

SCRIPTIE: CO2-FOOTPRINT OP DE BLOCKCHAIN

**EEN VERKENNING VAN DE MOGELIJKHEDEN VOOR EEN REALTIME BEREKENING VAN CO2-
UITSTOOT MET GEBRUIKMAKING VAN BLOCKCHAIN-TECHNOLOGIE**

**Dirk-Pieter Jens
0870433
Versie 1.0
10-06-2018**

VOORWOORD

Dit onderzoek is uitgevoerd in het kader van mijn afstudeeropdracht voor de HBO-opleiding Business IT & Management aan de Hogeschool Rotterdam. Aangezien ik de technologie achter de blockchain erg interessant vind en ik graag meer over deze technologie te weten wilde komen, heb ik gekozen voor dit onderwerp. Ik ben daarom blij dat Centric mij deze afstudeeropdracht kon aanbieden. Het onderzoek is uitdagend geweest en het gehele proces was leerzaam.

Vanuit de opleiding ben ik begeleid door de heer Fedor Wagenaar. Ik wil hem bedanken voor zijn begeleiding tijdens dit traject. Zijn snelle feedback en begeleiding zijn van grote waarde geweest voor het voltooien van mijn scriptie. Tot slot wil ik mijn bedrijfsbegeleider Ben van Lier bedanken voor zijn betrokkenheid tijdens het onderzoeksproces. De vele gesprekken en discussies hebben mij goed geholpen tijdens het onderzoek.

Gouda,
Juni 2018

Dirk-Pieter Jens

(MANAGEMENT) SAMENVATTING

Dit onderzoek komt voort uit de vraag of op basis van blockchain-technologie datadeling tussen logistieke partijen mogelijk is. Met als vervolgvraag of op basis van deze informatie iets over de CO2-uitstoot op productniveau kan worden gezegd. Uit het onderzoek blijkt dat datadeling geen vanzelfsprekendheid is tussen logistieke partijen doordat informatie een bepaalde waarde vertegenwoordigt, maar dat potentieel transporten kunnen worden verduurzaamd wanneer er meer informatie tussen systemen wordt gedeeld.

Door data te delen tussen vervoerders en verladers kan de inzet van transportmiddelen worden geoptimaliseerd. Deze optimalisatieslag leidt tot een potentieel lagere CO2-footprint. Daarbij is de betrouwbaarheid van deze data, de totstandkoming van deze informatie en de opslag daarvan, belangrijk. De hoofdvraag van dit onderzoek:

In hoeverre kan de CO2-footprint van vrachtwagens worden bepaald met gebruikmaking van gegevens in de blockchain?

Onderzoek op basis van 'deskresearch' heeft geresulteerd in de constatering dat blockchain-technologie op basis van het Paxos-algoritme een geschikte manier is om data tussen logistieke partijen te delen. Betrokken partijen beschikken over de eigen data en zijn in staat om elkaar te controleren op deze data. De manier waarop deze data wordt gevormd en opgeslagen, verzekert de betrokken partijen dat de data integer is en dat deze niet achteraf te manipuleren is. De noodzaak om elkaar te vertrouwen vervalst omdat de data door het Paxos-algoritme betrouwbaar is.

Vervolgens is vastgesteld dat op basis van het Open Trip Model data op een uniforme manier kan worden gedeeld tussen de verladers en vervoerders door de nadruk op interoperabiliteit tussen verschillende netwerken. Door meerdere logistieke partijen aan te laten sluiten op een gedeeld datamodel op basis van het Open Trip Model kan er worden bespaard op transactiekosten omdat de noodzaak voor papierwerk van derde partijen beperkter wordt wat resulteert in lagere transactiekosten.

Om de werking van deze technologie te duiden is er gekozen voor een usecase waarbij de CO2-footprint op productniveau wordt berekend op basis van de huidige datastromen. Deze CO2-berekeningen kunnen leiden tot een bewustwording tussen verladers en vervoerders bij de inzet van vervoersbewegingen wat vervolgens weer kan leiden tot een lagere CO2-uitstoot.

