ad assumere anche un valore politico. La blockchain infatti potrebbe essere vista come una piattaforma in grado di consentire lo sviluppo e la concretizzazione di nuove forme di democrazia, realmente decentralizzata, garantendo ad esempio, a tutti i nodi del sistema, di controllare ed intervenire attivamente ed in totale trasparenza sulla vita politica del proprio paese [2].

La blockchain, di conseguenza, più che una tecnologia può essere considerata un nuovo paradigma, ovvero un nuovo modo di interpretare il grande tema della decentralizzazione e della partecipazione.

Nonostante negli ultimi tempi l'interesse dei media si sia concentrato principalmente sul settore finanziario, in realtà questa tecnologia ha le caratteristiche per avere un impatto *disruptive* in diversi settori industriali. L'Economist a tal proposito sottolinea: “La vera innovazione non sono le criptomonete, ma la macchina della fiducia che elimina [gli intermediari] e promette molto di più”. [3] Vediamo ora come la blockchain permette di trasmettere fiducia tra le parti.

1.2 Blockchain: dall'Internet delle Informazioni all'Internet del Valore

Il 3 Ottobre 2008 Satoshi Nakamoto pubblica un *white-paper* dove descrive il funzionamento della criptomoneta Bitcoin (Nakamoto, 2008). Ancora oggi, a circa 10 anni di distanza, echeggia una certa aura di mistero attorno a questo personaggio di cui nessuno è stato in grado di svelare l'identità. Il 3 Gennaio 2009 al *white-paper* segue il lancio del primo software Bitcoin, sulla piattaforma di sviluppo Sourceforge, con l'inaugurazione della *digital currency* nella forma della prima unità di Bitcoin *cryptocurrency* in versione 0.1.

Il bitcoin è una criptovaluta, che a differenza delle valute fiat tradizionali non è né creata, né controllata dalle banche centrali e/o dai fondi monetari internazionali.

Nel *white-paper*, Satoshi Nakamoto, descrive il protocollo su cui si basa la tecnologia blockchain. Attraverso il documento, egli propone un nuovo insieme di regole che assicurano l'integrità dei dati quando questi vengono scambiati in una transazione. La grande innovazione rispetto al passato risiede nel fatto che questo grado di sicurezza è garantito senza il coinvolgimento di un intermediario centralizzato. L'eliminazione degli intermediari (Gupta, 2017) è particolarmente importante in quanto, come detto in precedenza, è alla base del nuovo concetto di fiducia su cui si struttura la tecnologia.

La globalizzazione e la crescente complessità delle transazioni globali hanno reso l'approccio centralizzato sempre più difficile, costoso e per tale motivo inefficiente (Seffinga, Lyons, & Bachmann, 2017). Infatti, eventi come quelli riguardanti l'ultima crisi finanziaria del 2008 hanno messo in luce come il sistema basato sugli intermediari sia vulnerabile. Inoltre questo sistema, soprattutto a livello finanziario, sottende un grave problema di ineguaglianza sociale. Difatti non tutti possono permettersi l'accesso ai sistemi di intermediazione con la conseguenza che taluni individui sono potenzialmente esclusi da alcune transazioni. Tutto questo ha portato ad una perdita di fiducia nei confronti del sistema ed è proprio all'interno di questo contesto che sono emersi scenari e soluzioni alternative come il Bitcoin e la tecnologia blockchain.

La blockchain è *trustless* nel senso che ogni utente connesso alla rete non ha bisogno di fidarsi della controparte, o di un intermediario centrale, per poter effettuare una transazione. La **fiducia dell'utente** è

infatti tutta **riposta nella tecnologia** ed in particolare nel software e nel protocollo su cui questa è strutturata.

Per approfondire l'importanza di questa tecnologia e descriverne le caratteristiche principali si è deciso di prendere in considerazione la blockchain Bitcoin. Quest'ultima risolve un problema storicamente rilevante relativo allo scambio di un qualsiasi *asset* di valore digitale (come appunto la moneta) ovvero il problema della doppia spesa (*double-spending*) (Swan, 2015).

Infatti prima della nascita della blockchain qualsiasi *asset* digitale era infinitamente copiabile. In altre parole non esisteva a livello tecnologico un meccanismo capace di confermare o meno, senza il controllo di un intermediario, che una certa quantità di denaro non fosse già stata spesa. Ad oggi quando vengono scambiate informazioni su Internet, sfruttando il protocollo http, viene inviata al destinatario una copia esatta del dato che si intende trasmettere sia questo un foglio di calcolo, un documento word o una e-mail [4]. Ovviamente nel caso in cui la transazione o lo scambio di informazioni abbia come oggetto il denaro questo meccanismo non può essere adottato a meno che, come detto precedentemente, entri in gioco un intermediario. Questo perché, nel momento in cui si effettua una transazione, è la singola entità, la singola informazione che deve essere inviata e non una sua copia.

Ma fino ad oggi chi, se non l'intermediario centralizzato, avrebbe potuto garantire che la quantità di denaro spedita o ricevuta fosse univoca e di conseguenza non copiabile? La risposta è ovviamente: nessuno, almeno fino all'avvento della tecnologia blockchain. Grazie al contributo offerto del database distribuito è infatti oggi possibile evitare che un data somma di denaro sia oggetto di più di una singola transazione, risolvendo così il problema della doppia spesa. Don Tapscott, uno dei più autorevoli studiosi della blockchain ed autore del famoso libro "*Blockchain revolution*" a tal proposito ha affermato: "Negli ultimi 40 anni abbiamo avuto l'Internet delle informazioni; ora, con la blockchain, abbiamo l'internet del valore". [4] Come la blockchain permette però di eliminare l'intermediario ovvero, in altre parole, che cosa consente alle parti di fidarsi del sistema? La risposta va ricercata, almeno parzialmente, all'interno delle logiche che regolano il funzionamento delle piattaforme distribuite ed in particolare nel meccanismo di consenso.

A tal proposito uno degli elementi essenziali del nuovo paradigma è proprio la presenza di un meccanismo di consenso che costituisce le fondamenta su cui si strutturano, sia a livello teorico che tecnico, i sistemi distribuiti. Viene dunque di seguito proposta una possibile definizione di consenso.

Per fare ciò si faccia riferimento alla famosa sfida informatica relativa al problema dei generali bizantini, proposto per la prima volta da Marshall Pease, Robert Shostak e Leslie Lamport nel 1982. Tale problema è esposto di seguito in maniera semplificata: si immaginino tre o più generali ciascuno al comando di una parte dell'esercito bizantino. I generali circondano una città per poterla attaccare. L'obiettivo è quello di pianificare una strategia comune che consista nell'attaccare la città oppure nel ritirarsi. Occorre dunque che vi sia coesione nella scelta finale: se la maggioranza dei generali decide di attaccare, tutti devono

attaccare; se invece la maggioranza decide di ritirarsi tutti devono ritirarsi. Se una decisione univoca non dovesse essere raggiunta e per tale motivo, alcuni generali decidessero di attaccare mentre altri di ritirarsi, l'attacco o la ritirata fallirebbero. I generali però sono fisicamente separati tra loro e quindi, per poter prendere una decisione, devono comunicare attraverso dei messaggeri. I messaggeri, per poter raggiungere i generali, devono attraversare il campo nemico rischiando in tal modo di essere catturati. Inoltre il problema si complica ulteriormente a causa della potenziale presenza di uno o più traditori sconosciuti ovvero di generali e/o messaggeri che, con le loro scelte, influenzano la decisione finale: possono comunicare che attaccano quando invece si ritirano e viceversa, portando ad una decisione scoordinata e quindi alla conseguente sconfitta (Lamport, Pease, Shostak, *The Byzantine Generals Problem*, 1982).

Questo problema è rimasto irrisolto per più di vent'anni e per sua natura può essere applicato ai sistemi di calcolo distribuito. Infatti in un sistema distribuito vi è il rischio che attori mal intenzionati [5] possano, attraverso le loro scelte, minare l'integrità e la sussistenza dell'ecosistema inviando dati inaccurati agli altri partecipanti. Per tale motivo, un ambiente di calcolo distribuito per essere affidabile deve coinvolgere un'autorità centrale che verifichi la veridicità delle informazioni condivise. In alternativa il sistema può essere progettato intorno ad un meccanismo di consenso che permetta ai singoli nodi di giungere ad una versione comune ed universalmente accettata dell'informazione scambiata. In questo caso il meccanismo porterebbe ad una soluzione condivisa eliminando la necessità di ricorrere ad un intermediario centralizzato.

La blockchain, grazie ad un meccanismo di consenso insito all'interno dell' algoritmo è in grado di risolvere il problema dei generali bizantini. Per meglio comprendere quanto detto occorre innanzitutto definire cosa si intenda per consenso nei sistemi di calcolo distribuiti.

In un sistema distribuito, affinché una transazione (un messaggio nel problema dei generali bizantini) possa avvenire, tutti i nodi che partecipano al sistema devono concordare sulla veridicità e correttezza dell'informazione trasferita. Di conseguenza, se un gruppo di nodi fosse corrotto o il messaggio errato, la rete dovrebbe essere in grado di resistere all'attacco. Per fare ciò la rete nella sua interezza deve concordare su ogni transazione immessa all'interno del sistema. Questo accordo prende il nome di consenso. Per mantenere il parallelismo con il problema bellico, il raggiungimento di un accordo tra le parti, fa sì che ogni messaggio scambiato tra i generali sia veritiero e che, di conseguenza, non contenga informazioni errate. In alternativa se i nodi dovessero verificare la non veridicità dell'informazione questa dovrebbe essere rigettata dal sistema.

Le transazioni ed i messaggi una volta convalidati vengono inseriti all'interno della piattaforma e sono immutabili e visibili da tutti i nodi della rete. Questo fa sì che il sistema, per come strutturato, sia immune ai traditori ed ai messaggi errati; quindi ogni generale potrà, riponendo la propria fiducia nel sistema, avere certezza del fatto che ogni decisione sia condivisa dagli altri condottieri.

La blockchain permette dunque un approccio totalmente nuovo alla costruzione del consenso sfruttando un meccanismo basato su registri distribuiti. Tale consenso infatti, è ottenuto senza il ricorso ad una fiducia centralizzata. Questa innovazione comporta un profondo cambiamento perché le intere economie e società moderne si sono costruite e sviluppate intorno a dei libri mastri centralizzati.

Lo stesso profilo istituzionale ed organizzativo di un'economia moderna è in misura significativa organizzato su istituzioni che hanno bisogno di essere centralizzate (Davidson, Sinclair and De Filippi, Primavera and Potts, 2016). La blockchain in questi termini comporta un completo cambio di approccio.

Riepilogando: la blockchain si struttura intorno ad un meccanismo di consenso che permette alle parti di giungere ad un accordo anche in assenza di un intermediario. Questo porta alla nascita di un nuovo concetto di fiducia che non coinvolge più il *middeman* ma, il sistema stesso. In questo paragrafo si è dunque visto, a livello teorico, cosa si intenda per consenso e per disintermediazione.

Occorre ora dettagliare come, a livello tecnologico, la blockchain consenta ai nodi di un sistema di raggiungere il consenso e dunque di disintermediare le transazioni. Infatti, come vedremo nei prossimi paragrafi, la fiducia che le parti ripongono nel sistema è garantita, oltre che dalla presenza di un meccanismo di consenso, anche da altri elementi infrastrutturali come la crittografia.

1.3 La blockchain: aspetti tecnologici

“Blockchain technology is a decentralized database that stores a registry of assets and transactions across a peer-to-peer network. It’s basically a public registry of who owns what and who transacts what. The transactions are secured through cryptography, and over time, that transaction history gets locked in blocks of data that are then cryptographically linked together and secured. This creates an immutable, unforgeable record of all of the transactions across this network. This record is replicated on every computer that uses the network.” [6]

Per spiegare il funzionamento della tecnologia blockchain si è scelto di prendere come riferimento la blockchain pubblica Bitcoin.

A tal proposito è fondamentale sottolineare come le funzionalità e i principi descritti per Bitcoin possano essere facilmente adattati ad altre tipologie di blockchain (che ad esempio utilizzano *token* differenti dal bitcoin).

L'infrastruttura elementare di una blockchain è costituita da:

- Database distribuito
- Meccanismo di consenso
- *Token* come premio di convalida.

La blockchain per poter funzionare necessita inoltre di ulteriori componenti che sono:

- Blocco
- Transazione
- *Hash*
- Nodo
- *Ledger* (registro)
- *Miner*.

Vediamo ora nel dettaglio questi elementi.

Come emerge dalla parola la “blockchain” altro non è che una catena di blocchi. Ogni blocco contiene al suo interno un certo numero di transazioni. Le transazioni sono trasferimenti di risorse digitali tra i nodi di una rete, che determinano un cambio di proprietà sulla risorsa scambiata. Queste utilizzano un network *peer-to-peer* per essere memorizzate in maniera distribuita attraverso la rete (Ølnes et al., 2017).

Gli attori proprietari dei beni digitali e le transazioni sono registrati all’interno del blocco mediante l’utilizzo della crittografia a chiave pubblica/privata. Ogni singola transazione si caratterizza dunque per la presenza dell’indirizzo pubblico del ricevente e del mittente, per le caratteristiche della transazione (*amount*) e per la firma crittografica. Un esempio di struttura di una transazione è mostrato in Figura 1.



Figura 1. I componenti della Transazione (Blockchain4Innovation, 2017) [2]

Ogni blocco, come detto precedentemente, contiene al suo interno un certo numero di transazioni. Inoltre questo è caratterizzato da un Marcatore Temporale o *Timestamp*. Il *timestamp* permette di attribuire una dimensione temporale al blocco. Un esempio semplificato è mostrato in Figura 2.

Ogni blocco possiede inoltre un valore di *hash* identificativo collocato nel *header* del blocco stesso. L’*hash* è una funzione algoritmica informatica non invertibile, che mappa una stringa di lunghezza arbitraria in una stringa di lunghezza predefinita.

Ogni blocco dunque possiede un codice *hash* univoco che è il risultato dell’elaborazione della funzione matematica da cui esso è definito ovvero della stringa alfanumerica rappresentativa delle transazioni

contenute nel blocco stesso. In questa maniera, grazie al codice *hash*, è possibile identificare in maniera univoca ciascun blocco della rete.

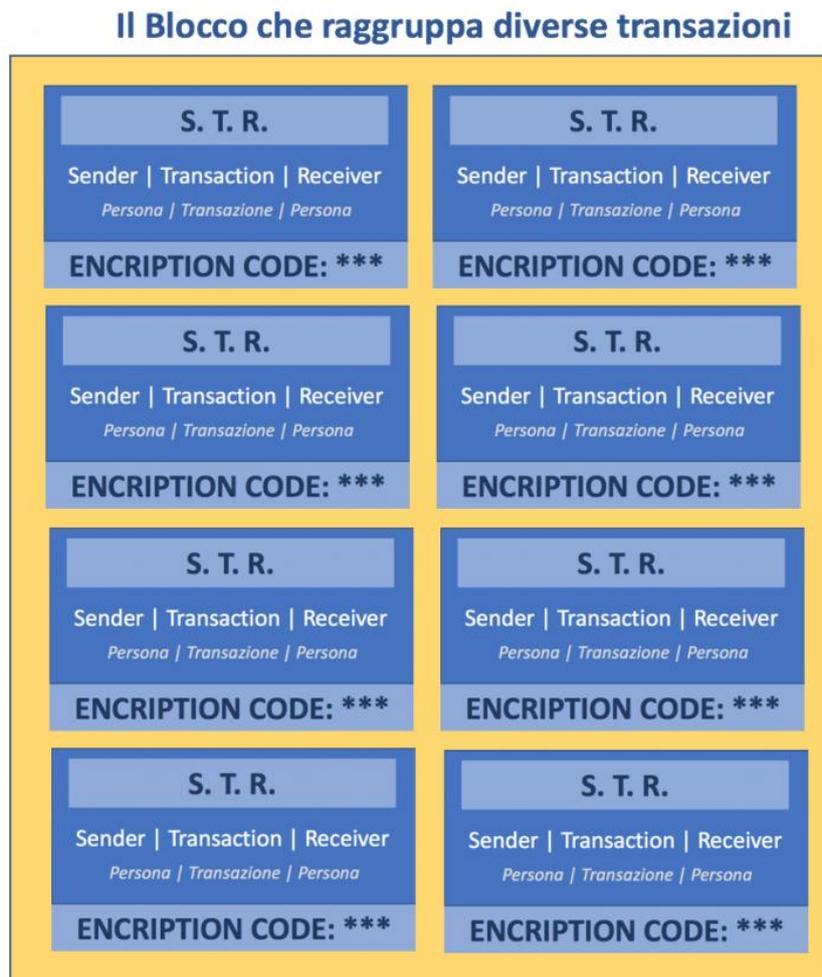


Figura 2. Il blocco che raggruppa diverse transazioni (Blockchain4Innovation, 2017) [2]

L'*hash* è strutturato in modo tale da impedire la rievocazione del testo o della stringa numerica da cui esso è stato generato. Inoltre ogni blocco oltre ad avere il proprio *hash* contiene al suo interno anche l'*hash* del blocco che lo precede. In questa maniera, quando un nuovo blocco viene aggiunto alla catena, questo mantiene una visione condivisa e concordata dello stato attuale della blockchain. Di conseguenza, grazie ai codici *hash*, è possibile ricostruire completamente l'intera catena dallo stato iniziale fino a quello corrente. Inoltre dalla combinazione tra codice *hash* e *timestamp* è possibile attribuire una dimensione spazio-temporale ad ogni singolo blocco della *chain*.

La funzione *hash* è una delle due tecnologie crittografiche utilizzate all'interno del protocollo blockchain ed è proprio intorno a questa che, come vedremo successivamente, si struttura il *mining*. L'altra, come suddetto, è la crittografia a chiave pubblico/privata. Entrambe verranno approfondite nei paragrafi successivi per meglio comprenderne logiche e funzionamento. In ogni caso è proprio sulla crittografia (e sul meccanismo di consenso) che il sistema costruisce il suo grado di sicurezza ed è su di questa che si basa la fiducia degli utenti.

Un esempio di catena di blocchi caratterizzati dal corrispondente codice *hash* è presentato nella figura successiva.

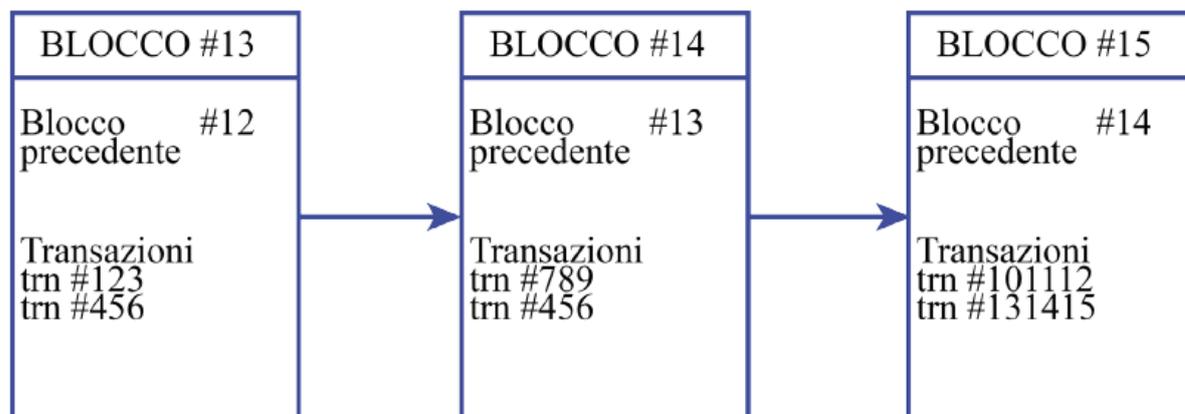


Figura 3. Catena di blocchi

Il *ledger* (registro) contiene al suo interno lo stato condiviso e concordato dell'intera catena di blocchi e l'elenco di tutte le transazioni che sono state effettuate. In contabilità il *ledger* è il libro mastro ovvero lo strumento per mezzo del quale vengono salvate tutte le transazioni di una organizzazione sia questa un'impresa, una associazione o una pubblica amministrazione. In informatica il concetto di *ledger* è invece più simile a quello di database. A tal proposito spesso la blockchain viene definita un *distributed ledger* ovvero un database distribuito in cui ogni nodo della rete contiene al suo interno le informazioni su tutte le transazioni avvenute all'interno del sistema.

Volendo fare un rapido riepilogo possiamo dunque affermare che la blockchain (o *ledger*) è un database distribuito in versione aggiornata tra tutti i nodi della rete, che contiene al suo interno un certo numero di blocchi che a loro volta contengono un certo numero di transazioni.

Tutti nodi che partecipano alla rete di questo sistema decentralizzato possiedono una copia esatta dell'intera catena di blocchi. Infatti, la catena viene continuamente aggiornata e sincronizzata tra tutti i nodi della rete non appena questi si connettono ad Internet. Questo è uno degli elementi fondanti della tecnologia blockchain e una delle motivazioni che rende tale sistema sicuro ed immutabile. Ed proprio intorno alla sicurezza che si struttura la fiducia degli utenti. Nelle piattaforme blockchain non esiste un punto centrale di vulnerabilità che gli hacker possono sfruttare per manomettere il sistema. Questo distingue in maniera sostanziale la blockchain rispetto ai database centralizzati. Infatti, nel caso in cui qualcuno fosse intenzionato a modificare una transazione all'interno di un blocco, questi dovrebbe variare il valore *hash* identificativo di quella determinata transazione e di conseguenza mutare l'*hash* del blocco in cui la singola transazione è contenuta. Affinché l'attacco possa avvenire la modifica dovrebbe essere replicata contemporaneamente sulla maggioranza dei nodi della rete e questa operazione richiederebbe una potenza di calcolo tale (almeno per Bitcoin) da essere irraggiungibile con le tecnologie attualmente esistenti. In questi termini si può dire dunque che l'architettura *peer-to-peer* contribuisce alla sicurezza e

all'immutabilità delle transazioni e/o dei blocchi registrati sulla blockchain. Tale livello di sicurezza è proprio garantito dalla natura distribuita del database che, a differenza di quello centralizzato, è praticamente immune dagli attacchi informatici. Come mostra la Figura 4 la logica centralizzata è rappresentata dal tradizionale *Centralized Ledger* ed è caratterizzata da un rapporto *Uno-A-Molti*, dove tutto viene gestito facendo riferimento ad una struttura o ad un'autorità centrale. Risulta chiaro dunque come questa configurazione presenti un unico punto centrale di vulnerabilità che, se hackerato, genera effetti negativi sull'intero sistema. Anche nei *Decentralized Ledger* viene riproposta la logica centralizzata ma, a livello locale, con una serie di satelliti organizzati su un modello *Uno-A-Molti*. Anche in questi modelli la fiducia viene riposta in un soggetto centrale. Il vero cambiamento è invece rappresentato dai *Distributed Ledger* caratterizzati da una logica completamente distribuita nei quali da una parte, viene a mancare una struttura centralizzata, dall'altra le logiche di governance sono costruite attorno ad un meccanismo di consenso che regola il funzionamento della rete. In questi *network peer-to-peer* il rapporto è di tipo *Molti-A-Molti* e, come suddetto, questi modelli sono soggetti ad elevati livelli di sicurezza e dunque immuni ad attacchi informatici e/o tentativi di manomissione.

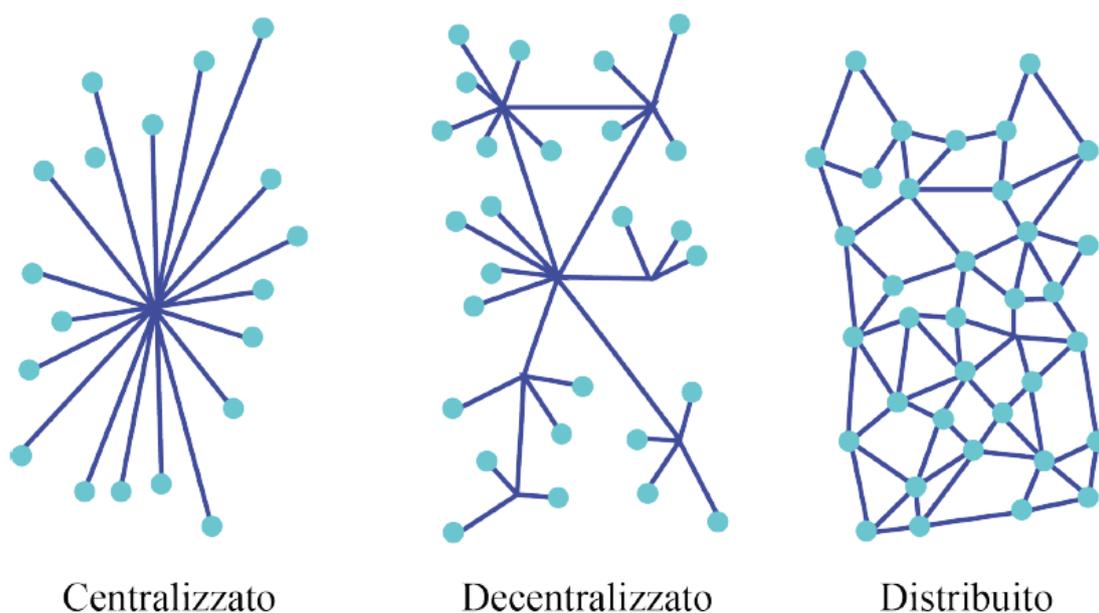


Figura 4. I diversi sistemi a confronto

Inizialmente si è parlato di chiavi crittografiche: vediamo ora il funzionamento ed il loro legame con le transazioni. Nello specifico il sistema Bitcoin si basa su due tecnologie crittografiche: la crittografia a chiave pubblico-privata e la crittografia per le transazioni di rete (Böhme, Christin, Edelman, Moore, 2015). La crittografia, tra le differenti tecnologie associate alla tecnologia blockchain, è in assoluto quella di maggior rilievo e, come suddetto, è una delle dimensioni principali da cui ha origine l'affidibilità della blockchain. E' proprio intorno all'algoritmo di consenso ed alla crittografia che il *distributed ledger* fonda le sue radici e definisce la sua natura *trustless*. Per comprenderne a pieno il funzionamento occorre però entrare maggiormente nel dettaglio dal punto di vista tecnologico.

Come spiegato precedentemente ogni transazione è caratterizzata da un *time-stamp* e da una firma digitale che, per sua natura, è diversa per ogni utente. La tecnologia che sottende la creazione della firma digitale è la crittografia a chiave pubblico-privata. Attraverso la chiave privata il singolo nodo “firma” criptograficamente la transazione alla quale (prima di essere condivisa) viene associata la chiave pubblica. Di conseguenza, la chiave pubblica viene condivisa nella rete mentre, la chiave privata, è personale ed è utilizzata per de-crittografare i dati. A livello tecnico le chiavi crittografiche possono essere considerate delle coppie di dati legati matematicamente che asservono a scopi diversi e che sono rappresentate da indirizzi alfanumerici. [7]

Ad ogni chiave pubblica è indirettamente collegato un *digital wallet* contenente i bitcoin posseduti da un determinato utente della rete. Ogni utente può possedere più indirizzi bitcoin e per ognuno di questi egli detiene oltre che la chiave pubblica anche la chiave privata con cui può spendere i bitcoin presenti sul *wallet*. Questo vuol anche dire che, persa la chiave privata, il singolo utente non avrà possibilità di accedere ai propri bitcoin. Non esiste infatti per il sistema Bitcoin uno strumento od un meccanismo che permetta il recupero della chiave privata come per esempio accade con le funzioni di recupero password per agli account social o mail.

Sulla base di quanto detto una transazione bitcoin può dunque essere considerata come un trasferimento di criptomonete o di frazioni di queste da una chiave pubblica ad un'altra chiave pubblica o da un indirizzo bitcoin ad un'altro indirizzo bitcoin.

Come detto precedentemente la transazione contiene la chiave pubblica del destinatario, la chiave pubblica del ricevente e le caratteristiche della transazione tra cui l'importo espresso in bitcoin. Il mittente deve poi firmare il messaggio/transazione con la sua chiave crittografica. La firma crittografica serve a garantire l'autenticità e l'attendibilità della transazione. La firma è associata alla chiave privata che è unica, segreta e collegata al profilo digitale/al *digital wallet* del mittente. Tutto ciò rende la firma impossibile da copiare ed utilizzare in altre transazioni e, grazie alle sue caratteristiche, è facile verificarne la sua correttezza. Si è deciso di insistere molto su questo concetto perché è di fondamentale importanza e spesso fonte di confusione.

Da un punto di vista strettamente operativo, l'utente X (*receiver*) predispose un indirizzo (nella forma di chiave pubblica), in cui ricevere la nuova transazione, mentre il secondo utente Y (*sender*), individuato uno dei suoi indirizzi, va a indicare il quantitativo specifico di Bitcoin che intende trasferire ed in seguito fa partire la transazione. La transazione vede il secondo utente (Y) aggiungere la **chiave pubblica** predisposta dal primo (X) al suo indirizzo (chiave pubblica), che andrà unita alla **chiave privata nella veste di firma digitale predisposta per verificare i presupposti della transazione**. [8]

Il sistema è strutturato in modo tale da permettere il calcolo della chiave pubblica data la chiave privata ma, non il contrario: questo concetto prende il nome in informatica di “Crittografia ellittica”. [9] In questo modo tutti gli utenti che partecipano alla rete sono identificabili attraverso la loro chiave pubblica che

collega l'utente ad un suo profilo digitale. Per tale motivo nessun ulteriore dato personale è disponibile all'interno della rete. Tutto questo permette l'anonimato degli utenti o meglio, come sostengono alcuni autori (Swan, 2015) che le transazioni non siano realmente anonime ma, "pseudonime".

Quando la transazione viene condivisa all'interno del network, usando la chiave pubblica del mittente, chiunque può verificare che il messaggio sia stato firmato dalla chiave privata corrispondente e che questo non sia stato alterato; in quanto altrimenti la firma non risulterebbe più valida. Inoltre la rete può verificare che l'*amount* della transazione sia effettivamente a disposizione del mittente. In altre parole tutti i nodi del network possono verificare indipendentemente l'uno dall'altro ed in modo asincrono che la transazione sia legittima. Colui che all'interno del sistema blockchain convalida in modo assolutamente volontario le transazioni e aggiunge i blocchi alla catena prende il nome di *miner*. Il *miner* convalida il blocco attraverso un meccanismo di consenso da cui dipende l'intera sicurezza e validità della catena. Infatti il ruolo del *miner* è fondamentale per il corretto funzionamento della blockchain. Per quanto riguarda la blockchain Bitcoin il meccanismo di consenso utilizzato è la "*proof of work*".

Vediamo ora nel dettaglio in cosa consiste l'attività di *mining*, prendendo sempre come riferimento la blockchain Bitcoin.

I nodi di *mining* controllano la firma per verificare la correttezza e la veridicità della transazione e creando un nuovo blocco, aggiornano la **propria copia** del registro. E' infatti possibile che ogni *miner* abbia la propria copia del database distribuito: questo accade perché all'interno della rete si verificano naturalmente dei ritardi che fanno sì che le transazioni arrivino in ordine diverso a ciascun validatore. Di conseguenza, potenziali truffatori potrebbero inserire nei blocchi transazioni disoneste o distorte. I *miner* devono dunque mettersi d'accordo per aggiornare nello stesso modo le varie copie del registro, raggiungendo così il consenso sulla versione corretta del *ledger*. Questo avviene attraverso una sorta di votazione. Su Internet però chiunque potrebbe votare più di una volta utilizzando differenti account: questo renderebbe debole, ma soprattutto non democratico, il sistema. I *miner* dunque per poter votare devono prima risolvere un complesso problema matematico che richiede il consumo di risorse computazionali. In questo modo risulta sconveniente per i *miner* possedere più indirizzi in quanto, questo comporterebbe il frazionamento della potenza computazionale (sui diversi account) e, dal momento che la probabilità di risolvere il problema aumenta all'aumentare del potere computazionale posseduto da ciascun *miner*, pare chiaro come non ci sia alcuna convenienza da parte dei validatori nell'avere più indirizzi. Il primo tra i *miner* che trova la soluzione avrà la possibilità di diffondere la propria versione di *ledger* agli altri nodi della rete che a questo punto verificheranno la correttezza della soluzione. Solo dopo la verifica il nuovo blocco verrà inserito all'interno della blockchain. Vediamo tecnicamente ciò che accade.

Innanzitutto occorre sottolineare che, agganciare un blocco di transazioni alla blockchain richiede, a livello informatico ed energetico, l'impiego di lavoro computazionale e/o di potenza di calcolo. Più alta è

la potenza computazionale impiegata per collegare tra loro due blocchi più è difficile sganciare un blocco di transazioni dal precedente e sostituirlo con un blocco diverso. La potenza computazionale è espressa in *hash* al secondo. La potenza computazionale odierna della rete Bitcoin è superiore a 4 Exa-hash/s ovvero di miliardi di miliardi di operazioni di *hash* al secondo. Si pensi che nel 2015 quando la potenza computazionale di Bitcoin era almeno dieci volte inferiore a quella attuale, questa era comunque decine di migliaia di volte superiore a quella dei 500 top computer al mondo.

I *miner* sfruttano potere computazionale per risolvere un complesso problema di *computer science* che può essere paragonato, per meglio comprenderlo, al problema dei generali bizantini. I *miner* devono dunque raggiungere il consenso e devono farlo consci del fatto che possano esserci uno o più nodi mal funzionanti o malintenzionati.

In informatica è dimostrato che è impossibile raggiungere il consenso all'interno di un network di nodi asincroni in cui alcuni di questi siano mal funzionanti o malintenzionati. Questo è vero a meno che, ovviamente, non ci siano nodi maliziosi. Ma è chiaro che, se il network distribuisce valore come accade per le *cryptocurrency*, è normale che ci sia la presenza di nodi malintenzionati; anzi è molto probabile che ci siano alcuni nodi attivamente impegnati in operazioni di sabotaggio mirate a deviare a loro favore parte della ricchezza trasferita. Come possono dunque i *miner* accordarsi su quale versione di blocco aggiungere alla catena e raggiungere il consenso? Per rispondere a questa domanda occorre tornare alla funzione di *hash* spiegata precedentemente.

L'*hash* può essere altresì definito come l'impronta digitale univoca di un *dataset* in input. Bitcoin usa una funzione di *hash* chiamata Secure Hash Algorithm 256 (**SHA 256**) perché il codice *hash* che si ottiene in output ha una lunghezza di 256 bit.

Prendiamo come esempio il calcolo del codice SHA 256 di "Hello, world!" : [315f5bdb76d078c43b8ac0064e4a0164612b1fce77c869345bfc94c75894edd3](#). Come si può notare il risultato della funzione di *hash* è un codice esadecimale alfanumerico di 256 bit univoco e non invertibile.

Aggiungendo anche solo un punto esclamativo ovvero "Hello, world!!" il codice SHA 256 cambia in questo modo: [11806c2441295ea697ea96ee4247c0f9c71ee7638863cb8e29cd941a488fcb5a](#). Questo esempio ci servirà per spiegare in cosa consiste il lavoro dei *miner*.

Per comprendere la natura del complesso problema matematico che i *miner* devono tentare di risolvere si faccia riferimento a questo problema: si supponga di dover trovare una stringa (numero) che, attaccata in coda a "Hello, world!" , faccia sì che il risultato di SHA 256 inizi con 4 zeri al posto che con [315f5](#).

Iniziando ad esempio ad aggiungere in coda ad "Hello, world!" numeri in ordine crescente da zero in avanti ("Hello, world!0", "Hello, world!1", "Hello, world!2" etc.), piuttosto che aggiungere lettere o una combinazione di numeri e lettere, occorrono 4250 tentativi affinché il codice *hash* in output inizi con

0000. Ovvero l'output di SHA 256 di "Hello, world!4250" è:
0000c3af42fc31103f1fdc0151fa747ff87349a4714df7cc52ea464e12dcd4e9.

Come viene usata la funzione di *hash* dai minatori per validare un blocco di transazioni? Cosa centra "Hello, world!" con l'attività di *mining*?

Il minatore deve trovare il numero casuale chiamato tipicamente *nonce* che, aggiunto alla struttura dati che comprende le transazioni che devono essere validate, più l'*hash* del blocco precedente, faccia sì che l'*hash value* del nuovo blocco inizi con un numero molto alto di zeri.

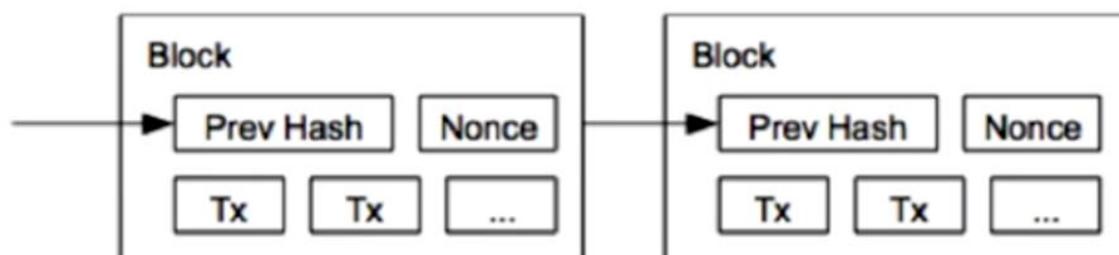


Figura 5. Il blocco che deve essere validato dal *miner*

Il primo che trova questo numero e può farlo solo "*brute force*", ovvero solo per tentativi, potrà e dovrà dare prova del lavoro fatto (della potenza computazionale impiegata) pubblicando e condividendo il blocco nella rete e facendo vedere, come *proof of work*, che il numero che si ottiene calcolando l'*hash value* del blocco così ottenuto (ovvero la soluzione del problema) dia in output un valore di SHA 256 con il valore desiderato di zeri iniziali. Quindi la "*proof of work*" si concretizza nella condivisione del *nonce* (o del numero trovato) all'interno del network in modo tale che tutti possano verificare che il risultato ottenuto sia esattamente quello desiderato. Ma desiderato da chi?

Il primo nodo che risolve il problema matematico è colui che trova casualmente, dopo un numero elevatissimo di tentativi, un *nonce* in funzione del quale il valore di *hash* del blocco corrispondente contenga in testa un numero molto elevato di zeri e tale da essere $< o =$ di un valore target definito dall'algoritmo. Quindi l'algoritmo non definisce un valore univoco di *hash* ma, piuttosto, un valore target ed i *miner* devono giungere casualmente ad un *hash value* del blocco che sia minore di tale valore (target).

Il valore target riflette la difficoltà del problema matematico ed è determinato da un algoritmo di sistema che si tara sulla base del tempo che impiegano in media i *miner* per trovare la soluzione del problema. In funzione di quanto stabilito da Nakamoto (e dunque scritto nel protocollo di Bitcoin), un nuovo blocco deve essere aggiunto alla blockchain in media ogni **10 minuti**. Di conseguenza l'algoritmo di bitcoin si aggiorna ogni due settimane tarando la difficoltà del problema sulla base del tempo impiegato dai *miner* per aggiungere un blocco. Ad esempio se il tempo in media impiegato fosse di 8 minuti allora l'algoritmo

si complicherebbe richiedendo un numero maggiore di zeri nella testa del codice *hash* di ogni blocco. Infatti la **difficoltà del problema è proporzionale al numero di zeri** richiesti. Ad esempio per la stringa "Hello, world!" ovvero, per una stringa predeterminata (che in questi termini potrebbe essere paragonabile alla struttura dati di partenza formata dalle transazioni del blocco più l'hash del blocco precedente), i tentativi richiesti per ottenere 4 zeri in testa all'output SHA 256 sono stati 4250. Se avessimo aggiunto uno zero in più il numero di tentativi sarebbe cresciuto in modo esponenziale.

Il compito del *miner* è di assoluta importanza per mantenere la sicurezza dell'intera catena di blocchi e per permettere il funzionamento del sistema. Dal momento che, come detto precedentemente, l'attività di *mining* comporta il consumo di potenza computazionale e quindi di energia elettrica, per rendere attrattiva la partecipazione dei validatori e ripagare il loro sforzo, il protocollo gli riconosce, per ogni blocco aggiunto, un *token*. L'incentivo che viene dato ai *miner* attraverso il *token* è la chiave principale che regge l'intero sistema rendendolo completamente affidabile. Nella blockchain Bitcoin la remunerazione del *miner* per lo sforzo impiegato, corrisponde ad un certo numero di *token* bitcoin. Nel 2008 per ogni blocco validato il *miner* riceveva in cambio 50 Bitcoin. Tale valore, per come è stato strutturato l'algoritmo, viene dimezzato ogni quattro anni; ad oggi per ogni blocco validato il sistema riconosce come compenso 12,5 Bitcoin. Ovviamente questo vale esclusivamente per la blockchain Bitcoin. Infatti ogni blockchain si struttura intorno ad un algoritmo che ha regole differenti, che dipendono dalle logiche di programmazione e dagli obiettivi e funzionalità offerte dal sistema stesso.

Oggi per compiere l'attività di *mining* occorre impiegare una potenza di calcolo che, in termini di CPU e schede grafiche, può ritenersi spropositata; tanto da obbligare i *miner* a riempire intere fabbriche di calcolatori e consumare quantità immense di energia elettrica. Molti dei *miner* sono infatti localizzati in paesi dove il costo dell'energia è molto basso. L'enorme investimento in calcolatori è giustificato dal fatto che, un po' come accade nel gioco della tombola, supponendo di poter paragonare le CPU alle cartelle, non è detto che vinca il giocatore con il maggior numero di cartelle ma, sicuramente, le sue probabilità sono superiori a quelle degli altri giocatori. Per questa ragione negli ultimi anni i nodi hanno investito sempre di più in *computational power*. Come detto precedentemente più aumenta il potere computazionale richiesto per collegare due blocchi più il sistema diventa robusto e sicuro in quanto, chi volesse manipolarlo, dovrebbe investire in tantissima potenza computazionale superiore a più di metà di quella totale (solo così infatti riuscirebbe ad ottenere il consenso).

Inoltre più robusta è la catena, più sicuro è il bitcoin e più sicuro è il bitcoin, più elevato è il valore della ricompensa per i *miner* e più elevato è il valore della ricompensa, maggiori saranno gli investimenti in hardware e in potenza di calcolo che i *miner* saranno disposti a fare. Questo genera un effetto a spirale che rende sempre più sicura Bitcoin ed allo stesso tempo aumenta il valore dei *token*.

Il *mining* ha due ruoli fondamentali: quello di permettere il funzionamento e la sicurezza dell'intero sistema ed inoltre quello di emettere nuovi bitcoin.

Come detto precedentemente un nuovo blocco viene aggiunto alla catena ogni 10 minuti. Perché è così rilevante il fatto che siano 10 minuti? Perché questo tempo definisce la politica monetaria di bitcoin che per come pensata da Satoshi Nakamoto è strettamente deterministica e anelastica. Nel 2029 il 97% di bitcoin saranno già stati emessi e l'ultimo centomilionesimo verrà emesso nel 2141.

Oltre alla *proof of work* esistono altri meccanismi di consenso come ad esempio la *proof of stake* che è il meccanismo di convalida utilizzato dalla blockchain Ethereum. Questa semplifica l'attività di *mining* in quanto distribuisce lo sforzo computazionale richiesto per eseguire il processo di verifica tra i singoli membri in proporzione alla loro percentuale di partecipazione. Ad esempio, se un utente possedesse il 20% del totale delle attività di blockchain in circolazione, questi dovrà eseguire il 20% dell'attività di *mining* richiesta. In questa maniera si riduce la complessità del processo di verifica, generando ingenti risparmi economici a livello sia energetico che operativo (Hasse et al., 2016).

Come suddetto, in cambio dello sforzo computazionale impiegato dal *miner*, il sistema riconosce una certa quantità di *token* che sono diversi nel numero e nella sostanza tra le differenti tipologie di blockchain. Il *token* in una blockchain pubblica ricopre un ruolo molto importante. Esso può essere identificato come un insieme di informazioni digitali capaci di attribuire il diritto di proprietà ad un determinato soggetto. Il *token* consiste in un insieme di informazioni registrate sulla blockchain che attraverso un protocollo possono essere trasferite. Il *token* più "famoso" è appunto il bitcoin ma, dopo di esso, ne sono comparsi molti altri. A tal proposito un esempio è l'ether che è il *token* appartenente alla blockchain pubblica Ethereum. Al momento possiamo distinguere tre tipologie di *token*: i *token di classe 1* che rappresentano una vera e propria moneta e che tramite la blockchain possono essere trasferiti (es: Bitcoin); *token di classe 2* che permettono di esercitare alcuni diritti verso una controparte; i *token di classe 3* che sono un ibrido, ovvero raffigurano diritti di comproprietà ma, allo stesso tempo, attribuiscono diritti diversi come per esempio il diritto di voto.

1.3.1 Caratteristiche principali della tecnologia blockchain

Sulla base delle considerazioni appena fatte è dunque possibile delineare quali siano le caratteristiche principali della tecnologia del database distribuito. La blockchain è:

- **Affidabile e Sicura.** La blockchain grazie alla sua struttura decentralizzata e distribuita è sicura, affidabile e di conseguenza immune a potenziali attacchi informatici. Se ad esempio uno dei nodi venisse hackerato o subisse un attacco, gli altri nodi del network rimarrebbero attivi garantendo l'immutabilità dei dati e delle informazioni. La sicurezza è garantita dalla crittografia e dalla natura distribuita del sistema.
- **Trasparente.** Le transazioni e le informazioni che vengono registrate sul database distribuito sono accessibili e visibili a tutti i partecipanti della rete.

- **Trustless.** Il database distribuito grazie alla struttura suddetta permette l'eliminazione degli intermediari insaturando un nuovo concetto di fiducia tra le parti. Questo permette di ridurre i costi transazionali rendendo gli scambi di valore più convenienti e democratici rispetto alle soluzioni tradizionali.
- **Immutable.** Le informazioni dopo essere state inserite all'interno della Blockchain non possono essere modificate in alcun modo.
- **Digitale.** La blockchain per sua natura rientra all'interno delle tecnologie digitali e promette di giocare un ruolo da protagonista all'interno del panorama dell'Industry 4.0.

1.4 Tipologie di blockchain: pubblica, privata, consortium

Quando nacque Internet negli anni novanta si videro ben presto comparire, a fianco della rete pubblica, reti Intranet sicure e private basate sul protocollo TCP/IP e strutturate all'interno dei *firewall* aziendali. Le ragioni che spinsero le imprese ad adottare tali modelli furono legate, in larga misura, al bisogno di maggiore sicurezza e controllo da queste richiesto, sulle informazioni e sui dati scambiati.

Dunque così come accadde per Internet, oggi, dopo l'iniziale *hype* creato dalle tecnologie blockchain pubbliche, sono comparse le prime soluzioni private.

La descrizione proposta nel paragrafo precedentemente si è strutturata intorno alle caratteristiche di una blockchain pubblica. Tale scelta è stata motivata dal fatto che, almeno per come è stata pensata da Nakamoto, la tecnologia del database distribuito dovrebbe avere una natura decentralizzata e quindi *permissionless*. Alcuni studiosi (più tradizionalisti o conservatori sul tema) infatti ritengono che le soluzioni private manchino, per loro natura, dei requisiti blockchain essenziali che permettano di distinguerle dai tradizionali database.

Alla luce di queste considerazioni si è ritenuto opportuno strutturare la descrizione generale della tecnologia intorno alla disciplina delle blockchain pubbliche ed in particolare di Bitcoin che, tra queste, rimane la più rappresentativa. In ogni caso, come suddetto, negli ultimi tempi hanno iniziato a diffondersi versioni private soprattutto a livello aziendale e governativo. In questi termini, piuttosto che avere una tecnologia pubblica e non controllata, protetta dalla crittografia, è stato possibile dar vita a sistemi chiusi in cui i permessi di accesso fossero strettamente controllati da un'autorità centrale. In questi sistemi dunque l'autorizzazione alla modifica o alla lettura dello stato della blockchain è limitata ad un numero circoscritto di utenti. Questo in realtà può essere fatto mantenendo molte delle garanzie che la blockchain offre soprattutto in termini di autenticità e sicurezza dei dati.

In ogni caso, al di là dei dibattiti teorici sul tema, la distinzione tra le differenti tipologie assume un'importanza fondamentale soprattutto per coloro che intendono studiare il fenomeno nelle sue varie

dimensioni. Inoltre tale diversificazione acquisisce ancora più valore in relazione agli obiettivi di questo lavoro di ricerca che, analizzando le applicazioni blockchain in *supply chain*, si scontra profondamente con tale ripartizione. A tal proposito, come si vedrà nei capitoli successivi, le soluzioni *enterprise*, sono nella quasi totalità dei casi private. Per queste ragioni occorre soffermare l'attenzione sulle differenze sostanziali tra queste soluzioni.

Le blockchain private sono state ultimamente oggetto di studio soprattutto all'interno del settore finanziario. Tale scelta ha sollevato numerose reazioni negative in particolare da parte di coloro che hanno interpretato tali sviluppi come in contrasto con gli ideali di decentramento proposti da Satoshi Nakamoto nel 2008. Altri hanno interpretato la rincorsa alle blockchain private da parte dei player finanziari come un ultimo disperato tentativo di evitare una potenziale esclusione dal sistema transazionale [10]. Per meglio comprendere lo scenario e il contesto di evoluzione della tecnologia blockchain e delle sue conformazioni *permissioned* e *permissionless* sono qui di seguito delineati i vantaggi e gli svantaggi dei differenti sistemi ad oggi adottati. Esistono infatti tre differenti tipologie di blockchain: blockchain pubbliche, blockchain private e *consortium* blockchain.

1.4.1 Blockchain pubblica

In una blockchain pubblica: chiunque può diventare un nodo della rete e di conseguenza verificare, visionare ed effettuare transazioni; chiunque può svolgere l'attività di *mining* e per tale motivo partecipare al meccanismo di consenso offrendo volontariamente la propria potenza di calcolo. Come già definito in precedenza, la blockchain pubblica è un sistema in grado di offrire un elevato livello di sicurezza grazie alla presenza di: un complesso meccanismo di consenso che spinge i *miner* ad investire pesantemente in potenza computazionale; crittografia a chiave pubblico-privata; un meccanismo di governance in funzione del quale il grado di influenza di un singolo attore all'interno della rete, è proporzionale, nel processo di definizione del consenso, alla quantità di risorse economiche che egli può apportare. Questa tipologia di blockchain è definita “completamente decentralizzata” [10].

1.4.2 Blockchain privata

La blockchain privata è una blockchain in cui le autorizzazioni di scrittura e di modifica dei singoli blocchi sono mantenute completamente centralizzate. Per quanto riguarda invece le autorizzazioni di lettura, queste possono essere mantenute pubbliche o possono essere anch'esse limitate ad un numero finito di utenti. La blockchain privata può essere definita come un sistema centralizzato tradizionale con l'aggiunta di un grado di verificabilità crittografica. In questa maniera una blockchain privata è sicuramente più adatta ai modelli di business tradizionali in cui aspetti quali la privacy e/o la condivisione

dei dati mantengono una dimensione strategica a livello aziendale e devono dunque rimanere sotto il controllo dell'impresa. Questo aspetto non deve necessariamente essere percepito negativamente ma, piuttosto, deve spingere i programmatori e gli innovatori a pensare delle soluzioni che sposino e abbraccino i bisogni e le esigenze delle aziende.

Il fatto che questa tipologia di infrastruttura, almeno a prima vista, non abbia lo stesso impatto rivoluzionario della blockchain pubblica, non significa che non possa comunque svolgere un ruolo preponderante nel rendere più efficaci, trasparenti ed efficienti le attività e i processi di business.

1.4.3 Consortium Blockchain

Le *consortium* blockchain sono database distribuiti in cui il meccanismo di consenso è controllato da un insieme di nodi preselezionati [10]. Si pensi ad esempio ad un “consorzio” di 10 istituti finanziari ognuno dei quali gestisce un singolo nodo della rete.

In questo caso l'attività di *mining* potrebbe ridursi nell'accordo congiunto tra i differenti partecipanti. In questi termini il meccanismo di consenso si costruirebbe intorno ad un sistema di votazione a soglie di maggioranza prestabilite. Ad esempio potrebbe essere sufficiente che l'80% dei nodi firmino un blocco affinché questo sia validato.

Per quanto riguarda le autorizzazioni di lettura, nelle *consortium* blockchain queste possono essere sia pubbliche, ovvero rilasciate a tutti o nodi della rete, che limitate ad alcuni partecipanti. Questa tipologia di blockchain per le sue caratteristiche intrinseche è definita “parzialmente decentrata” e può essere considerata un ibrido tra le soluzioni pubbliche e quelle private. [9].

Questa infatti contiene al suo interno sia caratteristiche tipiche delle soluzioni pubbliche, ovvero un minor controllo sulle attività del network, sia caratteristiche intrinseche delle blockchain private come la necessità di maggiore affidabilità sulle operazioni del sistema.

Le blockchain private e le *consortium* blockchain rientrano nella più ampia categoria delle *permissioned blockchain*.

Sulla base delle considerazioni fatte è dunque possibile riepilogare le principali caratteristiche delle blockchain pubbliche e private al fine di poter comprendere in modo più chiaro le implicazioni che derivano dall'implementazione dell'una o dell'altra soluzione.

A tal proposito, i vantaggi principali e le caratteristiche essenziali di una blockchain pubblica possono essere così riassunte:

- La blockchain pubblica fornisce un modello di protezione dei dati e delle informazioni (costruito intorno alla tecnologia criptografica e al meccanismo di consenso) capace di tutelare gli utenti non solo da potenziali attacchi esterni ma, anche dagli stessi sviluppatori. Questo meccanismo permette di rendere molto difficile, se non impossibile, effettuare delle modifiche al database, aumentando così la fiducia riposta dagli utenti nel sistema.
- La blockchain pubblica è aperta, immutabile e chiunque può, in qualsiasi momento, divenire un nodo della rete. Tutti i partecipanti al network possono effettuare transazioni o verificare e visionare i contenuti del database mantenendo l'anonimato (o lo pseudo-anonimato). Questo crea un effetto di rete all'interno della piattaforma che rende la blockchain sempre più sicura e protetta. Di contro a questa estrema sicurezza vi è la lentezza nella validazione nei blocchi (in Bitcoin ogni 10 minuti) e il dispendioso spreco energetico dovuto al lavoro compiuto dai *miner*.

Per quanto riguarda le blockchain *permissioned* si possono invece individuare i seguenti vantaggi:

- Sia che si tratti di un consorzio che di una blockchain completamente privata è possibile modificare le regole di governance della piattaforma o ripristinare le transazioni.
- I nodi di *mining* sono noti a priori e godono di una fiducia pregressa.
- Le transazioni sono convalidate più velocemente perché il meccanismo di consenso si struttura intorno ad un numero di nodi limitato e noto a priori. Si ricordi a tal proposito che il tempo di convalida è proporzionale al numero di nodi della rete.
- Gli errori possono essere risolti in breve tempo attraverso un intervento manuale.
- Se i permessi di lettura all'interno di una blockchain privata sono limitati, si ottiene una privacy maggiore sui dati.

Alla luce delle importanti differenze che sussistono tra i due modelli pare importante sottolineare come non sia possibile individuare una soluzione standard e come, ai fini dell'implementazione, le opportunità varino da settore a settore.

In alcuni casi la blockchain pubblica può risultare la scelta ottimale, in altri invece, in cui è richiesto un maggiore controllo sul sistema, la soluzione più adeguata risulta essere una blockchain privata.

Si pensi ad esempio al settore pubblico dove la fiducia nei confronti del sistema dovrebbe, almeno a livello teorico, essere pregressa. In tal caso la blockchain privata (o *permissioned*) potrebbe essere preferita rispetto ad una soluzione pubblica in quanto permetterebbe allo Stato di ottenere un maggiore controllo sulle informazioni salvate ed allo stesso tempo, garantirebbe ai cittadini maggiore trasparenza e visibilità sulla attività pubblica.

Le caratteristiche descritte pocanzi per i differenti sistemi di database distribuito sono riepilogate nella tabella sottostante.

	PUBBLICHE	PRIVATE	CONSORTIUM
DETERMINAZIONE DEL CONSENSO	Tutti i <i>miners</i>	Un insieme selezionato di nodi	Un insieme selezionato di nodi
PERMESSO DI LETTURA	Pubblico	Può essere pubblico o limitato ad alcuni nodi	Può essere pubblico o limitato ad alcuni nodi
IMMUTABILITA'	Elevata	Non chiara (può essere manomesso)	Non chiara (può essere manomesso)
EFFICIENZA	Bassa	Alta	Alta
CENTRALIZZAZIONE	No	Parziale	Si

Tabella 1. Diverse tipologie di blockchain a confronto

In relazione all'applicabilità dell'una o dell'altra soluzione, sulla base di una ricerca svolta dall'Osservatorio Blockchain del Politecnico di Milano, basata su 300 casi di studio, si può notare come a livello *enterprise* le piattaforme blockchain private siano preferite rispetto a quelle pubbliche. Come emerge dalla figura sottostante, il 90,3% dei progetti si struttura intorno a soluzioni private privilegiando la privacy e le performance (latenza e *throughput*) alla trasparenza e alla sicurezza sui dati (Valeria Portale, 2018).

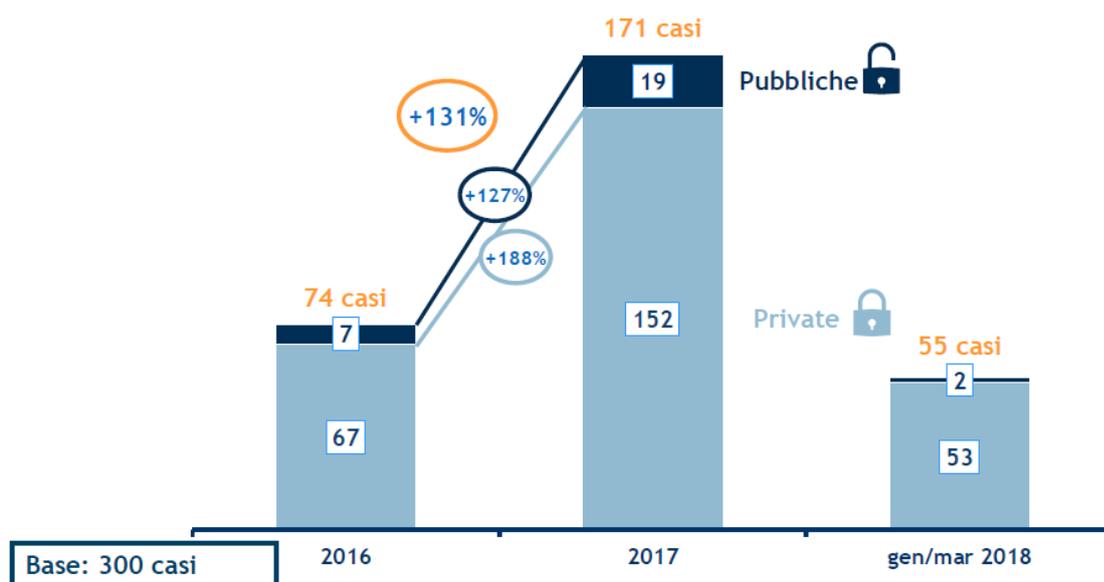


Figura 6. Blockchain pubbliche vs Blockchain Private. I dati dell'Osservatorio Blockchain del Politecnico di Milano (Valeria Portale, 2018)

1.5 Gli *smart contract*

Il concetto di *smart contract* è stato introdotto per la prima volta alla fine degli anni '90 da Nick Szabo [11] ma, è rimasto piuttosto astratto fino al lancio di Ethereum nel 2015.

In realtà l'idea di "contratto intelligente" risale alla metà degli anni '70. All'epoca, l'esigenza di appoggiarsi ad un contratto *smart*, nasceva dalla necessità di gestire l'attivazione o la disattivazione di una licenza software al verificarsi di determinate condizioni. In questo modo, la licenza di alcuni programmi veniva gestita a distanza attraverso l'utilizzo di una chiave digitale che permetteva di utilizzare il software se il cliente pagava e ne cessava il funzionamento alla scadenza del contratto [12].

Ad oggi, grazie al supporto della blockchain ed allo sviluppo tecnologico, le possibilità espresse da queste nuove forme contrattuali sono decisamente superiori e impattano in modo *disruptive* in differenti contesti imprenditoriali, governativi e sociali.

Lo *smart contract* è un programma (un software) memorizzato su una blockchain che si auto-esegue ovvero che esegue in automatico una transazione, al verificarsi di determinate condizioni.

In termini più formali lo *smart contract* è un contratto che verifica in automatico l'avverarsi di determinate condizioni e auto-esegue azioni in automatico (o da disposizione perché tali azioni vengano eseguite), nel momento in cui le condizioni determinate tra le parti sono raggiunte (C. Catalini et al, 2016).

Attualmente il contratto è un accordo tra due o più parti in cui si dichiara di fare o non fare qualcosa in cambio di qualcos'altro (Swan, 2015). Per tale motivo ciascuna delle parti deve fidarsi dell'altra per assolvere al proprio obbligo.

Lo *smart contract* rappresenta il contratto ma, in formato digitale, e per tale motivo necessita di un eventuale supporto legale per la sua stesura ma, non per la sua verifica e attivazione. Questo permette l'eliminazione dell'intermediario e di conseguenza la necessità che si instauri un rapporto di fiducia tra le parti. "Questo perché un contratto intelligente è sia definito dal codice che eseguito (o applicato) dal codice, automaticamente, senza discrezione" (Swan, 2015).

L'assenza di un intervento umano determina anche l'assenza di un contributo interpretativo. Questo porta con sé due importanti conseguenze, la prima di **natura tecnica** e la seconda invece di natura **sostanziale** [12].

Per quanto riguarda gli aspetti tecnici l'assenza di un intermediario umano fa sì che lo *smart contract* debba essere strutturato su descrizioni estremamente precise che coinvolgano tutte le possibili circostanze e situazioni che si possono verificare.

Allo stesso tempo per una corretta stesura del contratto, sempre a livello tecnico, è necessario che siano definite in modo preciso le fonti di dati sulla base delle quali il contratto si deve attenere. Infatti gli *smart contract* sono chiamati a ricevere dati ed informazioni da soggetti o da terze parti che devono poi essere lette ed interpretate dal programma software sulla base di precise regole. Quest'ultime rappresentano una delle parti più rilevanti e strategiche del contratto e determinano ovviamente l'output finale.

L'automatismo, però, oltre a definire nuove regole a livello tecnico, determina un mutamento sostanziale e strutturale nel campo della contrattazione. Sulla base di quanto si è detto precedentemente, l'assenza di un intervento umano determina **anche l'assenza di un contributo interpretativo** (Reijers et al., 2016).

Lo *smart contract* infatti, essendo conseguenza dell'esecuzione di un codice da parte di un computer, fa sì che la risoluzione del contratto sia completamente deterministica o in altre parole: che gli stessi input portino sempre agli stessi output.

Questo è estremamente rilevante perché, se da una parte assicura certezza e sicurezza alle parti contraenti garantendo oggettività di giudizio, dall'altra, escludendo qualsiasi forma di interpretazione, sposta sul codice, sul software, sulla programmazione la responsabilità ed il potere decisionale. [12]

Quest'ultimo punto è il cuore pulsante di questa nuova rivoluzione tecnologica che, per le ragioni suddette, ha il potere di mutare in modo sostanziale le dinamiche di potere che fino ad oggi hanno caratterizzato il panorama giuridico in tutto il mondo. Spostando la responsabilità sul software infatti, almeno a livello teorico, lo *smart contract* elimina la necessità di ricorrere ad autorità giudiziarie o a rappresentanti legali per la fase di risoluzione del contratto, con tutte le conseguenze che questo comporta.

Vediamo ora a livello tecnico come si scrive uno *smart contract*. L'infrastruttura blockchain più famosa che ad oggi supporta la stesura dei contratti intelligenti è Ethereum. Quest'ultima per la generazione e scrittura degli *smart contract* utilizza un ambiente di *runtime* denominato *Ethereum Virtual Machine* (EVM) che, per scelta degli sviluppatori, è completamente separato dalla rete Internet.

Questa piattaforma permette dunque ai programmatori da una parte, di lavorare in remoto ed in un ambiente sicuro e protetto, dall'altra, di caricare gli aggiornamenti progressivi del software sulla blockchain Ethereum. Questa scelta, dettata da ragioni di natura sia strategica che tecnica (programmazione), ha portato alla nascita negli ultimi anni di un numero elevatissimo di Dapps, ovvero di applicazioni blockchain *Ethereum-based*, che sono a disposizione di chiunque le voglia consultare sui siti di riferimento come State of the Dapps (<https://www.stateofthedapps.com/>).

Sulla base di quanto scritto pocanzi è dunque possibile definire e riassumere le caratteristiche fondamentali di uno *smart contract* tracciandone gli elementi essenziali che sono: **autonomia**, **autosufficienza** e **decentramento**.

Con autonomia si fa riferimento alla capacità del contratto di auto-eseguirsi completando la transazione dopo essere stato “sottoscritto” (o essere diventato codice), senza che i contraenti rimangano in contatto o che siano d'accordo su quanto stabilito; con autosufficienza si fa riferimento alla capacità di uno *smart contract* di gestire le risorse autonomamente senza il bisogno di alcun intervento umano (Swan, 2015). Infine gli *smart contract* sono decentralizzati e distribuiti ovvero, una volta sottoscritti, sono visibili da tutti i nodi della rete e non vi è un'autorità centrale su cui pende la responsabilità sulla loro esecuzione. Questo oltre a renderli imm modificabili e trasparenti, permette a chiunque fosse interessato, di verificare la veridicità sull'informazione scambiata.

