



Blockchain voor agrifood: tussen droom en daad

Een verkenning van de kansen en uitdagingen

Lan van Wassenaer, Koos van der Meij en Corné Kempenaar

Blockchain voor agrifood: tussen droom en daad

Een verkenning van de kansen en uitdagingen

Lan van Wassenaer,¹ Koos van der Meij¹ en Corné Kempenaar²

1 Wageningen Economic Research

2 Wageningen Plant Research

Dit onderzoek is uitgevoerd door Wageningen University & Research in opdracht van en gesubsidieerd door het ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit, in het kader van het Beleidsondersteunend onderzoeksthema 'Duurzame voedselvoorziening & -productieketens & Natuur' (projectnummer 2282300452 BO-43.011.06-011)

Wageningen University & Research

Wageningen, november 2020

RAPPORT

2020-114

ISBN 978-94-6395-620-8

Van Wassemaer, L., van der Meij, K. en Kempenaar, C., 2020. *Blockchain voor agrifood: tussen droom en daad; Een verkenning van de kansen en uitdagingen*. Wageningen, Wageningen University & Research, Rapport 2020-114. 52 blz.; 16 fig.; 7 tab.; 39 ref.

Hoe kan blockchain bijdragen aan het realiseren van een duurzame agrifood? Blockchain biedt veel kansen om de transparantie, efficiëntie en concurrentieposities van agrifood en de positie van boeren in de agrifoodketens te verbeteren. Het speelveld van een blockchaintoepassing omvat *automatisering*, *data science* en *data-economie*. Om een geslaagde blockchaintoepassing of een usecase te organiseren is nauwe samenwerking nodig tussen partijen vanuit deze drie werelden. Ten behoeve van dit rapport zijn ruim 30 blockchain-usecases en blockchainplatformen binnen en buiten Nederland onderzocht. Voor drie usecases (FarmDataWallet, Flori-Chain en AGF-Chain) binnen het programma 'Blockchain voor Agrifood' wordt er ook prototype software gebouwd en getest. De bevindingen van de best practices en uitdagingen zijn mede gebaseerd op de ervaringen hiermee.

How can blockchain help to achieve a sustainable agrifood sector? Blockchain offers many opportunities for improving transparency, efficiency, competitiveness of agrifood and the position of farmers in the data value chain. The playing field of blockchain spans the domains of automation, data science, and data economy. To realise a good use case requires close collaboration of people from all three sub-domains. For this report we studied more than 30 blockchain use cases and platforms in and outside of the Netherlands. Within the programme 'Blockchain for Agrifood', software applications have been built for three use cases: FarmDataWallet, Flori-Chain and AGF-Chain. Experiences with these use cases have been used to identify the challenges and best practices.

Trefwoorden: blockchain, agrifood, usecase, transparantie, FarmDataWallet, Flori-Chain, AGF-Chain

Dit rapport is gratis te downloaden op <https://doi.org/10.18174/535127> of op www.wur.nl/economic-research (onder Wageningen Economic Research publicaties).

© 2020 Wageningen University & Research
Postbus 29703, 2502 LS Den Haag, T 070 335 83 30, E communications.ssg@wur.nl,
www.wur.nl/economic-research. Wageningen Economic Research is onderdeel van Wageningen University & Research.



Dit werk valt onder een Creative Commons Naamsvermelding-Niet Commercieel 4.0 Internationaal-licentie.

© Wageningen Economic Research, onderdeel van Stichting Wageningen Research, 2020
De gebruiker mag het werk kopiëren, verspreiden en doorgeven en afgeleide werken maken. Materiaal van derden waarvan in het werk gebruik is gemaakt en waarop intellectuele eigendomsrechten berusten, mogen niet zonder voorafgaande toestemming van derden gebruikt worden. De gebruiker dient bij het werk de door de maker of de licentiegever aangegeven naam te vermelden, maar niet zodanig dat de indruk gewekt wordt dat zij daarmee instemmen met het werk van de gebruiker of het gebruik van het werk. De gebruiker mag het werk niet voor commerciële doeleinden gebruiken.

Wageningen Economic Research aanvaardt geen aansprakelijkheid voor eventuele schade voortvloeiend uit het gebruik van de resultaten van dit onderzoek of de toepassing van de adviezen.

Wageningen Economic Research Rapport 2020-114 | Projectcode 2282300452

Illustratie omslag: Wageningen University & Research, Communication Services

Inhoud

	Woord vooraf	5
	Samenvatting	6
	S.1 Kernvraag	6
	S.2 Blockchainontwikkeling in agrifood	6
	S.3 Aanbevelingen	8
	S.4 Methodologie	9
	Summary	10
	S.1 The key question	10
	S.2 Blockchain applications: State of play	10
	S.3 Conclusions and recommendations	12
	S.4 Methods	12
	Lijst van afkortingen	14
1	Inleiding: op zoek naar de toegevoegde waarde van blockchain voor een duurzame agrifood	15
	1.1 De potentie en de werkelijkheid van blockchain	15
	1.2 Blockchain en datagedreven agrifood	15
	1.3 De kernvraag en deelvragen	16
	1.4 Methodologie	16
2	Blockchain: gedistribueerde informatiesystemen met vele potentiële toepassingen	18
	2.1 Blockchaintoepassingen ontleed	18
	2.2 Blockchaintechnologieën	18
	2.3 Blockchain-governance	20
	2.4 Blockchain-ecosysteem	21
	2.4.1 Actoren en rollen	21
	2.4.2 Het speelveld van een blockchaintoepassing	22
3	De relevantie van blockchain voor duurzame agrifood	23
	3.1 Compliance en innovatie voor duurzame agrifood via blockchain	23
	3.2 Beleidsmatige thema's	24
	3.2.1 Transparantie in duurzaamheidseisen en prestaties	24
	3.2.2 Traceerbaarheid voor voedselveiligheid, voedselverspilling en dierwelzijn	24
	3.2.3 Klimaatdoelen en kringlooplandbouw	24
	3.2.4 Informatie voor de consumenten	24
	3.2.5 De positie van boeren en verdienmodellen in de digitale landbouw	25
4	Blockchain in agrifood: stand van zaken	26
	4.1 Kansen en uitwerking: het landschap van blockchaintoepassingen in agrifood	26
	4.2 De uitdagingen in blockchaintoepassingen	27
	4.3 Reflecties op de ontwikkelingen in kansen en uitdagingen	29

5	Ervaringen met blockchaintoepassingen: een proces met lange adem	31
5.1	De zoektocht naar serieuze blockchaintoepassingen	31
5.2	Knelpunten en oplossingsrichtingen	32
5.3	Best practices bij het organiseren van blockchaintoepassingen	34
5.3.1	Een usecase met afgebakende problemen en doelstellingen	34
5.3.2	Een minimum viable ecosysteem (MVE)	34
5.3.3	Een <i>agile</i> werkwijze met concrete tussenproducten	35
5.3.4	Maak gebruik van 'Common Grounds'	35
6	Conclusies en aanbevelingen	36
6.1	Opstellen van een 'omgevingsvisie voor data' met blockchain als katalysator van de digitale transformatie in agrifood	36
6.2	Oprichten van een blockchainobservatorium voor duurzame ontwikkeling in agrifood	36
6.3	Stimuleren blockchaintoepassingen voor duurzame landbouw via usecases met werkende prototypes	37
	Literatuur en websites	38
Bijlage 1	Lijst van consensus mechanismen en blockchain frameworks	41
Bijlage 2	Lijst van blockchainplatforms in agrifood	43
Bijlage 3	Lijst van blockchain-usecases in agrifood	44
Bijlage 4	Template voor het beschrijven van agrifood-usecases en voorbeelden	46

Woord vooraf

Wat is blockchain eigenlijk? Inmiddels is de blockchainhype voorbij, maar voor velen is het nog onduidelijk wat de toegevoegde waarde is voor agrifood en waar de kansen en uitdagingen liggen. Er bestaan veel misverstanden en onduidelijkheden over wat blockchain precies is en wat ze wel en niet kan. Dit rapport geeft een realistische beschouwing van het huidige landschap, de best practices en knelpunten.

Het verkennen en organiseren van blockchaintoepassingen is een gemeenschappelijk creatieproces. Veel onderzoekers van Wageningen Research en stakeholders of belanghebbenden buiten WUR hebben op verschillende manieren een bijdrage geleverd aan het verkennen van de technologie in het algemeen en aan het organiseren van verschillende usecases. We willen hierbij enkele personen in het bijzonder bedanken: Frans van Diepen (RVO), Conny Graumans (AgroConnect), Henk Zwinkels (Floricode), Ruud Hoosemans (Frugicom), Inge Ribbens (GroentenFruit Huis), Anne de Graaf (NVWA), Rogier Verschoor (Oxfam), Marieke de Ruyter de Wildt (The New Fork), Ad Kroft (Dutch Blockchain Coalition), Martijn Bolt, Marcel Yska (Albert Heijn), Hugo Byrnes (Ahold Delhaize), Peter Lerink, Leon Noordam (HWodKa), Leen Ampt (HWodKa), Maarten Uytterlinde (Farm24), Christopher Brewster (TNO), Jacco Spek (TNO), Bob Klaase (VAA) en Wilbert Hilkens (FoodInsights). Zonder hun medewerking en kritiek was dit rapport nooit tot stand gekomen.

Het rapport heeft gebruikgemaakt van input van de volgende onderzoekers bij Wageningen Economic Research: Tim Timmermans, Robbert Robbemond, Harry Kortstee, Daoud Urdu, Philippe Debie en Mireille van Hilten; Anton Smeenk en Jan Top van Wageningen Food & Biobased Research; en Koen van Bohemen bij Wageningen Plant Research. We danken Anne Bruinsma van FarmHack voor de verkenning van de usecase FarmDataWallet. Het rapport heeft indirect ook gebruikgemaakt van de input en feedback van de discussies tijdens vele interviews, workshops en bijeenkomsten met mensen in het blockchain-ecosysteem binnen en buiten agrifood.

De auteurs zijn heel veel dank verschuldigd aan de inspirerende begeleiding van Frans Lips van het ministerie van Landbouw Natuur en Voedselkwaliteit (LNV) en andere beleidsmakers van LNV, met name Gert-Jan Fonk en Sjoerd Croqué.



Prof.dr.ir. J.G.A.J. (Jack) van der Vorst
Algemeen Directeur Social Sciences Group (SSG)
Wageningen University & Research



Ir. O. (Olaf) Hietbrink
Business Unit Manager Wageningen Economic Research
Wageningen University & Research

Samenvatting

S.1 Kernvraag

Hoe kan blockchain bijdragen aan het realiseren van een duurzame agrifood? Dit rapport beantwoordt de volgende vragen:

- Wat is blockchain?
- Waarom is blockchain relevant voor het ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit (LNV)?
- Wat voor kansen biedt blockchain in agrifood voor boeren en tuinders, ketenpartijen en voor consumenten? Wat zijn de uitdagingen en waar liggen de knelpunten?
- Wat zijn de ervaringen tot nu toe? Wat zijn de best practices?
- Wat is er nodig om de kansen beter te benutten?

S.2 Blockchainontwikkeling in agrifood

Wat is blockchain?

Blockchain is een verzameling van informatietechnologieën die het mogelijk maakt om in een netwerk van gebruikers en organisaties een gezamenlijk gedeeld datasysteem bij te houden. In potentie biedt de blockchaintechnologie veel kansen voor het verbeteren van transparantie en efficiëntie. Maar de technologie heeft ook zijn beperkingen en knelpunten.

Een toepassing van de technologie bestaat uit drie lagen:

- *Blockchaintechnologieën*: gedeeld grootboek (gedistribueerd ledger) + consensusmechanisme + cryptografie
- *Blockchain-governance*: wie bepaalt wat er in het ledger komt te staan, keuze van de type blockchain en platformen, toegang tot en rechten in de blockchainapplicatie
- *Blockchain-ecosysteem*: samenwerkende spelers met verschillende belangen, interesse en rollen, en verwachte uitkomsten.

Zo kan blockchain ingezet worden door overheden en actoren in de agribusiness, zowel voor *compliance* als voor *innovatie* waar een betrouwbaar informatiesysteem voor nodig is.

Waarom is blockchain relevant voor LNV-beleid?

Informatievoorziening en de stimulering en governance van innovatieve technologieën voor maatschappelijk belang raken de kerntaken van overheden. De relevantie van blockchain voor LNV-beleid zit in de volgende technische eigenschappen:

- *technische transparantie en betrouwbaarheid* (door onveranderlijkheid, technische blindheid en redundantie van het grootboek)
- *efficiëntie in digitale transacties* (automatisering via smart contracts)
- *datasoevereiniteit* in het data-ecosysteem en regie over eigen data (democratisering in gedistribueerde netwerken).

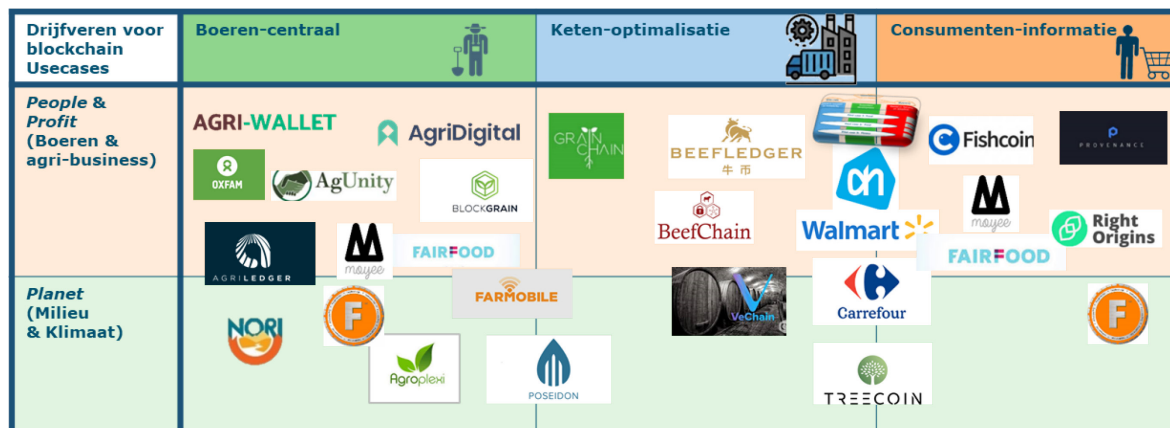
De beleidsmatige relevantie zit in de volgende onderwerpen:

- *transparantie in duurzaamheid en bijdrage aan klimaatdoelen en kringlooplandbouw* (normzetting en monitoring van de KPI's in duurzaamheid, emissies, gesteldheid van bodem, water en lucht, fraudepreventie en fraudebestrijding)
- *traceerbaarheid voor voedselveiligheid en ketenoptimalisatie* (tijdige terugroepacties bij calamiteiten, vermindering van voedselverspilling)
- *informatie voor consumenten* (herkomst en kwaliteit van voedsel, eerlijke prijzen voor voedselproducten, gezondheid)

- de positie van boeren en tuinders, verdienmodellen in de data-economie (eigendom van data, toegang tot data-infrastructuur, beloning voor ecosysteemdiensten).

Wat voor kansen biedt blockchain voor agrifood?

Blockchain biedt veel kansen om de transparantie, efficiëntie en concurrentieposities van agrifood en de positie van boeren in de agrifoodketens te verbeteren. Dit is ook te zien in het landschap van blockchaintoepassingen in agrifood zowel internationaal als in Nederland (figuur S.1).



Figuur S.1 Het landschap van blockchaintoepassingen in agrifood

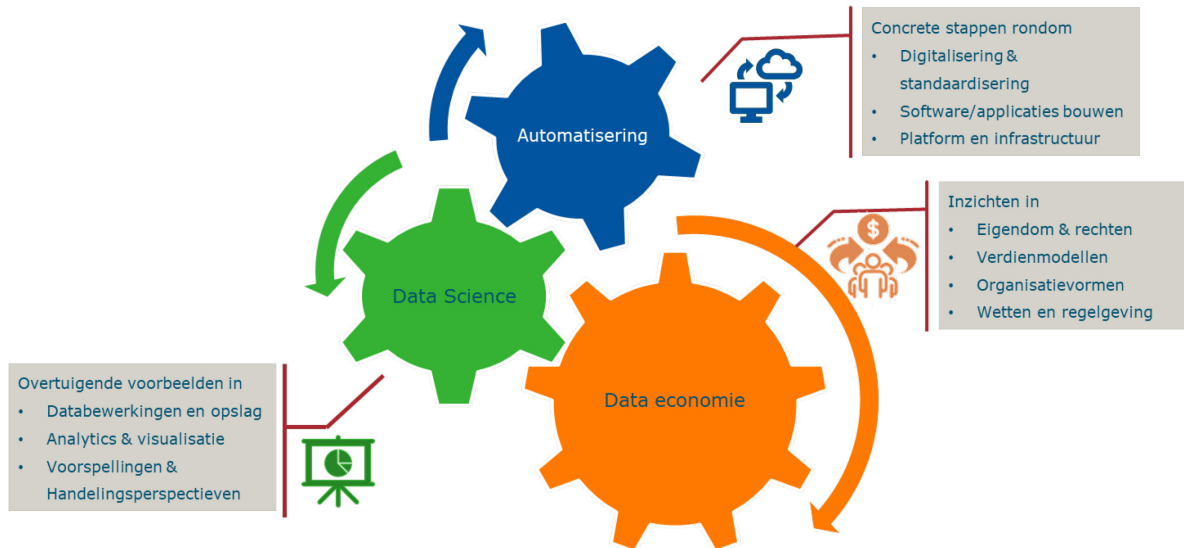
Wat zijn de uitdagingen?

Op dit moment is blockchain nog volop in ontwikkeling. Veel usecases worden benoemd in de literatuur en andere media; in de praktijk gaat maar een beperkt aantal daarvan echt in pilot of businesscase. Het is veel usecases nog onduidelijk of onbewezen wat de toegevoegde waarde van blockchain is ten opzichte van bestaande oplossingen.

De belangrijkste uitdagingen in het toepassen van blockchain voor agrifood zijn:

- *omgaan met de complexiteit van de technologie*
Het is vaak onduidelijk wat men precies onder blockchain verstaat; er zijn verschillende typen blockchains en verschillende aspecten van blockchaintoepassingen.
- *Doorbreken van het kip-en-eiprobleem*
De vermeende/verwachte voordelen van blockchain lopen sterk uiteen: het is lastig te bewijzen zolang men niet serieus wil investeren in geld en tijd, en procesveranderingen. Zonder bewijs is het voor velen lastig zich te committeren aan het blockchain project.
- *Verbinden blockchain met bestaande databases en legacy systemen*
Op dit moment hebben boeren en tuinders al te maken met een lappendeken van digitale platformen. Het is onduidelijk wat blockchain nog toevoegt.

Het speelveld van een blockchaintoepassing omvat *automatisering*, *data science*, en *data-economie*. Om een geslaagde blockchaintoepassing of een usecase te organiseren is nauwe samenwerking nodig tussen partijen vanuit deze drie werelden (figuur S.2).



