

Progetto per l'esame di Organizzazione dell'Impresa:

# **La blockchain per il tracciamento della filiera agroalimentare**

**Nicolò Bartolini**

**Nicola Picciafuoco**

**Università Politecnica delle Marche**  
**Facoltà di Ingegneria**  
Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione  
Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Informatica e dell'Automazione

---



**Progetto per l'esame di Organizzazione dell'Impresa:**  
**La blockchain per il tracciamento della filiera  
agroalimentare**

Redazione del documento a cura di:

- **Nicolò Bartolini** (Matr. 1118768)
- **Nicola Picciafuoco** (Matr. 1118755)

---

**Anno Accademico 2023-2024**  
Anno I - Semestre II



## Indice

<b>Introduzione .....</b>	<b>5</b>
<b>1      Blockchain e applicazioni nell'agroalimentare .....</b>	<b>7</b>
<b>1.1    Registri distribuiti</b>	<b>7</b>
1.1.1 Decentralizzazione .....	8
1.1.2 Strutture dati .....	8
1.1.3 Transaction workflow .....	10
1.1.4 Agreement & algoritmi di consenso .....	10
1.1.5 Smart Contract .....	11
<b>1.2    Possibili applicazioni della blockchain nel mondo reale</b>	<b>12</b>
<b>1.3    Applicazioni nella filiera agroalimentare</b>	<b>14</b>
1.3.1 Supply Chain .....	14
1.3.2 Tracciabilità .....	15
1.3.3 Rintracciabilità .....	15
1.3.4 Trasparenza .....	16
1.3.5 Difendere il made in italy .....	16
1.3.6 Token di carbonio sulla Blockchain .....	17
1.3.7 RWA .....	18
1.3.8 Considerazioni finali .....	18
<b>2      Attività di web scraping .....</b>	<b>21</b>
<b>2.1    Tecnologie utilizzate</b>	<b>21</b>
2.1.1 Errori riscontrati .....	22
<b>2.2    Risultati e Considerazioni</b>	<b>23</b>
2.2.1 Adozione .....	23
2.2.2 Modalità di utilizzo .....	24

2.2.3	Prodotti per cui viene utilizzata la blockchain . . . . .	25
2.2.4	Considerazioni finali . . . . .	27
<b>3</b>	<b>Conclusioni</b> . . . . .	<b>29</b>



## Introduzione

Nell'ambito sempre più globalizzato e tecnologicamente avanzato di oggi, l'integrazione della blockchain nella filiera agroalimentare rappresenta un'avanzata cruciale verso un futuro di trasparenza e tracciabilità senza precedenti. In un'era caratterizzata da una crescente consapevolezza dei consumatori e da una domanda insistente per la sicurezza e la provenienza dei prodotti alimentari, la blockchain emerge come un baluardo contro l'opacità e la frode alimentare. Questa tecnologia, originariamente sviluppata come la spina dorsale delle criptovalute, sta ora trovando un'applicazione rivoluzionaria nei campi più disparati, dimostrando la sua capacità di garantire la fiducia attraverso l'inalterabilità e la decentralizzazione dei dati.

L'impiego della blockchain nel tracciamento della filiera agroalimentare non solo facilita una mappatura precisa e immutabile di ogni passaggio del prodotto, dalla semina alla tavola, ma instaura anche un nuovo paradigma di fiducia e integrità. Le parti coinvolte, dai coltivatori ai distributori, dai trasportatori ai consumatori finali, beneficiano di un sistema che non solo dettaglia la storia di ogni articolo, ma assicura anche che questa storia sia veritiera e non manipolabile. L'adozione di questa tecnologia avanguardistica nell'agricoltura e nella produzione alimentare può effettivamente eliminare le incertezze, ridurre gli sprechi, migliorare la gestione delle scorte e aumentare l'efficienza operativa, creando una rete di valore che beneficia tutti i soggetti coinvolti. Con l'ascesa di questa implementazione, si assiste a una trasformazione radicale del settore: una rivoluzione che promette di riconfigurare le interazioni e le transazioni all'interno dell'industria agroalimentare globale, rendendo il processo di fornitura un libro aperto a disposizione di chiunque voglia scutarne le pagine.

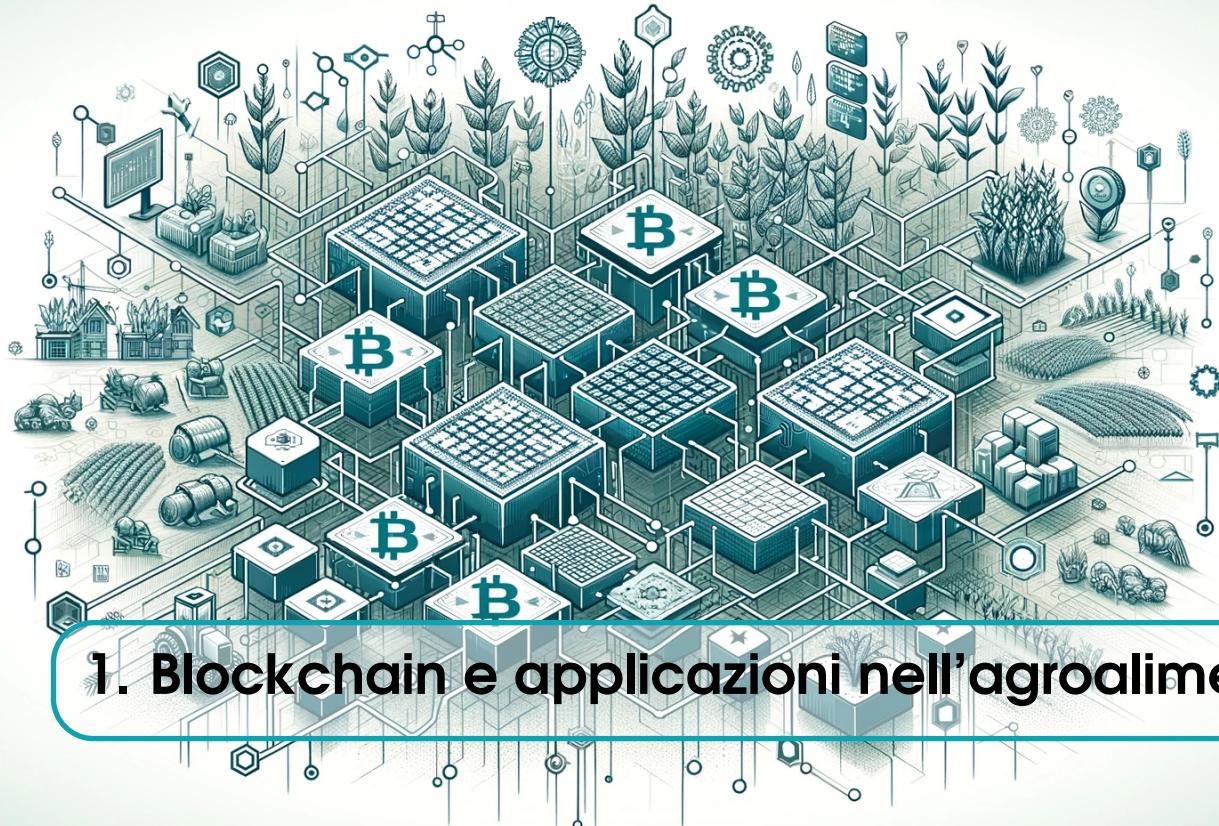
È, quindi, nel contesto di queste dinamiche complesse e interconnesse che la presente relazione si inserisce, con l'obiettivo di esaminare in dettaglio il potenziale dell'applicazione della blockchain nel settore agroalimentare italiano.

Nel contesto di questa ricerca, la fase iniziale è stata dedicata a un'esplorazione scrupolosa della tecnologia blockchain, con un'enfasi particolare sui tecnicismi di tale strumento e sulla sua applicazione nel settore agroalimentare. Questo non solo ha fornito un fondamento teorico solido per il lavoro a seguire, ma ha anche consentito la delineazione delle peculiarità e dei vantaggi offerti da tale tecnologia rispetto ad altre soluzioni.

Successivamente, il focus si è spostato sull'analisi vera e propria dell'adozione della tecnologia blockchain da parte delle aziende agricole italiane. In questa fase, è stata condotta un'analisi meticolosa dei siti web di oltre 6500 aziende agricole italiane, con il fine di individuare quelle che sfruttano la tecnologia blockchain per il tracciamento dei propri prodotti. Questa analisi ha consentito, infine, una seconda analisi specifica sulle aziende individuate, con lo scopo di specificare chiaramente la modalità di utilizzo della blockchain da parte di tali aziende.

Per fornire una visione comprensiva del progetto, la relazione è strutturata nei seguenti capitoli:

- Nel Capitolo 1, si offre una descrizione dettagliata e scrupolosa della tecnologia blockchain. Nello specifico, è stato descritto, innanzitutto, il funzionamento tecnico della tecnologia blockchain seguito da un'analisi tecnica dei suoi utilizzi nell'ambito del settore agroalimentare.
- Nel Capitolo 2, si descrive, a livello tecnico, l'attività di web scraping realizzata per individuare le aziende agricole italiane che sfruttano la blockchain. In secondo luogo, si conduce un'analisi sulla modalità di utilizzo, da parte di tali aziende, della blockchain e sulla distribuzione geografica delle aziende individuate.
- Nel Capitolo 3, infine, si delineano le conclusioni, effettuando una discussione sull'intero progetto svolto.



## 1. Blockchain e applicazioni nell'agroalimentare

### 1.1 Registri distribuiti

La *blockchain* è un esempio di registro distribuito, ovvero una tecnologia informatica che sfrutta un insieme di *nodi* (*partecipanti*) per mantenere e validare transazioni. Tali nodi collaborano per creare un registro condiviso, dove ogni transazione è immutabilmente registrata.

La certezza della proprietà di immutabilità deriva principalmente da due fattori, ovvero la struttura a blocchi e il meccanismo di consenso.