In dit onderzoek is ervoor gekozen om de logistieke oplossingen van Centric te onderzoeken waarbij de uitkomsten kunnen worden gegeneraliseerd naar de logistieke sector als geheel. Uit dit onderzoek blijkt dat de huidige datastromen voldoende informatie bevatten om een CO2-footprint te bepalen per product en dat daarbij het brandstofverbruik, de gereden kilometers en de benuttingsgraad van het transport van belang zijn. Een aansluitend onderzoek zou op basis van de gevonden datastromen een rekenmethode kunnen ontwikkelen om de CO2-uitstoot te berekenen.

(MANAGEMENT) SUMMARY

This research answers the question if the sharing of data based on blockchain technology is possible and desirable between logistical parties. This leads to the following question; is it possible to calculate the carbon footprint of a transported product, based on this data? Research shows that the sharing of data between logistical parties is not self-evident since the data resembles some form of value for the organisation it belongs to.

This means that the sharing of data between these parties must have a form of security and a trust factor. This data also must be stored in a way that the parties find desirable. This leads to the following question for this research:

To what extent can the carbon footprint of trucks be calculated based on the shared data using blockchain technology?

The usage of the desk-research-approach when doing this research, resulted in the observation that the technology of blockchain based on the algorithm of Paxos can be a suitable solution in sharing data between logistical parties. By implementing this algorithm, the parties involved are the owner of their own shared data and the parties can check other parties for this shared data. The nature of how this data is formed and stored ensures the integrity of the shared data. There is no need for a third party since parties do not need to trust the other party because the Paxos-algorithm ensures the data in the blockchain is valid and immutable.

Using the field-research-approach when researching the Open Trip Model has led to the observation that this model is a suitable solution for sharing data between shippers and transporters in a harmonious way. The model takes interoperability into account which makes this model a usable solution for a possible standard in sharing data between multiple logistical parties. It is possible that transaction costs can be lowered when parties are going to start using this model on the blockchain. The necessity for third parties and paperwork becomes less when it is possible to lookup information on a single network that contains information that can be trusted due to the Paxos-algorithm.

When it became clear that this model can be used for a standard in sharing data between these parties, a usecase was required that showed how this datamodel can be used for the calculation of carbon footprint. That is why the software solutions of Centric have been studied to determine what data is being shared in the current field of logistics. Subsequently the research focused on the required data to calculate a carbon footprint for a shipment. Research showed that there is enough data available to calculate this footprint and further research could create a standard method of calculating the carbon footprint. Potentially transports can be made more ecological neutral when more data is shared between those parties involved which may result in fewer needed transportations.

Inhoudsopgave

1	INTRODUCTIE	1
1.1	ORGANISATIE	1
1.2	ACHTERGROND EN AANLEIDING VOOR OPDRACHT	2
1.3	CENTRALE ONDERZOEKSVRAAG	4
1.4	DOELSTELLING VAN HET ONDERZOEK.....	4
1.5	SCOPE VAN HET ONDERZOEK	5
1.6	LEESWIJZER	5
2	ONDERZOEKSMETHODEN EN VERANTWOORDING	6
3	BLOCKCHAIN-TECHNOLOGIE	7
3.1	GEDISTRIBUEERDE DATABASES	7
3.2	FAULT TOLERANT	7
3.3	BYZANTINE FAULT TOLERANT.....	8
3.4	PAXOS-ALGORITME	10
3.5	WERKING VAN HET PAXOS-ALGORITME	11
3.6	TOEPASSING VAN PAXOS OP DE CASUS.....	13
3.7	CONCLUSIE	15
4	DATADELING EN DATASTROMEN	16
4.1	HET OPEN TRIP MODEL	16
4.2	DATASTROMEN	20
4.3	KOPPELING VAN GEVONDEN DATASTROMEN MET HET OTM.....	28
4.4	CONCLUSIE	30
5	CO2-FOOTPRINT OP BASIS VAN DE HUIDIGE DATA	31
5.1	BEREKENING VAN EEN CO2-FOOTPRINT	31
5.2	CO2-FOOTPRINT OP DE BLOCKCHAIN MIDDELS HET OTM.....	33
5.3	CONCLUSIE	35
6	BUSINESS CASE	36
6.1	BATEN	36
6.2	KOSTEN	37
6.3	RISICO'S	37
7	EINDCONCLUSIE(S)	38
8	AANBEVELINGEN	39
	VALIDATIE EN DISCUSSIE	40
	REFLECTIE	41
	LITERATUURLIJST	42
	BIJLAGE	1
	BIJLAGE I. DOCUMENTATIE SQUARELL – DATA UIT BOORDCOMPUTER.....	2