Figuur S.2 Het speelveld van een blockchaintoepassing

De best practices en leerervaringen met blockchain

De literatuurstudie en de leerervaringen leiden tot de volgende best practices:

- Focus op het probleem en de informatiebehoefte in het ecosysteem.
- Betrek de beoogde eindgebruikers vanaf het begin bij het ontwerp en identificeer het Minimum Viable Ecosysteem (MVE) op basis van hun commitment, urgentie en positie.
- Gebruik de *agile* benadering in het ontwikkelproces: maak zo snel mogelijk mock-ups voordat er software gebouwd wordt.
- Maak gebruik van 'Common Grounds' (bestaande data-infrastructuren, datamodellen, koppelingen en informatiestandaarden).

S.3 Aanbevelingen

Het organiseren van blockchain usecases is een proces van lange adem. Blockchain is geen standalone technologie maar een katalysator voor de digitale transformatie.

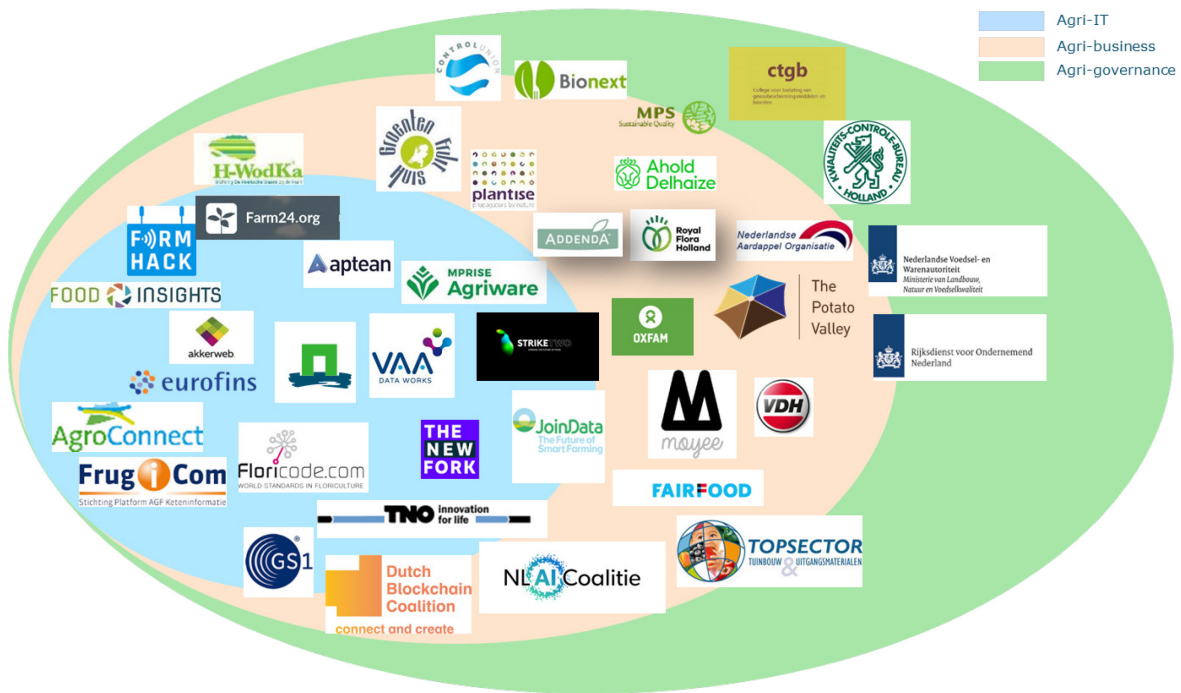
Om de potentie van blockchaintechnologie te realiseren in de context van de doelen die LNV met het werkveld nastreeft, zijn de volgende stappen nodig:

- het opstellen van een *omgevingsvisie voor data* in de agrifood, met daarin duidelijke richtlijnen (governance & architectuurprincipes, spelregels, randvoorwaarden) voor zowel gecentraliseerde en decentraliseerde data-infrastructuren
- het oprichten van een *blockchain observatorium* voor toepassingen in agrifood om zo het dynamische veld te monitoren en bij te sturen
- het stimuleren en investeren in de verdere ontwikkeling van blockchaintoepassingen voor duurzame landbouw via *usecases met werkende prototypes* zoals FarmDataWallet, Flori-Chain en AGF-Chain, met name gericht op de volgende punten:
 - het stimuleren van gebruik van standaarden bijvoorbeeld over de semantiek, codes en normen, koppelvlakken tussen verschillende systemen (met name tussen RVO, NVWA, CTGB, en e-CertNL)
 - het verlagen van certificeringskosten (audit, inspectie, datavalidatie) voor boeren, tuinders en andere partijen in de agrifoodketens
 - het demonstreren van de werking van blockchain (playgrounds) met meerdere nodes en het identificeren van blokkades voor boeren en andere partijen in hun digitale transitie naar de data-economie.

S.4 Methodologie

Het LNV-programma 'Blockchain voor agrifood' bestaat uit deskstudies naar de kansen en uitdagingen van blockchain voor agrifood en ontwerpend actieonderzoek naar werkende usecases in Nederland. Het onderzoek is uitgevoerd in samenwerking met een groot aantal stakeholders in het ecosysteem (figuur S.3). In het programma wordt het organisatorisch en functioneel onderzoek gecombineerd met het ontwikkelen van software prototypes.

Ten behoeve van dit rapport zijn ruim 30 blockchain-usecases en blockchainplatformen binnen en buiten Nederland onderzocht. Op basis hiervan is het landschap van de blockchainframeworks, -platformen, en -toepassingen in kaart gebracht. Voor drie usecases (FarmDataWallet, Flori-Chain en AGF-Chain) wordt er ook prototype software gebouwd en getest. De bevindingen van de best practices en uitdagingen zijn mede gebaseerd op de ervaringen hiermee.



Figuur S.3 Het ecosysteem van het 'Blockchain voor agrifood'-programma

Summary

S.1 The key question

How can blockchain help to achieve a sustainable agrifood sector? This report answers the following questions:

- What is blockchain?
- Why is blockchain relevant to the Dutch Ministry of Agriculture, Nature and Food Quality (LNV)?
- What opportunities and challenges does blockchain offer to farmers, consumers and value chain partners? What are the challenges and obstacles?
- What are the experiences so far? What are the best practices?
- What is needed to better leverage the potential?

S.2 Blockchain applications: State of play

What is blockchain?

Blockchain is a combination of information technologies that enables users and organisations to maintain a shared ledger in a distributed network. Blockchain technology potentially offers many opportunities for improving transparency and efficiency. But there are also limitations and obstacles in applying the technology.

A blockchain application consists of three layers:

- *Blockchain technologies*: the distributed ledger, consensus mechanism and cryptography
- *Blockchain governance*: who decides on what comes into the ledger, choice of blockchain and platforms, access to and rights in blockchain applications
- *Blockchain ecosystem*: collaborating actors with different interests, stakes, roles and expectations.

Blockchain can be applied by governments and other actors in agribusiness both for compliance and for innovation, where there is a need for shared reliable information system.

Why is blockchain relevant to the policy of the Ministry of Agriculture, Nature and Food Quality?

The provision of reliable information and the governance of innovative technologies for public interest touch upon the key functions of governments. The relevance of blockchain to the policy of LNV lies in the following technological features:

- *Technical transparency and reliability* (thanks to immutability, technical blindness and redundancy of the ledger, i.e., there are multiple identical copies of the ledger in the network and they are indifferent to the user)
- *Efficiency in digital transactions* (automated through smart contracts)
- *Data sovereignty* in the data ecosystem (democratic access in a distributed network)

The policy relevance lies in the following themes:

- *Transparency in sustainability performances and contribution to climate action and circular agriculture* (through setting the standards and monitoring of KPIs in sustainability, emissions, and the quality of soil, water and air, prevention of fraud in manure transport)
- *Traceability for food safety and supply chain optimisation* (timely recall in case of food scare, reducing food waste)
- *Consumer information* (origin and quality of food products, fair price and income for farmers, health and nutrition information)
- *The position of farmers and new business models in the data economy* (ownership of data, access to data infrastructure, reward for ecosystem services)

What opportunities does blockchain bring to agrifood?

Blockchain offers many opportunities for improving transparency, efficiency, competitiveness of agrifood and the position of farmers in the data value chain. This is visible in the current landscape of blockchain applications in agrifood (Figure S.1).

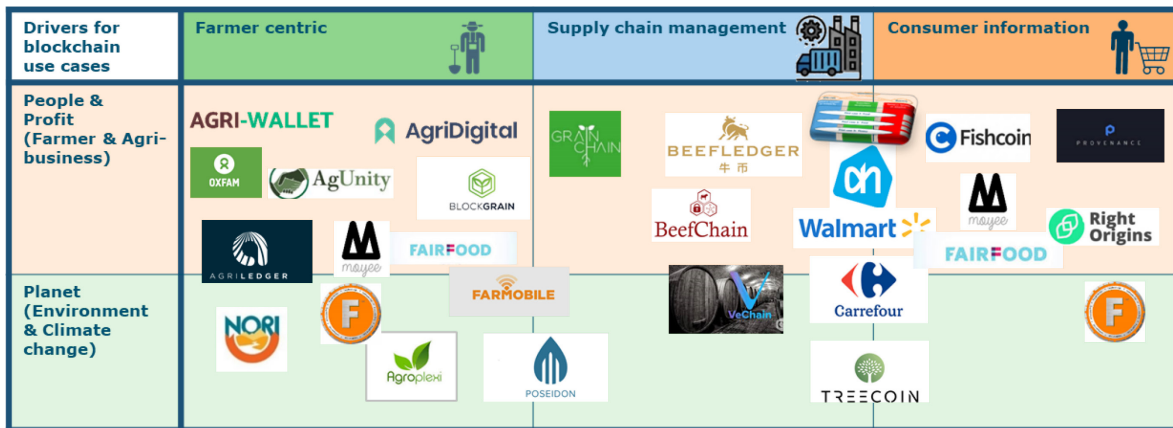


Figure S.1 The landscape of blockchain applications in agrifood

What are the challenges?

At the moment blockchain is still rapidly developing. Many use cases are mentioned in the literature and media, but only a few are piloting or becoming a business case. For many cases it is still unclear what the added value of blockchain is compared to other existing solutions.

The most important challenges in applying blockchain for agrifood are:

- Coping with the complexity of the technology and its implications.
- Breaking the chicken-and-egg problem: to prove the value of blockchain requires serious commitment and investment, but stakeholders are often hesitant to participate in blockchain projects before the value is proven.
- Connecting to existing databases and legacy systems.

The playing field of blockchain spans the domains of automation (software development), data science, and data economy. To realise a good use case requires close collaboration of people from all three sub-domains (Figure S.2).

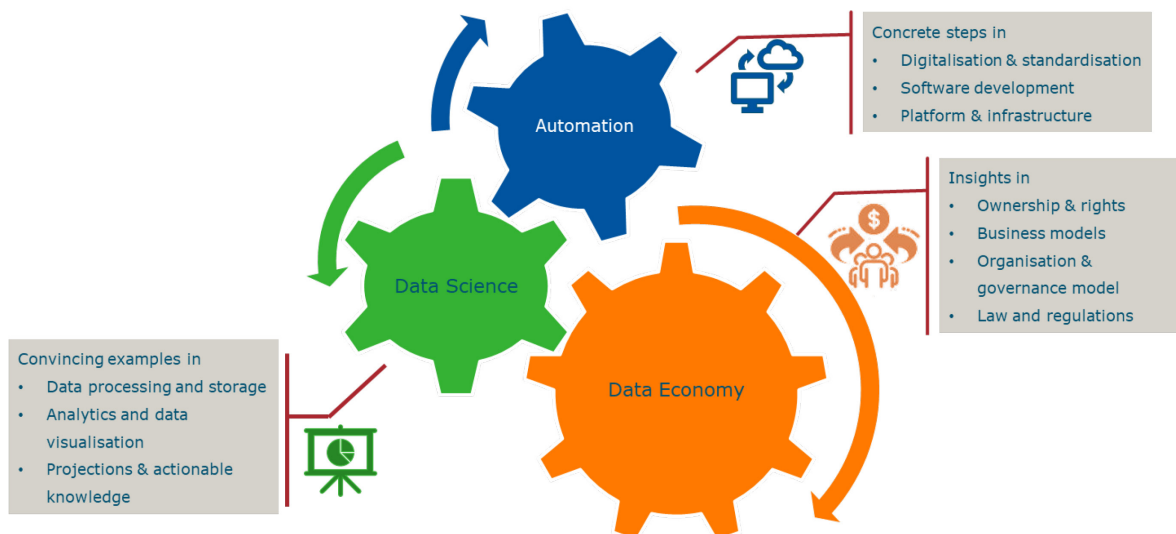


Figure S.2 The playing field of a blockchain application

The best practices and learning experiences with blockchain

Literature and our own learning experiences have suggested the following good practices in organising blockchain usecases:

- Focus on the problem to be addressed and the need for information in the ecosystem.
- Engage end-users from the start of the project and identify the minimum viable ecosystem based on their commitment, urgency and position.
- Take an agile approach to design and development, make mock-ups as soon as possible before building the software.
- Build upon 'Common Grounds' (existing data infrastructure, data models, interfaces and standard messages).

S.3 Conclusions and recommendations

Organising blockchain use cases is a process that takes time. Blockchain is not a standalone, plug-and-play technology, it is a catalyst for digital transformation in agrifood.

To realise the potential of the technology in the policy domain of the Ministry of Agriculture, Nature and Food Quality, the following steps are recommended:

- Develop a strategic vision on the data space for agrifood to provide clear guidelines with regard to the architecture and governance of farm data. This should include the positioning of centralised and decentralised data infrastructure.
- Set up a blockchain observatory for applications in agrifood so that the dynamics in the field can be monitored and steered.
- Stimulate and support further development of blockchain applications with working prototypes that serve public interests such as FarmDataWallet, Flori-Chain and AGF-Chain. Within these usecases, attention should be paid to the following issues:
 - Use standards on semantics, codes and norms and build interfaces between different databases, especially between those from RVO, NVWA, CTGB and e-CertNL.
 - Reduce costs of certification (audits, inspections, and data validation) for producers and other parties in agrifood chains.
 - Demonstrate the working of blockchain (through 'playgrounds') with different blockchain nodes and identify the obstacles for farmers and other parties in their digital transformation towards the data-economy.

S.4 Methods

The programme 'Blockchain for Agrifood' consists of desk studies on the opportunities and challenges and action research towards practical usecases. The research has been conducted in collaboration with a large number of stakeholders in the ecosystem (Figure S.3). The programme combines organisational and functional research with the development of software prototypes.

For this report we studied more than 30 blockchain use cases and platforms in and outside of the Netherlands. This made it possible to describe the current landscape of blockchain use cases, framework and platforms. Within the programme 'Blockchain for Agrifood', software applications have been built for three use cases: FarmDataWallet, Flori-Chain and AGF-Chain. Experiences with these use cases have been used to identify the challenges and best practices.

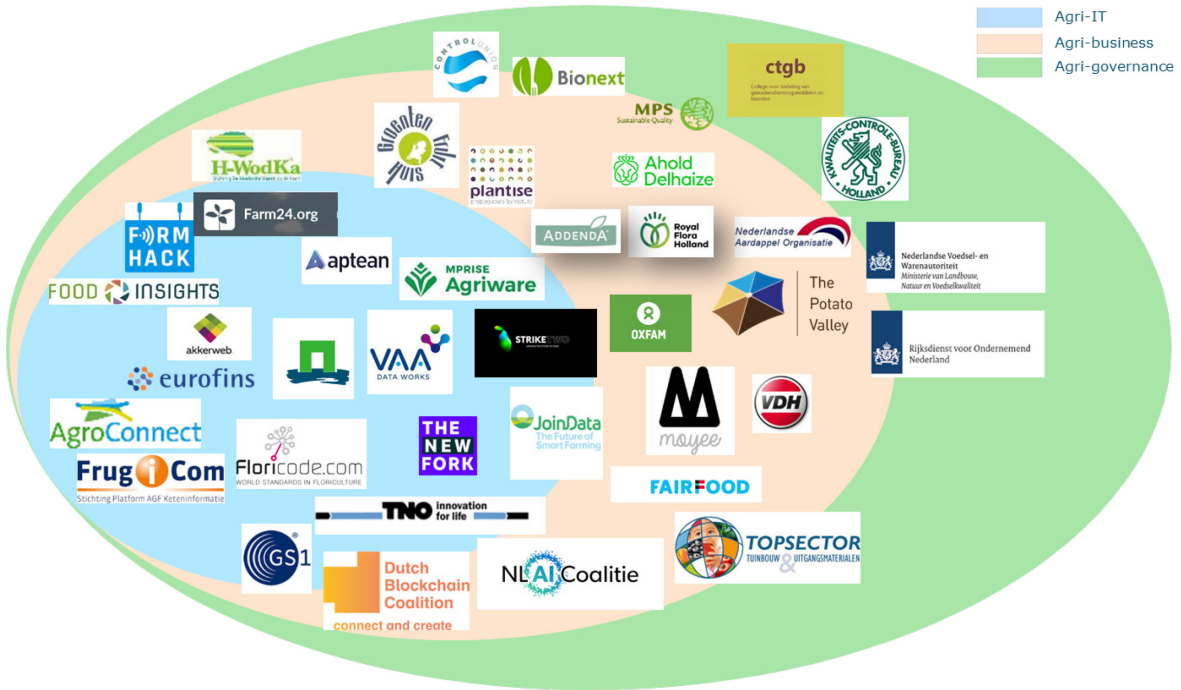


Figure S.3 The ecosystem of the programme 'Blockchain for agrifood'

Lijst van afkortingen

AI	Artificial Intelligence
API	Application Programming Interface
AR	Augmented Reality
AVG	Algemene Verordening Gegevensbescherming
BCT	Blockchain technology
BFT	Byzantine Fault Tolerance Algorithm
CFT	Crash Fault Tolerance
DAC	Decentralized Autonomous Company
DAO	Decentralized Autonomous Organization
DApp	Decentralized Application
DPoS	Delegated Proof of Stake
DLT	Distributed Ledger Technology
ERP	Enterprise Resource Planning
FAO	The Food and Agriculture Organization of the United Nations
GDPR	General Data Protection Regulation
ICO	Initial Coin Offering
ICT	Information and Communication Technology
IoT	Internet of Things
IP	Intellectual Property
KPI	Key Performance Indicator
M2M	Machine to Machine
MVP	Minimum Viable Product
MVE	Minimum Viable Ecosystem
OSI	Open Systems Interconnection
P2P	Peer to Peer
PKI	Public Key Infrastructure
PoC	Proof of Concept
PoS	Proof of Stake
POS	Point of Sale
PoW	Proof of Work
PPS	Publiek Private Samenwerking
ROI	Return On Investment
SDG	Sustainable Development Goals
TTP	Trusted Third Party
UI	User Interface
WTO	World Trade Organisation

1 Inleiding: op zoek naar de toegevoegde waarde van blockchain voor een duurzame agrifood

1.1 De potentie en de werkelijkheid van blockchain

De Nederlandse agrifood staat voor grote uitdagingen. Boeren en tuinders, ketenpartijen staan onder groot druk om te verduurzamen. Consumenten willen meer weten over de herkomst en kwaliteit van voedsel. Het omgaan met deze uitdagingen vraagt innovatie en daarbij hoort ook de inzet van innovatieve technologieën zoals blockchain. In potentie biedt blockchain veel mogelijkheden voor de transparantie en verduurzaming van agrifood (Antonucci, et al., 2019, Malik, et al., 2018, Tiwari, 2020).