Attraverso gli *smart contract* vi è la possibilità dunque di dar vita ad un nuovo ecosistema di automazione tecnica in grado di produrre un nuovo tessuto condiviso che permetta la nascita di nuove e potenti forme di efficienze sociali, mobilità personale e trasformazione istituzionale stimolando l'adozione di visioni automatizzate del futuro [11].

1.6 Analisi SWOT

Sulla base delle considerazioni fatte nei paragrafi precedenti si è deciso di utilizzare lo strumento di analisi SWOT per dettagliare ulteriormente le caratteristiche e le potenzialità offerte dalla tecnologia blockchain. All'interno della tabella sono riportati i limiti e le sfide che caratterizzano la tecnologia del database distribuito.

Questi vanno letti ed analizzati con spirito critico al fine di poterli comprendere ed adattare ai differenti contesti operativi.

La SWOT *analysis* è uno strumento di pianificazione strategica che è stato proposto per la prima volta tra gli anni '60 e '70 da Albert Humphreigli, allora professore all'Università di Stanford.

Tale modello viene ad oggi utilizzato per valutare i punti di forza (*Strengths*), i punti di debolezza (*Weaknesses*), le opportunità (*Opportunities*) e le minacce (*Threats*) di un progetto o di un'impresa in relazione ad un obiettivo che si vuole raggiungere.

L'analisi può riguardare l'ambiente interno e quindi i punti di forza e di debolezza, o l'ambiente esterno ovvero minacce ed opportunità. (Fonte: Wikipedia).

Nella tabella sottostante viene proposta un'analisi SWOT in relazione ad una soluzione blockchain pubblica. Le informazioni sono state ricavati da uno studio del 2018 proposto da Gatteschi et al, dal titolo "*Blockchain and Smart Contracts for Insurance: Is the Technology Mature Enough?*".

<p>Strengths</p> <ul style="list-style-type: none"> Fast and low-cost money transfers No need for intermediaries Automation (smart contracts) Accessible worldwide Transparency No data loss/modification/falsification Non-repudiation 	<p>Weaknesses</p> <ul style="list-style-type: none"> Scalability Low performance Energy consumption Reduced users' privacy No intermediary to contact in case of loss of users' credentials Volatility of cryptocurrencies Still in an early stage (no "winning" blockchain) Same results achieved with well-mastered technologies
<p>Opportunities</p> <ul style="list-style-type: none"> Competitive advantage Possibility to address new markets Availability of a huge amount of heterogeneous data (by different actors) 	<p>Threats</p> <ul style="list-style-type: none"> Could be perceived as unsecure/unreliable Low adoption from external actors Governments could consider it "dangerous" Medium-long term investment Customers would still consider personal interaction important

Figura 7. Analisi SWOT (Gatteschi et al, 2018)

1.7 Do you need a blockchain?

Sulla base delle considerazioni proposte nei paragrafi precedenti si ritiene sia ora necessario delineare nel dettaglio le situazioni nelle quali la tecnologia del database distribuito può realmente generare un impatto positivo. La blockchain in effetti, per quanto rivoluzionaria, non si adatta a tutte le circostanze. Di per sé il *distributed ledger* è un nuovo sistema di gestione ed immagazzinamento dati che, in quanto tale, compete con gli attuali sistemi di *data management*.

I database relazionali, la cui funzionalità principale risiede nell'orientare le informazioni all'interno di tabelle aggiornate di righe e colonne, sono il fondamento tecnico su cui si basano molti dei servizi che utilizziamo oggi.

Le potenzialità proposte da questi strumenti hanno subito un'importante evoluzione negli ultimi anni grazie al contributo offerto da importanti *provider* tecnologici (in primis dalla Oracle Corporation). Tali ricerche hanno inoltre permesso di aumentare le funzionalità e la sicurezza dei database tradizionali rendendoli strumenti potenti ed adatti a supportare ogni attività aziendale. Nonostante le continue migliorie, i database relazionali soffrono però di un'importante limite che risiede proprio nella loro struttura centralizzata. Infatti nei sistemi attuali la possibilità di modificare ed aggiornare i dati compete ad una o poche entità in cui gli utenti del sistema devono riporre la loro fiducia. Questo ha una duplice

conseguenza: in primis, i singoli utenti del sistema, non hanno il controllo sulle attività e sui dati gestiti ed inoltre esiste un unico punto di vulnerabilità che può essere oggetto di attacchi informatici.

In questi termini la blockchain si propone come un'alternativa ai sistemi centralizzati in quanto, grazie alla sua architettura distribuita, rimuove la necessità di ricorrere ad un'autorità centrale permettendo di ottenere maggiore sicurezza ed affidabilità sui dati condivisi.

Le blockchain pubbliche come Bitcoin e Ethereum sono strutturate sulla base di meccanismi di consenso che spingono un certo numero di utenti a lavorare insieme e a cooperare per memorizzare, immagazzinare e proteggere i dati. Questo, senza la necessità che altri utenti si fidino del loro operato. Inoltre, essendo la blockchain replicata su una rete *peer-to-peer* le informazioni che questa contiene sono difficili se non impossibili da modificare.

In ogni caso, nonostante la blockchain abbia le carte in regola per rivoluzionare interi settori industriali, governativi e sociali, questa rimane soggetta ad alcune importanti limitazioni. Innanzitutto le blockchain pubbliche, rispetto ai database tradizionali, sono più lente e garantiscono una minor tutela della privacy. Questo è dovuto principalmente al fatto che questi ecosistemi, per poter sopravvivere, devono coordinare le risorse di un numero molto elevato di partecipanti. Inoltre per poter memorizzare i dati i singoli utenti devono pagare delle *transaction fees* il cui valore non è fisso ed è difficile da prevedere; imprevedibile è anche lo stato a lungo termine del software. Infatti, nel momento in cui i dati vengono memorizzati all'interno del sistema questi diventano imm modificabili ed ingestibili da parte degli utenti.

Di conseguenza nessuno ha il potere di aggiornare o modificare il software. Piuttosto, spetta ad un'ampia *community* di sviluppatori, il compito di contribuire ad effettuare migliorie al codice *open source* in un processo che però, almeno per quanto riguarda Bitcoin, manca di regole di *governance* formali.

Dunque alla luce dei costi, delle incertezze e dei limiti a cui sono soggette le blockchain pubbliche, queste non possono essere utilizzate in ogni contesto, ma soprattutto, a differenza di quanto pensano alcuni *supporter* della tecnologia, non possono essere la risposta a tutti i problemi aziendali, sociali, governativi. A tal proposito Gideon Greenspan, CEO di Coin Sciences afferma: *"If you don't mind putting someone in charge of a database (...) then there's no point using a blockchain, because [the blockchain] is just a more inefficient version of what you would otherwise do"*. (Peck, 2017)

Ecco allora che le organizzazioni, prima di implementare la blockchain, devono porsi un importante quesito ovvero: *"Do you need a blockchain?"*. Questa tecnologia permette infatti di ottenere risultati straordinari ma, non può essere considerata la soluzione ad ogni problema. Osservando la Figura 8 si può notare come, rispondendo ad alcune semplici domande e ponendosi alcuni semplici quesiti, si presentino numerose situazioni nelle quali non abbia senso utilizzare od implementare la tecnologia blockchain.

In realtà fino a questo momento si è fatto riferimento a soluzioni blockchain pubbliche citando a tal proposito Bitcoin e Ethereum. I problemi legati alla volatilità del prezzo, ai bassi valori di *throughput*, ai

bassi livelli di *privacy* e alla mancanza di *governance* possono in parte essere risolti adottando delle *permissioned* blockchain.

Queste soluzioni infatti, sono progettate in modo tale che il potere di modifica dei dati contenuti all'interno del *ledger*, spetti ad un numero ristretto di entità conosciute che si fidano l'una dell'altra. Questa alterazione rimuove la componente economica caratteristica delle blockchain pubbliche. Infatti nelle soluzioni private non è necessario trovare un incentivo economico per i *miner* affinché questi agiscano in modo onesto.

Questo perché nelle soluzioni *permissioned* i *miner* sono gli stessi nodi che gestiscono e di conseguenza modificano il database. Tra questi attori vige inevitabilmente un rapporto di fiducia ed un desiderio di cooperazione tale, da non dover richiedere un incentivo economico che assicuri la correttezza del rapporto.

La rimozione dei *miner* permette di aumentare in maniera sostanziale la velocità e la capacità in termini di *data storage*. Infatti in una blockchain pubblica, una nuova versione di *ledger* non può essere considerata tale, fino a quando non riceve l'approvazione da parte della maggioranza e/o dell'unanimità dei nodi del sistema.

Questo a livello tecnico limita le possibilità di *storage capacity* dei singoli blocchi in quanto, maggiore è la dimensione del blocco, maggiore è il tempo impiegato affinché questo sia condiviso.

Ad oggi la blockchain Bitcoin può gestire in media 7 transazioni al secondo mentre quella di Ethereum che si basa su un meccanismo di consenso differente (*proof of stake*) può arrivare fino a 20 tps.

Quando i blocchi sono aggiunti da poche entità che si conoscono e si fidano l'una dell'altra, in altre parole, nelle soluzioni private di database distribuito, questi possono contenere un numero maggiore di transazioni (sempre in termini di *data storage*) senza che venga necessariamente minata la velocità e la sicurezza dell'intero ecosistema.

Alcune soluzioni blockchain private sono in grado di processare fino a 1000 transazioni al secondo. Si tratta indubbiamente di ottimi risultati, soprattutto se paragonati alle prestazioni delle soluzioni pubbliche (Swan, 2015).

Tuttavia questi sono decisamente più bassi di quelli che ad esempio oggi è in grado di offrire il circuito VISA (superiori alle diecimila al secondo).

Le blockchain private sono inoltre preferite rispetto alle soluzioni pubbliche perché offrono una maggiore tutela della *privacy* in relazione ai dati condivisi sul sistema. Infatti le regole di *governance* stabilite in fase di programmazione determinano non solo chi può modificare i dati, ma anche chi può averne accesso e di conseguenza visionarli.

Ovviamente i dati possono essere nascosti al pubblico ma, devono comunque essere condivisi tra i partecipanti della rete. A tal proposito infatti, sempre Greenspan, afferma: “*If you are willing for the activity on the ledger to be visible to the participants but not to the outside world, then your privacy problem is solved*”. (Peck, 2017)

Infine utilizzare una *permissioned* blockchain permette di risolvere i problemi legati alla *governance* del sistema. Si pensi ad esempio che Bitcoin per quasi due anni è stata oggetto di un'importante battaglia "politica" tra i *miner* e gli sviluppatori in relazione alla scalabilità del sistema.

Nell'estate del 2017 la disputa si è risolta con quello che in gergo tecnico si definisce un *fork* ovvero la blockchain, per mezzo di un complesso meccanismo di votazione che coinvolge i nodi della rete, si è divisa. In altre parole alcuni nodi della rete si sono staccati dalla blockchain originale dando vita ad una nuova versione di *distributed ledger* modificata di alcuni elementi strutturali rispetto a quella di Bitcoin.

Questo dimostra come nelle soluzioni pubbliche sia impossibile affermare come un progetto evolverà nelle prossime settimane, mesi, anni o decenni e chi avrà il potere di guidare i cambiamenti.

Queste dinamiche legate alla *governance* delle blockchain pubbliche ovviamente non possono abbracciare quelle che sono le necessità ed i bisogni delle imprese che proprio per questo e per i motivi descritti pocanzi si stanno muovendo verso soluzioni private. In queste infatti, come detto in precedenza, i nodi che aggiornano la blockchain, e quindi i dati in essa contenuti, sono gli stessi che aggiornano il codice.

Alla luce di quanto delineato in questo paragrafo è possibile trarre alcune conclusioni. Le blockchain pubbliche consentono un importante miglioramento rispetto ai tradizionali database relazionali soprattutto in termini di trasparenza, visibilità sui dati condivisi e democratizzazione della rete.

Se invece fattori quali costi, tempi, privacy e prevedibilità risultano essere di vitale importanza per l'attività che si intende gestire sia questa imprenditoriale, sociale o governativa, allora è preferibile l'adozione di una soluzione blockchain privata (Catalini et al., 2017).

Occorre in ogni caso tenere in considerazione la possibilità che la blockchain non sia una soluzione adatta e che forse i database relazionali in diversi contesti rimangono e rimarranno ancora la tecnologia dominante.

La figura sottostante rappresenta a livello grafico le considerazioni discusse in questo paragrafo.

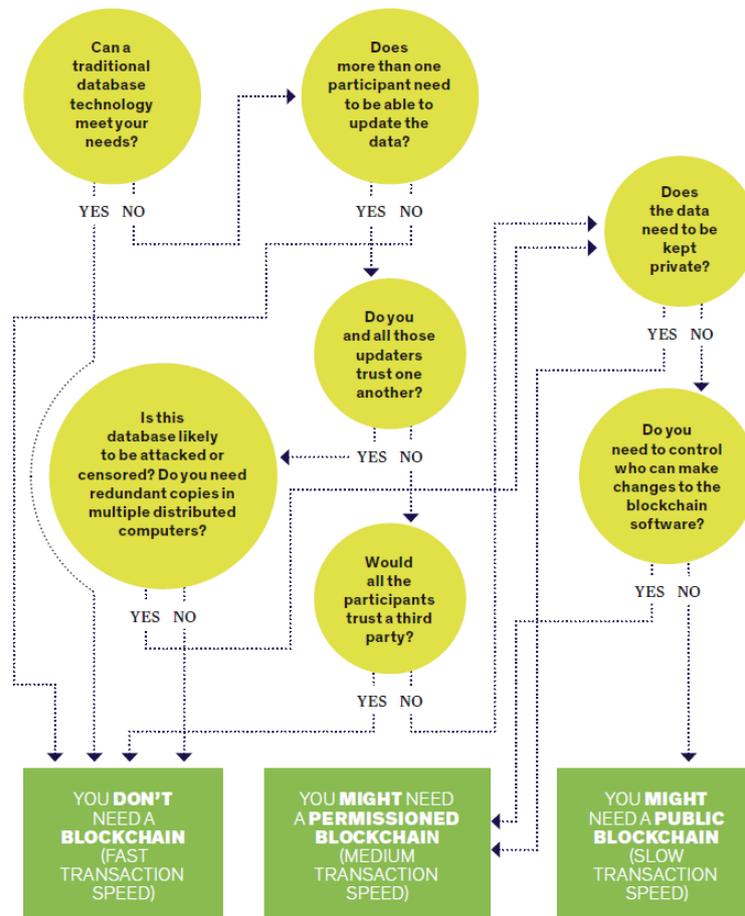


Figura 8. *Do you need a Blockchain?*, (Peck, 2018)

1.8 Domini applicativi della tecnologia blockchain

Dopo il suo lancio nel 2008 la blockchain ha ottenuto grande visibilità soprattutto per le importanti implicazioni che ha comportato a livello finanziario. Ma la moneta virtuale è solo una delle possibili applicazioni del database distribuito. Infatti la blockchain, grazie alle sue caratteristiche fondanti e alle sue peculiarità tecnologiche, presenta numerosissime differenti soluzioni che trascendono dalle *criptocurrency*.

Le imprese ed i governi hanno investito negli ultimi anni importanti quantità di denaro ed energie volte a studiare e sviluppare nuove possibili soluzioni blockchain in grado di rendere i processi più efficaci, efficienti e trasparenti. La blockchain è stato anche uno dei temi centrali affrontati nell'edizione del 2017 del World Economic Forum.

Le analisi del WEF hanno mostrato come l'interesse da parte degli investitori nei confronti di questa tecnologia sia aumentato in termini esponenziali tra il 2015 ed il 2017 (Don Tapscott and Alex Tapscott, 2016). Tali dati sono stati confermati dalla società di consulenza Deloitte secondo la quale che negli

ultimi anni sono stati investiti più di un biliardo di dollari in centoventi differenti blockchain *startup*, la metà di questi soltanto nel 2016. [13]

Nella figura sottostante è mostrata una rassegna sintetica ma, rappresentativa, del fenomeno delle blockchain *startup* che ha investito il mercato globale negli ultimi anni.

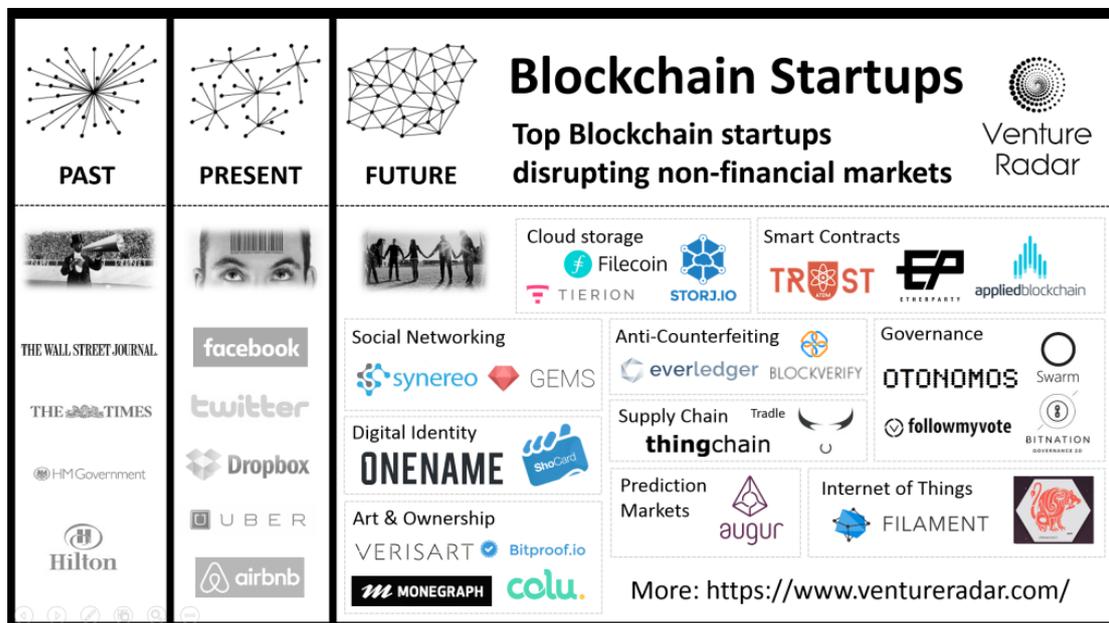


Figura 9. Blockchain startup

Dall'immagine emerge chiaramente come gli ambiti applicativi della tecnologia siano innumerevoli e di conseguenza come nel tempo siano state prese le distanze dal settore finanziario. Il database distribuito offre infatti una serie di potenziali opportunità in numerosi settori industriali. Inoltre la natura *open-source* della tecnologia ha indubbiamente stimolato programmatori e progettisti, nonché imprenditori ed enti governativi, ad immaginare e strutturare soluzioni sempre più articolate e complesse, capaci di influenzare ogni aspetto della vita aziendale e umana. Ma, nonostante le numerose sperimentazioni, ad oggi la tecnologia si trova ancora in una fase embrionale e richiederà anni prima di poter entrare in modo organico all'interno delle nostre vite. Nonostante ciò, come afferma la nota società americana Gartner, le possibilità offerte dalla blockchain sono straordinarie e il futuro non può che ritagliarci sorprese ed opportunità. Secondo Gartner infatti dobbiamo aspettarci applicazioni che ad oggi non possiamo ancora nemmeno immaginare. [14]

Vediamo ora nel dettaglio i differenti domini applicativi del database distribuito basando l'analisi su un lavoro di ricerca presentato nel 2017 dall'Osservatorio Blockchain del Politecnico di Milano (Valeria Portale, 2018). La tabella sottostante, frutto della ricerca svolta all'interno dell'Osservatorio, mostra le differenti applicazioni della tecnologia blockchain in Italia, facendo una distinzione tra quelle Finance e Non-Finance.

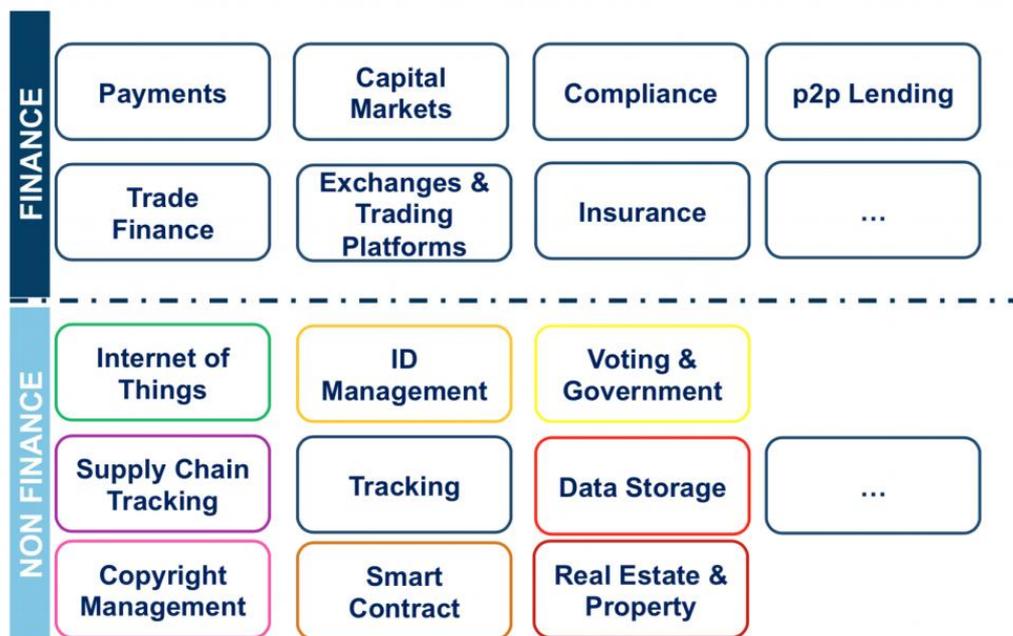


Figura 10. Applicazioni della Blockchain in Italia (Osservatorio Blockchain del Politecnico di Milano, 2017)

Da una prima analisi della figura risulta chiaro come quello finanziario sia il settore di maggiore interesse sia per gli investitori che per gli sviluppatori. Questo, come detto precedentemente, è dovuto al fatto che il progetto di Satoshi Nakamoto nasce proprio con l'obiettivo di introdurre sul mercato una nuova moneta digitale ed un nuovo modello transazionale per lo scambio di denaro. Non bisogna dunque stupirsi se i progetti, almeno in fase iniziale, si sono sviluppati nella stessa direzione. Infatti, grazie all'eliminazione degli intermediari, la blockchain permette di abbattere i costi delle commissioni bancarie e di conseguenza di effettuare le transazioni senza ricorrere ad ingenti dispendi di tempi e costi. Come accennato nei paragrafi precedenti, i primi ad investire nella tecnologia blockchain sono state proprio le banche e gli istituti finanziari, che hanno cercato fin da subito di ritagliarsi quote di mercato rilevanti per giocare un ruolo da protagonisti sullo scenario mondiale. Sono innumerevoli gli esempi a tal proposito: Goldman Sachs, il colosso bancario americano, ha dichiarato ufficialmente che la Blockchain è destinata a rivoluzionare il settore finanziario (Boroujerdi et Wolf, "What if I Told You..." *Equity Research, Goldman Sachs*, 2015), mentre Barclays e UBS hanno pubblicamente ammesso che potrebbero utilizzare la tecnologia su diversi ambiti operativi, dalle rimesse di pagamento alla contrattualistica..

A conferma dell'interesse mostrato dal mondo bancario nel settembre 2016 è nato un consorzio privato di istituti finanziari denominato R3 che conta ad oggi l'adesione di 42 differenti istituti tra cui le italiane Intesa Sanpaolo e Unicredit. Insomma, è chiaro come l'attenzione posta dalle banche sulla nuova tecnologia sia molto elevata. [15] Le applicazioni che la tecnologia promette in ambito *finance* sono diverse e vanno dal *Peer-to-Peer Lending*, al *Trading*, al *Capital Markets* (con il fenomeno delle ICO), alla *Compliance*.

Dalla Figura 10 emerge in ogni caso che dal 2008 ad oggi l'attenzione si sia spostata gradualmente anche verso progetti non strettamente collegati alle criptomonete. Questi hanno infatti portato alla nascita di differenti applicazioni che hanno permesso di adottare la tecnologia anche in ambiti differenti da quello finanziario.

Sempre basandosi su uno studio proposto dall'Osservatorio Blockchain del Politecnico di Milano (Valeria Portale, 2018), effettuato su 331 progetti e riportato nella figura sottostante, si può infatti notare come le funzionalità offerte dal database distribuito impattino su differenti contesti applicativi.

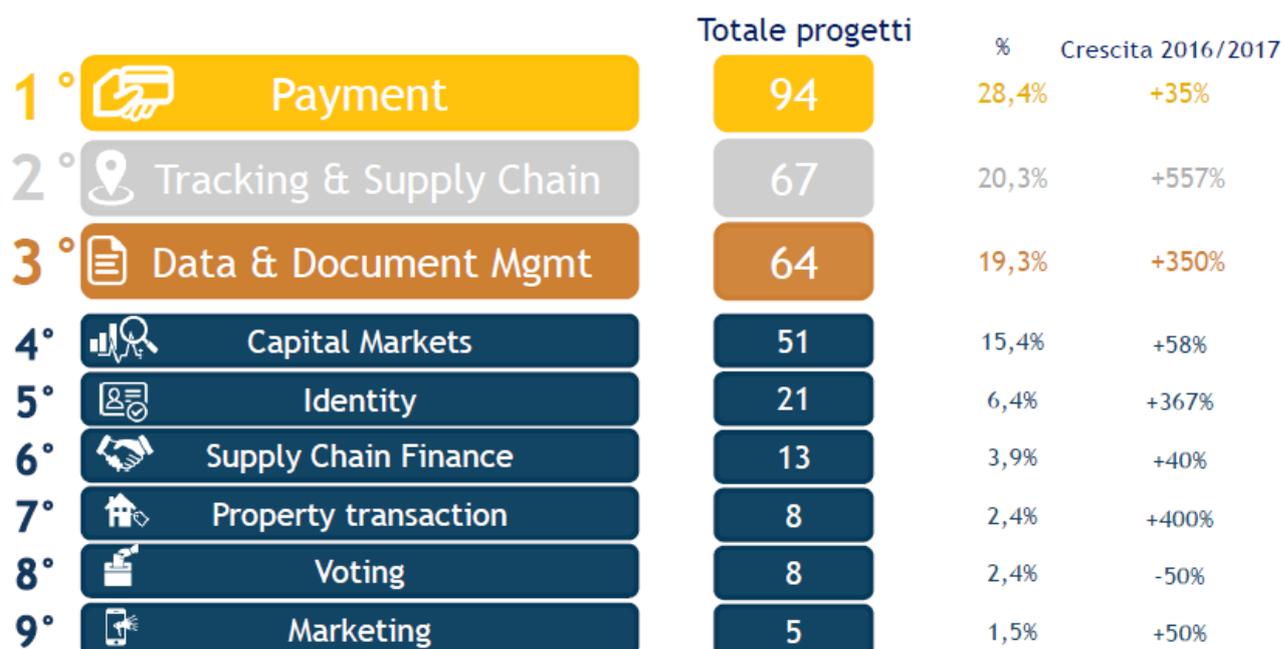


Figura 11. Classifica dei settori sui progetti blockchain (dati dell'Osservatorio Blockchain del Politecnico di Milano, Valeria Portale, 2018)

Quasi il 25% dei progetti analizzati si sviluppa in ambito *supply chain* con una crescita tra il 2016 ed il 2017 di oltre 550 punti percentuali. *Tracking & supply chain* si posiziona infatti, all'interno della classifica proposta dall'Osservatorio, al secondo posto per numero di progetti proposti.

La blockchain in *supply chain* offre tantissime applicazioni che vanno dal *tracking* dei prodotti fino all'automatizzazione dei pagamenti. Sulla base di queste considerazioni e alla luce dell'interesse mostrato dalle imprese e dalla community di sviluppatori, si è scelto, all'interno di questo elaborato di ricerca, di andare ad analizzare proprio le innovazioni blockchain all'interno delle catene di fornitura. A tal proposito il capitolo III presenterà un possibile caso d'uso di implementazione della tecnologia in *supply chain* mentre, il capitolo IV ne affronterà nel dettaglio le applicazioni.

All'interno del panorama della catene di fornitura, il settore che presenta il maggior numero di casi applicativi è quello alimentare o meglio l'*agri-food industry*. Per questo motivo il capitolo V si focalizzerà sulle applicazioni blockchain nel settore agroalimentare al fine di presentare una fotografia sull'attuale

impiego della tecnologia e sul suo grado di evoluzione. I risultati sono stati ottenuti grazie ad un'analisi quantitativa condotta su un campione di iniziative blockchain di *startup* e *company* in tutto il mondo.

Per avere un quadro più chiaro e delineato della tecnologia si è deciso comunque di descriverne le sue implicazioni all'interno dei differenti ambiti applicativi, trascendendo ovviamente da quello finanziario su cui si è ampiamente discusso e da quelli che verranno approfonditi nei capitoli successivi. Vediamo dunque i più importanti.

1.8.1 Blockchain all'interno del panorama dell'Industry 4.0

Le applicazioni blockchain possono essere impiegate all'interno del settore manifatturiero ed in termini più ampi all'interno del panorama della Quarta Rivoluzione Industriale di cui parleremo dettagliatamente nel capitolo successivo. Infatti, la logica decentralizzata della blockchain e le caratteristiche ad essa connesse, sono in grado di supportare, migliorare e in alcuni casi modificare radicalmente le attività di produzione, la logistica e il *supply chain management*. Grazie ad esempio alla possibilità di preservare il dato è possibile aumentare la sicurezza, l'affidabilità e la trasparenza dei processi produttivi e di fornitura. Le soluzioni che fino ad oggi sono state sviluppate permettono di portare il nuovo concetto di *trust* caratteristico della tecnologia blockchain ed ampiamente discusso in precedenza, all'interno delle operazioni aziendali in relazione alle transazioni ad essa connesse. A tal proposito è possibile ripensare la comunicazione e lo scambio di dati all'interno e all'esterno delle aziende dando vita a nuove forme di collaborazione e cooperazione che spaziano dal *risk management* alla gestione condivisa delle scorte.

Un'altra potenziale applicazione che potrebbe colpire i business network riguarda l'automazione dei processi di *procurement* grazie all'implementazione di sistemi di notifica *real time*, al monitoraggio costante e condiviso dei livelli di magazzino e dunque della disponibilità dei prodotti finiti (pronti per la vendita).

Maggiori dettagli e approfondimenti a tal proposito verranno trattati nel capitolo IV dedicato alle applicazioni blockchain in *supply chain*.

1.8.2 Blockchain in Sanità

Oltre al settore agroalimentare anche quello della Sanità pubblica ha attirato l'attenzione degli sviluppatori blockchain ed in particolare dei grandi *provider* tecnologici. Sono state infatti immaginate possibili applicazioni della tecnologia mirate ad ottimizzare la gestione e la condivisione dei dati relativi ai singoli pazienti con conseguente aumento della sicurezza e velocità dell'informazione scambiata.

Questo permetterebbe alla Sanità pubblica di migliorare il livello di servizio ed allo stesso tempo di consentire ai medici di accedere rapidamente alla cartella clinica del singolo paziente in formato digitale. Attraverso la condivisione centralizzata dell'informazione sulle cartelle cliniche i singoli medici possono conoscere in anticipo la storia dei pazienti e di conseguenza velocizzare e rendere più efficace la somministrazione delle cure. La condivisione dei dati tra i differenti presidi ospedalieri inoltre permette di migliorare e potenziare l'attività di ricerca consentendo ai medici di rimanere aggiornati *real-time* sui progressi fatti nella cura di alcune patologie come il cancro o la SLA.

Come accennato in precedenza l'attenzione nei confronti del settore sanitario coinvolge non solo le *startup* o i centri di ricerca ma, anche i grandi *provider* tecnologici come IBM. A tal proposito Francesco Melcarne, executive IT Architect di IBM Italia in un'intervista a proposito della blockchain in Sanità, ha affermato che questa potrebbe essere utilizzata per: “proteggere la catena di fornitura dei farmaci dalle contraffazioni, così come i pagamenti per le prestazioni sanitarie offerte da ospedali e cliniche private (...) e ancora, per gestire in sicurezza i dati prodotti dagli studi scientifici, ma anche dai circa 30 miliardi di dispositivi sanitari indossabili che si prevede saranno attivi nel 2020 in tutto il mondo, collegati alla rete con applicazioni Iot (*Internet of Things*). (...) (A tal proposito) Secondo il Protenus Breach Barometer report, nel 2016 si sono contate 450 infrazioni di dati con un impatto su 27 milioni di pazienti”. [16] “Sarà un cambio di paradigma totale. – sottolinea Melcarne – In sanità (la blockchain) potrà essere applicata nella gestione del fascicolo sanitario elettronico, nei pagamenti per le prestazioni sanitarie o delle pratiche assicurative di rimborso in caso di malattia o infortunio. Nel caso dei trial clinici – aggiunge – i promotori avranno la possibilità, grazie a blockchain, di ottenere lavori scientifici finalmente certificati passaggio per passaggio”. [16]

1.8.3 Blockchain nella Pubblica Amministrazione

La tecnologia blockchain trova applicazione anche all'interno del settore della pubblica amministrazione dove ad oggi si immagina possa essere utilizzata per fornire un'identità digitale ai cittadini. L'adozione della *digital identity* potrebbe portare a risolvere alcuni dei problemi legati all'evasione fiscale ed alla criminalità proprio grazie ai sistemi di controllo distribuiti. Altre applicazioni riguardano invece i sistemi di votazione: sono state infatti proposte soluzioni che consentono ai cittadini di poter votare direttamente da smartphone o da PC in modo sicuro e veloce senza dover più ricorrere alle urne.

Questo renderebbe l'intero meccanismo di votazione più semplice ma, soprattutto più trasparente, evitando così rischio di frodi o brogli elettorali.

Capitolo II - Sfide degli attuali modelli di *Supply Chain Management*

Prima di illustrare nel dettaglio cosa sia e quali caratteristiche abbia una *Supply Chain*, ai fini della trattazione si è scelto di definire in termini generali che cosa si intenda per logistica e quali sia il suo ruolo all'interno delle organizzazioni. Negli anni, infatti, con il mutare dell'ambiente competitivo il concetto di logistica ha subito importanti mutazioni ed ha assunto un connotato centrale all'interno del panorama aziendale, fino a diventare ad oggi, una delle attività chiave per il soddisfacimento del consumatore finale.

Il capitolo prosegue con un'analisi dettagliata delle sfide e delle criticità che caratterizzano le attuali catene di fornitura ed in termini più ampi il *Supply Chain Management*. In questi termini l'innovazione tecnologica e le nuove soluzioni da questa proposte si prefiggono di risolvere o superare, almeno in parte, molte delle problematiche che attualmente caratterizzano i *supply network*. L'elemento chiave che accomuna questi nuovi strumenti risiede nella loro capacità di fornire soluzioni che spingano le imprese a re-ingegnerizzare i propri processi per meglio soddisfare le richieste del consumatore finale. La tecnologia in questi termini obbliga le imprese a riformulare e ripensare le proprie catene di fornitura per renderle più flessibili e capaci di adattarsi alle nuove sfide imposte dal mercato e dalla concorrenza. Sulla base di queste considerazioni nella parte finale del capitolo infine verrà descritto ed analizzato il passaggio dalle *Supply Chain* alle *Digital Supply Chain* grazie al supporto offerto delle tecnologie digitali.

2.1 La logistica: aspetti introduttivi

L'aumento della complessità ed i cambiamenti in termini di ecosistema hanno generato un impatto chiave su tutte le attività d'impresa. In questi termini, le organizzazioni, soprattutto quelle più attente alle dinamiche d'innovazione, hanno dato vita negli ultimi anni a radicali processi di trasformazione che hanno investito in modo trasversale le diverse *business function* aziendali anche se con tempi e modalità differenti (Pinna, 2006).

All'interno di questo nuovo scenario anche la logistica è stata oggetto di un radicale cambiamento. Questo perché nell'attuale contesto competitivo, sono emersi nuovi e potenti *trend* che hanno modificato radicalmente l'attività d'impresa. Tra questi occorre sottolineare: la maggiore personalizzazione dei prodotti e l'accorciamento del loro ciclo di vita; l'aumento della complessità della domanda e l'esplosione

del numero dei canali di distribuzione. In questo panorama la logistica gioca un ruolo chiave soprattutto per tutte quelle imprese che sono alla continua ricerca di alti standard qualitativi.

Infatti, le imprese di oggi per poter competere efficacemente devono essere capaci di soddisfare la domanda del consumatore finale non solo più in termini di qualità del prodotto ma, anche di qualità del servizio offerto ed in particolare in termini di puntualità, affidabilità e personalizzazione.

Il termine *logistica* è stato utilizzato per la prima volta nell'antica Grecia con un'accezione filosofica e matematica, lontana dunque dalla sua attuale connotazione industriale ed economica.

Il termine francese *loger*, il cui significato è "allocare" e da cui si pensa possa risalire la parola logistica, ad oggi risulta fin troppo riduttivo e non in grado di definire adeguatamente la complessità e l'ampiezza di una disciplina aziendale ormai ritenuta critica da parte delle imprese.

Una definizione universalmente accettata di logistica è quella proposta dal *Council of Logistics Management* che definisce la logistica come un "*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*".

Da una prima analisi di tale definizione emerge come l'obiettivo della logistica risieda nell'assicurare la disponibilità del prodotto giusto, nella giusta quantità, nella giusta condizione, nel luogo giusto, al momento giusto, al cliente giusto ed al giusto costo. Si comprende chiaramente come in realtà la logistica contribuisca a creare valore per il cliente finale ed allo stesso tempo come determini la capacità di sopravvivenza delle imprese.

In altri termini, la logistica si pone come obiettivo principale l'efficienza, ovvero la minimizzazione dei costi ed allo stesso tempo la massimizzazione del livello di servizio offerto al cliente finale. Vediamo ora invece cosa si intenda per *supply chain*.

2.2 Supply chain: definizione e caratteristiche

Sebbene esistano numerose definizioni di *supply chain* tra i diversi studiosi vige un generale consenso sui contenuti della stessa. Questa può essere definita come "*un insieme selezionato, 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 produttori di materie prime*" (Pinna, 2006).

Dalla definizione emerge chiaramente come il concetto di *supply chain* sia più ampio rispetto a quello di logistica. Questo infatti fa riferimento a tutto quell'insieme di attività aziendali che avvengono al di fuori

dei confini aziendali e che includono le entità coinvolte nella gestione dei flussi fisici ed informativi. Si assiste dunque ad uno spostamento del focus che passa da una dimensione interna alle imprese ad una esterna che coinvolge tutte le organizzazioni facenti parte del network di fornitura.

La singola impresa dunque non deve più solamente gestire i flussi interni, ma anche quelli dell'intero ecosistema in cui opera, concentrando la propria attenzione sul cliente finale che diventa il fine ultimo dell'attività cooperativa svolta dall'intera rete. (Tunisini A., 2003)

Per tale ragione ed alla luce delle maggiori complessità che hanno caratterizzato il panorama competitivo, si è assistito negli ultimi anni ad un aumento dell'interesse da parte delle imprese e delle istituzioni ai problemi relativi la gestione strategica delle *supply chain*.

Le motivazioni che risiedono dietro tale fenomeno sono da ricercarsi nell'aumento dell'importanza dei processi di approvvigionamento e di distribuzione. Questi infatti sono diventati centrali nei network di fornitura, soprattutto a causa delle continue pressioni imposte dal mercato in termini di maggiore flessibilità, innovazione, efficienza ed efficacia. Inoltre l'ambiente all'interno del quale le imprese competono è caratterizzato da una crescente incertezza e proprio in questi termini la gestione efficace degli approvvigionamenti diventa un'attività strategica (Pinna, 2006).

In questo nuovo scenario è stato fondamentale lo sviluppo del concetto di *Supply Chain Management*. Questo si concretizza in un nuovo approccio di gestione nel quale la singola impresa diventa parte di una rete di entità organizzative che integrano tra loro i propri processi per fornire prodotti o erogare servizi al cliente finale (Ram Ganesan, P. Harrison, "An Introduction to Supply Chain Management", 2002).

In questo nuovo panorama la *supply chain* deve essere concepita come un sistema di valore a cui contribuiscono tutti gli attori della catena. Il successo dell'intero sistema dipende infatti dalla capacità dei singoli player di interagire tra di loro. In quest'ottica la continua connessione tra tutti i nodi della rete ed allo stesso tempo tra le imprese ed i clienti finali, diventa un elemento essenziale e la base di un nuovo modello di business nel quale i flussi fisici ed informativi devono essere estesi oltre ai confini dell'azienda.

Il successo della singola impresa dunque deve essere riferito non tanto ad essa quanto più alla competitività dell'intero sistema di valore in cui questa si trova. Non è più dunque la singola organizzazione a competere all'interno del mercato ma, l'intera *supply chain*, al cui interno vi sono relazioni sia di natura logistica sia di mutuo scambio di informazioni, conoscenze, competenze, servizi che concorrono a realizzare attività e processi (Lambert D. et al, 1998).

Di particolare interesse ai fini di questo lavoro di ricerca è sottolineare nuovamente come il concetto di *supply chain* faccia riferimento ad un **sistema di entità cooperativo**, ovvero nel quale i singoli nodi della rete collaborano tra loro al fine di soddisfare le richieste del consumatore finale.

Le entità della rete mantengono ovviamente l'autonomia e si legano agli altri attori del sistema grazie a rapporti contrattuali di lungo o breve periodo. Allo stesso tempo però propongono, almeno a livello teorico, soluzioni finalizzate all'assunzione di decisioni comuni e all'integrazione degli sforzi per progettare, realizzare, produrre e scambiare informazioni.

Il concetto di integrazione tra i processi di business rappresenta una delle condizioni essenziali per la sussistenza della *supply chain* in quanto, per poter creare valore, le singole imprese devono essere in grado di gestire un numero elevato di processi isolati e frammentati per generare un sistema capace di soddisfare le richieste del cliente finale (Sciarelli S. 1997). Si tratta dunque di un'integrazione non fine a se stessa ma, finalizzata al raggiungimento di obiettivi comuni e al miglioramento della posizione competitiva dell'intero sistema.

2.2.1 Il concetto di *Integrated Supply Chain* e *Supply Chain Network*

Per poter avere successo all'interno dell'economia digitale, le organizzazioni si sono trovate a dover gestire l'integrazione di tecnologie, persone e processi non solo più all'interno della propria impresa ma, anche al di fuori dei confini aziendali. I sistemi di SCM hanno permesso di facilitare la cooperazione e la collaborazione tra le imprese sia nei confronti dei fornitori che dei clienti e dei business partner .

Le soluzioni tecnologiche di supporto al *Supply Chain Management*, come ad esempio i sistemi ERP o CRM, sono state in grado di offrire importanti benefici. Nonostante ciò, la loro gestione ed implementazione ha sollevato una serie di sfide e di problematiche che le organizzazioni si sono trovate costantemente ad affrontare.

In questi termini l'integrazione dei sistemi e la re-ingegnerizzazione dei processi si sono rivelate strategie chiave per permettere alle imprese di mantenere il loro posizionamento sul mercato e perseguire un vantaggio competitivo. L'integrazione non coinvolge solamente l'implementazione di sistemi ERP condivisi, ma anche l'integrazione dei sistemi ERP e di SCM con il CRM, il PLM (*Product Lifecycle Management*) e i sistemi di *e-procurement* e di *e-marketplace*, in modo che siano tutti tra loro connessi al fine di favorire la cooperazione e la collaborazione lungo l'intera *value chain*.

Negli attuali ambienti di business, caratterizzati da un elevato dinamismo, molte imprese stanno espandendo, contraendo o, diversamente, riprogettando le loro catene di fornitura. A causa della rapida crescita tecnologica i modelli classici di *supply chain* si sono rapidamente evoluti, lasciando spazio a quelli che noi conosciamo oggi come *Supply Chain Network*. Il *Supply Chain Network* è un sistema organico e dinamico nel quale tutte le imprese sono tra loro integrate con l'obiettivo di migliorare il valore complessivo dell'intera catena. L'integrazione è il processo di ridefinizione e connessione delle parti di un

intero, al fine di formarne uno nuovo. Nelle *supply chain* la definizione delle parti solitamente coincide con i confini dell'impresa stessa (Hussain, 2010).

Nel ventunesimo secolo abbiamo assistito ad alcuni cambiamenti a livello mondiale che hanno contribuito alla nascita e allo sviluppo dei *supply chain network*. Innanzitutto, in seguito alla globalizzazione, la proliferazione di società multinazionali, joint-venture, alleanze strategiche e business partnership si sono mostrate essere fattori critici di successo. Altre pratiche a livello produttivo sono state adottate al fine di rendere le imprese più flessibili e capaci di reagire rapidamente ai continui mutamenti del mercato. Tra questi si pensi alle pratiche di *Just in Time*, *Lean Management* e *Agile Manufacturing*. In secondo luogo i cambiamenti tecnologici ed in particolare la drammatica caduta del costo delle tecnologie di comunicazione, hanno permesso di cambiare radicalmente il coordinamento tra i diversi membri del *supply chain network* (Lambert D. et al, 1998).

Questi fattori hanno spinto le imprese ad integrare i processi aziendali dando vita ai sistemi complessi che oggi noi conosciamo, ovvero i *supply chain network*.

2.3 Sfide e criticità delle attuali *supply chain*

La competizione che contraddistingue oggi la maggior parte dei settori industriali è rappresentata da importanti e sostanziali novità rispetto al passato. Innanzitutto il cliente ricopre una posizione sempre più centrale e, da soggetto passivo, si trasforma in attore attivo indirizzando le proprie preferenze verso le imprese in grado di soddisfarle. Le scelte del cliente inoltre non si basano più solo sul prezzo ma, anche su altri fattori di natura sia materiale che immateriale, associati alla qualità del prodotto o del servizio erogato (Gyorey, Sabina, "The challenges ahead for supply chains", *McKinsey Company Report*, 2010)..

Questi cambiamenti hanno spinto le organizzazioni a porre una maggiore attenzione sulla propria offerta, cercando di personalizzarla per soddisfare le specifiche esigenze dei consumatori.

Questo quadro si complica in modo significativo se si prendono in considerazione altri importanti fattori che hanno aggravato ulteriormente l'attività d'impresa quali: la globalizzazione, lo sviluppo tecnologico, l'accorciamento del ciclo di vita delle *commodity*, il mutamento delle condizioni di concorrenza.

All'interno di questo complesso ecosistema condizionato da una sempre più rapida evoluzione delle variabili ambientali, le *supply chain* hanno sperimentato nuove configurazioni in grado di garantire flessibilità e dinamicità indispensabili per poter competere in un ambiente caratterizzato da elevata incertezza (Geissbauer R. et al. 2013, *Global Supply Chain Survey*, Pwc).

Il focus è passato dalla gestione delle attività interne alla ricerca di una più forte integrazione con tutti gli attori esterni al fine di meglio soddisfare il cliente finale. Il progressivo aumento di varietà, variabilità ed

incertezza del contesto hanno infatti, come delineato precedentemente, spinto le imprese ad adottare modelli caratterizzati da un crescente incremento del grado di apertura verso l'esterno, permettendo alle singole entità facenti parte della *value chain* di focalizzarsi sulle competenze distintive ed acquisire quelle complementari da terzi (Lambert D. et al, 1998).

In un ambiente dunque sempre più complesso come quello appena descritto, l'attività di *Supply Chain Management* si è dimostrata essere sempre più difficile e articolata. Vediamo ora nel dettaglio quali sono le sfide che devono affrontare le odierne *supply chain*.

2.3.1 Gestione della complessità

Negli ultimi decenni, come già ampiamente descritto in precedenza, il panorama competitivo al livello globale ha subito profonde trasformazioni, soprattutto in termini di: **varietà di beni disponibili** sul mercato e **grado di personalizzazione** dei prodotti. La diversificazione del portafoglio-prodotti e la conseguente **esplosione del numero di *Stock Keeping Unit*** unita ad una progressiva **estensione delle catene di fornitura**, ha generato un aumento delle complessità nella gestione delle *supply chain*. Il panorama già di per sé articolato, si complica ulteriormente se si tiene in considerazione l'**aumento esponenziale dei canali di vendita** attraverso i quali le imprese distribuiscono i loro prodotti.

All'interno di questo contesto le imprese si sono trovate e dovere spostare il proprio focus dalla tradizionale gestione interna dell'organizzazione al governo dei processi nelle *Extended Supply Chain* (Pinna, 2006).

Una delle circostanze alla base del mutamento dell'attuale panorama competitivo è stata indubbiamente la **globalizzazione**. Quest'ultima ha influenzato in misura sostanziale le opportunità offerte alle imprese soprattutto in termini di delocalizzazione produttiva e gestione dei contratti di *outsourcing*. Nel primo caso infatti grazie alla possibilità di espandersi oltre i confini nazionali, le organizzazioni hanno iniziato a spostare la produzione in territori in cui i costi della manodopera o delle materie prime fossero più bassi. Queste nuove configurazioni nonostante abbiano permesso di conseguire ampi risparmi in termini economici hanno, allo stesso tempo, complicato la gestione delle attività di distribuzione e di approvvigionamento dei prodotti.

Inoltre, sempre in seguito alla globalizzazione, sono emerse nuove strategie di *outsourcing* che, se da una parte, hanno permesso di esternalizzare la produzione oltre i confini nazionali, dall'altra hanno complicato le attività di coordinamento ad esse connesse.

All'interno di questo articolato ecosistema le singole imprese per poter sopravvivere hanno iniziato ad impiegare nuovi modelli di gestione strategica delle attività grazie anche al contributo offerto dalle nuove tecnologie. Rientrano all'interno di questo contesto le cosiddette aziende virtuali. L'azienda virtuale può

essere definita come un insieme di entità operative autonome ed indipendenti che agisce in modo integrato e si configura ogni volta meglio come catena del valore per perseguire le opportunità di business offerte dal mercato.

Le *supply chain* hanno dunque iniziato ad adottare *approcci sistemici* alla gestione dei flussi fisici e informativi. Per poter adottare le nuove tecnologie le imprese hanno dovuto ripensare le proprie catene di fornitura adattandole alle richieste di maggior flessibilità e agilità imposte dal mercato e dalla concorrenza (Janvier James, 2012).

Riassumendo dunque, l'aumento della complessità all'interno delle catene di fornitura, è dovuto principalmente a:

- l'esplosione nel numero di *Stock Keeping Units*;
- l'aumento della varietà e dei gradi di personalizzazione dei prodotti;
- estensione globale delle catene di fornitura;
- la presenza di nuovi canali di distribuzione e di vendita;
- l'aumento dell'incertezza e della variabilità della domanda.

Di fronte ad una crescente complessità le imprese facenti parte delle *supply chain* si sono trovate a dover:

- aumentare l'**efficienza** nei processi di business;
- aumentare la **reattività** nel servire domanda;
- incrementare la **flessibilità** per meglio rispondere ai cambiamenti del mercato.

Queste sono dunque le **sfide** che caratterizzano le odierne catene di fornitura e alle quali le imprese sono costantemente chiamate a rispondere: maggiore efficienza per meglio competere all'interno di un mercato sempre più globalizzato; maggiore flessibilità ovvero capacità di adeguarsi ai mutamenti imposti dal mercato attraverso il miglioramento della propria organizzazione aziendale e delle proprie risorse tecnologiche; maggiore reattività o *responsivness* ovvero migliore capacità di adattarsi ai cambiamenti della domanda finale per meglio servire i propri clienti.

2.3.2 Sostenibilità

La sostenibilità aziendale è uno dei temi chiave di questo nuovo millennio e si configura come una delle grandi sfide delle attuali *supply chain*. All'interno di questo contesto, le imprese facenti parte del network di fornitura, in quanto principali attori dell'ecosistema mondo in cui viviamo, si sono trovate a dover affrontare il grande tema della *corporate sustainability*.

Oggi infatti, i consumatori pongono sempre più attenzione al tema della sostenibilità. Una ricerca del 2015 promossa da Nielsen e dal titolo "*Nielsen Global Survey of Corporate Social Responsibility and*

Sustainability" ha dimostrato come in Italia il 52% dei consumatori siano disposti a pagare un *preuim price* per acquistare prodotti proveniente da *brand* sostenibili. A livello globale lo stesso dato si aggira intorno al 66%. La stessa ricerca dimostra inoltre come le aziende impegnate nella sostenibilità sociale ed ambientale abbiano registrato nel 2015 crescite del fatturato pari al 4% l'anno.

Non sono solo i consumatori finali a porre maggiore attenzione al livello di sostenibilità adottato dalle imprese nel perseguimento dell'attività di business: un comportamento simile si può riscontrare anche da parte degli investitori. Alcune ricerche dimostrano come i *Venture Capital* nelle scelte di investimento non indagano più esclusivamente gli andamenti economico-finanziari di un'impresa ma, tengano sempre più in considerazione gli aspetti sociali e l'impatto che le aziende hanno sull'ambiente di riferimento. [17]

Anche da parte dei mass media è sempre più alto l'interesse nei confronti delle pratiche di trasparenza aziendale.

A livello d'impresa, in relazione all'adozione di pratiche sostenibili, un importante contributo è stato offerto dall'introduzione, all'inizio del nuovo millennio, del concetto di *Corporate Social Responsibility* (CSR). A tal proposito, durante il Consiglio Europeo di Lisbona nel 2000, la CSR è entrata nell'agenda dell'Unione Europea come "uno degli strumenti strategici per realizzare una società più competitiva e socialmente coesa e per modernizzare e rafforzare il modello sociale europeo" [18]. Nel 2001 la CSR è stata definita nel Libro Verde della Commissione Europea come: "l'integrazione volontaria delle preoccupazioni sociali e ambientali delle imprese nelle loro operazioni commerciali e nei rapporti con le parti interessate" (Commissione Europea, *Libro Verde*, 2001). *La Corporate Social Responsibility* in altre parole spinge l'impresa ad essere responsabile non solo nei confronti dei suoi azionisti ma, anche nei confronti di tutti i suoi *stakeholder* ovvero dipendenti, consumatori e cittadini. I principi di CSR sono anche regolati da standard internazionali e da norme specifiche di rendicontazione non finanziaria.

In seguito ad una direttiva europea gli standard di CSR sono stati implementati anche dal governo Italiano nonostante nel nostro paese ad oggi la norma valga solo per le imprese con oltre 500 dipendenti (limitandone fortemente l'applicabilità).

Oltre all'attenzione riposta dai governi e dalle istituzioni, il tema della sostenibilità è stato al centro di numerosi programmi e progetti a livello internazionale. A tal proposito si ritiene sia importante in questa sede citare il lavoro proposta dal *World Economic Forum* sui *Sustainable Development Goals* (SDGs). La fondazione svizzera di respiro internazionale ha infatti sviluppato per il periodo 2016-2030 diciassette obiettivi che a livello mondiale devono essere raggiunti al fine di rendere il pianeta in cui viviamo un luogo adatto a continuare ad ospitare la specie umana. Il documento si caratterizza rispetto a quello precedente dei *Millennium Development Goals* (MDGs), rivolti al periodo 2001-2015, per l'universalità degli obiettivi definiti: questi valgono infatti per tutto il mondo, non solo per i Paesi in via di sviluppo e non impegnano soltanto i governi ma, tutti i soggetti che operano nei 183 Stati che li hanno sottoscritti ovvero società civile, organizzazioni di volontariato e imprese.

Sulla base delle considerazioni appena fatte risulta chiaro come la sostenibilità sia diventato oggi un elemento fondamentale per le imprese, tanto da minarne la loro sopravvivenza. All'interno di questo contesto le aziende per poter competere devono adottare una transizione verso la *green economy*, ovvero verso la realizzazione di una economia circolare che: minimizzi gli sprechi, migliori le condizioni di vita e di lavoro dei dipendenti, promuova politiche sociali ed ambientali che non siano distruttive per il Pianeta.

All'interno di questo ecosistema anche nelle moderne *supply chain* il concetto di sostenibilità ha assunto un'importanza vitale dando origine alle cosiddette *Green Supply Chain*.

Rettab e BenBrik nel 2008 hanno definito il *Green Supply Chain Management* come "*a managerial approach that seeks to minimize a product or service's environmental and social impacts or footprint*" (Rettab, BenBrik, 2008).

Dalla definizione emerge chiaramente come la sostenibilità sia una sfida chiave verso cui devono tendere le *supply chain* del futuro e come questa stia diventando, sempre più, un fattore critico di successo tanto da permettere alle imprese di poter competere sul lungo periodo.

Riassumiamo dunque quali sono i benefici che un'impresa ed in termini più ampi una *supply chain* può ottenere perseguendo pratiche sostenibili all'interno della propria attività di business. Queste infatti possono:

- migliorare la propria reputazione ed l'immagine aziendale nei confronti dei clienti e della comunità locale in cui operano;
- evitare e/o ridurre gli sprechi attraverso strategie di *Life Cycle Management*;
- migliorare il clima aziendale aumentando motivazione e coinvolgimento dei dipendenti con conseguenti influenze positive sull'efficienza e sulla produttività;
- aumentare l'efficienza delle attività e dei processi aziendali in quanto grazie ad un uso più razionale delle risorse si riducono gli sprechi e di conseguenza i costi. A tal proposito KPMG grazie ad un'indagine realizzata nel 2011 in collaborazione con l'*Economist* dal titolo "*The Corporate sustainability: a progress report*" ha dimostrato che per il 34% delle aziende americane (prese a campione) l'adozione di pratiche di sostenibilità ha portato una riduzione sostanziale dei costi operativi;
- ridurre il rischio. Secondo Ernst & Young tra i maggiori rischi che corrono le aziende manifatturiere oggi vi sono da una parte, il mancato adeguamento alle leggi e ai regolamenti internazionali sulla sostenibilità ambientale, dall'altra l'utilizzo di fonti fossili in quanto destinate ad esaurirsi nei prossimi decenni (Ernst & Young, "*The Business Risk Report*", 2010).

Le imprese nel muovere i primi passi verso il raggiungimento di un business sostenibile devono innanzitutto ricercare maggiore trasparenza nei propri processi aziendali. Trasparenza e visibilità sono

infatti, come vedremo nel paragrafo successivo, due prerogative essenziali e due importanti sfide delle odierne *supply chain*, che, per loro natura, sono legate al tema della sostenibilità d'impresa. Infatti solo attraverso la comprensione ed il controllo dei prodotti e dei processi aziendali, le organizzazioni possono attivare delle politiche di miglioramento e di sviluppo mirate ad un uso più "fair" delle risorse. In questi termini il contributo offerto dalle tecnologie digitali permette alle imprese di cambiare in modo radicale il loro modo di fare business garantendo una maggiore aderenza agli standard di sostenibilità in termini ambientali, economici e sociali.

2.3.3 Trasparenza nelle *global supply chain*

La globalizzazione ha aumentato in modo drammatico il movimento trans-nazionale di *commodity*, complicando esponenzialmente la gestione delle *supply chain* a livello globale. Oggi è infatti molto difficile per le imprese tracciare le informazioni relative ad ogni singolo *step* che si realizza nel passaggio di un singolo prodotto dal produttore al consumatore finale oppure in verso opposto dal cliente risalendo tutta la filiera produttiva. La presenza inoltre di molteplici attori, ognuno dei quali contribuisce alla produzione anche oltre ai confini nazionali, rende la tracciabilità delle attuali catene di fornitura una attività realmente molto complessa. La conseguenza diretta dell'incapacità delle imprese di tenere traccia delle informazioni è l'assenza di trasparenza all'interno delle *supply chain* (Geissbauer R. et al. 2013, *Global Supply Chain Survey*, Pwc).

Nel suo annuale *Global Manufacturing Outlook* KPMG ha mostrato come nel 2015 la mancanza di visibilità lungo le *supply chain* fosse un problema rilevante. Dal report emerge che il 40% delle società intervistate dichiara di non possedere informazioni sufficienti sui materiali gestiti lungo le catene di fornitura. Si tratta di percentuali scoraggianti se si considera che sono trascorsi ormai più di vent'anni dall'inizio dell'era dell'informazione. Sempre dallo studio risulta che il 38% delle imprese non detiene dettagli sensibili e critici sulle performance dei propri fornitori mentre il 36% soffre della mancanza di adeguati sistemi IT in grado di gestire le operazioni aziendali. Secondo KPMG la causa principale di tali defezioni risiede nell'assenza all'interno delle filiere produttive di tecnologie adeguate per supportare il *tracking* delle informazioni.

Sulla base di quanto riportato, la mancanza di trasparenza non riguarda esclusivamente le singole aziende ma, le intere *supply chain* e più la catene sono allungate o frammentate più diventa difficile tenere traccia dei prodotti e delle informazioni ad essi associate.

Infatti la tracciabilità all'interno delle *extended supply chain* richiede il coinvolgimento e la collaborazione tra tutti gli attori coinvolti e può avvenire solo se vi è inter-operatività tra i sistemi informativi.

La mancanza di coordinamento tra i differenti anelli della catena fa sì che le informazioni vengano registrate separatamente all'interno dei diversi sistemi software. Questo fenomeno si verifica anche all'interno della stesse aziende ed è dovuto alla mancanza di strumenti condivisi capaci di mettere in comunicazione tra loro le diverse *business function*. Di conseguenza le imprese oltre a non poter avere accesso ai dati, non hanno visibilità su ciò che accade all'interno dell'organizzazione o in termini più ampi della catena di fornitura. Previsioni parziali generano visioni distorte della realtà che dunque non possono essere, per loro natura, utilizzate per supportare il processo decisionale. Oppure quando utilizzate portano necessariamente a processi di *decision making* viziati (Linich D. et al., 2014).

Vediamo ora nel dettaglio quali sono i principali problemi legati alla tracciabilità nelle attuali reti di fornitura e come questi possono essere risolti:

1) Difficoltà a livello regolatorio

Una delle dimensioni che rendono complicato il *tracking* delle informazioni all'interno delle *supply chain* risiede nella difficoltà delle imprese nel fare i conti con una ampia varietà di differenti sistemi regolatori che sono tra loro in continua evoluzione. Esistono tutt'ora richieste che si sovrappongono o che sono in conflitto anche all'interno dei singoli sistemi nazionali. Ad esempio, in relazione al settore alimentare, nelle diverse giurisdizioni esistono norme differenti e tra loro in contrasto in relazione: agli allergeni, al rintracciamento degli ingredienti, alla dichiarazione dei valori nutrizionali, all'utilizzo di pesticidi e molto altro ancora (Sachs et al., 2017). Questo come si può ben immaginare genera dei problemi non di poco conto alle imprese: queste infatti faticano a definire a livello tecnologico o di politiche interne degli standard che siano impiegabili ad ampio raggio nell'attività di business. Essendo dunque le regolamentazioni diverse per ogni paese o regione, ogni singola impresa si trova ad avere da affrontare una moltitudine di requisiti di tracciabilità sia interni ovvero imposti dalle pratiche aziendali o dagli standard nazionali che esterni ovvero richiesti dai paesi in cui questa esporta.

La complessità nella regolamentazione genera inoltre tutta una serie di difficoltà alle autorità nazionali rendendo difficile delimitare le responsabilità tra i vari organi.

All'interno di questo contesto spesso le imprese a causa delle innumerevoli difficoltà si accontentano di tracciare esclusivamente le informazioni richieste dalle regolamentazioni nazionali, senza sfruttare i potenziali benefici di un *tracking* completo dei prodotti lungo l'intera filiera produttiva.

2) La mancanza di digitalizzazione e di sistemi di supporto

Le *supply chain* al livello globale necessitano di essere digitalizzate al fine di poter supportare una completa tracciabilità dei prodotti e delle informazioni ad essi connesse. Oggi la mancanza di soluzioni tecniche adeguate aggrava la rapidità nei tempi di risposta e genera un flusso inefficiente dei dati. Un'ulteriore problema riguarda la mancanza di interoperabilità tra i differenti sistemi informativi il che fa sì che spesso, le attività di controllo e di auditing debbano essere eseguite manualmente. Fortunatamente

il progresso tecnologico e l'avvento del digitale hanno permesso lo sviluppo di nuove soluzioni come la blockchain che permettono di superare e risolvere queste criticità.

Nei paragrafi successivi viene proposta una rapida rassegna dei sistemi attualmente impiegati per garantire tracciabilità e trasparenza all'interno delle *supply chain*. L'obiettivo dell'analisi è quello di descriverne le caratteristiche ma, soprattutto, i limiti di tali soluzioni al fine di comprendere il potenziale impatto delle nuove tecnologie.

Tra i sistemi impiegati per tracciare le informazioni relative ai prodotti all'interno delle *supply chain* vi è il GS1, *Global Traceability Standard*, che permette di identificare in modo univoco ogni unità all'interno della catena attraverso l'utilizzo di differenti tecnologie. In questi termini esistono infatti tecniche per la cattura automatica dei dati come bar code o RFID-tag che vengono grazie a dei riferimenti disposti direttamente sui prodotti o sui pallet catturano i dati e le informazioni sui prodotti.

In accordo con GS1 un sistema per la tracciabilità dei dati dovrebbe includere una serie di componenti base che permettano di gestire:

- l'identificazione di oggetti, di parti e di luoghi;
- la cattura automatica (attraverso la lettura o lo scan) dei movimenti o degli eventi che coinvolgono un determinato oggetto;
- la registrazione e la condivisione dei dati tracciati sia internamente che con gli altri attori della *supply chain* al fine di permettere la visibilità e garantire che ciò che accade venga effettivamente realizzato.