1 INTRODUCTIE

1.1 Organisatie

Dit onderzoek maakt deel uit van een overkoepelend project genaamd KIEM (Kennis Innovatie Mapping). Binnen dit project wordt de potentie verkend van een applicatie die dynamisch de CO2-footprint van de lading berekent op basis van de daadwerkelijk gereden kilometers. Binnen dit project is Centric aangewezen als organisatie om de technische consequenties van zo'n applicatie in kaart te brengen. Centric is mijn opdrachtgever binnen dit onderzoek.

Centric is een grote speler op het gebied van software binnen Nederland. Centric biedt Software Solutions, IT Outsourcing, Business Process Outsourcing en Staffing Services aan. Centric bedient daarmee voornamelijk de public sector, supply chain en financial sector. Het bedrijf heeft 35 vestigingen verspreid over 10 landen en ruim 4000 medewerkers.

Ben van Lier is mijn begeleider geweest gedurende het onderzoek. Als directeur Strategy & Innovation heeft Ben van Lier een oog voor nieuwe technologieën en houdt hij de ontwikkelingen en de mogelijke nuttige toepassingen voor Centric in de gaten. Door zijn kennis over deze technologie kan hij mij hierin begeleiden.

Het consortium van KIEM bestaat uit:

- Van Reenen Transport (Een vervoerder die o.a. vervoert in opdracht van DO-IT BV)
- DO-IT, gevestigd in Barneveld en vertegenwoordigd door Jurrien Roossien. (DO-IT is de opdrachtgever voor de afstudeeropdracht)
- Centric Netherlands BV, gevestigd in Gouda en vertegenwoordigd door Ben van Lier. Gouda heeft in dit verband de taak om de technische consequenties voor het implementeren van de applicatie te bepalen en is tevens mijn opdrachtgever.
- EvoFenedex BV, gevestigd in Zoetermeer en vertegenwoordigd door Anne Griffioen.
- Hogeschool Rotterdam. Deze organisatie is de opdrachtgever voor het studentenproject.

Gedurende het onderzoek ben ik voornamelijk op locatie geweest te Gouda. Aangezien het onderzoek zich ook toespitst op de logistiek heb ik verschillende malen een bezoek gepland bij de logistieke afdeling van Centric. Binnen de logistieke tak zijn er een aantal autoriteiten te vinden die iets kunnen zeggen over logistiek in het algemeen over de TMS-applicatie Plan&Go en de applicatie LISA. De contactpersonen daarbinnen zijn Wijnand de Reeder en Jan Timmerman. De heer Timmerman is werkzaam in Hoogeveen en zit daar geregeld samen met het team dat LISA ontwikkelt.

Van Reenen Transport en DO-IT zijn de twee stakeholders die belang hebben bij een oplossing die betrouwbaar en transparant de CO2-uitstoot van een lading kan berekenen. Zo heeft DO-IT als doel om een "extreme transparantie te verschaffen over hun productdiensten". Zij hebben namelijk als doel om zoveel mogelijk bij te dragen aan een duurzame samenleving. DO-IT is een internationaal bedrijf dat de distributie, handel en productie organiseert voor gecertificeerde producten en grondstoffen.

EvoFenedex is een organisatie voor werkgevers en ondernemers binnen de logistieke wereld die opkomen voor de belangen van logistieke dienstverleners en ook streeft naar standaardisatie en aansluiting op internationale logistieke standaarden. Een eventuele applicatie zal voor verdere adoptie goed aan moeten sluiten op deze standaarden.