Blockchain krijgt veel belangstelling door zijn potentie om vertrouwensprobleem op te lossen in allerlei transacties (Hawlitschek, et al., 2018, Howson, 2020). Het open karakter van de blockchain zou bovendien kunnen bijdragen aan transparantie, controleerbaarheid en legitimiteit van allerlei maatschappelijke processen (Schellekens, et al., 2019). Ook zou blockchain vele intermediairs die als een *Trusted Third Party* (TTP) functioneren overbodig kunnen maken en daarmee een grote efficiëntieslag mogelijk kunnen maken. Het aantal blockchaininitiatieven is in de afgelopen jaren enorm toegenomen.

Het werd sinds 2016 al verwacht dat blockchaintechnologie van grote betekenis ging zijn, ook voor de agrifoodsector (Ge, et al., 2017). Wereldwijd zien we blockchaininitiatieven opbloeien. Internationale organisaties zoals FAO en WTO besteden veel aandacht aan de technologie (Ganne, 2018, Tripoli and Schmidhuber, 2018). Ook in Nederland wordt er volop aandacht besteed aan de potenties van blockchain. Binnen het programma 'Blockchain voor agrifood', het Publiek Private Samenwerkingsproject (PPS) 'Blockchain: Automated Compliance in Agrifood ketens',¹ en de Strike Two²-gemeenschap worden blockchains breed verkend en wordt geëxperimenteerd met verschillende usecases.

Er zijn vele innovatieve eigenschappen toegeschreven aan blockchains en *smart contracts* (slimme contracten) in de publiciteit. Tegelijkertijd moet geconstateerd worden dat het een ingewikkeld fenomeen is. Er bestaan veel misverstanden en onduidelijkheden over wat blockchain precies is en wat ze wel en niet kan. De technologie is nog betrekkelijk nieuw en volop in ontwikkeling. Zonder een goed begrip van de technologie en haar implicaties is het onmogelijk een analyse van de kansen en uitdagingen scherper neer te zetten. Dit rapport geeft hier een antwoord op.

1.2 Blockchain en datagedreven agrifood

Digitalisering kan een belangrijke bijdrage leveren voor *people, planet en profit*, zoals hogere voedselveiligheid en het reduceren van milieudruk door de landbouw via bijvoorbeeld precisielandbouw (Wolfert, et al., 2017). Blockchain is één van vele digitale innovaties (naast bijvoorbeeld Big Data, IoT en Linked Open Data) die gezamenlijk kunnen bijdragen aan het bewerkstelligen van duurzaamheidsdoelstellingen van de agrifood. In een gewenste situatie zijn de agrifoodketens 'blockchain-ready'. Blockchain wordt ingezet voor duurzame en veilige voedselvoorziening en transparante en efficiënte voedselketens.

¹ <https://www.wur.nl/nl/Onderzoek-Resultaten/Onderzoeksprojecten-LNV/Expertisegebieden/kennisonline/Automated-Compliance-in-Agrifood-Chains-through-Blockchain-.htm>

² <https://striketwosummit.com/>

De ontwikkeling van blockchain en Artificial Intelligence (AI) of kunstmatige intelligentie kan gezien worden als een onderdeel van de derde industriële revolutie en zal overgaan in een vierde industriële revolutie (Industrie 4.0) (Bodkhe, et al., 2020). In de ideale situatie zijn er ook decentrale data-infrastructuren die data laten vloeien van iedere willekeurige databron die een boer of tuinder heeft, naar iedere willekeurige tool die een boer of tuinder wil, zonder handmatige interventie.

Zo kan blockchain gebruikt worden om de transparantie van agrifoodketens te verbeteren via initiatieven zoals Flori-Chain en AGF-Chain, de datapositie van boeren en tuinders te versterken, bijvoorbeeld via een data-uitwisselingssysteem zoals FarmDataWallet (bijlage 4). Blockchain biedt ook de mogelijkheid tot nieuwe verdienmodellen met het transparant maken van milieu- en ecosysteemdiensten en winsten.

Blockchain maakt onderdeel uit van een informatie-infrastructuur voor data-uitwisseling tussen verschillende actoren en organisaties die vaak tegenstrijdige belangen en prioriteiten hebben. Zonder duidelijk beleid worden er veel projecten los van elkaar opgestart. De resources en leringen worden niet gedeeld. Als het aan de markt overgelaten wordt, zal de technologie misschien niet van de grond komen en het potentieel ervan onbenut blijven. Dit zou een gemiste kans voor de samenleving betekenen.

1.3 De kernvraag en deelvragen

Het LNV-programma 'Blockchain voor agrifood' heeft als doel de toepassing van blockchain te verkennen en te helpen realiseren voor een duurzame en veilige voedselvoorziening. De kernvraag daarin is: 'Hoe kan blockchain bijdragen aan het realiseren van een duurzame agrifood?' Om antwoord te geven op deze kernvraag zijn de volgende deelvragen geformuleerd:

- Wat is de blockchaintechnologie?
- Waarom is de technologie relevant voor het ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit (LNV)?
- Wat voor kansen en uitdagingen biedt de technologie voor agrifood in Nederland? Wat is daarbij nodig (condities en randvoorwaarden)? Waar liggen de knelpunten?
- Wat zijn de ervaringen tot nu toe?
- Hoe nu verder? Wat zijn de beleidsaanbevelingen en onderzoeksrichtingen?

Dit onderzoek ontwikkelt een kader voor de aanvaardbaarheid van blockchain vanuit het perspectief van duurzame agrifood. Dit kader biedt een mogelijkheid om de kansen en risico's die blockchains bieden in verband te brengen met elkaar. Dit vergoot het inzicht in de mogelijkheden voor het benutten van de kansen die blockchaintechnologie biedt voor boeren, ketenpartijen, consumenten, en overheden. Ook geeft het onderzoek een duidelijke visie op het landschap van boerendata.

1.4 Methodologie

Het LNV-programma 'Blockchain voor agrifood' bestaat uit deskstudies naar de kansen en uitdagingen van blockchain voor agrifood en ontwerpend actieonderzoek naar werkende usecases in Nederland. Het onderzoek is uitgevoerd in samenwerking met een groot aantal stakeholders in het ecosysteem (figuur 1.1). In het programma wordt het organisatorisch en functioneel onderzoek gecombineerd met het ontwikkelen van software prototypes.



Figuur 1.1 Het ecosysteem van het 'Blockchain voor agrifood'-programma

Ten behoeve van dit rapport zijn ruim 30 blockchain-usecases en blockchain platformen binnen en buiten Nederland onderzocht en gedocumenteerd (bijlage 2 en bijlage 3). Op basis hiervan is het landschap van de blockchainframeworks, platformen, en toepassingen in kaart gebracht. Voor een drietal usecases (FarmDataWallet, Flori-Chain en AGF-Chain) wordt er ook prototype software gebouwd en getest met de beoogde gebruikers³ (bijlage 4). De bevindingen van de best practices en uitdagingen zijn mede gebaseerd op de ervaringen hiermee.

Op basis van de verkenning en ervaringen worden beleidsaanbevelingen gedaan over de onderwerpen die prioriteit verdienen in onderzoeks- en beleidsagenda's.

³ De prototypes zijn te testen via blockchain.wur.nl (alleen voor geregistreerde gebruikers)

2 Blockchain: gedistribueerde informatiesystemen met vele potentiële toepassingen

2.1 Blockchaintoepassingen ontleed

Blockchain is een verzameling van informatietechnologieën en afspraken die het mogelijk maakt om in een netwerk van mensen en organisaties een gezamenlijk gedeeld datasysteem bij te houden. Vaak wordt deze techniek dan ook Distributed Ledger Technology (DLT) genoemd, een wat algemener begrip dan blockchain. Belangrijke aantekening daarbij is dat het hier niet alleen gaat om een gedistribueerd systeem, maar ook om een autonoom systeem. Het systeem is niet aan te passen of te stoppen. Dat is een wezenlijk kenmerk van de blockchaintechnologie.

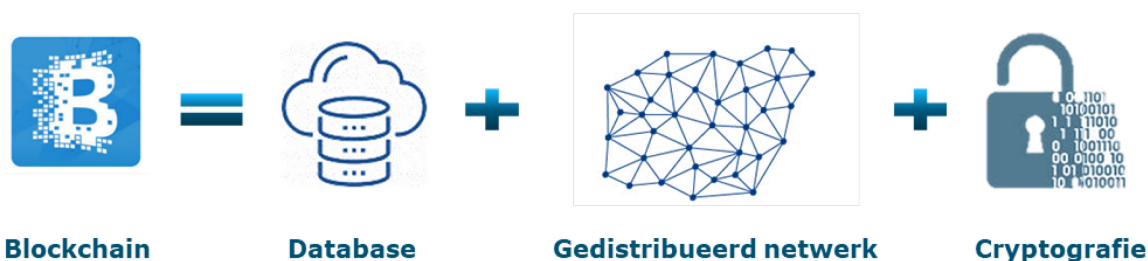
De term wordt niet alleen voor grootboeken (ledgers) gebruikt, maar ook voor applicaties in het algemeen. Het gaat eigenlijk altijd wel over min of meer autonome softwaresystemen die door verschillende organisaties worden gehost. Het is logisch gezien één systeem, dat decentraal draait.

De blockchaintoepassingen vertonen niet heel veel gezamenlijke kenmerken, behalve dat elke blockchaintoepassing uit drie lagen bestaat:

- *blockchaintechnologieën*: gedeeld grootboek (gedistribueerd ledger) + consensus mechanisme + cryptografie
- *blockchain-governance*: Wie bepaalt wat er in het ledger komt te staan, keuze van de type blockchain en platformen, toegang tot en rechten in de blockchain ledger
- *blockchain-ecosysteem*: samenwerkende spelers met verschillende belangen, interesse en rollen, en verwachte uitkomsten.

2.2 Blockchaintechnologieën

De technologie van blockchain is niet een enkele techniek, maar een verzameling van diverse technieken en toepassingen die onderling sterk kunnen verschillen (figuur 2.1).



Figuur 2.1 De technologische componenten van de blockchaintechnologie

Blockchain is een specifieke databasetechnologie. In essentie werkt de technologie als volgt:

- transacties worden geautomatiseerd in een log (een soort grootboek) geregistreerd
- dit log kan na deze registratie niet meer worden aangepast
- de registratie gebeurt niet in een centraal systeem, maar verspreid over vele computers van verschillende eigenaren en beheerders.

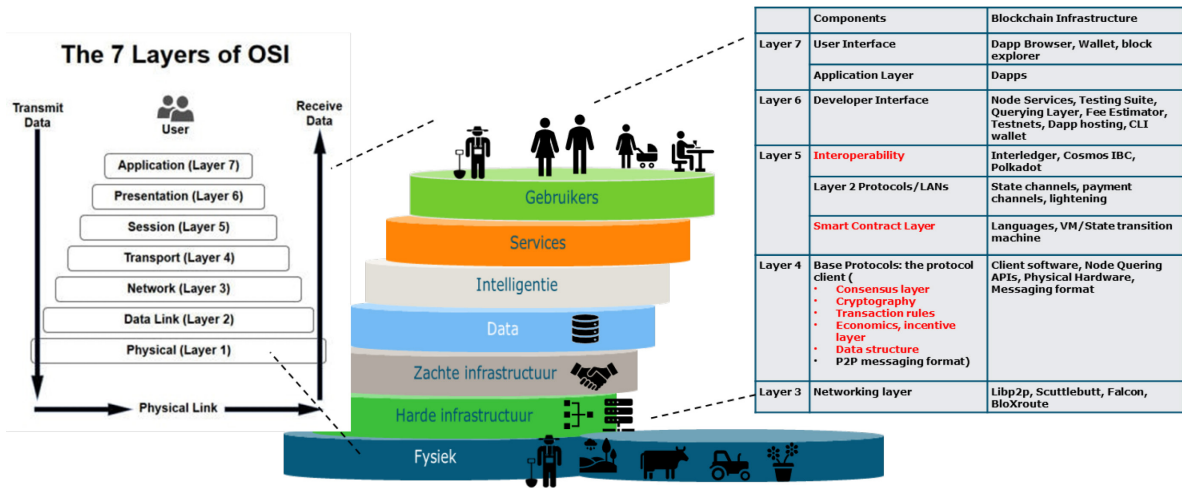
Voor een goed begrip van de technologische componenten zijn de volgende begrippen van belang:⁴

- *distributed ledger*
een grootboek of kasboek dat gedeeld en gezamenlijk bijgehouden wordt in een netwerk van computers
- *consensusmechanisme (consensusalgoritme)*
een proces dat ervoor zorgt dat bepaald kan worden welke data-input betrouwbaar is. Het algoritme zorgt ervoor dat er overeenstemming bereikt wordt over bijvoorbeeld transacties om te voorkomen dat transacties die niet echt gedaan zijn doorkomen op de ledger
- *node*
een computer die deelneemt aan een blockchainnetwerk. Nodes controleren de betrouwbaarheid van een transactie. De computers communiceren met elkaar door middel van een peer-to-peerprotocol: elke computer staat in contact met een paar willekeurige deelnemers of gebruikers van het netwerk; er zijn verschillende nodes in het blockchainnetwerk: lightweight node, full node en master node
- *transacties*
een uitwisseling van data, informatie en eigendom
- *miners*
specifieke nodes die de data verifieert voordat er nieuwe blok toegevoegd kan worden aan bestaand ledger
- *block*
een onderdeel van de blockchain dat transacties registreert
- *blockchain (keten van blokken)*
een keten van blokken ('blocks') die geordend zijn op basis van een specifieke order (bepaald door het consensusalgoritme, met gebruik van cryptografie)
- *token*
een digitale eenheid van waarde; een token maakt het mogelijk om alles digitaal verhandelbaar te maken; een token kan meerdere functies hebben dan alleen een betaalmiddel
- *smart contract*
code die beheerders op een blockchain plaatsen en uitvoeren. Deze code legt vast wat de voorwaarden zijn van de transacties, bijvoorbeeld wanneer een leverancier betaald wordt of een overdracht van eigendom plaats vindt.

In de enge zin betreft blockchain alleen het ledger: 'de keten van blokken'. De term blockchain wordt inmiddels ook gebruikt voor de trend waaronder diverse andere nieuwe soorten technologieën vallen, zoals smart contracts, gedistribueerde applicaties (dApps) of gedistribueerde autonome organisaties (DAO's) (Ante, 2020, Antonucci, et al., 2019). Hierin spelen cryptografische munten (*tokens of coins*) een belangrijke rol.

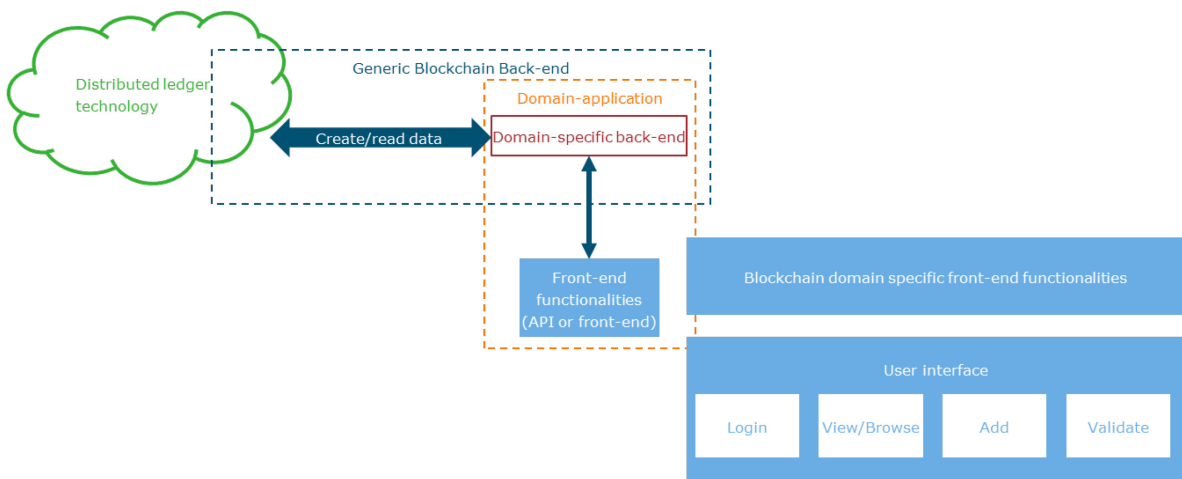
Eén kenmerk wordt zeker door vrijwel elk van de verschillende vormen gedeeld, namelijk dat de achterliggende technologie ingewikkeld is. Het beslaat verschillende werkvelden en doorkruist verschillende lagen (figuur 2.2). De implementatie van de technologie bestaat uit verschillende lagen ('stacks') (zie onder andere, Bratton, 2016).

⁴ Er zijn veel websites met uitgebreide toelichting. Zie ook websites in Bronnen en Literatuur achter in dit rapport.



Figuur 2.2 De verschillende lagen van de blockchaintoepassing

Voor de praktische toepassingen moeten er gebruikersinterfaces gebouwd worden. De algemene architectuur is weergegeven in figuur 2.3. De informatie-uitwisseling via blockchain gebeurt zoals vele internettoepassingen in de 'back-end'-functionaliteiten en voor de gebruikers is blockchain daarom vooral iets 'onder de motorkap'.



Figuur 2.3 De architectuurcomponenten van de blockchaintoepassing

De softwarematige keuzes worden vaak als bundel aangeboden als een zogenaamd 'blockchainraamwerk' ('blockchainframework'). In bijlage 1 is een overzicht van verschillende blockchainframeworks opgenomen. Naar de eindgebruikers toe worden er op basis van de blockchainframeworks verschillende blockchainplatformen ontwikkeld. Een blockchaintoepassing kan gebruikmaken van bestaande platformen of een eigen platform bouwen. In bijlage 2 is een overzicht opgenomen van verschillende blockchainplatformen die actief zijn in agrifood.

2.3 Blockchain-governance

Bij blockchaintoepassingen zijn veel partijen betrokken. Hiervoor moeten afspraken gemaakt worden over de verantwoordelijkheden, taken en rechten. Er zijn verschillende governance modellen (Pelt, et al., 2020, van Deventer, et al., 2017).

Vanuit praktisch oogpunt schrijft een governance model voor hoe een besluit op en over de blockchain gemaakt wordt. Dit betekent een arrangement van de recht en controle regels van de blockchain. De veel genoemde keuzes zijn (gebaseerd op o.a., Motta, et al., 2020, van Pelt, 2019):

- participatie: met of zonder toestemming
- toegangscontrole: wie bepaalt of een nieuwe block toegevoegd mag worden?
- gebruik van smart contracts
- code governance.

De verschillen zijn weergegeven in Tabel 2.1.