#### Struttura a blocchi

Ogni transazione è raggruppata in *blocchi* collegati tra loro, formando una catena, da cui il termine "blockchain". Ogni blocco contiene un insieme di transazioni e un riferimento al blocco precedente, creando, così, una sequenza di blocchi collegati che può essere ripercorsa fino al primo blocco (o prima transazione), chiamato *blocco genesi*. Quando un blocco viene aggiunto alla catena, diventa estremamente difficile modificarlo senza invalidare tutti i blocchi successivi, grazie alla crittografia dell'intera catena e alla struttura dati della catena stessa.

#### Meccanismo di consenso

In secondo luogo, il *meccanismo di consenso* è fondamentale per garantire l'integrità del registro distribuito. Nei sistemi basati su blockchain, i partecipanti devono concordare sullo stato del registro. Questo "accordo" viene raggiunto attraverso vari protocolli di consenso, come il *Proof of Work* (*PoW*) o il *Proof of Stake* (*PoS*), che richiedono ai partecipanti di dedicare risorse computazionali o token per confermare e validare le transazioni. Poiché la modifica dei dati richiederebbe il consenso della maggior parte dei partecipanti alla rete (i.e.: almeno il 51% nel caso del *PoW*), è estremamente difficile alterare le transazioni esistenti senza il consenso della maggioranza, rendendo così l'immutabilità del registro praticamente garantita.

### 1.1.1 Decentralizzazione

Per capire il motivo della necessità di un registro distribuito, si devono analizzare i possibili scenari in cui non sia possibile effettuare la distribuzione del registro. Tali scenari sono:

- Se Alice tiene il registro, Bob deve fidarsi di Alice per la correttezza delle registrazioni.
- Se Bob tiene il registro, la situazione è analoga alla precedente, ma adesso è Alice che deve fidarsi di Bob.
- Potrebbero affidarsi a una terza persona, come un notaio, che tiene il registro e annota le transazioni. In questo caso, entrambi devono fidarsi del notaio.

Un'alternativa a questo approccio è *decentralizzare* il registro, permettendo a ogni partecipante di tenerne una copia. Se tutti i partecipanti annotano la stessa transazione nei propri registri e la maggioranza dei registri concorda, si può avere una maggiore sicurezza rispetto alla fiducia in un singolo ente.

Questo concetto di decentralizzazione e distribuzione dei registri è alla base delle *Distributed Ledger Technologies (DLT)*. In una DLT, una struttura immutabile, condivisa, replicata e sincronizzata regista le transazioni tra i partecipanti della rete. Si basa su una particolare struttura dati, come la blockchain, su un protocollo per lo scambio e la verifica delle transazioni, e su criteri per prendere decisioni all'interno della rete.

Si parla di *problema di accordo* quando un nodo ha un valore e gli altri devono validarlo, mentre si parla di *problema di consenso* quando ad ogni nodo viene assegnato un valore ed è necessario comprendere quale nodo ha raccolto il maggior numero di consensi. Spesso, i termini *problema di accordo* e *problema di consenso* vengono usati in modo intercambiabile, anche se si riferiscono a concetti leggermente diversi, nonostante gli algoritmi utilizzati per risolvere uno possono essere utilizzati anche per l'altro.

### 1.1.2 Strutture dati

Per quanto riguarda le strutture dati utilizzate nella blockchain, il concetto fondamentale è chiamato *firma digitale*. La firma digitale è un algoritmo di crittografia che valida la transazione, prendendo il testo e moltiplicandolo per la sua firma.

$$Tx \cdot Enc(k_A^-, h(Tx)) \rightarrow Tx \cdot c$$

La firma digitale viene ottenuta a partire dal *calcolo dell'hash* (la funzione  $h(Tx)$  presente nella suddetta formula), che è un calcolo non invertibile e che garantisce un'impronta digitale unica. Successivamente, utilizzando la *chiave privata*  $k_A^-$ , l'hash viene cifrato e si ottiene la firma digitale. Utilizzare la funziona di hash è molto sicuro perché l'hash può essere decifrato solo attraverso l'utilizzo della chiave utilizzata per la cifratura.

La firma digitale non è solo un algoritmo utilizzato per la validazione della transazione, ma anche una tecnica per garantire che i dati non siano stati manomessi. Una firma digitale deve essere verificabile e non falsificabile.

#### Hash chain

Una *hash chain* è una successione di applicazioni di una funzione hash crittografica.

Sulla base di queste catene si costruiscono le DLT, così da poter risalire al portafoglio tramite la chiave pubblica. Ogni utente, per partecipare alla DLT, deve possedere un *portfolio*, ovvero l'insieme di chiave pubblica e privata. Con esso è possibile spostare token, ma può fungere anche da validatore per le transazioni.

Sia  $h$  una funzione hash,  $x$  una stringa,  $n$  un numero naturale. Allora:

$$h^n(x) = h(h(\dots h(x) \dots))$$

Quindi date le precedenti informazioni è possibile dare una definizione di blockchain più accurata.

**Definizione 1.1 — Blockchain.** La *blockchain* è una lista concatenata di hash, cioè una lista di cifrature. Ogni elemento di una lista ha un puntatore all'elemento precedente, che, in una blockchain, è l'hash dell'elemento precedente.

Come illustrato nella Figura 1.1, il primo blocco è detto *blocco genesi*, con puntatore vuoto. Oltre al puntatore, in ogni blocco viene memorizzato salvato il *timestamp*, ovvero la data in cui è stato *forgiato* il blocco, e il *nonce*, ovvero un numero generato casualmente ma diverso dai precedenti. Ci sono una serie di blocchi dati dove sono salvate le transazioni, e ogni blocco ha una capacità di storage limitata. Per riportare questi blocchi si usa l'*albero di Merkle*.

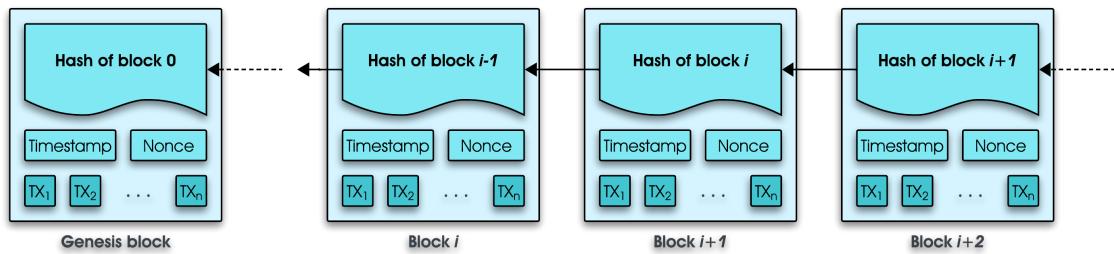


Figura 1.1: Struttura di una blockchain

### Merkle Tree

Un *albero di Merkle* è un albero di hash contenente le transazioni, cioè un albero in cui ogni "foglia" è contrassegnata con l'hash crittografico di un blocco di dati, e ogni nodo che non è una foglia è contrassegnato con l'hash crittografico delle etichette dei suoi nodi figlio.

Come visibile nella Figura 1.2, per ognuno dei blocchi dati viene calcolato un hash, da cui, poi, se ne calcola un altro e così via fino al top hash. In questo modo, in cima si ha l'hash di tutto il foglio di registro.

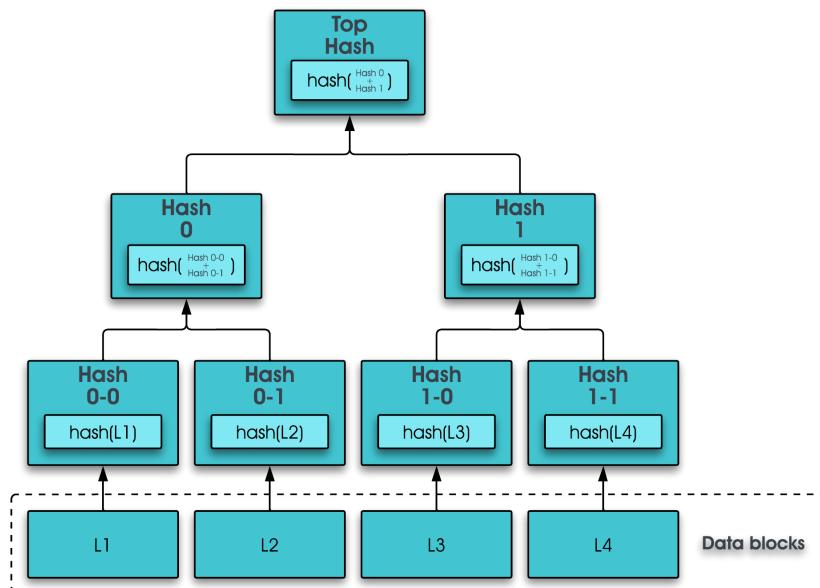
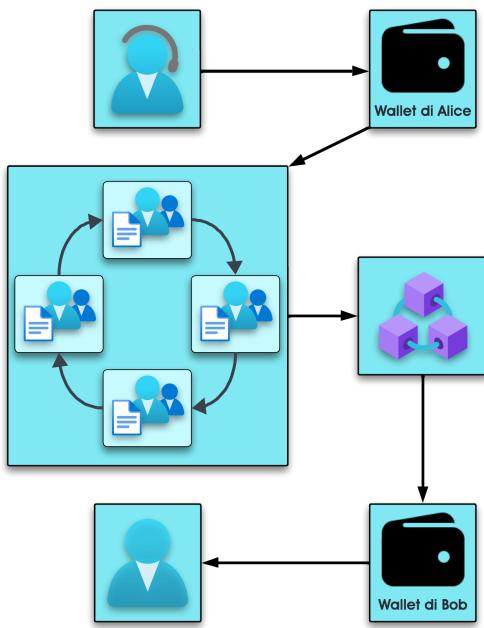


Figura 1.2: Merkle tree

Si può notare che, a partire dai blocchi radice dell'albero, quindi dai loro hash, è possibile ricostruire l'intero albero delle transazioni.