1.2 Achtergrond en aanleiding voor opdracht

De afstudeeropdracht komt voort uit het al lopende project van Kennis Innovatie Mapping (KIEM) waarbij een van de betrokken partners Centric BV betreft. Dit project is getiteld "CO2 transparantie in transport - een blockchain verkenning" en betreft een verkenning naar de mogelijkheden van blockchain technologie binnen de logistiek ten behoeve van een toename in transparantie naar de CO2-uitstoot.

Inmiddels zijn er ook ontwikkelingen op het gebied van regulering in de melding van de CO2-uitstoot. Zo meldt Logistiek.nl dat er wetgeving in de maak is waardoor lidstaten van de EU worden verplicht om de uitstoot van zware voertuigen op te geven. Dit heeft als doel om de emissie binnen de EU aan te pakken (Weerd, 2018). De huidige CO2-uitstoot wordt voornamelijk gemeten op basis van voor- en nacalculatie. Een oplossing die deze data realtime kan weergeven, kan deze methodes verder optimaliseren. De huidige oplossingen hebben tevens geen mogelijkheid om dit op productniveau te zien. Hierdoor is het niet mogelijk voor de betrokken partijen om te zien wat de CO2-uitstoot is op productniveau. De verwachting is echter dat hier wel vraag naar gaat komen.

We kennen intussen keurmerken zoals Beter Leven en Fairtrade die de duurzaamheid aantonen bij de productie van de producten, maar hoe deze producten vervoerd worden is niet zo transparant. De duurzaamheid van een transport kan onder andere op basis van de CO2-uitstoot worden berekend. Informatie betreffende de duurzaamheid van het transport per product kan aanleiding geven voor vervoerders om keuzes te maken die gericht zijn op duurzaamheid. Dit kan vervolgens een 'incentive' zijn voor logistieke bedrijven om duurzamer te gaan vervoeren.

In 2012 verscheen een onderzoeksrapport van een werkgroep in opdracht van Agentschap NL die onderzoek heeft gedaan naar de mogelijkheden om de 'energy efficiency' te verbeteren binnen Nederland. Het doel is om de efficiëntie met 50% te verbeteren in 2030. Uit het onderzoek bleek dat de grootste potentiële energiebesparing binnen de logistieke sector kan worden gerealiseerd.

Binnen dit onderzoek is de huidige stand van zaken betreffende reverse logistics en de CO2-uitstoot in kaart gebracht en is de bijdrage van IT binnen de optimalisatie meegenomen. "De verwachte groei, zonder maatregelen, van de CO2-uitstoot in 2030 ten opzichte van 2005, is voor vervoeren met vrachtwagens 55% en voor vervoer met bestelauto's 33%." (Kolkhuis Tanke, Van Lier, Schuts, & De Waard-Pels, 2012). Topsector Logistiek heeft als doel gesteld dat in 2020 de uitstoot van CO2 met 68.700 ton wordt bespaard of voorkomen (Topsector Logistiek, sd).

Uit het rapport blijkt dat een van de grootste redenen voor de hoge bijdrage van CO2 door de logistieke sector wordt veroorzaakt door het onnodig leegrijden van vrachtwagens. De verwachting is dat in 2030 de informatievoorziening zo is ingericht dat verregaande datadeling tussen logistieke partijen mogelijk is waardoor transportopdrachten efficiënter kunnen worden ingepland wat weer leidt tot minder CO2-uitstoot. Deze optimalisatie in dit proces van reverse logistics leidt tot een beperking in het gebruik van energie en daarmee in transportkosten en vervoersbewegingen.

Door data uit te wisselen tussen verschillende logistieke netwerken wordt het mogelijk om actuele informatie betreffende de vraag en aanbod van goederen en de positie daarvan op lokaal, regionaal en nationaal niveau uit te wisselen. Door deze informatie en samenwerking kunnen vervoerders onderling afstemmen hoe transporten worden ingezet wat leidt tot een optimalisatie in de inzet van vervoersbewegingen (Kolkhuis Tanke e.a., 2012).