In ogni caso a causa degli ostacoli descritti sopra, in una complessa ed estesa *supply chain*, caratterizzata da numerosi intermediari e dalla mancanza di visibilità sui processi, molte delle sfide sulla tracciabilità e trasparenza della filiera non vengono risolte grazie all'utilizzo di questi sistemi. Inoltre gli strumenti per la cattura automatica dei dati sono molto costosi, complessi da implementare e difficili da applicare sia per grossi volumi che per le merci sfuse. In molti casi dunque, le sfide di tracciabilità si concretizzano nella mancanza di registrazioni sui prodotti con conseguenti danni enormi per tutta la filiera (Sachs et al., 2017).

Inoltre l'aumento della complessità sia nel grado di personalizzazione che nelle funzionalità dei prodotti provoca un incremento esponenziale della complessità dei sistemi di tracciabilità, da cui ne consegue che molti processi risultano ancora essere *paper-based*. I documenti scritti manualmente sono caratterizzati da errori umani, rallentano il riordino dei prodotti ed la capacità di *tracking* e *tracing* delle informazioni (Linich D. et al., 2014).

Quindi la mancanza di soluzioni tecnologiche adeguate, l'utilizzo di sistemi *paper-based* e le difficoltà a livello regolatorio generano una serie di problemi legati alla tracciabilità delle informazioni e alla trasparenza all'interno delle *supply chain*, che si possono così riassumere:

- i dati sono registrati separatamente all'interno dei differenti Management Information System non permettendo la condivisione delle informazioni e l'inter-operabilità;
- non tutti gli attori hanno la possibilità di avere accesso ai dati;
- i dati raccolti sono inconsistenti e non possono essere utilizzati per supportare il processo decisionale;
- minore trasparenza dei processi;
- informazioni limitate sul ciclo di vita dei prodotti e sui trasporti;
- inefficienze in termini di *Risk Management* e *Inventory Management*;
- danni ambientali;
- danni alla salute dei cittadini;
- processi illegali di estrazione e produzione;
- danni reputazionali e di immagine dovuti a comportamenti non etici dei fornitori;
- rischi legati alla *compliance* e alla qualità dei beni acquistati e prodotti.

Per evitare questi problemi ad oggi le imprese possono munirsi di soluzioni tecnologiche mirate a garantire la tracciabilità delle informazioni ad ogni livello della filiera e soprattutto immutabilità e trasparenza dei dati salvati. In questi termini un importante contributo può essere offerto dalla tecnologia blockchain come verrà dettagliatamente descritto nel capitolo successivo.

2.3.4 Gestione dell'incertezza sulla domanda

L'incertezza ovvero "uno stato di coscienza limitato" (Wikipedia) in relazione ad un determinato evento, è uno degli elementi che contraddistingue per sua natura ogni attività umana. Alcuni ritengono che questa derivi dalla coesistenza nel mondo di variabilità e casualità, creando dunque un nesso causale tra queste due dimensioni ed il più ampio concetto di incertezza.

Altri ritengono invece che quest'ultima rientri all'interno della più ampia nozione di variabilità che dunque, secondo questa diversa interpretazione, risulta essere l'effetto di un evento incerto. In ogni caso, così come l'agire umano è soggetto ad eventi non deterministici, lo stesso vale per l'attività di impresa ed in termini più ampi per le *supply chain*.

Le possibili fonti di incertezza all'interno dei network di fornitura possono essere così classificate: la domanda, i *lead time*, i tempi di trasporto, gli eventi naturali, la disponibilità dei materiali, gli eventi socio politici e la capacità produttiva. Tra queste, l'incertezza sulla domanda è quella che indubbiamente genera maggiori impatti sulle inefficienze dei network di fornitura provocando un aumento dei costi ed una riduzione del livello di servizio. Per tali ragioni il paragrafo si concentrerà esclusivamente su tale dimensione.

Gli ordini effettuati rappresentano il fondamentale mezzo di comunicazione tra i diversi attori della *supply chain*. Ogni impresa della catena di fornitura vede la domanda come la somma degli ordini ricevuti dai nodi a valle. Di conseguenza le imprese fondano i modelli previsionali proprio sulla base di questa informazione (Pinna, 2006).

A tal proposito è naturale pensare che una variazione, anche piccola, della domanda finale generi un aumento della variabilità della domanda stessa lungo tutta la filiera. Tale oscillazione si amplifica risalendo i vari anelli della *supply chain* e tale fenomeno prende il nome di Effetto *Bullwhip* o Effetto Forrester. Tale termine venne utilizzato per la prima volta da Forrester J. W. nel 1958 all'interno di uno *report* in cui lo studioso americano teorizzava l'andamento degli ordini nelle imprese collegate tra loro da relazioni del tipo fornitore-cliente. Forrester attraverso i suoi studi dimostrò che l'ampiezza delle oscillazioni della domanda sono dovute alla struttura stessa della *supply chain* e sono legate ai meccanismi attraverso i quali sono trasferite le informazioni all'interno della catena (Forrester J. W., 1958).

Per meglio comprendere il fenomeno si faccia a riferimento all'esempio seguente.

Si supponga un aumento **casuale** della domanda finale. In tale situazione il *retailer* può interpretare tale incremento (casuale) come un trend e ritenere di conseguenza che la crescita continui anche nel futuro. Dunque il *retailer* ordinerà prudentemente una quantità superiore all'aumento della domanda (che in realtà non è aumentata in quanto si è ritenuto che l'aumento fosse casuale). A questo punto l'anello immediatamente a monte, ovvero il *dealer* o il *wholesaler*, vedrà un ordine superiore rispetto a quello visto dal *retailer*. Questo infatti sarà composto dalla somma tra l'aumento casuale della domanda ed il surplus ordinato dal *retailer*. Dunque ricapitolando: l'aumento dell'ordine visto dall'anello a monte (*retailer*) è casuale ma, il grossista, non avendo strumenti per interpretare correttamente l'incremento, dedurrà a sua volta una crescita tendenziale della domanda. L'ordine del *dealer* sarà dunque maggiore, anche in misura consistente, rispetto a quello effettuato dal *retailer* e così via risalendo tutta la *supply chain*. Gli ordini saranno a loro volta tanto più grandi, tanto maggiore è il livello di prudenza ed il costo di *stockout* che contraddistingue i vari attori della filiera.

Un effetto simile a quello appena descritto si può verificare, oltre che in seguito ad un aumento casuale della domanda finale, anche in presenza di un distributore che decide di aumentare la dimensione di un ordine a causa di una promozione pianificata. Oppure ancora in presenza di sconti e promozioni di breve periodo offerti dal produttore ai suoi clienti.

In quest'ultimo caso, ad esempio, il distributore sarà incentivato ad ordinare grandi lotti a causa del risparmio che da tale scelta potrà derivarne. Di conseguenza, questi non ordinerà più nei periodi successivi in quanto, avendo ordinato più del necessario, dovrà smaltire la merce in eccesso. Questo, esattamente come nei casi precedenti, aumenterà l'incertezza sulla previsione della domanda negli anelli a monte.

Nel primo caso invece, non essendo il produttore a conoscenza della promozione proposta dal distributore, questi potrebbe interpretare l'aumento dell'ordine come una crescita tendenziale della domanda. Di conseguenza egli emetterebbe ordini maggiori generando sostanzialmente lo stesso effetto descritto precedentemente. Inoltre, alla fine della promozione, il produttore e i livelli a monte avrebbero molte scorte in magazzino.

Dunque non appena gli ordini del distributore tornerebbero ad essere standard probabilmente il produttore ed i nodi a monte si troverebbero nella condizione di non poter più emettere ordini o comunque di emetterne in piccola quantità per svuotare i magazzini. Ma questo a sua volta aumenta esponenzialmente la variabilità della domanda generando un effetto a catena su tutta la filiera.

In entrambi i due casi il problema centrale riguarda la mancanza di condivisione dell'informazione tra i diversi livelli della catena.

Le conseguenze dell'effetto *Bullwhip* sono:

- aumento dei costi di produzione e dei costi di magazzino in quanto per rispondere alla crescente variabilità nella domanda le aziende innalzano il livello delle scorte e creano capacità produttiva in eccesso;
- aumento dei *lead time* di rifornimento in quanto ordini fluttuanti e di grandi dimensioni rendono l'attività di *scheduling* più complessa. Questo a sua volta genera inevitabili ritardi nella produzione e nella consegna del prodotto finito;
- aumento dei costi di trasporto in seguito alla necessità di mantenere capacità in eccesso per coprire i picchi di domanda;
- aumento dei costi operativi di spedizione e ricezione delle merci;
- aumento del rischio e del costo di *stockout*;
- deterioramento delle relazioni tra gli anelli della *supply chain* con crescente difficoltà nel mantenere un coordinamento.

Questi problemi possono dunque essere risolti (o parzialmente risolti) grazie ad una maggiore condivisione dei dati sulla domanda del cliente finale e sui livelli di inventario tra i vari anelli della catena. Questo permetterebbe di promuovere tra i nodi politiche condivise di *Inventory Management*.

In questi termini un grosso contributo può essere offerto dall'introduzione delle nuove tecnologie come la blockchain che consente, se correttamente implementata, di ottenere una condivisione *real time* delle informazioni per una efficace ed efficiente gestione delle catene di fornitura.

Nel capitolo successivo vedremo nel dettaglio come è possibile implementare la blockchain in *supply chain*.

2.3.5 Ottimizzazione complessiva e coordinamento della *supply chain*

Il contesto all'interno del quale le aziende si trovano a competere oggi è caratterizzato da: globalizzazione dei mercati, mutamenti delle condizioni della concorrenza, sviluppo scientifico e tecnologico, accorciamento del ciclo di vita dei prodotti, ampliamento delle gamme e del grado di personalizzazione dei prodotti e dei servizi offerti. Questo ha provocato l'allungamento delle catene di fornitura e la loro frammentazione (Gyroey et al., 2010).

All'interno di questo panorama le attuali forme di *Supply Chain Management* hanno messo in campo strategie di gestione in grado di permettere l'integrazione tra i processi aziendali e la cooperazione tra le organizzazioni.

L'integrazione tra le imprese facenti parte della *value chain* è infatti condizione essenziale per poter ottenere migliori livelli di performance nella consegna dei prodotti finali e nell'erogazione dei servizi per il consumatore. Questa forma di integrazione dei processi viene definita *value chain coordination* (Hussain et al., 2010).

Da un punto di vista puramente operativo vi è una importante interdipendenza tra le decisioni del fornitore e quelle del cliente ma, spesso capita, che tali decisioni diano origine a situazioni conflittuali. Ad esempio, volendo considerare le relazioni tra produttori e distributori, queste talvolta si contraddistinguono per la presenza di forti divergenze dovute ad esempio ad una mancata fornitura o ad un errore nell'emissione dell'ordine. Tali controversie possono dare origine a rapporti basati su un equilibrio dinamico che sfocia talvolta nel conflitto e talvolta nella cooperazione. Affinché si instauri un rapporto collaborativo occorre però che si verifichi tra i partner una convergenza di interessi capace di dar vita ad un sistema fondato su un autentico spirito integrativo. Questo significa, in altri termini, che ciascuna entità organizzativa (clienti, fornitori, produttori, distributori) deve acquisire una visione unitaria del ciclo logistico, quale condizione indispensabile per migliorare l'efficienza complessiva delle catene di fornitura. Il modello di *supply chain*, presuppone infatti, che ciascuna entità sistemica condivida informazioni, obiettivi e valori con tutte le altre (Lambert et al., 1998).

Il coordinamento e l'integrazione delle attività della *supply chain* può avvenire solo se tutti gli anelli della catena agiscono in modo tale da incrementare i profitti e i benefici della stessa, passando da una visione locale ad una globale delle reti di fornitura. Il coordinamento della *supply chain* richiede che ogni nodo della catena sia consapevole dell'impatto che le proprie azioni hanno su ogni altro attore della filiera. In questi termini la tecnologia può offrire importanti contributi ovvero: favorire l'interoperabilità tra i sistemi informativi e, soprattutto, permettere la condivisione dell'informazione..

Le principali forze che hanno determinato un mutamento nei rapporti tra le imprese e che hanno spinto le parti a richiedere una maggiore cooperazione, possono essere così riassunte:

- maggiore complessità della domanda;
- diffusione delle tecnologie informative;
- evoluzione della struttura del settore commerciale e del comportamento delle imprese che lo compongono, le quali hanno accresciuto notevolmente la propria capacità persuasiva nei confronti del consumatore finale.

Nonostante però gli sforzi messi in atto dal *Supply Chain Management*, numerose sono ancora le sfide e le criticità che caratterizzano il coordinamento e l'ottimizzazione complessiva. Innanzitutto vi è un mancato interesse da parte delle imprese ad instaurare politiche integrate in grado di prefiggere obiettivi condivisi. Il comportamento più diffuso da parte delle imprese è infatti quello di perseguire i propri interessi a discapito di quelli dell'intera rete. Questo può avere gravi conseguenze soprattutto in termini di distorsione delle informazioni e variabilità della domanda (Geissbauer R. et al. 2013, *Global Supply Chain Survey*, Pwc).

Un'altra problematica riguarda gli attuali sistemi di incentivazione. Spesso infatti capita che gli incentivi degli uffici-acquisti siano basati sui prezzi delle materie prime, mentre quelli dei commerciali sulle quantità vendute. In entrambi i casi il problema risiede nel processo di determinazione dei premi. Questo infatti non è basato sul reale andamento della domanda o sul fabbisogno della produzione. Questo accade poiché i manager definiscono gli incentivi sulla base dei risultati raggiungibili da una determinata *business function* (o in termini più ampi di un'organizzazione), senza tenere in considerazione il contesto globale all'interno del quale queste entità operano. Le conseguenze di tali politiche portano ad un aumento diffuso del livello delle scorte e dei *lead time* di produzione e di consegna, con conseguente generale aumento dei costi. Una soluzione plausibile a tale problema potrebbe essere quella di assicurare la condivisione delle informazioni lungo tutti i livelli della filiera. Questo consentirebbe infatti ai manager di maturare una visione globale su ciò che accade all'interno della catena in modo da poter intraprendere decisioni più consapevoli ed informate.

Infine, ad ostacolare il coordinamento complessivo delle *supply chain*, vi è una diffusa mancanza di partnership e fiducia tra i livelli della catena. Queste difficoltà sono spesso collegate al modo in cui le *supply chain* sono strutturate e a come avviene la comunicazione tra i differenti livelli. Talvolta accade infatti che si generino comportamenti opportunistici che portano i singoli attori a concentrarsi sul perseguimento dei propri interessi e non su quelli dell'intera catena.

Una possibile soluzione alla mancanza di fiducia tra i singoli attori della filiera consta nel costruire delle partnership solide basate su rapporti contrattuali di medio/lungo termine. In alternativa le imprese possono lavorare per migliorare la trasparenza delle pratiche gestionali ed operative grazie ad una maggiore condivisione delle informazioni.

Sulla base di quanto appena detto, le criticità che oggi ostacolano l'ottimizzazione globale e il coordinamento complessivo possono essere così riassunte:

- la presenza di diversi stadi all'interno della catena ognuno con un diverso proprietario che persegue il proprio obiettivo di massimizzazione di profitto a discapito dell'ottimizzazione globale;
- la distorsione o la mancanza di informazione condivisa tra i diversi stadi della filiera amplificata dalla presenza di una varietà sempre più ampia di prodotti, dalla globalizzazione e da una domanda sempre più complessa;
- sistemi di incentivi e strategie di prezzo non coordinate con il reale fabbisogno dell'impresa e l'andamento della domanda;
- mancanza di partnership solide e di fiducia tra gli anelli della rete.

Analizzando nel complesso le cause e le conseguenze che caratterizzano la mancanza di coordinamento, risulta chiaro come una migliore accuratezza nello scambio e nella condivisione delle informazioni possa essere una soluzione chiave per risolvere e garantire l'ottimizzazione globale e la cooperazione. Per poter integrare tra i loro i singoli processi occorre infatti che ci sia un continuo ed incessante scambio di informazioni. Questo può avvenire grazie al contributo offerto dall'innovazione tecnologica ed in particolare dalle soluzioni IoT, sistemi tag e dall'implementazione della tecnologia blockchain.

Le informazioni condivise dovrebbero riguardare la domanda dei punti vendita che corrisponderebbe alla reale domanda del cliente finale. Questo permetterebbe ad ogni attore della catena di effettuare previsioni sulla base delle reali richieste del cliente, riducendo sensibilmente la variabilità insita nella domanda e contrastando l'effetto Bullwhip.

Inoltre una maggiore condivisione delle informazioni potrebbe permettere l'implementazione di sistemi di previsione e pianificazione collaborativa che coinvolgerebbe tutti gli attori della filiera stimolando il coordinamento. Un'alternativa a tale pratica consisterebbe nel progettare a livello sistemico un unico livello di controllo sul rifornimento. In altre parole definire un livello della *supply chain* il cui compito sarebbe quello di controllare e coordinare le decisioni di rifornimento dell'intera catena. In questo modo si eliminerebbe il problema delle previsioni differenti. Anche questa soluzione è però attuabile solo grazie ad una completa condivisione delle informazioni tra i nodi della catena.

All'interno dell'ottimizzazione globale delle *supply chain* rientra il complesso tema della misurazione delle performance a livello sistemico. Vediamo nel dettaglio che cosa si intenda con esso.

Valutazione delle performance globali - " *How do you measure a system?* "

Con misura delle performance si intende il processo di quantificazione dell'efficacia e dell'efficienza dei processi e delle attività che si verificano all'interno di una azienda. L'efficacia è la capacità dell'impresa di rispettare ed incontrare le richieste del cliente, mentre l'efficienza misura quanto economicamente l'organizzazione utilizza le proprie risorse al fine di ottenere un predeterminato livello di *customer satisfaction*. (Neely et al., 1995).

All'interno di un mercato caratterizzato da una crescente complessità la misura delle performance è diventata un'attività centrale per le imprese in quanto:

- permette di monitorare l'andamento presente e pianificare lo sviluppo futuro di un'organizzazione attraverso l'utilizzo di un sistema strutturato di indicatori di performance;
- permette il miglioramento dei processi aziendali in quanto vale il principio per cui "*What gets measured, gets managed*" (William Thomsom, "Electrical Unit of Measurement", 3 May, 1883);
- permette di influenzare il comportamento degli attori coinvolti nei processi aziendali generando un impatto positivo sulle performance.

Inoltre senza un sistema organico ed esaustivo di misure di performance a livello strategico, tattico ed operativo, le imprese possono conoscere solo a posteriori quali siano stati i risultati delle loro azioni. Questo limita pericolosamente il controllo e l'influenza che i manager hanno sulle proprie attività, generando delle conseguenze disastrose soprattutto in contesti nei quali la rapidità e la flessibilità nel prendere decisioni sono fattori critici di successo.

All'interno delle *supply chain* la misura delle performance passa da una dimensione aziendale ad una sistemica, ovvero che coinvolge tutti gli attori facenti parte della *supply chain*. Gli indicatori di performance devono dunque considerare non più solo le prestazioni aziendali ma quelle dell'intera catena, generando delle misure che permettano di assumere decisioni organiche e di monitorare l'andamento complessivo del network. I benefici di questo nuovo paradigma sono innumerevoli e consentono di: ridurre globalmente i costi operativi attraverso la presenza di un cruscotto organico di indicatori di performance che misuri le dimensioni dell'intera rete di fornitura; migliorare il livello di servizio del cliente finale; migliorare la comunicazione interna all'azienda e quella tra l'impresa e i suoi *stakeholder*; favorire l'integrazione tra i diversi player coinvolti nella catena di fornitura. (Lambert D.M. et al, 2001)

La misura delle performance globali richiede però di affrontare una serie di difficoltà. A tal proposito infatti sono numerosi i fattori che ostacolano la creazione di un cruscotto di indicatori, capace di coinvolgere tutti gli anelli della catena. Innanzitutto, nonostante la gestione sistemica della catena abbia dimostrato di poter garantire numerosi benefici alle imprese, si è assistito negli ultimi anni ad un scarso orientamento da parte delle organizzazioni ai sistemi di *supply chain*. Inoltre le organizzazioni hanno mostrato una scarsa disponibilità nella condivisione delle informazioni e/o dei dati sensibili sulla propria attività di business, rendendo così impossibile la misurazione delle performance all'interno dei network. Infine occorre non sottovalutare il problema legato alla mancanza di infrastrutture IT tra loro coordinate, il che fa sì che vengano riportate informazioni spesso inconsistenti e non adatte a misurare le performance.

Tuttavia le criticità e gli ostacoli non riguardano solo le imprese. Infatti, nonostante il grande sforzo compiuto negli ultimi dalle università e dai centri di ricerca, numerose sono ancora le questioni che ancora oggi devono essere affrontate a livello teorico per poter giungere alla misurazione delle

performance nelle *supply chain*. Uno dei problemi più rilevanti riguarda l'incertezza sull'oggetto di misurazione. A ciò occorre inoltre aggiungere la mancanza di coesione tra le diverse metriche poiché, non essendoci cooperazione e collaborazione tra le organizzazioni, ognuna di queste utilizza strumenti e sistemi differenti per il calcolo delle prestazioni aziendali (Linich. et al, 2014).

Le azioni che possono essere adottate dal *Supply Chain Management* per superare tali criticità si strutturano su tre differenti direttrici. In primo luogo i manager devono acquisire maggiore consapevolezza sul contesto competitivo e sulla necessità di introdurre pratiche di collaborazione, cooperazione ed integrazione tra differenti player della catena. Secondariamente, la ricerca deve sviluppare metodi e modelli che contribuiscano a superare gli ostacoli che attualmente riguardano la misura delle prestazioni globali, risolvendo i problemi legati all'incertezza sull'oggetto di misurazione. Infine occorre che i manager delle *supply chain* inizino a riflettere sul contributo offerto dalle nuove tecnologie digitali e che diano vita a strategie di implementazioni capaci di permettere l'interazione e l'integrazione tra le nuove soluzioni tecnologie e le attività aziendali. Vedremo dopo nel dettaglio quali tecnologie hanno a disposizione oggi le imprese e quale possa essere il loro contributo in termini di valutazione delle performance.

2.3.7 Considerazioni finali

Dopo aver dettagliatamente descritto le criticità delle attuali *supply chain* e le conseguenti sfide a cui deve far fronte il *Supply Chain Management*, risulta chiaro come il contesto in cui ci posizioniamo sia caratterizzato da una notevole complessità.

Riassumendo, le "*challenges*" che caratterizzano il SCM sono:

- aumento dell'efficienza
- aumento della flessibilità
- aumento della reattività (*responsiveness*)
- sostenibilità
- gestione dell'incertezza sulla domanda
- coordinamento ed ottimizzazione complessiva.

Dall'analisi delle sfide emerge chiaramente come il bisogno comune risieda nell'esigenza di una maggiore cooperazione e condivisione dell'informazione. Un flusso organizzato e condiviso di dati potrebbe infatti consentire il coordinamento, ridurre la variabilità della domanda e permettere una maggiore trasparenza nella gestione delle *operation*.

La raccolta e la conseguente condivisione delle informazioni potrebbero essere acquisite grazie al contributo delle tecnologie digitali che, per loro natura, segnano il passaggio dalle *supply chain* alle *digital supply chain*.

2.3 Dalle catene di fornitura alle *Digital Supply Chain*

Uno degli aspetti più evidenti del cambiamento generale che ha investito la società moderna è rappresentato dalla diffusione delle tecnologie digitali. Si tratta di un fenomeno che sta stimolando un ampio dibattito per le implicazioni che questo ha in riferimento al governo sia delle grandi che delle piccole e medie imprese (Pinna, 2006).

La diffusione delle tecnologie digitali ha infatti subito un importante incremento negli ultimi anni. Le imprese più attente e dinamiche, spinte dal desiderio di innovarsi per meglio competere in un mercato sempre più globale, sono riuscite, grazie al contributo delle nuove tecnologie, ad innovare i propri prodotti e i propri processi per meglio servire il consumatore finale.

Uno dei fattori chiave che ha permesso la diffusione delle tecnologie digitali è stata la rapida caduta del loro costo sul mercato. Non solo si sono ridotti i costi dei singoli prodotti e delle singole soluzioni tecniche ma, si è assistito ad un importante decremento anche dei costi infrastrutturali come quelli legati alla connettività di rete. Anche i costi computazionali e di memorizzazione dei dati si sono drasticamente abbassati rispetto al passato e i trend dimostrano come questi siano destinati, a parità di prestazioni tecniche, a ridursi ulteriormente negli anni a venire. All'interno di questo contesto le imprese sono riuscite ad ottenere a parità di investimento, o comunque in seguito a bassi investimenti, benefici sempre più ingenti dall'implementazione delle tecnologie digitali (Mussomeli A. et al., "The rise of the digital supply network", *Deloitte University Press*, 2016).

La diffusione del digitale non può essere però attribuita esclusivamente ad una riduzione diffusa dei costi associati alle tecnologie. Infatti, nonostante questi siano diminuiti drasticamente, sono emersi una serie di altri importanti trend che ne ha permesso l'adozione su larga scala. Tra questi occorre sottolineare sia l'accrescimento diffuso a livello aziendale e sociale delle competenze a livello informatico e tecnologico sia l'incremento esponenziale della potenza di calcolo dei nuovi dispositivi e delle nuove soluzioni tecniche. A tal proposito basti pensare che tra il 1992 e il 2002 la potenza computazionale delle tecnologie è cresciuta in media del 52% l'anno permettendo alle organizzazioni di raccogliere, memorizzare ed analizzare quantità sempre più elevate di dati (Mussomeli A. et al., 2016).

La confluenza di questi sviluppi, come la riduzione dei costi e l'aumento spropositato della potenza di calcolo, hanno portato ad un cambiamento radicale all'interno della nostra società che ha permesso alle

aziende di combinare l'*Information Technology* (IT) con l'*Operation Technology* (OT). Le imprese ad oggi hanno dunque la possibilità di creare valore in nuovi e differenti modi (Hussain, 2010).

Questi cambiamenti vanno contestualizzati all'interno della quarta rivoluzione industriale. L'espressione *Industry 4.0* è stata utilizzata per la prima volta in Germania nel 2011 in occasione della Fiera di Hannover. A ottobre 2012 un gruppo di lavoro presieduto da Siegfried Dais, della multinazionale di ingegneria ed elettronica Robert Bosch GmbH, e da Henning Kagermann, della Acatech (Accademia tedesca delle Scienze e dell'Ingegneria), ha presentato al governo federale tedesco un documento che conteneva una serie di importanti raccomandazioni per l'implementazione dell'*Industry 4.0* in Germania. L'8 aprile 2013, all'annuale Fiera di Hannover, è stato poi diffuso il report finale del team di ricerca che può essere considerato il primo documento ufficiale al mondo contenente le definizioni e le caratteristiche di quella che ha tutti gli effetti è considerata la Quarta Rivoluzione Industriale [19].

Finora le rivoluzioni industriali del mondo occidentale sono state tre: la prima nel 1784 con la nascita della macchina a vapore e il conseguente sfruttamento della potenza di acqua e vapore per meccanizzare la produzione; la seconda nel 1870 che ha dato vita alla produzione di massa attraverso l'uso sempre più diffuso dell'energeia elettrica. Va fatto risalire alla Seconda Rivoluzione Industriale l'invenzione del motore a scoppio e del conseguente utilizzo del petrolio come nuova fonte di energia. La terza 1970, ha invece sancito l'inizio dell'informatica, dalla quale è scaturita l'era del digitale destinata ad incrementare i livelli di automazione grazie ai sistemi elettronici e all'Information Technology. La data d'inizio della quarta rivoluzione industriale non è ancora stata stabilita, probabilmente perché è tuttora in corso e solo a posteriori sarà possibile indicarne l'atto fondante [19].

Secondo un rapporto del *World Economic Forum* stilato da Mckinsey, le nuove tecnologie digitali avranno un impatto profondo nell'ambito di quattro direttrici di sviluppo: la prima riguarda l'utilizzo dei dati, la potenza di calcolo e la connettività, e si declina nell'utilizzo di tecnologie quali: i big data, gli open data, l'Internet of Things, il machine-to-machine e il cloud computing. L'obiettivo di queste tecnologie è quello di favorire la centralizzazione delle informazioni e la loro conservazione. La seconda è quella degli analytics in quanto, una volta raccolti i dati, da questi bisogna ricavarne valore attraverso la loro elaborazione. Oggi solo l'1% dei dati immagazzinati viene utilizzato dalle imprese per creare valore. Si immagini ad esempio in questi termini l'impatto offerto dalle tecnologie e dagli algoritmi di "machine learning" che consentono alle macchine di perfezionare la loro resa grazie a sistemi di autoapprendimento basati sull'analisi dati. La terza direttrice di sviluppo riguarda l'interazione tra uomo e macchina, che coinvolge le interfacce touch, la realtà virtuale e la realtà aumentata. La quarta dimensione coinvolge invece tutte quelle tecnologie mirate a creare un legame tra il mondo digitale e quello reale e produttivo. Tra queste vi sono la manifattura additiva, la stampa 3D, la robotica, le comunicazioni, le interazioni machine-to-machine e le nuove tecnologie per immagazzinare e utilizzare l'energia in modo mirato, razionalizzando i costi e ottimizzando le prestazioni (Helena L, Enno de B., "The Next Economic Growth Engine", 2018).

Il cuore pulsante di questa nuova rivoluzione industriale riguarda il modo attraverso cui le imprese possono collaborare e coordinarsi tra di loro al fine di progettare, creare e consegnare i prodotti al consumatore finale.

All'interno di questo contesto molte catene di fornitura si stanno rapidamente trasformando da sequenze statiche di attività a sistemi dinamici ed interconnessi in grado di incorporare ecosistemi di partner e nuove soluzioni tecnologiche. Il passaggio da operazioni lineari e sequenziali ad un sistema aperto ed interconnesso costituisce l'elemento chiave per permettere alle *supply chain* di ottimizzare continuamente la propria configurazione e soprattutto competere nel futuro (Hussain, 2010).

Questo sistema aperto e dinamico nel quale le informazioni tra i diversi stati della filiera sono integrate e connesse prende il nome di *Digital Supply Network* (DSN). Il *Digital Supply Network* è un nuovo sistema di business altamente interconnesso che include al suo interno sia applicazioni isolate riguardanti le singole imprese sia soluzioni integrate a livello di intera *supply chain* (Mussomeli A. et al., 2016).

La *Digital Supply Chain* si basa sull'utilizzo di nuove tecnologie digitali come quelle descritte in precedenza che permettono: l'interconnettività tra tutti i nodi della rete; la registrazione *real time* di grosse moli di dati; lo *smart decision making*; processi operativi più efficienti e reattivi e capaci dunque di meglio far fronte a cambiamenti repentini della domanda; maggiore collaborazione e cooperazione tra i nodi della rete da cui ne consegue una maggiore capacità nel servire il consumatore finale; di superare i ritardi che si generano nei processi di azione-reazione delle *supply chain* tradizionali impiegando dati real-time per migliorare il processo decisionale rendendolo più informato; di fornire maggiore trasparenza.

Inoltre l'avvento del digitale e la comparsa di nuove *capability* a livello tecnologico hanno permesso di eliminare l'ostacolo temporale esistente tra azioni materiali e informazioni ad esse connesse.

La funzione elementare di ogni *supply chain* consiste nel movimentare flussi fisici e informativi tra i diversi anelli della catena. Lo sviluppo tecnologico e digitale dovuto, come detto precedentemente, all'aumento della potenza di calcolo e alla riduzione dei costi associati alle tecnologie, oltre a generare i benefici descritti precedentemente, ha permesso di ridurre i costi di transazione ed aumentare l'innovazione all'interno dei processi produttivi.

Ad oggi infatti non è più troppo costoso o dispendioso in termini di tempo ottenere *insight* riguardo ogni istante dell'attività di produzione od avere accesso all'andamento della domanda dei fornitori o dei clienti finali. Le nuove interconnessioni tra i processi e i sub processi hanno trasformato le *supply chain* in reti efficienti e predittive. Questo complesso ed integrato sistema in cui tutti i nodi sono tra loro interconnessi ha permesso, come anticipato, di ridurre in modo drammatico i costi di transizione e, mentre i costi di transizione si riducono, aumenta invece la possibilità di effettuare transazioni con un numero sempre più elevato di partner. Questo ha dato vita ad un nuovo modello di *supply chain* in cui ogni impresa può

facilmente collegarsi con partner differenti quando e dove lo necessita al fine di aumentare in modo sostanziale il valore offerto al cliente finale.

La figura 2 rappresenta in modo schematico il passaggio da una *supply chain* tradizionale ad un *Digital Supply Network*. Da una prima analisi emerge chiaramente come il digitale occupi una posizione di assoluto rilievo e si figuri come fattore chiave di trasformazione.

Il reticolo interconnesso del nuovo modello di DSN è chiaramente visibile ed all'interno della nuova configurazione ed ogni nodo è potenzialmente connesso con ogni altro anello della catena. In questo nuovo ecosistema la comunicazione è multi-direzionale e questo permette la generazione di nuovi collegamenti tra attività ed anelli che nelle *supply chain* tradizionali erano inesistenti.

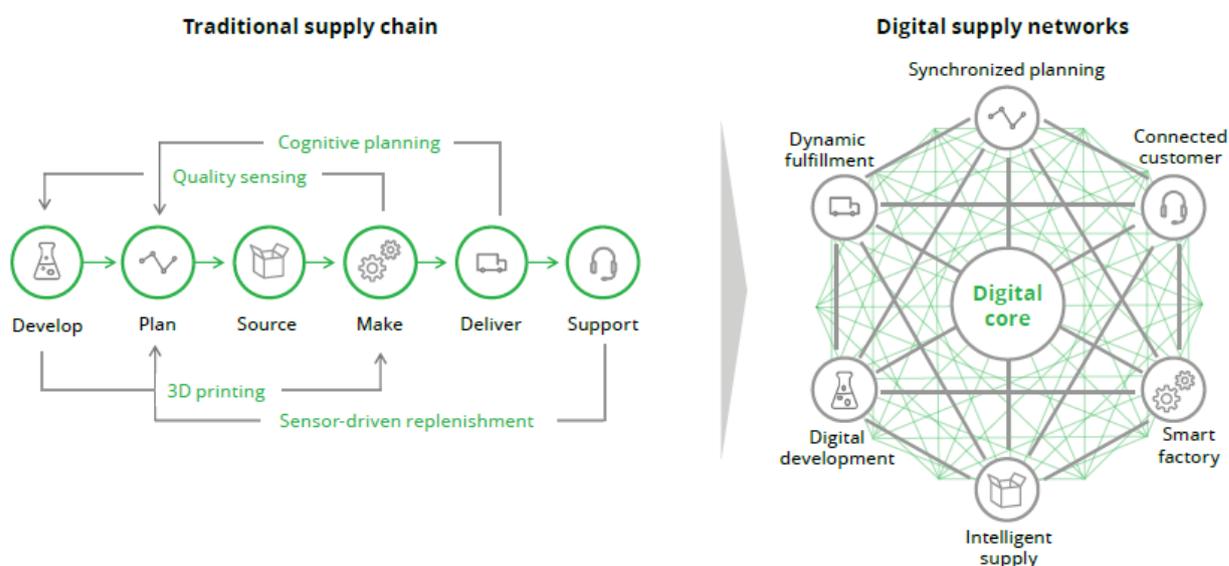


Figura 12. *From supply chain to Digital Supply Chain* (Mussomeli A. et al., "The rise of the digital supply network", *Deloitte University Press*, 2016)

Ogni singola organizzazione partecipa contemporaneamente a più DSN. Questo fa sì che le imprese possano riconfigurarsi ogni volta in modo diverso per poter perseguire le opportunità di business offerte dal mercato. In questi termini i DSN sono maggiormente agili, flessibili ed adattabili ai bisogni strategici delle organizzazioni.

Come mostrato nella Figura 12 il passaggio dalle catene di fornitura tradizionali ai DSN richiede lo sviluppo di nuove competenze trasversali. Infatti l'adozione di nuove tecnologie pone il *supply chain management* di fronte alla sfida di dover sviluppare nuove pratiche gestionali in grado di governare e controllare l'innovazione da queste portata. L'evoluzione dei modelli di gestione comporta necessariamente un'evoluzione del linguaggio ad essi associato.

I processi di *Develop*, *Plan*, *Source*, *Make*, *Deliver*, *Support* caratteristici di un network tradizionale, grazie all'introduzione delle tecnologie digitali subiscono un'evoluzione ed una trasformazione strutturale.

Così ad esempio non si parlerà più di *Plan* ma di *Synchronized Planning* ovvero processi di pianificazione sincronizzata tra tutti i nodi della rete. Oppure non si parlerà più di *Support* ovvero di gestione delle attività di supporto al cliente finale ma, di *Connected Customer* ovvero di un sistema in cui il cliente diventa attore principale e protagonista all'interno della rete e viene coinvolto attivamente nel processo di gestione della catena fornitura (Mussomeli A. et al.,2016).

Il coinvolgimento del consumatore finale possibile grazie al supporto della tecnologia digitale permette di ottenere un contatto diretto con la domanda, di ripensare l'esperienza di acquisto dei clienti ed infine di anticipare i cambiamenti nei gusti dei consumatori, adattando l'offerta ai mutamenti, anche improvvisi, della domanda finale.

Vediamo ora quali sono le nuove tecnologie digitali e come queste possono modificare la gestione e la configurazione delle reti di fornitura. Per fare ciò si faccia riferimento al modello ***Hype Cycle*** sviluppato annualmente dalla società di consulenza americana Gartner impegnata nella ricerca e nell'analisi nel campo dell' *Information Technology*.

Il modello viene utilizzato per rappresentare graficamente la maturità, l'adozione e l'applicazione delle nuove tecnologie da parte delle imprese e del mercato. In Figura 13 è riportato l'*Hype Cycle* relativo all'anno 2017.

Per comprendere a pieno il grafico seguente occorre definirne in termini generali le dimensioni principali. A tal proposito ogni *Hype Cycle* è suddiviso in cinque fasi ognuna delle quali fa riferimento ad un differente ciclo di esistenza delle tecnologie.

La descrizione di ogni singola fase non viene riportata in questa sede in quanto non è di interesse ai fini del lavoro di ricerca e non limita in alcun modo la comprensione del fenomeno. Sull'asse orizzontale è rappresentata la variabile tempo mentre sull'asse verticale la visibilità della tecnologia in termini di popolarità e di interesse da parte delle imprese.

Lungo la curva ogni soluzione tecnologica passa dalla fase di ideazione o di scoperta, alla fase in cui invece diventa parte integrante del sistema produttivo e viene ampiamente impiegata sul mercato. È importante sottolineare che la velocità con cui le tecnologie compiono questo percorso non è costante e/o uguale per ogni tecnologia: alcune impiegano pochi anni ad attraversare la curva mentre altre rimangono nella per lunghi periodo di tempo (anche più di dieci anni).

Ogni anno la società di consulenza americana, oltre a posizionare la tecnologia sulla curva, stima il tempo necessario affinché questa diventi *mainstream* ovvero ampiamente impiegata a livello industriale.

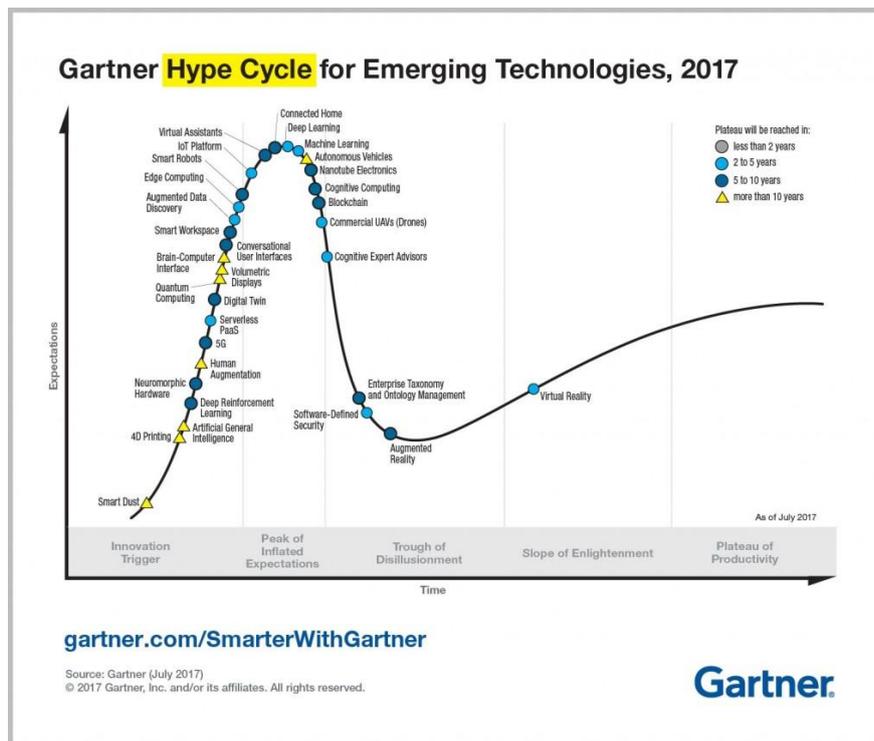


Figura 13. Gartner Hype Cycle for Emerging Technologies, 2017 [20]

Dall'analisi del grafico si può notare come le tecnologie descritte o citate precedentemente (Intelligenza Artificiale, IoT, *Advanced Analytics* e blockchain) siano solo alcune tra quelle a disposizione delle aziende oggi e come ognuna di queste occupi una posizione differente all'interno dell'*Hype Cycle*. A tal proposito occorre notare che, nonostante se ne parli in modo diffuso, ognuna di queste ha un *time-to-market* differente. Di conseguenza occorrerà del tempo prima di poter assistere ad una loro implementazione congiunta e sistemica.

Secondo la società americana Gartner con l'emergere di tecnologie *disruptive* all'interno del panorama delle *supply chain* i leader a livello mondiale giocano un ruolo chiave.

Essi infatti devono essere in grado di identificare gli impatti e le implicazioni derivanti dall'implementazione delle tecnologie digitali al fine di poterle adottare per guidare il futuro delle *operation* nelle catene di fornitura. “*Supply chain leaders must assess their company’s risk culture to determine their readiness to explore and adopt emerging offerings,*” ha affermato a tal proposito Christian Titze, direttore del laboratorio di ricerca di Gartner [21].

Gartner a supporto del suo lavoro di ricerca ha evidenziato per il 2018 otto tecnologie *disruptive* in grado di cambiare in modo radicale la gestione delle *operation* nelle attuali *supply chain* [21].

Vediamole nel dettaglio.

Artificial intelligence

L'intelligenza artificiale può essere adottata per: migliorare, o persino automatizzare, il *decision making*, per reinventare i modelli di business e per ricostruire l'esperienza del cliente nel processo di interazione con il prodotto. L'introduzione di questa tecnologia a livello di *supply chain* potrebbe rendere ridondante l'utilizzo di molte altre soluzioni più o meno emergenti. Tuttavia, sebbene gli attuali modelli di AI abbiano le potenzialità per generare algoritmi predittivi in grado di prevedere scenari futuri, mancano ancora delle capacità decisionali. Come si può ben immaginare questo ad oggi ne limita profondamente l'impiego nelle attività di *decision making*. Nel capitolo successivo verrà proposta un'analisi accurata di questa tecnologia in quanto può essere di supporto alla blockchain nell'espletamento di alcune applicazioni in *supply chain*.

Advanced analytics

L'*Advanced analytics* permette alle aziende, attraverso l'analisi dati, da una parte, di sfruttare in modo proattivo le opportunità future offerte dal mercato e dall'altra di mitigare gli eventi avversi. L'analisi prescrittiva può migliorare il processo decisionale in aree funzionali quali: la pianificazione della *supply chain*, l'approvvigionamento, la logistica ed i trasporti e può essere implementata per migliorare le prestazioni della catena di fornitura a livello *end-to-end*. I processi che prima facevano affidamento sul giudizio umano possono dunque essere potenziati attraverso l'utilizzo di analisi predittive e prescrittive che offrono alle aziende una base più solida per prendere le decisioni.

Internet of Things (IoT)

L'*Internet of Things* (IoT) è diventata negli ultimi anni una delle tecnologie più impiegate a livello di *supply chain* grazie alla sua capacità di collegare tra loro sistemi e soluzioni. Questa tecnologia consente infatti una gestione ed un'analisi più accessibile, accurata e reattiva dei dati e delle informazioni. Grazie al supporto offerto da tale tecnologia, i *planner* e i manager sono oggi in grado di generare previsioni e programmi più accurati e affidabili, facendo leva su sistemi e reti di nodi tra loro interconnessi.

Nel capitolo successivo verrà proposto, come per l'AI, un approfondimento sull'IoT in quanto questa tecnologia, soprattutto in relazione al *tracking* ed al *tracing* dei prodotti, viene spesso impiegata come supporto alla blockchain.

Intelligent things

Ad oggi le *Intelligent things* - come robot e veicoli autonomi - all'interno delle *supply chain* vengono utilizzate esclusivamente in scenari predefiniti ed ambienti controllati come i magazzini. Ma nel prossimo

futuro, secondo Gartner, queste tecnologie verranno ampiamente impiegate anche nella produzione dei beni e nell'erogazione dei servizi, generando importanti benefici per le imprese trasversalmente in ogni settore industriale. Di contro, la capacità delle organizzazioni dovrà essere quella di ridistribuire la forza lavoro umana su quelle attività più redditizie ed allo stesso tempo strutturare dei programmi di *re-skilling* che permettano il reinserimento dei dipendenti all'interno del mercato del lavoro.

Conversational systems

I *Conversational systems* sono sistemi digitali che permettono di creare un'interazione vocale tra dispositivi e persone. Ad oggi gli esempi più ricorrenti di utilizzo di tale tecnologia sono gli assistenti personali virtuali (VPA) e i *chatbot*. L'evoluzione tecnologica di questi sistemi, grazie all'aggiunta di strumenti e soluzioni pensate per il business, ha permesso di migliorare l'interazione tra dispositivi e persone ed allo stesso tempo ha reso possibile l'adozione di questa tecnologia anche a livello aziendale. Infatti ad oggi i *conversational systems* non solo possono rispondere a domande e offrire soluzioni sulla base delle richieste ricevute senza alcun coinvolgimento di agenti umani ma, sono in grado di: abilitare transazioni, gestire i pagamenti, assicurare le consegne e fornire assistenza ai clienti.

Robotic process automation

La *Robotic Process Automation* (RPA) si basa sull'utilizzo di *smart* software che, per loro natura, sono in grado di eseguire in modo automatico alcune attività ripetitive tipiche dell'agire umano. L'aspetto innovativo di tali sistemi risiede nel fatto che queste soluzioni sono in grado di interagire con gli applicativi nello stesso modo in cui lo farebbe una persona.

Attualmente le operazioni che possono essere automatizzate sono semplici e ripetitive e basate su sorgenti dati strutturate (file excel, database, altri sistemi, internet, ecc.). Nonostante ciò, le tecnologie si stanno rapidamente evolvendo permettendo anche la gestione di sorgenti dati non strutturate (documenti scannerizzati, immagini, video), l'integrazione con soluzioni di intelligenza artificiale sempre più evolute, l'apprendimento automatico delle operazioni da automatizzare e/o l'adeguamento in modo adattivo ai cambiamenti dell'ambiente in cui operano.

Immersive technologies

Le *immersive technologies* come la realtà virtuale (VR) e la realtà aumentata (AR) vengono ad oggi impiegate all'interno della *supply chain* per migliorare le esperienze digitali degli utenti (dipendenti, clienti).

Secondo Gartner la VR raggiungerà l'adozione *mainstream* nei prossimi due o cinque anni mentre la realtà aumentata lo farà nei prossimi cinque o dieci anni ma, nonostante ciò, queste tecnologie sono già ampiamente impiegate in diverse applicazioni aziendali. Tra queste vi sono ad esempio: le riparazioni e le manutenzioni dei macchinari, la logistica e la gestione del magazzino. Inoltre sono state progettate soluzioni di *Immersive technology* in grado di supportare il cliente nelle scelte di acquisto grazie all'utilizzo di strumenti di visualizzazione prodotto e di immersione virtuale nel punto vendita.

Blockchain

La tecnologia blockchain, come è stato già ampiamente descritto nel capitolo I, ha il potenziale di cambiare radicalmente la gestione della *supply chain*. L'utilizzo di *smart contract* per gestire i rapporti di fornitura, il *tracking* dei prodotti e delle informazioni ad ogni livello della filiera, la nascita di *marketplace* decentralizzati sono solo alcune delle applicazioni disruptive di questa tecnologia. I capitoli III e IV descriverà nel dettaglio applicazioni, benefici e limiti nell'utilizzo di questa tecnologia a livello di *supply chain*.

Capitolo III - La tecnologia blockchain in *supply chain*

3.1 Introduzione

I progressi tecnologici che hanno caratterizzato il panorama economico ed industriale negli ultimi vent'anni hanno portato alla fine delle "*linear supply chain*" dando vita a dei *Digital Supply Network* (DSN) dinamicamente connessi, capaci di meglio rispondere alle dinamiche del mercato. L'introduzione di queste nuove configurazioni ha trasformato sostanzialmente il modo in cui le imprese scambiano e condividono informazioni, portando alla nascita di ecosistemi complessi in cui i processi sono tra loro integrati (Raab et al, *Report Capgemini Consulting*, 2011).

In ogni caso, la gestione delle informazioni ed il controllo delle interazioni tra i prodotti e gli attori della *supply chain*, rimane un'attività molto complessa. Essa richiede infatti di effettuare un'accurata raccolta dei dati ed una loro sicura archiviazione al fine di garantire un flusso di informazioni continuo ed affidabile tra i vari player coinvolti nella catena.

A tal proposito, sebbene le tecnologie digitali abbiano favorito e semplificato la condivisione delle informazioni e permesso di affrontare a vari livelli alcune delle grandi problematiche che caratterizzano l'ecosistema manifatturiero e la *supply chain*, la loro implementazione non è esente da sfide. Infatti in relazione alla trasformazione digitale, tra le difficoltà che devono affrontare le imprese, vi è proprio la comprensione su quali tecnologie investire e in quale momento. Questa scelta può dettare sia il rapido progresso dell'impresa e la sua differenziazione sia il suo collasso e/o l'uscita dal mercato (A. Ganeriwalla, M. Casey et al., 2018).

A tal proposito, in accordo con un report dell'MIT Sloan e Deloitte, dal titolo "*Aligning the organisation for its digital future*" condotto su un campione di aziende americane, ancora oggi, il 90 per cento delle organizzazioni, non si sente adeguatamente pronta ad affrontare gli importanti e distruttivi cambiamenti introdotti dai nuovi trend digitali. Inoltre sempre secondo Deloitte, il 40 per cento delle imprese appartenenti a Fortune500, scompariranno nei prossimi dieci anni proprio a causa delle trasformazioni introdotte dalle nuove tecnologie (Kane et al, 2016).

Infatti, nonostante le continue innovazioni ed i miglioramenti introdotti dai DSN e dalla tecnologie digitali, sono ancora molte le sfide che caratterizzano gli attuali network di fornitura: i processi *paper-based* sono ancora molto diffusi, e il *decision making* tra i vari attori della filiera sta diventando sempre più complesso a causa della presenza di sistemi informativi tra loro separati che forniscono limitata visibilità sulle singole business function.

Queste difficoltà stanno colpendo trasversalmente qualsiasi settore industriale e stanno portando alla nascita di ecosistemi complessi, difficili da gestire e coordinare.

Ma tante delle sfide che caratterizzano il SCM non possono essere affrontate con le tecnologie attuali. Infatti mancano ad oggi delle soluzioni che permettano di supportare la collaborazione e la cooperazione tra le differenti entità coinvolte. Infatti, è proprio dalla cooperazione, che nasce la condivisione delle informazioni. Questo rimane l'elemento chiave in *supply chain* per segnare il passaggio dalle strutture lineari ad ecosistemi integrati nei quali le imprese collaborano tra loro per ottimizzare la gestione dei flussi e dei processi interaziendali. All'interno di questo contesto pare chiaro come la blockchain possa giocare un ruolo da protagonista. (Kane et al, 2016). Vediamo ora perché la blockchain è così importante e cosa la distingue profondamente dalle tecnologie che la hanno preceduta.

Ad oggi i sistemi centralizzati si sono rivelati lo strumento più pratico per ottenere la sicurezza dei dati e garantire la trasparenza all'interno delle SC.

Da un punto di vista strettamente operativo, la blockchain non è una tecnologia più efficiente delle attuali piattaforme centralizzate di gestione dati. Il database distribuito richiede infatti una maggiore potenza computazionale e di conseguenza un maggior fabbisogno di energia per il funzionamento del sistema.

Ciò nonostante i vantaggi che derivano dalla sua implementazione sono innumerevoli e risiedono proprio nella sua infrastruttura e nei presupposti che ne costituiscono le fondamenta.

La blockchain è uno strumento che **permette di raggiungere il consenso nell'esecuzione di un'attività collettiva** che coinvolge entità che necessariamente non si fidano l'una dell'altra, ma che hanno un **obiettivo comune**. La fiducia, che è lo strumento essenziale a cui le imprese ricorrono, nel momento in cui effettuano uno scambio od una transazione, fino alla nascita della blockchain, era raggiunta grazie al coinvolgimento di un intermediario centralizzato; ovvero di un'autorità centrale nella quale le parti riponevano la propria fiducia e che si assumeva l'onere e la responsabilità di verificare l'integrità e la veridicità delle transazioni. In altre parole, la blockchain è *trustless* e, grazie alla sua natura distribuita ed ai meccanismi di consenso, permette ai partecipanti di una *community* di fidarsi l'uno dell'altro senza ricorrere ad un *middleman*: non è infatti necessario che i singoli partecipanti si fidino di un nodo in particolare ma, è sufficiente, che ripongono la propria fiducia nel sistema (Catalini et al, 2016).

Quanto appena detto si sposa benissimo con la *supply chain*: infatti all'interno dei network di fornitura vi sono un certo numero di entità, che hanno un obiettivo ed un interesse comune, (vendere e servire un determinato prodotto soddisfacendo i bisogni del consumatore) ma che, allo stesso tempo, sono separate e dunque non si fidano necessariamente l'una dell'altra.

Ed è proprio dalla fiducia e dalla comunione di intenti che si può realizzare la condivisione delle informazioni tra i *player* della filiera. La condivisione delle informazioni in uno scambio permette, tra le altre cose, di ridurre l'asimmetria informativa e i costi di transazione ad essa connessi. La riduzione dei

costi che le imprese devono affrontare nel ricorrere al mercato può portare i modelli di business ad uno stadio in cui ogni impresa è altamente specializzata e acquisisce sul mercato tutti i beni e servizi complementari alla realizzazione dei prodotti o all'erogazione dei servizi.

La blockchain permette inoltre di instaurare la fiducia in tutte quelle relazioni interaziendali caratterizzate dall'assenza di un intermediario. Infatti, in tali contesti, le aziende coinvolte in uno scambio piuttosto che in una transazione non fidandosi l'una dell'altra ed essendoci asimmetria informativa si affidano alla contrattazione.

A tal proposito, ad oggi, quando due imprese condividono tra loro dati, informazioni finanziarie, e /o la proprietà intellettuale, la fiducia che questi sviluppano l'uno nell'altro in relazione all'integrità e alle performance è regolata dai contratti. I contratti permettono di evitare controlli continui, forniscono garanzie ma, soprattutto, riducono il rischio. Detto ciò, definire e strutturare un contratto che offra garanzie e tutele complete alle imprese, oltre ad essere teoricamente impossibile, è molto complesso a causa della mancanza di visibilità e condivisione delle informazioni. Infatti oggi, a causa dell'allungamento che caratterizza gli ecosistemi produttivi, i partecipanti non si conoscono l'un l'altro e di conseguenza non hanno visibilità sulle attività e sui dati che fluiscono all'interno del sistema. Questo fa sì che la fiducia debba essere costruita in altro modo. La blockchain fa da intermediario ovvero fornisce l'infrastruttura sulla quale le parti possono costruire la fiducia ed effettuare gli scambi (Ganeriwalla, Casey et al, 2018).

Ad oggi le tecnologie digitali hanno rimosso i limiti fisici esistenti nel trasferimento dati. Ad ora l'unica barriera che ancora esiste e che non permette l'ottimizzazione del flusso informativo è la mancanza di fiducia. La tecnologia blockchain ha l'abilità di rimuovere questo limite permettendo finalmente di poter sfruttare i reali benefici di questa era iper-connessa.

Prima della blockchain infatti le grandi innovazioni tecnologiche a partire da Internet hanno permesso di risolvere alcune delle grandi sfide che caratterizzavano il panorama aziendale e sociale come la digitalizzazione, il *cloud computing*, il *digital data management*. Ma nessuna tecnologia fino ad oggi ha consentito di risolvere il problema della mancanza di fiducia. Ovvero nessuna tecnologia ha permesso di garantire che le informazioni condivise tra differenti partner potessero essere utilizzate a proprio vantaggio piuttosto che a beneficio dei propri *competitor*. La blockchain di per sé non ha introdotto nessuna innovazione tecnica. Infatti questa si basa sulla combinazione di tecnologie già esistenti che però, legate tra loro, permettono di dar vita ad un ecosistema che definisce un nuovo concetto di fiducia. E all'interno delle *supply chain* non manca la digitalizzazione, non manca il *data management*, non mancano i sistemi distribuiti, ma manca la fiducia.

La grande sfida sta nel comprendere quando capitalizzare sulla blockchain e come combinarla con altre tecnologie digitali per generare importanti benefici all'interno delle reti di fornitura (Ganeriwalla, Casey et al, 2018).

In accordo con Eric Piscini, *Principal and Global Blockchain Leader* in Deloitte Consulting LLP negli USA "la *supply chain* lungo i vari settori deve essere ripensata e migliorata dalla tecnologia blockchain." Oggi infatti esiste "un modo più sicuro ed efficiente per collegare tra loro aziende partner e per tracciare e scambiare ogni tipo di asset. L'abilità di implementare la blockchain per creare una nuova generazione di *digital supply chain* sarà un elemento chiave di successo" (Kehoe L. et al., "When two chains combine", Deloitte, 2017).

Vediamo ora una possibile implementazione a livello tecnico ed infrastrutturale della tecnologia blockchain in *supply chain*.

3.2 Caso d'uso di applicazione blockchain in *supply chain*

La blockchain può essere scomposta su tre livelli che hanno tra loro funzionalità istinte. Questi sono:

- *Blockchain Layer*
- *Data Store Layer*
- *Application Layer*.

La figura sottostante rappresenta a livello grafico l'architettura di sistema.

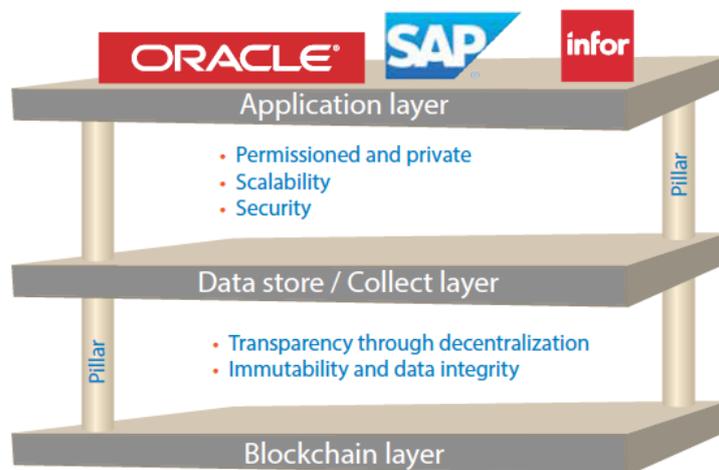


Figura. 14. Architettura di un sistema blockchain (Banerjee A., "Integrating Blockchain with ERP for a Transparent Supply Chain", *Report*, Infosys, 2017)

Il *blockchain layer* è il livello predisposto alla gestione ed al mantenimento degli *hash* caratteristici di ogni transazione. Dipende dunque da questo livello l'operazione di conversione di una stringa alfanumerica di lunghezza variabile, in una stringa univoca di lunghezza fissa che nella blockchain misura 256 bit. Detto in altre parole, su questo *layer* è predisposto l'algoritmo informatico che governa l'operazione di *hash*.

Grazie alla sua natura l'*hash* permette di notificare i cambiamenti di stato: in quanto questi sono collegati ad una modifica del codice identificativo del blocco ed inoltre, per mezzo della crittografia, consente di verificare l'integrità dei dati.

Il *Data Store Layer* è invece il livello in cui sono memorizzati e registrati i dati. Gli *hash* dei singoli blocchi in questo caso rappresentano gli indirizzi nei quali sono immagazzinate le informazioni. I dati registrati e memorizzati possono essere gestiti con le stesse logiche che caratterizzano i database relazionali e quindi possono essere utilizzati come supporto alle funzioni caratteristiche degli altri livelli (Banarjee A., 2017).

Un utente terzo non può avere accesso alle informazioni contenute nel *Data Store Layer* a meno che non sia in possesso delle corrette chiavi crittografiche che gli permettano di decriptografare le informazioni immagazzinate nei blocchi. I dati sono registrati all'interno dei blocchi grazie ad operazioni di *auto-hash* che, in base ai differenti tipi di blockchain, si verificano ad intervalli di tempo più o meno regolari.

Infine vi è l'*Application Layer* che, grazie all'interazione con i livelli precedenti, converte le informazioni ed i dati salvati in applicazioni business. Questo livello può essere visto come il connettore tra il *Data* ed il *Blockchain layer* ed è quello che:

- interagisce con i sistemi ERP come Oracle, Sap etc.;
- permette di sviluppare applicazioni *blockchain-based* sfruttando le logiche del database distribuito.

Vediamo ora dettagliatamente come un sistema ERP può essere collegato alla blockchain e quali sono i benefici che derivano dalla sua integrazione.

3.2.1 Dai sistemi ERP alla blockchain

Negli anni gli sviluppi tecnologici hanno permesso di ottenere importanti miglioramenti nell'attività di SCM e dal punto di vista tecnologico si è visto il passaggio dai sistemi MRP (*Material Requirement Planning*) agli MRP II (*Manufacturing Resource Planning*) sino ai più evoluti ERP ovvero alle piattaforme di *Enterprise Resource Planning*.

Gli ERP possono essere descritti come sistemi che integrano le risorse all'interno di un'organizzazione al fine di massimizzarne il tasso di utilizzo e migliorarne la pianificazione. Questi forniscono una piattaforma comune per gestire le differenti attività organizzative al fine di poterle integrare. Tali sistemi, attraverso un *match* continuo tra il flusso informativo ed il flusso dei materiali, creano un ambiente omogeneo per computerizzare i processi di business. Questo permette di giungere ad una gestione sistemica dell'impresa nonostante siano presenti al suo interno differenti processi anche molto diversi tra

loro. Le principali attività aziendali che possono essere gestite attraverso un sistema ERP riguardano: la pianificazione della produzione (*production planning*), la pianificazione dei materiali per la produzione (*material planning*), le *operation*, il magazzino, il design del prodotto, le vendite, la distribuzione, la contabilità e il *customer service*.

In ogni caso, nonostante l'impiego di infrastrutture e sistemi digitali, oggi molte imprese hanno ancora poca visibilità sulla domanda, sugli ordini e sulle forniture. Questo dipende in larga misura dall'indisponibilità di *insight* relativi a dove un determinato prodotto si trova in un dato momento quando questo fuoriesce dai confini dell'organizzazione.

Per tentare di risolvere tali problematiche sono nate, almeno a livello teorico, le soluzioni ERP II: questi sistemi si propongono di favorire la condivisione delle informazioni tra i differenti sistemi gestionali all'interno delle *supply chain*. Infatti la nascita degli ERP II si sostanzia nell'esigenza di colmare il gap esistente tra i differenti sistemi ERP che, gestendo in modo separato i dati e le attività delle singole aziende, provocano una frammentazione dell'informazione lungo le catene di fornitura. A tal proposito, alcuni ricercatori hanno sottolineato la necessità di ricorrere a sistemi aperti e condivisi che permettano di rendere disponibile l'informazione tra i differenti attori coinvolti in una *supply chain* (S.C.L. Koh et al., 2011).

La mancanza di condivisione tra i differenti sistemi ERP è dovuta alla natura funzionale di questi software, che sono progettati e customizzati per gestire ed ottimizzare i processi interni di un'organizzazione senza considerare ciò che accade al di fuori dei confini dell'impresa (A. Banerjee, "Blockchain Technology: Supply Chain Insights from ERP", 2018).

Nonostante i benefici introdotti dai sistemi ERP, come detto pocanzi, questi non permettono la connessione tra le imprese di una *supply chain*. Ancora oggi infatti molte organizzazioni utilizzano sistemi di messaggistica *point-to-point* come gli XML (*eXtensible Markup Language*) o gli EDI (*Electronic Data Interchange*) per scambiare i dati. Negli ultimi anni sono inoltre emerse le architetture SOA (*Service-Oriented Architecture*) ovvero delle soluzioni "adatte a supportare l'uso di servizi Web per garantire l'interoperabilità tra i differenti sistemi al fine di consentire l'utilizzo di singole applicazioni come componenti del processo di business e soddisfare le richieste degli utenti in modo trasparente" (fonte Wikipedia). Questi sistemi permettono la connessione tra due nodi consecutivi della rete ma, non consentono di verificare o favorire la comunicazione tra tutti gli attori di una *supply chain*. Questo è particolarmente gravoso soprattutto nelle catene di fornitura profondamente allungate come ad esempio nel settore petrolifero o in quello dell'automotive dove le *supply chain* possono raggiungere fino a 12 distinti livelli.