Tabel 2.1 *Vergelijking tussen verschillende typen blockchains*

Type blockchain	Permissionless blockchain (publieke blockchains)	Hybride blockchain	Permissioned blockchain (private blockchain)
Is er een systeembeheerder (wie mag het systeem installeren)?	Iedereen, anoniem	Beperkt aantal beheerders, identiteiten bekend	Een beheerder, identiteit bekend
Is er een poortwachter?	Ja, het algoritme	Ja, de initiator van het consortium	Ja, de initiator van het consortium
Is de identiteit van gebruikers bekend?	Nee	Nee	Ja
Wie mag beheerder zijn van een validatie-node (t.b.v. consensus)?	Iedereen	Bepaald door de poortwachter	Bepaald door de poortwachter
Gebruiker met alle rechten	Iedereen	Iedereen, tenzij expliciet anders besloten	Bepaald door de poortwachter
Leesrecht via front-end	Iedereen	Iedereen, tenzij expliciet anders besloten	Bepaald door de poortwachter
Is toestemming nodig/is de blockchain beschermd?	Nee	Mogelijk	Ja
Software opensource	Ja	Mogelijk	Mogelijk
Hoe worden protocollen gewijzigd?	Moeilijk	Met consensus van alle partijen	Makkelijk

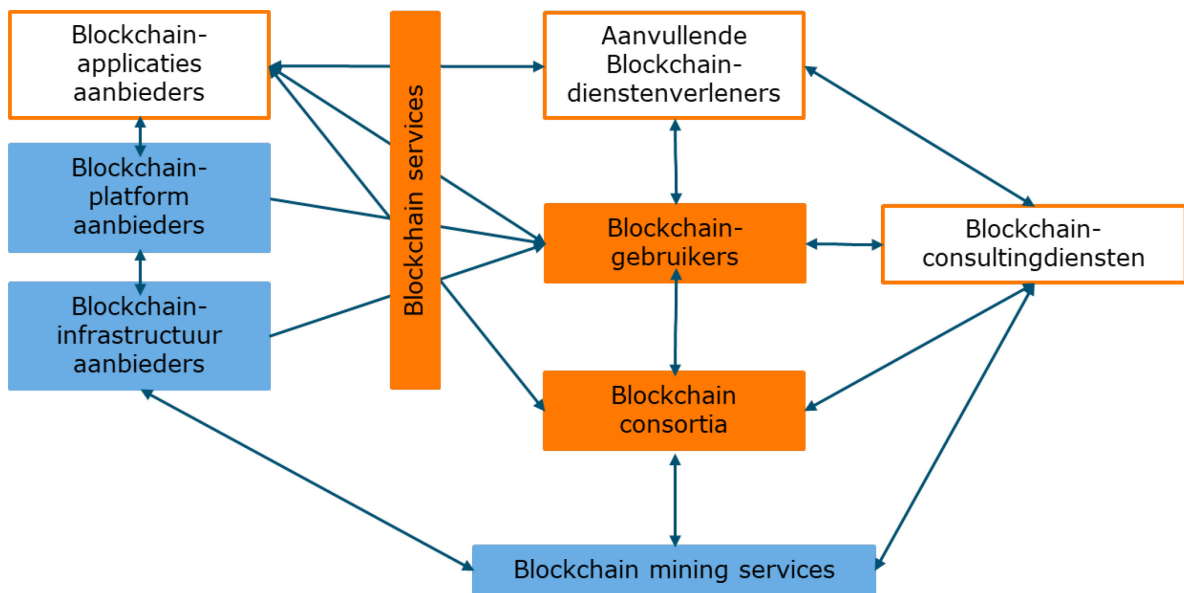
De keuze van het type blockchain hangt van het doel van het blockchainproject af. Voordat deze keuze gemaakt kan worden, is het aan te raden om na te gaan of blockchain een relevante technologie is. Hiervoor zijn veel checklists en beslisbomen beschikbaar.⁵

2.4 Blockchain-ecosysteem

2.4.1 Actoren en rollen

Omdat het om het gezamenlijk bijhouden van een grootboek gaat, is blockchain vooral een informatietechnologie voor een ecosysteem van actoren. Blockchainecosystemen bestaan uit partijen die actief bezig zijn met het ontdekken, ontwikkelen of toepassen van blockchain. Er zijn bijvoorbeeld ook partijen die blockchainproducten en/of -diensten aanbieden, zoals startups, ontwikkelaars, en juridische en organisatieadviseurs. In het blockchainecosysteem zijn er veel actoren actief, veel meer dan alleen blockchain-startups en (technische) ontwikkelaars. Een overzicht van de rollen in het algemene blockchainecosysteem is weergegeven in figuur 2.4. In de blockchainconsortia zijn er diverse partijen die actief zijn om blockchain in de praktijk toe te passen, zoals overheden, onderwijs- en onderzoeksinstituten, en investeerders. Er zijn technologieaanbieders die veel minder in de schijnwerper staan van het breder publiek.

⁵ Zie bijvoorbeeld ook: <https://blockchainscan.wur.nl/>

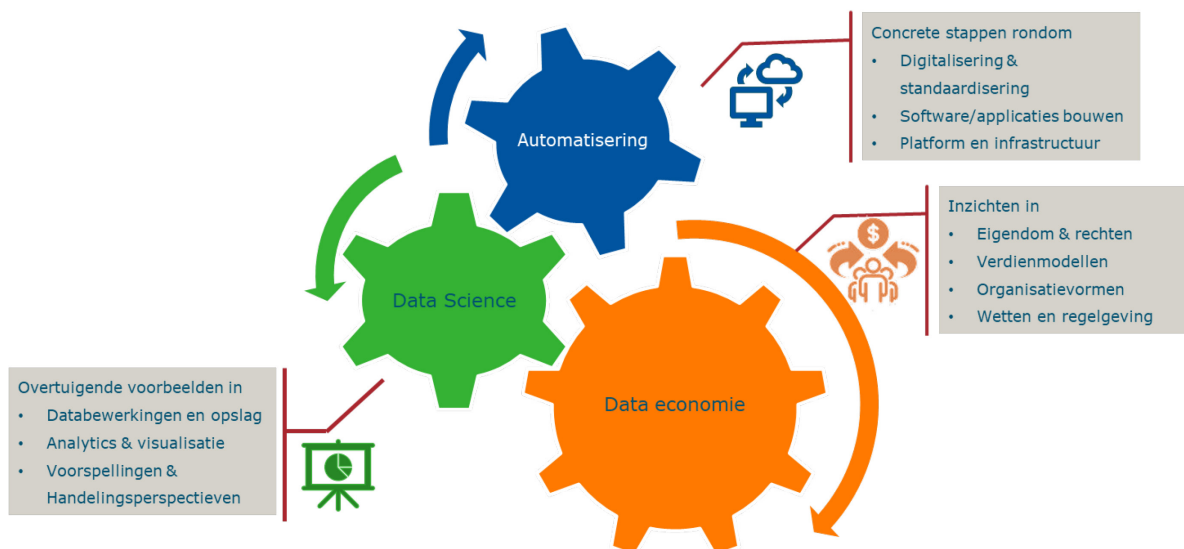


Figuur 2.4 Rollen in een generieke blockchaineecosysteem

Een gebruiker van het blockchainsysteem hoeft niet altijd rechtstreekse interactie te hebben met het ledger. Het is feitelijk iets 'onder de motorkap'. Er zijn bepalende organen zoals de ontwikkelaars van de blockchainprotocollen.

2.4.2 Het speelveld van een blockchaintoepassing

Het speelveld van blockchain bestaat uit verschillende IT- en economische domeinen. Blockchain is in essentie een informatietechnologie voor de uitwisseling van data en informatie tussen verschillende partijen. Het speelveld van blockchaintoepassingen behelst drie sub-datawerelden vanuit automatisering, data science en de economie van data. Figuur 2.5 geeft de belangrijkste aspecten die bij een blockchaintoepassingen een rol spelen.



Figuur 2.5 Het speelveld van blockchaintoepassingen

3 De relevantie van blockchain voor duurzame agrifood

3.1 Compliance en innovatie voor duurzame agrifood via blockchain

Informatievoorziening en de governance van innovatieve technologieën voor maatschappelijk belang behoren tot de kerntaken van de overheid. Blockchain is in dit verband relevant voor beleid in het algemeen. Waarom is blockchain relevant voor LNV beleid? De sleutel tot het antwoord ligt in de blockchaineigenschappen die compliance en innovatie in duurzame landbouw ondersteunen of faciliteren. De relevantie van blockchain voor beleid LNV zit met name in de volgende technische en organisatorische eigenschappen:

- *technische transparantie en betrouwbaarheid* (door onveranderlijkheid, technische blindheid en redundantie van het grootboek, i.e., data is voor iedereen hetzelfde en er zijn meerdere kopieën van het grootboek in het netwerk)
- *efficiëntie in digitale transacties* (automatisering via smart contracts)
- *data-soevereiniteit* in het data-ecosysteem, regie over eigen data (democratisering in een gedistribueerde netwerken).

De beleidsmatige relevantie zit in de volgende onderwerpen:

- *transparantie in duurzaamheid en bijdrage aan klimaatdoelen en kringlooplandbouw* (monitoring van de KPIs in duurzaamheid, emissies, gesteldheid van bodem, water, en lucht, fraudepreventie en fraudebestrijding in bijvoorbeeld mesttransport)
- *traceerbaarheid voor voedselveiligheid en ketenoptimalisatie* (tijdige terugroepacties bij calamiteiten, vermindering van voedselverspilling)
- *informatie voor consumenten* (herkomst en kwaliteit van voedsel, eerlijke prijzen voor voedselproducten, gezondheid, klimaatimpact en bijdrage aan klimaatdoelen)
- *de positie van boeren en verdienmodellen* in de data-economie (toegang tot data-infrastructuren, governance, regelgeving over data-uitwisseling).

Deze thema's worden in paragraaf 3.2 verder toegelicht. In tabel 3.1 zijn de koppelingen tussen de technische eigenschappen en de beleidsrelevantie weergegeven met voorbeeldtoepassingen.

Tabel 3.1 Eigenschappen van blockchain en beleidsmatige relevantie

Uitgangspunten	Thema	Handelingsperspectieven	Voorbeeld
Vertrouwen verbeteren	Transparantie	Monitoring en handhaving	Fraudebestrijding
	Traceerbaarheid	Voedselveiligheid en kwaliteit, dierwelzijn	Snelle terugroepacties
	Informatie integriteit	Betrouwbare informatie voor burgers	Keurmerken
	Consensus & smart contract	Vermindering administratieve lasten	Subsidieverstrekking
Nieuwe waarden creëren/innovatie	Eerlijkheid, gelijkheid	Toezicht en stimulering	True pricing
	Inclusiviteit	Positie van boeren in de keten, precisielandbouw	Toegang tot data-infrastructuren, boerendata-economie
	Nieuwe verdienmodellen	Alternatieve financiering	Data-economie
	Efficiëntie en automatisering	Korte ketens; financiering op basis van compliance	Exportprocessen

3.2 Beleidsmatige thema's

3.2.1 Transparantie in duurzaamheidseisen en prestaties

In een blockchainsysteem kunnen velen aan het ledger bijdragen, zonder dat er een derde partij nodig is om te bemiddelen. Hierdoor kan het in theorie allerlei intermediairs zoals banken, accountants, notarissen, administratiekantoren, IT-leveranciers en zelfs overheden overbodig maken als het gaat om registratie. Veel processen zijn belegd bij verschillende registerpartijen, zijn van elkaar afhankelijk en niet goed op elkaar afgestemd. Er wordt gesuggereerd dat een blockchain dit proces zou kunnen verbeteren.

Het inzetten van blockchain voor transparantie kan echter in eerste instantie als een enorme bedreiging gezien worden door de intermediairs. Het is daarom belangrijk om deze partijen te betrekken in het proces en ze een ander perspectief te bieden in een veranderde rol. Als het goed gaat, zijn zij uiteindelijk ook blij als ze van allerlei routinematige, soms geestdodende taken verlost worden. Dit proces komt echter niet vanzelf tot stand.

Vanuit het perspectief van toezicht en controle is blockchain relevant voor beleid doordat het blockchainsysteem de potentie heeft om de monitoringkosten en informatiekosten te verlagen (Davidsson, 2019). Blockchain gaat het delen van informatie echter niet aanmoedigen, tenzij het delen van informatie een voorwaarde is die wettelijk wordt gecontroleerd. Hiervoor is een belangrijke rol van de overheid weggelegd om aan te geven welke informatie gemonitord moet worden.

Het thema transparantie staat centraal in de relevantie van blockchain voor beleid. Hierin zijn met name twee vragenstukken van belang voor de overheid:

- validatie en accreditatie van data: autonome M2M-data-uitwisseling dient conform een transparant en eenduidig afsprakenstelsel geborgd te worden voor overheid en gebruikers
- juridische en ethische vraag: wat is de rol van de overheid in industrie 4.0 of agrifood 4.0? Is een algoritme aansprakelijk te stellen?

3.2.2 Traceerbaarheid voor voedselveiligheid, voedselverspilling en dierwelzijn

Betere traceerbaarheid, met name in de zogenaamde 'audit trail' of 'chain of custody' is een vaak genoemd voordeel van blockchain in traceerbaarheidssystemen (van Hilten, et al., 2020).

In het geval van voedselvergiftiging of contaminatie moeten retailers producten snel kunnen traceren en zelfs terughalen wanneer dat nodig is. Gezien het belang van volksgezondheid en voedselveiligheid is het voor LNV beleid relevant om te verkennen in hoeverre blockchain bestaande traceerbaarheidssystemen kan verbeteren.

3.2.3 Klimaatdoelen en kringlooplandbouw

In het kader van monitoren en stimuleren van de kringlooplandbouw en het bereiken van klimaatdoelen is blockchain relevant voor LNV-beleid omdat het mogelijkheden biedt voor een decentraal en betrouwbaar informatiesysteem waarmee de indicatoren en voortgang gemonitord kunnen worden. Dit kan in potentie de transparantie en controleerbaarheid verbeteren in de handhaving en naleving. Een recente FAO-studie laten zien dat blockchain op verschillende manieren toegepast kan worden voor de adaptatie en mitigatie in agrifood, zowel in ontwikkelingslanden als in ontwikkelde landen (Van Wassenaer, et al., 2020).

3.2.4 Informatie voor de consumenten

Voor het LNV-beleid is het belangrijk om te zorgen dat de gezondheid- en duurzaamheidbewuste consument toegang krijgt tot betrouwbare informatie over de gezondheidseffecten van voeding en het welzijn van de dieren en het milieu.

Naast gezondheidsrisico's wil de consument ook goed op de hoogte zijn van alle andere nadelen die de voedingssector met zich mee kan brengen. De boer moet voldoende betaald krijgen voor zijn producten. Dit geldt niet alleen voor producten uit Nederland of Europa, maar ook voor producten uit ontwikkelingslanden. Mensen zien bijvoorbeeld chocola en koffie liever met een Fairtrade-keurmerk of andere keurmerken. Daarnaast moet de visvangst er niet voor zorgen dat het onderwaterleven te veel lijdt. Daarom zien de consumenten van vis ook graag MSC-gecertificeerde vis.

Bovendien bleek dat de consumenten hun eigen CO₂-uitstoot willen verminderen of compenseren door klimaatprojecten te steunen. Bij het afrekenen van bestellingen wordt dit steeds vaker als optie aangeboden. Bij aankoop van vliegtickets en kleding wordt de consument al een mogelijkheid geboden om CO₂-uitstoot te compenseren door een boom te planten of een klein bedrag te doneren.

3.2.5 De positie van boeren en verdienmodellen in de digitale landbouw

De positie en het verdienvermogen van de boeren is een belangrijk onderwerp in de LNV-visie 'Nederland als koploper in Kringlooplandbouw'.⁶ Het is te verwachten dat smart contracts geprogrammeerd kunnen worden voor de automatische uitbetaling voor duurzaamheidsdiensten. Het is echter nodig standaarden op te zetten over wat er gemeten en gemonitord moet worden.

Boeren en tuinders in Nederland willen graag meeprofiteren van de potentie van digitalisering en beter gebruik maken van hun data. Boeren willen data verzamelen en beheren om beter aan de (toenemende) wensen/eisen van overheid, afnemers en instanties te voldoen. Ook willen ze data analyseren om er zelf wijzer van te worden (benchmarking en monitoring). Hiervoor is een gezamenlijke data-infrastructuur nodig. Blockchain kan hierin een belangrijke rol spelen.

Digitalisering brengt veel mogelijkheden maar ook uitdagingen. Ook in Europa en internationaal krijgt het concept 'data-soevereiniteit' veel aandacht (Herian, 2018). In agrifood is het belangrijk om aandacht te besteden aan de soevereiniteit van boerendata (van der Burg, et al., 2020).