Dit betekent dat vervoerders met elkaar moeten gaan samenwerken door informatie betreffende transporten met elkaar te delen. In eerste instantie lijkt samenwerking tussen concurrenten een probleem. Een van de redenen hiervoor is omdat de informatie die wordt gedeeld een bepaalde waarde vertegenwoordigt (Kolkhuis Tanke e.a., 2012).

Een van de mogelijkheden om data te delen tussen deze partijen is blockchain-technologie. En een van de karakteristieken van een blockchain is de aanwezigheid van een zogenaamd consensus-algoritme. Binnen dit onderzoek zal het algoritme van Paxos worden onderzocht. Door gebruik te maken van een blockchain-oplossing is het mogelijk voor verschillende partijen om data onderling uit te wisselen tussen systemen. Zo kan onderling bijvoorbeeld worden uitgewisseld dat een bepaalde vrachtwagen een zending heeft afgeleverd op een locatie. De betrokken partijen nemen deel aan deze data-deling en slaan allemaal dezelfde informatie op een eenduidige manier op.

Binnen dit onderzoek zal worden onderzocht of datadeling tussen logistieke partners zoals hierboven geschetst, mogelijk is met als doel om transporten te verduurzamen door een efficiëntere inzet van transportmiddelen. Daarbij is een ander belangrijk aspect het begrip 'interoperabiliteit'. Interoperabiliteit heeft betrekking op de manier van datadeling aangezien dit begrip slaat op de mogelijkheden om verbindingen te leggen tussen verschillende soorten van informatie en netwerken. Door interoperabiliteit is het mogelijk om data te delen tussen verschillende partijen met verschillende type data, eenheden en modaliteiten. Voor de verdere ontwikkeling van interoperabiliteit is de betrouwbaarheid en de veiligheid waarin deze informatie worden overgebracht van groot belang (Kolkhuis Tanke e.a., 2012).

Wanneer op basis van blockchain-technologie data kan worden gedeeld, is interoperabiliteit een belangrijk punt. Het is namelijk wenselijk dat logistieke partijen kunnen aanhaken op een platform dat een eenduidige manier gebruikt van datadeling en waarbij de gegevens betrouwbaar zijn. Vervolgens ontstaat de vraag of op basis van deze informatie iets over de CO2-uitstoot per product kan worden gezegd aangezien het doel van dit onderzoek is om te bepalen of op basis van de huidige datastromen binnen de logistiek iets kan worden gezegd over CO2-footprint per product.

1.3 Centrale onderzoeksvraag

Dit leidt tot de vraag of er een applicatie kan worden ontwikkeld dat realtime de CO2-uitstoot per product kan weergeven en dat gebruikmaakt van blockchain-technologie. Deze informatie moet vervolgens kunnen worden gekoppeld aan bestaande Transport Management Systemen (TMS) binnen bedrijven. Er is momenteel geen inzicht in de mogelijkheid om via zo'n applicatie informatie uit te laten wisselen met een TMS. Daarom is het van belang om eerst te verkennen of zo'n applicatie kan worden geïmplementeerd. Dit alles heeft geleid tot de volgende centrale onderzoeksvraag:

In hoeverre kan de CO2-footprint van vrachtwagens worden bepaald met gebruikmaking van gegevens in de blockchain?

Hieruit volgen onderstaande deelvragen in beantwoording van deze vraag:

Welke meerwaarde biedt blockchain-technologie?

In hoeverre kan het Open Trip Model worden gebruikt voor datadeling tussen logistieke partijen?

Welke data tussen TMS'en, LISA en boordcomputers is beschikbaar?

Kan met de beschikbare data de CO2-footprint worden bepaald van een product?

1.4 Doelstelling van het onderzoek

De huidige CO2-uitstoot wordt voornamelijk via voor- en nacalculatie berekend. Dit onderzoek heeft als doel om de potentie te verkennen van een oplossing die realtime de footprint van de lading berekent op basis van de daadwerkelijk gereden kilometers. Het uiteindelijke doel is om te achterhalen of op basis van de beschikbare data binnen de logistieke sector een CO2-footprint per product, realtime kan worden getoond middels blockchain-technologie. De onderzoeksresultaten dragen bij aan de besluitvorming over de eventuele realisatie van zo'n applicatie die de CO2-footprint weergeeft per product.