### 1.1.3 Transaction workflow

La seguente lista rappresenta i passaggi che avvengono in una transazione in blockchain:



1. Alice inizia una transazione  $Tx$  utilizzando il suo portafoglio anonimo, inviando la richiesta a un nodo.
2. Il nodo trasmette la  $Tx$  ricevuta agli altri nodi.
3. Ogni nodo convalida la  $Tx$  ricevuta e la memorizza nel suo mempool ( $Tx$  non confermata).
4. Periodicamente (ogni 10 minuti per Bitcoin; ogni 12 secondi per Ethereum), viene selezionato un nodo leader.
5. Il leader combina le  $Tx$  nel suo mempool per forgiare nuovi blocchi e trasmetterli.
6. Ogni nodo convalida il blocco ricevuto e decide se è stato raggiunto un consenso sul nuovo blocco. In caso affermativo aggiunge il nuovo blocco alla sua copia della blockchain.
7. Alcuni dei nodi possono essere ricompensati.
8. Bob può leggere la transazione di Alice tramite il suo portafoglio anonimo.

### 1.1.4 Agreement & algoritmi di consenso

Gli *algoritmi di consenso* dipendono da quanti nodi sono utilizzati, oltre che dal tipo di blockchain su cui agiscono. Ne esistono di diverse tipologie:

1. *Public*: chiunque può diventare un nodo validatore, è sufficiente scaricare una copia della blockchain in locale e iniziare ad agire da nodo validatore. Per realizzare ciò sono previste delle ricompense. Questa tipologia di blockchain viene detta *permissionless*.
2. *Consortium*: solo nodi selezionati e autorizzati possono essere nodi validatori. La blockchain, in questo modo, viene gestita da più enti. Questa tipologia di blockchain viene detta *permissioned* e non prevede una ricompensa.
3. *Private*: solo nodi selezionati e autorizzati possono essere nodi validatori. La blockchain, tuttavia, è gestita da un unico ente. Anche questa tipologia di blockchain viene detta *permissioned* e non prevede una ricompensa.

Quando si parla di *permissionless*, si ha maggior fiducia tra gli utenti, essendo una tipologia di blockchain "aperta". Invece, nel caso di *permissioned*, si ha una minor fiducia, ma una maggior sicurezza poiché i nodi sono selezionati.

Gli algoritmi di consenso variano molto tra le blockchain pubbliche e le private sono molto. Nelle blockchain pubbliche, generalmente, vengono utilizzati algoritmi "proof of [...]", in cui, per poter approvare una transazione, è necessario raggiungere un certo potere esecutivo. Nelle blockchain private, invece, il consenso viene raggiunto in regime di guasti bizantini.

La differenza, tra i vari algoritmi, risiede nella soglia delle decisioni (*quorum*). Nelle blockchain pubbliche, ad esempio, una decisione viene accettata se viene raggiunta una soglia del 50% + 1%. Nelle blockchain private, invece, la soglia da raggiungere è del 66% + 1%.

### **Proof of Work**

Il *Proof of Work* (PoW) è un algoritmo di consenso utilizzato da molte blockchain per garantire la sicurezza delle transazioni e prevenire attacchi malevoli. I nodi della rete, chiamati minatori, risolvono problemi matematici complessi per convalidare e registrare le transazioni su un nuovo blocco. Questo processo, pur essendo fondamentale per la sicurezza della rete, è altamente energivoro poiché richiede considerevole potenza di calcolo. Il primo minatore che risolve il problema ottiene il diritto di aggiungere il nuovo blocco alla blockchain e viene ricompensato con la criptovaluta corrispondente.

### **Proof of Stake**

Il *Proof of Stake* (PoS) è un altro algoritmo di consenso utilizzato per garantire la sicurezza e la convalida delle transazioni in una blockchain. Invece di risolvere calcoli matematici, come nel PoW, i validatori sono scelti in base alla quantità di criptovaluta che "mettono in gioco" come garanzia. Se un validatore propone un blocco malevolo, perde la sua posta. Ciò riduce notevolmente il bisogno di potenza di calcolo, rendendo il PoS molto più efficiente dal punto di vista energetico rispetto al PoW.

## **1.1.5 Smart Contract**

Uno Smart Contract è un contratto auto-esecutivo con delle regole di accordo tra due parti direttamente stipulate in codice informatico. Esso risiede e opera all'interno di una blockchain. Il punto di forza degli Smart Contract è che sono inalterabili e decentralizzati, il che significa che, una volta impostati, nessuna parte può modificarli unilateralmente, e non è necessario un intermediario per garantire o eseguire il contratto. Questo riduce i rischi di frodi, manomissioni e interruzioni.

### **Funzionamento degli Smart Contract**

Alla base, il funzionamento di uno Smart Contract è simile a quello di un programma tradizionale: ha variabili, funzioni e può avere condizioni come costrutti condizionali e iterativi. Tuttavia, a differenza di un programma normale, una volta che uno Smart Contract è stato implementato<sup>1</sup> su una blockchain, non può più essere modificato. Se esistessero eventuali errori nel codice, questi potrebbero causare gravi problemi, come perdite di fondi, rendendo cruciale la fase di verifica e test prima della pubblicazione.

### **Decentralized Applications (DAPP)**

Per *applicazione decentralizzata* (DAPP), si intende un software dove le decisioni sono distribuite su più nodi validatori, che poi distribuiscono le elaborazioni. Non esiste un server centralizzato che elabora i dati.

Le DAPP presentano diverse caratteristiche distintive rispetto alle applicazioni tradizionali:

- *Implementate tramite smart contracts (Smart Contracts)*: gli smart contracts automatizzano le transazioni e gli accordi, operando senza intermediari.
- *Peer-to-Peer*: le DAPP operano su una rete peer-to-peer, senza un server centrale.

---

<sup>1</sup>Spesso viene usato il termine *deployato*. Il termine "deployare" è un anglicismo derivato dal verbo inglese *to deploy*, che in contesti informatici significa mettere in funzione un'applicazione, un sistema o un nuovo servizio, solitamente trasferendolo da un ambiente di sviluppo/test a un ambiente di produzione dove può essere accessibile agli utenti finali.

- *Senza server centrale (no central server)*: eliminano la necessità di un'entità centrale che gestisce e controlla l'applicazione.
- *Immutabili (Immutable)*: una volta scritte sulla blockchain, le informazioni non possono essere modificate o cancellate.
- *Codice sorgente aperto (open source code)*: garantisce trasparenza e minori attività fraudolente.
  - *Trasparenza (Transparency)*: il codice sorgente aperto offre maggiore visibilità e fiducia.
  - *Meno attività fraudolente (less phishy activities)*: la trasparenza riduce il rischio di attività malevole.
- *Simili alle applicazioni tradizionali ma decentralizzate*: le DAPPs hanno funzionalità simili alle applicazioni tradizionali, ma sono costruite e gestite in modo decentralizzato.
  - *Conservazione dei dati su blockchain (data stored on a blockchain)*: tutti i dati sono archiviati in modo sicuro e decentralizzato.
  - *Codice back-end su blockchain (back-end code running on a blockchain)*: il codice di backend è eseguito sulla blockchain, garantendo sicurezza e decentralizzazione.

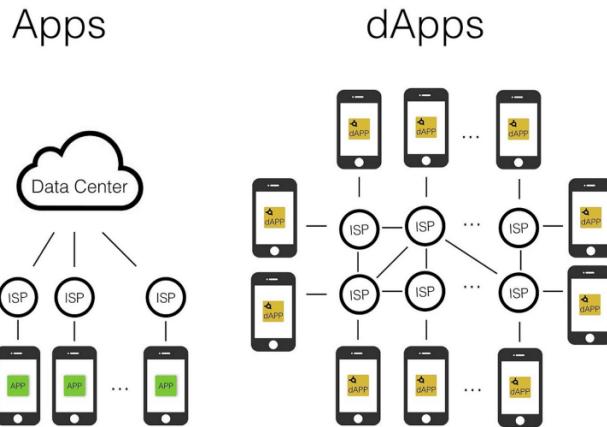


Figura 1.3: Schema rappresentante le differenze principali tra DAPP e app. Fonte: <https://cryptonomist.ch/2019/08/17/dapp-cosa-sono-come-funzionano/>

### DAPP Development Process

In Figura 1.4 è illustrato il processo di sviluppo di una DAPP. Gli smart contract sono sviluppabili e testabili nel back-end della DAPP, ossia in un contesto detto *off-chain*. La blockchain, invece, si trova in una parte detta *on-chain*. Affinché l'intera applicazione funzioni, è necessario integrare la parte *on-chain* e *off-chain*.

Esistono delle blockchain pubbliche per il testing, dove non gira vero denaro. Il deployment vero e proprio, poi, viene eseguito sulla *main-net*, cioè la rete principale. Prima di passare alla main-net, è importante essere sicuri. Per *deployment* si intende il caricamento di uno smart contract sulla blockchain: viene distrutto il vecchio smart contract, recuperando la parte di stato che interessa, e si trasferisce nel nuovo smart contract.