Uno degli altri problemi legati all'utilizzo dei sistemi ERP riguarda la qualità e l'accuratezza delle informazioni da questi utilizzate. Infatti, i sistemi ERP, per poter effettuare transazioni e supportare il processo decisionale necessitano di dati. Le performance di un sistema ERP sono tanto più elevate quanto

maggiore è la qualità del dato che il sistema riceve in input. Questo significa che i dati utilizzati dalle aziende dovrebbero essere sempre aggiornati, accurati e completi. La società americana *Intelligent Business Strategies* ha stimato che la bassa qualità dei dati sulla domanda e sui clienti costa alle imprese americane circa 611 miliardi di dollari all'anno (O. Foley, 2010). In realtà il problema risiede nel fatto che la maggior parte dei dati risiede all'interno di silos privati, il che li rende indisponibili da parte di chi da questi può trarne vantaggio. Gli stessi dati governativi che dovrebbero essere visibili ed utilizzabili dalle imprese e dai cittadini, spesso non sono accessibili.

Quello che manca negli attuali sistemi IT all'interno del panorama *supply chain* è una soluzione che da una parte sia in grado di generare un network che connetta tra loro i differenti sistemi ERP indipendentemente dalla tecnologia sottostante sui cui questi sistemi operano e dall'altra che assicuri l'immutabilità dei dati (A. Banerjee, 2018). La blockchain è in grado di colmare questo gap.

Le sfide analizzate sopra, sottolineano infatti, la necessità di adottare all'interno delle catene di fornitura un sistema integrato in grado di agire come ledger centralizzato e condiviso tra tutti gli utenti. All'interno del sistema i dati sono accessibili a tutti i partecipanti e allo stesso tempo sono protetti grazie all'utilizzo delle chiavi criptografiche. Le informazioni salvate sul database distribuito sono verificate grazie all'utilizzo di meccanismi di consenso distribuiti. Di conseguenza vi è assoluta certezza sulla veridicità dell'informazione salvata come ad esempio: le caratteristiche di un prodotto, i dettagli di un'azienda, la ragione sociale, la posizione finanziaria di un fornitore etc..

Attraverso il contributo della tecnologia blockchain infatti i sistemi ERP possono essere tra loro connessi per generare una piattaforma integrata in cui i dati e le informazioni sono immutabili e in cui è presente un meccanismo di verifica e controllo sulle transazioni.

La connessione può avvenire all'interno di un *open network* ovvero di una blockchain pubblica oppure attraverso un *permissioned network*. La combinazione tra blockchain e sistemi ERP può permettere di sfruttare in modo complementare tutte le *capability* che sono proprie dell'uno e dell'altro sistema fornendo un flusso continuo di informazioni e di dati lungo le intere *supply chain* (A. Banerjee, 2018).

All'interno di queste complesse architetture gli *smart contract* giocano un ruolo chiave. I contratti intelligenti permettono infatti di definire le regole di interazione tra i singoli nodi ed il sistema.

In ogni caso la blockchain attraverso il *distributed ledger* permette di fornire un'infrastruttura centrale in grado di integrare tra loro i sistemi ERP. I dati originati dai differenti gestionali possono infatti essere canalizzati all'interno della blockchain generando valore per tutti gli attori facenti parte del network..

Quando un produttore, un distributore o un *retailer* diventa un nodo della blockchain, questi è in grado di caratterizzare ogni *item* utilizzando il suo profilo e la sua identità digitale. Allo stesso modo ogni elemento che viene scambiato tra i nodi della rete è visibile da tutti i partecipanti del sistema o da chi ne è autorizzato. Questo, oltre a permettere la trasparenza e la veridicità dei dati inseriti, consente alle imprese

di utilizzare le informazioni condivise per standardizzare e sincronizzare i propri sistemi con quelli dell'interno network. Questo risolve in parte i problemi legati all'interoperabilità tra i sistemi ma, soprattutto, semplifica enormemente la gestione dei flussi informativi eliminando l'esplosione di riferimenti differenti in relazione ai singoli articoli che attraversano la catena. Infatti ogni differente sistema ERP utilizza le proprie codifiche per i prodotti e i documenti che deve gestire. Così, quando viene inviato un ordine di acquisto relativo ad un determinato prodotto da parte di un buyer, questo farà riferimento ad un codice prodotto che molto probabilmente sarà differente da quello attribuito allo stesso prodotto dal fornitore. In questi termini la blockchain permetterebbe di sincronizzare e uniformare il flusso informativo di ogni *item* scambiato grazie alla gestione centralizzata e condivisa delle identità digitali.

Sulla base di quanto appena detto la connessione tra i sistemi ERP e la condivisione delle informazioni su blockchain permette di:

- condividere le informazioni;
- standardizzare ed uniformare lo scambio di informazioni tra le aziende;
- tracciare i prodotti al di fuori dei confini aziendali;
- migliorare i rapporti e la fiducia tra i *player* coinvolti;
- sincronizzare i singoli ERP aziendali;
- effettuare attività di *collaborative analytics*.

3.2.2 Implementazione della blockchain in *supply chain*

La *supply chain* comprende una serie di sistemi e di entità che includono persone, risorse materiali, conoscenza, processi, contratti finanziari e transazioni che permettono il flusso dei prodotti da monte a valle. In una *extended supply chain* è molto difficile avere visibilità su tutte le transazioni che si verificano all'interno del network. Queste informazioni sono solitamente archiviate in differenti sistemi di *data storage* e sono accessibili solo ad alcuni degli attori coinvolti nella catena di fornitura.

Un sistema decentralizzato e distribuito, che utilizza la tecnologia blockchain per raccogliere, archiviare e gestire le informazioni che si generano nello scambio di beni e servizi, permette di creare un'infrastruttura in grado di risolvere molte delle sfide che caratterizzano le odierne *supply chain* (Saveen A. et al., 2016).

Nel paragrafi successivi viene proposta una possibile soluzione di implementazione della tecnologia blockchain in *supply chain*. Ai fini della trattazione si è deciso di descrivere l'infrastruttura di base del sistema ponendo particolare attenzione a: le entità coinvolte e come queste si interfacciano con il sistema; le differenze esistenti tra i nodi; i processi di autorizzazione, verifica, visualizzazione e memorizzazione dei dati. Essendo la tecnologia ancora in fase embrionale, non sono presenti degli standard tecnici di

riferimento che delineino in modo chiaro e compiuto quale debba essere l'infrastruttura di riferimento della blockchain in ambito *supply chain*. Quello proposto nei paragrafi successivi è dunque un possibile esempio di implementazione che non è necessariamente rappresentativo di tutti i casi reali. Nonostante ciò si è ritenuto importante definire gli elementi essenziali della tecnologia al fine di poterne comprendere a pieno le potenzialità e le relative applicazioni.

Alla luce delle considerazioni fatte in precedenza e sulla base dei report analizzati, si ritiene che in ambito *supply chain* le soluzioni blockchain private rispetto a quelle pubbliche, possano meglio incontrare e soddisfare i bisogni e le richieste delle imprese. Queste infatti, mantenendo comunque molti dei vantaggi e delle caratteristiche strutturali delle soluzioni pubbliche, consentono di ottenere un maggiore controllo sul sistema ed una maggiore tutela sulle informazioni condivise (C.Catalini, Joshua S. Gans, 2016).

A livello teorico la blockchain è un database distribuito, condiviso tra tutti i nodi della rete, basato su un meccanismo di consenso e talvolta su un token di convalida. La blockchain è costituita da un insieme di blocchi ognuno dei quali contiene al suo interno un certo numero di transazioni. Ogni qual volta viene effettuata una transazione questa viene condivisa all'interno del network e tutti o alcuni dei partecipanti della rete devono verificarne la validità. Se la transazione viene validata questa può essere memorizzata all'interno del ledger e dopo essere stata inserita non può più essere modificata o cancellata.

Nelle applicazioni blockchain in supply chain i **nodi** sono rappresentati dagli attori del network mentre le **transazioni** sono i singoli prodotti, i singoli documenti o le singole informazioni che vengono scambiate (Saveen A. et al., 2016).

I prodotti all'interno del loro ciclo di vita si muovono tra i vari anelli di una catena di fornitura passando dai produttori, ai fornitori, ai distributori, ai *retailer*, fino ai consumatori finali.

Allo stesso modo i singoli documenti che vengono scambiati tra i vari attori fluiscono ininterrottamente da valle a monte coinvolgendo tutti i player della filiera anche se con finalità e obiettivi differenti. Così ad esempio i documenti di fornitura legati ad un ordine di acquisto saranno scambiati tra fornitore e cliente mentre ad esempio, i documenti di trasporto potranno coinvolgere anche attori esterni quali autorità doganali, autorità aereo-portuali, istituti assicurativi, banche etc..

Ma non sono solo i prodotti e i documenti a fluire all'interno della catena. Infatti le transazioni possono avere ad oggetto anche: denaro, informazioni finanziarie, informazioni sulle condizioni dei prodotti, certificazioni, brevetti o in termini più generali la proprietà intellettuale, contratti etc... Nel seguito si farà riferimento a queste entità, che sono oggetto di scambio tra due nodi della rete, con il termine inglese *item*.

Ogni singolo *item* che attraversa la filiera è caratterizzato da un **profilo digitale univoco** che contiene al suo interno tutte le informazioni che lo caratterizzano ed è identificato da un codice e da un indirizzo di

hash. Questo vale indipendentemente dall'entità che attraversa la catena e di cui si intende tenere traccia sia questa un documento, un container, un mezzo di trasporto, un macchinario, un prodotto etc...

Gli **attori** della supply chain sono anch'essi identificati all'interno del sistema per mezzo di un **profilo digitale** che viene generato dopo un processo iniziale di registrazione. Ovvero ogni singolo partecipante della rete per poter entrare all'interno del sistema e godere dei benefici offerti dal database distribuito deve completare un processo di registrazione ed autenticazione. In seguito alla registrazione ad ogni attore viene fornita una **chiave pubblica** e una **chiave privata**, entrambe **criptografate**. La chiave pubblica permette di identificare l'attore all'interno del network mentre, la chiave privata, autentica l'attore quando questo interagisce con il sistema. Ogni singolo player coinvolto nel network può dunque interagire con la rete autenticandosi criptograficamente usando la sua chiave privata. Questo permette ad ogni attore di firmare digitalmente gli item quando interagisce con essi. In altre parole la chiave pubblica viene utilizzata all'interno del network per identificare il singolo attore e corrisponde al suo indirizzo digitale. La chiave privata permette invece di firmare criptograficamente le singole transazioni (C.Catalini, Joshua S. Gans, 2016).

Il profilo digitale di ogni utente può contenere una serie di informazioni relative alle generalità dell'azienda come ad esempio sede, denominazione sociale etc.. Al profilo di ogni utente sono inoltre collegate le certificazioni e gli standard di produzione e di qualità da questi possedute, come ad esempio le norme ISO per quanto riguarda la qualità e/o il marchio "Fairtrade" per quanto riguarda le certificazioni (Nir Kshetri, 2018). Numerose sono però le informazioni che possono essere ulteriormente inserite ed associate al profilo di ogni attore quali ad esempio: la posizione finanziaria, il prezzo dei prodotti, le condizioni di fornitura, i livelli di magazzino, i lead time, le previsioni sulla domanda finale, i volumi di produzione, le promozioni sui prodotti e le politiche di incentivazione sulla forza vendita, etc.. Possono inoltre essere condivisi i dati necessarie alla misurazione degli indicatori di performance o in termini più generali i dati sensibili che possono essere oggetto di operazioni di *Data Analytics* condivise tra tutti i nodi della catena fornitura.

La scelta su quali e/o quante informazioni condividere dipende dalle funzionalità della blockchain e dal settore industriale in cui la *supply chain* opera. Ad esempio in una blockchain che gestisce il *tracking* dei prodotti da valle a monte le informazioni finanziarie dei singoli nodi non sono rilevanti ai fini dell'applicazione della tecnologia. Lo stesso non vale per le soluzioni proposte in ambito *Supply Chain Finance* dove invece la stabilità finanziaria di un fornitore è condizione necessaria al fine di permettere alla banche di gestire operazioni di *reverse factoring*.

Le informazioni sul profilo dell'utente possono essere inserite ed aggiornate automaticamente dai singoli attori del sistema grazie alla **connessione** tra la blockchain ed i differenti **sistemi ERP**.

Il sistema può inoltre permettere ai singoli partecipanti di gestire le informazioni contenute sul proprio profilo digitale nel rispetto della privacy. Gli attori possono così scegliere di rimanere completamente anonimi nella condivisione dell'informazione oppure di non celare la propria identità.

Quando un *item*, come ad esempio un prodotto o un documento di trasporto, viene tracciato all'interno del network, questo viene firmato digitalmente dall'attore di riferimento attraverso l'utilizzo della chiave privata. Di conseguenza viene generato un **link tra il profilo digitale del singolo item e quello dell'attore** che con esso ha interagito. La transazione viene in seguito condivisa all'interno del sistema e se approvata viene registrata sulla blockchain. Questo fa sì che sia possibile conoscere *real-time* la posizione di un determinato prodotto o differentemente l'approvazione di un determinato documento (Saveen A. et al., 2016).

La blockchain è per sua natura un database e di conseguenza la sua funzione principale rimane quella di memorizzare i dati. Questo significa che qualsiasi potenziale **device**, in grado di essere una **fonte primaria di dati**, può essere inserito all'interno della piattaforma blockchain e scambiare informazioni con essa. In questi termini un macchinario collegato in rete che registra dati sull'attività di produzione o uno smart sensor che memorizza le informazioni su un mezzo di trasporto refrigerato possono a loro volta essere inseriti all'interno del sistema. Questi sono identificati nella rete per mezzo di un **profilo digitale univoco** e possiedono una **chiave privata** grazie alla quale firmano le transazioni.

A tal proposito la blockchain, grazie alla sua natura distribuita e alle sue caratteristiche di immutabilità e sicurezza, è destinata a diventare nei prossimi anni l'infrastruttura di base degli odierni sistemi di raccolta dati in primis l'IoT. In questi termini, in un recente studio sulle relazioni esistenti tra l'IoT e la blockchain, IDC ha affermato che già entro il 2019 il 20% di tutti gli apparecchi IoT utilizzeranno la blockchain come infrastruttura di sistema [22].

Indipendentemente dai sensori IoT, come si vedrà dettagliatamente trattando le applicazioni blockchain in *supply chain*, il database distribuito per espletare le sue funzionalità necessita di ricevere in input dati proveniente da fonti esterne, che non necessariamente si identificano con i singoli attori del sistema. Queste possono infatti essere anche *smart sensor* o lettori RFID. Vedremo successivamente nel dettaglio le differenze esistenti tra queste tecnologie.

Vediamo ora quali **altri attori** possono essere inseriti all'interno del sistema e qual è il loro ruolo.

Oltre ai singoli **player** della catena di fornitura all'interno di una piattaforma blockchain possono essere inclusi anche certificatori e/o revisori. Il loro ruolo è quello di verificare che le regole e gli standard normativi vengano rispettati. In questo particolare caso dopo aver superato il processo di verifica, il profilo digitale del singolo attore e/o i suoi prodotti potranno essere contrassegnati con una certificazione digitale che provi la qualità e il rispetto delle normative e degli standard imposti dalla legge o dalle organizzazioni esterne governative e non. I certificatori e i revisori dovranno inoltre dichiarare l'identità

di tutti gli attori coinvolti nella rete al fine di massimizzare la trasparenza e mantenere l'integrità e la sicurezza dei dati. Il processo di certificazione della qualità e rispetto degli standard può essere completamente od almeno in parte automatizzato, grazie all'utilizzo di *smart contract*. Riassumendo all'interno di un sistema blockchain in supply chain i player coinvolti sono [23]:

- *Registrars* - forniscono un'identità digitale univoca agli attori della rete. In questo caso vi è un'importante differenza ad esempio rispetto a Bitcoin. Nelle soluzioni private infatti spesso sono presenti dei partecipanti che si occupano di gestire, per ogni utente, il processo di registrazione e l'utilizzo delle chiavi criptografiche. Questo perché nel caso in cui il singolo utente perda le chiavi, sia comunque presente un meccanismo di recupero che permetta di evitare l'esclusione del nodo dal sistema (con conseguenze anche gravi per il funzionamento dell'intera piattaforma). Si ricordi a tal proposito che se in Bitcoin un singolo partecipante smarrisce le chiavi per accedere al sistema questo perderà tutti i bitcoin in suo possesso senza alcuna possibilità di recuperarli.
- *Standard Organization* - definiscono gli standard da rispettare. La loro presenza è direttamente correlata al tipo di applicazione blockchain. In alcuni casi, come per la certificazione dei prodotti farmaceutici, la loro presenza è fondamentale mentre, in altri contesti, non è richiesto il loro coinvolgimento.
- *Certifiers* - forniscono certificazioni agli attori permettendogli di partecipare al network. Come detto precedentemente queste figure possono essere in parte sostituite da *smart contract* o da algoritmi che, sulla base dei dati collezionati da sensori IoT, possano fare controlli incrociati sul rispetto degli standard o dei requisiti richiesti.
- *Producer, manufacturer, distributor, retailer e waste management organization, bank, assurance company, shipping carrier, transshipment parties, freight forwarders, custom* - inseriscono le informazioni chiave relative agli item all'interno della blockchain.
- *Consumer* - acquistano il prodotto, visualizzano le informazioni ed in alcuni casi (rari) inseriscono informazioni sui prodotti acquistati o sui servizi erogati.

Occorre a questo punto fare un'importante distinzione tra le differenti **tipologie di nodi** che possono essere presenti all'interno delle soluzioni blockchain (Lan Ge, et al, 2017).

Nelle soluzioni blockchain private esistono in termini generali tre tipologie di nodi:

- i **nodi master** che svolgono l'attività di *mining* e verificano la veridicità e la correttezza delle informazioni inserite. Compete dunque ai nodi master il processo di inserimento delle transazioni all'interno dei blocchi e di aggiunta dei blocchi alla catena più lunga. E' intorno a questa tipologia di nodi che si struttura il meccanismo di consenso e viene determinata l'infrastruttura di rete. Quando un nuovo blocco viene aggiunto alla catena, la blockchain si aggiorna automaticamente su tutti i nodi della rete che possiedono una copia del *ledger*. Di conseguenza se uno dei singoli nodi proverà ad inserire una transazione corrotta o modificata questa potrà essere immediatamente

visibile dagli altri partecipanti. Ovviamente nelle soluzioni private spesso il *mining* non è collegato ad un corrispettivo economico in quanto i nodi stessi sono incentivati a far sì che il sistema funzioni correttamente. Detto in altri termini, la potenza di calcolo impiegata per inserire un nuovo blocco alla catena, non è corrisposta con un token. Appartengono a questa tipologia di nodi i *provider* tecnologici e/o gli sviluppatori della piattaforma, che spesso sono proprietari di più nodi *master*. Possono assumere questo ruolo anche i partecipanti della catena. Si tratta di una soluzione desueta a meno che il singolo player sia allo stesso tempo un partecipante del network ed colui che ha commissionato l'implementazione della blockchain.

- i **nodi *peer*** che non partecipano all'attività di *mining* ma, che possiedono una copia aggiornata del database. Questi contribuiscono insieme ai nodi *master*, a definire l'infrastruttura della blockchain, garantendo al sistema la tipica configurazione distribuita. I nodi *peer* possono effettuare e verificare le transazioni ma, non partecipano al meccanismo di consenso. Questa particolare tipologia di nodi, a seconda della natura infrastrutturale del progetto, può essere di proprietà sia dei *provider* tecnologici che dei singoli nodi della catena.
- i **nodi *light (end-user)*** che non partecipano all'attività di *mining* e possono possedere una copia aggiornata della blockchain. Questi interagiscono con la piattaforma grazie all'utilizzo delle chiavi criptografiche per effettuare o visionare le transazioni che, come sottolineato in precedenza, hanno per oggetto gli item. Appartengono a questa tipologia di nodi ad esempio i sistemi ERP o gli apparecchi IoT connessi alla blockchain e/o i partecipanti della supply chain.

I nodi *master* possono ricoprire il ruolo di nodi *light* mentre, almeno nelle soluzioni blockchain private, non è vero il contrario.

La scelta su quali attori della catena debbano ricoprire il ruolo di nodi *master*, *peer* o *light*, dipende dalla natura della blockchain, dall'applicazione di riferimento, dal settore industriale ma, soprattutto, come accennato pocanzi, dallo sviluppatore e/o dal proprietario/i della piattaforma. In altre parole spesso i nodi *master* sono coloro che possiedono il know-how per sviluppare la piattaforma e di conseguenza coloro che determinano il funzionamento della rete. Nelle attuali soluzioni blockchain questi spesso sono i *provider* tecnologici, in primis Microsoft e IBM o le *startup* che hanno sviluppato le singole applicazioni.

I nodi *light* in questi termini vengono coinvolti all'interno delle singole soluzioni esattamente come fossero dei clienti che acquistano i servizi predisposti dai *provider* tecnologici. Questi dunque non hanno controllo sulla tecnologia e non partecipano al processo di programmazione. Di contro acquistano licenze d'uso, così per come accade per la quasi totalità dei prodotti software. Spesso si verifica infatti che i singoli nodi *light* non possiedano l'infrastruttura di sistema ed accedano alla blockchain in cloud.

A tal proposito occorre sottolineare come gli stessi *provider* tecnologici scelgano talvolta di dar vita a soluzioni in cloud. Le motivazioni che sottendono tali decisioni sono legate a questioni di natura puramente economica. Infatti, evitando l'acquisto dei *server*, le singole *startup* abbattano i costi iniziali di

investimento. Per fare ciò si appoggiano ai servizi cloud offerti dalle piattaforme già esistenti come ad esempio Bitcoin, Ethereum o Hyperledger. Si tratta ovviamente di scelte strategiche che di conseguenza differiscono a seconda dell'ambito applicativo.

In ogni caso molti ritengono sia preferibile possedere *in-house* i server sui quali gira l'intero sistema (Nir Kshetri, 2018). Questo infatti permette di avere un maggior controllo ma, soprattutto la proprietà, sui dati contenuti all'interno della blockchain. Si è scelto di non approfondire ulteriormente le motivazioni che determinano l'una o l'altra scelta in quanto, ai fini dei lavoro di ricerca, questo non influenza la comprensione dell'elaborato ma, soprattutto, si allontana da quello che rimane l'obiettivo principale di questa tesi. Ulteriori delucidazioni in questi termini, verranno comunque proposte nel capitolo V.

Sulla base di queste importanti precisazioni possiamo ora proporre una possibile architettura di una soluzione blockchain in *supply chain*. Un esempio è mostrato nella figura sottostante. In realtà l'immagine fa riferimento ad un'applicazione pensata specificatamente per il *tracking* dei prodotti. In ogni caso, indipendentemente dal *item* oggetto di scambio, l'elemento che chiaramente emerge dall'infrastruttura è la natura distribuita ed interconnessa del network. L'aspetto centrale di questa nuova configurazione risiede infatti nella presenza di una piattaforma all'interno della quale i *player* possono effettuare le transazioni.

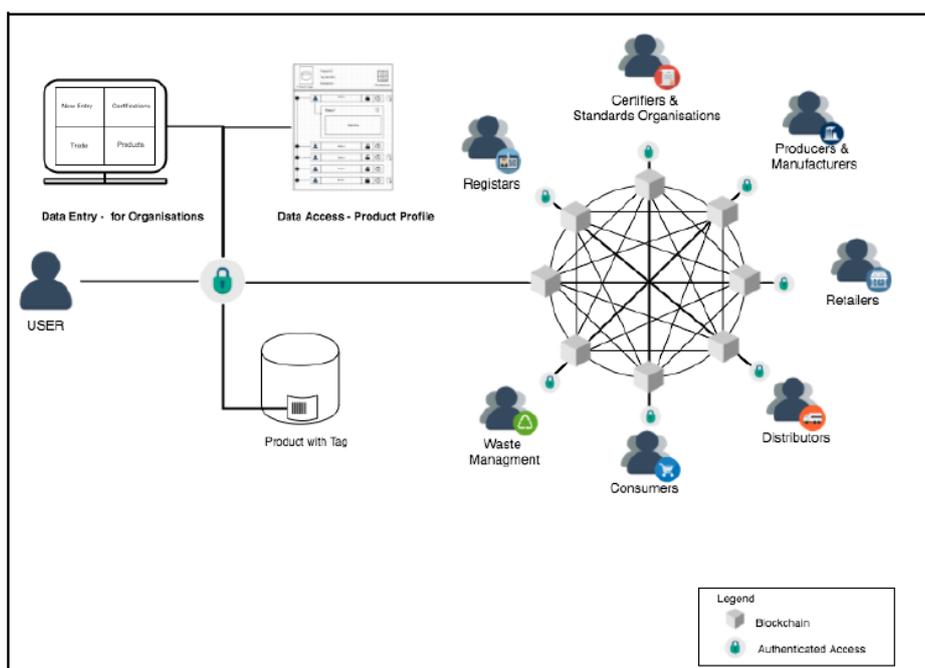


Figura 15. Infrastruttura Blockchain in *Supply Chain* (Saveen A. et al., 2016)

In relazione all'esempio riportato, è importante sottolineare il ruolo ricoperto dai clienti finali all'interno dell'infrastruttura: questi infatti sono rappresentati come nodi della rete.. Questa soluzione è desueta ma, in termini generali, dipende dall'applicazione blockchain di riferimento. Ad esempio in un'applicazione blockchain pensata per gestire in automatico i pagamenti sulle forniture, non è richiesta l'inclusione o la partecipazione dei clienti finali. Non vale lo stesso per il *tracking* dei prodotti: in queste soluzioni infatti,

spesso i consumatori finali sono coinvolti all'interno del sistema. Questi difatti hanno interesse nel conoscere l'origine dei beni che acquistano soprattutto se hanno un impatto diretto sulla loro salute.

Nonostante ciò, spesso accade che i clienti finali non ricoprano il ruolo di nodi ed accedano alla blockchain per mezzo di soluzioni *off-chain*. In altre parole i singoli consumatori vengono esclusi dalla piattaforma ma, possono comunque, per mezzo di collegamenti esterni, verificare e visionare alcune delle informazioni su questa memorizzate. Ad esempio in relazione al *tracking* dei prodotti i consumatori, grazie allo scan di un QR-Code apposto sulla confezione, possono risalire all'origine e alla provenienza dei beni che acquistano. Questo senza divenire nodi della rete. Di conseguenza i consumatori non possiedono la coppia di chiavi criptografiche ma, soprattutto, l'intera blockchain aggiornata sui propri supporti hardware. Quanto appena descritto è una delle dimensioni principali che permette di distinguere le soluzioni private e rispetto a quelle pubbliche. In quest'ultime infatti ogni singolo utente può, in qualsiasi momento, diventare nodo della rete e, senza alcun tipo di restrizione, partecipare all'attività di *mining*.

I differenti attori coinvolti accedono alla rete attraverso una differente *user interface*. Le applicazioni software sono infatti configurate in base alla posizione che il singolo nodo ricopre all'interno del network (Saveen A. et al., 2016). I consumatori hanno ad esempio una versione customizzata dell'interfaccia utente che permette l'accesso ai dati relativi ai prodotti che stanno acquistando. Questa sarà completamente diversa da quella predisposta per i produttori o per i distributori.

Il sistema software è strutturato per facilitare l'immissione di nuovi dati e garantire l'accesso e la visione dei dati già esistenti. Questo software gira su una blockchain che permette di eseguire e scrivere righe di codice come avviene in Ethereum.

Dunque è fondamentale che una soluzione blockchain in *supply chain* sia **predisposta per la scrittura di *smart contract***. I contratti intelligenti sono uno degli elementi cardine delle applicazioni blockchain nelle catene di fornitura (A. Banerjee, 2018) .

La funzione centrale degli *smart contract* risiede nella loro capacità di definire le regole di governance. Queste determinano come gli attori possono interagire con il sistema e come i dati sono condivisi nella rete. In altre parole amministrano il *data entry* ed il *data access*.

Le regole di governance sono scritte nel codice e archiviate all'interno della blockchain. Queste non possono essere modificate garantendo così l'integrità e la validità dei dati.

Infatti, una volta che i meccanismi di governance sono archiviati nella blockchain, questi funzionano esattamente come definiti in fase iniziale e non possono essere mutati a meno che vi sia una condivisione tra tutti i nodi e una verifica e validazione da parte dei *nodi master*.

Data entry

Come accennato precedentemente grazie all'utilizzo delle chiavi digitali è possibile inserire all'interno della blockchain le informazioni relative ad una singola coppia attore-item e consentire così la tracciabilità delle informazioni. Per fare ciò devono essere definite delle regole che attribuiscono ad ogni singolo attore l'autorizzazione o meno ad inserire informazioni. Per fare ciò il sistema utilizza degli *smart contract* al fine regolare gli accessi e legittimare gli attori ad inserire i dati.

Ogni singolo elemento fisico che attraversa la catena di fornitura per poter essere tracciato sulla blockchain deve essere rappresentato digitalmente.

Usando le identità digitali è possibile creare uno *smart contract* per ogni coppia elemento-attore in modo tale che solo le parti con la corretta chiave digitale possano avere accesso e/o siano autorizzate da "contratto" ad inserire informazioni (ad esempio su un determinato prodotto o a firmare un documento).

Questo perché, in un dato momento, il singolo *item* è posseduto o è sotto la responsabilità di un particolare attore e solo quest'ultimo ha il permesso e l'autorizzazione per inserire nuove informazioni.

Allo stesso modo quando un'informazione o un *item* è oggetto di scambio tra due attori della filiera entrambi devono firmare un contratto digitale che autentichi la transazione. Dopo di che i dettagli della transazione vengono caricati sulla blockchain e sono immutabili. A scambio concluso il sistema si aggiorna automaticamente su tutti i nodi della blockchain.

I dati possono essere aggiunti o manualmente o automaticamente. Nel primo caso il processo di *data entry* avviene sotto il controllo dei singoli attori che, dopo aver effettuato il processo di autenticazione, inseriscono le informazioni di loro competenza. Nel secondo caso invece l'inserimento dei dati avviene grazie al contributo offerto da *device* esterni, collegati alla blockchain per mezzo di soluzioni di Rete. A tal proposito occorre sottolineare come solitamente la tecnologia del *distributed ledger* venga utilizzata come supporto per ad altre soluzioni digitali il cui scopo principale è quello di raccogliere dati. Tra queste occorre citare l'impiego dei sensori IoT, soprattutto nel *tracking* dei prodotti.

Ad esempio nel trasporto refrigerato di beni alimentari è possibile sfruttare sensori IoT per monitorare alcune condizioni quali temperatura, pressione, grado di inquinamento etc.. Di conseguenza, se uno dei valori mantenuti sotto controllo, non rispetta i criteri predeterminati, il sensore trasmette *real-time* il dato alla blockchain.

Dunque l'acquirente o il consumatore finale sulla base delle informazioni disponibili potrà decidere di rifiutare il lotto o di non comprare la merce. Anche in questo caso le autorizzazioni al *data entry* vengono regolate per mezzo di *smart contract*.

Data access

Tutti i dati del sistema sono archiviati sulla blockchain e sono disponibili a chiunque si interfacci con il sistema e sia munito delle credenziali di autenticazione. Il diritto di accedere ai dati e alle informazioni contenute nella blockchain cambia a seconda del tipo e della posizione che l'attore ricopre all'interno della *supply chain* [23].

Come accennato precedentemente l'accesso ai dati è determinato dalle regole di *governance* e può essere consentito solo ad alcuni degli attori del network. Inoltre è possibile estendere la verifica delle informazioni anche ai consumatori finali che spesso però non vengono inclusi nel sistema.

L'accesso alle informazioni è regolato per mezzo di *smart contract*. Le autorizzazioni di accesso ai dati relative ad un determinato utente piuttosto che ad un determinato documento o prodotto possono infatti essere rilasciate solo ad alcuni nodi della rete. In questo modo, quando un attore, accedendo al sistema, si autentica con la sua chiave privata il contratto intelligente verifica che questi sia in possesso delle autorizzazioni necessarie per la verifica dei dati.

3.2.3 Tecnologie di supporto : IoT e IA

La tecnologia blockchain viene spesso impiegata insieme ad altre tecnologie che permettono la trasmissione o l'elaborazione dell'informazione. Grazie alle sue caratteristiche infrastrutturali infatti il *distributed ledger* offre interessanti opportunità sia in termini di *data storage*, che come soluzione di *input* per altre tecnologie quali *machine learning* e Intelligenza Artificiale (IA). In riferimento alla prima dimensione (*data storage*) al fine di garantire una migliore comprensione dell'elaborato analizzeremo brevemente la tecnologia IoT. Dopo di che passeremo invece in rassegna l'IA. Le due tecnologie sfruttano il database distribuito per finalità differenti. L' Internet Of Things, grazie alla connessione in cloud, sfrutta la blockchain per memorizzare i dati che i singoli *smart sensor* catturano dall'ambiente nel quale sono inseriti; l'AI invece, sfrutta la base dati condivisa per alimentare gli algoritmi predittivi.

Internet of Things

In informatica con IoT o Internet degli oggetti si fa riferimento all'estensione di Internet agli oggetti del mondo reale o ai luoghi concreti. Il termine è stato utilizzato per la prima volta da Kevin Ashton, cofondatore e direttore esecutivo dell'Auto-ID-Center all'MIT, nel 1999 durante una presentazione presso la nota società americana Procter & Gamble (A. Kevin, 2009).

Alla base di queste nuove tecnologie vi è il principio secondo cui, grazie alla connessione ad Internet, gli oggetti possono acquisire un'intelligenza propria. Questi infatti, per mezzo dello scambio di informazioni

con la Rete, sono in grado di modificare il proprio comportamento sulla base degli input che ricevono dall'ambiente nel quale sono inseriti. Gli esempi più classici a tal proposito riguardano: la sveglia che imposta automaticamente l'ora in base alle condizioni del traffico piuttosto che la dispensa od il frigorifero che aggiungono automaticamente i prodotti alla "lista della spesa" non appena finiscono le scorte. Insomma tutti gli oggetti possono acquisire un ruolo attivo grazie proprio alla connessione ad Internet.

Le tecnologie di comunicazione che possono essere utilizzate per abilitare l'IoT sono molteplici. In primis i *tag* RFID che rappresentano in questi termini uno dei primi esempi in tale ambito. Tuttavia sono emerse nel tempo nuove tecnologie in grado di rendere più efficiente ed efficace la comunicazione tra oggetti. Ad oggi lo standard maggiormente impiegato è l'IEEE 802.15.4e che, rispetto ai suoi predecessori, garantisce un'elevata affidabilità nei collegamenti a radio-frequenza e permette efficienza energetica nel funzionamento. Per la comunicazione tra i nodi e la rete esistono poi ulteriori protocolli che permettono di creare operativamente un network in grado di dar vita a funzionalità differenti e impiegabili nei più disparati domini applicativi (Wikipedia).

Ad oggi la dimensione del mercato dell'IoT è in forte crescita. Sulla base di alcune stime proposte dall'analista indiano MarketsandMarkets il mercato dell'Iot, è destinato a crescere ad un CARG (tasso medio composito) del 32,4% all'anno passando in termini economici dagli attuali 130 miliardi di dollari ai 883,5 nel 2020. [24]

Ad oggi il paradigma utilizzato all'interno dell'IoT a livello infrastrutturale è il client/server che, per sua natura, si struttura intorno a dei meccanismi centralizzati. Questi protocolli di comunicazione sono particolarmente indicati per gestire gli ecosistemi IoT chiusi e limitati come ad esempio le *smart home*. Per tali ragioni, la grande diffusione degli oggetti intelligenti in diversi contesti operativi, ha iniziato a far emergere i primi dubbi legati alla gestione di tali tecnologie per mezzo delle infrastrutture centralizzate. Quest'ultime infatti, seconso alcuni studiosi, diventeranno presto un collo di bottiglia generando ritardi e guasti a causa dei congestionamenti dovuti all'eccessivo traffico di rete.

Si pensi a tal proposito, che Cisco prevede che i dispositivi IoT entro il 2020 saranno più di 50 miliardi. Questi saranno tutti, contemporaneamente, connessi alla rete e invieranno e riceveranno continuamente informazioni. Questo fa sì che l'ammontare di dati che transiteranno all'interno delle rete Internet e/o delle reti Intranet o Extranet sia destinato ad esplodere con tutte le conseguenze che questo comporta anche a livello economico [24].

A complicare ulteriormente la questione vi è la mancanza di interoperabilità tra le architetture di sistema. Queste infatti, essendo tra loro sempre più capillari, stanno divenendo ingestibili propria a causa dell'assenza di meccanismi condivisi.

All'interno di questo contesto risulta chiaro come la blockchain possa giocare un ruolo da protagonista. Infatti, il *distributed ledger* potrebbe essere impiegato come infrastruttura di sistema per memorizzare le transazioni e, grazie all'utilizzo di *smart contract*, per coordinare tra i loro i differenti *device* fisici.

E proprio sulla base di queste considerazioni, che molti ritengono che il database distribuito sia l'unica tecnologia capace di assicurare scalabilità, rispetto della privacy e affidabilità agli ambienti IoT [25]. Manca infatti oggi un sistema sicuro che abbia tutte le caratteristiche per poter risolvere queste sfide.

Questo segnerebbe il passaggio da sistemi IoT centralizzati ad infrastrutture decentralizzate capaci da una parte, di eliminare *failure*, e dall'altra di tutelare i consumatori sulla sicurezza dei dati inseriti.

Tuttavia, la decentralizzazione delle reti IoT non è così semplice da attuare. Innanzitutto gli *smart device* dovrebbero essere in grado di comunicare con protocolli *peer-to-peer* garantendo la sicurezza ma, soprattutto, l'integrità del dato in modo autonomo (ovvero senza ricorrere ad un sistema di controllo centralizzato). Inoltre, risolto tale *bug*, rimarrebbe comunque molto difficile riuscire a proteggere la rete da possibili interventi umani mirati a manomettere i dispositivi. Ad esempio se un dispositivo IoT impiegato per misurare la temperatura all'interno di un trasporto refrigerato, venisse raffreddato artificialmente piuttosto che essere posizionato all'interno del mezzo di trasporto, questi non sarebbe in grado di cogliere le differenze. Di conseguenza si perderebbe la tutela nei confronti della merce trasportata con conseguenze gravi per tutto l'ecosistema.

In termini più generali occorre dunque che vengano definite delle soluzioni che garantiscano l'attendibilità della fonte dati primaria. Nonostante ciò la decentralizzazione delle reti attraverso la blockchain sembra essere l'unica soluzione per permettere all'IoT di raggiungere nei prossimi anni l'adozione sperata.

Intelligenza Artificiale

L'intelligenza artificiale può essere definita come l'abilità di un sistema tecnologico di risolvere problemi o svolgere compiti tipici della mente umana. Da un punto di vista puramente informatico l'IA è invece la disciplina che si occupa di realizzare macchine hardware e software in grado di emulare l'agire umano [26].

Le azioni che un sistema di Intelligenza Artificiale è in grado di compiere possono essere distinte in quattro differenti categorie: l'agire umano, il pensare umano, il pensare razionale e l'agire razionale.

Sulla base di tali caratteristiche i sistemi di IA sono dunque in grado di: pianificare, comprendere il linguaggio, riconoscere immagini e suoni, risolvere problemi e riconoscere i pattern.

I primi esperimenti di Intelligenza Artificiale risalgono al 1943 quando i due ricercatori Warren McCulloch e Walter Pitt proposero alla comunità scientifica il primo neurone artificiale. Dopo questo primo lavoro di ricerca iniziarono a svilupparsi una serie di importanti studi intorno al tema dell'IA. Tra questi occorre citare il lavoro dello psicologo canadese Donald Olding Hebb. Egli nel 1949 propose un modello che analizzava il collegamento esistente tra i neuroni artificiali e quelli più complessi del cervello umano. Fu poi invece il giovane Alan Turing a cercare di spiegare come i computer potessero comportarsi in modo simile gli esseri umani ed infatti, dopo gli studi del ricercatore britannico, arrivarono i primi prototipi di reti neurali (Wikipedia).

Il primo a parlare realmente di Intelligenza Artificiale fu però il matematico statunitense John McCarthy e, nel 1956, dopo i suoi lavori di ricerca nacquero i primi linguaggi di programmazione specifici per l'IA.

Il primo modello di rete neurale risale invece alla fine degli anni '50. Ad introdurlo fu Frank Rosenblatt nel 1958. Il “**perceptrone**”, si strutturava su una rete con un livello di input, uno di output ed una regola di apprendimento. Questa era basata sull'algoritmo *error back-propagation* (minimizzazione degli errori) che funzionava in questo modo: attraverso una funzione matematica l'algoritmo, in base alla valutazione dei dati in uscita rispetto a quelli in ingresso, alterava i pesi delle connessioni (sinapsi) provocando una differenza tra l'uscita effettiva e quella desiderata [27].

Dopo il perceptrone, i progressi tecnologici sull'AI sono stati tra loro più o meno altalenanti fino ai giorni nostri.

Ad imprimere un'importante svolta agli algoritmi di Intelligenza Artificiale è stato lo sviluppo tecnologico raggiunto sia nel calcolo computazionale che nella capacità di analisi *real-time* di enormi moli di dati.

Grazie all'innovazione tecnologica, è oggi possibile suddividere l'Intelligenza Artificiale all'interno di due grandi dimensioni di indagine ovvero: l'IA debole e l'IA forte [26].

Con IA debole si intende quell'insieme di sistemi tecnologici che sono in grado di emulare alcune caratteristiche umane senza però arrivare a simulare le capacità intellettuali tipiche dell'uomo.

L'AI forte rappresenta invece un sistema che non emula i processi di pensiero e/o le capacità intellettuali dell'uomo ma, sviluppa una propria capacità cognitiva in modo autonomo.

La distinzione si basa sulla differenza esistente tra *Machine Learning* e *Deep Learning*. Il *Machine Learning* consiste in una serie di algoritmi matematici attraverso i quali le macchine vengono "allenate" al fine di renderle "capaci" di svolgere un determinato compito senza che siano state preventivamente programmate nel farlo.

Il *Deep Learning* fa invece riferimento ad una serie di modelli di apprendimento che sono ispirati al funzionamento del cervello umano. Non sono più dunque sufficienti, a differenza del caso precedente, gli

algoritmi matematici che allenano l'IA. Affinché questi sistemi possano funzionare, è necessario introdurre reti neurali artificiali progettate appositamente per emulare il pensiero umano. Questi modelli, rispetto al *machine learning*, richiedono maggiore capacità computazionale in quanto devono supportare numerosi strati di calcolo. Per quanto lo scenario sembri futuristico oggi vi sono numerosi modelli di IA basati sul *Deep Learning* utilizzati ad esempio per il riconoscimento vocale o delle immagini.

Vediamo ora il legame tra IA e Blockchain.

All'interno dell'ambito IA la bontà di un output dipende, oltre che dall'abilità del programmatore o del *data scientist*, dalla qualità dei dati in input. Affidarsi infatti ad algoritmi di IA nei quali i dati sono manipolabili o modificabili è molto pericoloso. Questo perché non si è in grado di determinare, non tanto le scelte della macchina, quanto più la sua evoluzione nel tempo. Ad oggi infatti i progetti di maggiore successo in campo IA sono stati proprio quelli proposti all'interno di ambienti chiusi ovvero in contesti nei quali non fosse possibile manipolare i dati (ad esempio nei videogame).

La blockchain in questi termini gioca un ruolo chiave e grazie alla sua natura distribuita permette di portare alla decentralizzazione dei sistemi di intelligenza artificiale, con benefici sia per la blockchain sia che per i sistemi di IA [28].

A tal proposito, innanzitutto la blockchain può essere utilizzata per validare i dati sia in input che in output con vantaggi importanti sugli algoritmi predittivi.

Allo stesso tempo però l'IA risolve un importante problema delle attuali soluzioni blockchain ovvero: l'enorme richiesta di potere computazionale necessaria per processare gli algoritmi di consenso ed effettuare calcoli complessi.

Come abbiamo visto nel capitolo iniziale oggi, il fabbisogno energetico e computazionale richiesto per l'attività di *mining*, è molto elevato e rende la tecnologia insostenibile in termini di impatto ambientale e scalabilità. Inoltre, maggiore è il poter computazionale apportato al sistema, più difficile è il problema matematico che i *miner* devono risolvere e di conseguenza maggiore è l'energia consumata.

Grazie all'introduzione dell'AI diventa invece possibile definire nuovi meccanismi di consenso. A tal proposito, uno dei progetti più interessanti, è quello proposto da AION, *startup* canadese fondata da Matthew Spoke nel 2017. Questi propongono un nuovo algoritmo di consenso, chiamato *Proof of Intelligence*, nel quale i *miner* allenano costantemente un'Intelligenza Artificiale a risolvere problemi matematici complessi. Di conseguenza, ogni qual volta deve essere validata una transazione, il processo avviene rapidamente e senza il ricorso ad aumenti spropositati di energia.

D'altra parte più l'intelligenza artificiale evolve e migliora nella risoluzione del problema, maggiore sarà la difficoltà dei calcoli. Questo fa sì che frodare il sistema diventi sempre più complesso [28].

3.3 Limiti della tecnologia blockchain in *supply chain*

Nonostante i numerosi benefici che la blockchain è in grado di generare trasversalmente in tutti i contesti industriali e sociali, la tecnologia è ancora oggi soggetta ad una serie di importanti limitazioni. Queste possono essere distinte in due grandi categorie: i limiti interni ovvero legati agli aspetti tecnologici; i limiti esterni che fanno invece riferimento all'ecosistema ed al contesto all'interno del quale la tecnologia opera e viene implementata.

Dal punto di vista tecnologico le principali sfide che caratterizzano l'adozione della tecnologia blockchain in supply chain riguardano:

1. **Throughput.** Il *throughput* è indubbiamente una delle principali sfide che la *community* blockchain deve affrontare ed il principale limite alla scalabilità della tecnologia. Ad oggi nelle soluzioni blockchain pubbliche il numero di possibili transazioni che possono essere generate al secondo è relativamente basso. In Bitcoin ad esempio questo è in media di 7 tps. In Ethereum può arrivare fino a 15 tps e IOTA ha dichiarato che in alcune delle sue soluzioni arriverà entro la fine del 2018 a 1600 tps. Su Hyperledger invece, che è una *consortium* blockchain, le transazioni al secondo possono arrivare fino a 3500. In ogni caso queste sono ancora troppo basse. Si pensi a tal proposito che il circuito VISA è in grado di processare in media 2000 tps ma, può tranquillamente supportare picchi di 10.000 tps. Twitter ad esempio processa 5000 tps con picchi di 15.000 ed un generico *Advertising Network* supera solitamente le 100.000 tps (Swan, 2015). In supply chain allo stesso modo il numero di possibili transazioni che possono essere generate è molto elevato ed è tanto più grande quanto è più complessa la catena di fornitura. Come suddetto le soluzioni private in parte risolvono i problemi legati al *throughput* ma, in molte situazioni queste ancora non sono sufficienti.
2. **Latency** o **Latenza.** In una blockchain pubblica i singoli blocchi sono validati ed inseriti all'interno della piattaforma grazie al contributo offerto dai *miner*. In queste soluzioni, la latenza è il tempo che intercorre dal momento in cui il blocco è validato, al momento in cui questo risulta disponibile in forma aggiornata su tutti i nodi della rete. In Bitcoin il tempo medio di latenza va dagli 8 ai 19 minuti, ma si sono verificate situazioni in cui questo è stato di alcune ore o addirittura giorni (Swan, 2015). Da una prospettiva transazionale a livello di business questi valori risultano essere troppo elevati. Infatti la latenza dovrebbe essere dell'ordine dei secondi affinché le soluzioni blockchain pubbliche possano essere utilizzate in supply chain per gestire il flusso degli *item* o supportare il processo decisionale. Le soluzioni private in questi termini permettono di risolvere parzialmente il problema, riducendo la latenza ed aumentando il numero di possibili transazioni al secondo (Zheng Z. et al., 2017). Infatti sia la latenza che il *throughput* sono strettamente legate all'attività di *mining* e, più è elevato il numero di nodi, maggiore sarà il

tempo richiesto affinché si determini il consenso. In questi termini devono essere introdotti nuovi algoritmi che permettano di velocizzare la creazione dei blocchi (Banerjee A, 2017).

3. **Infrastruttura.** La blockchain per poter operare correttamente è strutturata in modo tale che le transazioni, le comunicazioni ed il *data storage* avvengano online. Questo comporta un consumo significativo di banda ed allo stesso tempo richiede un elevato spazio di archiviazione dati destinato, ovviamente, ad aumentare nel tempo. Prendendo come esempio la blockchain Bitcoin, questa, secondo i dati aggiornati a giugno 2018, ha oggi una dimensione di 159 GB. [29] Di conseguenza il tempo necessario per poter scaricare l'intera blockchain è di per sé molto elevato e, se si considera che l'operazione di *download* viene fatta contemporaneamente da un numero molto elevato di nodi, pare ragionevole ritenere che questa comporti un ingente consumo di banda (Banerjee A, 2017). Inoltre se il *throughput* dovesse crescere ad un fattore tale da permettere di effettuare 2000 transazioni al secondo, la blockchain aumenterebbe in media di 3,9 GB al giorno o 1,42PB all'anno. La community di bitcoin definisce tale fenomeno con il termine inglese "*bloat*", la cui traduzione italiana è proprio "gonfiarsi" (Swan, 2015). L'attenzione degli sviluppatori intorno a questo tema è dovuta al fatto che i problemi di dimensione della blockchain devono essere necessariamente affrontati affinché la tecnologia, almeno per i pagamenti digitali, possa diventare *mainstream*. Infatti è necessario che questa, pur crescendo di dimensioni, permetta un accesso ai dati efficiente sia in termini di tempo che economici (Catalini C. et al, 2016). Questo porta con sé un problema di centralizzazione: infatti saranno pochi i nodi in grado di possedere l'intero sistema e farlo girare sui propri server. Nell'era dei *big data* non dovrebbe essere un problema avere a che fare con moli molto grandi di dati infatti, nella quasi totalità delle soluzioni, questi vengono compressi al fine di poter ottimizzare lo spazio di archiviazione. Questo per la blockchain non è possibile, in quanto la compressione, impatterebbe sulla sicurezza ed accessibilità dei dati (Banerjee A., 2017). Gli sviluppatori devono dunque progettare nuovi algoritmi di compressione che da una parte, rendano possibile l'usabilità e lo *storage dei dati* e dall'altra, garantiscano l'integrità e l'accessibilità alla piattaforma.
4. **Interoperabilità.** Come sottolineato da Banerjee in "Integrating Blockchain with ERP for a Transparent Supply Chain", le soluzioni blockchain dovrebbero essere sviluppate in modo tale da potersi integrare tra loro. Oggi non esistono infatti, se non a livello teorico, protocolli che permettano la comunicazione tra differenti sistemi blockchain. Questo è di fondamentale importanza soprattutto in relazione alla possibilità di dar vita, nel tempo, ad applicazioni sistemiche della tecnologia. Solo allora le imprese operanti nelle supply chain saranno in grado di comprendere i reali benefici della tecnologia e potranno sfruttarne a pieno le potenzialità.
5. **I costi di *onboarding* e di mantenimento.** In una soluzione blockchain in *supply chain* i nodi del sistema corrispondono ai partner della catena (fornitori, clienti, distributori e produttori). A tal proposito i costi di *on-bording* e di mantenimento dei nodi, soprattutto se il volume delle

transazioni dovesse divenire molto elevato, sarebbero alquanto significativi. Inoltre, dal momento che le regole di governance sono determinate per mezzo di un complesso sistema di *smart contract*, questo sarà tanto più complesso, quanto più sarà articolata la *supply chain*. Infatti gli *smart contract* sono per loro natura dei prodotti software ed, in quanto tali, devono essere programmati da personale tecnico altamente specializzato. In questi termini maggiore è la complessità architettonica ed il volume dei contratti, maggiori saranno i costi associati alla loro scrittura e tenuta (Swan, 2015). Devono dunque essere stabiliti degli standard tecnici che permettano di semplificare la gestione dei nodi e allo stesso tempo di velocizzare e automatizzare il più possibile la scrittura dei contratti intelligenti.

6. **Costi di *data storage*.** I dati sono memorizzati sulla blockchain grazie a soluzioni cloud. Questo fa sì che il database possa memorizzare informazioni potenzialmente all'infinito. Come accennato precedentemente infatti, le dimensioni delle blockchain soprattutto se si immagina una loro adozione a livello *mainstream*, sono destinate non solo a crescere ma, ad essere tali da rendere impossibile la loro gestione. Questo genererebbe a sua volta un aumento spropositato dei costi. Per poter risolvere questo problema dovranno nascere nuovi modelli di *data storage* che permettano di ottimizzare la gestione dei dati e di conseguenza dei costi associati alla memorizzazione.
7. **Lo spreco delle risorse.** L'attività di *mining* ad oggi richiede un consumo enorme di risorse energetiche. Nel 2015 Bitcoin generava al giorno costi per più di 15 milioni di dollari (Swan, 2015). Di conseguenza, se da una parte la blockchain definisce un nuovo modello transazionale decentralizzato e democratico dall'altra genera un consumo di risorse insostenibile per il nostro ecosistema. Dunque, affinché la blockchain possa essere impiegata, devono essere pensate nuove soluzioni che permettano di ridurre il fabbisogno energetico richiesto per l'attività di verifica e controllo delle transazioni. Le soluzioni private in parte risolvono questo problema: infatti, come accennato precedentemente, il mining è tanto più oneroso quanto più alto è il numero di nodi che partecipano al sistema. Nelle soluzioni in *supply chain* dunque il consumo energetico è indubbiamente più sostenuto. Questo non toglie il fatto che debbano essere comunque pensate soluzioni più sostenibili.
8. **Restrizioni sulla dimensione dei blocchi.** Sia nelle soluzioni blockchain pubbliche che in quelle private i blocchi hanno una dimensione finita. Mentre quella di Bitcoin è pari ad 1 Mb non esistono oggi degli standard di riferimento che definiscano in modo chiaro quale debba essere la loro estensione. Questa dipende infatti dalle capacità della rete. In alcune situazioni, questo può generare dei problemi in quanto, pone un limite, sull'oggetto di scambio che, se supera le dimensioni del blocco, non potrà essere condiviso (Banerjee A., 2017).
9. **Vulnerabilità degli *Smart Contract*.** Gli *smart contract* sono essenzialmente dei software e dunque per la loro scrittura è necessario coinvolgere degli sviluppatori. Quindi, nonostante i

contratti permettano la disintermediazione, per la loro compilazione è comunque ancora richiesto il contributo di una parte terza la cui natura è umana. Questo può avere importanti conseguenze sia nella gestione dei rapporti giuridici, che più semplicemente, nella possibilità che vengano commessi errori di più o meno grande entità (Swan, 2015). Inoltre i contratti intelligenti, essendo in essenza linee di codice, qualora presentino dei *bug* possono essere vittima di attacchi informatici. A tal proposito vale la pena citare l'attacco che, nel 2016, ha portato alla scomparsa di 3.6 milioni di Ether dal Slock.it, la piattaforma che supportava la DAO (*Decentralized Autonomous Organization*) su Ethereum. L'attacco è stato possibile proprio perché un hacker si è accorto dell'esistenza di un bug all'interno della struttura degli *smart contract*. Dunque per quanto tali strumenti siano efficienti e rivoluzionari, occorre che vengano definiti degli standard che ne facilitino la scrittura e permettano di minimizzare il più possibile gli errori umani. Inoltre da un punto di vista regolamentare, gli *smart contract* per quanto possano valere tra e parti, non hanno almeno ad oggi (giugno 2018), validità legale.

In relazione invece ai limiti esterni le principali difficoltà che devono essere affrontate per favorire lo sviluppo e l'adozione *mainstream* della tecnologia riguardano :

1. **Aspetti regolatori e legali.** La blockchain e le *cripto-currency* ad oggi non sono supportate da un'infrastruttura legale che ne permetta l'adozione su larga scala. Infatti nonostante in alcuni paesi, come negli Stati Uniti, siano stati fatti numerosi sforzi al fine di regolamentare le monete virtuali, manca ad oggi un sistema condiviso di leggi che ne regolamenti e stimoli l'adozione a livello globale. Ma, allontanandosi momentaneamente dagli aspetti finanziari e considerando le soluzioni blockchain in *supply chain*, le problematiche maggiori a livello regolatorio riguardano la validità degli *smart contract*. I contratti intelligenti sono accordi che vengono stipulati non per mezzo di un contratto scritto, ma di un codice crittografico che contiene al suo interno i termini e le condizioni pattuite dalla parti. I contratti sono poi firmati digitalmente da gli attori coinvolti per mezzo delle chiavi crittografiche; dopo di che sono trascritti sul database distribuito e di conseguenza immutabili. A livello legale le problematiche che devono essere ancora risolte in relazione agli *smart contract* riguardano [30]:
 - a. la forma; vi sono infatti alcune tipologie contrattuali che richiedono la forma scritta *ab sustantiam* o altre determinate *perfection formalities* per quanto riguarda la costituzione di determinate garanzie.
 - b. sottoscrizione; la firma digitale avviene per mezzo delle chiavi crptografiche e a livello giuridico ha la medesima efficacia di una scrittura privata ai sensi dell'articolo 21, comma 2, del d.lgs. no. 82/2005. Il problema legato al possesso delle chiavi crittografiche è che se queste vengono utilizzate non dal proprietario, ma da un'altro

individuo che le sta possedendo in un determinato momento con o senza autorizzazione, non vi è modo alcuno di risalire con certezza a che le abbia utilizzate.

- c. **efficiacia del contratto.** La natura digitale degli *smart contract* crea alcuni ostacoli e difficoltà in relazione all'efficacia dell'accordo. Si pensi alla necessità che siano presenti nei "contratti intelligenti" gli elementi fondamentali che la legge prevede come caratterizzanti un accordo contrattuale. Considerando quindi la legge Italiana, il "contratto intelligente" dovrebbe contenere gli elementi di cui all'articolo 1325 del codice civile. In uno *smart contract* l'individuazione di questi elementi è un'operazione non di poco conto. Per ovviare a tali problemi alcuni *technological provider* hanno sviluppato modelli in grado di collegare un contratto in forma scritta alla struttura di uno *smart contract* in modo tale da rendere leggibile il contratto digitale anche da persone fisiche oltre che dai sistemi software.
 - d. **il linguaggio.** Spesso all'interno dei contratti vengono utilizzate delle terminologie che hanno un particolare significato o accezione giuridica. La loro declinazione in codice rimane una sfida non indifferente.
2. **Effetti di rete.** Vi sono importanti effetti di rete associati all'adozione della tecnologia blockchain in *supply chain*. Infatti per poter godere a pieno dei benefici introdotti dalla tecnologia occorre che il network coinvolga tutti gli attori della catena (Banerjee A., 2017). Maggiore è il numero delle entità che partecipano, maggiore sarà il valore estraibile dalla soluzione blockchain. Ma come per ogni nuova tecnologia, prima di poter giungere alla massa critica e sfruttare così i vantaggi di rete, occorre che trascorra del tempo e che si generi un terreno fertile sul quale poter sviluppare l'innovazione.
 3. **Mancanza di competenze e scarso interesse da parte del management.** La programmazione di una piattaforma blockchain richiede dal punto di vista informatico, l'acquisizione di una serie di differenti *software skill*. Inoltre, al fine di poter implementare la tecnologia in *supply chain*, è necessario che da una parte, vengano compiute analisi approfondite sui processi aziendali e dall'altra, che vengano apprese le implicazioni economico-finanziarie della tecnologia. Di conseguenza le imprese devono trovare le giuste figure in grado di poter garantire la corretta implementazione del sistema. Questo, per quanto possa sembrare scontato, è in realtà un'operazione molto complessa. Ad una diffusa mancanza di figure specializzate si aggiunge inoltre uno scarso interesse da parte dei manager nel voler esplorare questa nuova tecnologia. Questo ne rallenta profondamente lo sviluppo e l'adozione a livello aziendale.
 4. **Mindset.** La blockchain è stata pensata per decentralizzare i sistemi e le *operation*. L'obiettivo di Satoshi Nakamoto era infatti quello di poter dar vita ad un nuovo modello transazionale che fosse *trustless*, ovvero capace di eliminare gli intermediari (Nakamoto, 2008). Dietro alle teorie di

Bitcoin vi era però una nuova visione del mondo decentralizzata e democratica capace di avere impatti trasversali su ogni aspetto della vita umana. Occorre dunque tempo affinché le persone si abituino ed accettino un nuovo modo di pensare e di concepire il potere. A complicare ulteriormente la questione e a frenare la condivisione dell'informazione vi è una diffusa ignoranza sulla tecnologia; le ragioni che sottendono tale fenomeno risiedono, con buona probabilità, nell'eccessiva complessità della tecnologia e di conseguenza nella necessità di competenze multidisciplinari al fine di poterla comprendere.

5. **Trust.** L'introduzione di un nuovo concetto di fiducia nei contesti transazionali è indubbiamente una delle più grandi innovazioni introdotte dalla tecnologia blockchain (Swan, 2015) Nonostante ciò, a differenza di quanto previsto inizialmente da Satoshi Nakamoto, l'evoluzione tecnologica ha portato da un lato alla nascita delle blockchain private, dall'altro (nelle soluzioni pubbliche) alla concentrazione del potere nelle mani di pochi *miner* che, in fin dei conti, detengono il controllo sulle piattaforme. Quindi di fronte all'iniziale desiderio di democratizzare il sistema rendendolo *trustless*, si sono sviluppati dei modelli paralleli che hanno centralizzato nuovamente il potere nelle mani di pochi individui (nodi). Nelle blockchain private ad esempio gli attori della rete devono comunque riporre la propria fiducia nei confronti dei nodi *miner/master* che gestiscono e controllano il sistema. Allo stesso modo nelle soluzioni pubbliche, i validatori che possiedono maggiore potenza computazionale, detengono il controllo sulla piattaforma: infatti se questi si accordano e decidono di comune accordo di "staccarsi" dalla blockchain, il sistema, almeno per un certo periodo di tempo, si blocca.
6. **Privacy.** L'ultimo importante limite delle attuali soluzioni blockchain riguarda la privacy sui dati inseriti. Infatti, almeno nelle soluzioni pubbliche, tutte le transazioni effettuate da un determinato nodo sono visibili all'interno della piattaforma. Di conseguenza se da un lato maggiore trasparenza e visibilità permettono di ottenere controllo e veridicità sulle informazioni, dall'altro consentono a chiunque fosse malintenzionato di sapere in relazione ad un nodo: quanti token possiede, l'ammontare delle transazioni, la chiave pubblica e la posizione. Per risolvere i problemi sulla privacy sono nate, come ampiamente sottolineato, le soluzioni blockchain *permissioned*. Queste, per loro natura, modificano strutturalmente le regole di funzionamento delle piattaforme pubbliche tanto da convincere alcuni teorici della tecnologia a non considerarle delle blockchain ma, banalmente, dei sistemi di database distribuiti.

Le sfide appena descritte devono essere risolte affinché si possa pensare di poter implementare la tecnologia blockchain all'interno del panorama delle *supply chain*. Di conseguenza la sperimentazione rimane ad oggi l'unica strada percorribile. In questi termini il ruolo giocato dalle numerosissime *startup* che oggi popolano l'ecosistema blockchain è di fondamentale importanza. A tal proposito verrà proposta un'analisi quantitativa del fenomeno nel capitolo V.

I benefici che questa tecnologia è in grado di offrire sono infatti innumerevoli ed in questa prima fase, occorre uno sforzo congiunto da parte di tutti i *player* affinché si giunga ad una condivisione della conoscenza a livello globale. Gli sviluppatori devono perciò collaborare tra loro e con le istituzioni al fine di: velocizzare l'entrata sul mercato della tecnologia; dar vita a standard tecnici che permettano l'adozione della blockchain su larga scala. Le regolamentazioni ed i governi giocano in questi termini un ruolo chiave; le legislazioni infatti, all'interno dei processi di innovazione, possono talvolta essere di aiuto, velocizzandone il processo, e talvolta frenarne l'espansione. A tal proposito in molti dei casi di studio analizzati, la diffusione delle soluzioni blockchain è stata rallentata proprio dalla presenza di problemi legislativi. Per tale motivo è importante che le istituzioni si muovano da un lato, per anticipare le possibili problematiche legate agli aspetti legali, evitando che questi siano di ostacolo per l'innovazione, dall'altro che si affrettino a regolamentare la tecnologia qualora ancora non lo avessero ancora fatto. Se questo risultato non dovesse essere raggiunto, non sarà possibile sfruttare a pieno gli enormi benefici che questa nuova tecnologia è in grado di offrire.

Capitolo IV - Applicazioni blockchain in *supply chain*

Alcuni studiosi hanno definito la blockchain come la più grande innovazione tecnologica in ambito *computer science* della storia. Questa tecnologia si contraddistingue infatti per la sua capacità di modificare radicalmente e trasversalmente ogni settore industriale. Il World Economic Forum considera la blockchain come uno dei sei "*mega-trends*" che trasformerà il mondo nei prossimi decenni. Ed è proprio sulla base di queste considerazioni che sarebbe irragionevole pensare che la blockchain non possa mutare alcune delle *key activity* all'interno del *supply chain management* (Kshetri N., 2018).

La blockchain è un database distribuito, condiviso tra tutti i nodi della rete, basato su un meccanismo di consenso e su *token* di convalida. Come suggerisce la parola, la blockchain è costituita da un insieme di blocchi ognuno dei quali contiene al suo interno un certo numero di transazioni. Ogni qual volta viene effettuata una transazione questa viene condivisa all'interno del network e tutti i partecipanti della rete devono verificarne la validità. Se la transazione viene validata, questa viene memorizzata all'interno del *ledger* e, dopo essere stata inserita, non può più essere modificata o cancellata.