Tevens zal dit onderzoek bijdragen aan kennisvergaring betreffende de implementatie van blockchain-technologie binnen de logistieke sector. In eerste instantie zijn er diverse toepassingen die werken middels blockchain-technologie op de financiële markt ontwikkeld. Dit verkennende onderzoek kan een bijdrage leveren aan kennis over dit onderzoeksgebied. Dit project probeert een demonstratieproject te zijn om op basis van een concreet product de mogelijkheden van deze nieuwe technologie te demonstreren. Mogelijk dat door de uitkomst van dit project een basis wordt gelegd om een groter project te starten waarbij de applicatie daadwerkelijk wordt gerealiseerd.

1.5 Scope van het onderzoek

Binnen dit onderzoek zal blockchain-technologie worden onderzocht. Daarbij wordt er gefocust op blockchain-oplossing met het Paxos-algoritme van Lamport als consensusprotocol. De ontwikkelingen die hebben geleid tot de ontwikkeling van de blockchain zullen beknopt en concreet worden beschreven. Daarbij wordt onderzocht of blockchain-technologie op basis van het Paxos-protocol een betrouwbare oplossing kan zijn om tussen verschillende partijen in de logistieke sector data te delen.

Om de vraag te beantwoorden of met de huidige data binnen de logistiek voldoende informatie beschikbaar is om de CO2-uitstoot te berekenen, moet er bekend zijn welke data er momenteel voorhanden is. Aangezien op basis van de datastromen binnen de logistiek een antwoord moet worden gegeven op de hoofdvraag, is het nodig dat logistieke datastromen in kaart worden gebracht. Centric levert onder andere softwareoplossingen aan logistieke bedrijven en zal daarom worden onderzocht en dient daardoor als 'usecase'. Het beschrijven van data wordt binnen dit onderzoek beperkt tot de beschikbare datastromen tussen het LISA-platform, het TMS van Centric genaamd Plan&Go en eventuele datastromen uit boordcomputers.

Zodra de beschikbare data in kaart is gebracht, zal worden bepaald in hoeverre deze data kan worden gekoppeld aan het Open Trip Model. Dit is een model dat in samenwerking met EvoFenedex en TLN is ontwikkeld en een mogelijke standaard kan zijn. Uit de gesprekken met deze organisaties en onderzoek middels documentatie van dit platform, moet gaan blijken of het Open Trip Model een standaard kan zijn.

Vervolgens zal worden onderzocht of op basis van de beschikbare data de CO2-footprint van producten kan worden bepaald. Dit onderzoek is daarmee vooral theoretisch en verkennend van aard en beschrijft of het mogelijk is om de CO2-uitstoot op basis van het huidige berichtenverkeer te weergeven en of dit kan worden gekoppeld aan het Open Trip Model.

Binnen dit onderzoek zal geen software worden ontwikkeld voor de implementatie van een eventuele oplossing op de blockchain. Andere toepassingen van blockchain-technologie binnen de logistieke sector worden niet onderzocht.

1.6 Leeswijzer

Nadat in het volgende hoofdstuk de gebruikte methoden binnen dit onderzoek zijn behandeld, zullen de deelvragen worden beantwoord die verdeeld zijn over meerdere hoofdstukken. De beantwoording van de deelvragen moet vervolgens de centrale hoofdvraag beantwoorden waar in de conclusie aandacht aan zal worden besteed. Deze zal vervolgens worden gevolgd door aanbevelingen naar aanleiding van het onderzoek.

De eerste deelvraag zal beschrijven waarom blockchain-technologie binnen dit vraagstuk wordt toegepast en legt uit hoe de blockchain in de basis werkt en waarom het Paxos-algoritme wordt onderzocht als consensus-algoritme op de blockchain. Dit hoofdstuk vormt daarmee het theoretisch kader van het onderzoek. Vervolgens wordt beschreven in hoeverre er gebruik kan worden gemaakt van het Open Trip Model. Daarna zullen de onderzoeksresultaten worden behandeld naar aanleiding van de vraag welke data er nu beschikbaar is uit de boordcomputers, LISA en het TMS van Centric (Plan&Go). De laatste deelvraag zal uiteindelijk beschrijven of op basis van de beschikbare datastromen een realtime CO2-footprint op productniveau kan worden berekend.