## 1.2 Possibili applicazioni della blockchain nel mondo reale

La blockchain, in quanto tecnologia all'avanguardia, offre una serie di applicazioni pratiche che vanno oltre il semplice scambio di criptovalute. Il suo vero potenziale si manifesta attraverso gli Smart Contract, che possono essere sfruttati in una molteplicità di contesti. Di seguito

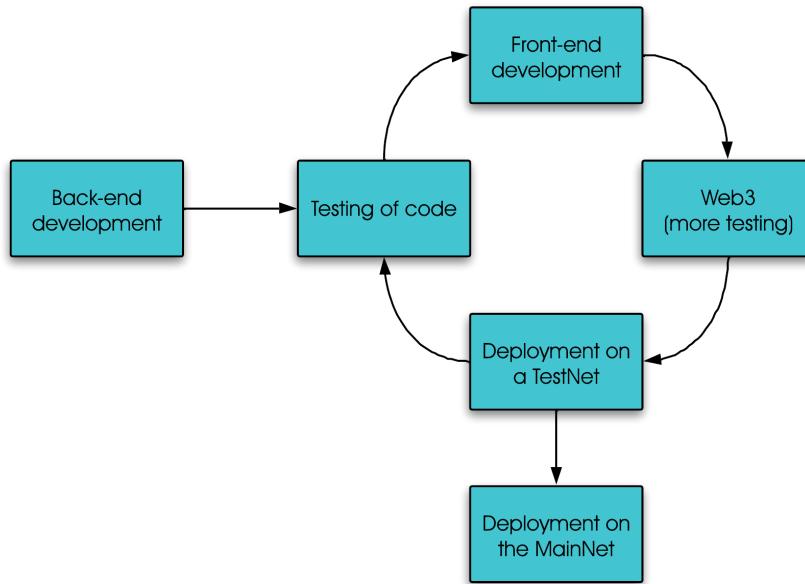


Figura 1.4: Processo di sviluppo DAPP

sono riportati alcuni esempi concreti di come la blockchain stia già trovando applicazioni nel mondo reale:

- Gestione della Supply Chain: possono tracciare prodotti lungo tutta la catena di fornitura, assicurando l'autenticità e l'origine dei prodotti.<sup>2</sup>
- Immobiliare: automatizzazione delle vendite e degli affitti, rendendo il processo più veloce e trasparente<sup>3</sup>.
- Voto: creazione di sistemi di voto sicuri e trasparenti.
- Assicurazioni: automatizzazione dei pagamenti delle polizze in base a eventi predefiniti.
- Giochi e Applicazioni Decentralizzate (DApp): creazione di giochi basati su blockchain o piattaforme social con regole definite dagli Smart Contracts.

### Vantaggi

Questa tecnologia vanta di numerosi vantaggi:

- Trasparenza: tutte le parti possono vedere i dettagli e l'esecuzione dello Smart Contract sulla blockchain.
- Sicurezza: la blockchain è sicura e resistente alle manomissioni.
- Risparmio: eliminazione degli intermediari e automatizzazione dei processi.
- Velocità: i processi automatici sono generalmente più rapidi dei processi manuali.

### Svantaggi

Tuttavia, ci sono anche delle sfide. La principale è che gli Smart Contract sono "immutabili", il che significa che, una volta pubblicati, non possono essere facilmente modificati o annullati. Questo ha portato a incidenti nei quali sono stati scoperti errori nei contratti, con

<sup>2</sup>approfondimento su realtà che già esistono: <https://cryptonomist.ch/2023/08/23/parmigiano-reggiano-certificato-blockchain/> anche sull'alta moda <https://cryptonomist.ch/2020/01/28/textilechain-moda-blockchain-made-in-italy/> <https://cryptonomist.ch/2023/09/20/mozzarella-crypto-blockchain-tracciabilita/>

<sup>3</sup>esempio di transazione per l'evento di pubblicazione del tribunale di Ancona per un immobile <https://blockchain.astegiudiziarie.it/Blockchain/AsteGiudiziarie?guid=246090ba-f867-4090-a818-af3e939fbde>

conseguente perdita di milioni di dollari. Inoltre, la programmazione degli Smart Contract richiede competenze specializzate, poiché gli errori possono avere conseguenze finanziarie significative.

### **1.3 Applicazioni nella filiera agroalimentare**

Nella presente sezione verranno esaminati tre aspetti rilevanti nell'ambito agroalimentare in cui la blockchain può apportare significativi miglioramenti. Tali aspetti includono la tracciabilità, la rintracciabilità e la trasparenza. In un paese con

La *tracciabilità* rappresenta uno dei pilastri fondamentali per garantire la qualità e l'autenticità degli alimenti lungo tutta la catena di produzione e distribuzione. Attraverso l'utilizzo della blockchain, è possibile registrare in modo sicuro e immutabile ogni fase del processo, dall'origine dei prodotti agricoli fino al loro arrivo sulle tavole dei consumatori. Ciò consente alle autorità di regolamentazione e ai consumatori stessi di avere accesso a informazioni dettagliate sulla provenienza, sui metodi di coltivazione e sulle condizioni di trasporto degli alimenti, contribuendo così a garantire la sicurezza e la qualità degli stessi.

La *rintracciabilità*, strettamente correlata alla tracciabilità, si concentra sulla capacità di individuare rapidamente e con precisione la fonte di eventuali contaminazioni o problemi lungo la catena di distribuzione. Grazie alla blockchain, è possibile identificare con facilità il percorso seguito da un determinato lotto di prodotti, consentendo alle autorità sanitarie e agli operatori del settore di intervenire tempestivamente per limitare il rischio per la salute pubblica e proteggere la reputazione dei produttori.

Inoltre, la *trasparenza* rappresenta un elemento chiave per instaurare la fiducia tra produttori e consumatori. Attraverso l'utilizzo della blockchain, è possibile garantire un accesso equo e trasparente alle informazioni riguardanti la produzione, la distribuzione e la vendita degli alimenti. Ciò consente ai consumatori di prendere decisioni più consapevoli e informate, premiando i produttori che adottano pratiche sostenibili e responsabili.

Infine, Nell'ambito *agroalimentare*, l'utilizzo della blockchain può svolgere un ruolo cruciale nella difesa e nella promozione del marchio Made in Italy. La blockchain offre un'opportunità unica per garantire l'autenticità e la qualità dei prodotti italiani, proteggendoli da contraffazioni e imitazioni e promuovendo la loro unicità sui mercati nazionali e internazionali.

#### **1.3.1 Supply Chain**

Analizzando l'ambito preposto del progetto cioè quello agroalimentare possiamo andare ad analizzare l'ambito applicativo.

La *supply chain*, o catena di approvvigionamento, abbraccia ogni aspetto e fase della produzione, dal concepimento del prodotto alla sua distribuzione e vendita all'utente finale. In questa complessa rete, le aziende devono essere capaci di accedere rapidamente e in modo efficiente alle risorse necessarie, per soddisfare le mutevoli esigenze del mercato.

Fondamentale distinguere la logistica dalla supply chain, dato che i due termini, pur strettamente correlati, vengono spesso impropriamente utilizzati come sinonimi. La logistica è, infatti, una componente specifica della supply chain: essa si occupa dell'organizzazione, gestione e trasporto di prodotti e materie prime lungo la catena di produzione. Mentre la logistica si focalizza sul trasferimento fisico e sulla distribuzione dei beni, la supply chain, in senso lato, comprende tutti i processi, risorse e attori coinvolti nella filiera produttiva, dalla produzione al punto vendita.

### 1.3.2 Tracciabilità

Per *tracciabilità* si intende la capacità di seguire un prodotto attraverso tutti i passaggi della sua filiera produttiva, dalla sua origine al consumatore finale. Ad esempio, nella produzione del succo di mela, il processo di tracciabilità parte dal campo in cui l'albero viene coltivato, passando per tutte le fasi di raccolta e lavorazione, fino a giungere sugli scaffali dei negozi. Il termine inglese "tracking" si riferisce a questo concetto. Tuttavia, in italiano, è essenziale distinguerla dal concetto di *rintracciabilità* che verrà esaminato nella Sezione 1.3.3.

La tracciabilità può essere classificata in due principali sotto categorie: tracciabilità interna ed esterna.

- *Tracciabilità interna*: capacità di un'azienda di monitorare l'origine delle sue materie prime, i processi di trasformazione e la distribuzione dei prodotti finiti. Questo tipo di tracciabilità è gestita singolarmente da ogni azienda, indipendentemente dalle azioni di altre entità nella supply chain.
- *Tracciabilità esterna*: coinvolge l'intera filiera, richiede la collaborazione di tutte le aziende coinvolte. In settori come l'agroalimentare, la raccolta e l'integrazione di dati da diverse aziende è una sfida notevole.

Dal punto di vista normativo, tracciabilità ed *etichettatura* sono strettamente interconnesse. Le leggi vigenti impongono l'inserimento di specifiche informazioni sulla tracciabilità direttamente sull'etichetta del prodotto, aumentando la trasparenza per il consumatore e garantendo l'accesso a informazioni essenziali. Questa pratica assicura non solo che le aziende siano in grado di identificare e affrontare prontamente eventuali rischi per la salute, ma anche di assumersi la piena responsabilità in caso di problemi.

### 1.3.3 Rintracciabilità

Per *rintracciabilità* si intende la capacità di ricostruire a ritroso l'intero percorso di un prodotto, risalendo fino alle sue materie prime originarie. Mentre la tracciabilità segue un prodotto dal suo inizio, cioè dalla produzione delle materie prime, fino al suo arrivo sul mercato, la rintracciabilità opera in direzione opposta: inizia dal prodotto finito e risale fino alla sua origine.

Il processo ha diverse finalità fondamentali:

- *Ricostruzione dettagliata del prodotto*: accedere a informazioni chiave sul prodotto, quali componenti, lotti di provenienza e metodologie di produzione.
- *Creazione di una cronologia produttiva*: identificare le fasi di trasferimento di proprietà e il percorso che il prodotto ha attraversato.
- *Gestione delle emergenze*: qualora emergessero rischi legati al prodotto, sia per l'essere umano che per l'ambiente, la rintracciabilità permette di effettuare richiami mirati.
- *Monitoraggio a lungo termine*: facilitare la valutazione degli impatti di certi prodotti sull'ambiente e sulla salute nel lungo periodo.
- *Convalida delle etichette*: assicurare che le informazioni fornite al consumatore attraverso l'etichettatura siano veritieri.

La rintracciabilità rappresenta uno strumento marketing di inestimabile valore. Essa infatti permette alle aziende di valorizzare la trasparenza del proprio processo produttivo, mettendo in evidenza le caratteristiche uniche del prodotto, le specificità legate all'origine geografica o alla metodologia di lavorazione, e promuovendo i valori distintivi del brand.