Come ampiamente visto in precedenza l'implementazione della blockchain in *supply chain* si configura intorno ad alcuni elementi fondamentali. Detto in altre parole, affinché possa funzionare correttamente, il *distributed ledger* deve strutturarsi rispettando alcune regole di natura tecnica tra loro complementari.

Innanzitutto qualsiasi entità o transazione oggetto di scambio tra due distinti nodi della rete deve possedere un **identità digitale univoca**. Di conseguenza, indipendentemente dall'oggetto di scambio sia questo un prodotto, un documento, un informazione o denaro è indispensabile che venga creato un collegamento tra il mondo fisico e il mondo digitale . Per semplicità nei paragrafi successivi si farà riferimento all'entità oggetto di scambio con il termine inglese *item*.

In secondo luogo ogni singolo attore facente parte del sistema deve essere munito di un profilo e/o di un'**identità digitale univoca** con cui si identifica quando si interfaccia con il sistema. Ogni partecipante possiede inoltre una coppia di chiavi criptografiche. Dunque per mezzo della chiave privata il singolo attore firma digitalmente le transazioni (Saveen A. et al., 2016).

Quindi per ogni *item* che fruisce all'interno del sistema sono associate una serie di transazioni che rappresentano le operazioni effettuate dagli attori sull'*item* stesso. Ognuna di queste è caratterizzata da un link tra l'*item* ed il profilo digitale dell'attore o degli attori che con esso hanno interagito. Il collegamento digitale è assicurato dalla combinazione tra la firma criptografica e l'indirizzo digitale dell'*item*. Quando l'*item* è oggetto di scambio tra due attori ovviamente la transazione conterrà al suo interno le chiavi criptografiche di entrambi.

Inoltre per poter funzionare correttamente la piattaforma blockchain deve supportare la scrittura di *smart contract*. I contratti intelligenti sono programmi che si auto-eseguono al verificarsi di determinate condizioni. In *supply chain*, come vedremo ampiamente nei paragrafi successivi, gli *smart contract* vengono utilizzati per determinare i principi di *governance* e per regolare le autorizzazioni di interazione dei singoli attori con il sistema.

Affinché la blockchain possa esprimere a pieno il suo potenziale è tuttavia fondamentale che sia connessa ai sistemi ERP. La blockchain fornisce infatti un'infrastruttura condivisa in grado di collegare tra loro i singoli sistemi gestionali. La connessione tra i sistemi ERP permette ai partecipanti di condividere le informazioni sull'attività di business. Questo consente di ottimizzare i processi aziendali e le relazioni interaziendali di fornitura (A. Banerjee, 2018).

La blockchain dunque offre un'architettura in grado di connettere e garantire lo scambio di informazioni tra le differenti imprese, stimolando la cooperazione e la collaborazione. Il *distributed ledger* fornisce un sistema condiviso attraverso il quale ogni singola impresa può distribuire e scambiare le informazioni in modo univoco, sicuro e trasparente.

Infine la blockchain, per poter funzionare correttamente, deve supportare l'utilizzo di altre tecnologie digitali. Di per sé infatti il *distributed ledger* altro non è che un sistema per lo *storage dei dati*. Allo stesso tempo però, grazie alla sua natura distribuita e condivisa, fornisce un'infrastruttura ideale per lo sviluppo di applicazioni più o meno complesse (in primis gli *smart contract*).

Di conseguenza, dal momento che la blockchain per poter essere applicata in *supply chain* necessita del supporto di altre *digital technology*, nel definire le applicazioni del database distribuito parleremo di **sistemi blockchain**. In altre parole nelle potenziali applicazioni che analizzeremo la blockchain ricopre il ruolo di architettura di sistema e si combina ad altre soluzioni per poter esprimere nuove e potenti funzionalità. Nel seguito trattando le applicazioni, si farà dunque riferimento alla dimensione sistemica della blockchain.

Nel definire i confini tra le differenti applicazioni sono stati impiegati due criteri differenti. In primis un **criterio tecnologico** sulla base del quale è stato possibile delineare le differenze tra le applicazioni a livello tecnico. In alcuni casi però questo non è stato sufficiente. Infatti, qualora le applicazioni impiegassero la stessa tecnologia ma, presentassero differenze dal punto di vista operativo, allora la distinzione si è basata su un **criterio funzionale**.

Questo tipo di approccio ha permesso di distinguere sei diverse applicazioni blockchain in *supply chain*. Queste sono:

- *product tracking*
- *product tracing*
- *automated payment*

- *peer to peer onboarding platform*
- *collaborative analytics*
- *document identity management.*

In realtà è possibile immaginare anche un loro impiego congiunto. Questo permette di dar vita a nuovi potenziali casi d'uso. A tal proposito a fine capitolo verrà proposto un possibile *use case* frutto dell'integrazione delle differenti applicazioni.

Attraverso l'analisi della letteratura scientifica è stato dunque possibile definire una **tassonomia** delle applicazioni blockchain in *supply chain*. Tale scelta metodologica, si è basata su motivazioni di carattere scientifico. Infatti, nonostante possa sembrare un approccio desueto, questo porta con sé una serie di importanti vantaggi. Innanzitutto, dal momento che le singole applicazioni possono essere implementate indipendentemente l'una dall'altra, è possibile comprendere dal loro esame quale sia lo stadio di avanzamento di ognuna di queste. Inoltre, tale suddivisione fornisce un valido strumento di analisi ed un modello di classificazione che può essere impiegato in modo trasversale nei diversi settori industriali.

Per di più a livello aziendale l'implementazione atomistica e non organica della tecnologia è indubbiamente più semplice da attuare. Infatti, essendo la blockchain una tecnologia molto complessa, non è strategico aspettare che raggiunga la maturità per poterla implementare a livello sistemico. Questo perché, se mai questo dovesse essere possibile, occorrerebbe aspettare ancora molto tempo (alcuni ritengono più di dieci anni [21]) il che, ne frenerebbe pesantemente l'espansione. Le singole applicazioni invece, sono già realizzabili ed in parte integrabili tra di loro. Questo consente di iniziare a sperimentare, permettendo così l'amplificarsi delle competenze e la diffusione della conoscenza.

A tal proposito, uno dei problemi che frena l'adozione del *distributed ledger* è proprio la mancanza di informazione e di conoscenza sulla tecnologia. In realtà le difficoltà non riguardano solo la blockchain ma, trasversalmente l'intero mercato del digitale. Prendendo come esempio l'Italia si può notare come le cause di tali lacune non siano legate alla mancanza di investimenti ma, a questioni di natura culturale. Il nostro paese è uno degli stati europei con il più alto tasso di *digital divide*. Si pensi che in una ricerca condotta dall'Istat nel 2017 è emerso che un italiano su tre non ha accesso e non è intenzionato ad accedere ad Internet. Per risolvere tale gap l'unica possibile soluzione rimane la diffusione della conoscenza [31].

In questi termini l'implementazione atomistica, piuttosto che sistemica, della blockchain può essere una possibile soluzione: questa consente infatti di iniziare a diffondere la conoscenza ed a stimolare gli investimenti senza aspettare che la tecnologia diventi *mainstream*. Di conseguenza si evita, tra le altre cose, che la conoscenza si concentri nelle mani di poche e grandi aziende con conseguente centralizzazione delle competenze e dei sistemi. Prerogativa tra le altre che si scontra profondamente con la natura distribuita e decentralizzata della blockchain, almeno per come questa è stata pensata da Satoshi Nakamoto.

Vediamo ora nel dettaglio le possibili applicazioni dei sistemi blockchain in *supply chain*.

4.1 *Tracking* dei prodotti

I prodotti all'interno del loro ciclo di vita si muovono tra i vari anelli di una catena di fornitura passando dai produttori, ai fornitori, ai distributori, ai *retailer*, fino ai consumatori finali.

Il *tracking* o tracciabilità fa riferimento alla capacità di un'impresa o di una *supply chain* di tenere traccia dei prodotti lungo l'intera catena di fornitura. Il processo di *tracking* non va confuso con quello di *tracing* di cui si parlerà successivamente. Quest'ultimo infatti consiste nell'attività di raccolta e di analisi delle informazioni acquisite attraverso il *tracking*.

La norma UNI 10939 (sostituita nel 2008 dalla UNI EN ISO 22005 ed avente valenza internazionale) definisce la tracciabilità come la “capacità di ricostruire la storia e di seguire l'utilizzo di un prodotto mediante identificazioni documentate relativamente ai flussi materiali e agli operatori di filiera”.

Tra le differenti applicazioni blockchain in *supply chain*, il *tracking* ed il *tracing* dei prodotti, sono quelle che hanno attirato maggiormente l'attenzione da parte di imprese ed investitori. Questo soprattutto in quei settori come quello alimentare, farmaceutico o dei beni di lusso nei quali l'informazione sulla provenienza e sull'autenticità dei prodotti è di fondamentale importanza; questo non solo in termini di immagine e di *compliance* aziendale ma, soprattutto, in riferimento ai possibili danni che alcune inosservanze possono provocare sulla salute dei consumatori. Ma quali sono gli attuali problemi legati al *tracking* dei prodotti e come la blockchain permette di risolverli?

Ad oggi tutte le più importanti compagnie a livello globale utilizzano sistemi ERP e dispositivi connessi al sistema produttivo (come *smart tag* o sensori intelligenti) per tracciare i prodotti da quando questi entrano all'interno dei magazzini fino alla consegna al cliente finale. Ma nonostante i grossi investimenti in infrastrutture digitali, molte aziende hanno ancora limitata o nessuna visibilità su dove i loro prodotti si trovino in un determinato momento. Questo perché, sebbene la produzione di un prodotto possa essere registrata digitalmente all'interno dei gestionali, nel momento in cui questo viene spedito, le informazioni non possono più essere tracciate dal sistema. Infatti, come abbiamo visto precedentemente, i sistemi ERP sono progettati per gestire e memorizzare le informazioni all'interno dei confini aziendali.

Per risolvere questo problema e cercare di mantenere continuità nei flussi informativi anche oltre ai limiti aziendali, le imprese utilizzano tecnologie come l'*electronic data interchange*. Questi sistemi *point-to-point* però spesso non sono tra loro sincronizzati e permettono lo scambio solo tra livelli adiacenti della catena di fornitura. Di conseguenza le imprese non hanno visibilità su ciò che accade oltre i propri fornitori o i propri clienti, perdendo così la tracciabilità dei prodotti all'interno dei network (Brodi P., 2017).

In questo scenario la blockchain, grazie alla sua natura distribuita ed alla possibilità di permettere la condivisione delle informazioni, si pone come potenziale soluzione ai problemi legati alla tracciabilità dei prodotti.

La blockchain consente infatti di fornire una completa catena di custodia per i prodotti dalla loro origine fino al punto vendita. La natura distribuita della piattaforma permette inoltre una maggiore vigilanza e controllo sulle informazioni mentre, il *tracking real time* e l'utilizzo di *smart contract*, offrono agli *stakeholder* maggiore flessibilità nel prendere decisioni riducendo l'inattività del capitale circolante.

All'interno di un sistema *blockchain based* ogni attore della filiera è chiamato a giocare un ruolo chiave nel processo di *tracking*. Infatti ognuno di questi registra sul database distribuito le informazioni chiave sul prodotto e sul suo stato corrente.

Ogni prodotto è caratterizzato da un **profilo digitale univoco** che contiene al suo interno tutte le informazioni inserite dai differenti attori della catena. Inoltre, ad ogni prodotto, è collegato un *tag* come ad esempio un barcode, un RFID *tag* od un QR code. Il *tag* rappresenta l'identificativo crittografico univoco del prodotto e permette di collegare il prodotto stesso alla sua identità digitale (Saveen A. et al., 2016).

Gli attori della *supply chain* sono anch'essi identificati all'interno del sistema per mezzo di un profilo digitale e sono muniti di una coppia di chiavi crittografiche. Questo permette ad ogni utente di firmare digitalmente i prodotti quando interagisce con essi.

Quando un prodotto attraverso il *product tag* viene tracciato all'interno del network questo viene firmato digitalmente dall'attore di riferimento e di conseguenza viene generato un link tra il profilo del prodotto e quello dell'attore. La transazione viene in seguito condivisa all'interno del sistema e se approvata viene registrata sulla blockchain. Questo fa sì che sia possibile conoscere *real-time* la posizione di un determinato prodotto all'interno del network di fornitura. [23].

Tutti i dati del sistema sono archiviati sulla blockchain e sono disponibili a chiunque si interfacci con il sistema e sia munito delle credenziali di autenticazione. Il diritto ad accedere ai dati e alle informazioni contenute nella blockchain cambia a seconda dell'identità dell'attore e della posizione che questi ricopre all'interno della *supply chain*.

Come accennato precedentemente grazie all'utilizzo delle chiavi digitali e dei *product tag* è possibile inserire all'interno della blockchain le informazioni relative ad una singola coppia attore-prodotto e consentire così la tracciabilità dei beni. Per fare ciò devono essere definite delle regole che attribuiscono ad ogni singolo attore l'autorizzazione o meno ad inserire le informazioni. Questo è consentito grazie all'utilizzo di *smart contract* che regolano gli accessi e legittimano gli attori ad inserire i dati.

Usando le identità digitali del prodotto e dell'attore è possibile creare uno *smart contract* per ogni coppia prodotto-attore in modo tale che solo le parti con la corretta chiave digitale possano avere accesso e/o siano autorizzate da contratto, ad inserire informazioni su un determinato prodotto. Questo perché in un dato momento il prodotto è posseduto da un particolare attore e solo quest'ultimo ha il permesso e l'autorizzazione ad inserire nuove informazioni (Saveen A. et al., 2016).

Il singolo attore può inoltre decidere di vendere o trasferire il prodotto ad un altro nodo della catena o al consumatore finale. Questo specifico *smart contract* per poter funzionare deve ricevere in input l'informazione che un dato prodotto è in un certo momento posseduto da un determinato attore. Di conseguenza il contratto intelligente deve essere in grado di rilasciare l'autorizzazione all'inserimento dei dati solo fino a quando il prodotto rimane sotto la proprietà di un determinato nodo.

Per garantire ciò quando un determinato prodotto viene trasferito da un attore ad un'altro entrambe le parti devono firmare un contratto digitale che autentichi lo scambio. Dopo di che i dettagli della transazione vengono aggiunti alla blockchain e sono immutabili.

Il network processerà così i dati ed aggiornerà lo stato del prodotto mostrando il suo nuovo *stakeholder*. In un secondo momento, il sistema si aggiorna poi in automatico su tutti i nodi della blockchain. Questo permette di mantenere un record indiscutibile di proprietà per ogni prodotto. Quando lo scambio è completato il sistema aggiorna i permessi così che solo i nuovi possessori possano aggiornare i dettagli sul prodotto.

Lo stesso meccanismo può essere utilizzato per gestire il *tracking* dei prodotti durante il trasporto tra due nodi differenti della catena o verso il consumatore finale. In questi casi infatti i container o i mezzi di trasporto possono essere dotati di sistemi GPS o sensori IoT collegati in Rete alla blockchain. Questo potrebbe permettere ad esempio ai nodi riceventi di organizzarsi e prepararsi alla ricezione di un ordine ed allo stesso modo ai fornitori di preparare la merce che deve essere spedita.

I sensori IoT o gli *smart sensor* sono anche essi nodi della rete e sono muniti di un identificativo digitale univoco che permette di associare le informazioni salvate al dispositivo di riferimento.

Ovviamente il *tracking* dei prodotti può essere gestito anche all'interno della singola azienda collegando i macchinari alla Rete, impiegando apparecchi *IoT*; oppure dotando il magazzino di dispositivi in grado di tracciare le singole unità di prodotto.

I dati possono essere registrati manualmente dai singoli attori. La procedura può altresì essere completamente automatizzata sfruttando, come detto precedentemente, dispositivi hardware connessi alla rete.

Le informazioni relative al singolo prodotto sono molteplici e differiscono a seconda dei diversi attori o settori industriali e/o dallo stato e dal tipo di prodotto in esame.

Un esempio di possibili informazioni inseribili è riportato qui sotto [23]:

Dati sulla proprietà - lista cronologica di tutti i precedenti proprietari del prodotto all'interno del network blockchain incluso ovviamente l'attuale proprietario.

Time stamping - quando vengono inserite nuove informazioni su un determinato prodotto la piattaforma automaticamente registra l'ora e la data in cui tale aggiornamento è avvenuto. Questo permette al sistema di creare un ordine cronologico tra le differenti informazioni inserite. La possibilità di creare una cronologia delle transazioni del tutto automatizzata è una delle caratteristiche che contraddistingue la blockchain dai tradizionali database relazionali. I benefici offerti dalla possibilità di attribuire una dimensione spazio-temporale ai blocchi sono molteplici soprattutto in termini di tracciabilità delle informazioni.

Dati sulla localizzazione - dal momento che il sistema possiede i dati relativi ad ognuno degli attori coinvolti, quando il prodotto passa da uno di questi il sistema aggiorna automaticamente le informazioni sulla sua localizzazione. Le informazioni di localizzazione possono assumere la forma di una *location ID* o di un dato GPS che poi può essere utilizzato in alcune *supply chain* per la gestione di altre attività come ad esempio la logistica interna o esterna.

Dati specifici sul prodotto - queste sono le informazioni chiave sul prodotto e possono essere utilizzate sia in termini di *compliance* che come garanzia per i clienti finali sulla caratteristiche e performance del prodotto. Queste informazioni sono utili sia in relazione al *tracking* che al *tracing* dei prodotti.

Dati sull'ambiente - possono essere inserite nel sistema informazioni aggiuntive in relazione all'ambiente in cui si trova il prodotto grazie al contributo di sensori IoT. Anche in questi termini le informazioni inserite sono utili sia in relazione al *tracking* che al *tracing* dei prodotti.

In relazione a determinati prodotti è possibile mantenere la condivisione delle informazioni con la blockchain anche quando questi si trovano al di fuori dei confini della *supply chain*, ad esempio dopo essere stati acquistati dai consumatori finali. A tal proposito uno *smartphone*, un *tablet* od un PC possono essere programmati per trasmettere i dati sulle performance direttamente alla blockchain quando sono connessi ad Internet.

Oppure diversamente un'automobile connessa alla rete potrebbe autonomamente trasferire sulla blockchain informazioni sulle prestazioni del veicolo e sull'impatto ambientale: informazioni che potrebbero essere molto utili sia per gli acquirenti futuri che per le aziende.

Nella figura sottostante è presentato un esempio di possibile *framework* del profilo digitale di un prodotto salvato su blockchain.

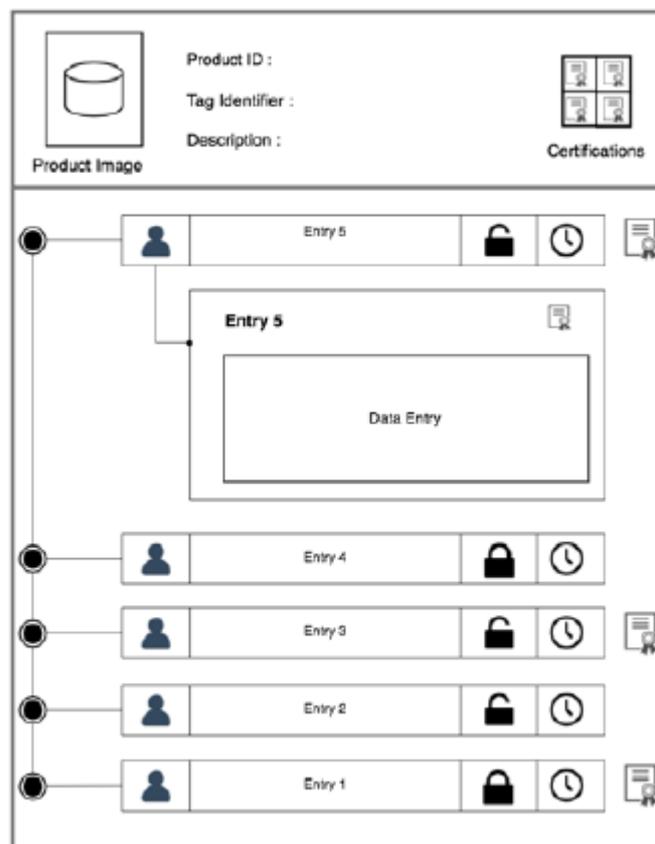


Figura 16. *Template* del profilo digitale di un prodotto (Saveen A. et al., 2016)

L'accesso ai dati e alle informazioni, così come l'autorizzazione alla scrittura, è regolato mediante l'utilizzo di *smart contract*. Nell'immagine, i "lucchetti" associati ai profili di ogni utente, rappresentano i permessi a verificare o meno l'identità degli altri attori coinvolti. In altre parole tutti i nodi del sistema possono scaricare le informazioni relative ad un determinato prodotto e sapere dove questo si trova all'interno della rete ma, non è detto che gli stessi nodi possano visionare quali attori hanno interagito con il prodotto ed in quale momento lo hanno fatto. Questa scelta mira a proteggere l'identità delle aziende che hanno collaborato alla produzione distribuzione o consegna del bene e che, per motivi di privacy, preferiscono non condividere le proprie informazioni.

Inoltre è possibile estendere la possibilità di verificare e visionare le informazioni su un determinato prodotto anche ai consumatori finali in modo che questi possano verificare la provenienza e la qualità di ciò che acquistano. Questo potrebbe essere particolarmente importante per tutti quei beni per i quali i consumatori sarebbero disposti a pagare un *premium price* se consapevoli dell'origine o della qualità dei prodotti.

In settori come quello alimentare e farmaceutico i benefici del *tracking* sono molteplici soprattutto in relazione alla lotta alle frodi e alle contraffazioni. Lo stesso vale per i prodotti di lusso o per tutti quei beni per quali è importante conoscere avere la certificazione sull'origine della materie prime come ad esempio per i diamanti od i metalli preziosi.

Un'altra importante applicazione legata al *tracking* dei prodotti in *supply chain*, riguarda la gestione dei rifiuti: questa rientra, in termini più ampi, all'interno delle pratiche di *Life Cycle Management*. A tal proposito la blockchain potrebbe essere utilizzata per tenere traccia delle informazioni che caratterizzano sia il ritiro che la riconversione in materia prima degli scarti. I benefici sarebbero molteplici soprattutto in quei contesti nei quali la gestione e lo smaltimento dei rifiuti risulta essere un'operazione delicata. Si pensi ad esempio ai rifiuti tossici o a particolari scarti di lavorazione, dannosi sia per l'ambiente che per i cittadini.

Il tracking dei prodotti attraverso blockchain permette dunque di:

- migliorare la visibilità sui contratti di esternalizzazione;
- ridurre i costi migliorando l'intera gestione della supply chain;
- **aumentare la trasparenza** delle attuali catene di fornitura;
- **differenziare** i prodotti generando valore aggiunto per il consumatore finale;
- migliorare **l'immagine aziendale**;
- migliorare i rapporti tra i differenti partner della filiera;
- ridurre i rischi e le **incertezze sulle forniture** dei prodotti;
- **ridurre le contraffazioni e le frodi**;
- **delimitare le responsabilità** sui prodotti facilitando la risoluzione di dispute o azioni legali.

4.2 Tracing dei prodotti - Certificare qualità, provenienza e rispetto degli standard

Il *tracing* (rintracciabilità) dei prodotti è il processo parallelo al *tracking* e fa riferimento alla capacità di un'impresa di analizzare, elaborare e gestire le informazioni acquisite lungo tutta la filiera.

Il Regolamento (CE) N. 178/2002 del Parlamento Europeo, in vigore dal 1 gennaio 2005, definisce la rintracciabilità (in campo alimentare) come *“la possibilità di ricostruire e seguire il percorso di un alimento, di un mangime, di 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”*.

La rintracciabilità è un processo inter-aziendale che nasce dalla combinazione tra le attività di rintracciabilità interna e gestione efficiente dei flussi di comunicazione. Di conseguenza il *tracing* richiede il coinvolgimento di ogni attore che ha contribuito alla formazione del prodotto e, rispetto al *tracking*, è più complesso ed articolato.

Il *tracing* fa dunque riferimento al rispetto degli standard e delle norme di legge in relazione alla qualità e all'origine dei prodotti. Questo coinvolge l'intero processo di certificazione sia che questo riguardi il rispetto delle regolamentazioni, che l'appartenenza ad una particolare localizzazione geografica o ad un'associazione di categoria.

Rientrano all'interno del processo di rintracciabilità anche le attività di controllo sul rispetto delle pratiche di sostenibilità ambientale e sociale (condizioni di lavoro). Si pensi a tal proposito allo scandalo che ha colpito Nike nel 1996 che impiegava bambini sottopagati nella produzione di scarpe in uno stabilimento in Asia. Oppure diversamente ai suicidi che si sono verificati nella società cinese Foxconn nel 2010 a causa delle dure condizioni di lavoro (Kshetri N., 2018).

Verificare l'integrità delle dichiarazioni che derivano dalle certificazioni è un processo costoso che richiede un lungo ed estenuante processo di controllo e di ispezione. Inoltre l'estensione delle certificazioni a regioni con alti livelli di corruzione ha ulteriormente complicato l'attuabilità di questi strumenti.

La rintracciabilità dei prodotti, attraverso blockchain, può essere assicurata grazie all'utilizzo congiunto di *smart contract* e apparecchi IoT. Quest'ultimi in particolare, permettono di ottenere un flusso continuo di informazioni relative a:

- provenienza dei prodotti;
- condizioni dei prodotti;
- rispetto degli standard;
- approvazioni ottenute dai sistemi di controllo interni ed esterni alle aziende.

Queste informazioni sono trasferite all'interno dei blocchi e una volta memorizzate sono immutabili. Quindi sono condivise nel sistema distribuito e sono accessibili *real time* da ogni nodo della blockchain.

La differenza sostanziale a livello tecnologico tra *tracking* e *tracing* risiede nel fatto che la blockchain in quest'ultimo caso non viene utilizzata per tenere traccia dei prodotti ma, per verificare, attraverso controlli eseguiti da programmi software o da entità esterne (sensori intelligenti o autorità regolatorie esterne), che gli standard vengano rispettati.

I controlli possono essere automatizzati oppure basati sul coinvolgimento diretto degli enti certificatori e/o revisori.

Nel primo caso la verifica avviene per mezzo di sensori IoT che combinati all'utilizzo di *smart contract* permettono di verificare che le condizioni espresse dal contratto vengano rispettate. Un esempio a tal proposito riguarda il trasporto refrigerato di beni alimentari. In questo particolare caso infatti attraverso l'utilizzo di sensori IoT è possibile monitorare la temperatura durante il trasporto e verificare che questa non superi certi valori predefiniti. Nel caso in cui, a causa di un malfunzionamento o di un

comportamento abusivo, la temperatura superasse un certo limite verrebbe auto-eseguito uno *smart contract* che, nelle modalità più disparate, andrebbe ad avvisare il cliente ed il fornitore sulle condizioni del prodotto (Kshetri N., 2018).

Allo stesso modo gli *smart contract* possono effettuare dei controlli sui dati inseriti per verificare che i singoli partecipanti si comportino in modo corretto. A tal proposito si immagina un piccolo produttore di olio che affermi di utilizzare nella produzione delle sue bottiglie solo olive coltivate in Italia senza l'utilizzo di agenti chimici. In questo particolare caso grazie alla possibilità di fare controlli incrociati sui dati inseriti dal contadino, il sistema potrebbe calcolare il numero massimo di bottiglie producibili in un determinato anno. Il calcolo potrebbe ad esempio basarsi sul fattore di conversione tra le quantità di raccolto e le bottiglie prodotte.

A questo punto nel caso in cui il produttore vendesse un numero più elevato di bottiglie questo potrebbe indicare che egli ha utilizzato olive non direttamente provenienti dai suoi raccolti e sulle quali occorrerebbe dunque effettuare delle verifiche. Il mancato utilizzo di fertilizzanti potrebbe essere invece valutato grazie al supporto di sensori IoT immessi direttamente sul terreno, capaci dunque di verificarne le condizioni e le composizioni. In questo caso gli *smart contract*, così come in precedenza, potrebbero essere utilizzati come *alert*: nel caso in cui non fossero rispettati gli obblighi infatti, si auto-eseguirebbe uno contratto intelligente che andrebbe ad avvisare le autorità regolatorie sul mancato adempimento degli standard.

In entrambi i casi dunque gli *smart contract* possono essere utilizzati per inviare notifiche e/o suggerimenti ai singoli attori della *supply chain*.

Insomma risulta chiaro come gli *smart contract* possono essere codificati per compiere specifici compiti e dare diverse risposte sulla base delle condizioni che vengono monitorate. Questo dovrebbe garantire alle organizzazioni di rispondere in modo automatico agli eventi.

Ad esempio, se certe condizioni predefinite non dovessero essere rispettate, allora il prodotto potrebbe essere richiamato prima di essere rilasciato sul mercato. Questa attività non solo permetterebbe la salvaguardia della *compliance* della singola impresa ma, per alcuni prodotti quali ad esempio i beni alimentari o farmaceutici, potrebbe prevenire la vendita di colli pericolosi per la salute dei consumatori (Brody P., *Report EY & SAP*, 2017).

La verifica sulla qualità dei prodotti può però avvenire anche grazie all'inclusione diretta all'interno della piattaforma blockchain di *Certifiers* e *Standard Organization*. I primi si impegnano a fornire ai singoli attori le certificazioni sui prodotti o sui metodi produttivi, mentre invece le *Standard Organization* definiscono quali debbano essere gli standard da rispettare [23].

I certificatori e revisori, se inseriti all'interno del sistema, devono verificare che le regole e gli standard produttivi siano rispettati. In questo particolare caso dopo aver superato il processo di verifica il profilo

digitale del singolo attore e/o i suoi prodotti potrebbero essere contrassegnati con una certificazione digitale che provi la qualità e il rispetto delle normative imposte dalla legge.

Questa seconda soluzione, concentra nuovamente il potere nelle mani di alcuni singoli nodi il cui ruolo è quello di controllare il rispetto degli standard. Questo modello pur non risolvendo i problemi legati alla centralizzazione dei sistemi (con tutte le conseguenze che questo comporta soprattutto in termini di oggettività di giudizio e corrottibilità), permette comunque di rendere più efficiente ed efficace il lavoro delle autorità regolatorie.

Il *tracing* dei prodotti mostra come la blockchain possa essere utilizzata per risolvere i problemi di *compliance*, tracciabilità e flessibilità lungo la *supply chain* quando differenti *stakeholder* dipendono l'uno dall'altro nella condivisione delle informazioni.

Ricapitolando, l'attività di *tracing* attraverso la blockchain permette di:

- velocizzare le attività di controllo e di auditing;
- migliorare l'aderenza agli standard (*Compliance*);
- ottenere maggiore la trasparenza;
- effettuare operazioni *Risk Management* più efficaci;
- migliorare l'immagine aziendale;
- evitare danni per la salute dei consumatori;
- rafforzare i rapporti cliente/fornitore;
- fidelizzare i clienti;
- risalire più facilmente ai prodotti non conformi e gestire con più facilità i **richiami**.

Use Case: *Tracing e Tracking* dei prodotti farmaceutici

Il *tracking* ed il *tracing* dei prodotti vengono solitamente impiegati congiuntamente all'interno delle soluzioni blockchain in *supply chain*. All'interno di questo capitolo si è scelto di trattarli separatamente in quanto le funzionalità e le problematiche che questi permettono di risolvere sono tra loro differenti.

Uno dei possibili casi d'uso relativi al loro impiego riguarda la lotta alle contraffazioni o alle frodi. A tal proposito si prenda ad esempio il settore farmaceutico.

In accordo con la *World Health Organization* è stimato che ogni anno nel mondo sono venduti più di 200 miliardi di dollari di prodotti farmaceutici contraffatti ed il 50% di questi viene venduto online.

La contraffazione solitamente si verifica a livello di produzione: i produttori o i distributori infatti sostituiscono le "*legitimate drugs*" per poi rivenderle sul mercato a prezzi competitivi. Oppure, in

alternativa, immettono sul mercato prodotti contraffatti, per poi spacciarli come unità autentiche (Kehoe L. et al., 2017).

Le attuali tecnologie elettroniche implementate per risolvere i problemi legati all'autenticità e la tracciabilità dei farmaci non sono in grado di risolvere le difficoltà che affliggono questo settore.

Inoltre l'utilizzo di sistemi centralizzati fa sì che i dati siano salvati in silos e che lo scambio delle informazioni coinvolga esclusivamente due attori alla volta tra loro consecutivi.

Questo fa sì che i partecipanti del network possano colludere distorcendo le informazioni che condividono sul mercato.

Per risolvere queste problematiche nel 2013 il Congresso Americano ha emanato la *Drug Quality and Security Act* imponendo alle compagnie farmaceutiche entro il 2024 di adottare sistemi in grado di tracciare completamente i farmaci all'interno delle *supply chain* (Kehoe L. et al., 2017).

Di conseguenza a causa della pressione imposta dalla regolamentazione, le compagnie farmaceutiche americane hanno iniziato a sviluppare strategie in grado di tracciare le informazioni al fine di poterle condividere con la *US Food And Drug Administration* lungo tutti i livelli della *supply chain*.

Ma, nonostante i grossi investimenti, le imprese non sono state in grado di trovare una tecnologia in grado di garantire la granularità di informazione richiesta e di soddisfare le nuove regolamentazioni; questo fino all'arrivo della tecnologia blockchain..

La figura sottostante propone un confronto tra le attuali *linear supply chain* e i sistemi *blockchain based*. Come emerge chiaramente dall'immagine, il database distribuito permette di interconnettere gli attori del sistema fornendo un'infrastruttura in grado di garantire la condivisione e lo scambio di informazioni.

Ogni attore infatti si interfaccia alla blockchain interagendo con i singoli prodotti ma, all'interno di un unico ed esteso sistema. Le informazioni presenti in ognuno dei nodi sono continuamente aggiornate e rese disponibili a tutti gli attori del network.

E' importante sottolineare come in questa soluzione le autorità regolatorie siano state integrate direttamente nella piattaforma.

Questo permette di ridurre i tempi e i costi legati all'attività di controllo. Infatti, le singole autorità regolatorie, non devono più (fisicamente) controllare separatamente ogni attore della filiera ma, possono effettuare le verifiche direttamente sull'infrastruttura condivisa.

Inoltre grazie all'attività di *tracking* e *tracing* ed al contributo offerto da *smart contract* e IoT, queste hanno accesso a molte più informazioni sui prodotti e sulle attività su questi compiute.

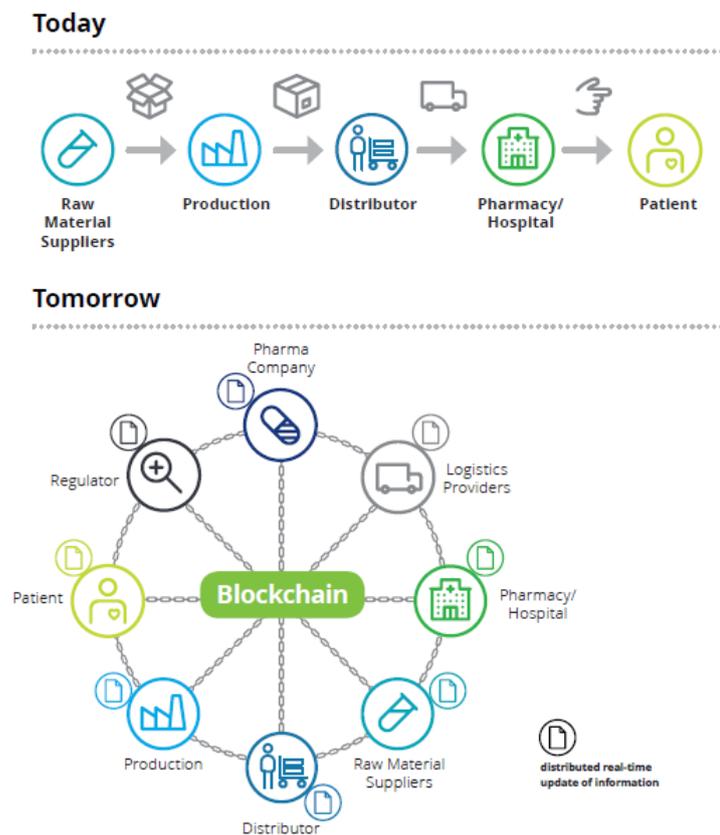


Figura 17. Confronto tra *linear supply chain* ed *blockchain-based supply chain* (Kehoe L. et al., "When two chains combine", Deloitte, 2017)

Le informazioni relative ai prodotti sono tracciate dalla loro origine fino al punto vendita. La fiducia riposta dagli utenti del sistema sui dati salvati è assicurata dall'utilizzo delle chiavi criptografiche e dall'immutabilità del database.

Le transazioni memorizzate sulla blockchain sono *time-stamped* e immodificabili. Inoltre, grazie alla presenza di strumenti di verifica ed al meccanismo di consenso insito nell'algoritmo e nel protocollo di trasferimento, i dati e le informazioni salvate sul *ledger* non possono essere manipolate. Questo aumenta la *compliance* aziendale ovvero garantisce che l'azienda rispetti gli standard e i controlli imposti dalle agenzie regolatorie.

Tom Hynes, Direttore in Deloitte Ireland, ritiene a tal proposito che la blockchain possa essere una potenziale soluzione che "*can help track how drugs move from the manufacturer to end consumer, providing stakeholder with visibility and improving demand management, revenue forecasting and overall performance management*" (Kehoe L. et al., 2017).

Grazie al contributo offerto dai sensori IoT e all'utilizzo di *smart contract* il sistema è in grado di tracciare in modo continuo tutti i prodotti farmaceutici che attraversano la *supply chain* fornendo informazioni su: provenienza dei farmaci, condizione dei prodotti, rispetto degli standard e approvazioni che i singoli attori ricevono dalle autorità di riferimento. Le informazioni memorizzate sulla blockchain sono visibili *real*

time da tutti gli *stakeholder*; questo permette di avere un'attività di *audit* continua lungo ogni anello della catena.

Ogni tipo di deviazione (come ad esempio il superamento del livello di temperatura limite durante il trasporto) grazie al contributo dei sensori IoT può essere trasmessa alla blockchain.

Gli *smart contract* possono essere programmati per svolgere specifici *task* e fornire differenti risposte sulla base delle condizioni monitorate permettendo così alle imprese di rispondere in modo completamente automatico alle singole situazioni che si verificano.

Ad esempio se alcune condizioni predefinite non dovessero essere rispettate le medicine potrebbero essere richiamate prima del loro rilascio sul mercato. Questo non solo permette di ridurre il *compliance risk* ma, allo stesso tempo, previene la vendita di prodotti pericolosi per la salute dei cittadini.

Uno degli aspetti più rilevanti legati all'utilizzo degli *smart contract* riguarda la capacità dei contratti intelligenti di attribuire ad ogni singolo attore, in un determinato momento, la proprietà su un bene. Questo fa sì che in ogni istante sia possibile sapere chi possiede un determinato prodotto e quali *task* sta compiendo su di questo in relazione alla posizione che ricopre all'interno della catena.

Questo responsabilizza profondamente ogni singolo nodo e delimita in modo chiaro i confini esistenti tra le singole attività.

Gli *smart contract* utilizzati per lo *storage* dei dati possono avere una struttura così semplificata:

- *Add item*. A questa funzione corrisponde l'inserimento di un nuovo prodotto sul sistema. Ogni singola transazione contiene il *timestamp* e la posizione.
- *Update Item* ovvero l'aggiornamento delle informazioni e specifiche sui prodotti inseriti che saranno differenti a seconda della posizione che l'attore ricopre nella catena.
- *Look up Item* ovvero l'attività di *check* e di *audit* sui prodotti resa possibile consultando tutte le informazioni salvate sulla blockchain.

Da una prospettiva puramente legale le soluzioni blockchain possono permettere alle istituzioni, come in questo caso FDA, di verificare l'intera storia di un prodotto ma, allo stesso tempo, di automatizzare almeno in parte il controllo sulla qualità e autenticità delle merci immesse sul mercato.

Le compagnie farmaceutiche possono provare la *compliance* e contemporaneamente gli *smart contract* possono notificare gli *stakeholder* e le agenzie regolatorie quando le condizioni predefinite non vengono rispettate.

4.3 Automatizzazione dei pagamenti nelle relazioni di fornitura - *Supply Chain Finance*

L'applicazione riguardante l'automazione dei pagamenti nelle relazioni di fornitura può essere concepita in termini più ampi all'interno del complesso tema del *Supply Chain Finance* (SCF). Pfohl e Gomm (2009) descrivono il SCF come un'attività interorganizzativa volta all'ottimizzazione dei finanziamenti e all'integrazione dei processi finanziari tra i partner della *supply chain*. Differentemente Hofmann (2005) definisce il SCF come un approccio integrato tra due o più organizzazioni all'interno di una *supply chain*, mirato alla creazione congiunta di valore attraverso la pianificazione e il controllo delle risorse finanziarie a livello inter-organizzativo (Omran Y. et al., 2017).

Ed è proprio all'interno di questo contesto che la gestione automatica dei pagamenti supporta il finanziamento delle catene di fornitura. Infatti il *distributed ledger* permette di ridurre i ritardi sui pagamenti evitando che si verifichino, soprattutto a livello di piccole e medie imprese, crisi finanziarie che, in alcune situazioni, possono anche portare al collasso dell'azienda.

La digitalizzazione (parziale) dei **contratti di fornitura** e la conseguente gestione automatica dei pagamenti avviene grazie all'utilizzo di *smart contract* (Omran Y. et al., 2017). Come detto precedentemente questo permette di annullare o comunque ridurre il tempo ed i ritardi legati alle corrisposizioni delle forniture. La digitalizzazione, seppur parziale, dei contratti permette inoltre di verificare che le condizioni espresse dalle parti siano rispettate. Ovvero prima di effettuare il pagamento il software verifica in automatico che tutte le clausole inserite nel contratto digitale siano ossequiate. Ad esempio il contratto può garantire che, nel caso in cui la merce dovesse essere consegnata oltre la *due date*, il fornitore paghi una *penalty* dovuta all'inosservanza dei suoi doveri. Questo permette una più chiara definizione delle responsabilità e facilita l'eventuale risoluzione di azioni legali. Inoltre l'automatizzazione dei pagamenti velocizza e rende più sicura la riscossione dei crediti sulle forniture (Kehoe L. et al., 2017).

Il ritardo dei pagamenti sulle forniture è un problema diffuso. Da un'analisi di EY emerge che in media le prime 100 compagnie di US Fortune hanno più di 60 giorni di ritardo nei pagamenti sui prodotti venduti. Questo è in media il tempo che un'impresa impiega per ottenere un pagamento dopo aver completato un *task*, offerto un servizio o consegnato un prodotto. Ciò che rende strana questa statistica è che quasi tutte queste aziende interagiscono tra di loro utilizzando dei contratti che impongono pagamenti entro 30 giorni (Brody P., 2017).

Il gap esistente tra i contratti e la realtà risiede nel fatto che i pagamenti, se pensati come digitali, differiscono o comunque sono separati dalle performance stabilite sui contratti. Infatti spesso le due attività si verificano in momenti diversi ed il pagamento non segue la consegna della merce ma, l'invio della fattura. Infatti solitamente accade che, dopo aver concluso il lavoro, il fornitore emetta la fattura e la

invii via mail al cliente. Dopo di che il cliente inserisce manualmente la fattura all'interno del proprio sistema gestionale decidendo quando e come pagarla. Di conseguenza spesso capita che, scaduti i termini di pagamento, il fornitore si trovi ad effettuare continue ed insensate richieste di pagamento al cliente che, nella quasi totalità dei casi, aspetta di incassare le proprie fatture prima di pagare il fornitore (Brody P., 2017).

In questi termini la blockchain potrebbe mettere fine a questo complesso e costoso meccanismo integrando alla consegna del prodotto, degli *smart contract*, che stabiliscano che il pagamento debba avvenire al momento del ricevimento della merce. Questo permetterebbe un inevitabile risparmio di tempo e di costi migliorando sensibilmente le relazioni esterne dell'azienda (A. Ganeriwalla, M. Casey et al., 2018).

A livello tecnologico la blockchain per poter gestire la digitalizzazione dei contratti di fornitura deve essere supportata dall'utilizzo di *tag*, *smart tag* o *smart sensor*. Nel momento in cui un acquirente effettua un ordine viene generato uno *smart contract* in cui sono contenute le condizioni contrattuali. In realtà lo *smart contract* può essere generato anche in un momento successivo ovvero alla ricezione dell'ordine da parte del fornitore oppure prima del trasporto della merce. Questo perché una volta scritte le condizioni contrattuali il contratto intelligente rimane memorizzato sulla blockchain e non si esegue fino a quando non riceve in input la condizione di completamento o di esecuzione.

Il contratto viene poi firmato digitalmente dall'acquirente e dal fornitore grazie all'utilizzo delle chiavi private. Nel momento in cui la merce viene consegnata dal fornitore, attraverso lo *scan* del bar code o del sensore Rfid presente sul contenitore/prodotto, lo *smart contract* riceve in input l'informazione dell'avvenuta consegna e procede automaticamente ad emettere il pagamento (Wang J. et al., 2017). Il pagamento può avvenire utilizzando il *token* della blockchain di riferimento oppure coinvolgendo gli istituti bancari. In quest'ultimo caso non appena viene data la prova di consegna della merce il contratto si auto-esegue e invia una mail di conferma alla banca affinché proceda con il pagamento della merce.

In questi termini a livello di SCF le opportunità possono essere molteplici. Ad esempio, grazie al coinvolgimento degli istituti finanziari all'interno del sistema, è possibile dare vita ad operazioni di *reverse factoring*. In questo caso la banca effettua il pagamento al fornitore per conto dell'acquirente non appena la merce viene consegnata. In un secondo momento la banca riscuote poi la stessa somma maggiorata degli interessi dal *buyer*. Questi, di conseguenza, può posticipare il pagamento della fornitura aspettando così di rientrare dell'investimento. Di contro il fornitore incassando immediatamente il corrispettivo riduce il rischio di crisi finanziaria dovuto alla mancanza di capitale circolante (Omran Y. et al., 2017).

La blockchain quando impiegata all'interno di questo contesto, sfruttando le informazioni che su questa vengono condivise, permette di semplificare il processo di verifica della solidità finanziaria dei buyer e/o dei fornitori. Questo è di fondamentale importanza ed è richiesto ogni qual volta viene coinvolto, come

intermediario in un pagamento, un istituto di credito. Allo stesso tempo il *distributed ledger* aumenta la trasparenza sulle transazioni permettendo di risolvere i problemi legati alla risoluzione di eventuali dispute sui mancati pagamenti.

Un'alternativa al *reverse factoring* è il *dynamic discounting* ovvero una pratica di SCF che consente ai *buyer* di ricevere uno sconto sul prezzo di fornitura, nel caso in cui questi paghino la merce al momento della sua ricezione o prima dei termini di pagamento. Lo sconto sarà tanto più grande quanto maggiore è l'anticipo sul pagamento. In questo caso la banca non fa da intermediario, ma semplicemente procede, su richiesta del buyer, ad effettuare il pagamento (Omran Y. et al., 2017). Anche in questo particolare caso la blockchain attraverso il *dynamic discounting* permette di fornire, congiuntamente ai pagamenti automatici, una possibile soluzione ai problemi di finanziamento delle *supply chain*.

I benefici introdotti dagli *smart contract* nell'automatizzazione dei pagamenti sono:

- riduzione dei costi amministrativi e del personale;
- riduzione dei tempi di pagamento delle forniture;
- delimitazione delle responsabilità tra le parti rendendo più semplici la risoluzione di azioni legali
- riduzione dei costi di negoziazione;
- miglioramento dell'immagine aziendale e del rapporto tra acquirenti e fornitori.

Inoltre l'utilizzo della blockchain permette di aumentare la trasparenza e di conseguenza di migliorare la fiducia ed il rapporto tra le parti coinvolte.

A supporto dell'implementazione della blockchain nella gestione automatica dei pagamenti si è ritenuto importante citare i progetti intrapresi da IBM e Foxconn.

A tal proposito IBM in collaborazione con la *commodity trading company* Trafigura e la banca di investimento Natixis ha lanciato negli Stati Uniti un progetto blockchain per digitalizzare le transazioni di petrolio greggio. Lo *use case* mira a fornire una piattaforma in grado di sincronizzare ed immagazzinare i dati relativi alle transazioni di petrolio che coinvolgono fornitori, acquirenti ed istituti di credito. Il progetto si propone così di generare un record immutabile e sicuro di transazioni che contiene al suo interno tutti i pagamenti che si realizzano sulla piattaforma [32].

Un altro interessante progetto *blockchain-based* è quello lanciato da Foxconn e chiamato *Chained Finance*. Il realtà *Chained Finance* è una spin-off della multinazionale con sede a Taiwan che nasce proprio con l'obiettivo di proporre soluzioni blockchain da implementare all'interno della catena di fornitura della azienda madre. Foxconn è uno dei più grandi produttori mondiali di dispositivi elettronici e tra i fornitori principali di Apple. Insieme ad una serie di partner il colosso asiatico ha lanciato un piattaforma blockchain che ingloba al suo interno tutti i suoi fornitori e che permette di gestire i pagamenti delle merci acquistate. L'obiettivo che il sistema persegue è proprio quello di favorire l'aumento del capitale circolante lungo l'intera *supply chain*. I piccoli fornitori necessitano infatti di

capitale per colmare il gap esistente tra il pagamento dei dipendenti e quello delle forniture. Questo perché talvolta i tempi si allungano a tal punto da causare problemi finanziari che possono anche sfociare nel collasso finanziario [33]. Questo potrebbe a sua volta generare difficoltà non indifferenti per Foxconn stessa.

In termini più generali, la gestione dei piccoli fornitori da parte degli OEM (*Original Equipment Manufacturer*) si rivela spesso un'attività complessa, ma allo stesso tempo di fondamentale importanza. Gli OEM devono infatti gestire con cura il rischio di una mancata fornitura ad esempio provocata da un'interruzione fortuita della produzione. Questo è tanto più importante quanto più sono allungate e frammentate le *supply chain*. Nel settore dell'*automotive* ad esempio spesso gli OEM devono interfacciarsi con un numero elevatissimo di fornitori di materie prime. Nel settore dell'estrazione petrolifera le catene di fornitura raggiungono fino a dodici differenti livelli di profondità. Risulta dunque chiaro quanto sia importante in questi contesti avere visibilità su ciò che accade lungo la *supply chain* ma, allo stesso tempo, evitare che la produzione si fermi a causa del collasso anche improvviso di uno dei livelli di fornitura. Il SCF e le soluzioni *blockchain-based* proposte in questo ambito si propongono proprio di risolvere tali problematiche. In questi termini l'automatizzazione dei pagamenti ed il rispetto delle condizioni di fornitura risultano essere attività chiave per garantire il finanziamento delle *supply chain*.

Un'ulteriore applicazione simile a *Chained Finance* è stata proposta da IBM e dalla compagnia cinese Hejia per la filiera farmaceutica. Oggi infatti i piccoli rivenditori di farmaci sono pagati a 60 o a 90 giorni dalla consegna della merce. Grazie all'utilizzo di una *consortium blockchain* sarebbe invece possibile ridurre i tempi di pagamento e di conseguenza il bisogno di capitale circolante, integrando tra di loro i flussi finanziari e quelli informativi [34].

4.4 Gestione dell'identità digitale dei documenti

La blockchain è un database distribuito e condiviso tra tutti i nodi della rete. Ovvero tutti i partecipanti quando si interfacciano al sistema interagiscono con la stessa copia aggiornata del database. Grazie ad un algoritmo di consenso e/o alle regole di *governance* scritte all'interno della catena di blocchi è inoltre possibile controllare la veridicità dei dati inseriti e regolare le autorizzazioni sulla condivisione delle informazioni (Swan, 2015).

Ogni *item* oggetto di scambio tra i nodi della rete viene identificato all'interno del sistema per mezzo di un profilo digitale univoco. Questo fa sì che ogni singolo oggetto quando condiviso all'interno del sistema possieda un'unica ed immutabile identità. L'univocità è un elemento fondamentale in quanto permette di identificare in modo chiaro ed indiscutibile ogni singola transazione indipendentemente dalla sua natura.

Questo aspetto strutturale è tanto più importante quanto più il singolo *item* è oggetto di scambio tra gli attori della rete.

Infatti grazie all'identità digitale univoca ogni singolo utente può interfacciarsi direttamente con la singola ed unica copia condivisa dell'*item* che dunque sarà autentica e originale. Inoltre la blockchain consente la connessione tra i differenti sistemi ERP permettendo: da un lato di condividere le informazioni ed in questo particolare caso i documenti di fornitura; dall'altro di sincronizzare tra di loro i differenti sistemi gestionali.

Questo perché all'interno di ogni azienda i sistemi ERP gestiscono i flussi documentali attraverso delle codifiche customizzate che dunque sono differenti per ogni organizzazione (Banerjee A., 2018). Attraverso la blockchain è invece possibile sfruttare l'identità univoca dei documenti per coordinare tra di loro i gestionali.

In questo paragrafo si è scelto di focalizzare l'attenzione sulla digitalizzazione dei documenti che caratterizzano gli scambi di prodotti e/o servizi in *supply chain*. Ai fini della trattazione si è preferito trattare distintamente i documenti di fornitura da quelli di trasporto.

I primi riguardano l'ordine di acquisto, la conferma dell'ordine, il documento di invio della merce, la fatturazione etc. e coinvolgono esclusivamente il fornitore e l'acquirente. I secondi invece, come vedremo successivamente, riguardano tutti i vettori che partecipano al trasporto della merce tra un cliente ed il fornitore. Nei trasporti internazionali infatti il numero di attori coinvolti è molto elevato e riguarda autorità doganali, autorità governative, spedizionieri, autorità di frontiera, banche, assicurazioni, corrieri, *transshipment parties*. Ognuno di questi gioca un ruolo chiave nel trasporto della merce dal fornitore al cliente ed interagisce continuamente con essa.

In questo secondo caso il fornitore ed il cliente possono essere inseriti all'interno della catena ma, la loro inclusione, non è indispensabile al funzionamento ed allo sviluppo del sistema. Questo fa sì che le due soluzioni possano essere implementate indipendentemente l'una dall'altra.

Siamo qui nel caso in cui, seguendo il criterio tecnologico, le due applicazioni non possono essere considerate distinte in quanto la blockchain è utilizzata a livello tecnico nello stesso modo. Mentre, dal punto di vista funzionale, il database distribuito permette di gestire i flussi documentali per organizzare e svolgere dei processi che sono tra loro strutturalmente distinti: il processo di invio e ricezione dell'ordine ed il processo di trasporto. Di conseguenza la blockchain è sviluppata per asservire a funzionalità differenti.

Vediamo ora nel dettaglio le applicazioni riguardanti la digitalizzazione su blockchain dei documenti di trasporto e di fornitura.

4.4.1 Digitalizzazione su blockchain dei documenti di fornitura

Nel momento in cui un cliente emette un ordine al fornitore vengono generati una serie di documenti che sono poi scambiati digitalmente tra gli attori e registrati all'interno dei sistemi gestionali. Questi in termini generali sono [35]:

- Lettera d'ordine: è il documento che, a seguito dell'accoglimento del preventivo, rappresenta le modalità della fornitura di beni/servizi e le relative soluzioni di pagamento. In alcuni casi la lettera d'ordine coincide con il contratto.
- Ordine di Acquisto (OdA): è il documento rilasciato dall'area acquisti per la registrazione a sistema dell'ordinativo d'acquisto, collegato a un contratto/accordo. L'OdA riporta tutte le informazioni attinenti alla gestione amministrativa del rapporto.
- Entrata Merce ("EM") o Entrata Servizi ("ES"): documento informatico qualificato a certificare, mediante la sua rilevazione a sistema, l'avvenuta consegna dei beni e/o il ricevimento della prestazione e la conseguente registrazione del costo.
- Richiesta di Acquisto (RdA): documento informatico che rappresenta la manifestazione del fabbisogno d'acquisto e che definisce le caratteristiche del bene/servizio da approvvigionare; nella RdA è specificata la tipologia di acquisto e la destinazione contabile/gestionale del bene/prestazione oggetto dell'acquisto.
- Fattura: è il documento che specifica voce per voce il costo della merce acquistata ed il corrispettivo che l'acquirente deve corrispondere al fornitore.

Le gestione dei documenti di fornitura è un processo che solitamente richiede tempo e provoca ingenti dispendi economici soprattutto in relazione alla mole di carta stampata che ancora oggi viene utilizzata. Inoltre spesso vi sono addetti e/o personale amministrativo che impiegano molto tempo per riorganizzare e gestire i flussi informativi relativi agli ordini di acquisto e di fornitura poiché questi sono tra loro asincroni (Kehoe L. et al., 2017).

Spostando però la gestione delle forniture ed i documenti ad essa connessi sulla piattaforma blockchain è possibile creare per ognuno di questi una copia (ID) digitale univoca.

Ogni singolo documento di fornitura fa riferimento solitamente ad uno o più prodotti. Questi, avendo un'identità digitale univoca all'interno della piattaforma, possono di conseguenza essere digitalmente connessi ad un determinato documento.

Sulla blockchain per ogni documento di fornitura ci sarà dunque una copia documento/prodotti univoca e standardizzata che collega ad ogni codice documento, "n" codici prodotto. Questo evita la generazione di infinite copie di un unico ordine sia all'interno della stessa azienda che nei rapporti inter-aziendali.

La blockchain per tali ragioni può essere utilizzata per sincronizzare i sistemi gestionali ed, all'interno di questi, i riferimenti (codici) relativi a ciascun ordine/prodotto (Banerjee A., 2018). Infatti essendo la blockchain un database distribuito ma, allo stesso tempo, condiviso, tutti gli attori interagiscono con l'unica copia disponibile di *distrubuted ledger* e non con la propria copia.

Questo obbliga i partecipanti ad utilizzare un linguaggio comune, il che si traduce nell'usare gli stessi codici nei riferimenti a prodotti e documenti. Questo consente, come suddetto, di sincronizzare tra loro i gestionali e dunque di velocizzare ed efficientare i processi amministrativi.

Inoltre il database distribuito è univoco, trasparente ed immutabile. L'immutabilità e la conseguente sicurezza sono due fattori chiave. Infatti, dal momento che le informazioni inserite nel database non possono essere manomesse o modificate, la responsabilità dei singoli attori sulle azioni compiute risulta ben chiara e definita. Questo consente di gestire con maggiore semplicità eventuali azioni legali: non vi sarebbero dubbi infatti sull'autenticità dei documenti e sulla colpevolezza delle parti (Ganeriwalla A., M. Casey et al., 2018).

Ovviamente la gestione digitale su blockchain dei contratti di fornitura richiede il coinvolgimento e la connessione dei sistemi ERP senza i quali da un lato, non sarebbe possibile una piena condivisione delle informazioni, dall'altro, verrebbe meno il meccanismo di sincronizzazione. In assenza di sincronizzazione non sarebbe infatti possibile sfruttare i benefici della tecnologia. Anzi in questi termini, l'implementazione non farebbe altro che aumentare a confusione e la complessità.

A livello tecnologico la condivisione della documentazione digitale su blockchain è gestito grazie al contributo offerto dagli *smart contract*. In realtà, a differenza di quanto accade nei sistemi attuali, lo scambio si concretizza nel caricamento del documento relativo all'ordine da parte dell'acquirente e nella sua relativa revisione da parte del fornitore. I due nodi infatti, non devono più interfacciarsi a due piattaforme differenti ma, tutto viene gestito da un unico sistema distribuito e condiviso.

Dopo il caricamento dell'ordine uno *smart contract* invia una notifica al fornitore che, utilizzando lo stesso codice (di fornitura), genera una risposta alla richiesta di fornitura, che viene in automatico caricata sulla piattaforma. Allo stesso modo il sistema si preoccupa di inviare al buyer una notifica di avvenuta presa in carico della fornitura.

Gli *smart contract*, oltre all'invio delle notifiche, si occupano di governare l'accesso al database autorizzando (o meno) i singoli attori ad interagire con i documenti.

Così ad esempio il fornitore non può scaricare o accettare un ODA che non è di sua competenza e l'acquirente, una volta emesso l'ordine, non può modificarlo. In caso di errore infatti il documento non può essere sostituito.

In questi termini la correzione avviene caricando un nuovo documento digitale che, collegato a quello precedente, ne ridefinisce le condizioni.

I benefici offerti dalla gestione digitale dei documenti di fornitura su blockchain sono:

- riduzione dei costi amministrativi;
- aumento della trasparenza;
- aumento della *compliance*;
- sincronizzazione dei sistemi gestionali;
- riduzione delle frodi e dei comportamenti disonesti.

4.4.2 Digitalizzazione su blockchain dei documenti di spedizione

Una delle potenziali applicazioni della tecnologia blockchain in *supply chain* riguarda la digitalizzazione dei documenti di spedizione che si generano nello scambio di prodotti all'interno del mercato mondiale. Ad oggi, il numero di documenti richiesti per effettuare uno scambio internazionale è elevatissimo. Elevato è anche il numero degli attori coinvolti (autorità doganali, aziende di trasporto, 3PL, spedizionieri, corrieri etc) ognuno dei quali aggiorna, modifica, crea e stampa documenti [36].

A tal proposito la tabella sottostante riporta sulle righe la parti implicate in una trasporto internazionale e sulle colonne i documenti richiesti. Dalla figura si può notare come, le interazioni necessarie affinché la merce venga consegnata, siano elevatissime. Lo stesso documento viene letto, modificato, aggiornato continuamente da attori diversi in momenti diversi.

Inoltre ogni singolo partecipante, dopo aver eseguito l'operazione di convalida, invia il documento aggiornato al nodo successivo ma, tendenzialmente non fa lo stesso con il nodo precedente. Questo fa sì che ogni attore coinvolto possieda una copia non aggiornata del singolo documento (o comunque aggiornata fino allo stadio in cui egli si trova).

	Documenta tion involved																
	Purchase order	Sales contract	Commercial invoice	Shipping bill	Certificate of origin	Bill of lading /AW bill	Customer duty paid documents	Bill of entry	Letter of credit	Bank payment advice	HSN codes book	GAT declaration form	Licences	Test report	Adhoc exemptions	Freight invoice	Insurance declaration
Parties involved																	
Exporter		Create	Create	Create	Submit	Review			Review		Review					Review	Review
Importer	Raised PO	Review	Review		Submit	Review		Create	Review					Create		Review	Review
Customs	Inform	Inform	Inform	Inform	Review		Create				Review	Create	Review	Review	Review	Review	Review
Government authorities			Inform		Review	Review					Publish	Review	Create	Review	Review	Create	
Freight forwarders	Inform		Inform	Inform	Review	Create	Review			Review			Review				Review
Custom house agent	Inform			Inform	Review	Review	Create					Review	Review		Create		
Insurer	Inform		Inform	Inform	Review		Review		Review								Create
Re insurer			Inform				Review		Review								Review
Bank	Inform	Inform	Inform	Inform	Review		Review		Create	Issue							
Transshipment parties	Inform				Review		Review			Review							
Shipping carrier	Inform			Inform	Review	Create	Review			Review							Review

Figura 18. Attori e Documenti nelle spedizioni trans-nazionali [36]

Questo accade perché quando viene inviato un documento di trasporto, questo è la copia aggiornata e modificata dell'originale, ma non l'originale. Si supponga inoltre che ci possa essere uno scambio di mail tra i singoli partecipanti. I problemi che questo flusso praticamente infinito di documenti genera sono molteplici.

Innanzitutto è molto probabile che i documenti siano de-sincronizzati e non esiste ad oggi uno strumento che permetta di riconciliarli. Di conseguenza è impensabile immaginare di poter verificare o semplicemente visionare le condizioni contrattuali. Inoltre, non è possibile assicurare che il contenuto del documento rimanga immutato nel tempo. Molto spesso capita infatti che nelle spedizioni transnazionali i documenti vengano manomessi (Kshetri Nir, 2018). Con le tecnologie attuali è praticamente impossibile delimitare le responsabilità sulle singole azioni compiute e dunque verificare se un documento sia stato o meno manipolato. Questo perché, fino all'arrivo della tecnologia blockchain, non era presente una soluzione in grado di fornire un'infrastruttura tecnologica che permettesse di memorizzare univocamente i singoli documenti. Il documento salvato sul database distribuito infatti è unico e non una copia dell'originale.

Di conseguenza tutti gli attori coinvolti hanno accesso alla versione aggiornata del documento. Questo fa sì che, ad esempio, che per aggiornare o firmare un documento, lo spedizioniere non lo debba stampare, per poi doverlo scannerizzare ed inviare al nodo successivo (od allegare al container). Egli di fatti può svolgere tutte operazioni interfacciandosi direttamente con la blockchain sulla quale troverà il documento aggiornato ed in copia unica. Questo genera un enorme risparmio di tempi e di costi. Infatti, in termini economici, la gestione ed il mantenimento dei documenti in forma cartacea genera dei costi non indifferenti se si pensa che questi devono essere conservati in forma originale per diversi anni.

Gli *smart contract* inoltre, accennato precedentemente, autorizzano (o meno) i singoli attori a firmare digitalmente i documenti. La firma in questi termini potrebbe essere utilizzata per approvare una spedizione.

Occorre non fare confusione tra i differenti *smart contract*. Quando si dice che i contratti intelligenti regolano le autorizzazioni all'interno del sistema significa che dei programmi salvati sul database verificano, ogni qual volta un utente si connette se, sulla base delle credenziali che questi possiede, abbia le autorizzazioni per interagire con il sistema. L'interazione in questo particolare caso consiste nella visione, approvazione o caricamento di un documento.