2 ONDERZOEKSMETHODEN EN VERANTWOORDING

Dit onderzoek is voornamelijk een 'case study research' geweest. Voor de eerste deelvraag is er onderzoek gedaan op basis van wetenschappelijke artikelen en dit gedeelte uit het onderzoek kan doordoor onder 'deskresearch' worden geschaard. Het onderzoek van Bakker uit 2016 is een verkenning geweest van de mogelijkheden van blockchain-technologie met gebruikmaking van het Paxos-algoritme (Lamport, 1998). Deze bronnen en verdere literatuur betreffende blockchain-technologie dragen bij aan het ontwikkelen van kennis op aangaande blockchain-technologie waardoor bepaalde deelvragen binnen dit onderzoek kunnen worden beantwoord. Het onderzoek is daardoor kwalitatief van aard.

Over blockchain op basis van het Paxos-algoritme zelf zijn voldoende wetenschappelijke bronnen beschikbaar. Deze leggen voornamelijk de werking uit van deze technologie, maar de toepassing daarvan op de logistiek is vrijwel nieuw gebied. Wel kan met deze literatuur worden vastgesteld dat de logistieke sector interessante usecases biedt voor de implementatie van blockchain-technologie.

Aangezien de toepassing van blockchain-technologie binnen de logistiek anno 2018 nog steeds relatief onbekend terrein is, is er tijdens dit onderzoek gebruikgemaakt van gesprekken met autoriteiten op het gebied van blockchain-technologie en transportsystemen. Bakker geeft in 2016 al aan dat de logistieke sector interessante usecases biedt en is ook een van de aanleidingen geweest voor dit vervolgonderzoek.

De tweede deelvraag kan worden beantwoord door gesprekken met autoriteiten op het gebied van transport managementsystemen binnen de organisatie en valt daarmee onder een 'field research'. Door de gesprekken wordt duidelijke welke data wordt gedeeld tussen verladers en vervoerders. Tevens zijn er documenten vergaard die beschrijven welke data wordt opgeslagen en wordt gedeeld. Het gaat hier om secundaire gegevens die binnen het onderzoek zijn verzameld. Deze documenten moeten samen met mondelinge en/of schriftelijke verklaringen van deze bronverleners voldoende antwoord geven op de vraag welke data er nu voorhanden is. De beantwoording van deze deelvraag heeft als doel om te bepalen welke datastromen er aanwezig zijn binnen de logistieke sector. Op basis van deze uitkomsten kan er wellicht een generalisering van de gehele logistieke sector worden gemaakt.

Vervolgens moet worden vastgesteld of met deze data de CO2-footprint van vrachtwagens kan worden berekend. Daarbij ontstaat de vraag hoe deze data in een bestaand model binnen de logistiek (het Open Trip Model) past om zoveel mogelijk potentiële logistieke partners met elkaar te kunnen verbinden in het kader van interoperabiliteit. Door in contact te komen met logistieke organisaties zoals EvoFenedex en TLN kan deze vraag worden beantwoord aangezien deze organisaties betrokken zijn geweest bij de realisatie van het Open Trip Model en zich inzetten voor standaardisatie.

3 **BLOCKCHAIN-TECHNOLOGIE**

Binnen dit onderzoek wordt er gekeken naar de achterliggende technologie van de blockchain en de eventuele toepassing hiervan in een netwerk binnen de logistiek. Met daarbij het Paxos-algoritme als consensusmodel. Eerst zal kort de geschiedenis van de blockchain worden beschreven. Daarmee komen we op de eerste paar vragen uit, namelijk: wat is nou precies een blockchain en hoe werkt het?