⁶ <https://www.rijksoverheid.nl/ministeries/ministerie-van-landbouw-natuur-en-voedselkwaliteit/visie-lnv>

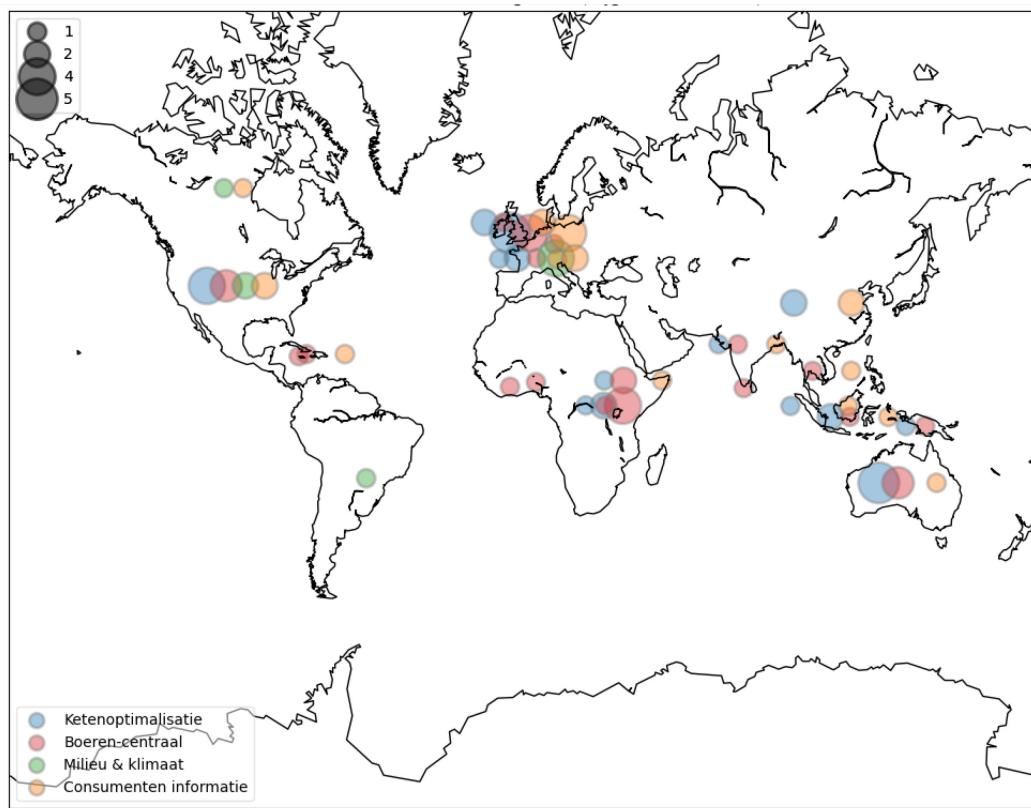
4 Blockchain in agrifood: stand van zaken

4.1 Kansen en uitwerking: het landschap van blockchaintoepassingen in agrifood

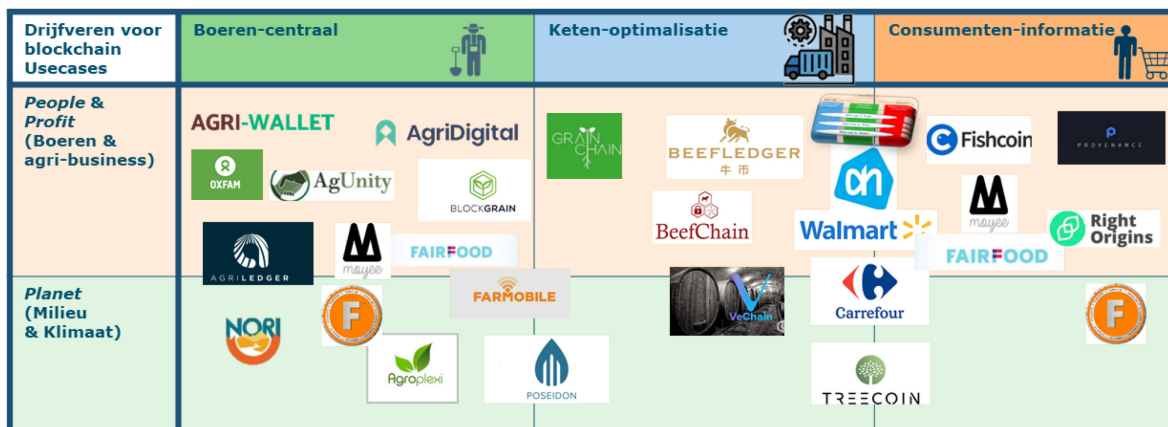
Blockchain werd eerst vooral gezien als fin-tech en kreeg veel aandacht in de financiële sectoren. Banken en verzekeringsmaatschappijen waren de eerste branches die daarmee experimenteerden. Sinds 2017 is de aandacht voor blockchain ook snel gegroeid in agrifood. Inmiddels zijn de kansen en uitdagingen van blockchain voor agrifood in verschillende rapporten en een groot aantal academische papers beschreven (zie bijvoorbeeld Motta, et al., 2020, Sylvester, 2019, Tiwari, 2020).

Terwijl het aantal usecases in agrifood in 2017 nog op de vingers van een hand te tellen was, zien we een explosieve groei in het aantal en diversiteit van blockchaintoepassingen in 2020. Er zijn inmiddels meer dan 30 blockchainplatformen te vinden die actief zijn in agrifood (bijlage 2). In deze studie hebben we al meer dan 35 usecases gevonden die voorbij de fase van Proof of Concept (PoC) zijn (bijlage 3). Een groot aantal is ook in de uitrolfase. In figuur 4.1 is de geografische verdeling weergegeven. De thematische verdeling is weergegeven in figuur 4.2.

Er dient onderscheid gemaakt worden tussen usecases als potentiële gebruiksscenario en usecases als casussen die uitgewerkt zijn met daadwerkelijke belanghebbenden. In de academische literatuur worden tot en met 2019 veel gebruiksscenario's bestudeerd die al dan niet uitgewerkt zijn tot een PoC. Veel benoemde usecases zijn nog fictieve casussen met afbakeningen en simplificaties, bijvoorbeeld de usecase met tafeldruiven uit Zuid-Afrika (Ge, et al., 2017).



Figuur 4.1 Het landschap van blockchain toepassingen in agrifood
Bron: Eigen data en bewerking.



Figuur 4.2 Het landschap van blockchaintoepassingen in agrifood ingezoomd op thema's

Op basis van de literatuur zijn de kansen van blockchain voor agrifood samengevat in tabel 4.1. In verschillende usecases wordt blockchain gezien als 'the single layer of truth' ('de enige bron van waarheid') waarmee de transparantie en traceerbaarheid in agrifoodketens verbeterd kan worden. Dit zien we vooral in de toepassingen in de categorie 'ketenoptimalisatie'. In de sfeer van milieu en klimaat is echter de nutsvoorziening oftewel *tokens* een belangrijke factor die nieuwe business- en governance-modellen mogelijk maken.

Boeren, met name kleine boeren, oftewel 'smallholders', in de ontwikkelingslanden kunnen beter inkomsten genereren door betere toegang tot de financiële diensten (lening, krediet en verzekering). In Nederland en andere ontwikkelde landen krijgen de onderwerpen eerlijke prijzen en data-soevereiniteit veel aandacht in blockchaintoepassingen voor de boeren.

Usecases in de categorie 'consumenteninformatie' spelen in op de bereidheid van consumenten om te betalen voor de herkomst, bewerking, productiewijzen en kwaliteit van voedsel en andere agrarische producten met premium kwaliteiten.

Tabel 4.1 De kansen van blockchain voor agrifooddomeinen

Uitgangspunten/Motieven	Thema's	Usecase	Blockchain Framework
Boeren-centraal	Data-soevereiniteit, boerenpositie, eerlijke prijzen	FarmDataWallet, Agri-Wallet, BlocRice, Agriledger	Hyperledger Fabric, Ethereum
Ketenoptimalisatie	Transparantie, traceerbaarheid, efficiëntie	Flori-Chain, AGF-Chain, Friear, Korte Ketens	Hyperledger Fabric, MultiChain, Ethereum
Milieu en klimaat	Duurzaamheid, True pricing, carbon offset, carbon market, CO ₂	Poseidon, Nori, Climate Coin	Ethereum, Quorum
Consumenteninformatie	Transparantie, voeding, gezondheid, arbeidsconditie voor de boeren in ontwikkelingslanden	Albert Heijn, Walmart, Carrefour, Moyee Coffee, Fairfood	Ethereum, Hyperledger Fabric

4.2 De uitdagingen in blockchaintoepassingen

Het toepassen van innovatieve technologieën gaat zelden zonder weerstand en tegenwerkingen. Blockchain is nog redelijk nieuw en staat in vele opzichten in kinderschoenen. De huidige situatie van blockchain onder de betrokkenen in agrifood is net als in andere sectoren vaak nog 'hoog op de agenda, laag in gebruik' (Oostrum, 2019).

Zowel technologisch als organisatorisch zijn er veel uitdagingen en knelpunten. De technologische uitdagingen voor blockchain zijn veel besproken in de technische en academische onderzoeken

(Upadhyay, 2020). De organisatorische uitdagingen hebben veel te maken met governance - het is vaak maatwerk voor elke toepassing. In de juridische sfeer ontstaan er ook veel discussies over de aanvaardbaarheid als normatieve technologie (Schellekens, et al., 2019). Een belangrijke consensus rondom de uitdaging is dat het zowel technisch als organisatorisch ingewikkeld is. Zo zijn smart contracts niet te begrijpen of te controleren zonder specialistische kennis, en het inhuren van zulke kennis is kostbaar, terwijl het riskant is om erop te vertrouwen dat het contract doet wat de ontwikkelaar zegt.

Veel van de uitdagingen zijn algemeen. Voor agrifood worden de specifieke uitdagingen benoemd (Demestichas, et al., 2020, Fan, et al., 2019, Torky and Hassanein, 2020, van Hilten, et al., 2020, Zhao, et al., 2019). Er zijn schattingen dat het minen in de bitcoin-blockchain evenveel elektriciteit kost als een klein land als Ierland verbruikt (zie bijvoorbeeld De Vries, 2018, Stoll, et al., 2019, Vranken, 2017). Naast de schaalbaarheid bestaan er ook twijfels over de duurzaamheid van blockchainsystemen.

De belangrijkste uitdagingen in het toepassen van blockchain voor agrifood zijn:

- *omgaan met de complexiteit en governance van de technologie*
Het is vaak onduidelijk wat men precies onder blockchain verstaat, er zijn verschillende types blockchains en verschillende aspecten van blockchaintoepassingen.
- *doorbreken van het kip-en-eiprobleem*
De vermeende/verwachte voordelen van blockchain lopen sterk uiteen, het is lastig te bewijzen zolang men niet serieus wil investeren in geld en tijd, en procesveranderingen. Zonder bewijs is het voor velen weer lastig zich te committeren aan het blockchainproject.
- *verbinden blockchain met bestaande databases en legacy-systemen*
Op dit moment hebben boeren en tuinders al te maken met een lappendeken van digitale platformen. Het is onduidelijk wat blockchain nog toevoegt.

Complexiteit en governance

Er bestaan diverse blockchainplatformen, die zoals hierboven gesteld vooral worstelen met aspecten rond schaalbaarheid. Het beeld wordt nog verder vertroebeld doordat er verschillende blockchains bestaan met ieder net weer wat andere eigenschappen dan andere blockchain. Er zijn al wel mogelijke oplossingen voor technische schaalbaarheid, maar het vergroten van het aantal gebruikers, oftewel 'on-boarding', blijft een grote uitdaging. Hierdoor is het implementeren van blockchain veelal meer 'sociaal werk' dan technologie. Het organiseren van een blockchaintoepassing in een ecosysteem van actoren heeft veel weg van coalitievorming tussen partijen met verschillende standpunten en belangen. Het heeft veel communicatie en onderhandeling nodig om tot een gedeelde visie of 'regeerakkoord' te komen.

Governance van blockchain vormt de grootste uitdaging in de totstandkoming van realistische usecases. Door de verschillende culturen en werkwijzen in het probleemdomein en in het IT-domein is het een grote uitdaging om blockchainprojecten te coördineren en om gedragen afspraken te maken over de rechten en verantwoordelijkheden van verschillende partijen.

Een ander aspect van governance zijn de wetten en regelgeving rondom blockchain die nog in ontwikkeling zijn. Veel juridische vragen zijn nog open, bijvoorbeeld over de wettelijkheid en aansprakelijkheid van smart contracts als overeenkomsten in de juridische zin (Drummer and Neumann, 2020). Een blockchain is op zichzelf in het algemeen geen rechtspersoon en ook geen maatschap. De afwezigheid van duidelijk aansprakelijke partijen bij schade veroorzaakt door een blockchain kan onwenselijk zijn. Het vaak genoemde voordeel van blockchain - de zogenaamde onveranderlijkheid ('immutability') - kan ook botsen met rechten en afspraken volgens privacywetgevingen, bijvoorbeeld het recht op vergetelheid.

Legacy-systemen

Met betrekking tot de organisatie van vraag en aanbod van data hebben veel organisaties last van bepaalde keuzes uit het verleden die toen juist waren, maar verstreckende gevolgen hebben in het heden (Bessems and Bril, 2017). Aan het eind van de vorige eeuw was niet het antwoord op een vraag leidend bij automatisering, maar het automatiseren van eenvoudige interne processen. Vanuit deze beginpositie is er, zonder (voor de huidige context de) juiste fundamenten steeds verder

gebouwd. De bekende en zogenaamde spaghettilandscappen zijn het gevolg hiervan. Bedrijven en (vooral) overheden en uitvoeringsorganen schrijven jaarlijks tientallen tot soms wel honderden miljoenen euro's af aan mislukte IT-projecten.

Ook in de agrifood zijn er allerlei softwarepakketten aanwezig op veel bedrijven, bijvoorbeeld die van leveranciers van bedrijfsapparatuur. Op melkveebedrijven zijn er bijvoorbeeld melkwinningssystemen of automatische voersystemen. Op akkerbouw zijn er teeltregistratiesystemen. Koppelingen onderling of met andere programma's zijn er niet of onvolledig. Het gevolg is dat melkveehouder of akkerbouwer verschillende programma's heeft die werken op een onderdeel van het bedrijf. Om verschillende systemen aan elkaar te koppelen kost tijd en geld. Dat is niet de prioriteit van de bedrijven en dus gebeurt het niet vanzelf.

4.3 Reflecties op de ontwikkelingen in kansen en uitdagingen

Het verdient aandacht dat het landschap zoals nu beschouwd wordt in dit rapport en de kansen en uitdagingen daarin, een momentenopname is. Er is een explosieve toename van academische en professionele publicaties over de kansen en uitdagingen van blockchain, waaronder veel literatuurreviews om de bevindingen samen te vatten (Zhao, et al., 2019). Bevindingen uit de literatuur zijn vaak gebaseerd op secundaire bronnen en theoretische redeneringen. Vaak betreft het een abstractie en geeft het geen concreet beeld van het landschap in de praktijk. Het landschap van blockchaintoepassingen in de praktijk verandert echter snel. Zoals onze eigen ervaring leert, gaat de praktijk snel voorbij aan de bevindingen uit de literatuur. Het tijdig monitoren en regelmatig updaten blijft noodzakelijk.

Er zijn veel kritische noten te plaatsen rondom blockchaintoepassingen. De betrouwbaarheid van permissionless blockchains is niet absoluut. Onder crypto-economische consensusmechanismen is nooit volledig zeker dat de gegevens in de blockchains niet meer veranderd worden. Een veel besproken uitdaging is het 'Garbage-in-Garbage-Out' (GIGO-)probleem (Blossey, et al., 2019, Ge, et al., 2017). De data die in blockchain komt, moet gevalideerd worden door betrouwbare bronnen. Door mensen ingevoerde data is foutengevoelig. Machine-gegenereerde data zoals sensordata moet ook nog gekalibreerd worden. Hiervoor zijn inmiddels gedecentraliseerde datanetwerken ontstaan die fungeren zijn als 'orakel'. Dit zijn onafhankelijke partijen die data valideren voor andere gebruikers (voorbeeld: ChainLink plus Arbol netwerk voor de weerverzekering).

Wat zijn nu concreet de mogelijke voordelen? In de eerste plaats zijn er de algemene voordelen van blockchain op het onderdeel transparantie. In de tweede plaats is ook het *katalyserende effect* van blockchain waarmee nieuwe ecosystemen zijn ontstaan waarin partijen informatie met elkaar delen volgens de principes van blockchain. De beloftes en beperkingen zijn weergegeven in tabel 4.2 met mogelijke handelingsperspectieven of oplossingsrichtingen.

Tabel 4.2 Beloftes, Beperkingen en handelingsperspectieven

Technische eigenschappen	Beloftes	Beperkingen	Handelingsperspectieven
Technische transparantie	Procestransparantie, betere traceerbaarheid, accountability	AVG, databeschikbaarheid, datakwaliteit, zakelijk belang	Goede afspraken maken over indicatoren en governancemodel
Redundantie & onveranderlijkheid	Veiligheid, integriteit van data, resilience in informatiesystemen	Mogelijke hack, flexibiliteit, de komst van quantum computing, efficiëntie, datakwaliteit	Permissioned blockchain, consortiumblockchain
Smart contracts	Automatische transacties, verlichten van registratiedruk en administratieve lasten	Betrouwbaarheid van data; Hoeveelheid papierwerk en regelgevingsdichtheid op een bepaald terrein; Aantal procedurele stappen	Ontwikkelen van accreditatie en validatiesysteem voor data, bij voorkeur Machine to Machine (M2M)

Zowel bij de beloftes en beperkingen zien we de belangrijke rol van *datbeschikbaarheid en -kwaliteit*. Dit geldt niet alleen voor blockchaintoepassingen, maar ook voor de digitale transitie in agrifood in het algemeen. De toepassingen van AI en andere digitale oplossingen kunnen niet zonder betrouwbare en bruikbare data. Om de digitale transformatie te versnellen, is data de sleutel. Het belang hierin is erkend in bijvoorbeeld de Europese Datastrategie en de Artificiële Intelligentie (AI-)visie die de EC februari 2020 publiceerde (Europese Commissie, 2020).

In het organiseren van blockchaintoepassingen speelt *verandermanagement* een belangrijke rol. Blockchain dwingt mensen om anders te denken over informatie-uitwisseling, namelijk van lineaire informatiestromen naar een netwerkstructuur waarin informatie gedistribueerd is onder alle leden (van Wassenaer, et al., 2020). Dat is in traditionele sectoren en voor veel mensen een uitdaging. Het is voor velen nog onduidelijk wat de technologie en de toepassing daarvan inhoudt en wat het op korte termijn op zou leveren. De verwachting is vaak dat hetzelfde proces een betere uitkomst heeft met blockchain. Werkende prototypes kunnen handen en voeten geven aan de abstracte ideeën.

5 Ervaringen met blockchaintoepassingen: een proces met lange adem

5.1 De zoektocht naar serieuze blockchaintoepassingen

Het LNV-programma 'Blockchain voor agrifood' heeft als doel de toepassing van blockchain te verkennen en te helpen realiseren voor een duurzame en veilige voedselvoorziening. Op basis van de bevindingen en aanbevelingen van eerder onderzoek richt het onderzoek zich op de volgende drie thema's en onderwerpen door de ontwikkeling en implementatie van concrete usecases (Ge, et al., 2017):

- *schaalbaarheid en interoperabiliteit* van blockchain-gebaseerde oplossingen interoperabiliteit tussen verschillende blockchains, koppelingen met bestaande Enterprise Resource Planning (ERP)-systemen, datastandaarden en gegevensbeheer, en semantiek
- *blockchain-ecosysteem* blockchain-gereedheid in verschillende bedrijfs- en bestuursprocessen, digitale volwassenheid en mogelijkheden
- *adoptie* verbinding tussen on-chain data en off-chain data en processen, balans tussen transparantie, privacy en zakelijke vertrouwelijkheid, kosten en baten.