Quando un documento viene aggiornato, visionato, modificato all'interno del network questo viene firmato digitalmente dall'attore di riferimento grazie all'utilizzo della chiave privata. Di conseguenza viene generato un link tra l'identità digitale del documento ed il profilo digitale dell'attore. La transazione viene in seguito condivisa all'interno del sistema e, se approvata, viene registrata sulla blockchain. Questo fa sì che sia possibile conoscere *real-time* l'aggiornamento di un determinato documento e di conseguenza di una spedizione.

Le informazioni salvate sul database distribuito sono immutabili e visibili a tutti i partecipanti del network. In questi termini la maggiore trasparenza che ne deriva evita o comunque limita fortemente potenziali tentativi di manomissione. Questo perché tali sforzi sarebbero visibili da tutti i partecipanti della rete. Per modificare i documenti i singoli utenti malintenzionati dovrebbero hackerare il sistema modificando contemporaneamente le informazioni contenute su tutti i nodi distribuiti. Questa operazione è tanto più difficile quanto più è elevato il numero dei nodi coinvolti.

Le regole di governance sono scritte nel codice e archiviate all'interno della blockchain. Queste definiscono come gli attori possono interagire con il sistema e come i dati sono condivisi nella rete. Le regole non possono essere modificate garantendo così l'integrità e la validità dei dati.

A supporto di tale applicazione è presentato qui sotto il caso di Maerks Line.

I benefici offerti dalla digitalizzazione dei documenti di trasporto sono:

- riduzione dei costi amministrativi;
- aumento della trasparenza;
- maggiore chiarezza sulle responsabilità dei singoli attori;
- ridurre le frodi e le manomissioni.

Il caso Maerks

Maerks è il più grande trasportatore di container al mondo e detiene tra il 18 e il 20% del mercato mondiale. La società danese è l'esempio di un'impresa che ha testato con successo l'utilizzo della tecnologia blockchain applicandola alla logistica internazionale. Prima dell'introduzione della blockchain, Maerks teneva traccia delle spedizioni dei suoi container grazie alla tecnologia GPS. Nonostante le continue innovazioni tecnologiche introdotte all'interno delle sue attività logistiche, Maerks si è trovata per molti anni a ricercare un metodo che le permettesse di tracciare i propri prodotti in tutto il mondo.

Tra i problemi che si è trovata ad affrontare il più rilevante riguardava proprio la "montagna di documenti cartacei" che gli spedizionieri sono costretti a produrre per il trasporto dei container. Documenti che hanno un impatto importante in termini economici in relazione ai costi che devono essere sostenuti per la loro produzione, elaborazione, conservazione e smaltimento (Kshetri Nir, 2018).

Con l'avvento della tecnologia blockchain il colosso danese ha stretto una *partnership* con IBM per implementare la tecnologia come possibile soluzione alla digitalizzazione dei documenti e al *tracking* dei container. Maerks e IBM hanno così iniziato a lavorare insieme su una versione base del progetto con l'ambizione di poter fornire nel tempo un prodotto che potesse essere *open source* e utilizzabile per chiunque necessitasse di doverlo adoperare nel settore delle spedizioni transnazionali (I. Britchenko, et al, 2018).

Grazie all'utilizzo del database distribuito, quando un'autorità di dogana autorizza una spedizione dando vita ad un documento che acconsente il trasporto, questo viene immediatamente caricato sulla blockchain accompagnato da una firma digitale che ne certifica la validità. Questo permette a tutti gli attori coinvolti, inclusi Maerks e le autorità governative, di vedere in tempo reale se la spedizione sia stata o meno autorizzata. Inoltre, nel caso in cui ci siano stati dei problemi o delle dispute, chiunque può consultare il documento ed essere sicuro che nessuno lo abbia modificato. A causa della crittografia insita nell'algoritmo risulta infatti praticamente impossibile falsificare la firma digitale.

Il progetto è iniziato nel 2014 quando la compagnia ha deciso di tracciare una spedizione di avocado e rose che partendo dall'est Africa arrivava in Europa. Il primo pilot è stato lanciato da una parte, per monitorare ed analizzare il processo di spedizione, dall'altra, per quantificare la produzione di carta stampata. Le analisi hanno riportato che, in molti casi, i container venivano caricati sulle navi in pochi minuti ma, nonostante ciò, questi rimanevano in porto per diversi giorni. Questo portava alla potenziale perdita della documentazione in formato cartaceo con conseguenze gravi sull'intero processo (Kshetri Nir, 2018).

Lo studio ha inoltre fatto emergere che il processo di trasporto di un singolo container di prodotti refrigerati dall'Est Africa all'Europa, richiedeva timbri e approvazioni da più di 30 persone diverse tra dogane, funzionari fiscali, autorità sanitarie etc.. con oltre 200 differenti interazioni e comunicazioni tra loro. E' stato inoltre verificato che il costo legato alla movimentazione e la tenuta di tutti i documenti era più elevato di quello fisico di spedizione dei container.

Inoltre in relazioni alle spedizioni transnazionali di prodotti alimentari si è scoperto che queste erano spesso soggette a frodi e contraffazioni. L'analisi ha mostrato come giornalmente le bolle di consegna o le ricevute di carico venissero manomesse o copiate. In relazione ai furti è invece emerso che i contrabbandieri rubavano i prodotti dai container per poi rivenderli abusivamente sul mercato a prezzi competitivi. Maerks ed IBM a tal proposito hanno quantificato che le perdite per frodi e prodotti contraffatti superavano il miliardo di dollari l'anno (Kshetri Nir, 2018).

Dopo un'accurata serie di analisi iniziali IBM e Maerks hanno dato vita ad un *proof of concept* (POC) nel 2016 con l'obiettivo di implementare la blockchain per il *tracking* dei container di fiori che dalla città di Mombassa in Kenia raggiungevano il porto di Rotterdam in Olanda. Il POC ha portato a numerosi risultati soprattutto in termini economici generando un incentivo per l'azienda olandese nel continuare ad investire ed utilizzare la tecnologia blockchain anche per altre spedizioni (I. Britchenko, et al, 2018). Grazie al supporto della tecnologia blockchain è stato infatti possibile abbassare il costo della carta stampata che è passato dall'essere superiore al costo di spedizione ad essere pari al 15% del costo di movimentazione del container (Kshetri Nir, 2018).

Un secondo progetto è stato lanciato poco tempo dopo per tracciare i container di ananas dalla Colombia e quelli di mandarini e arance dalla California. L'ultimo *pilot* risale invece al 2017 e coinvolge i container

di Shneider Electric che dalla Francia devono essere spediti negli USA. Questi vengono riempiti a Lione e spediti a Rotterdam per essere poi caricati su una nave di linea Maerks e trasportati al porto di Newark negli Stati Uniti.

Insomma molti sono gli sforzi che il colosso olandese sta portando avanti per sperimentare l'implementazione della tecnologia in un settore dove la complessità e la variabilità in gioco sono elevatissime e fonte di sfide continue: sfide che, attraverso la blockchain, possono essere affrontate.

Proprio in relazione al *tracking* dei trasporti ed all'efficientamento delle spedizioni è nato un consorzio che coinvolge più di 60 imprese e prende il nome di BiTA ovvero *Blockchain in Transport Alliance*. All'interno di questo progetto ci sono imprese del calibro di SAP, FedEx, UPS, Bridgestone, P&G etc.. L'obiettivo principale che ad oggi si pone l'alleanza è quello di trovare degli standard che permettano di implementare e sfruttare le potenzialità di blockchain nel trasporto merci.

4.5 Peer-to-peer onboarding platform

Le *peer-to-peer onboarding platform* sono delle piattaforme digitali aperte e pubbliche attraverso le quali acquirenti e fornitori possono scambiare e condividere informazioni.

L'elemento fondante di queste nuove soluzioni consiste proprio nella possibilità di entrare in contatto con nuovi potenziali clienti e/o fornitori al fine di poter amplificare le proprie opportunità di business.

Si tratta di piattaforme *peer-to-peer* decentralizzate ovvero strutturate intorno ad un meccanismo di consenso che permette l'eliminazione dell'intermediario. Di conseguenza i dati e le informazioni che vengono condivise sono pubbliche e non mantenute sotto il controllo di un ente centralizzato (Hemang Subramanian, 2017).

I singoli attori dopo essersi registrati alla piattaforma inseriscono sul proprio profilo digitale le informazioni relative alla azienda. Queste, dopo essere state salvate all'interno della blockchain, non possono essere modificate e sono visibili a tutti gli attori della rete. Ogni nodo può inserire informazioni in relazione a (Ganeriwalla A., M. Casey et al, 2018):

- solidità/posizione finanziaria;
- condizioni di pagamento;
- standard di qualità;
- prezzi dei prodotti o servizi offerti;
- requisiti di consegna;
- specifiche dei prodotti e dei servizi;
- procedure di risoluzione dei conflitti;

- canali e condizioni di distribuzione;
- disponibilità di materiali;
- *lead time*.

Dopo essersi autenticati ed aver ricevuto la coppia di chiavi criptografiche i singoli attori possono sfruttare la piattaforma per gestire attività di *onboarding* di nuovi fornitori. Le regole di governo relative alle singole transazioni sono gestite grazie al contributo offerto dagli *smart contract*.

Le informazioni all'interno del database possono poi essere aggiornate sulla base dei risultati che le aziende ottengono in relazione alle attività di *onboarding*. I punteggi possono essere definiti direttamente da un algoritmo decentralizzato, salvato sulla blockchain e visibile da tutti gli utenti del sistema. Questo ha un enorme potenziale soprattutto per tutte quelle imprese (PMI e microimprese) che devono costruirsi una reputazione sul mercato internazionale e che, almeno in fase iniziale, non possiedono gli strumenti per poter competere con i grandi *provider*.

Entrando maggiormente nel dettaglio dal punto di vista tecnologico, le piattaforme per gestire le attività di *onboarding*, potrebbero essere così strutturate (Kehoe L. et al., 2017):

1. L'acquirente effettua una richiesta di acquisto di materie prime o di parti specificando una serie di criteri quali: il prezzo, la data di consegna, le quantità, le caratteristiche del prodotto, le condizioni di pagamento etc.. Di conseguenza il sistema genera uno *smart contract* che contiene al suo interno tutte le condizioni espresse dall'acquirente. Questo viene poi firmato criptograficamente per mezzo della chiave privata.
2. I fornitori che utilizzano la piattaforma ricevono una notifica in relazione al piazzamento di un nuovo ordine. Questi, se interessati, possono a questo punto immediatamente predisporre un'offerta che includa i dati e le potenziali condizioni che vorrebbero imporre al contratto.
3. L'acquirente a questo punto sceglie il fornitore sulla base di alcuni criteri predefiniti in fase iniziale (come ad esempio banalmente il primo tra i fornitori che rispetta i criteri richiesti). Questo processo può essere completamente automatizzato ovvero il programma può scegliere il fornitore in modo automatico (ad esempio dopo aver ricevuto un certo numero prestabilito di offerte)
4. A questo punto il fornitore firma criptograficamente lo *smart contract* con la chiave privata; di conseguenza il contratto può essere eseguito. L'operazione di *onboarding* termina non appena viene individuato un *matching* tra fornitore ed acquirente. A tal proposito lo *smart contract* eseguendosi, potrebbe rilasciare in output un *alert*, avvisando fornitore e acquirente sull'avvenuta conclusione dell'operazione. Nel caso in cui le clausole dovessero essere rispettate lo *smart contract* potrebbe essere strutturato per supportare anche l'automatizzazione dei pagamenti e/o la chiusura di un reale contratto di fornitura (scritto secondo le regole standard). In questo caso si

passerebbe da delle *onboarding platform* a delle *purchasing platform* ovvero delle piattaforme più complesse che permettono di gestire in modo autonomo il processo di acquisto (*marketplace*).

Ovviamente possono essere aggiunte all'interno del contratto intelligente ulteriori clausole che si innescano al verificarsi di specifici eventi. Ad esempio un ritardo nella consegna potrebbe provocare una penalità per il fornitore. In alternativa nelle *purchasing platform*, per garantire maggiori tutele al fornitore, si potrebbe posticipare il pagamento o fare in modo che questo avvenga solo a merce consegnata.

In questi termini al fine di evitare frodi o comportamenti disonesti è fondamentale che sia inserito un meccanismo di verifica sull'affidabilità dei dati inseriti dai fornitori. L'attività di controllo, in questa particolare tipologia di piattaforme, non può che essere gestita direttamente dalla società erogatrice del servizio e/o da una società terza *super partes*. Nelle soluzioni *business* non si assiste dunque all'eliminazione dell'intermediario a cui viene invece richiesto di giocare un ruolo essenziale nell'attività di verifica sulla veridicità delle informazioni inserite dai singoli fornitori. Diversamente il controllo potrebbe essere gestito collegando la blockchain ai sistemi ERP. In questo caso, le informazioni aziendali potrebbero essere utilizzate per monitorare lo scambio della merce tra i singoli attori. Le informazioni inserite sarebbero crittografate e dunque visibili esclusivamente a chi in possesso delle corrette autorizzazioni per leggerle. Si tratta comunque di soluzioni ad oggi troppo lontane dalla realtà.

In ogni caso, nonostante non sia possibile a livello *enterprise* eliminare l'intermediario, i benefici offerti da queste soluzioni sono comunque molteplici grazie proprio alla natura distribuita e trasparente che le contraddistingue. Infatti, dal momento che le informazioni sono condivise e visibili tra tutti i nodi della rete, si riduce l'incentivo ad adottare comportamenti disonesti che possano danneggiare pesantemente l'immagine delle aziende.

Inoltre a differenza degli attuali *marketplace* queste soluzioni permettono di meglio delimitare le responsabilità dei singoli attori. In questi termini infatti, poiché le informazioni inserite all'interno degli *smart contract* sono immutabili e visibili a tutti i partecipanti della rete, la gestione di eventuali azioni legali sarebbe più semplice e veloce (Hemang Subramanian, 2017).

L'impatto più rilevante dell'introduzione di queste nuove piattaforme digitali riguarda però la democratizzazione dei processi di approvvigionamento. Attraverso l'utilizzo delle *onboarding platform* è infatti possibile ridurre le barriere all'entrata e aumentare la concorrenza dei mercati. Grazie a queste nuove piattaforme le PMI o le microimprese hanno le stesse possibilità dei grandi *provider* di servire il mercato. Essendo infatti il meccanismo di *onboarding* completamente automatizzato e decentralizzato il fornitore, per poter essere selezionato, è sufficiente che rispetti le condizioni contrattuali imposte dall'acquirente. Di conseguenza il *matching* non è influenzato (almeno in parte) dalle risorse o dal potere contrattuale a disposizione del fornitore.

Un'altro importante vantaggio riguarda l'aumento della flessibilità nella gestione delle relazioni di fornitura. Grazie alle opportunità di *onboarding* offerte dalla piattaforma infatti le singole imprese possono modificare con più facilità il proprio parco fornitori e, di conseguenza, riconfigurare continuamente le proprie relazioni di business per meglio rispondere ai cambiamenti della domanda (Hemang Subramanian, 2017).

Grazie alla natura globale delle piattaforma le opportunità di fornitura offerte alle singole organizzazioni si elevano esponenzialmente. In un mercato sempre più competitivo la maggior flessibilità offerta dall'utilizzo delle *onboarding platform* può infatti divenire un fattore critico di successo.

Infine le *onboarding platform* permettono di ridurre i costi di *due diligence*. Oggi all'interno delle imprese esistono infatti intere *business function* il cui unico obiettivo è quello di ricercare sul mercato migliori condizioni di fornitura. Attraverso l'introduzione delle *onboarding peer-to-peer platform* questo processo potrebbe essere profondamente semplificato con ingenti risparmi sia in termini economici che di tempo (Brody P., 2017).

La prima a proporre una piattaforma di *onboarding peer-to-peer* basata sulla tecnologia blockchain è stata la società americana Dun & Bradstreet (D&B). Il gruppo statunitense è conosciuto in tutto il mondo per aver sviluppato un sistema proprietario che assegna ad ogni impresa un codice univoco identificativo chiamato DUNS (Data Universal Numbering System). D&B ha negli ultimi mesi testato un sistema blockchain che permette ai propri clienti, sulla base dei codici DUNS, di verificare l'identità di un potenziale business partner.

La piattaforma funziona in questo modo: si prenda ad esempio un'impresa A con sede negli Stati Uniti che desidera acquistare per la prima volta un prodotto dall'impresa B che risiede a Singapore. L'impresa A, prima di concludere l'affare, intende verificare l'autenticità di B. Dal momento che entrambe le imprese fanno parte del *blockchain consortium* di D&B, A può scaricare dal database le informazioni sul fornitore e verificare attraverso il suo numero DUNS che si tratta di un'impresa affidabile. La blockchain di D&B è costruita su Ethereum ma, rimane una *consortium blockchain* [37].

Riassumendo, i benefici introdotti dall'implementazione delle *onboarding peer-to-peer platform* sono:

- riduzione delle barriere all'ingresso con conseguente maggiore apertura al mercato in favore delle piccole e micro-imprese;
- riduzione dei costi di ricerca;
- aumento della competitività del mercato;
- maggiore flessibilità e trasparenza.

4.6 Collaborative Data Analytics

Una delle applicazioni più potenti relative all'implementazione dei sistemi blockchain in *supply chain* riguarda la possibilità di gestire attività cooperative e collaborative di *Analytics* sui dati memorizzati all'interno del database distribuito.

I benefici in questi termini dipendono dalla capacità della blockchain di favorire la cooperazione e la collaborazione tra imprese. Di conseguenza le aziende sono incentivate a condividere le informazioni poiché: da un lato, queste possono essere utilizzate per effettuare operazioni di ottimizzazione globale e offrire *insight* relativi ad ambiti strategici dell'attività d'impresa; dall'altro le imprese stesse sono sicure che, per le logiche che governano il database distribuito, le informazioni possono essere lette solo da chi ne possiede l'autorizzazione.

In altre parole la blockchain permette di condividere le informazioni strategiche con i partner o *competitor* in modo sicuro, ovvero senza correre il rischio che i dati vengano utilizzati a discapito o a sfavore dell'azienda stessa.

In termini di *Analytics* possono essere immaginate soluzioni che si limitano alla condivisione delle informazioni oppure applicazioni che integrano il *distributed ledger* con l'IA per elaborare i dati condivisi e dare in output le informazioni su cui articolare il processo decisionale.

Nel primo caso la blockchain svolge ruolo di database condiviso e distribuito, permettendo alle imprese facenti parti del sistema, di scaricare i blocchi o le informazioni necessarie a supportare l'attività di *decision making*. Questi dati possono poi essere inseriti all'interno dei gestionali aziendali o essere utilizzati in applicazioni interne di *Data Analytics*. In questo caso è possibile stabilire delle regole di *governance* che limitino la condivisione delle informazioni a quelle strettamente necessarie all'attività di *Analytics*.

Un altro interessante scenario è invece quello che promette di utilizzare la blockchain insieme ad applicazioni di IA. In queste soluzioni l'applicazione accede ai dati di ogni impresa e, sulla base di questi, effettua operazioni di *Analytics* avanzate.

Senza necessariamente utilizzare algoritmi complessi di IA sarebbe sufficiente un programma software che, sulla base delle richieste del singolo attore della filiera, svolgesse semplici calcoli o semplicemente recuperasse informazioni all'interno della blockchain, per fornirle a chi ne è interessato.

In questo caso la differenza rispetto all'IA è che il programma svolge esattamente e solo le operazioni per le quali è stato programmato, senza evolvere in modo autonomo.

Questi software di supporto al *decisioni making* possono essere pensati come dei MIS (*Management Information System*) o dei DSS (*Decision Support System*) che però lavorano su i dati condivisi da tutti gli attori della filiera. Quindi si tratta di applicazioni condivise a cui possono accedere gli attori del sistema.

L'accesso al programma può essere regolato da *smart contract* così come, il numero ed il tipo di operazioni che il singolo attore può svolgere interfacciandosi con esso.

Questi software centralizzati e condivisi potrebbero permettere di effettuare operazioni di *Collaborative Forecasting*, di *Collaborative Inventory/Stock Management*, *Collaborative Production Planning* e di *Collaborative Procurement*. L'informazione centrale che deve essere condivisa affinché possano realizzarsi queste operazioni è la domanda e/o il fabbisogno (reale) di tutti gli attori a valle.

Con *Collaborative Forecasting* si fa riferimento alla possibilità di effettuare operazioni condivise di previsione sulla domanda. Questa, come si è visto nei capitoli precedenti, è soggetta ad incertezza; di conseguenza la gestione della domanda genera problematiche di difficile contenimento per i differenti attori della filiera. Grazie alla condivisione dei dati sul fabbisogno reale dei nodi a valle, le imprese potrebbero dar vita a degli algoritmi predittivi che diano in output previsioni sulla domanda futura. Ovviamente gli algoritmi predittivi funzionano tanto meglio quanto maggiore è il numero e la qualità dei dati utilizzati in input. Ad oggi le previsioni sulla domanda si basano, nella quasi totalità dei casi, sull'analisi delle serie storiche. Risulta dunque chiaro come, maggiore è la mole di informazioni che possono essere utilizzate, migliore sarà la bontà della previsione.

Con *Collaborative Inventory Management* si fa invece riferimento alla possibilità di definire politiche di gestione collaborativa delle scorte. Queste riguardano a livello di *supply chain* le scelte su dove posizionare le scorte ed in quale quantità all'interno della filiera. L'obiettivo di tali strategie rimane quello di ottimizzare i costi di magazzino ed allo stesso tempo massimizzare il livello di servizio offerto al cliente finale. Le difficoltà che hanno caratterizzato storicamente la gestione coordinata delle scorte in *supply chain* possono essere così riassunte: mancanza di fiducia e quindi di partnership forti tra i nodi della catena; assenza di flussi informativi; comunicazione inefficace. Grazie all'introduzione della tecnologia blockchain ed alle applicazioni ad essa connesse è possibile sfruttare la condivisione delle informazioni e le caratteristiche del database distribuito per ovviare a queste difficoltà e proporre nuove e reali soluzioni alla gestione dei magazzini. Soluzioni che possono migliorare le pratiche di gestione in *pooling* delle scorte e, in termini più ampi, le decisioni su quante e quali scorte devono essere presenti in un dato momento all'interno di un particolare anello della catena.

Inoltre grazie al contributo offerto dai sistemi blockchain è possibile dar vita ad operazioni di *Collaborative Production Planning*. Con questo termine si fa riferimento alla possibilità di generare piani di produzione collaborativi tra i nodi della catena sulla base delle informazioni sui livelli di magazzini e sulla domanda finale. Questo permette alle imprese di definire la pianificazione produttiva sulla base delle

reale richiesta del mercato ottimizzando l'utilizzo delle risorse e generando impatto importante soprattutto in termini di *lead time*.

Infine la blockchain permette di gestire operazioni di *Collaborative Procurement* ovvero di coordinare il processo di approvvigionamento tra i diversi attori della catena. Di nuovo, questo è possibile solo grazie ad una profonda condivisione delle informazioni sulla domanda e sui livelli di magazzini tra tutti i nodi della filiera. Ad oggi per compensare l'incertezza sulla domanda tendenzialmente le imprese aumentano i loro livelli di inventario effettuando ordini superiori al reale fabbisogno dell'azienda. Ma, nonostante in molti casi i costi di magazzino siano inferiori ad una mancata vendita, questi non possono essere trascurati. Ad esempio nel settore tecnologico è stato stimato che per ogni dollaro di fatturato il costo di magazzino si aggiri tra i 20 e i 40 centesimi all'anno tenendo in considerazione sia il costo del capitale che la rapida svalutazione dei prodotti tecnologici (Brody P., 2017). Attraverso la blockchain, grazie alla condivisione delle informazioni e alla possibilità di effettuare operazioni di approvvigionamento collaborativo, si ridurrebbero i livelli di inventario mantenendo stabile il livello di servizio offerto al cliente finale.

Un'altro aspetto interessante legato al *Collaborative Procurement* riguarda la possibilità di sfruttare a pieno le possibilità offerte dagli sconti quantità. Infatti, poiché le informazioni sugli ordini all'interno della blockchain sono condivise tra tutti gli utenti, le applicazioni di *Analytics* potrebbero tenere in considerazione tutti i volumi di ordini ricevuti dai buyer e sulla base di questi suggerire delle piani di produzione che ottimizzino i costi. Questo consentirebbe ai fornitori di proporre prezzi più bassi e di conseguenza di aumentare la loro competitività sul mercato.

La gestione collaborativa delle scorte e degli approvvigionamenti permette inoltre di ridurre profondamente la variabilità sulla domanda in quanto all'interno dei programmi di *Analytics* possono essere inseriti degli algoritmi di verifica che controllino che le quantità ordinate corrispondano esattamente al fabbisogno domandato.

In alternativa possono essere strutturati dei sistemi di notifica che avvisino il fornitore quando l'ordine dei clienti supera il loro fabbisogno reale così che questi possa, sulla base di questa informazione, ottimizzare l'attività di produzione.

Insomma grazie ai dati memorizzati all'interno della catena di blocchi ed alle operazioni o applicazioni che questa supporta, i manager hanno a disposizione un numero ampissimo di informazioni sulla base delle quali ottimizzare da valle a monte l'intera *value chain*.

Vediamo dunque ora quali sono i benefici offerti dal *Collaborative Analytics in supply chain*:

- permette di gestire in modo più efficiente le partecche di *Inventory Management*;
- consente di ridurre il rischio;
- permette la riduzione dei costi;

- aumenta l'efficienza nelle *operation* aziendali;
- aumenta la flessibilità;
- riduce la variabilità sulla domanda a valle;
- consente di ottenere un maggior coordinamento tra i nodi della filiera;
- permette di ottenere il calcolo delle *performance* globali.

4.7 I vantaggi di un'implementazione sistemica: blockchain per automatizzare le decisioni di approvvigionamento

La blockchain di per sé non permette di automatizzare il processo di fornitura. Per fare ciò il *distributed ledger* necessita di essere supportato da altre tecnologie digitali che consentano di meccanizzare le decisioni di approvvigionamento. Vediamo ora come questo può avvenire.

Attraverso il *tracking* è possibile conoscere esattamente dove un determinato prodotto si trovi in un dato momento (Saveen A. et al., 2016). Grazie alla connessione dei sistemi ERP possono poi essere inoltrate sulla piattaforma le informazioni relative agli attuali livelli di magazzino e alla domanda finale (Banerjee A., 2018). Inoltre possono essere condivise sul sistema tutte le informazioni di natura economica che supportano le decisioni di approvvigionamento quali i costi finanziari, i costi di ordinazione ed i costi di trasporto (Ganeriwalla A., M. Casey et al, 2018).

Da questa enorme mole di dati grazie all'utilizzo di strumenti di *Analytics* è possibile estrarre *real time* informazioni relative a: livelli di magazzino, tempi di trasporto, tempi di consegna, *lead time* di produzione, ritardi.

Sulla base di questi informazioni grazie all'utilizzo di algoritmi di *machine learning* o di IA è possibile automatizzare i processi di *decision making*. Di conseguenza, grazie all'implementazione della blockchain ed al supporto di *smart contract*, Iot, algoritmi di *machine learning* e IA è possibile automatizzare completamente il processo di fornitura. Infatti, non appena i sensori o i sistemi ERP rilevano che il magazzino si trova al livello di riordino immediatamente, sulla base delle previsioni generate da un'Intelligenza Artificiale, viene inviato l'ordine al fornitore.

L'elemento aggiuntivo in questa nuova configurazione è dato dall'introduzione dell'IA che, sulla base di una mole continua di dati condivisi, è in grado di prendere, in completa autonomia, le decisioni di approvvigionamento.

La blockchain in questi termini costituisce infatti l'infrastruttura di supporto per altre tecnologie digitali che sfruttano i dati immagazzinati sul database distribuito per poter funzionare.

Non esisteva infatti prima della blockchain un'architettura capace di collegare tra loro le differenti tecnologie e creare una base dati condivisa sulla quale poter sviluppare le singole applicazioni.

L'innovazione dei *distributed ledger*, in questi termini, non consiste tanto nella digitalizzazione dei contratti o nel *tracking* dei prodotti quanto più nella possibilità di dar vita ad un nuovo concetto di fiducia che spinge le imprese a condividere le informazioni. E infatti solo condividendo i propri dati strategici che le aziende possono sperare di poter sfruttare a pieno i reali benefici dell'era digitale.

L'automatizzazione delle decisioni di approvvigionamento è una soluzione solo teorica e lungi dall'essere tutt'ora applicabile in *supply chain* ma, nonostante ciò, ci sono tutti i presupposti affinché questa tecnologia, in supporto ad altre già esistenti, rivoluzioni in modo sostanziale le catene di fornitura.

4.8 Blockchain Application versus Supply Chain Challenges

Sulla base delle applicazioni descritte precedentemente è dunque possibile analizzare come la blockchain possa risolvere le principali sfide che caratterizzano il *supply chain management*. La tabella sottostante mostra l'impatto favorevole che ha ogni singola applicazione sulle differenti sfide analizzate nel capitolo II.

Blockchain Applications versus Supply Chain Challenges	Product Tracking	Product Tracing	Automated Payment (SCF)	Document Identity Management	Peer-to-peer onboarding platform	Collaborative Data Analytics
Efficiency		X	X	X	X	X
Responsiveness	X	X			X	X
Sustainability		X	X	X		
Transparency	X	X	X	X	X	X
Demand Uncertainty Management						X
Coordination	X	X	X	X	X	X

Tabella 2. Blockchain Application versus Supply Chain Challenges

Come accennato precedentemente le singole applicazioni possono essere implementate indipendentemente l'una dall'altra. La scelta su quale di queste sviluppare dipende da una serie di fattori quali: il settore industriale di riferimento, la solidità dei rapporti tra i differenti attori del sistema, il grado di sviluppo della tecnologia, la maturità in termini tecnologici delle imprese, il livello di innovazione, la propensione al rischio degli attori coinvolti, la maturità delle tecnologie di supporto etc.. Tra questi, quello di maggiore interesse ai fini del lavoro di ricerca, è il settore di riferimento. In altre parole, nonostante la blockchain offra importanti benefici su ogni settore industriale, alcune singole applicazioni influenzano in misura maggiore alcuni contesti piuttosto che altri.

Affinché una tecnologia diventi *mainstream* è necessario che le imprese ne percepiscano i benefici e di conseguenza inizino ad investire. La blockchain è una tecnologia molto complessa e dunque non è così semplice comprenderne fin da subito gli impatti. Ecco allora che la scelta di utilizzare come strumento descrittivo di analisi l'individuazione delle singole applicazioni blockchain in *supply chain*, permette di osservare la penetrazione che ognuna di queste ha nei diversi mercati di riferimento.

Sulla base delle considerazioni fatte precedentemente possiamo dunque ritenere che in relazione al *tracking* ed al *tracing* dei prodotti i settori che possono avere maggiori ROI sono quelli che trattano prodotti deperibili, ad alto valore e/o caratterizzati da stringenti normative. Rientrano in questa categoria il settore alimentare, il settore farmaceutico, il settore dei trasporti, il settore dei beni di lusso, il settore aereo-spaziale ed il settore della gestione dei rifiuti. Si tratta di contesti nei quali è molto importante conoscere quale sia l'origine e la qualità dei prodotti venduti. Fa in parte eccezione il settore dei trasporti dove in questi termini il *tracking* gioca un ruolo chiave nella lotta alle frodi e alle contraffazioni.

Le applicazioni *blockchain based* a supporto del SCF possono invece giocare un ruolo chiave in tutte quei settori caratterizzati da un elevato allungamento delle catene di fornitura. In questi termini infatti, il finanziamento dei numerosissimi fornitori che alimentano il flusso di materiale che si muove da monte verso valle, è di fondamentale importanza per garantire la sussistenza dell'intera *supply chain*. Rientrano all'interno di questo panorama: il settore petrolifero, il settore dell'automotive, l'*aereo-space industry*, il settore della produzione di prodotti Hi-Tech, il settore delle grandi costruzioni, etc..

Le gestione digitale dei documenti di trasporto e spedizione è invece un'applicazione che, a differenza delle altre, assume grande valore solo se contestualizzata all'interno del settore delle spedizioni intercontinentali (come dimostra il caso Maerks).

Al contrario, la digitalizzazione su blockchain dei documenti di fornitura, risulta essere un'applicazione molto interessante per tutte le *supply chain*, indipendentemente dal settore operativo. I benefici offerti da questa applicazione sono infatti molteplici e i costi iniziali di investimento relativamente sostenuti. Ovviamente anche in questi termini maggiore è l'allungamento delle catene, più complessa sarà la gestione dei documenti di fornitura soprattutto per gli OEM che devono gestire un numero elevato di fornitori. I settori di riferimento sono gli stessi proposti nei paragrafi precedenti (automotive,

aerospaziale, etc...). In questi termini importanti benefici si avrebbero anche nel settore *retail* dove ad oggi la gestione *paper-based* dei documenti di fornitura sta generando importanti difficoltà.

Le *onboarding peer-to-peer platform* sono un'applicazione blockchain che, a differenza delle altre, è ancora in fase sperimentale. Non esistono infatti oggi sul mercato, se non a livello B2C, piattaforme con queste caratteristiche. In ogni caso grazie alla capacità offerte da queste soluzioni nella democratizzazione del processo di fornitura gli impatti più importanti potrebbero vedersi in tutti quei settori caratterizzati dalla presenza di un numero elevatissimo di piccoli fornitori poco specializzati. Ovvero in altre parole nel settore della produzione di *commodity*. In questi contesti infatti le micro-imprese non hanno sufficiente poter contrattuale, cultura, etc. per interfacciarsi con i grandi buyer. E' proprio in questi ambienti che le *onboarding platform* possono offrire importanti benefici sia per i fornitori che per i buyer. Rientrano all'interno di questo panorama tutti i settori caratterizzati da un alto tasso di sostituzione ed una bassa differenziazione dei prodotti .

Il *collaborative data analytics* è un'applicazione che può generare effetti tanto potenti quanto più è allungata e complessa la gestione della catena di fornitura. Infatti di per sé, nei contesti caratterizzati da *supply chain* strutturate su pochi livelli di fornitura e basate su rapporti di fiducia solidi tra i partecipanti, i benefici potenziali di tali applicazioni non sarebbero tali da convincere i partner ad investire sulla tecnologia. Ecco allora che nuovamente i settori dell'*automotive* e quello petrolifero, caratterizzati da lunghe e complesse catene di fornitura, sarebbero quelli a riscontrare maggiori vantaggi dall'introduzione della blockchain per gestire operazioni di *Collaborative Analytics*.

Sulla base delle considerazioni appena fatte risulta chiaro come la blockchain si ponga come tecnologia *disruptive* all'interno del complesso panorama in cui competono le attuali catene di fornitura. Le sfide da affrontare sono ancora molteplici e la strada da fare ancora lunga. In ogni caso è necessario che le imprese continuino a sperimentare ed amplificare le proprie competenze. Questa è l'unica strada percorribile al fine di poter, sul lungo periodo, cogliere e sfruttare a pieno gli enormi e straordinari benefici che la blockchain ed i sistemi decentralizzati sono in grado di offrire. Vediamo ora brevemente il caso italiano.

4.9 Considerazioni Finali : il caso italiano

Le differenti applicazioni blockchain in *supply chain* trovano spazio anche all'interno del panorama italiano nonostante il nostro paese, rispetto ad altri stati europei, si trovi particolarmente indietro per quanto riguarda l'innovazione digitale.

“Il mercato italiano, nonostante la presenza di una solida comunità di sviluppatori, non ha ancora saputo cogliere la sfida di innovazione connessa alla blockchain – commenta Valeria Portale, Direttore dell'Osservatorio Blockchain del Politecnico di Milano -. Da una parte c'è una difficoltà ad affrontare una

tecnologia molto complessa, dall'altra una carenza culturale delle imprese che tendono a non investire in una tecnologia in una fase preliminare e ancora immatura. La blockchain potrebbe avere un impatto notevole per il Made in Italy in termini di tracciabilità e di anticontraffazione: è necessario non rimanere fermi per evitare un gap di competenze difficile da colmare”[38].

Le blockchain *startup* in Italia, secondo i dati dell'Osservatorio Blockchain del Politecnico di Milano, sono 28 mentre gli *use case*, che coinvolgono aziende italiane, 14. Di questi il 35.7%, ovvero cinque casi su quattordici, riguardano applicazioni blockchain in *supply chain*. In particolare tre di questi propongono soluzioni per il *tracing* e il *tracking* dei prodotti mentre i restanti due trovano applicazione nel *Supply Chain Finance*.

Per quanto riguarda il *product tracing* il primo tra i progetti a partire è stato quello proposto dalla multinazionale di consulenza Ernst&Young che ha sviluppato, in collaborazione con la *startup* padovana Ez Lab, un progetto per risalire all'origine e certificare la qualità dei prodotti vitivinicoli. Il *pilot*, partito nel 2017, ha riguardato il *tracking* del vino Falanghina della Cantina Volpone ed ha portato ad importanti risultati soprattutto in risposta agli attuali problemi legati alla contraffazione ed alla certificazione della qualità. In termini più ampi il progetto si pone da una parte, l'obiettivo di tutelare il Made in Italy agroalimentare nella difesa della qualità culturale, e dall'altra, come soluzione di supporto alla trasparenza del ciclo produttivo [39]. Gli altri due progetti, sempre relativi alla tracciabilità dei prodotti, vedono come protagonisti il Gruppo Italiano Vini e la Torrefazione San Domenico.

A tal proposito la Torrefazione Caffè San Domenico, in collaborazione con la *startup* Foodchain, lancerà a breve una blockchain per il *tracking* del caffè all'interno della sua filiera produttiva. Grazie alla piattaforma il consumatore potrà, direttamente dal proprio smartphone, attraverso lo *scan* del QR Code, conoscere l'origine del prodotto acquistato [40].

Il Gruppo Italiano Vinicolo invece ha sviluppato in collaborazione con Almaviva una soluzione blockchain su Ethereum per la tracciabilità del vino. L'autenticità della bottiglia viene garantita grazie all'utilizzo di un TAG NFC applicato sul prodotto, che può essere letto utilizzando l'App eNology sviluppata da Almaviva [41].

Per quanto riguarda invece i progetti blockchain in ambito SCF questi vedono come protagoniste le due più importanti istituzioni finanziarie del paese ovvero le banche Intesa Sanpaolo e Unicredit.

Intesa Sanpaolo, in collaborazione con altre 12 istituzioni finanziarie facenti parte del consorzio R3, ha lanciato nel 2017 il progetto Marco Polo con l'obiettivo di favorire il finanziamento delle piccole e medie imprese italiane all'interno delle catene di fornitura. La piattaforma consente di creare un conto corrente “aperto”, ovvero di consegnare le merci prima che il compratore corrisponda il pagamento. Il sistema utilizza poi degli *smart contract* per automatizzare i processi di pagamento e mitigare i rischi [42].

UniCredit invece, insieme al consorzio di banche Digital Trade Chain di cui fa parte, ha lanciato lo scorso novembre We.Trade ovvero una piattaforma blockchain per il finanziamento commerciale delle PMI europee. Il sistema consente la gestione, il monitoraggio e la protezione delle transazioni commerciali tra le imprese grazie alla registrazione dell'intero processo commerciale. Il pagamento avviene poi in automatico non appena vengono rispettati tutti gli accordi contrattuali [43].

Per quanto riguarda invece il mondo *startup*, Valeria Portale in un articolo riportato dal Sole24Ore afferma: "Le soluzioni Blockchain sono solitamente promosse e sviluppate da community di sviluppatori che si muovono in modo destrutturato, ma anche le startup stanno rivestendo un ruolo fondamentale nella creazione del mercato, promuovendone la diffusione tra le aziende". "Gli Usa - ricorda l'esperta - sono stati i primi a capire il livello della blockchain tanto che oggi grandi società come Walmart, Pfizer, IBM e Microsoft hanno iniziato a sviluppare le proprie tecnologie. Negli ultimi due anni abbiamo però rilevato uno spostamento del baricentro delle startup dall'America all'Europa". Tale fenomeno ha caratterizzato maggiormente i paesi del nord Europa come il Regno Unito dove hanno sede il 13% delle *startup* analizzate dall'Osservatorio Blockchain del Politecnico di Milano. L'Italia purtroppo ha raccolto pochissimi finanziamenti e ospita solo l'1% delle *startup* totali. Secondo Valeria Portale: "In Italia è mancato finora un mercato consapevole delle potenzialità di questa tecnologia che supportasse le startup. Così, le poche che se ne occupavano hanno scelto di andare all'estero dove il tessuto economico aveva già più familiarità con questi temi." [44]

Nell'arco di pochi mesi però il panorama italiano sta mutando profondamente. Delle 28 startup individuate all'interno del panorama italiano, sei propongono applicazioni che possono essere impiegate in *supply chain* ovvero il 21,42% dei casi. Si tratta un valore leggermente più basso rispetto a quello evidenziato a livello mondiale sempre dall'Osservatorio Blockchain del Politecnico di Milano che si aggira intorno al 25% (Valeria Portale, *Osservatorio Blockchain del Politecnico di Milano*, 2018).

Vediamo ora nel dettaglio i singoli progetti.

Il primo tra questi è Foodchain. La *startup* comasca ha progettato una piattaforma blockchain per il *tracking* di materie prime e prodotti alimentari lungo la filiera produttiva. Le informazioni salvate sul database distribuito sono poi accessibili e condivisibili via Web o su mobile. La *startup* dà la possibilità al produttore di scegliere la tecnologia per taggare i prodotti proponendo sia soluzioni *basic* come il QRcode sia supporti di lettura adatti per tecnologie più evolute come Nfc o Rfid. Ogni singolo attore possiede poi sulla piattaforma un profilo digitale attraverso il quale può interfacciarsi con il sistema.

Nel codice prodotto sono inserite tutte le informazioni che l'azienda intende divulgare in formato digitale. Queste possono assumere diversi formati ovvero foto, video, stringhe di testo etc e possono contenere anche certificazioni di qualità.

La piattaforma inoltre si integra con i sistemi informativi aziendali permettendo così un interscambio continuo ma, soprattutto semplice, delle informazioni. Secondo Vitale, CEO di FoodChain i settori di riferimento sono tutti quelli "dove vi sia la necessità di ottimizzare la supply chain e l'interscambio dei dati tra i vari attori della filiera, sino al consumatore finale". Questi includono dunque sia la logistica che il settore alimentare o farmaceutico.

Tra i progetti lanciati dalla *startup* occorre menzionare quelli predisposti per il *tracking* del prosciutto dell'azienda Principe San Daniele e per il *tracking* del vino dell'azienda vinicola Specogna [45].

Il *tracking* dei prodotti su blockchain è il *core business* anche di Luxochain, *startup* con soci italiani ma, con sede a Lugano in Svizzera. L'azienda ha sviluppato un complesso sistema di gestione delle identità digitali per tutti i beni prodotti dai *brand* di lusso. L'obiettivo principale è quello di contrastare la contraffazione, certificando la qualità e l'origine dei prodotti. Natale Consonni, fondatore di Luxochain, a tal proposito afferma: "vogliamo portare il valore del prodotto in un passaporto indelebile, utilizzando la tecnologia blockchain". Non risulta siano stati lanciati progetti pilota [46].

Un'altra *startup* italiana impegnata nel *tracking/tracing* dei prodotti lungo le catene di fornitura è Viveat. A differenza delle precedenti Viveat propone la combinazione tra blockchain e IoT. In questa prima fase di lancio la *startup* si sta focalizzando prevalentemente sullo sviluppo della tecnologia IoT ed, ad oggi, non risulta siano stati proposti dei *pilot*. In ogni caso uno dei soci fondatori, Marcello Gamberale a proposito di Viveat afferma: " Con i nostri sistemi permettiamo alle aziende di offrire la 'full product transparency': trasparenza su tutta la filiera produttiva e distributiva, in modo da garantire ai clienti un conoscibilità completa di quello che stanno comprando" [47].

Gli altri tre progetti italiani che propongono applicazioni blockchain in supply chain sono quelli proposti dalle startup Bloki, Speedchain e Stampery. Vediamoli nel dettaglio.

Bloki è un progetto lanciato da B2Lab società di consulenza e formazione e fornitore di servizi IT con sede a Roma. Bloki è un Processore Multifunzionale che attraverso la blockchain registra file digitali di qualsiasi tipo che servono per documentare la vita utile di una proprietà. Tutte le operazioni gestite da Bloki sono certificate e rintracciabili. Inoltre la piattaforma offre una serie di servizi fondamentali legati gestione degli *asset* che vanno dalla gestione dell'identità, alla creazione di *Property Chain* tra Identità e *Asset* cosicché quando questo viene scambiato, il sistema in automatico ne modifica la proprietà. Bloki può essere utilizzata in differenti contesti all'interno delle *supply chain*. Le applicazioni che questa propone vanno infatti dal *tracking* dei prodotti, alla gestione digitale dei documenti di trasporto [48].

Spidchain a differenza delle precedenti *startup*, fornisce un servizio di gestione e condivisione dell'identità digitale per le imprese. Secondo l'azienda: "La blockchain ci dà il potere di cambiare il modo in cui l'identità digitale viene usata, condivisa e preservata. Con questa tecnologia possiamo fornire un mercato completo e automatizzato per l'identità digitale e le informazioni certificate degli utenti".[49]

I servizi proposti dalla startup con sede a Roma promettono di abbattere i costi dei processi di *know your customer* (KYC) garantendo privacy e sicurezza delle informazioni. Nel white paper la società afferma: "*Spidchain è un sistema di identità di prossima generazione, distribuito e autosufficiente, che migliora le soluzioni esistenti in termini di sicurezza , privacy e flessibilità. Sfrutta una public permissionless blockchain*" [50].

La società sta collaborando con Christopher Allen, co-creatore di TLS e *principal architect* di Blockstream, e con il W3C (*World Wide Web Consortium*) per definire gli standard di riferimento per la creazione su blockchain di un'identità digitale distribuita.

Infine vi è il progetto proposto da Stampery, *startup* che opera nel settore Data Management proponendo soluzioni *blockchain-based* sia per lo scambio che per il mantenimento dei dati. I prodotti della *startup* con sede in Spagna ma con CEO l'italiano Daniele Levi, si concentrano sulla certificazione dei dati e sulla fornitura di una prova di proprietà, esistenza e di integrità grazie al supporto del database distribuito. I servizi per le imprese vanno dalla creazione di un profilo digitale alla gestione in formato digitale di tutte le transazioni che caratterizzano uno scambio di dati tra imprese [51].

Capitolo V - Analisi della tecnologia Blockchain nel settore agroalimentare

5.1 Introduzione: la blockchain nell'*agrifood*

Nei capitoli precedenti è stata proposta una possibile implementazione di un sistema blockchain all'interno del panorama delle *supply chain*. Sono state inoltre delineate una serie di potenziali applicazioni della tecnologia che possono considerarsi trasversali ai diversi settori. In questo capitolo verranno invece prese in esame le possibili soluzioni del database distribuito all'interno del settore agroalimentare. La descrizione verrà supportata da una serie di risultati numerici ottenuti per mezzo di un'analisi quantitativa effettuata su un campione di oltre 50 differenti iniziative a livello business. Prima di presentare i dati si ritiene sia opportuno però, offrire una panoramica generale del settore agroalimentare facendo emergere le ragioni che lo rendono particolarmente adatto all'implementazione della blockchain.

L'industria agroalimentare è una delle più grandi al mondo e comprende al suo interno l'insieme delle attività volte alla produzione, trasformazione e distribuzione di prodotti alimentari. In termini generali i principali ambiti applicativi sono: la produzione agricola vegetale, l'allevamento, la pesca e l'acquacoltura e la produzione industriale e/o artigianale di alimenti e bevande. Ognuno di questi è caratterizzato da una filiera produttiva più o meno allungata che comprende al suo interno sia la fase di produzione o acquisto delle materie prime, sia quelle di confezionamento, conservazione, distribuzione e vendita.

La filiera alimentare si contraddistingue a livello strutturale per essere ampia e diversificata: questa infatti coinvolge sia l'agricoltore che lavora la terra, sia l'operatore che utilizza i macchinari per eseguire tutte le operazioni necessarie alla consegna del prodotto finito. In Italia il valore aggiunto dell'intero agroalimentare è il più rilevante tra tutti i settori che riguardano la produzione di beni. Secondo un report dell'Ambrosetti Club nel 2016 il comparto dei beni alimentari ha prodotto nel nostro Paese un giro d'affari per circa 132 miliardi di Euro, occupando più di 465.000 persone con prodotti esportati per un valore di 31,5 miliardi di Euro, pari all'8% del totale delle esportazioni italiane (V. De Molli et al., *Report The European House - Ambrosetti*, 2017).

In relazione a questo progetto di ricerca, la scelta di analizzare nel dettaglio le applicazioni blockchain nel settore agroalimentare, è dettata in primo luogo da ragioni di carattere scientifico ovvero strettamente connesse alla comprensione del fenomeno. Infatti tale settore è caratterizzato da un numero molto elevato di casi d'uso che coinvolgono imprese e *startup* che propongono soluzioni *blockchain-based* in ogni parte del mondo. La **rilevante popolarità** è un fattore essenziale in quanto permette di giungere a

considerazioni che siano statisticamente significative in relazione al fenomeno analizzato. Inoltre a differenza di altri settori, quello agroalimentare, presenta una certa **eterogeneità nelle applicazioni** blockchain sviluppate. A tal proposito, come vedremo dall'analisi campionaria, nonostante vi sia una certa predominanza di soluzioni legate al *tracking* ed al *tracing* dei prodotti, le *startup* analizzate propongono prodotti *blockchain-based* che coprono tutta la gamma delle possibili applicazioni. Questo consente di comprendere quale sia il reale impiego ma, soprattutto, lo stato di avanzamento delle singole soluzioni, offrendo un'immagine più chiara sullo stato dell'arte della tecnologia.

Le ragioni che stanno dietro alla grande attenzione del settore tecnologico, ed in particolare dei progetti *blockchain-based*, nei confronti del mercato alimentare vanno ricercate nelle sfide che questo si trova oggi ad affrontare: prima fra tutte la lotta alle frodi e alla contraffazioni. A tal proposito sono stati innumerevoli gli scandali che negli ultimi anni, hanno afflitto la produzione e la distribuzione di prodotti alimentari. Alla luce di ciò da una parte, i consumatori sono divenuti più sensibili sull'origine e sulla qualità dei prodotti che acquistano, dall'altra, si è innalzata la pressione imposta dalla regolamentazione in relazione alle pratiche di sicurezza alimentare. Da un report di Pwc emerge che le frodi alimentari costano annualmente all'economia mondiale oltre 400 miliardi di dollari (Craig Armitage et al., *Report Pwc*, 2016).

In Italia sono centinaia ogni anno le contraffazioni che affliggono tale settore. Le ragioni principali che sottendono tale fenomeno vanno ricercate nel prestigio che il marchio *Made in Italy* ha nel mondo. Questo infatti viene impropriamente utilizzato in diversi mercati esteri per ingannare tutti quei consumatori non adeguatamente informati sull'origine dei prodotti che acquistano. Non è desueto infatti ritrovare sugli scaffali dei supermercati stranieri Prosecco in lattina o Prosciutto di Parma *Made in China*, piuttosto che Moscato d'Astri (piuttosto che Asti) o il Parmisan (noto prodotto venduto in molti dei retailer americani). In un articolo di Repubblica si legge che nel 2017, solo sulle piattaforme Ebay, Amazon e Alibaba sono stati ritirati dal Ministero delle Politiche Agricole oltre 600 prodotti alimentari contraffatti. Sempre Repubblica, riportando i dati dell'Icqrf, l'Ispettorato del Ministero dedito a contrastare le frodi alimentari, afferma che su oltre cinquantamila controlli effettuati nel 2017: il 26,8% degli operatori, il 15,7% dei prodotti ed il 7,8% dei campioni sono risultati irregolari e non conformi alle norme di legge. Inoltre sempre nello stesso anno, il tribunale italiano e la guardia di finanza hanno emanato più di quattrocentocinquanta denunce per reato di contraffazione alimentare, per un valore stimato di oltre 90 milioni di euro [52].

Le frodi non riguardano solo i paesi esteri: a non rispettare le regolamentazioni sono gli stessi produttori italiani. Le truffe a tal proposito, riporta Repubblica, riguardano "etichette non conformi, olio vergine spacciato per extravergine, formaggi di pecora con aggiunta (non dichiarata) di latte vaccino, carne non tracciabile o ortofrutta biologica con tracce di principi attivi non consentiti". "Tra contraffazioni e irregolarità quello del vino è uno dei segmenti più colpiti, a causa dell'alto valore di mercato che ha: gli ispettori del Ministero hanno rilevato il 30% di irregolarità sui 7200 controlli (effettuati)" [52].

Sempre in relazione alle contraffazioni alimentari, tra le operazioni più importanti condotte nel 2017 dall'Icqrif in Italia vi è Skinke: un'indagine diretta dalla Procura della Repubblica di Torino mirata a contrastare le frodi nel mercato dei prosciutti italiani contraddistinti dalla Denominazione d'Origine Protetta. Si è trattata di "una delle più rilevanti mai svolte in Italia nell'agroalimentare, che ha interessato centinaia di allevamenti, stabilimenti di macellazione e di stagionatura e ha messo in luce l'utilizzo illecito, da parte di molti allevatori di suini, di materiale genetico di linea maschile danese, non ammesso dai disciplinari di produzione delle DOP Prosciutto di Parma, Prosciutto di San Daniele e Crudo di Cuneo." Nonostante le indagini non si siano ancora concluse solo nel 2017 sono state sequestrate 750.000 cosce per un valore superiore ad 80 milioni di euro (Ministero delle Politiche Agricole Alimentari e Forestali, "Report di Attività 2017", 2018).

Le frodi alimentari e la mancanza di trasparenza e di tracciabilità lungo tutta la filiera, oltre a generare ingenti perdite a livello economico, possono essere la causa di danni, anche gravi, alla salute dei consumatori. Si pensi a tal proposito ai casi di latte alla melamina, di alimenti contaminati da salmonella, all'avaiaria o alla contaminazione della carne di cavallo. Un esempio in questi termini, è l'epidemia di E.coli che nel 2015 ha colpito 55 clienti nei ristoranti del gruppo americano Chipotle Mexican Grill. La compagnia oltre ad essere stata sotto accusa per diversi mesi, ha subito un'importante perdita d'immagine e si è trovata costretta a chiudere alcuni dei suoi ristoranti in Oregon e nello Stato di Washington. Le vendite si sono ridotte drasticamente ed il prezzo delle azioni è sceso del 42%. Alla radice del problema vi era da una parte, la mancanza di comunicazione tra i ristoranti e i fornitori di alimenti e dall'altra, l'assenza di un sistema informativo in grado di tracciare l'origine e la qualità degli ingredienti utilizzati nella produzione (Kshetri Nir, 2018).

L'attenzione alle pratiche alimentari e alla qualità e sicurezza dei beni venduti diventa un problema rilevante anche in relazione alla crescita della popolazione mondiale, che secondo numerose stime, arriverà a sfiorare i 9,1 miliardi nel 2050. Questo infatti comporterà una sempre maggiore pressione sulle risorse disponibili che, in assenza di provvedimenti adeguati, sarà affiancata dalla presenza di sempre più elevate pratiche illecite in tutta la filiera.

Ad impattare negativamente sulla sicurezza alimentare vi sono stati anche alcuni fenomeni di natura socio-politica che apparentemente non sembrano essere collegati tra loro (terrorismo, immigrazione etc..) ma, che hanno imposto una riflessione generale sull'ampio concetto della alimentazione e dei diritti ad essa connessi.

La regolamentazione gioca in questi termini un ruolo fondamentale. A tal proposito la disciplina sulla sicurezza alimentare ha subito in questi anni importanti evoluzioni soprattutto in relazione al contributo offerto dalle nuove tecnologie. A livello regolatorio uno dei problemi che ha da sempre compromesso l'efficacia delle normative, è stato la mancanza di standard giuridici di riferimento a livello comunitario e internazionale. Il panorama legislativo è infatti, su questa disciplina, caratterizzato da una diffusa

frammentarietà, disorganicità ed in molti casi incoerenza tra le differenti giurisdizioni nazionali. A tal proposito la Commissione Europea ha negli ultimi anni definito degli standard in merito a: etichettatura dei prodotti, pubblicità sui prodotti, indicazione dei materiali destinati a venire a contatto con gli alimenti, tracciabilità degli alimenti e dei mangimi, etc..

Il *fil rouge* che ha guidato gli interventi comunitari ha avuto come obiettivo quello di ridurre l'asimmetria informativa, cercando di diminuire, almeno a livello teorico, le distanze intercorrenti tra produttori e consumatori.

In questo quadro risulta chiaro come la tecnologia blockchain e le applicazioni ad essa connessa possano fornire un ventaglio di strumenti potenti utilizzabili sia nella lotta alle frodi e alle contraffazioni ma, soprattutto, per consentire una maggiore trasparenza sulle operazioni aziendali e sulla tracciabilità dei prodotti consumati.

Non è solo la necessità di maggiore trasparenza, però, a rendere il settore *agri-food* un alleato ideale della tecnologia blockchain. Storicamente il settore della produzione di beni alimentari ed in particolare, di prodotti agricoli, è stato contraddistinto dalla presenza di produttori di dimensione medio-piccola, caratterizzati per loro natura da basso potere contrattuale nei confronti degli altri player. In seguito alla globalizzazione inoltre, la produzione si è gradualmente spostata nei paesi a basso costo della manodopera, complicando ulteriormente il panorama competitivo ed alimentando il gioco al ribasso sui prezzi dei prodotti finali. La nascita dei grandi *retailer* e della GDO ha infine mutato radicalmente le dinamiche di potere all'interno della *value chain* riducendo ulteriormente la competitività dei piccoli produttori. All'interno di questo contesto, la blockchain può giocare un ruolo da protagonista: infatti, grazie alla sua natura distribuita il *distributed ledger* permette di dar vita a piattaforme decentralizzate per lo scambio di beni e servizi che consentono di democratizzare il processo di fornitura, rendendo più equo il rapporto tra piccoli agricoltori e grandi buyer.

Allo stesso modo i *marketplace* possono essere utilizzati come motore di crescita in tutti quei contesti nei quali l'agricoltura e la coltivazione dei campi rimangono le attività principali e la prima fonte di reddito nazionale. Si pensi in questi termini ai paesi in via di sviluppo, nei quali spesso, i singoli produttori non possiedono le risorse sufficienti per interfacciarsi con i grandi buyer o con il mondo industrializzato. In questi contesti la tecnologia potrebbe giocare un ruolo chiave, alimentando il processo di sviluppo e fornendo una base solida sulla quale poter strutturare politiche volte alla crescita e al progresso. Tanti sono i progetti che si stanno muovendo in questa direzione e che sono parzialmente descritti nella analisi degli *use case* riportata in Appendice A.

L'elemento comune tra le differenti iniziative risiede nella capacità della blockchain di decentralizzare l'autorità e distribuire in modo più democratico il potere riducendo, almeno a livello teorico, la concentrazione della ricchezza nelle mani di chi, se non altro in partenza, possiede più risorse.

La blockchain tuttavia, oltre a giocare un ruolo da protagonista nella lotta alle frodi e nella democratizzazione dei processi di fornitura, può anche essere utilizzata nel settore alimentare come strumento di innovazione. Infatti uno dei grossi limiti che da sempre ha caratterizzato l'industria del *food&beverage*, almeno nel nostro paese, è stato proprio la scarsa propensione al progresso ed, in particolare, al progresso tecnologico. Secondo Ambrosetti "si tratta di un comparto a medio-bassa intensità di investimento in attività di ricerca e sviluppo, in cui l'innovazione è stata (storicamente) orientata prevalentemente alla formulazione di strategie di prodotto, marketing e comunicazione." Sempre secondo Ambrosetti nel nostro paese, a causa della natura frammentata che caratterizza il settore, l'innovazione si scontra con il disinteresse nel "considerare gli investimenti in innovazione, di prodotto e di processo, quali fattori prioritari di competitività (...) Il Sistema Italia del *food* deve perciò interrogarsi a fondo in merito a quali saranno le dinamiche competitive future, per comprendere se sia nelle condizioni di affrontarle efficacemente, e (allo stesso modo comprendere quale ruolo giocherà) l'innovazione, anche in forma disruptive, nella riconfigurazione del settore" (V. De Molli et al., *Report The European House - Ambrosetti*, 2017).

Sulla base di queste considerazioni risulta chiaro come la tecnologia, e nello specifico la blockchain, trovi proprio in questo comparto un terreno fertile sul quale poter sperimentare. Ovviamente una mentalità avversa alle politiche di innovazione e una scarsa cultura tecnologica possono divenire un importante ostacolo all'espansione della tecnologia. In questi termini sarà compito dei *first mover* o degli *early adopter* divulgare la conoscenza e comunicare efficacemente l'innovazione al fine di poterne garantire una corretta e completa implementazione, capace potenzialmente di rivoluzionare l'interno settore.

Viene di seguito proposta un'analisi dettagliata del fenomeno blockchain all'interno del settore agroalimentare grazie al contributo offerto da un'analisi effettuata su un campione di imprese e *startup* operanti in tale contesto. Prima però occorre delineare la metodologia di analisi.

5.2 Metodologia

La metodologia impiegata per definire le applicazioni blockchain all'interno del settore alimentare si è strutturata intorno a due differenti campi d'indagine. In primo luogo è stata effettuata una revisione della letteratura sistematica sia sulla tecnologia che sul settore agroalimentare. Dopo di che è stata condotta una ricerca empirica incentrata sull'analisi dei casi di studio con l'obiettivo di comparare ed eventualmente validare i risultati riscontrati dall'esame della letteratura.

La scelta di impiegare l'indagine quantitativa, basata sull'esame dei *case-study*, come strumento di analisi è motivata dal fatto che questa risulta essere uno strumento di ricerca ideale, soprattutto nelle prime fasi di definizione di una nuova teoria. Questo perché le variabili chiave e le relazioni che si intrecciano tra di esse devono ancora essere esplorate (Yin, 1989). La tecnologia blockchain, come già precedentemente

esplicitato, rientra pienamente all'interno di questo contesto soprattutto in relazione alle applicazioni nel settore alimentare.

Un'altra delle ragioni per la quale si è reso necessario impiegare questa tecnica metodologica, risiede nel fatto che ad oggi non siano disponibili quantità sufficienti di dati ed informazioni tali da garantire una comprensione chiara e definita del fenomeno (sempre in riferimento al settore alimentare). Per queste ragioni, l'analisi attraverso i casi di studio è risultato essere l'approccio migliore per comprendere e valorizzare l'eterogeneità del campione in esame e cercare di estrapolare le diverse e numerose variabili oggetto di analisi.

La metodologia attraverso l'analisi dei casi di studio si è sviluppata attraverso tre fasi principali:

- Attività di campionamento e individuazione dei casi di studio;
- Selezione dei criteri specifici di analisi;
- Analisi di ciascun caso ed armonizzazione finale dei risultati.

Per dar vita alla *use case list* la ricerca si è basata sulla consultazione di una cospicua diversità di fonti. Queste hanno permesso di raccogliere un'ampia lista di iniziative coinvolgendo sia *startup* che imprese multinazionali. Essendo la blockchain ancora ad uno stadio embrionale, le potenziali applicazioni crescano mese dopo mese, giorno dopo giorno, popolando il mondo del web di numerosissimi annunci.

La *use case list* proposta, visibile in Appendice A, elenca 60 progetti così suddivisi:

- 50 progetti di *startup blockchain-based (startup)*;
- 10 progetti di aziende consolidate (*company*) che hanno deciso di impiegare la blockchain per svolgere o migliorare specifiche attività del loro business.

Per l'individuazione dei progetti *startup* le fonti web utilizzate sono state: Crunchbase (<https://www.crunchbase.com/>), i siti di riferimento e le piattaforme di *Venture Capital*. In questi termini occorre sottolineare il progetto di Outlier Venture, fondo di investimento Inglese con sede a Londra e Toronto e specializzato in blockchain e *distributed ledger technology*. Questi propone sul suo sito web (<https://outlierventures.io/>) un servizio di *startup tracking* che coinvolge oltre 1350 progetti *startup* disposti in ogni parte del mondo. Un servizio simile a quello di Outlier Venture è offerto anche da altre piattaforme quali: AngelList (<https://angel.co/>) e Blockchain Capital (<http://blockchain.capital/>). Inoltre, di grande importanza nell'individuazione delle iniziative, è stato il database di State of The Dapps (<https://www.stateofthedapps.com/>), sito web che raccoglie al suo interno tutte le applicazione blockchain *Ethereum-based*. Infine tra i siti di settore, quelli maggiormente utilizzati, sono stati: CoinDesk (<https://www.coindesk.com/>), BlockchainNews (<http://www.the-blockchain.com/>), The Cointelegraph (<https://cointelegraph.com/>), CryptoCoins News(<https://cryptocoin.news/>), Blockchain4Innovation (<https://www.blockchain4innovation.it/>), Bloomberg(<https://www.bloomberg.com/>).

Per quanto riguarda i progetti *company* invece, le fonti primarie di informazione sono state: i siti web specializzati, le testate giornalistiche di riferimento e gli annunci ritrovati sui siti web delle aziende e/o dei partner tecnologici.