Dal punto di vista pratico, se ogni entità all'interno della supply chain ha attuato con successo procedure di tracciabilità interna, si avranno a disposizione tutti gli elementi necessari per ricostruire la storia completa del prodotto. La rintracciabilità, in tale contesto, diventa un esercizio di raccolta e interpretazione delle "impronte digitali" che ogni fase di lavorazione ha impresso sul prodotto.

Per tutta questa serie di motivi risulta di fondamentale importanza essere in grado di garantire strumenti per avere una tracciabilità e rintracciabilità efficienti e sicuri e la blockchain, per sua natura, viene in aiuto poiché, essendo una catena di blocchi concatenati in cui vi è possibile leggere all'interno, risulta essere molto efficiente per sviluppare app nell'ambito di tracciabilità e rintracciabilità.

Data la natura dello Smart Contract spiegata nella Sezione 1.1.5, una volta che viene deployato nella MainNet, esso non è più modificabile, rendendo questa soluzione tecnologica ottima per garantire la verità in ambito di tracciabilità o rintracciabilità, dove non serve appoggiarsi ad un ente certificatore esterno, perché la blockchain e lo Smart Contract compiono questo lavoro intrinsecamente nella loro natura.

#### **1.3.4 Trasparenza**

L'attuale tendenza verso un consumo sempre più diffuso di alimenti biologici è un segno tangibile del cambiamento nelle preferenze alimentari della società. Tuttavia, una delle principali sfide di questo movimento è garantire l'autenticità e la qualità di tali prodotti prima che raggiungano il consumatore finale. Attualmente, la verifica dell'effettiva natura biologica di un alimento può essere complicata e opaca per il consumatore medio.

Una possibile soluzione a questo problema potrebbe essere la certificazione. Tuttavia, questo processo aggiunge ulteriori costi alla produzione già dispendiosa di alimenti biologici. Di conseguenza, ciò potrebbe rendere questi prodotti inaccessibili a una fascia più ampia di consumatori. Tuttavia, emerge una soluzione innovativa: la blockchain.

Aziende come *Agrileger*, *FarmShare*, *Agridigital* e *Provenance* stanno rivoluzionando il settore agricolo attraverso l'implementazione della tecnologia blockchain. Questa tecnologia offre una trasparenza senza precedenti lungo l'intera catena di approvvigionamento, dal momento in cui il cibo viene coltivato fino a quando raggiunge le mani del consumatore. Grazie a un'applicazione mobile, i consumatori possono facilmente accedere a informazioni dettagliate sull'origine e sulla storia del prodotto che intendono acquistare.

L'importanza di questo approccio non può essere sottovalutata. La tracciabilità garantita dalla blockchain non solo offre una maggiore fiducia nella provenienza e nella qualità degli alimenti, ma consente anche di individuare rapidamente eventuali problemi lungo la catena di distribuzione. Se, per esempio, un carico di prodotti si deteriora durante il trasporto, è possibile risalire esattamente alla fonte del problema e adottare misure correttive tempestive. Questo non solo riduce gli sprechi e i costi associati, ma contribuisce anche a mantenere i prezzi dei prodotti sotto controllo, garantendo che una quantità maggiore di cibo fresco e sicuro raggiunga i consumatori. In questo modo, la tecnologia blockchain non solo promuove la trasparenza, ma contribuisce anche a creare un mercato alimentare più sano, sostenibile ed equo per tutti i suoi attori.

#### **1.3.5 Difendere il made in Italy**

Il settore agroalimentare è profondamente influenzato dalle tendenze e dalle preferenze dei consumatori. Negli ultimi anni, c'è stata una crescente domanda da parte dei consumatori per alimenti freschi, naturali e biologici, così come per prodotti alimentari confezionati in modo sostenibile e responsabile. Le aziende agroalimentari devono quindi essere in grado di adattarsi a queste tendenze e di offrire prodotti che rispondano alle esigenze e alle aspettative dei consumatori moderni.

Inoltre il settore agroalimentare è fortemente influenzato dalle dinamiche del mercato globale. Le esportazioni e le importazioni di prodotti alimentari giocano un ruolo significativo nell'economia di molti paesi, e le aziende agroalimentari devono essere in grado di competere efficacemente su scala internazionale, combattendo anche la contraffazione del made in Italy.

La qualità, l'autenticità e l'unicità dei prodotti sono quindi fattori chiave per il successo nel mercato globale, e la blockchain può svolgere un ruolo importante nel garantire la tracciabilità e la trasparenza dei prodotti agroalimentari italiani sui mercati internazionali.

### Progetto TrackIT blockchain

L'importanza e l'effetto di questa nuova tecnologia è possibile vederlo anche con il progetto TrackIT Blockchain.

Esso è un progetto rivolto alle aziende italiane che desiderano incrementare il proprio vantaggio competitivo sui mercati nazionali e internazionali attraverso l'implementazione della tecnologia blockchain. Grazie all'adesione a questo progetto, le aziende hanno l'opportunità di tracciare in modo trasparente i punti cruciali della propria filiera produttiva e di comunicare direttamente con i consumatori e i partner commerciali, valorizzando così la qualità e l'unicità dei propri prodotti.

L'adesione al progetto, aperta fino al 31 dicembre 2024 e senza alcun costo per le aziende partecipanti, prevede il supporto dell'Agenzia ICE nella copertura dei costi di implementazione della tecnologia blockchain, con la possibilità di scegliere uno dei partner tecnologici disponibili per la realizzazione del tracciamento blockchain dei prodotti.

I principali vantaggi offerti da TrackIT Blockchain includono:

- Trasparenza nella Filiera Produttiva: la tecnologia blockchain consente alle aziende di raccontare in modo trasparente la qualità della propria filiera produttiva, fornendo ai consumatori informazioni dettagliate sulla provenienza e sul processo di produzione dei prodotti.
- Comunicazione Diretta con i Consumatori: attraverso l'utilizzo di QR Code o Smart Tag facilmente scansionabili, le aziende possono creare un canale di comunicazione diretto con i consumatori e i partner commerciali, permettendo loro di conoscere la storia e le caratteristiche uniche dei prodotti.
- Valorizzazione del Made in Italy: trackIT Blockchain consente alle aziende di valorizzare la qualità e l'unicità dei propri prodotti, promuovendo il marchio Made in Italy sui mercati internazionali e aumentando la fiducia dei buyer e dei consumatori.
- Promozione sui Mercati Esteri: le aziende e i prodotti tracciati con TrackIT Blockchain beneficiano di una promozione ad hoc sui mercati esteri da parte dell'Agenzia ICE, al fine di incrementare la visibilità verso buyer locali e consumatori finali, aiutando a combattere la contraffazione del made in italy.



La fonte delle suddette informazioni è al link <https://www.ice.it/it/blockchain>

#### 1.3.6 Token di carbonio sulla Blockchain

Un altro utilizzo innovativo risiede nell'utilizzo di *token di carbonio* sulla blockchain, dove la necessità di affrontare il cambiamento climatico si sposa con le soluzioni innovative e efficaci che possono essere garantite dalla blockchain.

**Definizione — Token di carbonio.** Un *token di carbonio* rappresenta essenzialmente una specie di "moneta ecologica" che, una volta acquisito, indica che è stata evitata l'emissione di una tonnellata di  $CO_2$  grazie a un progetto di tutela ambientale. L'obiettivo principale di questi progetti è contribuire a ridurre le emissioni totali di gas serra nell'atmosfera.

Questo è uno strumento potente nella lotta contro il cambiamento climatico, dove aziende e privati possono "acquistare" quantità arbitrarie di  $CO_2$ , in modo trasparente e sicuro tramite l'utilizzo dei token di carbonio digitali.

Questi token, registrati su una blockchain pubblica o privata, assicurano la tracciabilità e l'immutabilità delle transazioni, garantendo un sistema affidabile e riducendo il rischio di frodi.<sup>4</sup>

La blockchain permette di tracciare ogni singolo token di carbonio dalla sua creazione alla sua compensazione finale. Questo livello di trasparenza aumenta la fiducia nel sistema e riduce le incertezze associate alle transazioni.

### **1.3.7 RWA**

L'ultimo trend emergente sono i *Real World Assets (RWA)* che designano beni tangibili o finanziari del mondo reale, utilizzati come collaterali o asset sottostanti per token o prodotti finanziari nel contesto delle criptovalute. Tra questi si annoverano proprietà immobiliari, titoli di debito, azioni di società, metalli preziosi, opere d'arte e altri asset.

L'obiettivo principale dei RWA è quello di stabilire un collegamento tra il settore finanziario tradizionale e quello emergente delle criptovalute, conferendo maggiore stabilità e legittimità agli asset digitali. Ciò deriva dal fatto che i RWA offrono un valore intrinseco e tangibile, valutabile secondo i criteri convenzionali del mercato finanziario.

Ad esempio, un token che simboleggia una quota di proprietà immobiliare reale fornisce agli investitori in criptovalute l'opportunità di entrare nel mercato degli investimenti immobiliari, integrando così la stabilità e il valore tangibile del settore immobiliare nel panorama delle criptovalute. Inoltre, l'impiego dei RWA come collaterali per prestiti in criptovalute può accrescere la sicurezza per investitori e creditori, in virtù della presenza di beni reali liquidabili in caso di inadempienza.

Il trend è emerso a seguito del più grande asset manager del mondo (BlackRock) che ha depositato il *Form D* della *Securities and Exchange Commission (SEC)* degli Stati Uniti per il *BlackRock USD Institutional Digital Liquidity Fund*. Questo ha segnato il lancio del primo fondo di asset tokenizzati di BlackRock. Tale azione ha dimostrato quanto questo settore possa essere innovativo e con un suo spazio, che non potrà mai essere pari al mercato finanziario tradizionale.

Per comprendere meglio il funzionamento di alcuni progetti si può analizzare il progetto *Realio Network*, ovvero è una piattaforma online che offre una soluzione completa per creare, investire e gestire asset digitali legati al mondo reale.