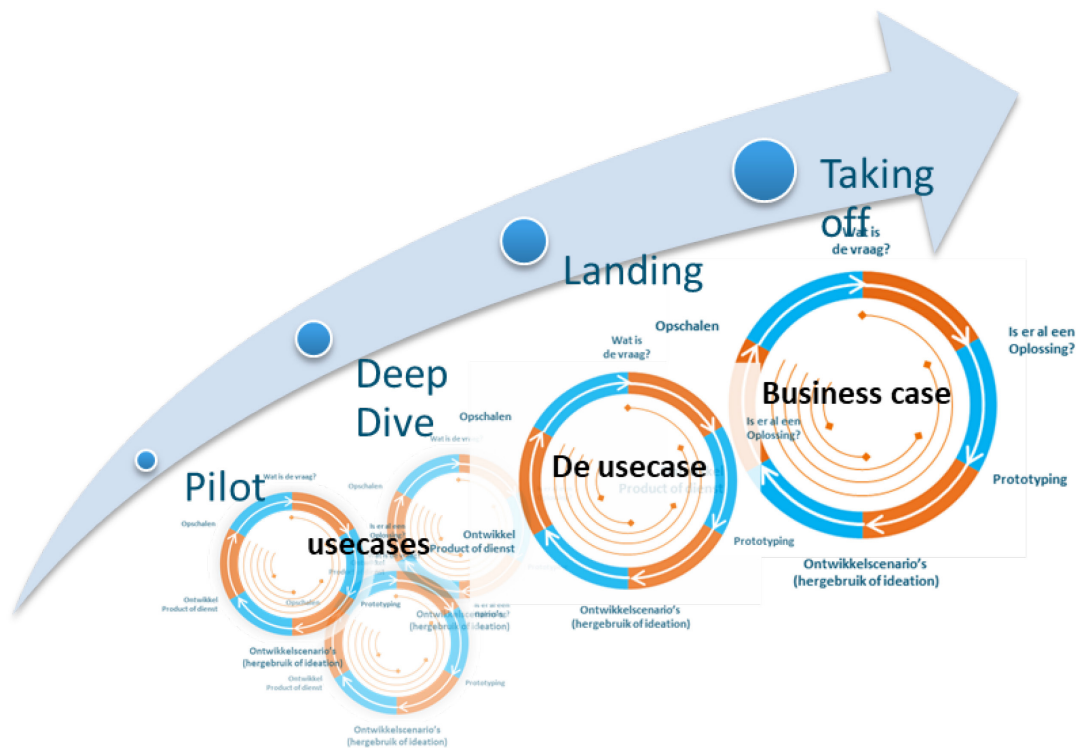
Binnen het programma is sinds 2017 een zoektocht gestart naar een serieuze blockchaintoepassing in agrifood (figuur 5.1). Bij het begin van het programma werd een brede inventarisatie gedaan op basis van de literatuur en in consultatie met de belanghebbenden. Een overzicht hiervan is weergegeven in tabel 5.1. Vanuit de perspectieven van transparantie, voedselveiligheid, fraudebestrijding, duurzaamheidspresentaties werden mogelijke stappen gezet naar analyse en ontwerp. Na de inventarisatie is een 'Deep Dive' gedaan naar een drietal usecases: certificering, boereninkomen, en mesttransport. Op basis van het voorgaande worden de kansen en knelpunten in beeld gebracht. Dit werd gevolgd in een implementatietraject in 2019 samen met het PPS project 'Automated Compliance'.⁷

De belangstelling voor blockchaintoepassingen in de agrifood wisselde per deelsector en per schakel. Toepassingen zoals mestketen en het registeren van gewasbeschermingsmiddelen leken voor de hand te liggen, maar bleken uit onderzoek toch niet eenvoudig. Binnen de usecase FarmDataWallet werken elf akkerbouwers ('databoeren') uit de Stichting Hoeksche Waard op de Kaart (HWodKa) mee aan het ontwikkelen van een data-infrastructuur met blockchain. In het voorjaar is gestart met verzamelen en uitlezen van tractordata. Onder de gezamenlijke noemer 'Boeren met Data' wordt onderzocht wat voor mogelijkheden blockchain kan bieden voor precisielandbouw en de beoogde datacoöperatie van boeren. Hiervoor is ook gekeken naar de data in de melkveehouderij in samenwerking met FarmHack⁸.

Binnen de usecases Flori-Chain en AGF-Chain (bijlage 4) wordt onderzocht of en hoe transparantie en traceerbaarheid in de ketens (sierteelt en AGF/zaaiuien export) verbeterd kan worden. Er werd eerst grondig onderzoek gedaan naar de problemen in de huidige situatie waaruit een gedetailleerde set aan user requirements is voortgekomen inclusief schermontwerpen ('mock-ups'). Vervolgens werden softwarematige oplossingen gezocht en uitgevoerd. Dit heeft geresulteerd in twee werkende prototypes waarmee nu gebruikerstests uitgevoerd worden.

⁷ <https://www.wur.nl/nl/Onderzoek-Resultaten/Onderzoeksprojecten-LNV/Expertisegebieden/kennisonline/Automated-Compliance-in-Agrifood-Chains-through-Blockchain-.htm>

⁸ <https://www.farmhack.nl/stikstof-data-handboek-melkveehouderij/>



Figuur 5.1 Fases in het 'Blockchain voor agrifood'-programma

Tabel 5.1 Mogelijke blockchaintoepassingen in Nederland

Usecase	Doel	Verkennen	Analyse & Ontwerp	Software ontwikkeling	Status
Blockchain voor certificering	Transparantie, voedselveiligheid, lage certificeringskosten	x	x	x	Uitrol
Blockchain voor Brexit	Efficiëntie, minder administratieve lasten	x	x	-	Pending
Blockchain voor boereninkomen	Eerlijke inkomen voor boeren	x	x	x	Uitrol
Blockchain voor mestketen	Transparantie in mestketen, fraudepreventie	x	x	-	Pending
Blockchain voor aardappel datapaspoort	Transparantie en kwaliteitsborging	x	x	-	Pending
FarmDataWallet	Data-uitwisseling, data soevereiniteit van boeren, bevorderen precisielandbouw	x	x	x	Pilot
Flori-Chain (PPS)	Transparantie in sierteelt, Smart inzicht in gebruik gewasbeschermingsmiddelen	x	x	x	Pilot
AGF-Chain (PPS)	Efficiëntie, minder administratieve lasten in perceelregistratie en aanmelding voor export	x	x	x	Pilot

5.2 Knelpunten en oplossingsrichtingen

Tussen de droomsituaties van een blockchaintoepassing en de daad staan wetten in de weg en veel praktische bezwaren. Wetten zoals de AVG en andere wettelijke beperkingen in het delen van informatie leiden tot terughoudendheid in het investeren in of meedoen aan blockchainprojecten. In tabel 5.2 worden de knelpunten samengevat.

Tabel 5.2 *Knelpunten in een aantal usecases verkend in het programma 'Blockchain voor agrifood'*

Usecase	Doel	Knelpunten
Blockchain voor export	Efficiëntie verbeteren in douaneformaliteiten, anticiperend op mogelijke exporteisen na Brexit	Complex processen, onzekerheid over Brexit-deal
Blockchain voor mestketen	Transparantie in de mestketen, fraude verminderen	Complex processen en regelgeving. Tegenstrijdige belangen
Blockchain voor pootgoed datapaspoort	Data over groei-, teelt- en bewaarconditie door de keten heen	Gebrekkige interoperabiliteit/data-infrastructuur
Blockchain voor korte ketens	Transparantie in duurzaamheidswinsten van korte keten	Gebrek aan breed gedragen datadefinities en modellen
Blockchain voor sierteelt	Transparantie in duurzaamheidsaspecten, informatie op partijniveau door de keten heen laten stromen	Koppeling met bestaande ERP-systemen, platformen
Blockchain voor precisielandbouw	Blockchain toepassen in precisielandbouw, boeren helpen met het benutten en verwaarden van boerendata zoals trekker- bodem- en sensordata en data in bedrijfsmanagementsystemen (teeltregistratiesystemen)	Gebrek aan data-infrastructuur, afspraken rondom governance en businessmodel, datagebruik, strijden tussen platformen

De praktische bezwaren zitten vooral in de coördinatie binnen de projecten en het gebrek aan standaardisatie en data-governance.

Een van de knelpunten van coördinatie van de projecten is de mismatch tussen commitment en invloed, belang en urgentie. Mensen die direct aan een blockchainproject namens een organisatie deelnemen hebben vaak niet de bevoegdheden om besluiten te nemen over de beoogde veranderingen in bedrijfsprocessen. Hierdoor moet steeds afgestemd worden en het levert vertragingen op in projecten en leidt tot het verlies in momentum.

Vraagstukken zoals standaardisatie en data-governance zijn te groot om in één blockchain pilot aangepakt te worden, maar vormen wel een belemmering. Zonder gevestigde standaarden wordt een blockchainimplementatie lastig te realiseren.

Beleidsrelevante thema's zoals duurzaamheid en transparantie zijn inherent complex, al lijken ze eenduidig. Voorbeeld hiervan zijn de bewegingen rondom True Price (de echte prijs) en CO₂-neutraal. Deze begrippen hebben uiteenlopende indicatoren of metingen waar nog geen standaarden voor bestaan. Het is voor een informatiesysteem zoals blockchain nauwelijks behapbaar.

Beoogde projectdoelstellingen botsen tegen wetten en praktische bezwaren zoals: andere belangen (privacy, business confidentialiteit), beschikbaarheid van data, bereidheid om data te delen, gebrek aan interoperabiliteit, nut van data nog niet bewezen.

In verschillende trajecten zien we het kip-en-eiprobleem ontstaan. Er zijn veel vermeende/verwachte voordelen van blockchain, maar de meeste zijn lastig te bewijzen zolang men niet serieus wil investeren in geld en tijd, en procesveranderingen. Maar men wil ook eerst zien en dan pas investeren. Een aanpalend knelpunt is de vergelijking tussen een gecentraliseerde systemen zoals JoinData en een gedistribueerd systeem als blockchain (FarmDataWallet) voor data-uitwisseling. Beide systemen hebben voor- en nadelen (zie tabel 5.3 ter illustratie). Het is niet de een of de ander, maar de twee kunnen juist complementair zijn aan elkaar in een data-ecosysteem.

De beoogde efficiëntiewinst en verlaging van certificeringskosten zijn past realiseerbaar nadat er eerst geïnvesteerd wordt in het ontwikkelen en implementeren van registratiesystemen over het gebruik van gewasbeschermingsmiddelen. Het is nu voor telers nog lastig om de voordelen van de SMART-inzichten die op lange termijn beschikbaar zullen zijn af te zetten tegen kortetermijnverhoging van registratiedruk (van Wassenaar, et al., 2020).

Tabel 5.3 Vergelijking centrale en decentrale data-infrastructuur

Type data-infrastructuur	JoinData	FarmDataWallet
Netwerkstructuur	Gecentraliseerd platform	Decentraal/Gedistribueerd
Doel	Machtiging, doorgeefluik, digitale snelweg	Smart data-ecosysteem, gedistribueerde databank, data-economie
Toegang	Permissioned	Open voor iedereen
Beheerder	JoinData	Het netwerk of consortium
Veiligheid	Single point of failure	Robuust (meerdere nodes)
Data opslag	Bij bron	Bij bron, 'eigen datakluis'
Controle bij datadeling	Machtiging	'Goedkeuring' van gebruiksovereenkomst
Data integriteit	Geen controle	Hash ('brandmerk')
Data Provenance	Niet bijgehouden	Bijgehouden middels smart contract

In de digitaliseringsvisie van LNV is er daarom een 'omgevingsvisie' nodig. De architectuurprincipes en overwegingen zijn voor een deel al beschreven in de haalbaarheidsstudie naar de data-ruimte voor PL4.0 (Kempenaar, et al., 2020). Het is echter nog onduidelijk hoe blockchain- en DLT-systemen hierin moeten passen.

5.3 Best practices bij het organiseren van blockchaintoepassingen

Op basis van de literatuur en onze eigen leerervaringen zien we de volgende best practices:

- Definieer een usecase met afgebakende problemen en doelstellingen.
- Werk met een minimum viable ecosysteem.
- Hanteer een *agile* werkwijze.
- Maak gebruik van 'Common Grounds'.

5.3.1 Een usecase met afgebakende problemen en doelstellingen

Er zijn veel casussen te bedenken waar sprake is van een gedeelde informatiepositie, maar blockchain is niet het geneesmiddel tegen alle kwalen. Het is belangrijk bij het overwegen van nieuwe blockchainprojecten om eerst een goede probleemanalyse te maken en nauwkeurig te bezien of een blockchain voor de geïdentificeerde problemen een oplossing biedt. Er zijn talloze beslisbomen of flowcharts ontwikkeld ter ondersteuning van de keuze, zowel voor bedrijven (bijvoorbeeld de Blockchain Scan van Wageningen Economic Research) als voor de overheid (zie e.g., McQuinn and Castro, 2019).

Belangrijk voor een succesvolle verkenning van de mogelijkheden van blockchain is een focus op die vraagstukken waar blockchain een oplossing voor kan bieden. Maar wel met behoud van de unieke kenmerken van blockchain, zoals decentrale distributie en het gebruik van cryptografie. Waar mogelijk moeten de verwachte of geconstateerde voordelen en risico's afgezet worden tegen andere ICT-oplossingen.

5.3.2 Een minimum viable ecosysteem (MVE)

Voor de implementatie van een blockchaintoepassing is het goed identificeren en organiseren van een blockchaineecosysteem essentieel. De praktische stappen zijn:

- het identificeren van het MVE (gecommitteerde actoren)
- het maken van keuzes over het geschikte type blockchain en governance structuren
- het 'kweken' van de cruciale functies in het ecosysteem (technologie, governance- en businessmodel).

De grootste uitdaging is niet de technologie, maar het verkrijgen van commitment van de gebruikers. Het is daarom uitermate moeizaam om van buitenaf en vanaf nul nieuwe usecases te ontwikkelen.

Voor het bepalen van de requirements van een product of dienst is het in kaart brengen van stakeholders belangrijk omdat stakeholders de mensen of organisaties zijn die belang hebben bij een in te voeren product of dienst.

De keuze van de technologie vraagt specialistische IT-kennis en expertise in combinatie met domeinkennis in de sector. De betrokkenheid van IT-partij met goede sectorkennis is daarom onmisbaar. Een grote succesfactor in geslaagde usecases is de nauwe samenwerking tussen IT services providers, primaire ketenpartners en data service en control providers. Een voorbeeld hiervan is het MVE in de usecases Flori-Chain en AGF-Chain⁹ (figuur 5.2). Voor het ontwikkelen van beide usecases is een 'werkgroep' gevormd met leden vanuit de drie lagen die snel kunnen schakelen en knopen kunnen doorhakken over softwarekeuzes. Dit heeft geresulteerd in werkende prototypes die aansluiten bij de praktijk en grote potentie hebben voor verdere uitrol.



Figuur 5.2 De betrokken partijen in de usecases van PPS Blockchain Automated Compliance (Horti-Chain)

Bron: Henk Zwinkels, Floricode.

5.3.3 Een agile werkwijze met concrete tussenproducten

In het onderzoekspoor en het ontwikkelspoor zitten mensen met verschillende kennis, expertise en verwachtingen van de toepassingen. Het proces kan nodeloos lang duren of stranden als alle stappen vooraf precies uitgestippeld en afgestemd moeten worden. Het tijdig concreet maken van het beoogd softwareproduct faciliteert de coördinatie en verhoogt het draagvlak. Het agile werken geldt zowel voor de zoektocht naar softwarematige oplossingen als voor het ontwerp naar governance- en businessmodellen.

5.3.4 Maak gebruik van 'Common Grounds'

Een van de knelpunten in data-uitwisselen is het gebrek aan interoperabiliteit. Om verschillende redenen hanteren verschillende organisaties van oudsher verschillende definities van data en gebruiken verschillende datasystemen. Het is daarom onmogelijk om data automatisch uit te wisselen zonder dat er veel conversie en mapping gemaakt moet worden. Het gebruik van 'Common Grounds' zoals bestaande datamodellen, koppelingen en informatiestandaarden bevordert de informatie-uitwisseling. Het hergebruik van bestaande IT-infrastructuur is daarom een belangrijk principe. In de usecase Flori-Chain wordt bijvoorbeeld bestaande productcodelijsten vanuit Floricode en datasystemen van het CTGB gebruikt om informatie over gebruik van gewasbeschermingsmiddelen automatisch te koppelen tussen ERP-systemen en de blockchain.

⁹ Meer informatie over het project is te vinden op: <https://research.wur.nl/en/projects/tu18125-blockchain-automated-compliance-in-agrifood-chains-through>

6 Conclusies en aanbevelingen

In potentie biedt blockchain veel kansen voor het verbeteren van transparantie, traceerbaarheid, efficiëntie, en de positie van de boeren en tuinders in agrifoodketens - aspecten die essentieel zijn voor een duurzame agrifood. Maar de technologie heeft ook zijn beperkingen en knelpunten. Om de potentie van BCT te benutten in de context van de doelen die LNV met het werkveld nastreeft zijn er de volgende stappen nodig:

- het opstellen van een *omgevingsvisie voor data* in de agrifood, met daarin duidelijke richtlijnen (governance- & architectuurprincipes, spelregels, randvoorwaarden) voor zowel gecentraliseerde als decentraliseerde data-infrastructuren
- het oprichten van een *blockchain observatorium* voor toepassingen in agrifood om zo het dynamische veld te monitoren en bij te sturen
- het stimuleren van *blockchaintoepassingen voor duurzame landbouw* via voorbeeld usecases met werkende prototypes.

In de volgende paragrafen worden deze aanbevelingen nader uitgewerkt.

6.1 Opstellen van een 'omgevingsvisie voor data' met blockchain als katalysator van de digitale transformatie in agrifood

Blockchain is geen standalone technologie. Het is ook geen wondermiddel tegen alle kwalen in de sector. Het ontwikkelen van blockchaintoepassing dient als katalysator voor de digitale transformatie in agrifood. Het toepassen van blockchain gaat gepaard met veranderingen in verschillende business- en governanceprocessen die onderhevig zijn aan de algemene ontwikkeling in digitalisering.

Het verdient aanbeveling om een *omgevingsvisie voor data* op te stellen. De visie moet aangeven wat de governance- en architectuurprincipes zijn voor het genereren, delen en benutten van data in en rondom agrifood en aan welke voorwaarde data-infrastructuren moeten voldoen. De richtlijnen en principes moeten gelden zowel voor centrale en decentrale oplossingen. In een recente haalbaarheidsstudie naar de data-ruimte voor precisielandbouw 4.0 is er al een voorzet gemaakt (Kempenaar, et al., 2020). Een verdere uitwikkeling is de rol van blockchains en DLT-systemen. In de omgevingsvisie moet er duidelijkheid gegeven worden over de rol van blockchain en DLT-systemen en de KPIs die gemonitord kunnen worden via blockchain.

6.2 Oprichten van een blockchainobservatorium voor duurzame ontwikkeling in agrifood

Het landschap van blockchaintoepassingen binnen en buiten Nederland verandert snel. Er zijn veel partijen actief maar het is vaak onduidelijk hoe de verschillende initiatieven en projecten zich verhouden tot elkaar en hoe ze bijdragen aan een duurzame agrifood.

Het verdient aanbeveling om een blockchain observatorium op te richten om het landschap van blockchainapplicaties, -platforms en -ecosystemen regelmatig te kunnen monitoren. Een blockchainobservatorium kan opgericht worden als bijvoorbeeld de European Blockchain Observatory and Forum¹⁰ of een open database zoals de PositiveBlockchain.¹¹ Dit maakt het mogelijk

¹⁰ <https://www.eublockchainforum.eu/>

¹¹ <https://positiveblockchain.io/>

om het dynamische veld te monitoren en bij te sturen. Ook helpt een observatorium de nu gefragmenteerde ecosysteempjes met elkaar te verbinden.

6.3 Stimuleren blockchaintoepassingen voor duurzame landbouw via usecases met werkende prototypes

Bij het toepassen van innovatieve technologie is er een belangrijke rol voor de overheid om samen met bedrijfsleven initiatieven en experimenten die bijdragen aan het bereiken van maatschappelijke doelen te bevorderen en wederzijds leren tussen verschillende experimenten te faciliteren. Het verdient ook aanbeveling om bestaande usecases met werkende prototypes en ecosystemen te ondersteunen en te stimuleren voor opschaling. In het bijzonder moet de overheid de ontwikkeling van standaarden stimuleren voor het definiëren van data en usecases. Het gebruik van standaarden is belangrijk voor de interoperabiliteit tussen blockchaintoepassingen en efficiënte gegevensuitwisseling tussen verschillende blockchains.