In relazione ai criteri di analisi (seconda fase), questi possono essere tra loro distinti a seconda del progetto: *startup* o impresa consolidata (*company*). Nel primo caso i campi di indagine sono stati: nome della *startup*, anno di fondazione e *Head Quarter* (HQ), descrizione dell'azienda, ambito applicativo, tipologia di blockchain, DLT utilizzata, finanziamenti ottenuti, *token*, ICO effettuate, eventuali progetti pilota.

Per quanto riguarda le imprese consolidate (*company*) invece: nome dell'azienda, breve descrizione, ambito applicativo, tipologia di blockchain, DLT utilizzata, partner tecnologici e/o strategici, eventuali progetti pilota.

Si è ritenuto opportuno distinguere la descrizione dei progetti perché, come si vedrà meglio nei paragrafi successivi, i *player* coinvolti giocano un ruolo differente all'interno del panorama competitivo.

Per la compilazione dei campi le fonti prese in considerazione sono state:

- siti web delle *startup* o delle *company*;
- siti specializzati;
- risorse documentali di varia natura o genere.

I siti web specializzati sono stati di fondamentale importanza perché hanno permesso da una parte, di accedere a dati e informazioni costantemente aggiornate e dall'altra, di approfondire maggiormente le singole iniziative grazie ad interviste e articoli dedicati. Inoltre, per quanto riguarda i progetti *startup* sono stati rilevanti, almeno in prima analisi, i siti web delle singole imprese. Le informazioni più attendibili sono però state ritrovate sui *white paper*. In mancanza di questi non è infatti stato sempre possibile determinare con chiarezza le tipologie di tecnologia utilizzate e soprattutto il DLT.

Per quanto riguarda le ICO i siti di riferimento sono stati: Ico Drops (<https://icodrops.com/>) e IcoBench (<https://icobench.com/ico/dropil>). Per i finanziamenti invece si è fatto riferimento, qualora possibile, a Crunchbase.

Non sono da trascurare tuttavia, le risorse documentali che includono tutti quegli elaborati quali: pubblicazioni accademiche, report, documenti reperibili *off-line* etc..

In alcune situazioni non è stato possibile compilare i singoli campi poiché non sono state ritrovate informazioni attendibili a riguardo. A tal proposito, si è preferito adottare un criterio di prudenza piuttosto che avventarsi i considerazioni azzardate e magari lontane dai reali intenti dell'iniziativa. In questi precisi casi, a seconda del campo di analisi, il progetto è stato classificato come *Not Clear* o *Not Found* (come ad esempio per gli investimenti).

Inoltre per alcuni progetti, qualora le informazioni riscontrate fossero troppo esigue o le fonti non attendibili, per le stesse ragioni suddette, si è preferito classificare l'iniziativa come *Ad* ovvero semplice annuncio. Nei paragrafi successivi verranno delineati i criteri sulla base dei quali è stata determinata tale suddivisione.

Indipendentemente dagli annunci si ritiene importante sottolineare come la maggior parte della letteratura presa in esame tenda a concentrarsi maggiormente sulle potenzialità derivanti dall'implementazione della tecnologia e meno sugli aspetti tecnici ad essa connessi. Una buona parte degli scritti infatti, non approfondisce le questioni e le implicazioni inerenti la tecnologia quasi come se ci fosse un certo timore nel diffondere l'informazione. Si ritiene che le ragioni che sottendono tali scelte mediatiche risiedano nel fatto che la tecnologia si trovi ancora ad uno stadio embrionale e dunque non esistano ad oggi reali e complete soluzioni capaci di soddisfare le esigenze del mercato e di conseguenza degne di essere citate nella letteratura scientifica.

Vale la pena tuttavia continuare ad approfondire la conoscenza sul tema, affinare la capacità, valutare i benefici ma, soprattutto, non sottrarsi alle sfide derivanti dall'implementazione della blockchain. L'unica possibile soluzione rimane infatti la ricerca continua mirata a trovare risposte ai problemi tecnologici, etici, sociali, politici che oggi sono alla base delle maggiori dissertazioni scientifiche.

L'ultima fase dell'analisi qualitativa è stata l'armonizzazione dei risultati ma, soprattutto, l'estrazione di indicatori e statistiche che, seppure in modo marginale, hanno permesso di dar vita ad una descrizione quantitativa del fenomeno blockchain all'interno del settore agroalimentare. Vediamole ora nel dettaglio.

5.3 La blockchain nel settore agroalimentare: analisi dei *case-study*

Dall'analisi dei dati emerge che, in relazione alla **distribuzione geografica**, i progetti *startup* (50 casi) sono così ripartiti: il 46% delle imprese ha sede in Europa, il 20% in America, il 18% in Asia, il 4% in Australia ed il 2% in Africa. Volendo dettagliare maggiormente l'analisi si può notare come le iniziative esaminate coinvolgano 19 differenti Stati in tutto il mondo.

Il restante 10% dei progetti è stato classificato come *Not Clear/Not Found*, in quanto non sono state riscontrate informazioni attendibili né (o) sulla sede dell'azienda, né (o) sull'anno di costituzione. Le ragioni di siffatta lacuna risiedono, molto probabilmente, nella mancanza di condizioni tali, in termini di expertise tecnologico e di finanziamenti, da giustificare la nascita di un progetto d'impresa. Si tratta dunque, molto probabilmente, di progetti che ad oggi non possiedono alcuna dimensione operativa e si presentano come semplici annunci web.

A tal proposito dall'analisi dei dati emerge che, su 50 progetti *startup*, 8 ovvero il 16%, risultano essere *Ads* (ovvero semplici annunci). I criteri impiegati nella classificazione di un progetto come *Ad* sono stati:

- mancanza di informazioni su *HQ* o *Founded Date* e di conseguenza dubbi fondati sull'eventuale costituzione dell'impresa;
- mancanza di informazioni sulla tecnologia impiegata;
- assenza di finanziamenti:
- assenza di progetti pilota;
- siti web e fonti informative non strutturate (No *white paper*).

In relazione a tale dimensione, approfondendo maggiormente l'analisi emerge che, solo nel 36% dei casi le *startup* (campione 50 casi) hanno lanciato uno o più **progetti pilota** mirati a sperimentare e testare l'impiego della tecnologia blockchain all'interno del settore alimentare.

Nessuna *startup* propone invece ad oggi **prodotti finiti blockchain-based** pronti per essere venduti sul mercato. In altre parole non esistono ancora soluzioni complete capaci di asservire i bisogni delle imprese e rispondere alle criticità e alle sfide poste in atto dalla tecnologia. Ad oggi (giugno 2018) dunque le soluzioni riguardano esclusivamente *Proof of Concept* (POC) e/o progetti operativi. Le ragioni che sottendono a tale situazione sono dovute, come ampiamente detto in precedenza, allo stato ancora embrionale della tecnologia.

Lo stesso vale per i progetti *company*: ovvero ad oggi nessuna impresa consolidata o partner tecnologico è stato in grado di lanciare sul mercato una soluzione finita *blockchain-based* capace di soddisfare le esigenze del settore.

I limiti sono gli stessi descritti ampiamente nel capitolo III a cui si aggiungono quelli propri del contesto di riferimento. A tal proposito, come accennato nell'introduzione, il settore agroalimentare soffre di una scarsa propensione, da parte dei player coinvolti, all'innovazione ed al progresso tecnologico.

In questi termini infatti molte *startup*, consapevoli della scarsa persuasione che hanno nei confronti delle aziende agricole, basano la propria **strategia comunicativa** in parte, sul valore aggiunto che il loro servizio offre ai consumatori finali in termini di trasparenza e tracciabilità sui prodotti, in parte sulle potenzialità offerte dalla tecnologia in termini di *compliance*. Nel primo caso l'obiettivo è quello di sensibilizzare i consumatori sull'origine dei beni che acquistano e di conseguenza aumentare la pressione da questi imposta sulle imprese in relazione all'adozione di soluzioni che favoriscano la trasparenza dei prodotti; nel secondo caso invece proporre soluzioni che semplifichino l'aderenza alle normative che, in relazione alle pratiche alimentari, stanno diventando sempre più stringenti e quindi difficili da rispettare utilizzando esclusivamente le tecnologie odierne.

Una delle differenze sostanziali tra i progetti *startup* e le iniziative *company* è che quest'ultime per poter dar vita a soluzioni *blockchain-based* devono stringere una o più *partnership* con *provider* tecnologici. Le ragioni che risiedono dietro a tale configurazione strategica sono chiare e dovute essenzialmente al fatto che le *company* non ricoprono il ruolo di sviluppatori blockchain, ma piuttosto di potenziali utilizzatori.

Questi, per loro natura, devono dunque avvicinarsi a dei fornitori al fine di poter impiegare la tecnologia all'interno del proprio business. Le imprese in questione (10 casi) per queste ragioni, sono da considerarsi degli *Early Adopter*. Con questo termine generalmete si identificano gli iniziali utilizzatori di una nuova tecnologia prima che questa raggiunga l'adozione di massa ovvero che diventi *mainstream*. Il loro ruolo in termini di diffusione dell'innovazione è di fondamentale importanza in quanto tipicamente, grazie ai loro feedback disinteressati, gli *early adopter* contribuiscono allo sviluppo e al miglioramento dei servizi sperimentali. I *provider* tecnologici e le *startup* sono invece *First Mover* ovvero coloro che per primi si muovono nella sperimentazione di una tecnologia. Secondo le teorie di *business strategy*, i *first mover*, se capaci di guidare l'innovazione e definire gli standard tecnici, possono ottenere un vantaggio competitivo e dettare le successive regole della concorrenza. Come vedremo nei paragrafi successivi, a causa dello stadio embrionale della tecnologia, occorrerà ancora aspettare molto tempo affinché si delinei uno standard tecnico e di conseguenza un consolidamento del mercato e della concorrenza.

Dall'analisi dei casi *corporate* (10 casi) emerge che tra i differenti *provider* tecnologici quello che ad oggi maggiormente si distingue per completezza delle soluzioni offerte e numero di progetti pilota lanciati è indubbiamente il colosso americano IBM. In ambito *Agri-Food* il gruppo statunitense ha lanciato **Food Trust Chain**, un progetto *blockchain-based* al quale hanno già aderito aziende del calibro di Walmart, Unilever, Barilla etc. La piattaforma attraverso cui le imprese si possono registrare ed interfacciare ha in realtà un obiettivo molto più ampio di quello puramente dettato dai progressi tecnologici: questa si propone infatti di dar vita ad una filiera del cibo integrata e trasparente capace di garantire una maggiore sicurezza alimentare ed nuovo approccio all'etica del consumo e della produzione [53].

IBM per lo sviluppo delle soluzioni blockchain utilizza come *Distributed Ledger Technology* Hyperledger e, tra i differenti *Premier Members* dell'alleanza nata intorno al DLT, è quello che maggiormente ha investito per la sua sperimentazione e sviluppo. Come vedremo meglio successivamente Hyperledger è un'infrastruttura blockchain privata ed *open source* promossa da Linux Foundation che contiene al suo interno differenti moduli (come Hyperledger Fabric e Hyperledger Sawtooth). Nel seguito verrà proposto un confronto tra le differenti DLT per meglio comprenderne le differenze. Rimandiamo dunque ai paragrafi successivi la descrizione di questa piattaforma.

Nonostante le diverse *company* necessitino di un partner tecnologico per implementare la blockchain all'interno del proprio business non in tutti i casi analizzati questo è stato riscontrato: le ragioni di tale mancanza sono dovute presumibilmente all'interesse dell'azienda nel non divulgare informazioni ritenute strategiche. Un'altra spiegazione, più probabile della precedente, è che il progetto si trovi ancora ad uno stadio embrionale di evoluzione: tale da non aver ancora reso possibile la definizione dei partner. Anche in questo caso, così come per le *startup*, tali iniziative sono state classificate come annunci web (*Ad*).

Tra i casi *corporate* analizzati è emerso che uno di questi ha selezionato come *provider* tecnologico una delle cinquanta *startup* prese in esame. VeChain, *startup* costituita nel 2015 con sede a Singapore, è stata

a tal proposito individuata dalla multinazionale DNV GL, operante in campo *Insurance*, per lo sviluppo del prodotto *My Story* dedicato alla certificazione dei prodotti alimentari.

Il **modello di business** adottato dalle *startup* e/o dai provider tecnologici è, per quanto emerge dal campione analizzato, in larga misura comune. Infatti, a meno che in rari casi, le imprese propongono servizi **BaaS** ovvero *Blockchain As A Service*. In altre parole questi offrono soluzioni blockchain (nel 98% dei casi sono B2B) in cambio di un corrispettivo economico su base temporale (mensile, semestrale, annuale). Si tratta di contratti molto simili, se non coincidenti, a quelli di licenza d'uso: ovvero i fornitori progettano le proprie soluzioni blockchain proprietarie o mettono a disposizione il proprio *know-how* o ancora propongono le proprie applicazioni strutturate su DLT già esistenti, per poi concederle alle imprese (in licenza) in cambio di un corrispettivo in denaro. Si tratta di una formula già ampiamente adottata soprattutto in campo software. La gamma di servizi offerti dipende ovviamente dal numero di differenti soluzioni/applicazioni che le *startup* sono in grado di proporre e vanno dalla consulenza tecnica, all'implementazione tecnologica, ai servizi di *Analytics* sui dati raccolti etc..

Verranno a questo punto presentate le differenti applicazioni blockchain all'interno del settore agroalimentare.

A tal proposito, in relazione agli **ambiti applicativi**, questi sono così suddivisi: per quanto riguarda i progetti *startup* il 78% si focalizza principalmente sul *Tracking e Tracing* dei prodotti, percentuale che sale all'82% se si tengono in considerazione anche i casi *corporate*. Di queste il 77,5% propone iniziative focalizzate esclusivamente sul *tracking&tracing* mentre la restante parte offre una serie di servizi integrati quali: *Data Management Analytics, Document ID Management, Supply Chain Finance*. A questa categoria appartengono le *startup* che si trovano ad uno stadio di sviluppo superiore rispetto alla media di settore e che sono dunque in grado di sviluppare soluzioni più vicine ai reali bisogni delle aziende. Queste iniziative sono preferibili proprio perché permettono di offrire un servizio a 360 gradi e dunque non obbligano le aziende a dover coinvolgere differenti *provider* tecnologici per poter eseguire operazioni che si basano strutturalmente sulla stessa base dati.

Dalle percentuali appena mostrate pare chiaro come, tra le applicazioni proposte nel capitolo IV, quelle mirate al *Tracking e Tracing* siano le più diffuse, almeno in campo alimentare. Le ragioni che sottendono tale risultato dipendono chiaramente dalle dinamiche che caratterizzano questo settore e che, come accennato precedentemente nell'introduzione, possono essere così riassunte:

- richiesta di maggiore trasparenza da parte dei consumatori;
- lotta alle frodi e alle contraffazioni alimentari;
- aumento della pressione imposta dalla regolamentazione di riferimento.

Analizzando invece il restante 18%, le applicazioni *blockchain-based* proposte sono: *Peer to Peer Marketplace (P2P Onboarding&Purchasing Platform)* con 5 casi su 60, *Document ID Management* con

3 casi su 60 e infine *Supply Chain Finance* e "Blockchain come infrastruttura per le Smart Farm" con rispettivamente un caso per ognuna. La differenza tra queste iniziative e quelle precedenti è che quest'ultime si focalizzano esclusivamente sulle soluzioni appena viste e non propongo applicazioni integrate per il *tracing&tracking* dei prodotti.

Volendo basare l'**analisi** percentuale non sul numero totale di casi (60) ma sulla **popolarità tra le differenti applicazioni** si ha in ordine, dopo il *tracking* ed il *tracing* dei prodotti: il *Document ID Management* (7 casi), i *Marketplace* decentralizzati per lo scambio di beni e servizi (6 casi), il *Data Management e Analytics* (6 casi) ed infine il *Supply Chain Finance* (5 casi).

Come suddetto il settore alimentare si caratterizza rispetto ad altri per la presenza di una certa eterogeneità nelle applicazioni. Lo stesso non si può affermare in relazione ad altri settori come ad esempio quello tessile piuttosto che quello farmaceutico. Nel primo infatti a meno che nel segmento dell'alta moda il *tracing* è poco rilevante così come la creazione di *Open Market P2P*. Invece ad esempio, nel settore farmaceutico il *tracking&tracing* assume grande importanza, mentre non si può dire lo stesso in relazione ai *P2P marketplace* o al SCF o comunque non con la stessa rilevanza che queste applicazioni hanno per l'industria agroalimentare.

In relazione alle funzionalità della blockchain occorre puntualizzare che a livello tecnologico per le applicazioni di *tracking* e *tracing* dei prodotti talvolta il database distribuito è **supportato** dall'impiego di **tecnologie IoT**. A tal proposito nel 41% dei casi analizzati, tenendo in considerazione i soli progetti *startup*, le soluzioni sulla tracciabilità delle materie prime e dei prodotti alimentari, sono realizzate dalla combinazione di blockchain e *smart sensor*. Questi infatti permettono di rilevare *real time* e con una certa frequenza, una serie di importanti informazioni sui beni oggetto di scambio che vengono poi condivise direttamente sull'infrastruttura blockchain. Affinché questo sia possibile le singole *startup* sviluppano dei propri protocolli di interazione tra sensori e blockchain e spesso i singoli *device* IoT vengono prodotti dall'azienda stessa o da società controllate al fine di avere un controllo diretto sull'attività di fabbricazione.

Nei paragrafi successivi il focus dell'analisi si sposterà da aspetti di natura strategica ed economica ad altri di natura più propriamente tecnologica. A tal proposito, in relazione al campione in esame, le dimensioni analizzate sono state:

- tipologia di blockchain utilizzata;
- DLT impiegato.

Per quanto riguarda le **tipologie di blockchain**, si è scelto di utilizzare come discriminante per la classificazione delle tecnologie, la suddivisione proposta nel capitolo I che distingue le *distributed ledger* tra *Private*, *Public* e *Hybrid* o *Consortium*.

A tal proposito, in relazione al campione in esame, emerge che: su 60 progetti esaminati il 60%, ovvero 36 imprese, propongono una soluzione blockchain *Private*, il 12% *Permissionless*, il 10% una piattaforma *Hybrid*. Volendo fare una distinzione di più alto livello, si può ritenere che: all'interno del settore alimentare, sulla base dei dati analizzati, il 70% delle soluzioni blockchain sono *permissioned* mentre il 12%, pubbliche.

Nel restante 18% dei casi non è stato invece possibile definire la tipologia di blockchain utilizzata. Le ragioni di tale lacuna sono dovute alla mancanza di dichiarazioni o documenti attendibili che attestino la natura delle soluzioni impiegate (pubbliche o private). Sulla base di queste considerazioni, si è preferito classificare tali iniziative come *Not Clear*. In ogni caso pare ragionevole ritenere che, almeno una parte di queste, superiore al 60%, ovvero 11 casi su 18, propongano soluzioni blockchain private.

Inoltre occorre sottolineare che, su 7 progetti *Permissionless*, 4 in realtà, facciano riferimento a progetti imprenditoriali con finalità sociali. Nello specifico si tratta di soluzioni mirate a supportare il sistema agricolo dei paesi sottosviluppati oppure i piccoli agricoltori caratterizzati da basso potere contrattuale. In questi progetti pare ovvio ritenere che non vi siano interessi da parte della piattaforma, nel trattenere e controllare le informazioni condivise. Inoltre per la natura delle iniziative non è necessario che la blockchain offra prestazioni elevate in termini di *throughput*. Anzi proprio per gli scopi perseguiti sarebbe irragionevole immaginare l'utilizzo di soluzioni più costose ma, soprattutto, non trasparenti.

In relazione alle piattaforme *Hybrid*, queste si caratterizzano per avere in linea di massima, due differenti livelli di blockchain (*blockchain layers*): uno privato che permette di gestire le regole di governance e sul quale vengono sviluppate le singole applicazioni (siano queste *tracking* o *tracing* dei prodotti piuttosto che *Document ID Management*); uno pubblico che si appoggia su DLT esterne (nello specifico Ethereum) sul quale periodicamente i singoli *provider* tecnologici condividono i dati preventivamente archiviati sul *private layer*. Si tratta dunque di soluzioni che sfruttano i benefici sia delle piattaforme private, che di quelle pubbliche, cercando di offrire un prodotto che meglio soddisfi le esigenze dei clienti business. Infatti mentre le soluzioni private permettono di gestire un numero molto elevato di transazioni offrendo prestazioni elevate in termini di *throughput*, di contro, le piattaforme pubbliche garantiscono molta più solidità in relazione alla sicurezza dei dati condivisi.

Inoltre le proposte ibride risolvono in parte i problemi sulla privacy in quanto i *service provider* ricoprendo il ruolo di intermediari, condividono sulla blockchain solo i dati preventivamente stabiliti con i singoli clienti coinvolti.

Le soluzioni *hybrid* si distinguono dunque dalle *consortium blockchain* descritte nel capitolo I. Quest'ultime infatti, seppure presentino caratteristiche comuni sia alle blockchain private che a quelle pubbliche, non sono strutturate su più livelli. Le ragioni di tale distinzione derivano dal fatto che il mercato impone continuamente ai *provider* tecnologici di trovare delle soluzioni che meglio incontrino i bisogni delle imprese.

Alla luce di quanto suddetto risulta chiaro come a livello *enterprise* vi sia una certa predominanza di soluzioni private piuttosto che pubbliche. A supporto di queste riflessioni vi sono le statistiche relative alle iniziative *corporate*. Queste, a differenza delle *startup*, richiedono ai *provider* tecnologici prodotti che meglio soddisfano i propri bisogni. Di conseguenza possono considerarsi un campione più rappresentativo del fenomeno in esame.

Sulla base dei dati analizzati emerge che, su 10 progetti commissionati, tutti, ovvero nel 100% dei casi, si basano su soluzioni blockchain private.

Le imprese sono dunque disposte a correre rischi più elevati in relazione alla solidità e la sicurezza dei dati a discapito di un maggior controllo sulle informazioni condivise.

Le ragioni che sottendono tale fenomeno, come ampiamente sottolineato nei paragrafi precedenti, sono dovute in primo luogo ad aspetti di natura prestazionale quali: il *throughput*, la latenza, la dimensione dei blocchi.

Tuttavia a dettare la predominanza dell'una o dell'altra soluzione entrano in gioco anche questioni di natura economica che riguardano da una parte i **modelli di business** e dall'altra i **meccanismi di profitto**.

I *provider* tecnologici di fatto, per poter essere economicamente e finanziariamente sostenibili, devono proporre ai propri clienti prodotti che, almeno in parte, offrano un valore aggiunto rispetto alle soluzioni *open source* disponibili sul mercato.

Inoltre le blockchain *private*, permettono ai *provider* tecnologici di **entrare in possesso dei dati** condivisi dalle imprese. Questo assume un grande valore nell'era dell'informazione, ma soprattutto consente alle imprese di estrarre profitto dalla loro gestione.

La seconda dimensione di analisi a livello tecnologico riguarda invece il **DLT** utilizzato nello sviluppo della soluzione blockchain. Questa categoria fa riferimento alla tipologia di *distributed ledger* impiegata come infrastruttura di servizio o di prodotto. Dai dati emerge che: nel 50% dei casi sono state sviluppate delle *New Blockchain*, nel 13,3% ovvero in 8 casi su 60 è stata utilizzata come infrastruttura blockchain, Hyperledger, nel 10% dei casi Ethereum ed in un caso su 60 BigchainDB. Per il restante 25% dei progetti, ovvero in 15 casi su 60, non è stato invece possibile determinare il DLT impiegato, in quanto non sono state ritrovate informazioni attendibili a riguardo. Così come per la compilazione dei campi precedenti, anche in questo caso, si è preferito adottare un criterio di prudenza, onde evitare di giungere a considerazioni non basate su criteri affidabili. In ogni caso, almeno sulla base di quanto emerge dai dati campionari, almeno per il 50% di questi progetti, si può ritenere che siano state sviluppate, o che saranno sviluppate, versioni proprietarie di *distributed ledger* (dunque classificabili come *New Blockchain*).

Occorre ora soffermarsi su il concetto di *New Blockchain* e definire almeno a grandi linee, quali siano le differenze esistenti tra i differenti DLT. Come ampiamente descritto nei capitoli precedenti vi sono due

differenti tipologie di blockchain: private e pubbliche. Inoltre, affinché la tecnologia del database distribuito possa essere implementata all'interno delle filiere alimentari, questa deve supportare l'utilizzo e la scrittura di *smart contract*. Nella tabella sottostante sono elencate le tipologie più utilizzate di DLT.

Name	Application	Smart contract execution	Smart Contract language	Consensus
BigChainDB (https://www.bigchaindb.com/)	Blockchain Database	N/A	N/A	Federated voting
Corda (https://www.corda.net/)	Smart contract	JVM	Kotlin, Java	Pluggable (RAFT, BFT, etc.)
Dfinity (https://dfinity.network/)	Smart contract	EVM	Solidity, Serpent, LLL	'Blockchain Nervous System' - Randomised POS
Monax (https://monax.io/)	Smart contract	EVM	Solidity	Tendermint (BFT)
Ethereum (https://www.ethereum.org/)	Smart contract, Cryptocurrency	EVM	Solidity	Ethash (PoW)
Hyperledger Fabric (https://hyperledger-fabric.readthedocs.io/en/latest/)	Smart contract	Dockers	Golang, Java	Pluggable (default PBFT)
MultiChain (https://www.multichain.com/)	Digital tokens			Randomised round-robin (mining diversity)
Ripple (https://ripple.com/)	Smart contract	-	-	Ripple Consensus Ledger (PoS)
Hyperledger Sawtooth (https://intelledger.github.io/)	Smart contract	TEE	Python	Proof of Elapsed Time
Stellar (https://www.stellar.org/)	Smart contract	Dockers	JavaScript, Golang, Java, Ruby, Python, C#	Stellar Consensus Protocol
Tezos (https://www.tezos.com/)	Smart contract	Dockers	Tezos Contract Script Language	Proof of Stake

Figura 19. DLT di riferimento sul mercato (Lan Ge et al, 2017)

Dalla della tabella emerge che, tra le soluzioni presenti sul mercato, quelle che ad oggi offrono la possibilità di implementare *smart contract* sono essenzialmente 10. Tra queste l'unica pubblica è Ethereum mentre tutte le altre sono *permissioned*. Ecco allora che su 7 progetti *Permissionless* analizzati, 6 sono stati sviluppati su blockchain Ethereum.

Per quanto riguarda i progetti *permissioned* invece o, è stata sviluppata una *New Blockchain* oppure è stata impiegata *Hyperledger*.

Con il termine *New Blockchain* si fa riferimento a soluzioni blockchain **proprietarie** sviluppate internamente dalle singole *startup* utilizzando come infrastruttura di base, i DLT già esistenti (tabella 19). Queste nuove piattaforme sfruttano dunque la natura *open source* dei prodotti presenti sul mercato (tabella 19): i singoli sviluppatori partono dal codice disponibile in rete, lo modificano sulla base delle proprie esigenze ed infine lo trasportano sui server proprietari. A livello operativo i programmatori, trascinano il codice del primo blocco, che è quello che da cui ha origine la blockchain, sui propri nodi *master* e dopo una serie di, anche lievi, variazioni iniziano ad effettuare le prime transazioni, generando

nuovi blocchi e dando così origine alla loro versione blockchain proprietaria. Affinché la blockchain sia "di proprietà" di una singola startup è sufficiente dunque che questa giri sui server o nodi master dell'azienda e non su quelli originali sui quali è stata generata.

Su 30 casi di "*New Blockchain*": 17 sono state sviluppate su Ethereum, 2 su Stellar, 1 su Waves ed 1 su Litecoin. Dei restanti 9 progetti non è stato possibile definire il tipo di DLT impiegato. Di questi 9 però, quattro utilizzano piattaforme di nuova generazione non basate su DLT pre-esistenti.

Dunque le startup, per poter dar origine ai propri *distributed ledger*, definire le proprie regole di *governance* e implementare le proprie specifiche tecniche, utilizzano i codici resi disponibili dai progetti *open source* (in primis Ethereum), trasferendoli sui propri server. Questo permette loro di sfruttare ad esempio il codice di Ethereum e l'*Engine Virtual Machine* per la compilazione degli *smart contract* ma, allo stesso tempo, di modificare il blocco affinché la soluzione finale sia privata e non pubblica.

Dai dati analizzati emerge che, in fase iniziale, le *startup*, prima di sviluppare le proprie versioni di *distributed ledger*, utilizzano in cloud le soluzioni presenti sul mercato (tabella 19). Questo consente loro di evitare, almeno nelle prime fasi di lancio dell'iniziativa, il ricorso ad ingenti investimenti iniziali (se non per l'acquisto delle librerie necessarie per la scrittura dei contratti). Successivamente, nel caso in cui l'attività di business dovesse risultare profittevole, allora i singoli team di lavoro iniziano ad acquistare i server e sviluppare le proprie versioni di DLT modificando il codice delle soluzioni *open source* in relazione alle proprie esigenze.

Il ruolo che stanno acquisendo i DLT di riferimento, Ethereum in primis (o Ripple e Bitcoin per il mercato finanziario) è quello di piattaforme di programmazione per lo sviluppo di applicazioni *blockchain-based*. In altre parole queste soluzioni blockchain, grazie alle loro caratteristiche infrastrutturali, sono diventati degli ambienti di sviluppo per tutti coloro che, sfruttando i codici *open source*, intendano dare vita a nuove applicazioni blockchain (che in questo caso girano sui server di origine). Si tratta insomma di piattaforme che ricoprono un ruolo molto simile a quello che caratterizza l'Apple Store per IOS o Google Play per Android. Su Ethereum ad esempio girano 1489 (dato aggiornato a giugno 2018) Dapps ovvero applicazioni blockchain *Ethereum-based*, che sfruttano l'EVM per la generazione degli *smart contract* e i blocchi di Ethereum per le transazioni.

A tal proposito, si può infatti ritenere che, qualora tale evoluzione continuasse lungo la stessa direttrice ed emergessero degli standard di riferimento in termini di piattaforme di sviluppo, allora il mercato si muoverebbe intorno ad un modello dominante.

In ogni caso se quanto detto dovesse essere vero, la tensione verso uno standard tecnico varrebbe solo per le piattaforme di sviluppo e non, almeno ad oggi, per le singole applicazioni. Ognuna di queste si trova infatti ancora ad uno stadio sperimentale. Questo giustifica, almeno in parte, la presenza sul mercato di un numero elevatissimo di *startup* che propongono soluzioni tra loro molto simili, se non in alcuni casi

identiche. Di conseguenza si può ritenere che il mercato non abbia ancora raggiunto la fase di consolidamento e che occorra ancora tempo affinché a livello di singole applicazioni vengano definiti degli standard tecnici di riferimento.

Secondo le teorie sull'evoluzione innovativa, la fase di introduzione di una nuova tecnologia è generalmente caratterizzata da una certa incertezza sia da parte degli utenti che dei produttori. Dopo uno stadio iniziale di espansione tendenzialmente accade che, l'offerta di tecnologia e la domanda di innovazione convergano verso una posizione condivisa dal punto di vista tecnologico, dando vita ad un disegno o modello dominante. Questo rappresenta un riferimento stabile per le imprese operanti nel settore le quali, iniziano a concentrare i propri sforzi sullo sviluppo del nuovo prodotto : Questo segna il passaggio ad una nuova fase del processo di innovazione tecnologica che si definisce incrementale. Un modello dominante spesso incorpora al suo interno uno standard tecnico, ovvero una tecnologia adottata all'unanimità dal settore (R.Grant , 2016).

L'adozione di soluzioni standard è di fondamentale importanza per favorire la diffusione della tecnologia blockchain ma, al momento, nessun modello dominante è ancora emerso. Questo è legato ovviamente allo stato embrionale della tecnologia e per tale ragione l'adozione su larga scala, almeno per il settore alimentare, continua a rimanere una sfida di grande attualità. I progetti e le startup che ad oggi popolano il panorama delle applicazioni blockchain, come suddetto, sono per loro natura molto simili tra loro e ancora non si intravede un processo di convergenza e/o di concentrazione del mercato.

Le ultime due dimensioni di indagine riguardano i **finanziamenti** ed il fenomeno ad essi connesso delle **ICO**. In relazioni a questi criteri si è fatto riferimento esclusivamente ai progetti *startup*.

Per quanto riguarda i finanziamenti su 50 progetti analizzati, 25 ovvero il 50%, hanno raccolto investimenti per un ammontare superiore a 191 milioni di dollari. Il restante 50% delle *startup* non risulta che ad oggi (giugno 2018) abbia ricevuto *fundings*. Le ragioni di tale occorrenza vanno ricercate nella dimensione ancora embrionale di alcune iniziative.

Su 25 *startup*, 13 hanno impiegato per la raccolta dei capitali sul mercato, almeno in parte, lo strumento delle *Initial Coin Offering* (ICO) ed altre 4 sono ad oggi (giugno 2018) in attesa di lanciarla. In totale dunque il 34% dei casi presi esame, ha utilizzato l'ICO come forma di finanziamento.

Le ICO sono un fenomeno ormai ampiamente diffuso nel panorama delle criptovalute e della tecnologia blockchain. Da un articolo di Blockchain4Innovation emerge che nel 2017, grazie a queste nuove forme di *crowdfunding*, sono stati raccolti capitali per circa 1,25 miliardi di dollari [54].

In senso stretto le ICO sono una forma di finanziamento alternativa, nella quale, per mezzo di un *white paper*, i soggetti promotori presentano un'iniziativa ad un pubblico di investitori ed in un momento successivo, emettono sul mercato un certo numero di *token*. Questi vengono poi acquistati dai finanziatori

in cambio di un corrispettivo economico. Di conseguenza in seguito alla vendita dei *token* le imprese acquisiscono una certa quantità di capitale che possono poi re-investire nell'attività d'impresa.

Il termine *Initial Coin Offering* allude chiaramente alle più note IPO (*Initial Public Offering*). La differenza sostanziale tra queste due forme di finanziamento è che, per quanto riguarda le IPO, queste sono regolamentate e mantenute sotto controllo dalle autorità finanziarie come ad esempio la Consob. Lo stesso non si può dire, almeno ad oggi, per le ICO ed in termini più generali per il mercato delle *criptocurrency*. Non vi è infatti alcun controllo o garanzia sulla veridicità delle informazioni diffuse: il prezzo, il numero dei *token* emessi, la durata dell'ICO così come la scrittura del *white paper* sono di competenza esclusiva del team che lancia l'offerta pubblica e nulla è verificato e/o controllato da agenti terzi.

Le ICO possono essere distinte da un punto di vista strutturale in due categorie: le ICO tecnologiche e le ICO finanziarie. Nelle prime, i *token* emessi durante l'offerta pubblica di acquisto, servono per usufruire dei servizi predisposti dalla *startup* o dalla piattaforma oggetto di finanziamento. Di conseguenza, per loro natura, questi fenomeni coinvolgono esclusivamente iniziative *blockchain-based*. ed assumono una connotazione molto simile a quella del *crowdfunding*.

I progetti presi in esame nell'analisi campionaria rientrano ovviamente all'interno di questa categoria. Dai dati emerge che, su 50 casi analizzati, 20, ovvero il 40% hanno emesso o emetteranno un *token*, che servirà per usufruire dei servizi predisposti dalla *startup*.

I *token* hanno un loro intrinseco valore di mercato e dunque possono essere scambiati sulle piattaforme di *Exchange* dedicate.

Quando un *token* viene utilizzato per avvalersi di un prodotto, questo viene scambiato con la piattaforma e, di conseguenza, il proprietario ne perde la titolarità. Il controllo sulla quantità di *token* in circolazione è di esclusiva competenza dell'impresa; le *startup* possono dunque scegliere in qualsiasi momento di emettere nuovi *token*. Per l'emissione dei *token* vengono utilizzate, così come per il lancio delle ICO o per lo sviluppo delle applicazioni, i DLT presenti sul mercato (tabella 19) in primis Ethereum.

Vi sono poi un'altra categoria di ICO definite economiche o finanziarie. Quest'ultime assomigliano, per loro natura, ad un'emissione di strumenti finanziari; nelle ICO però questi assumono la forma del *token*. Le ICO finanziarie avvengono su blockchain (nel 90% dei casi su Ethereum) ma, non è detto che facciano riferimento ad un progetto blockchain. Ovvero, in altre parole, chiunque abbia un'iniziativa che ritenga possa essere interessante per il mercato, può sfruttare una blockchain pubblica per lanciare una *Initial Public Offering* anche se il progetto oggetto di finanziamento non è necessariamente *blockchain based*.

In questa categoria di ICO, il *token* non è utilizzato (o non necessariamente) per usufruire dei servizi proposti dalla piattaforma. Anzi spesso capita che questo assuma una forma simile a quella che caratterizza le partecipazioni azionarie. Infatti il *token* rappresenta un titolo di proprietà su una porzione

dell'azienda e la partecipazione del singolo titolare è proporzionale al numero di *token* che questi possiede in relazione al numero totale di *token* emessi. Questi garantiscono sia diritti patrimoniali (in una forma molto simile a quella dei dividendi delle società quotate), che diritti amministrativi come ad esempio il diritto di voto nelle DAO.

In queste particolari tipologie di ICO spesso i finanziatori acquistano i *token* per puri scopi speculativi e non perché possiedono un reale interesse in relazione all'iniziativa proposta.

Conclusioni

La blockchain è indubbiamente una delle più grandi innovazioni tecnologiche degli ultimi anni. Non a caso, il World Economic Forum, ha considerato i *distributed ledger* come uno dei sei "*mega-trends*" che trasformerà il mondo nei prossimi decenni.

Le opportunità offerte da questa nuova tecnologia sono innumerevoli e possono generare impatti più o meno diretti su ogni aspetto della vita sociale e economica di un paese.

La blockchain infatti, non deve essere vista semplicemente come una soluzione tecnologica, bensì come un nuovo approccio, decentralizzato, al concetto di *trust*. La capacità di declinare in digitale un nuovo concetto di fiducia rende questa tecnologia potenzialmente adatta ad assumere anche un valore politico e sociale.

La blockchain, di conseguenza, più che una tecnologia può essere considerata un nuovo paradigma, ovvero un nuovo modo di interpretare il grande tema della decentralizzazione e della partecipazione.

Nonostante negli ultimi tempi l'interesse dei media si sia concentrato principalmente sul settore finanziario, in realtà questa tecnologia ha le caratteristiche per avere un impatto *disruptive* in diversi settori industriali.

Ed è proprio sulla base di queste considerazioni che sarebbe irragionevole pensare che la blockchain non possa mutare alcune delle *key activity* all'interno del *supply chain management*. Infatti questa consente di aumentare la trasparenza, tenere traccia dei prodotti, supportare la lotta alle frodi e alle contraffazioni, finanziare le catene di approvvigionamento, democratizzare il rapporto di fornitura rendendolo più equo e *fair*, migliorare il rapporto tra i partner, gestire attività collaborative di *Analytics*, automatizzare il *decision making*. Queste sono solo alcune delle enormi possibilità offerte da questa nuova tecnologia. Altre devono ancora essere sviluppate e sarà compito degli imprenditori e degli sviluppatori dar voce alla propria creatività per far emergere nuove potenziali applicazioni capaci di influenzare ogni aspetto della vita aziendale ed umana.

Due sono però gli elementi che rendono la blockchain realmente più interessante delle altre tecnologie digitali.

In primis la blockchain stimola la cooperazione e la collaborazione tra i partecipanti di una rete. Questa è uno dei costrutti fondamentali su cui si è strutturato il pensiero di Nakamoto ed è alla base dei principi di democratizzazione ed equità che sottendono la nuova soluzione tecnologica. Questa dimensione tra le altre cose, non si perde con il passaggio dalle soluzioni pubbliche a quelle private. Infatti il database distribuito seppure controllato da un'autorità centrale svolge il ruolo di infrastruttura condivisa, in

funzione della quale le imprese possono condividere le informazioni. Questo consente di adottare modelli caratterizzati da un crescente grado di apertura verso l'esterno, permettendo alle singole entità della *value chain* di focalizzarsi sulle competenze distintive ed acquisire quelle complementari da terzi.

Inoltre la cooperazione dal punto di vista economico può dar vita a nuovi modelli di business all'interno dei quali seppur *coopetendo* le imprese possono instaurare dei legami partecipativi che stimolino la condivisione delle informazioni e quindi delle risorse. Questo scardina, almeno in parte, l'insaziabile bisogno di competizione che da sempre caratterizza i mercati. Di fatti, al di là della risoluzione del dilemma del prigioniero, la blockchain, consente di dar vita a nuove forme di business più eque e democratiche e che si strutturano intorno a dei modelli che prediligono la collaborazione e l'integrazione alla concorrenza.

L'altro importante elemento che rende questa tecnologia particolarmente rilevante dal punto di vista *corporate* risiede nella la sua capacità di dar vita a processi di ristrutturazione aziendale. Infatti le organizzazioni, nel valutare o meno l'implementazione della blockchain, si trovano costrette ad analizzare ed eventualmente ripensare i propri processi organizzativi. Questo perché la blockchain è una soluzione infrastrutturale ed in quanto tale richiede alle imprese di organizzare e definire le proprie attività al fine di poterle integrare con i benefici offerti dal *distributed ledger*.

Di per sé ogni sistema informativo al fine di poter essere installato all'interno di un determinato contesto necessita di acquisire un ruolo funzionale. Detto in altre parole la sua implementazione sarebbe fine a se stessa se non fosse in grado di asservire ad un determinato *business process* oppure di risolvere un dato problema. Ma per fare ciò è necessario che vengano definiti i confini esistenti tra i differenti processi aziendali per capire come questi sono tra loro legati. Ecco allora che la blockchain costituendo l'infrastruttura di sistema su cui si possono sviluppare le altre applicazioni, impone ai manager di integrare e ridisegnare le attività sia a livello di singola impresa che di intera *supply chain*.

Insomma i benefici offerti da questa nuova soluzione tecnologica sono innumerevoli. In ogni caso, come più volte sottolineato all'interno dell'elaborato, tante sono ancora le sfide che devono essere affrontate per poter sperare di giungere ad un'implementazione sistemica della tecnologia all'interno delle *supply chain*.

A tal proposito a fianco ai limiti tecnici che, come si è visto, vengono in parte risolti adottando delle soluzioni private, ve ne sono altri di natura economica, etica e sociale che a loro volta, ostacolano profondamente l'adozione dei sistemi distribuiti.

In primis occorre sottolineare lo scarso interesse da parte del *management* nei confronti di questa tecnologia. I manager infatti non sono ancora riusciti a cogliere le sfide di innovazione collegate alla blockchain. Le ragioni di tale mancanza sono dovute da una parte, alle difficoltà che questi incontrano nell'affrontare una tecnologia di per sé molto complessa, dall'altra ad una carenza culturale che porta le

imprese a non investire su una nuova soluzione quando questa si trova in una fase embrionale. L'ignoranza su questa nuova tecnologia è infatti un problema diffuso che non colpisce solo le imprese.

A tal proposito uno dei grossi limiti che affliggono i *distributed ledger* riguarda proprio l'assenza di competenze e conoscenze adeguate. La notevole difficoltà della nuova soluzione ne rallenta infatti la diffusione in quanto le organizzazioni, non comprendendone i benefici, preferiscono attendere l'avvento di *best practice* prima di pensare ad un'adozione sistemica.

Questi stessi problemi affliggono anche i consumatori che, non avendo chiaro il funzionamento dei *distributed ledger*, si affidano ai media per avere maggiori informazioni. Questi si focalizzano nella quasi totalità dei casi sugli aspetti finanziari della blockchain non facendo emergere gli impieghi e le opportunità che queste soluzioni offrono nei differenti ambiti applicativi.

In relazione agli aspetti regolatori, si può invece notare come questi, seppure assumano in termini generali un grande peso in relazione allo sviluppo di una soluzione tecnologia, nel caso in questione non presentino un reale ostacolo per le imprese. Di fatti all'interno del panorama blockchain le difficoltà normative riguardano per lo più la sicurezza e la privacy sui dati. In relazione alle *supply chain* essendo le soluzioni, per la quasi totalità dei casi private, le carenze a livello regolatorio non costituiscono un problema in quanto è presente un'autorità centrale sui cui i partecipanti al network ripongono la propria fiducia e che controlla che le informazioni condivise vengano protette nel rispetto della privacy.

Lo stesso non si può dire in relazione alle applicazioni in ambito *finance* oppure diversamente alle blockchain pubbliche. In quest'ultime infatti la legge gioca un ruolo chiave. Per tale motivo in questi contesti è importante che le autorità regolatorie ed i governi si muovano congiuntamente per regolamentare la tecnologia ed i fenomeni ad essa connessi.

A complicare un quadro già di per sé articolato, vi è la mancanza a livello *enterprise* di standard tecnici di riferimento. L'adozione di soluzioni standard è di fondamentale importanza per favorire la diffusione della tecnologia ed, al momento, per quanto emerge dai dati, nessun modello dominante è ancora emerso. Questo è legato ovviamente allo stato embrionale della blockchain e per tale ragione le soluzioni che oggi popolano il mercato sono tra loro molto simili.

L'unico dato su cui si possono fare considerazioni con una certa sicurezza riguarda invece la tipologia di *distributed ledger* impiegata nelle singole soluzioni. In questo caso si è visto come in parte, le *startup* strutturino le proprie blockchain a partire dai DLT presenti sul mercato, e come dall'altra, nella quasi totalità dei casi, le soluzioni *corporate* coinvolgano *distributed ledger permissioned*.

A tal proposito nonostante queste si avvicinino maggiormente ai bisogni delle imprese, per loro natura si discostano profondamente dalle riflessioni e dalle congetture che hanno portato Nakamoto nel 2008 a lanciare Bitcoin. Infatti nelle blockchain *permissioned* non si ha l'eliminazione dell'intermediario centralizzato con tutte le conseguenze che questo comporta a livello tecnologico, etico ed economico.

A tal proposito nonostante nell'elaborato si sia in qualche modo privilegiata e giustificata l'adozione a livello business delle blockchain private occorre sottolineare come queste, in molte situazioni, si discostino profondamente dalla loro definizione originaria. Di conseguenza si potrebbe ritenere che se il mercato dovesse continuare a muoversi in questa direzione il modello dominante che emergerà, assumerà probabilmente la forma di una blockchain *permissioned*. A questo punto occorrerebbe però chiedersi se, in questi termini, si potrebbe continuare a parlare di blockchain o se, semplicemente, queste soluzioni non siano altro che sistemi distribuiti. Si tratta ovviamente di un tema aperto e a tal proposito la comunità scientifica propende talvolta a considerarle comunque blockchain, seppur private, talvolta a denunciarle, definendole puri e semplici database.

Alla luce di queste considerazioni si ritiene importante a questo punto definire quali debbano essere i prossimi *step* da seguire affinché sia possibile giungere all'adozione della tecnologia blockchain in *supply chain*.

Innanzitutto occorre continuare a sperimentare affinché si possa sperare di risolvere gli *open issue* che oggi affliggono il panorama tecnologico della blockchain. In questi termini è richiesto uno sforzo congiunto da parte della comunità scientifica e degli sviluppatori che permetta di: velocizzare l'entrata sul mercato della tecnologia; dar vita a degli standard tecnici di riferimento.

Inoltre occorre che emergano delle *best practice* in relazione all'utilizzo della blockchain all'interno delle imprese. Infatti, affinché si possa realizzare il processo di affermazione della tecnologia, devono concretizzarsi ancora numerose storie di successo che servano da stimolo per tutto il panorama imprenditoriale.

A livello regolatorio invece è fondamentale che le istituzioni si muovano da un lato, per anticipare le possibili problematiche legate agli aspetti legali, evitando che questi siano di ostacolo per l'innovazione, dall'altro che si affrettino a regolamentare la tecnologia qualora ancora non lo avessero ancora fatto. Infatti se questo risultato non dovesse essere raggiunto, non sarà possibile sfruttare a pieno gli enormi benefici che questa nuova tecnologia è in grado di offrire.

Infine occorre che tutti i *player* coinvolti diffondano la conoscenza sulla tecnologia al fine di stimolarne gli investimenti ma, soprattutto, di permettere che chiunque ne possa comprendere i benefici. E' infatti solo facendo cultura che, le imprese ed in termini più ampi le comunità in cui vivono possono, sperare di uscire dagli anni di recessione che hanno caratterizzato questa epoca storica. La diffusione del *know-how* permette altresì di fare in modo che sempre più programmatori acquisiscano le competenze necessarie a programmare i database decentralizzati facendosi così promotori della nuova tecnologia.

Queste sono sfide chiave che devono essere necessariamente affrontate affinché si possa sperare di veder applicate le blockchain nelle società del futuro. Sono trascorsi dieci anni dall'uscita di Bitcoin e nonostante l'*hype* iniziale ancora non si può ritenere che questa tecnologia abbia raggiunto l'adozione

mainstream. Per auspicare l'assunzione dei *distributed ledger* occorre però che questi obiettivi vengano raggiunti al più presto. In alternativa, seppur contro ogni aspettativa, si assisterà al tramonto di questa nuova tecnologia che ancora oggi, possiede le carte in regola per trasformare in maniera sostanziale l'intero sistema in cui viviamo.

In conclusione si ritiene importante sottolineare come per quanto questa tecnologia sia rivoluzionaria in realtà non possa essere considerata la soluzione a tutti i problemi. Di conseguenza occorre sempre chiedersi "*Do I really need a blockchain?*". Infatti per quanto non sia possibile prevedere come a cinque o dieci anni cambieranno le dinamiche di mercato, si può ritenere che la blockchain non sia in tutti i casi la soluzione migliore e che forse i database tradizionali, in diversi contesti, rimangono e rimarranno la tecnologia dominante.

Bibliografia

- A. Banerjee, (2018), "Blockchain Technology: Supply Chain Insights from ERP", *Advances in Computers, Elsevier Inc*, 2018. <https://doi.org/10.1016/bs.adcom.2018.03.007>
- A. Ganeriwalla, M. Casey, P. Shrikrishna, J.P. Bender, S. Gstettner, "Does your Supply Chain Need a Blockchain", *Report*, Boston Consulting Group, MIT Media Lab, 2018
- Ashton, Kevin. (2009). "That 'Internet of Things' Thing". *RFiD Journal*. 22. 97-114.
- Banerjee A.,(2017), "Integrating Blockchain with ERP for a Transparent Supply Chain", *Report*, Infosys, 2017
- Boroujerdi Robert D., Wolf Christopher. (December 2015). "What if I Told You..."*Equity Research, Goldman Sachs*. <http://www.goldmansachs.com/our-thinking/pages/macroeconomic-insights-folder/what-if-i-told-you/report.pdf>
- C.Catalini, Joshua S. Gans. "Some Simple Economics of the Blockchain", National Bureau of Economic Research, *NBER Working Paper No. 22952*, December 2016
- Commissione delle Comunità Europea (2001), “ Libro Verde: Promuovere un quadro europeo per la responsabilità sociale delle imprese”, *Commissione Europea*, 2001
- Craig Armitage, Bruce Baillie, Richard Polson, Rui Wang, James Roberts, Hayden Green. (2016). "Food Fraud Vulnerability Assessment and Mitigation: Are you doing enough to prevent food fraud?". *Report Pwc, November 2016*
- Ernst & Young, 2010, "The Business Risk Report 2010", *Ernst&Young Report*.
- Forrester J. W., “Industrial Dynamics”, *Harward Business Review*, n.7-8/ 1958
- G. C. Kane, D. Palmer, A. N. Phillips, D. Kiron and N. Buckley, “Aligning the Organization for its Digital Future” MIT Sloan Management Review and Deloitte University Press, July 2016.
- Ganesan Ram, Harrison P. Terry, (2002). "An Introduction to Supply Chain Management", *Department of Management Science and Informazion System, Penn State Univesrity (USA)*, 28 September 2002.
- Gates Doug, Mayor Tom, Gampenrieder I. Erich. (2016) "Global Manufacturing Outlook Competing for growth: How to be a growth leader in industrial manufacturing". *Report KPMG International*, May 2016. Publication number: 133493-G

Geissbauer Reinhard, Roussel Joseph, Schrauf Stefan, Strom Mark A., (2013) "Next-generation supply chains Efficient, fast and tailored", *Report Pwc, Global Supply Chain Survey, 2013*.

Giancaspro, M. (2017). "Is a "smart contract" really a smart idea? Insights from a legal perspective." *Computer Law and Security Review*, 33(6), 825–835. <https://doi.org/10.1016/j.clsr.2017.05.007>

Gibbons Robert. (1992). *Teoria dei Giochi*. Il Mulino, Bologna, 1994

Gyorey Trish, Jochim Matt, Norton Sabina (2010). "The challenges ahead for supply chains". McKinsey Global Survey result, *McKinsey Company Report, 2010*

Hasse, F., von Perfall, A., Hillebrand, T., Smole, E., Lay, L., & Charlet, M. (2016). "Blockchain – an opportunity for energy producers and consumers?". *PwC Global Power & Utilities*, 1–45. Retrieved from www.pwc.com/utilities

Hemang Subramanian, (2017), " Decentralized blockchain-based electronic marketplaces", *Communications of the ACM*, Vol. 61, No. 1, 78-84. doi: 10.1145/3158333

Hussain A.H Awad, Mohammad Othman Nassar, (2010) "Supply Chain Integration: Definition and Challenges". *Proceedings of the International MultiConference of Engineers and Computer Scientist*, 17 March 2010, Vol I,

I. Britchenko, T. Cherniavska, B. Cherniavskyi, (2018), "Blockchain technology into the logistics supply chain implementation effectiveness". *ResearchGate*, 2018. <https://www.researchgate.net/publication/323812988>

J. Wang, Lili Li, Q. He, Xu Yu, Z. Liu. (2017). "Research on the application of Block Chain in Supply Chain Finance", 3rd International Conference on Electronic Information Technology and Intellectualization (ICEITI 2017). ISBN: 978-1-60595-512-4

Janvier James A. M. (2012), "A New Introduction to Supply Chains and Supply Chain Management: Definitions and Theories Perspective" , *International Business Research*, Vol. 5, No 1; January 2012, <http://dx.doi.org/10.5539/ibr.v5n1p194>

L. Kehoe, K. Gindner, D. Dalal, D. Andrzejewsky, N. O'Connell, "When two chains combine, Supply chain meets blockchain", *Report Deloitte, 2017*

Lambert D.M. , Cooper M.C., Pagh J.D., (1998) "Supply Chain Management: Implementation Issues and Research Opportunities," *The International Journal of Logistics Management*, Vol. 9, No. 2, 1998

Lambert, D. M. e Pohlen, T. L. (2001), Supply Chain Metrics. *The Int. J. of Logistics Management*, **12**(1), pg. 1-19.

- Lamport Leslie, Marshall Pease, Robert Shostak. 1982. "The Byzantine Generals Problem". *ACM Transactions on Programming Languages and Systems*, Vol. 4, No. 3, July 1982.
- Lan Ge, C. Brewster, J. Spek, A. Smeenk, J. Top, "Blockchain for Agriculture and Food: Findings from the pilot study" *Wageningen Economic Research*, Report 2017-112. December 2017. ISBN:978-94-6343-817-9
- Leurent Helena, Enno de Boer, (2018). "The Next Economic Growth Engine, Scaling Fourth Industrial Revolution Technologies in Production", *White Paper in collaboration with McKinsey & Company*, January 2018.
- Linich David, (2014), "The path to supply chain transparency: A practical guide to defining, understanding, and building supply chain transparency in a global economy", *Deloitte University Press*, 2014
- M. E. Peck, "Blockchain world - Do you need a blockchain? This chart will tell you if the technology can solve your problem," in *IEEE Spectrum*, vol. 54, no. 10, pp. 38-60, October 2017
- Ministero delle Politiche Agricole Alimentari e Forestali.(2018). "Report di Attività 2017". Report *Dipartimento dell'Ispettorato Centrale e della Tutela della Qualità e della Repressione Frodi dei Prodotti Agroalimentari*.
- Mussomeli Adam, Gish Doug, Laaper Stephen (2016), "The rise of the digital supply network", *Deloitte University Press*, 2016
- Nakamoto, S. (2008). "Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System". *White paper. Www.Bitcoin.Org*, 9. <https://doi.org/10.1007/s10838-008-9062-0>
- Neely, A., Gregory, M. e Platts, K. (1995), "Performance measurement systems design: a literature review and research agenda". *International Journal of Operation & Production Management*, Vol. 15 No.4, pg. 80-116.
- Nir Kshetri, (2018) "Blockchain's roles in meeting key supply chain management objectives". Elsevier *International Journal of Information Management*, Elsevier, 39 (2018) 80–89
- O. Foley, M. Helfert, "Information quality and accessibility" T. Sobh (Ed.), *Innovations and Advances in Computer Sciences and Engineering*, Springer Netherlands, Dordrecht, 2010, pp. 477–481.
- Ølnes, S., Ubacht, J., & Janssen, M. (2017). "Blockchain in government: Benefits and implications of distributed ledger technology for information sharing". *Government Information Quarterly*, 34(3), 355–364. <https://doi.org/10.1016/j.giq.2017.09.007>

- Paul Brodi. (2017), "How blockchain is revolutionizing supply chain management", *Report Ernst&Young e SAP*. Published on Digitalist Magazine by SAP. August 23, 2017 — September 6, 2017
- Pinna Roberto. (2006). *L'evoluzione nella dimensione organizzativa della Supply Chain: Dalla gestione di un flusso alla gestione di una rete*. Franco Angeli. 6 Aprile 2006. ISBN-10: 8846474767
- R. Böhme, N. Christin, B. Edelman e T. Moore, "Bitcoin: Economics, Technology, and Governance," *Journal of Economic Perspectives*, vol. 29, n. 2, pp. 213-238, Spring 2015.
- Raab Martin, Griffin-Cyran Belinda. (2011), "Digital Transformation of Supply Chains", *Report Capgemini Consulting*.
- Reijers, W., O'Brolcháin, F., & Haynes, P. (2016). "Governance in Blockchain Technologies &"
- Rettab B., BenBrik A. (2008), "Green supply chain in Dubai", Dubai Chamber Centre for Responsible Business
- Robert K. Yin, (1989). *"Case study research : design and methods"*. Rev. ed. Newbury Park, [Calif.], Sage Publications, ©1989 (1991 printing)
- Robert M. Grant, *"L'Analisi strategica per le decisioni aziendali"*, Il Mulino; 5 edizione (25 agosto 2016)
- S.C.L. Koh, A. Gunasekaran, T. Goodman, "Drivers, barriers and critical success factors for ERP II implementation in supply chains: a critical analysis", *J. Strat. Inf. Syst.* 20 (4) (2011) 385–402.
- Sachs Carolina, Exman Robin, Nohrstedt, Göthberg Pauline, Kempe Magnus. (2017). "Blockchain use cases for food traceability and control: A study to identify the potential benefits from using blockchain technology for food traceability and control", *Axfoundation, SKL Kommentus, Swedish Country Councils and Regions, Martin & Servera, and Kairos Future. February 2017*
- Saveen A. Abeyratne, Radmehr P. Monfared, (2016). "Blockchain Ready Manufacturing Supply Chain Using Distributed Ledger", Accepted to the *International Journal of Research in Engineering and Technology*, IJRET Volume-05 Issue-09, Sept 2016
- Sciarelli S. (1997), *Economia e gestione dell'impresa*, Cedam, Padova, 1997
- Senko Ted, De Boer Yvo, Lewis Cathy, Bartelis Wim, Van Bergen Barend, (2011). "Corporate Sustainability: a Progress Report." *KPMG International & Economist Intelligence Unit*, 2011.
- Swan, M. (2015). "Blueprint for a new economy.", O'Reilly Media, February 2015. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Tapscott, D. (2016). *Blockchain Revolution*. Penguin Random House. ISBN: 9780241237854

Tapscott D. and Alex Tapscott. (June 2016). "Realizing the Potential of Blockchain: A Multistakeholder Approach to the Stewardship of Blockchain and Cryptocurrencies". White Paper, *World Economic Forum*, (2017). http://www3.weforum.org/docs/WEF_Realizing_Potential_Blockchain.pdf

Tunisini A., *Supply Chains e strategie di posizionamento*, Carocci, Roma, 2003

V. De Molli, A. De Biasio, S. Lovati, Nevia Andrisani, R. Barchiesi, B. Brioschi, A. Brugora. (2017). "Sfide e priorità per il settore alimentare oggi. Strumenti e approcci per la competitività", Report *The European House - Ambosetti*, 2017.

V. Gatteschi, F. Lamberti, C. Demartini, C. Pranteda, V. Santamaría. "Blockchain and Smart Contracts for Insurance: Is the Technology Mature Enough?" *Future I t t* 2018 10 20). doi: 10.3390/fi10020020.

Valeria Portale, (2018). "Blockchain & Distributed Ledger: verso l'Internet of Value". *Osservatorio Blockchain & Distributed Ledger*, Osservatori.net e Politecnico di Milano: School of Management, maggio 2018.

Y. Omran, M. Henke, R. Heines, E. Hofmann. (2017). "Blockchain-driven supply chain finance: Towards a conceptual framework from a buyer perspective". *Working Paper*. Series Title: *Ipsera 2017*.

Z. Zheng, S. Xie, H. Dai, X. Chen, H. Wang. (2016). "Blockchain Challenges and Opportunities: A Survey", *International Journal of Web and Grid Services*, December 2017. doi: 10125/41338

Sitografia

[1], [3] "The Trust Machine". (2015). *The Economist*, 31 October [Online]. Available: <https://www.economist.com/news/leaders/21677198-technology-behind-bitcoin-could-transform-how-economy-works-trust-machine>.

[2], [7], [8] Mauro Bellini. 14 March 2017. "Blockchain: cos'è, come funziona e gli ambiti applicativi in Italia". *Blockchain4Innovation*. [Online]. Available: <https://www.blockchain4innovation.it/esperti/blockchain-perche-e-cosi-importante/>

[4] K. MacIver, "I-CIO" July 2016. [Online]. Available: <https://www.i-cio.com/big-thinkers/don-tapscott/item/from-the-internet-of-information-to-the-internet-of-value>.

[5] C. Tozzi, "Nasdaq". June 2017. [Online]. Available: <https://www.nasdaq.com/article/byzantine-fault-tolerance-the-key-for-blockchains-cm810058>.

[6] B. Warburg. "How the blockchain will radically transform the economy". June 2016. [Online]. Available: https://www.ted.com/talks/bettina_warburg_how_the_blockchain_will_radically_transform_the_economy/transcript?language=fr#t-18237. [Consultato il giorno 15 Giugno 2018].

[9] N. Sullivan. 2013. "A (Relatively Easy To Understand) Primer on Elliptic Curve Cryptography". 24 October 2013. [Online]. Available: <https://blog.cloudflare.com/a-relatively-easy-to-understand-primer-on-elliptic-curve-cryptography/>. [Consultato il giorno 15 Giugno 2018].

[10] V. Buterin, "On Public and Private Blockchains", 7 August 2015. [Online]. Available: <https://blog.ethereum.org/2015/08/07/on-public-and-private-blockchains/>. 96

[11] C. H. Marley Gray, «Github,» April 2017. [Online]. Available: <https://github.com/Azure/azure-blockchain-projects/blob/master/bletchley/AnatomyofASmartContract.md>.

[12] Mario Bellini. 14 October 2017. "Blockchain Smart Contracts: che cosa sono, come funzionano quali sono gli ambiti applicativi". *Blockchain4Innovation*. [Online]. Available: <https://www.blockchain4innovation.it/mercati/legal/smart-contract/blockchain-smart-contracts-cosa-funzionano-quali-gli-ambiti-applicativi/>

[13] David Schatsky, Craig Muraskin. 7 December 2015. "Beyond bitcoin: Blockchain is coming to disrupt your industry", Article *Deloitte Insights*. [Online]. Available: <https://www2.deloitte.com/insights/us/en/focus/signals-for-strategists/trends-blockchain-bitcoin-security-transparency.html>

- [14] Pettey Christy, 21 February 2018. "The Irrational Exuberance That is Blockchain" *Smarter with Gartner*. [Online]. Available. <https://www.gartner.com/smarterwithgartner/the-irrational-exuberance-that-is-blockchain/>
- [15] Longo Alessandro, 2 February 2016. "Datemi una blockchain e vi cambierò il mondo", *Il Sole 24Ore*. [Online]. Available: <http://nova.ilsole24ore.com/progetti/datemi-una-blockchain-e-vi-cambiero-ilmondo/>
- [16] A.S.. 6 Dec 2017. "Melcarne (IBM Italia): Così la Blockchain rivoluziona la sanità", *CorriereComunicazioni.it*. [Online]. Available:<https://www.corrierecomunicazioni.it/pa-digitale/e-health/melcarne-ibm-italia-cosi-la-blockchain-rivoluziona-la-sanita/>
- [17] Vitaliano D'Angerio, 2017, "Un fiume di denaro sulle aziende sostenibili", *Il Sole 24Ore*, 27 Settembre 2017. [Online]. Available: <http://www.ilsole24ore.com/art/impresa-e-territori/2017-09-27/un-fiume-denaro-aziende-sostenibili-125423.shtml?uuid=AEiXr3XC>
- [18] Unioncamere, "Che cos'è", Corporate Social Responsibility, *Unioncamere*, [Online]. Available: <http://www.unioncamere.gov.it/csr/P42A0C385S370/Che-cos-%EF%BF%BD.htm>. [Consultato il 15 Maggio 2018]
- [19] Maci Luciana, 28 Maggio 2018. "Che cos'è l'Industria 4.0 e perché è importante saperla affrontare", *EconomyUp*. [Online]. Available:<https://www.economyup.it/innovazione/cos-e-l-industria-40-e-perche-e-importante-saperla-affrontare/> [Consultato il 2 Giugno 2018]
- [20] Panetta Kasey, 15 August 2017. "Top Trends in the Gartner Hype Cycle for Emerging Technologies, 2017". [Online]. Available: <https://www.gartner.com/smarterwithgartner/top-trends-in-the-gartner-hype-cycle-for-emerging-technologies-2017/>
- [21] Pettey Christy, 27 February 2018. "Gartner Top 8 Supply Chain Technology Trends for 2018", *Smarter with Gartner*. [Online]. Available: <https://www.gartner.com/smarterwithgartner/gartner-top-8-supply-chain-technology-trends-for-2018>. [Consultato il 25 Maggio 2018].
- [22] I-Scoop, February 2018, "Blockchain and the Internet of Things: the IoT blockchain opportunity and challenge", *I-Scoop*. [Online]. Available: <https://www.i-scoop.eu/blockchain-distributed-ledger-technology/blockchain-iot/>. [Consultato il 5 Giugno 2018]
- [23], Baker, J. and Steiner, J. (2015). "Provenance | Blockchain: the solution for transparency in product", *Provenance web-site*. [Online]. Available at: <https://www.provenance.org/whitepaper> [Consultato il 5 Giugno 2016].
- [24] Annalisa Casali, 29 gennaio 2017, "IoT e Blockchain, il binomio alla base della digital transformation", *Blockchain4Innovation*, 2017. [Online]. Available:

[https://www.blockchain\\$innovation.it/iot/iot-e-blockchain-il-binomio-alla-base-della-digital-transformation/](https://www.blockchain$innovation.it/iot/iot-e-blockchain-il-binomio-alla-base-della-digital-transformation/)

[25] Sandeep Basu, January 2018, "The Benefits of IoT and Blockchain for the Supply Chain", *Oracle Insight*, BlogOracle. [Online]. Available: <https://blogs.oracle.com/profit/the-benefits-of-iot-and-blockchain-for-the-supply-chain>. [Consultato il 25 maggio].