Realio Network ha una propria tecnologia blockchain che permette di gestire tutte le transazioni e le operazioni all'interno della piattaforma. Questa blockchain utilizza l'algoritmo di consenso *Proof of Stake* (Sezione 1.1.4) che coinvolge due tipi di token: *RIO* e *RST*. I titolari di *RIO* possono partecipare alla governance del progetto votando su proposte di aggiornamento della piattaforma.

L'obiettivo di Realio è quello di offrire una tecnologia avanzata che permetta agli investitori di accedere a opportunità di investimento di alta qualità nel mondo degli asset reali, come azioni e immobili, sfruttando al contempo i vantaggi della finanza decentralizzata e degli scambi peer-to-peer.

Realio è una società fondata nel 2018 a New York, ma ha sede legale alle isole Cayman e alle Isole Vergini Britanniche. Nonostante ciò, rispetta le normative della SEC degli Stati Uniti e richiede ai suoi utenti di effettuare una verifica dell'identità durante la registrazione.

### **1.3.8 Considerazioni finali**

In conclusione, la blockchain si presenta come una rivoluzione nei settori tradizionali, offrendo un potenziale trasformativo che spazia dalla filiera agroalimentare all'ambito finanziario.

<sup>4</sup>Sito di un'azienda italiana che utilizza questa tecnologia: <https://www.perseaitalia.it/>

Grazie alla sua capacità di implementare registri distribuiti, Smart Contract e algoritmi di consenso avanzati come PoW e PoS, la blockchain promette una serie di vantaggi significativi.

La tracciabilità garantita dalla blockchain non solo fornisce ai consumatori accesso a dettagli preziosi sulla provenienza e la qualità degli alimenti, ma anche la possibilità di identificare e risolvere prontamente eventuali problematiche lungo la catena di approvvigionamento. Questo non solo aumenta la fiducia dei consumatori, ma riduce anche i rischi per la salute pubblica e l'integrità dei produttori.

Gli Smart Contract rappresentano un altro aspetto rivoluzionario della blockchain, consentendo l'esecuzione automatica e sicura di accordi contrattuali senza l'intermediazione di terze parti. Ciò si traduce in una significativa riduzione dei costi e dei tempi delle transazioni, migliorando complessivamente l'efficienza del sistema.

Tuttavia, nonostante i benefici evidenti, è importante riconoscere le sfide e le limitazioni associate all'adozione della blockchain, come la necessità di affrontare questioni di scalabilità, complessità normativa e sicurezza informatica. È cruciale affrontare queste sfide in modo proattivo per garantire una corretta implementazione e massimizzare i benefici derivanti dall'utilizzo di questa tecnologia innovativa.





## 2. Attività di web scraping

In questo secondo capitolo verrà analizzata, nel dettaglio, l'attività di web scraping intrapresa per questo progetto.

### 2.1 Tecniche utilizzate

Lo script realizzato è stato progettato per analizzare circa 6500 siti web reperiti da un file Excel e determinare se la keyword **blockchain** fosse presente nella pagina principale o, in caso negativo, in altre pagine raggiungibili da essa. Il codice è stato scritto in linguaggio Python (versione 3.11) e il seguente elenco racchiude le librerie utilizzate per l'implementazione:

- **os**: utilizzata per operazioni di sistema, nello specifico per la gestione dei file.
- **logging**: utilizzata per la creazione di un file di log contenente lo storico di tutte le operazioni effettuate dallo script.
- **pandas**: utilizzata per la gestione dei dati, in particolare per la lettura e la scrittura di dati da e verso il file Excel contenente i siti da analizzare.
- **requests**: utilizzata per effettuare richieste HTTP in modo da ottenere il contenuto delle pagine web.
- **BeautifulSoup4**: utilizzata per analizzare il contenuto HTML delle pagine web ottenuto tramite **requests**.
- **PyPDF2**: utilizzata per l'estrazione del testo dagli eventuali file PDF raggiungibili dai siti.

Per quanto concerne, invece, il funzionamento vero e proprio dello script, nella seguente lista numerata sono mostrati i punti principali che descrivono il funzionamento del codice:

1. *Lettura dei dati*: attraverso la libreria **pandas** e il metodo **read\_excel**, viene letto il file Excel contenente i siti web da analizzare. Da tale file viene recuperata la colonna **Website** contenente tutti gli URL da analizzare.
2. *Gestione dei file vecchi e preparazione dei log*: attraverso la libreria **os**, si eliminano eventuali file prodotti da precedenti esecuzioni. Attraverso la libreria **logging**, si preparano le impostazioni del file di log in cui verrà inserito lo storico delle operazioni eseguite dallo script.

3. *Analisi dei siti web*: per ogni sito web nell'elenco, il programma verifica se la keyword `blockchain` si trova nella home page (ovvero, l'URL fornito nel file Excel). Nel caso in cui la keyword non sia presente nella home page, allora la stessa verifica viene effettuata per ognuno dei link contenuti nella home page<sup>1</sup>. Se la parola viene trovata nella pagina principale, allora nel DataFrame contenente il risultato, alla riga del sito web corrente, viene assegnata la parola "si" in corrispondenza della colonna "blockchain nella Home Page (si/no)". Se la parola non viene trovata nella home, ma viene trovata in una pagina collegata, il risultato viene segnato come "no" in corrispondenza della colonna "blockchain nella Home Page (si/no)" e come "si" in corrispondenza della colonna "blockchain in altre pagine (si/no)", oltre a questo il link della pagina in cui è stata trovata viene assegnato in corrispondenza della colonna "Link altre pagine". Se la parola non viene trovata, i campi relativi vengono segnati con "no".
4. *Gestione degli errori durante l'analisi*: nella parte centrale del codice sono stati presi molti accorgimenti per la corretta gestione degli errori. Nonostante questo, alcuni siti web riportano comunque degli errori che non è stato possibile gestire. Quando la home page di un sito web va in errore, il sito viene saltato e in corrispondenza della colonna "blockchain nella Home Page (si/no)" viene segnato "errore". Quando una delle altre pagine va in errore, questa viene saltata e si passa alla successiva, ma l'errore viene contattato. Se, alla fine dell'analisi del sito, ci sono stati 5 o più errori conteggiati e se la parola "blockchain" non è stata trovata, allora viene analogamente segnato "errore". Altrimenti, viene segnato "no" in corrispondenza della colonna "blockchain in altre pagine (si/no)". In ogni caso, ogni errore viene dettagliatamente segnalato nel file di log.
5. *Salvataggio dei risultati*: i risultati vengono salvati in un nuovo file Excel di output.

Data la grande mole di siti web da analizzare, l'esecuzione dello script per l'ottenimento di tutti i risultati è stata effettuata su un micro-server dedicato. In questo modo l'esecuzione è durata quanto necessario (ca. 36 ore) senza la necessità di implementare meccanismi di gestione delle interruzioni.

### 2.1.1 Errori riscontrati

Nonostante gli accorgimenti descritti nella sezione precedente per la gestione degli errori, molti dei siti hanno riscontrato 5 o più errori durante la loro analisi. È stato creato uno script ausiliario per analizzare il file di log e verificare quali errori sono stati quelli più frequenti. I risultati di tale analisi ausiliaria sono spiegati di seguito:

1. *Errore sconosciuto* (686 occorrenze): errori riscontrati quando neanche il sito a cui ci si sta collegando restituisce la tipologia di errore incontrato. Questo tipo di errore, ovviamente, non sarebbe stato gestibile in alcun caso.
2. *HTTPSPool* (323 occorrenze): errore causato dall'eccessiva velocità di accesso ad un sito tramite protocollo HTTPS. L'errore sarebbe stato gestibile ma con un tremendo allungamento dei tempi di esecuzione. Per questo motivo è stato deciso di non gestirlo.
3. *HTTPConnectionPool* (19 occorrenze): errore analogo a quello precedente, ma in riferimento al protocollo HTTP.
4. *Exceeded 30 redirects* (2 occorrenze): errore causato da sistemi anti-DDOS del server a cui lo script prova a connettersi. Dato il bassissimo numero di occorrenze, è stato deciso di non gestirlo.

---

<sup>1</sup>La lista dei link presenti nella home page, prima di essere sottoposta alla verifica, viene pulita da eventuali link che portano a siti web esterni a quello corrente, da link sbagliati, duplicati e dai link che riportano alla stessa pagina.

In conclusione, il totale di errori è di 1030 su 6552 siti web, quindi il 15.7% del totale. Tuttavia, di questi errori, solo 344 erano gestibili, allungando tremendemente i tempi di esecuzione.

## 2.2 Risultati e Considerazioni

L'attività di web scraping descritta nella sezione precedente, ha portato ad un elenco dei siti in cui è stata trovata la keyword **blockchain**. In questa sezione verranno effettuate delle considerazioni sull'utilizzo della blockchain da parte delle aziende agricole italiane rappresentate dai siti individuati.



Un'unica azienda agricola, tra quelle il cui sito possiede la keyword **blockchain**, in seconda analisi ha riscontrato che non utilizza la blockchain nelle sue attività, ma tale keyword si trova in una pagina secondaria contenente circa 10000 commenti probabilmente generati casualmente. Per tale motivo, tale azienda agricola non verrà considerata per realizzare le suddette considerazioni.

In ogni caso, nel file Excel del risultato il sito in questione viene comunque segnalato come valido e, per completezza, riportiamo qui il sito in questione:

- Home page: [www.postabassi.it](http://www.postabassi.it)
- Pagina contenente la keyword: <http://www.postabassi.it/benvenuto/>

### 2.2.1 Adozione

Dalle analisi condotte emerge che su un totale di 6552 siti web presi in considerazione, solamente 30 di essi, corrispondenti allo 0.045%, contengono la keyword **blockchain** nella loro home page o in altre pagine (la distribuzione di questa caratteristica è illustrata nel grafico in Figura 2.1). Questo dato evidenzia chiaramente quanto questa tecnologia sia ancora poco diffusa e adottata.

Sarebbe interessante condurre una seconda analisi in futuro in modo tale da comprendere l'andamento dell'adozione della blockchain temporalmente, al fine di formulare previsioni future basate sui dati raccolti.