Het verdient aanbeveling om vanuit beleidsinstrumentarium usecases te ondersteunen en stimuleren met onderzoek en ontwikkelcapaciteit, met name in de verdere ontwikkeling van voorbeeld usecases met werkende prototypes zoals FarmDataWallet, Flori-Chain en AGF-Chain.

Hierin moet aandacht besteed worden aan de volgende aspecten:

- het stimuleren van gebruik van standaarden bijvoorbeeld over de semantiek, codes en normen, koppelvlakken tussen verschillende systemen (met name tussen RVO, NVWA, CTGB, e-CertNL, en teelregistratiesystemen zoals CropVision en Dacom Farm Intelligence)
- het verlagen van certificeringskosten (audit, inspectie, data accreditatie en validatie) voor telers en andere partijen in de agrifood ketens door gebruik te maken van AI voor datavalidatie
- het demonstreren van de werking van blockchain ('playgrounds') en het identificeren van blokkades voor boeren en andere partijen in hun digitale transitie naar de data-economie
- ethische knelpunten voorkomen door goede governance afspraken te maken
- het ontwikkelen van een accreditatie- en validatiesysteem voor blockchainedata ('Oracle' of orakelnetwerk).

Het implementeren van blockchaintoepassingen gaat gepaard met vele technologische en organisatorische veranderingen die nodig zijn voor een transparantere en efficiëntere samenwerking. Zoals velen hebben geconcludeerd is het complex. Toch zijn er concrete stappen te zetten om de potentie daarvan te benutten voor een duurzame agrifood. Het is aan ons allemaal om het gewenste resultaat te bereiken.

Literatuur en websites

Literatuur

- Ante, L. 2020. 'Smart Contracts on the Blockchain—A Bibliometric Analysis and Review.' *Available at SSRN 3576393*.
- Antonucci, F., S. Figorilli, C. Costa, F. Pallottino, L. Raso, and P. Menesatti. 2019. 'A Review on blockchain applications in the agri-food sector.' *Journal of the Science of Food and Agriculture* 99(14):6129-6138.
- Bessems, P., and W. Bril. 2017. *Blockchain Organiseren: Fundamenten voor een nieuwe sociaaleconomische orde*.
- Blossey, G., J. Eisenhardt, and G. Hahn (2019) Blockchain technology in supply chain management: An application perspective.
- Bodkhe, U., S. Tanwar, K. Parekh, P. Khanpara, S. Tyagi, N. Kumar, and M. Alazab. 2020. 'Blockchain for industry 4.0: a comprehensive review.' *IEEE Access* 8:79764-79800.
- Bratton, B.H. 2016. *The stack: On software and sovereignty*: MIT press.
- Davidsson, M. 2019. 'Blockchain in agri-food chain: Shaping an integrated food ecosystem.' *Master Thesis*. <https://stud.epsilon.slu.se>.
- De Vries, A. 2018. 'Bitcoin's growing energy problem.' *Joule* 2(5):801-805.
- Demestichas, K., N. Peppes, T. Alexakis, and E. Adamopoulou. 2020. 'Blockchain in Agriculture Traceability Systems: A Review.' *Applied Sciences* 10(12):4113.
- Drummer, D., and D. Neumann. 2020. 'Is code law? Current legal and technical adoption issues and remedies for blockchain-enabled smart contracts.' *Journal of Information Technology*:0268396220924669.
- Europese Commissie. 2020. *Een Europese datastrategie. MEDEDELING VAN DE COMMISSIE AAN HET EUROPEES PARLEMENT, DE RAAD, HET EUROPEES ECONOMISCH EN SOCIAAL COMITÉ EN HET COMITÉ VAN DE REGIO'S*. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/NL/TXT/?uri=CELEX:52020DC0066>.
- Fan, J., B.G. McConkey, B.C. Liang, D.A. Angers, H.H. Janzen, R. Kröbel, D.D. Cerkowniak, and W.N. Smith. 2019. 'Increasing crop yields and root input make Canadian farmland a large carbon sink.' *Geoderma* 336:49-58.
- Ganne, E. (2018) Can Blockchain revolutionize international trade?, World Trade Organization, https://www.wto.org/english/res_e/booksp_e/blockchainrev18_e.pdf.
- Ge, L., C. Brewster, J. Spek, A. Smeenk, J. Top, F.v. Diepen, B. Klaase, C. Graumans, and M.d. Ruyter de Wildt (2017) Blockchain for agriculture and food: findings from the pilot study. Wageningen:, Wageningen Economic Research.
- Hawlitshchek, F., B. Notheisen, and T. Teubner. 2018. 'The limits of trust-free systems: A literature review on blockchain technology and trust in the sharing economy.' *Electronic commerce research and applications* 29:50-63.
- Herian, R. 2018. 'Regulating disruption: Blockchain, Gdpr, and questions of data sovereignty.' *Journal of Internet Law* 22(2):1-16.
- Howson, P. 2020. 'Building trust and equity in marine conservation and fisheries supply chain management with blockchain.' *Marine Policy*:103873.
- Kempenaar, C., R. Mollema, T. Been, K. van Boheemen, B. Biewenga, S. van der Burg, L. van Wassenaer, K. van der Meij, C. Graumans, A. ter Horst, S. Janssen, K. Lokhorst, F. Sijbrandij, M. Steinbusch, P. van der Vlugt, and T. van der Wal. 2020. 'Haalbaarheidsstudie PL4.0 data-ruimte: knelpuntenanalyse datagebruik op boerenbedrijf en aanbevelingen om de impasse te doorbreken.' *Wageningen Research, Rapport WPR-10.18174/532701*. <https://doi.org/10.18174/532701>.
- Malik, S., A. Singh, R. Kumari, S. Pathak, S. Rohila, S. Choki, and B. Pandey. 2018. 'Leveraging the potential of agriculture sector and food supply with block chain technology-A review.'
- McQuinn, A., and D. Castro. 2019. Information Technology and Innovation Foundation. 'A policymaker's guide to blockchain.'

- Motta, G.A., B. Tekinerdogan, and I.N. Athanasiadis. 2020. 'Blockchain Applications in the Agri-Food Domain: The First Wave.' *Frontiers in Blockchain* 3:6.
- Oostrum, R. 2019. 'Blockchain in de branche: geen killer-app, maar wat dan wel?' <https://www.sivi.org/wp-content/uploads/2019/12/SIVI-en-Blockchain.pdf>.
- Pelt, R.v., S. Jansen, D. Baars, and S. Overbeek. 2020. 'Defining Blockchain Governance: A Framework for Analysis and Comparison.' *Information Systems Management*:1-21.
- Schellekens, M., E.T.T. Tai, W. Kaufmann, F. Schemkes, and R. Leenes. 2019. *Blockchain en het recht.*: Universiteit van Tilburg-Tilburg Institute for Law, Technology, and Society.
- Stoll, C., L. Klaaßen, and U. Gallersdörfer. 2019. 'The Carbon Footprint of Bitcoin.' *Joule* 3(7): 1647-1661.
- Sylvester, G. 2019. *E-agriculture in Action: Blockchain for Agriculture: Opportunities and Challenges*: International Telecommunication Union.
- Tiwari, U. 2020. 'Application of Blockchain in Agri-Food Supply Chain.' *Britain International of Exact Sciences (BIOEx) Journal* 2(2):574-589.
- Torky, M., and A.E. Hassanein. 2020. 'Integrating blockchain and the internet of things in precision agriculture: Analysis, opportunities, and challenges.' *Computers and Electronics in Agriculture*:105476.
- Tripoli, M., and J. Schmidhuber. 2018. 'Emerging Opportunities for the Application of Blockchain in the Agri-food Industry.' *FAO and ICTSD: Rome and Geneva. Licence: CC BY-NC-SA 3* (<http://www.fao.org/3/CA1335EN/ca1335en.pdf>).
- Upadhyay, N. 2020. 'Demystifying blockchain: A critical analysis of challenges, applications and opportunities.' *International Journal of Information Management* 54:102120.
- van der Burg, S., L. Wiseman, and J. Krkeljas. 2020. 'Trust in farm data sharing: reflections on the EU code of conduct for agricultural data sharing.' *Ethics and Information Technology*:1-14.
- van Deventer, M., C. Brewster, and M. Everts. 2017. 'Governance and business models of blockchain technologies and networks.'
- van Hilten, M., G. Ongena, and P. Ravesteijn. 2020. 'Blockchain for Organic Food Traceability: Case Studies on Drivers and Challenges.' *Frontiers in Blockchain* 3(43).
- van Pelt, R. 2019. "Blockchain governance: A framework for analysis and comparison."
- van Wassenhaer, L., K. van der Meij, H. Zwinkels, A. Van der Velden, N. Hulzebos, C. Verdouw, and R. Hoosmans. 2020. 'Van registratiedruk naar smart inzicht. Wageningen Economic Research. <https://edepot.wur.nl/531692>.'
- Van Wassenhaer, L., M. van Hilten, M.A.P.M. van Asseldonk, and E. van Ingen. 2020. *Applying blockchain to climate action in agriculture: state of play and outlook; Background paper*. FAO and Wageningen Economic Research. <https://doi.org/10.18174/532926> Place of publication, Rome/Wageningen.
- Vranken, H. 2017. 'Sustainability of bitcoin and blockchains.' *Current Opinion in Environmental Sustainability* 28:1-9.
- Wolfert, S., L. Ge, C. Verdouw, and M.-J. Bogaardt. 2017. 'Big data in smart farming—a review.' *Agricultural Systems* 153:69-80.
- Zhao, G., S. Liu, C. Lopez, H. Lu, S. Elgueta, H. Chen, and B.M. Boshkoska. 2019. 'Blockchain technology in agri-food value chain management: A synthesis of applications, challenges and future research directions.' *Computers in Industry* 109:83-99.

Websites

Uitleg wat is blockchain

<https://cointelegraph.com/explained>

<https://blockchainhub.net/blockchain-intro/>

<https://blockgeeks.com/guides/what-is-blockchain-technology/>

<https://www.wired.com/story/guide-blockchain/>

<https://www.geeksforgeeks.org/blockchain-technology-introduction/>

Blockchain implementation guides and resources

<https://medium.com/blockchain-at-berkeley/building-it-better-a-simple-guide-to-blockchain-use-cases-de494a8f5b60>

<https://www.itransition.com/blog/blockchain-implementation-guide>

https://widgets.weforum.org/blockchain-toolkit/pdf/WEF_Redesigning_Trust_Blockchain_Deployment%20Toolkit.pdf

<https://www.ledgerinsights.com/>

Blockchain performance benchmark framework

<https://www.allerin.com/blog/alternatives-to-blockchain-that-businesses-must-consider>

<https://github.com/TrustedBlockchain/TrustedBench>

<https://blockchainconsultants.io/about-us/>

<https://hackernoon.com/how-to-choose-a-consensus-algorithm-for-blockchain-backed-services-6d3ece7fa56>

<https://rubygarage.org/blog/best-blockchain-frameworks>

Blockchain usecases in agrifood

https://www.itu.int/dms_pub/itu-d/opb/str/D-STR-E_AGRICULT.03-2018-PDF-E.pdf

<https://www.eublockchainforum.eu/initiative-map>

<https://www.disruptordaily.com/blockchain-use-cases-agriculture/>

<https://breakeromag.com/73-blockchain-social-good-organizations-that-are-actually-doing-something/>

<https://www.cta.int/en/blockchain>

<https://climateledger.org/en/About.12.html>

<https://medium.com/swlh/blockchain-for-agriculture-5b0a0baa0aa3>

<https://www.intellias.com/how-to-apply-the-blockchain-to-agricultural-supply-chains-while-avoiding-embarrassing-mistakes/>

Bijlage 1 Lijst van consensus mechanismen en blockchain frameworks

Consensusmechanisme

Consensus mechanisme	Afkorting	Toegepast Blockchainframework/platform
Crash Fault Tolerance	CFT	Hyperledger Fabric
Delegated Proof of Stake	DPoS	EOS
Istanbul Byzantine fault tolerant Mechanism	IBFT	Ethereum, Geora
Practical Byzantine fault tolerant Mechanism	PBFT	Hyperledger Fabric
Proof of Burn	PoB	Slimcoin
Proof of Elapsed Time	PoET	Hyperledger Sawtooth
Proof of Importance (PoI)	PoI	NEM
Proof of Stake	PoS	Steem, Gridcoin
Proof of Work	PoW	Bitcoin, Ethereum
Raft Consensus Algorithm	Raft	Quorum

Blockchainframeworks

Blockchain Framework	Jaar van oprichting	Ledger type	Code governance	Programmeertaal	Cryptocurrency	Consensus mechanisme	Pros	Cons
Bitcoin	2009	Public, permissionless	Bitcoin ontwikkelaars	C++ (bitcoin core)	Bitcoins (BTC), niet-native tokens (zoals Omni, counterparty via smart contracts)	Proof of Work	Permissionless, Bewezen resilience, snelheid, veilige en onbeperkte schaalbaarheid (bewezen met Lightning Network)	Energieverbruik
Ripple (XRP)	2012	Public, permissioned	Ripple Labs	C++	XRP	Probabilistic voting	Hoge capaciteit, mogelijkheid tot annulering transacties	Minder schaalbaar, geen censorship resistance
Ethereum	2013	Public of private; Permissionless	Ethereum developers	C++, Go, Rust, Smart contracts in Solidity	Ether (ETH), niet-native tokens	Proof of Work, Proof of Stake ('Casper') in ontwikkeling	Populariteit, dApps	Energieverbruik (PoW), prijsvolatiliteit van ETC (PoS), Geen censorship resistance (ETC fork)
Hyperledger Fabric	2015	Private, permissioned	The Linux Foundation	Go, chaincode (smart contracts) in Go, Javascript, or Java, SDKs in Node.js, Java, Go, REST and Python.	Geen, currency and tokens via chaincode	PBFT	Enterprise-ready	Complexe architectuur
NEM	2015	Public, permissioned	NEM Foundation	Java	XEM	Proof of Importance (POI)	Capaciteit, Schaalbaarheid	Centralisatie POI
MultiChain	2015	Permissioned, private	Coin Sciences	C++	Geen	Roundrobin schedule	Enterprise, open source	smart contracts niet mogelijk
IOTA	2016	Public	IOTA Foundation	Rust, Go	MIOTA	Tip Selection Algorithm	Schaalbaarheid	Functionaliteiten beperkt tot IoT
Corda	2016	Private, permissioned	The R3 consortium	Kotlin, Java, JVM	Geen	Specifieke interpretatie van consensus (i.e. notary nodes)	Schaalbaarheid	Customized voor de financiële sector
Quorum	2017	Permissioned, public	Quorum community	GO, Solidity	Geen	RAFT, BFT	Versterkte transactie & contract privacy	Native tokens niet mogelijk
Hedera Hashgraph	2018	Public, Permissioned	Hedera Governing Council	Java, Solidity	HBAR	Proof of Stake	Low latency (bij permission-based)	Relatief onbekend

Bijlage 2 Lijst van blockchainplatforms in agrifood

Blockchainplatform	Jaar van oprichting	Thema	Land	Token
AgriChain	2015	Transparantie, keten, efficiëntie, logistiek	Australië, Azië	
Ambrosus	2017	IoT netwerk, keten, voedselintegriteit, traceerbaarheid, kwaliteitsborging	Zwitserland	Amber
Arbol	2017	Weerverzekering, risicomangement	VS	Arbolcoin
Bext360	2017	Keten, traceerbaarheid	VK	
Blockfreight	2017	IoT, traceerbaarheid, keten	VS, Australië	BFT
CargoX	2017	Logistiek, documenten ('bill of lading'), papierloze handel	Internationaal	CargoX
Chainlink	2013	Data-orakels, weergegevens, verzekering	VS, Internationaal	Chainlink
Demeter	2017	Transparantie, AI, precisielandbouw, voedselveiligheid	Singapore, internationaal	
DiMuto	2019	Keten, traceerbaarheid, AI	Singapore, internationaal	
Filament	2017	IoT, traceerbaarheid, keten	VS	
FoodCoin	2017	Traceerbaarheid, keten	Zwitserland	FCE
FoodInsights	2019	Traceerbaarheid, transparantie, keten	Nederland	
FoodTrust	2018	Traceerbaarheid, transparantie, keten	VS, Internationaal	
IOTA	2016	IoT, traceerbaarheid, keten	Duitsland	MIOTA
LTO Network	2014	Audit-trail, documenten	Nederland	LTO
OriginTrail	2018	IoT, traceerbaarheid, keten	Slovenië	OriginTrail
Pavo	2017	IoT netwerk, traceerbaarheid	VS, Zwitserland	Pavocoin
PowerChain	2018	Traceerbaarheid, transparantie, keten	Nederland	
Ripe.io	2017	Traceerbaarheid, transparantie, voedselintegriteit	VS	
ShipChain	2017	Logistiek, transparantie, documenten	VS	
SweetBridge	2018	Audit, accounting, data, ketenfinanciering	Gibraltar	SWC
Symbiont Assembly	2016	Keten, handel	VS, Nederland	
Trace	2019	Transparantie, boereninkomen, consumenten informatie	Nederland	
TradeLens	2018	Logistiek, papierloze handel, keten	Internationaal	
Te-Food	2018	Farm-to-Table, traceerbaarheid, voedselveiligheid	Vietnam	TFD
VeChain	2015	Traceerbaarheid, big data, IoT	China, VS, Frankrijk	VET
Zetochain	2018	IoT, logistiek, koelketen	Ierland	ZETO

Bijlage 3 Lijst van blockchain-usecases in agrifood

Usecase	Thema	Agrifood-sector	Startjaar	Website
AGF-Chain	Keten	Akkerbouw	2019	https://td.floricode.com/Projecten/Blockchain
AgriDigital	Keten, boeren	Akkerbouw	2015	https://www.agridigital.io
AgriLedger	Boeren, consumenten informatie	Agri-Fintech	2017	http://www.agriledger.io/
Agri-wallet	Boeren, keten	Agri-Fintech	2017	https://agri-wallet.com/
Agrocorp	Keten	Akkerbouw	2018	https://agrocorp.com.sg/
Agroplexi	Boeren	Akkerbouw	2018	https://agroplexi.com/
AgUnity	Keten, boeren	Akkerbouw	2017	https://www.agunity.com/
AlbertHeijn	Keten, consumenten informatie	Retail	2018	https://www.ah.nl/over-ah/duurzaamheid/onze-ketens/ah-sinaasappelsap
Beefchain	Boeren, keten	Vlees	2018	https://beefchain.com/
Beefledger	Keten, boeren	Vlees	2019	https://beefledger.io/
BlockchainWine	Keten, consumenten informatie	Retail, wijn	2018	https://www.vechain.com/
BlockGrain	Keten	Akkerbouw	2018	https://mattersjournal.com/stories/blockgrainforfarmers
BlocRice	Boeren, keten	Akkerbouw	2019	https://cambodia.oxfam.org/BlocRice
CarbonX	Milieu & klimaat, consumenten informatie	Bosbouw	2018	https://www.carbonx.ca/
Carrefour	Keten, consumenten informatie	Retail	2017	https://www.carrefour.com/en/group/food-transition/food-blockchain
Clean Coin	Milieu & klimaat	Voedselketen	2017	http://www.cleancoins.io/files/cleancoin/factsheet.pdf
Climatecoin	Milieu & klimaat	Voedselketen	2017	https://climatetrade.com/
Crop insurance	Boeren	Akkerbouw	2019	https://aon.mediaroom.com/2019-07-01-Aon-Oxfam-and-Etherisc-launch-first-blockchain-based-agricultural-insurance-policies-for-smallholder-farmers-in-Sri-Lanka?promo_name=NR-08-2019-09-18-blockchain-agri-ins&promo_position=NR-08
FairFood	Boeren, consumenten informatie	Retail	2019	https://fairfood.nl/en/blockchain/
FarmDataWallet	Boeren	Akkerbouw	2019	www.wur.eu/blockchain
Farmobile	Boeren, milieu & klimaat	Akkerbouw	2018	https://markets.businessinsider.com/news/stocks/announcing-the-first-blockchain-enabled-farm-data-exchange-the-farmobile-datastore-1027374276#
Fishcoin	Keten, consumenten informatie	Visserij	2017	https://fishcoin.co/
Flori-Chain	Keten	Sierteelt	2019	https://td.floricode.com/Projecten/Blockchain
FoodCoin	Keten, consumenten informatie	Voedselketen	2017	https://fcegroup.ch/files/foodcoin-whitepaper-tmp-2017-09-10.pdf
Frievar	Keten, consumenten informatie	Varkens	2019	http://agos-tech.com/