[26] Nicoletta Boldrini, 9 giugno 2018, "Cos'è l'Intelligenza Artificiale, perché tutti ne parlano e quali sono gli ambiti applicativi", *AI4Business*, [Online]. Available: <https://www.ai4business.it/intelligenza-artificiale/intelligenza-artificiale-cose/>. [Consultato il 29 maggio 2018].

[27] Intelligenza artificiale: Il portale dedicato all'Intelligenza Artificiale. "Le reti neurali". [Online]. Available: <http://www.intelligenzaartificiale.it/reti-neurali/>. [Consultato il 10 giugno 2018].

[28] Alessandro Mario Lagana Toschi, 3 giugno 2018, "Blockchain e Intelligenza Artificiale - La corsa all'oro nella validazione dei dati". *AI4Business*. [Online]. Available: <https://www.ai4business.it/intelligenza-artificiale/blockchain-intelligenza-artificiale/> [Consultato il 10 giugno 2018].

[29] "Blockchain Size". *Bitcoin.com*. [Online]. Available: <https://charts.bitcoin.com/chart/blockchain-size>. [Consultato il 25 giugno 2018].

[30] Donato Silvano Lorusso, Nicolino Gentile e Iacopo De Toterò, 27 aprile 2018. "Smart Contract e patologia contrattuale: l'ipotesi della nullità", *BLB Studio Legale*. [Online]. Available: <http://www.blblex.it/blog.php?id=718&lang=it>. [Consultato il 5 giugno 2018].

[31] Angelo Vargiu, 19 aprile 2017, "Digital Divide, a che punto è la situazione in Italia?", *Articolo21*. [Online]. Available: <https://www.articolo21.org/2017/04/digital-divide-a-che-punto-e-la-situazione-in-italia/>. [Consultato il 6 giugno 2018].

[32] Luke Parker, 30 May 2017, "Hyperledger used to track US oil on a blockchain". *Brave NewCoin*. [Online]. Available: <https://bravenewcoin.com/news/hyperledger-used-to-track-us-oil-on-a-blockchain/1>

[33] Micheal del Castillo, 17 May 2017, "Foxconn Reveals Plan for Blockchain Supply Chain Domination", *Coindesk*. [Online]. Available: <https://www.coindesk.com/foxconn-wants-take-global-supply-chain-blockchain/>. [Consultato il 8 giugno 2018].

[34] Aron Stanley, 11 Apr. 2017, "IBM Ramps Up China Blockchain Work With Supply Chain Trial", *Coindesk*. [Online]. Available: <https://www.coindesk.com/ibm-amps-china-blockchain-new-supply-chain/>

- [35] Agenzia Italiano per la Cooperazione allo Sviluppo, "Procedura Amministrativo Contabile del Ciclo Passivo". [Online]. Available: https://www.aics.gov.it/wp-content/uploads/2017/11/AICS_Procedura-Ciclo-Passivo.pdf [Consultato il 5 giugno 2018]
- [36] Gazelle Information Technology, "Supply chain shipment tracking using ethereum blockchain based smart contracts" *Report Gazelle Info Technology*. [Online]. Available: <http://www.gazelle.in/BCSCM.pdf> [Consultato il 5 giugno 2018]
- [37] Brianne Rivlin, 17 October 2016, "Dun & Bradstreet Test Ethereum Blockchain", *EthNews*. [Online]. Available: <https://www.ethnews.com/dun-bradstreet-test-ethereum-blockchain>. [Consultato il 10 giugno 2018]
- [38] Ufficio stampa Osservatori Digital Innovation, 17 Aprile 2018, "Blockchain: E' iniziata la rivoluzione", *Osservatori.Net*. [Online]. Available: https://www.osservatori.net/it_it/osservatori/comunicati-stampa/blockchain-iniziata-la-rivoluzione. [Consultato il 11 giugno 2018]
- [39] Ufficio Stampa Ernst&Young, 11 Aprile 2017 "Wine Blockchain EY: autocertificare e comunicare autenticità, qualità e provenienza geografica del vino italiano". *Ernst&Young*. [Online]. Available: <https://www.ey.com/it/it/newsroom/news-releases/cs-2017-wine-blockchain>. [Consultato il 11 giugno 2018]
- [40] Luca Indemini, 14 Maggio 2018, "Con la blockchain anche il caffè è più buono". *La Stampa*. [Online]. Available: <http://www.lastampa.it/2018/05/14/tecnologia/con-la-blockchain-anche-il-caff-pi-buono-POI7v9xLNaVG4OUO8B8gmL/pagina.html>. [Consultato il 11 giugno 2018]
- [41] Mauro Bellini, 13 Aprile 2018, "Made in Italy: la Blockchain per il vitivinicolo di Almaviva a Vinitaly 2018". *Blockchain4Innovation* [Online]. Available: <https://www.blockchain4innovation.it/mercati/agrifood/made-in-italy-la-blockchain-per-il-vitivinicolo-di-almaviva-a-vinitaly-2018/>. [Consultato il 11 giugno 2018]
- [42] Marco Polo. [Online]. Available: <https://www.marcopolo.finance/>. [Consultato il 10 giugno 2018]
- [43] Marta Gobbi, 19 Novembre 2017, "We.trade, ecco come Unicredit e non solo si lanciano nel blockchain", *Formiche.net*. [Online]. Available: <http://formiche.net/2017/11/we-trade-unicredit-vantaggi-le-banche-del-blockchain/> [Consultato il 10 giugno 2018]
- [44] 8 Dicembre 2017, "Startup: l'Italia delle piccole della Blockchain. Tutti i numeri", *Il SOLE24Ore*. [Online]. Available: <http://www.infodata.ilsole24ore.com/2017/12/08/startup-litalia-delle-piccole-della-blockchain-tutti-numeri/>. [Consultato il 10 giugno 2018]

- [45] G. Rus., 30 Maggio 2017, "Ecco Foodchain: la sicurezza alimentare a prova di blockchain", *Il Sole 24Ore*. [Online], Available: <http://www.ilsole24ore.com/art/notizie/2017-05-30/ecco-foodchain-sicurezza-alimentare-prova-blockchain--100733.shtml?uuid=AEJtOyUB>). [Consultato il 10 giugno 2018]
- [46] ANSAcom ,12 Aprile 2018 , "Luxochain, con blockchain difende lusso da contraffazione", *Ansa*, [Online], Available: http://www.ansa.it/sito/notizie/postit/Fintech/2018/04/12/luxochain-con-blockchain-difende-lusso-da-contraffazione-_9b85d037-dd54-45f2-b42c-4890114dc0dc.html. [Consultato il 10 giugno 2018]
- [47] Tommaso Ciunquemani, 20 Giugno 2016, " Tracciabilità, prodotti al sicuro con la tecnologia dei bitcoin". *Agronotizie*, [Online], Available: <https://agronotizie.imagelinenetwork.com/agricoltura-economia-politica/2016/06/20/tracciabilita-prodotti-al-sicuro-con-la-tecnologia-dei-bitcoin/49236>. [Consultato il 10 giugno 2018]
- [48] B2Lab. "On Blockchain by Bloki", last modified 2017. [Online]. Available: <https://www.bloki-chain.com/index.php/overview-bloki/>. [Consultato il 10 giugno 2018]
- [49] Andrea Frollà, 5 Settembre 2017, "SpidChain, identità digitale 4.0 per PA e aziende", *Blockchain4Innovation*, [Online]. Available: <https://www.blockchain4innovation.it/mercati/pubblica-amministrazione/spidchain-identita-digitale-4-0-pa-aziende/>. [Consultato il 10 giugno 2018]
- [50] Spidchain White Paper, 31 May 2017, " SpidChain: A distributed digital identity system with a marketplace for verifiable claims". v0.2. [Online]. Available: <https://drive.google.com/file/d/0B89WE3IIHmylZ0ZSSWVmVEtaaG8/view>. [Consultato il 10 giugno 2018]
- [51] Stampery. "Leaders in blockchain-based data certification". [Online]. Available: <https://stampery.com/>. [Consultato il 10 giugno 2018]
- [52] Federico Formica, 9 Febbraio 2018. "Sicurezza alimentare: nel 2017 sequestri per 90 milioni di euro". *La Repubblica*, [Online]. Available: http://www.repubblica.it/economia/diritti-e-consumi/diritti-consumatori/2018/02/09/news/sicurezza_alimentare_nel_2017_sequestri_per_90_milioni_di_euro-188370275/ [Consultato il 15 giugno].
- [53] IBM Blokchian. Food Trust, "Enhance traceability and safety of food you bring to market". [Online]. Available: <https://www.ibm.com/blockchain/solutions/food-trust/overview>. [Consultato il 15 giugno].
- [54] Redazione, 17 settembre 2017, "ICO Initial Coin Offering: una ricostruzione giuridica del fenomeno", *Blockchain4Innovation*. [Online], Available: <https://www.blockchain4innovation.it/esperti/ico-initial-coin-offering-ricostruzione-giuridica-del-fenomeno/>. [Consultato il 15 giugno 2018]

Appendice A

Initiative Startup

Startup	Headquarter & Founded Date	Brief Startup Description	Application Area	Blockchain Typology	DLT	Support Technology	Fundings	Token	ICO	White Paper	Pilot or Startup Notes
Provenance	UK 2014	"We live in the world we buy into Every day we buy products that impact our planet. Opaque supply chains are devastating environments and compromising the wellbeing of people, animals and communities. Every product and business is different, but rarely do we have the information we need to make positive choices about what to buy." (MISSION) [1]	Tracking and tracing of food product. Provenance supports fair trading creating a system that proves the exact living wage payment for product batches. SCF	Permissionless Blockchain (Hybrid Solution)	New Blockchain based on Ethereum or Bitcoin	Digital tags like RFID and NFC, genetic tags. No IoT	\$ 1,1 M	No	No	Yes	Recently Provenance completed a six-month pilot for tracking responsible sourcing of tuna in Indonesia via blockchain. In their web site Provenance's team claims that "Over 200 retailers and producers in the food and drinks industry use our software service to help prove the provenance of their products." [2] Certainly Provenance is one of the most advanced startup in his field.
Everledger - Chai Wine Vault	UK 2015	Everledger is a global, digital ledger that tracks and protects diamonds and other items of value on their lifetime journey. Using blockchain and smart contract technology, Everledger provides various stakeholders in a supply chain with an immutable record of an item's authenticity, identity and ownership. [3]	Tracking and tracing of fine wine	Permissioned Blockchain	Hyperledger	No IoT	\$ 10,4 M	No	No	Not Found	Everledger with Maureen Downey launch Chai Wine Vault , a solution for provenance tracking in the fine wine industry. Chai Wine Vault is a digitised ledger of bottles in which each bottle has a unique digital identity, encrypted in the blockchain, that ensures the authenticity and provenance of fine wine investments for generations to come. [3]

<p>Modum.io</p>	<p>Switzerland 2016</p>	<p>Modum provide an Internet of Things (IoT)-based supply chain logistics solution to help European companies comply with European Commission regulations. Modum sensors will record environmental data during shipments to ensure they comply with both supplier-customer contracts and government regulations. [4]</p>	<p>Tracking and Tracing of food product.</p>	<p>Permissioned Blockchain (Hybrid Solution)</p>	<p>New Blockchain. They start with Ethereum. For now, the Modum.io's solution is not dependent on a single blockchain: they use Ethereum for Smart Contract and they are evaluating between IOTA, NEO, Fabric, ETC, Rootstock, Waves, Tezos, EOS or Cosmos as solution for blockchain back-end.</p>	<p>IoT</p> <p>\$ 4,2 M</p>	<p>MOD on Ethereum</p>	<p>ICO Token Price: 1 MOD = 1,00 USD Fundraising Goal: 16.000.000 USD Token Sale Ended: 13.350.000 USD (81%) Token Sale: 1 Sep - 22 Sep</p>	<p>Yes</p>	<p>A company that combines IoT (“Internet of Things”) sensors with blockchain technology to provide data integrity for transactions of physical products. Modum offers blockchain solution to track pharmaceutical products but the company claims that it will use the technology also in the food sector starting with a solution for the transport of specialized horse food.</p>
<p>Skuchain/Thing chain</p>	<p>USA - San Francisco 2014</p>	<p>Skuchain is a blockchain platform that provides transparency, security and efficiency to the supply chain, enabling optimal planning and agility for downstream buyers and working capital relief for upstream suppliers. With our breakthrough solutions, our customers access uniquely reliable information and turn it into capital. [5]</p>	<p>Skuchain offers different solution for Supply Chain: 1) Food Supply Chain Finance 2) Food tracking PopCodes (Proof of Provenance Codes)[6] 3) Digitalization and Document Management with smart contract 4) Data Management and Analytics</p>	<p>Permissioned Blockchain</p>	<p>Hyperledger</p>	<p>IoT</p>	<p>4 Seed Round 5 Investors: NTT Docomo Ventures (2018); Blockchange Ventures (2017); Fenbushi Capital (2016) & Digital Currency Group (2016) & Amino Capital (2016) Amount: Not Found</p>	<p>No</p> <p>No</p>	<p>Not Found</p>	<p>How Skuchain operates in SCF? They directly purchase inventory from the supplier and hold that inventory for as long as the buyer needs us to. When he is ready to actually use that inventory, they sell it back to him. The supplier gets paid immediately, which almost never happens, and the buyer is able to hold the inventory off their books for as long as possible. [7] Skuchain is exploring the possibility to use its blockchain solution within the World Food Programme, a UN initiative, to finance the procurement of food in East Africa. Skuchain is one of the most advanced blockchain startup.</p>

ripe.io	USA - San Francisco FD Not Clear	"By uniquely leveraging blockchain technology" Ripe.io "create a digital bridge that engenders transparency, trust, and honesty for food producers, distributors, and consumers." Ripe.io "want to transform the food system narrative by working with every actor along the food supply chain to create a world in which access to data equals integrity, sustainability, security, and better food for all." [8]	Tracking and Tracing of food products	Permissioned Blockchain	Not Clear Probably New Blockchain (It supports Smart Contract)	Sensor & IoT	2 Investors: Terra Accelerator & iValley Innovation Center Amount: Not Found	No	No	Yes	First pilot with tomatoes. The next step for Ripe is a pilot project on Ward's Berry Farm, a 180-acre farm southwest of Boston, where the fields overflow with carrots, baby beets, bok choy, chard, kale, cabbage, sweet potatoes, onions, radishes, fava beans, squash, pumpkins and zinnias. [9]
Ez Lab_AgriOpen Data	Italy - Padova 2014	AgriOpenData is a software-platform which supports farmers in traceability and certification of agricultural products, using the Blockchain technology and Smart Contracts. The blockchain system allows to make safe and automatic transactions along the supply chain, increasing the production quality, improving the environmental sustainability and guaranteeing transparency and safety to the final consumer. [10]	Tracking and tracing of food and agricultural products. Data Management & Data Analytcs	Permissioned Blockchain	Not Clear for now. They use Ethereum for the pilot. Probably in the future they will launch a New Blockchain based on Ethereum	IoT	Ezlab in 2017 entered in Thrive AgTech, one of the most important Startup Accelerator for food tech in the world, located in California. Thanks to this result EzLab received \$ 100,000 of fundings	No	No	Not Found	One of the EzLab project in AgriOpenData is WINE Blockchain, a blockchain solution which aims to build trust and transparency between the producer and the final consumer. The goal of this application is to control the wine production chain from the origin of grapes to the retailer. Thanks to the partnership with Ernst&Young (EY), EZ developed the first case of cert by the blockchain tech, design Cantina Volpone wine production (Cugina, Italy). Despite the excelent results the project remains at an early stage. [10]
Foodchain	Italy - Como 2016	Foodchain is an Italian startup which has been developing a blockchain solution to ensure visibility and trasparency of food products "from farm to fork". They want to preserve "Made in Italy" and protect customers from counterfeit products or food frauds. [11]	Tracking and tracing of food and agricultural products	Permissionless Blockchain	New blockchain called Quadrans based on Ethereum	NFC and RFID, no IoT	Not Found	No	No	Not Found	Foodchain launched two different pilot projects. The first one with Cofee San Domenico for the tracking and tracing of coffee beans from Guinea to Italy. The second one with T18, one of the most important logistic company in the distribution of agricultural products in Italy. [11]
Viveat	Italy - Milano 2015	"Every one of us now owns a digital identity (...) Viveat was created to give a digital identity to all of the objects that surround us, making them smarter, safer and more interactive." Viveat solution "connects products to the web, gathering and managing their data in real-time to power Internet of Things applications." [12]	Tracking and tracing of food&beverage products. Viveat offers a solution for Data Analytic & Data Management	Permissioned Blockchain	Not clear. Probably they have been developing a New Blockchain solution. BlockchainLab is technological partner.	IoT	€ 315 K	No	No	Yes (Ppt presentation)	Vivet launched a pilot with San Leonardo, one of the most prestigious wineries of Italy. The goal of the project was to strengthen the digital storytelling strategy of the company while protecting bottles against counterfeiting and commercial frauds thanks to tracking&tracing activity based on blockchain solution. [13]

<p>Chronichled</p>	<p>USA - San Francisco 2014</p>	<p>"Chronichled is a technology company leveraging blockchain and IoT to power smart, secure supply chain solutions. The company has developed a decentralized protocol and network for supply chain to enforce cross-organization business rules without revealing private data. Currently, Chronichled's biggest market verticals are Pharmaceuticals, Commodities, and Precious Metals and Minerals." [14]</p>	<p>Iot&Blockchain solution provider.Tracking and tracing of supply chain products. Data Analytics and Data Management.</p>	<p>Permissioned Blockchain</p>	<p>New Blockchain. Open Registry for IoT based on Ethereum. This late solution is compatible with other DLT such as Ethereum, Private Blockchain, Quorum, Hyperledger.</p>	<p>Iot, AI</p>	<p>\$ 12 M</p>	<p>No</p>	<p>No</p>	<p>Yes</p>	<p>Currently, Chronichled's biggest market verticals are Pharmaceuticals, Commodities, and Precious Metals and Minerals. Nevertheless the American company is exploring opportunities to support the global seafood, beef, dairy, wine, and spirits markets. At this moment there aren't pilot yet.</p>
<p>Bext360</p>	<p>USA - Denver (Colorado) 2016</p>	<p>"Bext360's vision is to improve the global supply chain for agricultural products, using a novel combination of blockchain technology and machine vision that allows for traceability and transparency where it's desperately needed." Bext360 blockchain solution is focused "on critical supply chains such as coffee, cocoa, seafood, palm oil, minerals (Coltan, Cobalt), timber and cotton." They "provide a traceable fingerprint to track products from producer to consumer." [15]</p>	<p>Tracking and Tracing of agricultural product. SaaS provider.</p>	<p>Not clear Probably Permissioned</p>	<p>Stellar at first. New Blockchain based on Stellar.</p>	<p>Iot, AI</p>	<p>\$ 4,6 M</p>	<p>Bext360 use token minted on Stellar. These cryptotokens represent the value of the commodity. As the commodity flows through the entire supply chain, new tokens are automatically created. These tokens increase in value as the product move through the supply chain.</p>	<p>Expected</p>	<p>Not Found</p>	<p>Bext360 introduced a blockchain to trace coffee. Using the blockchain platform, farmers and consumers are invited to insert information about coffee beans during the entire journey of their goods in the supply chain. That ledger technology is combined with artificial intelligence that intelligently sorts coffee beans and assesses a grade. At the same time, the Bext 360 blockchain can issue payouts to coffee growers instantly. Payouts are made in digital currencies using the Stellar protocol. [17]</p>

Filament	USA - Reno (Nevada) 2012	"Filament builds blockchain hardware and software solutions for the enterprise and Industrial Internet of Things (IIoT), allowing companies to securely connect devices and machines that interact and transact value independent of a central authority." [18]	Blockchain as Infrastructure for connecting smart device. Filament works on the industrial Internet of Things to maximize the potential of connected devices. The transactions are exchanges reliably through a secure and independent ledger.	Permissioned Blockchain	Hyperledger	lot	\$ 22,5 M	No	No	Yes	With Filament's platform, farmers connecting physical objects and existing networks, could create smart farms. "Smart farms are a form of sustainable agriculture that aims to enhance our environmental quality, integrate technology with natural biological cycle controls and create economic viability within farm operations." [19]
AgriLedger Social enterprise	UK - London 2016	"AgriLedger is a social enterprise project using distributed ledger technology and mobile apps for agricultural producers." "AgriLedger is a Mobile App that records and transacts incorruptible truth. It is a complete framework of integrated services for delivering an even playing to all that participate in the food supply chain." [20]	Tracking of food product, particularly crops, in developing country.	Not Clear. I suppose they use a Permissioned Blockchain	Not Clear. Probably they have been developing a New Blockchain solution.	No Iot	\$ 40 K	No	No	Not Found	AgriLedger team has been launching a pilot projects to help wheat farmers in Kenya and cocoa bean farmers in New Guinea, tracking their products. Thanks to AgriLedger app farmers can ' various transactions such as hiring seeders and harvesters, cooperating with other farmers for bargaining power, taking their crop to market and monitoring it through the production process, and more." " AgriLedger has been able to 3x farm income." [21] The AgriLedger App isn't now ready for the market yet.
VeChain	Singapore 2015	"VeChain is the world's leading blockchain platform offering Blockchain-as-a-Service to enterprises for products and information." [22] By leveraging on blockchain technology, VeChain strives to build a trust-free and distributed business ecosystem, which is self-circulating and scalable.	Tracking and tracing of food&beverage goods in particular wine, liquors and agricultural products. The startup is also focused in cold storage industries.	Permissioned Blockchain	New Blockchain which can handles 10,000 transactions per second. It is based on Ethereum	IoT	Investors: PwC, DNV e La Maison des Startups ICO fundings	VEN on Ethereum	ICO conversion: ETH = 3500 VEN Token Sale: 18 Aug - 31 Aug 2017	Yes	VeChain doesn't launch pilot in food industry yet despite the startup announced that developed a great numbers of use cases in the last months.
Chainvine	UK - London 2015	" Chainvine creates bespoke platforms, using Distributed Ledger Technology (DLT), which decentralise a company's ledger system; creating a secure, intuitive and permanent recording of ledger data, which is simply not possible on current data systems. " [23]	Tracking of food product	Permissioned Blockchain	New Blockchain	Iot	£ 2.5M	No	No	Not Found	Chainvine doesn't launch pilot project in food industry yet
Food Blockchain XYZ	Switzerland - Lausanne FD Not Clear	FoodBlockchain.XYZ is an Ethereum-blockchain-based ecosystem designed to feed the food buyers and manufacturers needs and to align the interests of farmers and consumers. The Swiss Startup has been developing a sensory systems which use the infrastructure which already exists in food	Tracking and Tracing of food products	Not clear	Ethereum for now	Iot	Not Found	FoodCoin on Ethereum	No	Yes	The startup have not developed blockchain solution yet. By 2018, they plan to release a beta-version and to start providing their service to food manufacturers and food companies. Angel Versetti, CEO of FoodBlockchain.XYZ, about that said, "by summer 2018 we plan to showcase a complete supply chain for individual products traced and controlled by Ethereum from farm to fork." [24]

		supply chains to find the source of food problems real with the contribution of blockchain technology.									
OriginTrail	Slovenia - Ljubljana 2013	" The OriginTrail protocol unlocks the potential of blockchain technology for global supply chains. Using a graph database enables the OriginTrail Decentralized Network (ODN) to ensure data integrity for inter-organizational environments. (...) OriginTrail enables tracing back to the farm, allowing quality food producers to showcase their ingredients. " [25]	Tracking and Tracing of food products	Permissionless Blockchain	New Blockchain based on Ethereum	lot	\$ 22.5M	TRAC	ICO Conversion : 1 TRAC = 0.1000 USD Foundraising Goal: 21.500.000 USD Token Sale Ended: 21.513.600 USD (100%) Token Sale: 15 Jan - 17 Jan	Yes	"OriginTrail Protocol will become the foundational blockchain layer for the New Food Integrity Center (FIC) in Vietnam" which has the "mission to strengthen food safety, monitoring and surveillance by improving data management and adopting new technologies" [26]
ZhongAn Technologies	China - Shanghai 2013	ZhongAn Technology is a FinTech company focusing on research and development of cutting-edge technology in blockchain, AI, big data, cloud computing, etc. ZhongAn Technology has built up a complete ecosystem that emphasizes on the regulatory standards and covers all fields including scientific research, technological cooperation, strategic investment, university-enterprise cooperation and industrial application. [27]	Tracking and Tracing of food products, in particular in the poultry industry.	Permissioned Blockchain	To develop the blockchain solution , ZonghAn Technology used internal start-up Anlink.It used Ethereum blockchain to create its blockchain protocol called Ann-Chain Ethereum	ZonghAn Technology collaborated with Wupu, a company based in Hangzhou, for the IoT devices	Not Found (ZhongAn CN¥ 5.8B)	No	No	Not Found	One of the projects of ZonghAn Technology concerns the use of blockchain in tracking chickens along the supply chain, "from farms to forks". The project is promoted in collaboration with other companies such as Shanghai Lianmo Information Technology and Guoyuan Agricultural Insurance Company. The pilot project started in June 2017, and it is called "gogochicken". It involved more than 200 farms coming from different provinces of the country who wanted to join the project. Chickens grow up on organic and free-range farms, with an average life of four to six months rather than 45 days as in factory farmed chicken. Today, "gogochicken" involves 100 000 chickens, but, the goal is to increase investments in this way: the objective is to reach 2500 farms and more than 23 million chickens within 2020.
Te-Food	HQ in Vietnam Office in Germany - Albstadt 2016	TE-FOOD is a successful farm-to-table livestock and fresh food traceability solution, focusing on emerging markets. Since 2016, TE-FOOD has been implemented in Vietnam. As a farm-to-table solution, TE-FOOD tracks the items through the whole supply chain and provides tools to consumers,	Tracking of food product	For Tracking Permissioned Blockchain The token payment solution will be implemented on a public network using Ethereum (Hybrid)	Not Clear The project has still to start	No lot	ICO Fundigs	TFD on Ethereum	ICO Token Price: 1 TFD = 0.0391 USD (0.00004700 ETH) Foundraising Goal: 19,100,000 USD (22,924 ETH)	Yes	Te-Food hopes to implement Blockchain in his solution within Q3, 2018. For this reason they have not launched pilot project yet.

		supply chain companies, and authorities to gain food history and food quality insights. TE-FOOD is introducing blockchain in his system. [28]							Token Sale Ended: \$19,089,273 (100%) Token Sale Ended: 22 Feb 2018		
WakChain	Kenia 2016	The WakChain's idea is to ensure that farmers and players in the African agribusiness value chain should be able to trade from anywhere in the continent, using technology and in a manner that maps the distributed nature of agricultural activities. WakChain exploits the power of the blockchain and applies it to African agriculture. [29]	P2P - MarketPlace for agricultural product that involves African farmers. The platform could also be used to track different crops	Permissioned Blockchain	Not Clear. It supports smart Contract	No Iot	Not Found	No	No	Not Found	WakChain has not developed pilot projects yet. For now is only an Ad
Full Profile Agridigital	Australia - Sidney 2015	"AgriDigital is an integrated commodity management solution for the global grains industry. They are a global leader in software platforms designed to assist in the transaction and settlement of agricultural commodities and to manage supply chain risk. Through applied blockchain technologies, distributed ledgers and smart contracts, AgriDigital provides real time payment to growers, increased efficiencies for brokers, flexible supply chain for buyers and financiers, and paddock to plate transparency for consumers. " [30]	Tracking and tracing of agricultural products. Data Management and Analytcs	Permissioned Blockchain	New Blockchain based on Ethereum	No IoT	\$ 5.5M	No	No	No	AgriDigital has been conducting a pilot project with CBH Group, at their oat processing facility, Blue Lake Milling, in Bordertown, South Australia. The pilot aimed to test out ways blockchain may deliver increased efficiencies and solve for existing risks across supply chains in the grains industry. They ran four different scenarios as part of the pilot, focusing on the creation of digital title and providing supply chain traceability. [31]
eHarvestHub	USA - Delaware 2013	" eHarvestHub is a blockchain-based startup poised to revolutionize how food gets from farm to market. They have created the world's largest fresh food marketplace, where small farmers, independent truckers and grocers can connect and interact directly. eHarvestHub allows farmers to list their fresh produce, aggregate volume across multiple small farmers and provide grocers one-stop shopping. Farmers or grocers	Tracking and tracing for agricultural products. Data Management and Analytcs . Focus on Farmers and Truckers. SCF with EHH Tokens	Permissioned Blockchain (Hybrid)	2 Blockchain layers: New Blockchain for tracking. Ethereum for ICO and for the EHH payments	AI	Not yet but expected	EHH	Expected	Yes	eHarvestHub doesn't launch pilot project in food industry yet. The first pilot should be in Nicaragua.

		can then directly hire independent truckers, much like Uber does with passengers and drivers. " [32]									
Wave	Israel, Kfar Saba 2014	"WAVE connects all members of the supply chain to a decentralized network and allows them a direct exchange of documents. WAVE's application manages ownership of documents on the blockchain eliminating disputes, forgeries and unnecessary risks."[33]	Non focused specifically on food tracking but however it's working on blockchain solution in food supply chain related to ensure companies to transmitting document into supply chain. Document Identity Management.	Permissioned Blockchain	New Blockchain based on Litecoin and Bitcoin	Not Iot	Not Found	No	No	Not Found	. In 2016, Wave worked with Barclays Bank to orchestrate a transaction between Irish Ormua and the Seychelles Trading Company, which guaranteed the sale of almost US\$100,000 of cheese and butter. The length of time to approval of the letter of credit was reduced from seven to 10 days to under four hours.
Cargochain	Germany - Berlin Not Clear	" CargoChain is developing a Blockchain-based backbone for international trade that provides real-time visibility of products in the global supply chain. Through CargoChain, the provenance and chain of custody of products is cryptographically secured and can be proved to any party involved in the shipment of a product. CargoChain essentially digitalizes all aspects of international trade (trade documents, payment escrow, ownership etc.) and thus makes the overall process more efficient, cheaper and secure. " [34]	Document Identity Management Product Tracking CargoChain operate as a blockchain service provider for the entire trasport sector.	Permissioned Blockchain	New Blockchain based on Stellar Stellar for the ICO	lot	\$ 30 K (Shanghai Blockchain Hackathon) ICO	TICS	- ICO price : 1 TICS = 0.11 USD	Yes	CargoChain has not launched pilot yet.
Foodway	Not found	" Enables real-time multi-dimensional traceability along the food chain " [35]	Tracking and Tracing of food product	Not clear	Not clear	Not clear	Not Found	No	No	Not Found	It's only an Ad
Avenews-GT	Israel - Tel Aviv 2016	" A digital trading platform that simplifies trade of agricultural produce for commercial sellers and buyers worldwide. " [36]	P2P - Marketplace for agricultural product that involves buyers and sellers	Not clear	Not clear	No	Not Found	No	No	Not Found	They started a pilot with a Rwandan coffee cooperative
Paragon	HQ Not found 2017	" We are revolutionizing the cannabis industry, with a suite of blockchain based solutions. Our goal is to provide stability, verification and legitimacy. " [37] Agricultural Sector	Tracking, Tracing, Document Identity Management, digital paymetns with PRG for cannabis	Permissionless Blockchain	Ethereum for smart contracts IOTA for data integrity and distribution Ethereum for the ICO	IoT	ICO Fundigs	PRG	ICO token price : 1 PRG = 1.00 USD Fundraising Goal: 100,000,000 USD Token Sale Ended:	Yes	Paragon has not developed pilot yet. The blockchail should be ready for November 2018

									6.000.000 USD (6%) Token Sale: 15 Sept - 16 Oct		
Riddle&code	Austria - Vienna 2015	"RIDDLE&CODE assists institutions, companies and individuals to master the challenges of our digital society such as machine identity, product provenance, online fraud, identity theft and more peculiar problems like cyber insurance, cyber risk assessment, token investment systems, supply chains, etc." [38]	Tracking and Tracing of Food Product. Data Managemet (Inventory Management)	Permissioned Blockchain	BigchainDB	NFC, IoT but not used for the solutions in food Industry	Riddle&Code receives three fundings round. The amount isn't public. Last Funding Type: Series A	No	No	Not Found	The company presents many solutions and different use cases about blockchain solution to determine food provenance or to solve problems of authentication and ownership. In any case, there aren't news about pilot projects. Probably they are at the experimental stage.
AgriTrustChain	Brazil - Sao Paulo 2017	AgriTrust Chain is the solution for Agricultural Contract Management at Blockchain, bringing management capabilities for all farmers sizes. [39]	Document and Contract Management for agricultural companies.	Not clear	Not clear	Not Clear	Not Found	No	No	Not Found	AgriTrustChain doesn't launch pilot project in food industry yet. For now it's only an Ad .
Eximchain	Singapore 2015	"Eximchain brings visibility to global supply chain finance (SCF) through smart contracts." They have built a public, permissioned chain for SME buyers and suppliers to create supply chain optimization tools and gain access to affordable capital sources to grow their businesses. They have developed smart contract to allow SMEs to quickly implement customized SCF solutions or issue digital tokens on a permissioned fork of Ethereum supporting data privacy. [40]	Supply Chain Finance (for now). Using smart contracts and a token system, Eximchain can expand the supplier-buyer-financier model and help buyers to track their products within the supply chain.	Hybrid Blockchain	New Blockchain based on Ethereum	No IoT	\$ 20M	EXC	ICO Token Price: 1 EXC = 0.33 USD USD Fundraising Goal: 20,000,000 USD Token Sale Ended: 20,000,000 USD (100%) Token Sale: Until 13 Feb 2018	Yes	Eximchain tries to lunch its first Proof Of Concept in Supply Chain Sourcing in the first four months of 2018. The second pilot it will be in program for the Q2&Q3 in 2018.
Jawana Shop	Canada - Vancouver 2017	"JawanaShop is a Vancouver based company focused on the development of Canadas first and only "legal" online marijuana marketplace – developed with blockchain technology. Jawanashop team will act as the hub for an agricultural collective (similar to existing agricultural co-ops) utilizing its software platform to handle inventory management, distribution, payments and reporting." [41]	Tracking and Tracing of marijuana from Licesed Producers to customers with a particular focus on compliance aspects.	Not clear Probably Permissioned	Not clear	No IoT	\$ 55K	No	No	Not found	Not yet. They are at a experimental stage.

Sensefinity	Germany - Berlin Portugal - Lisboa 2013	"An 360° complete IoT tracking solution for businesses enabling end to end supply chain visibility"[42] based on blockchain technology.	Tracking and tracing of food products	Permissioned Blockchain	New Blockchain	IoT (Sensor Name: Sensoroids)	€ 50K	No	No	Not Found	Cook4Me, a delivery food company, chooses Sensefinity "to build an temperature controlled delivery service for food. With this full transparency and trust in the service can be provided to the end-customer."[43] The project is based on blockchain technology. Furthermore in 2017 Nestlé selected Sensefinity IoT as Co-Developer in their innovation initiative.
Genuino Blockchain Technologies	Switzerland - Lugano Not Found	"Based on blockchain (...) Genuino is a food ecosystem, preparing, serving and distributing 100% authentic Italian ready-to-eat meals with Italian ingredients. For a working lunch, to feed your family or as a late dinner. Ready to server in 3 minutes. Sustainability is a key asset for us at Genuino, therefore we make sure that any surplus is re-introduced in the eco-system through donations to humanitarian organizations."[44]	Tracking and Tracing of food product	Permissioned Blockchain	New Blockchain based on Ethereum	Not Clear	Not Found	Expected	Expected	Not Found	Genuino doesn't launch pilot project in food industry yet. For now it's only an Ad .
PriOps	Spain - Madrid 2016	"priOps (is) the bridge between the source of data and data driven organizations. Our Mission: Facilitate the access of valuable and legal data to new economy operators to develop data driven products. #DataSharing#AgTech#MachineLearning #ArtificialIntelligence#BigData #DataScience #Blockchain"[45]	Not Clear. At this moment it's only an Ad . Probably Tracking of agricultural products	Not Clear	Not Clear	Not Clear	Not Found	No	No	Not Found	It's only an Ad . The website is now not available Link: http://www.priops.com/
Caravaggio	France Not Found (Ad)	"Caravaggio startup from France creates the reference use case for wine security. It uses blockchain technology as the underlying security platform and combines their financial industry experience with their payment information technology to create a state-of-the-art provenance solution."[46]	Tracking of wine	Not Clear	Not Clear	Not Clear	Not Found The startup is now part of F6S (https://www.f6s.com/). Investor: NexusLab	No	No	Not Found	It's only an Ad . The website is now not available

Walimai	China - Shanghai 2014	"Walimai is building a retail channel for safe consumer products. Walimai have already developed and tested a banking level anti-counterfeiting technology that proves authenticity. (...) Their goal is to make consumption of food, beverages, pharmaceuticals and other consumer products safe for everyone." [47]	Tracking and tracing of food product. Retail solution.	Permissioned Blockchain	Hyperledger	No IoT QRCode & Rfid	\$ 11,5M	WABI	ICO Token Price: 1 WABI = 0.24 USD (0.00052500 ETH) Fundraising Goal: 11,500,000 USD Token Sale Ended: 11,500,000 USD (100%) Token Sale: 28 Nov – 30 Nov (2017)	Yes	Walimai has been developing a blockchain solution to combat product counterfeiting. The Walimai's team wants to launch a pilot project tracking milk in China retailers, in fact in past years milk powder created many problems for chinese populations. In a interview Alexander Busarov, Ceo of Walimai said: "Our answer to the problem is to apply technology that gives the consumer a tool to tell apart counterfeits from authentic products at every step in the supply chain,": "Whenever there is a change of custody, a product with the Walimai anti-counterfeiting label is scanned. Each scan updates the secret codes on RFID chips (and at the back-end), as well as capturing and updating geographical information in the system," [48]
Demeter.Life	Italy - Not Found Founded Date: ND	"We use state of the art technology to give every individual on this planet access to fair traded quality food. Our platform puts the world to a next level of sustainable agriculture. (MISSION)" [49]	P2P Marketplace (OP &/or PP) Demeter.Life has been launching a new marketplace which will be the first blockchain-based store where people from all around the world will be able to buy, sell or trade goods and services related to the food industry. The platform wil give farmers the possibility to sell micro-farm space and at the same time, users to secure a portion of a farmer's land to grow own crops" [50]	Not Clear Probably Permissionless	Not Clear Ethereum for DME token	No IoT	Not Found	DME	Total tokens Distributed: 20 0 000 000 Total number of participants accepted:100,0 00 Aidrop Duration: 10 Days or until the total number of participants is reached	Yes	Demeter.Life doesn't launch pilot project yet. The first pilot would start at the end of 2018.
InChain	HQ - Not Found 2016	"The original intention of (InChain) is to combat counterfeit products with the use of blockchain technology" [51] protecting brand image. The anti-counterfeiting traceability will be the first application of Inchain as a result, the Inchain team will focus on building a comprehensive self-service application based on anti-counterfeiting traceability" [51]	Tracking and tracing of food and agricultural products	Permissionless Blockchain	New Blockchain based on Ethereum	Not Clear	Not Found	INC	Token Sale Started: 10 May 2017	Yes	Inchain has now realized two projects. One of these is "the healthcare project of Ou Bi Tang, which includes anti-counterfeiting traceability, physician certification, electronic medical records, data monitoring and voluntary calculation. The project aims to reshape the relationship between doctors and patients and create digital smart healthcare. (...) Yang Lin (one of the founders) said that since the best test on 25th April, nearly 150 merchants have registered and around 500 users have tried out the "micro-program" on WeChat." [52] For now Inchain doesn't launch pilot in the

											food industry. It risks to be only ad Ad.
Blockgrain	Australia - Philippines 2014	"Imagine if all stakeholders in the agricultural industry could make better-informed decisions, eliminate unnecessary paperwork and dockets, reduce supply chain inefficiency and risk, open markets and increase the bottom line by conducting business in one simple platform. Blockgrain is that platform"[53]	Tracking of agricultural product. Data Management and Analytics. Document ID Management. Smart Contracting to transport goods. Marketplace to connect farmers and customers. SCF with P2P Lending between farmers. In other words Blockgrain offers an integrate solution for all the farmers activity (focus only on agricultural products)	Permissioned Blockchain for private data & transaction Permissionless/Public Blockchain for smart contract and to manage AGRI token Hybrid Blockchain	2 Blockchain layers: 1) Ethereum for Smart Contract, Record Public Data and for transaction in AGRI 2) New Blockchain or Private Blockchain from a Blockchain Provider to record private data relating to commodity contracts, freight contracts, supply chain tracking, stock management, agronomics.	Not lot (for now, maybe in the future)	\$ 4,5M	AGRI (to use platform services) SEED (only for supply chain partners and not tradeable on public exchange s)	ICO Token Price: 1 AGRI = 0,075 USD Total Supply: 1,000,000,000 AGRI Investor Supply: 300,000,000 AGRI Token Sale Ended: 100% Token Sale: 28 Apr – 24 Jun (2017) It ends in 11 days	Yes	In the Q3 of 2016 Blockgrain BlockGrain 1.0 was released to a core group of farmers and grain brokers across the east coast of Australia. In the Q1 of 2017 Australia's largest group of independent grain brokers (Rise Agri) committed using BlockGrain. In the first four months of 2018 Blockgrain started a collaboration with new partners in Australia, Africa, Europe, and South America. [54]
OwlTing Owlchain	Taiwan - Tapei 2010	OwlTing is originally a platform focus on Social Market & Travel. They recently integrate blockchain & AI in their ecosystem. They have several sub companies focus in market, travel, payment and they currently have different Branch sites in Kuala Lumpur, USA and Japan. Recently the launch the world's first ethereum-based food provenance system. [55]	Tracking and tracing of food products	Consortium Blockchain	AMIS Blockchain (Blockchain Provider) based on Ethereum [56]	Not Clear	\$ 5,7M	No	No	Not Found	Not found pilot projects (a lot of articles are in Chinese) but the startup is clearly at an advanced stage.

BCDC FoodTrax	UK - Manchester 2017	BCDC is a global, decentralised startup with a UK based management team. They are united to develop business solutions and develop a range of socially and environmentally impacting products and services. [57] BCDC has been developing three blockchain-based project: FoodTrax, RecycleToCoin, EcoChain.	FoodTrax is a blockchain platform for food tracking and tracing.	Permissionless Blockchain	Ethereum	Not Clear	Not Found ICO	BCDC Token	Expected	Yes	BCDC is still devolping FoodTrax. The startup in the whitepaper suppose to launch FoodTrax in Q3, 2018.
Hypergive	Canada FD Not Clear	Secure digital food walletsfor homeless or hungry people in your community [59]	Hypergive purposes a creative food blockchain application not connected with supply chain. Nevertheless interesting to cite it. Hypergive uses blockchain to let people make secure donations to Hypergive's partner organizations on a unique card that is distributed to individuals in need. The technology ensures that funds are spent on food, and it allows for daily spending limits, deactivation, and value recovery if it's lost or stolen. [60]	Permisioless Blockchain	Ethrerum	Only Blockchain	Not Found	No	No	Not Found	Hypergige is now at an experimental stage.
Devoleum	Italy FD Not Clear	"Devoleum tracks and stores every single step of the extra virgin olive oil supply chain in the blockchain allowing the final consumer to know the entire history of each product, from the comfort of their smartphone" [61]	Tracking and tracing of extra virgin Italian olive oil	Consortium/Permis sioned Blockchain	New Blockchain based on Ethereum	Iot, AI, Augmented Reality	Not Found	No	No	Not Found	Devoleum is now at an experimental stage
Fabryc	HQ Not Found 2018 (?)	Fabryc is using blockchain technology to allow companies tracing their supply chain products or simply tell a story about their goods. The solution uses QR codes that customers can scan to see the product's story, and stores it all onto the ethereum blockchain. [62]	Products tracking (not clear if in the food inustry)	Not clear Probably Permissionless	Ethereum	Not Clear	Not Found	No	No	Not Found	Fabryc for now is only an Ad , despite you can find the project at the status Active between the Ethereum Dapps
Ocean Lab Coffechain	Hong Kong FD Not Clear	Coffechain is the world's first blockchain -powered trading platform for speciality cofee [63]	Blockchain platform to connect producers and buyers. P2P Marketplace. Supply Chani Finance. It's	Permissioned Blockchain	They start with Waves. New Blockchain	No Iot	Not Found	COF	Yes, but there aren't clear information about it	OceanLab Whitepaper	CoffeeChain is now at an experimental stage. For now in only ad Ad .

			focused only on coffee market.								
Kippitech	Scotland 2018	"We are using blockchain technology to build the next generation of software in the food, energy and transportation sectors. At Kippitech, we believe this technology can help us to achieve transparency, efficiency, control, collaboration and sustainability." [64] Maybe Kippitech could be a consultancy company.	Tracking and Tracing of food products	Permissioned Blockchain	Hyperledger	Not clear	Not Found	No	No	Not Found	Kippitech is now at an experimental stage. It's only an Ad .
DTCO	Taiwan - Taipei 2014	DTCO serves as a bridge between business and blockchain for wide range of applications including IP, healthcare, supply chain and green energy "DTCO specializes in supply chain tracking and tracing and in blockchain asset management, making the supply chain transparent, and making global production and sales tracking into a simple matter." [65]	Tracking and tracing of food products. Document ID Management (e-invoices)	Permissioned Blockchain	New Blockchain based on Ethereum	It Depends	\$ 350 K	EPT but not for food blockchain solutions	No	Not Found	Not pilots or use case founded.
Earth Twine	HQ Not Found 2013	"Our goal is confirmation and compliance of product." [66] Earth Twine is a collaborative technology platform that integrates origin and tracking data with blockchain with a focus on the seafood industry. The Earth Twine platform combines partner technologies (SPARKL, Stratis Platform) to deliver much needed coordination and technological evolution in the seafood industry. [66]	Tracking and tracing of seafood	Not Clear	Not Clear	No IoT	Not Found	No	No	Not Found	Earth Twine and their partner haven't launched pilot projects yet. It could be only an Ad
Farmshare	USA FD Not Clear	"FarmShare is an idea for a decentralized platform for community-supported agriculture (CSA), which would utilize blockchain technology to tokenize shares, incentivize volunteers, optimize resource sharing and minimize food waste." [67]	FarmShare is a platform which supports the CSAs. They want to create a new business model for agriculture community based on blockchain technology which ensure to remove some of the managerial burdens and financial risks from farmers involved in a CSA. It is similar at a	Permissionless Blockchain	Ethereum	IoT	Not Found	Farmshare	No	Yes	FarmShare will launch a pilot program in Sullivan County, NY in the spring of 2017, which will serve as an integral part of the design and development of the tools and protocols. Sullivan County is an interesting test site for several reasons. It is only two hours away from New York City by car, in the Catskills, providing easy access to urban farmers markets and restaurants. It is also an incredibly underserved area, with a dire need for an improved agricultural infrastructure. [68]

			Marketplace.								
arc-net	UK - Belfast 2014	"Arc-net connects every step of product's journey to deliver supply chain transparency and product security. The arc-net toolset provides an easy to use scalable platform, powering the strategic insights that unlock profit . TRACE. VERIFY. TRUST." [69]	Tracking and tracing of food products	Permissioned Blockchain	New Blockchain	No IoT	£ 2 M	No	No	Not Found	In June 2017, the company announced that its technology has been selected for the EU-China-Safe, a multi-million-pound European Horizon 2020 programme led by Queen's University Belfast's Institute for Global Food Security) and the Chinese Ministry of Science and Technology (MOST), to improve food safety. The Irish company is already working with the UK food giant Cranswick (10 million £ contract for China-exported pigs) and the Scottish whisky distillery Adelphi Ardnamurchan, a great way for the brand to tell their story and protect their brand. [70]
Ambrosus	Switzerland - Zug 2017	"Ambrosus is a blockchain-powered IoT network for food and pharmaceutical enterprises, enabling secure and frictionless dialogue between sensors, distributed ledgers and databases to optimise supply chain visibility and quality assurance. MISSION: Set the global standard for decentralized supply chain management; Provide quality assurance in enterprise IoT ecosystems." [71]	Tracking and tracing of food and pharmaceutical products	Permissioned Blockchain	Ambrosus starts with Ethereum but they have been working to built their owner blockchain solution. New Blockchain	IoT	\$ 30 M	AMB	ICO Token Price: 1 AMB = 0,30 USD Foundraising Goal: 97.800.000 USD Token Sale Ended: 32.507.3300 USD (33%) Token Sale: 22 Sept - 22 Oct (2017)	Yes	Ambrosus is one of the most advanced blockchain startup in food tracking and tracing. The Ambrosus's team have started several pilot yet. One oh these in collaboration with Wageni Technologies in Kenya and Tanzania, Bitquant Research Laboratories (Asia) Ltd in Hong Kong, and a coffee distributor and roaster located in Hong Kong. They created a completely new supply chain which allows small farmers in Africa to export their coffee to Asia and verify their quality via Ambrosus blockchain. Ambrosus smart-contract powered marketplace permits buying quality-assured coffee in small batches and connecting small farmers in various distant areas with big markets. [72]

Iniziativa Company

Company	Brief Description	Application Area	Blockchain Tipology	DLT	Support Technology	Partner	Note
Walmart	Walmart is a multinational retail corporation that operates several chains of discount department with 11 695 stores in 28 countries.	Tracking of food products	Permissioned Blockchain	Hyperledger	Not Clear	1) IBM 2) Tsinghua University 3) Chinese online retailer "JD.com". They formed the Blockchain Food Safety Alliance	Actually, Walmart has already made two pilot projects in tracking products on blockchain. The first project saw the collaboration of Walmart, IBM and Tsinghua University of Beijing, and was focused on the tracking of pork. The project started in January 2017 with the tracking of pork products sold on Walmart stores. Each items were authenticated using blockchain system to create a transparent and secure record. In the blockchain, were recorded information about the farms from which pigs come from. The other project concerned mango pallets sold in US: pallet of mangoes were tagged with numeric identifiers and filled in the blockchain. The mango project involved 16 farms, two packaging house, two import warehouses, and one processing facility for one month. During this project, about 10 000 slices of mango were recorded in the blockchain. [73],[74]
DNV GL - My Story™	DNV GL is an international certification body and classification society. Operating in more than 100 countries, Their professionals are dedicated to helping Their customers make the world safer, smarter and greener.	Tracking and tracing of food&beverage Product. My Story™ is now focused only in tracking wines	Permissioned blockchain	Vechain blockchain based on Ethereum New Blockchain	IoT	1) Deloitte 2) Vechain	At the Global Food Safety Conference in Tokyo in the first months of 2018, DNV GL announced My Story "an off-the-shelf blockchain based digital assurance solution for the food and beverage industry combining deep industry expertise, physical independent audits with data collection and verification services. (...). By scanning a QR-code, consumers can see the full history of the product and its journey from grape to bottle.(...) The Italian wine sector is the first to use My Story, with the four wine producers Michele Chiarlo, Ricci Curbastro, Ruffino and Torrevento being the frontrunners. They will feature the My Story label on their bottles in stores within the end of the year. " [75]
Walmart - Nestlé - Unilever - Dole- Driscoll's - Golden State Foods - Kroger - McCormick and Company - McLane Company - Tyson Foods	These ten food suppliers and retailers decides to join the Blockchain Food Safety Alliance to improve food tracking and safety all over the world. [76]	Tracking and Tracing of food products	Permissioned Blockchain	Hyperledger	Not Clear	IBM	They haven't launched a real food tracking blockchain solution yet. The project is still at an experimental stage.
Carrefour	Carrefour SA operates hypermarkets, supermarkets, hard discount and convenience stores in Europe, Latin America, and Asia.	Tracking of food carrefour products	Permissioned Blockchain	Not Clear	RFID	Not Clear	Carrefour announced it will be investing the majority of its \$2 Billion dollar annual investments into blockchain solutions and an online delivery platform. [77] The system, already implemented for free-range Carrefour Quality Line Auvergne Chickens, will be extended by the end of 2018 to eight other sectors such as eggs, cheese, milk, oranges, tomatoes, salmon and steaks as part of an innovative system designed to guarantee consumers the complete traceability of the product. [78]For now it's not clear if the company is really implemented a

							blockchain solution or it's only an Ad.
The Japanese Ministry of Agriculture, Forestry and Fisheries in particular the Japan Gibier Promotion Association	The Japan Gibier Promotion Association, which was created in 2014, is responsible for culinary culture and distribution in the country. They promote hunting standards and want to ensure a safe and healthy distribution channel for wildlife meat.	Tracking and tracing of game meat	Permissioned Blockchain	Mijin based on NEM New Blockchain	Not Clear	Tech Bureau (Japan Company) using Mijin blockchain	In Japan wild boar and deer, along with other wildlife, have caused an estimated damage of JPY 20 bln (\$200 mln) each year since 2009. However, Japan is beset with another problem. A thinning human population leading to an empty country. Human hunters of these animals are also becoming extinct. TO solve these problems Japan Ministry of Agricultur decided to involve Tech Bureau, a company, to develop a blockchain platform which ensure that the food being eaten by consumers is safe for consumption, and is trackable. This is so important because Japanese consumers are quality conscious and they evaluate very strictly safety and quality. Blockchain technology can act to bring that confidence to the table. [79] The project is now at an experimental stage.
Maerks Line	Maersk Line is the global container division and the largest operating unit of the A.P. Moller – Maersk Group, a Danish business conglomerate. It is considered the largest container shipping company in the world by revenue and employs approximately 25,000 people. Maersk Line operates over 600 vessels and has a capacity of 2.6 million TEU.	Maerks's blockchain application isn't focused in the food sector, indeed the company operates in the shipping industry involving also the transport of food products. Document ID Management. Tracking and Tracing of food container	Permissioned Blockchain	Hyperledger	Iot, AI	IBM	The collaboration between Maerks Line and IBM was dated on 2016, when they started to drive some pilot projects to analyse possible benefits of blockchain in tracking containers during the water transportation. Maerks feels the need to invest in blockchain technology after a hacker attack which caused congestion at 76 ports around the world. Maersk estimated around 300 million \$ the losses caused by the cyber attack. Different pilots involved food or agricultural products: in 2014 Markes tracked avocados and roses from East Africa to Europe; in September 2016, Maerks and IBM tracked a container of flowers from the Kenyan coast city of Mombasa to Rotterdam in the Netherlands. The pilot was a success and Maersk and IBM followed up by using the system to track containers with pineapples from Colombia, and mandarin oranges from California. [80]
Cargill	Cargill is an important American multi-national company, which operates in different industries to provide products and services to food and beverage companies, large and small farmers, energy providers and retailers.	Tracking food in supply chain	Permissioned Blockchain	Cargill doesn't reveal it	Not Clear	No One	In November of 2017, the multi-national started a pilot project to examine the potential of the use of blockchain technology in tracking turkey products. The project wanted to study the impact of the adoption of blockchain in two areas: food safety and sustainability. Often in the past, the turkey chicken industry was under accusation for diseases caused by virus contained in chicken goods: last time, in 2015, over 50 million birds were destroyed in US due to the Avian flu, which involved 230 farms. [81]

Alibaba	Alibaba Group operate leading online and mobile marketplaces in retail and wholesale trade, as well as cloud computing and other services. They provide technology and services to enable consumers, merchants, and other participants to conduct commerce in their ecosystem.	Tracking and Tracing of food products	Permissioned Blockchain	Not Clear	Not Clear	1) Fonterra and BlackMores (Australian Companies) 2) Australia Post They form with Alibaba The Food Trust Framework [82]	Aliba announced the launch of The Food Trust Framework in April 2018.[82] The project is now at an embrional stage.
Louis Dreyfus Commodities	Louis Dreyfus Commodities is a global merchandiser of commodities, a major asset owner and a processor of agricultural goods.	Tracking of agrigultural goods during the shipment. Document ID Management	Permissioned Blockchain	Not Clear	Not Clear	Shandong Bohi Industry (a Chinese agricultural processor) Financing groups: ING, Société Générale and ABN Amro	Louis Dreyfus Commodities uses the blockchain-based digital platform for the sale of 60,000 tonnes of US soyabeans to China in December 2017. In an interview at Finacial Times Robert Serpollet, global head of trade operations at LDC, said: “Our expectations were high but the results were even higher.”. The project is now at an experimental stage but LDC has been spending great efforts in this project. “For the new platform to work, we will need to design an industry standard which will bring together the main players of the agricultural commodity space,” said about that Mr Serpollet. [83]
World Wildlife Foundation (WWF)	WWF (World Wide Fund for Nature) is a non-profit conservation organization that is focused on stopping the degradation of Earth’s natural environment by reducing humanity’s impact on natural habitats. Its primarily focused on climate change, sustainability, habitats, and endangered species.	Tracking fish from vessel to the supermarket	Permissioned Blockchain	Viant Blockchain based on Ethereum New Blockchain	RfID	1) Consensys 2) Viant (a Consensys Company) 3) TraSeable 4) Sea Quest Fiji Ltd.	WWF and its partners have introduced revolutionary blockchain technology to the Pacific Islands’ tuna industry, the first of its kind for this region, to help stamp out illegal fishing and human rights abuses. “Through blockchain technology, soon a simple scan of tuna packaging using a smartphone app will tell the story of a tuna fish – where and when the fish was caught, by which vessel and fishing method. Consumers will have certainty that they’re buying legally-caught, sustainable tuna with no slave labour or oppressive conditions involved. Blockchain technology is a digital, tamper-proof record of information that is accessible to everyone.” said WWF-New Zealand CEO Livia Esterhazy. [84]

Sources - Sitography:

[1]<https://www.provenance.org/about#mission>, [2] <https://www.provenance.org/case-studies>, [3]<https://www.winefraud.com/chai-wine-vault>, [4] <https://modum.io/>, [5] <https://www.linkedin.com/company/skuchain/> [6] <http://www.skuchain.com/popcodes/>, [7] <https://www.cleantech.com/blockchain-and-supply-chain-financing-a-conversation-with-skuchain/>, [8]<http://www.ripe.io/>, [9]<http://business.financialpost.com/entrepreneur/the-internet-of-tomatoes-is-coming-starting-with-boston->

salads, [10] <http://www.agriopendata.it/>, [11]<https://food-chain.it/public/servizi/>, [12]<http://www.viveat.com/en/>, [13]<https://drive.google.com/file/d/1E6DMjZZeDiY3EAYslfeItydxNohzGIg5/view>, [14]<https://chronicled.com/about>, [15]<https://www.bext360.com/#home-header>, [16]<https://medium.com/@MoyeeCoffeeIRL/worlds-first-blockchain-coffee-project-cd04fff9e510>, [17]<https://bitcoinexchangeguide.com/bext360/>, [18]<https://filament.com/company/>, [19]<https://news.bitcoin.com/blockchain-agriculture-industry/>, [20]<https://www.linkedin.com/company/agriledger/>, [21]<https://futureofag.com/how-blockchain-helps-smallholder-farmers-in-developing-countries-64bf6f13c049>, [22]<https://www.vechain.com/#/support/01>, [23] www.chainvine.com, [24] <https://impactcee.com/2017/06/27/foodblockchain-xyz-sets-redefine-food-supply-chain/>, [25] <https://origintrail.io/>; [26]<https://medium.com/origintrail/origintrail-protocol-will-become-the-foundational-blockchain-layer-for-the-new-food-integrity-a1a238005011>; [27] <https://www.zhongan.io/en/aboutus>; [28] <https://ico.tefoodint.com/te-food-white-paper.pdf>; [29] <http://wakchain.com/about/>; [30] <https://www.agridigital.io/about>; [31] <https://www.agridigital.io/blockchain>; [Pilot Report] https://daks2k3a4ib2z.cloudfront.net/593ba04f0052061059d5383e/5a0be176b08b700001502550_AgriDigital%20and%20CBH%20Blockchain%20Pilot%20Report.pdf; [32] <https://www.techbullion.com/interview-with-alvaro-ramirez-founder-and-ceo-of-eharvesthub-on-ehh-token-sale/>; [33]<http://wavebl.com/#about>; [34] <https://www.f6s.com/cargochain>; [35] <https://outlierventures.io/startup-tracker/#ecosystem>; [36] <https://www.avenews-gt.com/>; [37] <https://paragoncoin.com/login>; [38]<https://www.riddleandcode.com/about/>; [39]<https://www.agritrustchain.com/>; [40] <https://www.eximchain.com/documents/Whitepaper%20-%20Eximchain.pdf>; [41] <https://jawanashop.com/>; [42] <https://www.sensefinity.com/>; [43] <https://www.sensefinity.com/blog/2017/12/3/nestl-selects-sensefinity-for-co-development>; [44] <https://www.linkedin.com/company/genuino-blockchain/>; [45] <https://www.linkedin.com/company/priops/>; [46]<https://www.bitcoinisle.com/2016/05/10/the-blockchain-revolution-10-european-fintech-startups-to-watch-in-2016/>; [47]<https://www.linkedin.com/company/walimai-/>; [48] <http://blocktribune.com/walimai-using-blockchain-combat-product-counterfeiting/>; [49] / [50] https://demeter.life/static/uploads/2017/08/WP_1_2.pdf; [51] https://www.inchain.org/index_en.html#page2; [52] <http://news.8btc.com/inchain-poise-to-be-public-blockchain-for-anti-counterfeiting-in-china>; [53] <https://blockgrain.io/>; [54] https://blockgrain.io/Blockgrain_Whitepaper.pdf; [55] <https://www.linkedin.com/company/owlting/>; [56]<https://www.owlting.com/owlchain/>; [57]<https://www.bcdc.online/index#about-v2>; [58]<https://www.bcdc.online/foodtrax>; [59]<https://www.hypergive.com/#home>; [60]<https://betakit.com/hypergive-receives-2017-year-of-giving-award-at-dubai-summit/>; [61] https://www.devoleum.com/#they_talk_about_us; [62]<https://www.stateofthedapps.com/dapps/fabryc>; [63] <https://coffeechain.io/#content->; [64]<http://kippitech.com/>; [65] <https://dtco.co/en/index.html>; [66] <https://earthtwine.com/>; [67]<https://medium.com/@FarmShare/farmshare-white-paper-e05398837643>; [68]<https://devpost.com/software/farmshare>; [69]<https://www.arc-net.io/>; [70]

straight-outta-the-block-chain-dd10dc7db10e; [71] <https://ambrosus.com/>; [72] <https://blog.ambrosus.com/increasing-quality-coffee-trade-between-africa-china-ambrosus-pilot-project-6e5ce43814d4>; [73]<https://www.bloomberg.com/news/articles/2018-04-23/walmart-is-getting-suppliers-to-put-food-on-blockchain-to-track>; [74]<http://www.linkiesta.it/it/article/2017/10/03/la-blockchain-ora-entra-nei-supermercati/35708/>; [75] <https://www.dnvgl.com/news/dnv-gl-launches-my-story-the-blockchain-based-solution-to-tell-the-product-s-full-story-113549>; [76]<https://www.forbes.com/sites/rogeraitken/2017/12/14/ibm-walmart-launching-blockchain-food-safety-alliance-in-china-with-fortune-500s-jd-com/#75b494ae7d9c>; [77] http://www.scmr.com/article/nextgen_supply_chain_blockchain_moves_forward_in_the_supply_chain; [78] <http://www.carrefour.com/current-news/carrefour-launches-europes-first-food-blockchain-and-plans-to-extend-the-technology-to>; [79] <https://cointelegraph.com/news/japanese-use-blockchain-to-track-game-meat>; [80] <http://www-03.ibm.com/press/it/it/pressrelease/53613.wss>; [81] <https://www.coindesk.com/turkeychain-food-giant-cargill-launches-blockchain-tracking-pilot/>; [82] <http://www.alizila.com/alibaba-ups-food-safety-via-blockchain/>; [83]<https://www.ft.com/content/22b2ac1e-fd1a-11e7-a492-2c9be7f3120a>; [84] <http://wwf.panda.org/?320232/New-Blockchain-Project-has-Potential-to-Revolutionise-Seafood-Industry>.