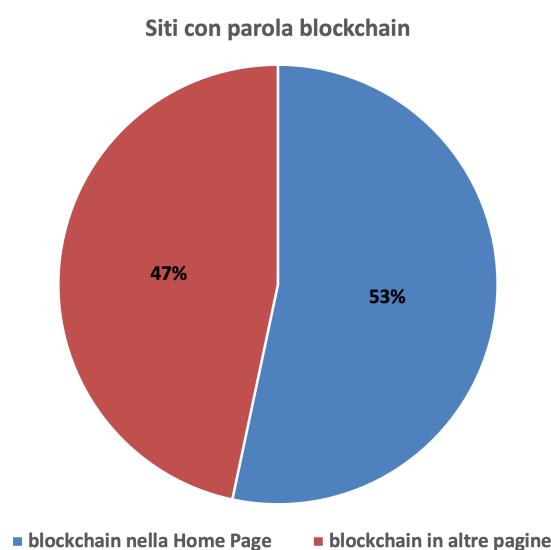


Figura 2.1: Distribuzione della keyword **blockchain** nella home o in altre pagine

### Adozione su base regionale

Approfondendo l'analisi su base regionale, emerge una maggiore propensione all'utilizzo delle nuove tecnologie nel centro-sud Italia. In particolare, la regione Puglia risulta in testa con 6 aziende che utilizzano la blockchain per delle attività interne.



Le regioni mancanti sono quelle regioni in cui non è stata localizzata la keyword **blockchain** per nessuna delle loro aziende agricole.

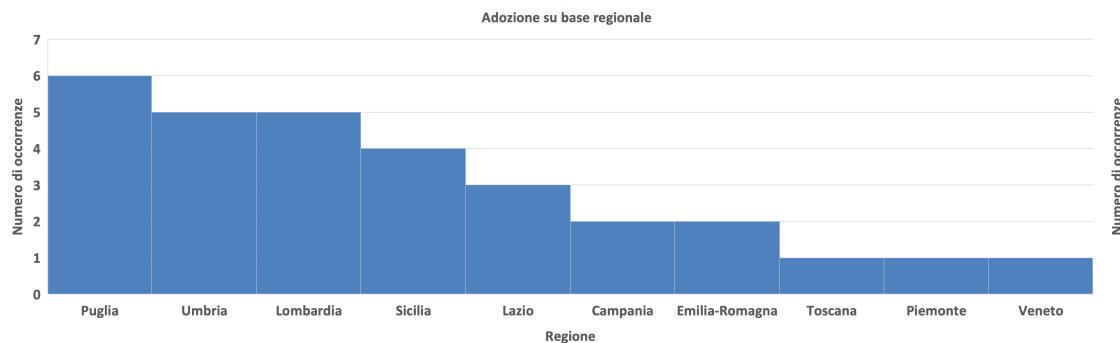


Figura 2.2: Adozione su base regionale

Ulteriori analisi sono state condotte calcolando la percentuale di aziende nelle regioni che hanno inserito la keyword **blockchain** nei loro siti web in rapporto al totale delle aziende agricole della regione stessa. Risulta interessante notare che l'Umbria presenta una percentuale del 2.37%, nettamente superiore alla media nazionale, che si assesta intorno allo 0.6%. Ciò potrebbe suggerire che la regione Umbria possa aver risposto in maniera positiva all'avvento di questa nuova tecnologia.

Sul podio, dunque, troviamo Umbria, Puglia e Lombardia. Da queste evidenze, ma anche dal resto del grafico, si può dedurre che l'adozione della blockchain in ambito agroalimentare sia più avanzata al centro-sud Italia in confronto al nord Italia.

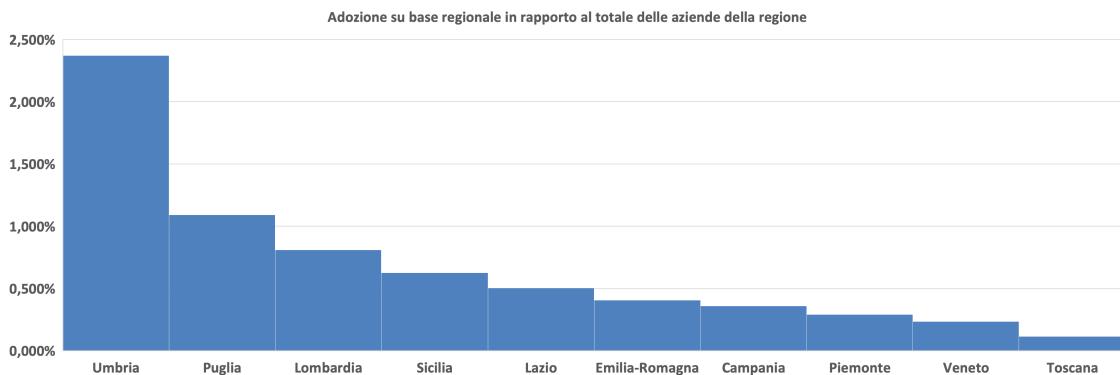


Figura 2.3: Adozione su base regionale in rapporto al totale delle aziende della regione

### 2.2.2 Modalità di utilizzo

Analizzando manualmente i 30 siti che hanno riscontrato la presenza della keyword, è stato possibile trarre delle considerazioni riguardo alle varie modalità di utilizzo della blockchain da parte delle aziende agricole individuate. Le tre principali modalità di utilizzo, con le corrispondenti occorrenze, sono riportate di seguito:

- Utilizzi con scopo di migliorare *tracciabilità, rintracciabilità e qualità*: 25 occorrenze.
- Utilizzi nell'ambito dei token di carbonio (Sezione 1.3.6): 4 occorrenze.
- Utilizzi nell'ambito di RWA (Sezione 1.3.7): 1 occorrenza.

Non sorprende che la tecnologia blockchain, nel contesto agroalimentare, sia ampiamente utilizzata per garantire la tracciabilità, la rintracciabilità e la qualità dei prodotti, dato il suo rinomato potenziale in questo ambito. Infatti, l'83% dei siti web analizzati fa uso della blockchain per tali scopi, come mostrato nel grafico in Figura 2.4.

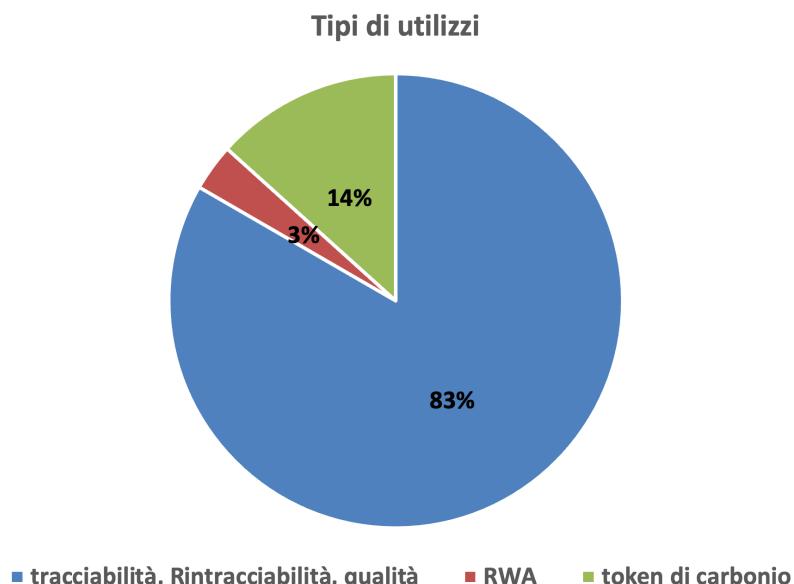


Figura 2.4: Tipi di utilizzo

È interessante notare che la blockchain ha trovato altre applicazioni significative, come i token di carbonio, che rappresentano una fetta importante con il 14%. Questo dimostra come la tecnologia blockchain stia contribuendo in modo significativo alla lotta contro il cambiamento climatico e alla gestione delle emissioni di carbonio.

Infine, la fetta minore è rappresentata dai Real World Assets, che costituiscono il 3%. Sebbene questa percentuale sia piccola in confronto agli altri utilizzi della blockchain, è importante sottolineare il loro potenziale nel creare un ponte tra il mondo finanziario tradizionale e quello emergente delle criptovalute, offrendo maggiore stabilità e legittimità agli asset digitali, come ampiamente discusso nella Sezione 1.3.7.

### 2.2.3 Prodotti per cui viene utilizzata la blockchain

Entrando, infine, nel dettaglio specifico per ognuna delle aziende individuate, in questa sezione sono racchiusi i risultati di un'ultima analisi riguardante l'individuazione della tipologia di prodotti per la quale l'azienda utilizza la blockchain nelle modalità descritte nella sezione precedente. Nel grafico in Figura 2.5 sono mostrati i risultati di tale analisi.

Nello specifico, per quanto riguarda alcune delle aziende, di seguito sono elencati i prodotti per cui utilizzano la blockchain:

- L'azienda "FINAGRICOLA SOCIETA' COOPERATIVA" utilizza la blockchain per le verdure.
- L'azienda "GIARDINETTO SOCIETA' COOPERATIVA AGRICOLA DI SERVIZI COLLETTIVI" utilizza la blockchain per i cereali e le verdure.