Usecase	Thema	Agrifood-sector	Startjaar	Website
GrainChain	Keten, consumenten informatie	Akkerbouw	2016	https://www.grainchain.io/
Jupiter	Keten, consumenten informatie	Retail/fruit	2019	https://www.jupitermarketingltd.com/
Land LayBy	Keten, consumenten informatie	Akkerbouw	2017	https://hrbe.io/
Moyee Coffee	Keten, consumenten informatie	Koffie	2018	https://www.moyeecoffee.com
Nestlé	Keten, consumenten informatie	Retail	2017	https://www.nestle.com/media/news/nestle-blockchain-zoegas-coffee-brand
Nori	Boeren, milieu & klimaat	Akkerbouw	2017	https://nori.com/
Poseidon	Milieu & klimaat, consumenten informatie	Bosbouw	2018	https://poseidon.eco/
Provenance	Keten, consumenten informatie	Retail/visserij	2016	https://www.provenance.org
Pure Grow	Boeren, keten	Akkerbouw	2018	http://www.puregrowafrica.com/
RightOrigins	Keten, consumenten informatie	Retail, cacao	2018	https://www.rightorigins.com/right-origins-for-brands/
Smart Crop	Boeren	Akkerbouw	2018	https://edepot.wur.nl/472583
Treecoin	Milieu & klimaat	Bosbouw	2019	https://tree-coin.io/
Walmart	Keten, consumenten informatie	Retail	2016	https://www.hyperledger.org/learn/publications/walmart-case-study

Bijlage 4 Template voor het beschrijven van agrifood-usecases en voorbeelden

FarmDataWallet

Algemeen informatie			
Use-case	FarmDataWallet		
Website	(in ontwikkeling)		
Sector & product	Agrifood (akkerbouw en melkveehouderij), datapaspoort		
Status	PoC met succes afgerond, uitrol van projecten		
Doel als een slagzin	Het bevorderen van de boerendata-economie en Precisielandbouw 4.0, De positie van de boer in de data waardeketen versterken		
Probleem	<ul style="list-style-type: none"> - Veel data op en rond het boerenerf, data uitwisseling moeizaam - Veel platformen, weinig controle over eigen data 		
Geclaimde bijdrage blockchain	<ul style="list-style-type: none"> - Boeren controle/regie houden over eigendata - Waarborging data integriteit voor gebruikers/afnemers - Gedistribueerde data infrastructuur 		
Betrokken	Actor	Publiek/Private	Rol (Initiator, funding, IT provider, gebruiker, andere)
	HWodKa	Private, akkerbouwer	Gebruiker
	Platform24	Private	IT (automatisering)
	VAA	Private	IT (automatisering, blockchain services)
	FarmHack	Private	IT (automatisering, advies)
	WUR/Akkerweb	Public	Project coördinatie, Data-regisseur en validator,
Beschrijving			
Aanleiding	<ul style="list-style-type: none"> - Boeren willen controle over eigen data en iets terugkrijgen van hun data - Data uit precisielandbouw onderbenut 		
Startdatum	2018		
Uitgangspunten, veronderstellingen en aannames bij start project	<ul style="list-style-type: none"> - Bereidheid data te genereren en delen - Experimentele ruimte voor privacy, bescherming gevoelige informatie 		
Doelstelling beoogde situatie/resultaten	<ul style="list-style-type: none"> - Boeren bepalen met wie data gedeeld mag worden - Gebruikers van data verzekerd van de integriteit van data - Data benut voor precisielandbouw en data-economie 		
Proces Welke stappen zijn doorgelopen	<ul style="list-style-type: none"> - Verkennende gesprekken (toelichting blockchain, problemen, beoogde resultaten, stappenplan, etc.) - 3x design workshops - 2x demo - 3x test sessies 		
Resultaten of succes scenario als het project nog gaande is	<ul style="list-style-type: none"> - PoC applicatie FarmDataWallet; getest met akkerbouwers - Data gedeeld en geanalyseerd - Informatie terug geleverd aan de boer 		
Balans/Conclusies	<ul style="list-style-type: none"> - Boeren kunnen controle houden over hun eigen data via blockchainsysteem - Knelpunten: koppeling data/toepassingsgebieden 		
Follow-up activiteiten	<ul style="list-style-type: none"> - Uitbreiding data bronnen en gebruikers - Ontwikkelen data catalogus, standaarden en koppelingen - Uitbreiding peer-nodes in het netwerk 		

Organisatorische kenmerken	
Toegevoegde waarde voor business	Boeren: controle over eigen data, betere bedrijfsvoering, inzicht in benchmarking Data afnemer: beschikbaarheid en integriteit van data. Sector: meer data-uitwisseling
Toegevoegde waarde voor governance	Transparantie, data soevereiniteit voor boeren
Mogelijke risico's	N.A.
Technische kenmerken	
Gebruikt blockchainframework en reden	Hyperledger Fabric, open source, technische volwassenheid
Type blockchain (permissionless, permissioned, hybrid)	Permissioned
Type consensus mechanisme (in gebruik of voorgesteld)	Crash Fault Tolerance (CFT)
Gebruik van Smart Contract	Chaincode
Gebruik van tokens	Geen
Gebruik van specifieke hardware of technieken, bijvoorbeeld	AgroBox (datalogging), ISO Blue <i>IoT, QR, RFID, LoRa, etc.</i>
Verbinding met bestaande databases/systeem/ERPs	Niet van toepassing
Open-source software (in gebruik of voorgesteld)	ISO blue, Hyperledger Fabric
Links naar gerelateerde informatie. (bv. <i>technical white papers</i>)	www.wur.eu/blockchain

AGF-Chain

Algemeen informatie			
Use-case	AGF-Chain		
Website	https://td.floricode.com/Projecten/Blockchain		
Sector & product	Landbouw; zaai uien		
Status	PoC		
Doel als een slagzin	Het automatisch bijhouden van percelen en partijen die geschikt zijn voor de export van uien naar derde landen, en centraal document inzichten voor inspectie onderdeel door KCB/NVWA voor export certificaat		
Probleem	Geen eenduidig geautomatiseerd inzicht en overzicht in gebruikte percelen en partijen voor uienteelt en –handel noodzakelijk voor verstrekken van exportcertificaat		
Geclaimde bijdrage blockchain			
Betrokken	Actor	Publiek/Private	Rol (Initiator, funding, IT provider, gebruiker, andere)
	GroentenFruit Huis/HOA	Private	Funding, gebruiker en coördinator van het exportproces
	Exporteurs	Private	Funding, gebruiker, masterdata
	Frugicom	Private	Funding, gebruiker
	Telers	Public	Gebruiker
	KCB (ketenregister)	Public	Gebruiker
	WUR	Public	Projectcoördinator
	NVWA (toezicht)	Public	Gebruiker
	Eurofins (lab)	Private	Gebruiker
Beschrijving			
Aanleiding	<ul style="list-style-type: none"> - Minimale automatisering van administratie van de exportregeling - Weinig transparantie op perceel en partij niveau - Hoge kosten voor certificering 		
Startdatum	2018		
Uitgangspunten, veronderstellingen en aannames <i>bij start project</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Veel partijen betrokken bij de export van uien en informatie over herkomst (percelen), kwantiteit en kwaliteit (residuen) nog niet (rechtstreeks) gedeeld - Consistentie en compliance check door verschillende partijen gedaan, hoge transactiekosten en correcties nodig voor mogelijke fouten. - Mogelijk uitbreiding naar andere landen en producten - Beter marketing voor NL kwaliteitssysteem - Het is nog onduidelijk wat de toegevoegde waarde is van blockchain. 		
Doelstelling <i>Beoogde situatie/producten</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Meer efficiënte en betrouwbare informatie-uitwisseling in complianceprocessen van uienexport - Een gedeelde 'layer of truth' over perceelregistratie, met name GLN nummer, certificaten en laboratoriumuitslagen - Automatische verificatie van exportheisen - Minder handwerk en fouten in de registratie en overzicht - Beter traceerbaarheid - Een werkend Blockchain prototype - Aantonen onder welke condities de blockchain technologie toegevoegde waarde heeft voor telers, handelaren en overheid om de transparantie over de uienexport regeling op perceel en partijniveau door de keten heen te verbeteren 		
Proces <i>Welke stappen zijn doorgelopen</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Probleemanalyse - Het ontwikkelen van user stories - Mock-up - Demo sessies met key users - PoC testversie ontwikkeld - Demo- en testsessies van PoC 		
Resultaten <i>of succes scenario als het project nog gaande is</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Situatieanalyse: waar zit het probleem/liggen de kansen; waar kunnen blockchain in combinatie met andere ICT-componenten aan bijdragen - Demonstrator/Proof of Concept (PoC) toepassing 		

Conclusies	<ul style="list-style-type: none"> - Door gedeelde registratie van percelen is het overzichtelijke voor KCB en NVWA over de historie van de perceel om te beoordelen of een perceel voldoet aan de exporteisen - De 1ste positieve indruk van de toegevoegde waarde van deze PoC blockchain is vanuit de demo aanwezig bij alle betrokkenen - Er is toename in vertrouwen vanuit certificeringsinstantie
Follow-up activiteiten	<ul style="list-style-type: none"> - Gebruikerstest, uitbouwen functionaliteiten - Verkenning koppeling met Akkerweb - Pilot en uitrol
Organisatorische kenmerken	
Toegevoegde waarde verdienmodel	<ul style="list-style-type: none"> - Verminderde personeelskosten en administratieve lasten door eenmalige registratie via dit Blockchain systeem - Versnelling van het certificeringsproces - Verbeterde internationale marktpositie door transparantie in duurzaamheid
Toegevoegde waarde in governance	<ul style="list-style-type: none"> - Vertrouwen tussen ketenpartijen - Versnelling en vereenvoudiging van het certificeringsproces
Mogelijke risico's <i>political, environmental, social, technical, economic, legal, etc.</i>	N.A.
Technical features	
Gebruikt blockchain framework en korte motivatie	Hyperledger Fabric, dit in verband met de toegangscontrole
Type of blockchain (public, private, hybrid)	Private
Type consensus algorithm	CFT
Gebruik van Smart Contract	Ja, chaincode
Gebruik van tokens	Geen
Gebruik van specifieke hardware of technieken, bijvoorbeeld <i>IoT, QR, RFID, LoRa, etc.</i>	QR code
Verbinding met bestaande databases/systemen/ERPs	Beoogde koppeling met Akkerweb
Gebruikte of voorgestelde Open-source software	Hyperledger Fabric
Links naar gerelateerde informatie. <i>Bijvoorbeeld technische documentatie, white papers</i>	
Ingevuld door	Lan van Wassenaer/Ruud Hoosemans
Invaldatum	12-11-2020

Flori-Chain

Algemeen informatie			
Usecase	Flori-Chain		
Website	https://td.floricode.com/Projecten/Blockchain		
Sector and product	Sierteelt, bloemen, potplanten		
Status	Proof of Concepts (PoCs) en pilots. Nieuwe projecten in ontwikkelingen		
Doel als een slagzin	Transparantie in de keten over het gebruik van gewasbeschermingsmiddelen		
Probleem	Het kost veredelaars, telers, handelaren en andere partijen veel tijd en geld om aan te tonen dat hun producten vrij zijn van bepaalde chemische middelen en voldoen aan de wettelijke of bovenwettelijke eisen		
Geclaimde bijdrage blockchain	Transparantie, automatisering, verminderd registratiedruk, borging van de data		
Betrokken	Actor	Public/Private	Role (Initiator, funding, IT dienstverlener, gebruiker, andere)
	Addenda	Private	Gebruiker
	Mprise	Private	IT (ERP)
	Floricode	Private	Funding, gebruiker, masterdata
	Royal FloraHolland	Private	Funding, gebruiker
	VAA	Private	IT (Blockchain)
	WUR	Public	Projectcoördinator
	CTGB	Public	Gebruiker, dataorakel
Beschrijving			
Aanleiding	<ul style="list-style-type: none"> - Gebruik van gewasbeschermingsmiddelen hot item in de sierteelt - Weinig transparantie op partij niveau in de keten - Hoge kosten voor certificering 		
Startdatum	2018		
Uitgangspunten, veronderstellingen en aannames	<ul style="list-style-type: none"> - Kwekers en telers willen transparante zijn over het gebruik van gewasbeschermingsmiddelen. - Het is nog onduidelijk wat de toegevoegde waarde is van blockchain. 		
<i>bij start project</i>			
Doelstelling	<ul style="list-style-type: none"> - Werkend prototype - Aantonen onder welke condities de blockchain technologie toegevoegde waarde heeft voor veredelaars, telers en handelaren in de sierteelt om de transparantie over het gebruik van gewasbeschermingsmiddelen op partijniveau door de keten heen te verbeteren - Positie van de deelnemers in dit project te versterken om op een efficiënte wijze aan de leveringseisen van de klant te kunnen voldoen 		
<i>beoogde situatie/resultaten</i>			
Proces	<ul style="list-style-type: none"> - Proces en probleemanalyse - Het ontwikkelen van <i>user stories</i> en <i>user requirements</i> - Mock-up & feedback - RfP - Prototype - Test 		
<i>Welke stappen zijn doorgelopen</i>			
Resultaten	<ul style="list-style-type: none"> - Een proces/systeembeschrijving met betrekking tot partij/product/data management: Hoe wordt duurzaamheidsdata (in eerste instantie gewasbescherming) dat veelal geregistreerd wordt op bedrijfs- (locatie/vak)niveau gekoppeld aan partijen en individuele planten. - SMART-inzicht in hoeverre blockchain een oplossing is om registratiedruk te verminderen - Werkend prototype MVP 		
<i>of succes scenario als het project nog gaande is</i>			
Conclusies	<ul style="list-style-type: none"> - Via blockchain kan het gebruik van gewasbeschermingsmiddel op partij niveau geregistreerd en doorgegeven worden naar de volgende schakel. In de tijdslijn zien de afnemer alle middelen die in de voorgaande schakel SMART inzicht in hoeverre blockchain een oplossing is om registratiedruk te verminderen - De kweker ziet welke ruimte hij nog heeft voor het gebruik van bepaalde middelen o.b.v. het gebruik van dit middel in de voorgaande schakels van het proces - Door de koppeling met het ERP-systeem van Mprise (Agriware) is het registratieproces efficiënter. 		

Follow-up activiteiten	<ul style="list-style-type: none"> - Communicatie - Uitbreiding MVP - Uitbreiding blockchain nodes
Organisatorische kenmerken	
Toegevoegde waarde verdienmodel bedrijven	<ul style="list-style-type: none"> - Verminderde personeelskosten en administratieve lasten door eenmalige registratie via ERP - Bredere toepassing ERP-systemen - Verbeterde marktpositie door transparantie in duurzaamheid
Toegevoegde waarde in governance	<ul style="list-style-type: none"> - Vertrouwen tussen ketenpartijen - Biodiversiteit
Mogelijke risico's <i>political, environmental, social, technical, economic, legal, etc.</i>	N.A.
Technical features	
Gebruikt blockchain framework en korte motivatie	Hyperledger Fabric
Type of blockchain (public, private, hybrid)	Private, permissioned
Type consensus algorithm	
Gebruik van Smart Contract	Chaincode
Gebruik van tokens	Geen
Gebruik van specifieke hardware of technieken, bijvoorbeeld <i>IoT, QR, RFID, LoRa, etc.</i>	Nog niet
Verbinding met bestaande databases/systemen/ERPs	Agriware, MST (CTGB), Floricode API
Gebruikte of voorgestelde Open-source software	Hyperledger Fabric
Links naar gerelateerde informatie. <i>Bijvoorbeeld technische documentatie, white papers</i>	Digitale transformatie in de sierteelt: van registratiedruk naar smart inzicht https://edepot.wur.nl/531692 .
Ingevuld door	Lan van Wassenaer, Henk Zwinkels
Invuldatum	12-11-2020

Wageningen Economic Research
Postbus 29703
2502 LS Den Haag
T 070 335 83 30
E communications.ssg@wur.nl
www.wur.nl/economic-research

Wageningen Economic Research
RAPPORT
2020-114

De missie van Wageningen University & Research is 'To explore the potential of nature to improve the quality of life'. Binnen Wageningen University & Research bundelen Wageningen University en gespecialiseerde onderzoeksinstituten van Stichting Wageningen Research hun krachten om bij te dragen aan de oplossing van belangrijke vragen in het domein van gezonde voeding en leefomgeving. Met ongeveer 30 vestigingen, 6.500 medewerkers (5.500 fte) en 12.500 studenten behoort Wageningen University & Research wereldwijd tot de aansprekende kennisinstellingen binnen haar domein. De integrale benadering van de vraagstukken en de samenwerking tussen verschillende disciplines vormen het hart van de unieke Wageningen aanpak.



To explore
the potential
of nature to
improve the
quality of life



Wageningen Economic Research
Postbus 29703
2502 LS Den Haag
T 070 335 83 30
E communications.ssg@wur.nl
www.wur.nl/economic-research

Rapport 2020-114
ISBN 978-94-6395-620-8

De missie van Wageningen University & Research is 'To explore the potential of nature to improve the quality of life'. Binnen Wageningen University & Research bundelen Wageningen University en gespecialiseerde onderzoeksinstituten van Stichting Wageningen Research hun krachten om bij te dragen aan de oplossing van belangrijke vragen in het domein van gezonde voeding en leefomgeving. Met ongeveer 30 vestigingen, 6.500 medewerkers (5.500 fte) en 12.500 studenten behoort Wageningen University & Research wereldwijd tot de aansprekende kennisinstellingen binnen haar domein. De integrale benadering van de vraagstukken en de samenwerking tussen verschillende disciplines vormen het hart van de unieke Wageningen aanpak.