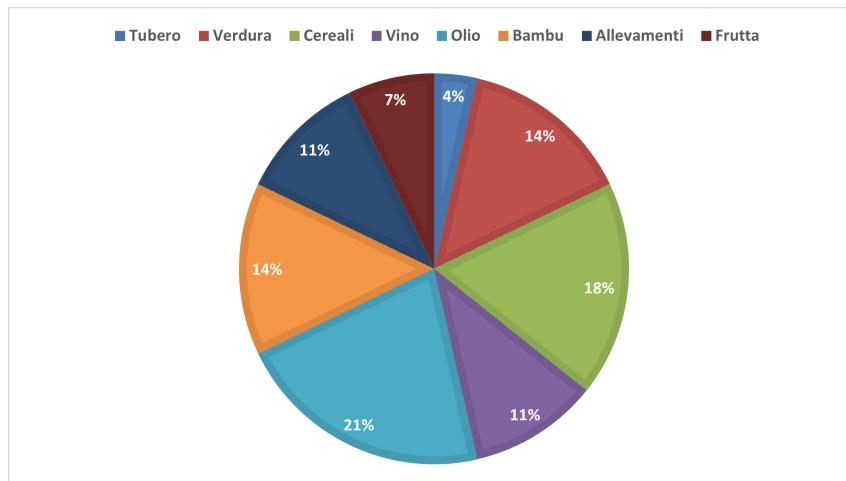


Figura 2.5: Prodotti per cui viene utilizzata la blockchain

- L'azienda "GRIGI ALLEVAMENTI SOCIETA' AGRICOLA S.R.L." utilizza la blockchain per il vino, i cereali e le verdure.
- L'azienda "GRIGI SOCIETA' AGRICOLA S.R.L." utilizza la blockchain per il vino, i cereali e le verdure.
- L'azienda "SOCIETA' PESCIATINA D'OLIVICOLTURA SOCIETA' AGRICOLA COOPERATIVA" utilizza la blockchain per l'olio.
- L'azienda "AGRICOLA CORICELLI - SOCIETA' AGRICOLA S.R.L." utilizza la blockchain per l'olio
- L'azienda "MEZZECRETE SOCIETA' AGRICOLA A RESPONSABILITA' LIMITATA" utilizza la blockchain per l'olio.
- L'azienda "COOPERATIVA LUOPOLI ITALIANI SOCIETA' COOPERATIVA AGRICOLA" utilizza la blockchain per la frutta.
- L'azienda "SOCIETA' AGRICOLA ALMA ITALIA S.P.A." utilizza la blockchain per il bambù.
- L'azienda "FOODSFACORY SOCIETA' AGRICOLA S.R.L." utilizza la blockchain per i cereali.
- L'azienda "VERDESCA SOCIETA' AGRICOLA S.R.L." utilizza la blockchain per l'olio.
- L'azienda "SALUS MONTESANO SOCIETA' AGRICOLA S.R.L." utilizza la blockchain per l'olio.
- L'azienda "PERSEA USSANA SOCIETA' AGRICOLA S.R.L." utilizza la blockchain per la frutta.
- L'azienda "NEW FARMING S.R.L. SOCIETA' AGRICOLA" utilizza la blockchain per il bambù.
- L'azienda "MACCARESE S.P.A. SOCIETA' AGRICOLA BENEFIT" utilizza la blockchain per l'olio.
- L'azienda "APROLI BARI - SOCIETA' COOPERATIVA AGRICOLA" utilizza la blockchain per l'olio.
- L'azienda "CONSORZIO TUTELA DENOMINAZIONI VINI FRASCATI" utilizza la blockchain per il vino.
- L'azienda "FOREVER BAMBU SOCIETA' AGRICOLA S.R.L. - SOCIETA' BENEFIT" utilizza la blockchain per il bambù.
- L'azienda "PRODUTTORI LATERZA - SOCIETA' AGRICOLA CONSORTILE S.R.L. IN SIGLA PRODLAT - SOCIETA' AGRICOLA CONSORTILE S.R.L." utilizza la

blockchain per gli allevamenti.

- L'azienda "ITALIAN AGRO-INDUSTRY S.R.L." utilizza la blockchain per i cereali.
- L'azienda "ESG EKO AGRO GROUP S.R.L." utilizza la blockchain per i tuberi.
- L'azienda "PRODUTTORI AGRICOLI NOCI SOCIETA' AGRICOLA CONSORTILE A R.L." utilizza la blockchain per gli allevamenti.
- L'azienda "CORTE DEL GALLO S.R.L. - SOCIETA' AGRICOLA INNOVATIVA" utilizza la blockchain per il bambù.
- L'azienda "HAPPY PLANT SOCIETA' AGRICOLA A RESPONSABILITA' LIMITATA SEMPLIFI CATA" utilizza la blockchain per gli allevamenti.

#### **2.2.4 Considerazioni finali**

Dall'analisi condotta emerge un quadro interessante sull'adozione della tecnologia blockchain e sui suoi diversi utilizzi nel contesto dei siti web presi in considerazione. Innanzitutto, è evidente che la presenza della keyword **blockchain** sui siti web analizzati è ancora piuttosto limitata, rappresentando solo lo 0.045% del totale. Questo dato suggerisce che la blockchain non è ancora ampiamente adottata come strumento principale di comunicazione o servizio per le aziende considerate.

Nonostante sia ancora poco diffusa è importante sottolineare che la blockchain è principalmente utilizzata per garantire la tracciabilità, la rintracciabilità e la qualità dei prodotti, con l'83% delle aziende agricole che ne fanno uso a tale scopo. Questo conferma il ruolo fondamentale che la blockchain sta giocando nel migliorare la trasparenza e l'affidabilità delle catene di approvvigionamento e dei processi produttivi.

Inoltre, è interessante notare che la blockchain ha trovato altre applicazioni significative, come i token di carbonio e i RWA, che rappresentano rispettivamente il 14% e il 3% delle occorrenze. Questo evidenzia il crescente interesse per l'utilizzo della blockchain in settori diversi e la sua capacità di creare ponti tra il mondo finanziario tradizionale e quello delle criptovalute. Per quanto riguarda la fetta minore degli utilizzi, il settore agricolo non rappresenta il classico esempio di utilizzo dei RWA, tuttavia potrebbe essere interessante assistere ad un processo di tokenizzazione di un'intera azienda agricola, con il fine di facilitare una raccolta fondi. In ogni caso, nell'unico sito che menziona l'utilizzo di RWA, non è specificato il fine di tale tecnologia.

Guardando alle analisi su base regionale, infine, emerge una maggiore propensione all'adozione della tecnologia blockchain nel centro-sud Italia, con la Puglia in testa seguita dall'Umbria e dalla Lombardia. Questo suggerisce che ci sia una leggerissima disparità geografica nell'adozione della tecnologia, che, tuttavia, considerando la modesta mole di aziende che utilizzano blockchain, non è una caratteristica molto importante da considerare.

In conclusione, sebbene l'adozione della tecnologia blockchain sia ancora relativamente bassa, le sue applicazioni e il suo potenziale sono ampiamente riconosciuti e sfruttati in ambiti chiave come la tracciabilità dei prodotti e il finanziamento di progetti ambientali. L'analisi condotta fornisce preziose informazioni sullo stato attuale dell'adozione della blockchain e sulle tendenze emergenti nel contesto agroalimentare, che possono essere utili per informare decisioni strategiche e future ricerche nel campo delle tecnologie distribuite.





Nell'era moderna, dove l'innovazione tecnologica permea ogni aspetto del quotidiano, la blockchain si afferma come una delle soluzioni più promettenti per affrontare alcune delle sfide più complesse del settore agroalimentare. Questa tecnologia, inizialmente sviluppata per le criptovalute, ha trovato un nuovo e fertile campo di applicazione nella tracciabilità e nella sicurezza alimentare, temi di crescente rilevanza in un mondo sempre più attento alla qualità e all'origine dei prodotti consumati.

Come già dettagliato nei capitoli precedenti, la blockchain offre un metodo di registrazione dati trasparente, sicuro e immutabile, rendendola ideale per monitorare le complesse reti di distribuzione che caratterizzano l'industria agroalimentare moderna. L'impiego di questa tecnologia non solo facilita la tracciabilità dall'origine al consumatore, ma rafforza anche la fiducia tra i vari attori della filiera, inclusi produttori, trasportatori, distributori e consumatori finali.

Il primo capitolo della relazione ha introdotto la tecnologia blockchain, spiegando i suoi principi fondamentali e come questi possono essere applicati efficacemente all'agroalimentare. Si è discusso della decentralizzazione e della trasparenza come pilastri che migliorano la visibilità e l'affidabilità delle informazioni, due aspetti critici in un settore frequentemente minato da scandali alimentari e problemi di sicurezza.

Nel secondo capitolo, è stata esplorata l'implementazione pratica di un dettagliato script Python di web scraping. Questo strumento è stato essenziale per identificare le aziende agricole italiane che hanno già adottato la blockchain, fornendo così una mappa precisa dell'adozione tecnologica nel paese. L'analisi delle diverse realtà aziendali ha permesso di evidenziare non solo la distribuzione geografica degli utilizzatori di blockchain, ma anche le varie modalità con cui questa tecnologia viene impiegata per garantire l'integrità e l'autenticità di una vasta gamma di prodotti agricoli.

La presente conclusione suggella il nostro viaggio esplorativo all'interno di questo innovativo accoppiamento tra tecnologia e agricoltura, sottolineando l'impatto trasformativo della blockchain. Con il suo potenziale di semplificare la tracciabilità, aumentare la sicurezza alimentare e migliorare l'efficienza operativa, la blockchain si candida come una soluzione

rivoluzionaria, capace di rinnovare profondamente il settore agroalimentare. Questa tecnologia non solo risponde alle esigenze attuali di trasparenza e sicurezza, ma pone anche le basi per un futuro in cui le informazioni alimentari sono accessibili e verificabili in tempo reale da tutti gli attori coinvolti, dalla fattoria alla tavola.

Guardando avanti, è ragionevole aspettarsi che l'adozione della blockchain nel settore agroalimentare continui a crescere, spinta dalla domanda di maggiore trasparenza da parte dei consumatori e dalla necessità di migliorare l'efficienza delle catene di fornitura globali. La sfida per i prossimi anni sarà quella di estendere queste innovazioni a una parte ancora maggiore del settore, rendendo la blockchain non solo una novità, ma una componente standard e indispensabile della produzione e distribuzione alimentare moderna. In questo scenario, l'interazione tra tecnologia avanzata e pratiche agricole tradizionali crea un nuovo paradigma di sostenibilità e affidabilità, con benefici tangibili per produttori e consumatori su scala globale.