Een blockchain kan worden getypeerd als een versleutelde, chronologische gedistribueerde database (Bakker, 2016). Deze database is ongevoelig voor manipulatie, vervalsing en zou transparant en onwijzigbaar moeten zijn (Romonesco, 2017).

De meeste bekende implementatie van een blockchain vindt zijn oorsprong in 2008 toen een persoon onder het pseudoniem Satoshi Nakamoto een whitepaper schreef over de cryptomunt Bitcoin dat middels het peer-to-peer principe werkt. Deze vorm van elektronische betalingen zorgt ervoor dat zonder tussenkomst van een financiële instantie zoals een bank, elektronisch geld kan worden overgemaakt van de ene persoon naar de ander (Nakamoto, 2008).

De komst en de verdere adoptie van Bitcoin hebben geleid tot een explosie in de groei van het aantal nieuwe 'cryptomunten'. Zo zijn er inmiddels meer dan duizend op de markt (CoinMarketCap, sd). Elk met hun eigen 'business case' en consensusmodel. Er moet echter een duidelijk onderscheid worden gemaakt tussen deze 'cryptocurrencies' en dit onderzoek. Er wordt geen aandacht besteed aan deze digitale valuta's, maar de interesse ligt in de achterliggende techniek van de blockchain en de mogelijkheden van deze technologie in datadeling binnen de logistiek.

In dit onderzoek zullen de mogelijkheden van blockchain-technologie worden besproken zoals Leslie Lamport deze heeft uitgewerkt in het Paxos-algoritme. Voordat dit algoritme wordt uitgewerkt, zal eerst kort de belangrijkste ontwikkelingen worden behandeld die hebben geleid tot de blockchain.

3.1 Gedistribueerde databases

Om blockchain-technologie beter te begrijpen, zal eerst het concept van gedistribueerde systemen moeten worden uitgelegd. In de definitie van Bakker wordt al het begrip 'gedistribueerde database' genoemd. Een gedistribueerd netwerk is een netwerk waarbij databases verspreid staan binnen een netwerk. Deze databases kunnen in hetzelfde complex staan en deze worden door een centraal orgaan aangestuurd. Deze systemen communiceren met elkaar door het versturen van berichten onderling. Waar voorheen een database één systeem kon zijn in hetzelfde gebouw, kan bij een gedistribueerde database verschillende delen van de data apart van elkaar worden opgeslagen waarbij ook de locatie kan verschillen. Een gedistribueerde database begint al op een van de karakteristieken van een blockchain te lijken die Bakker in zijn thesis beschrijft (Bakker, 2016).

3.2 Fault tolerant

Een van de andere karakteristieken van een blockchain is 'fault tolerant'. Dit betekent dat bij een fout door bijvoorbeeld het wegvallen van een van de nodes, het netwerk alsnog kan blijven functioneren. Onder deze fouten kunnen software- en hardware-fouten worden verstaan die een netwerk kunnen verstoren. Om deze fouten af te kunnen vangen is het nodig om te weten welke acties door systemen worden uitgevoerd en in welke volgorde dit gebeurt zodat bij het uitvallen van een systeem, deze actie alsnog kan worden uitgevoerd.

Lamport heeft voor het bepalen van deze volgordelijkheid het 'time stamp' geïntroduceerd (Lamport, 1978). Binnen een time stamp wordt er niet gebruikt gemaakt van een fysieke klok, maar van een logisch algoritme waardoor een systeem kan bepalen of iets al gebeurd is.

Hierdoor is het niet meer noodzakelijk dat de systeemklokken gelijklopen en het algoritme zorgde ervoor dat systemen wisten wat de volgorde moet zijn van 'events' binnen de systemen. Binnen zo'n netwerk wordt echter geen rekening gehouden met het feit dat systemen onbedoeld of bedoeld fouten kunnen veroorzaken. Er wordt binnen systemen die enkel fault tolerant zijn ervanuit gegaan dat de betrokken partijen binnen het netwerk altijd volgens specificatie werken. Systemen die niet volgens specificaties werken kunnen door het 'Byzantine fault tolerant' principe worden opgespoord wat in de volgende paragraaf zal worden behandeld.

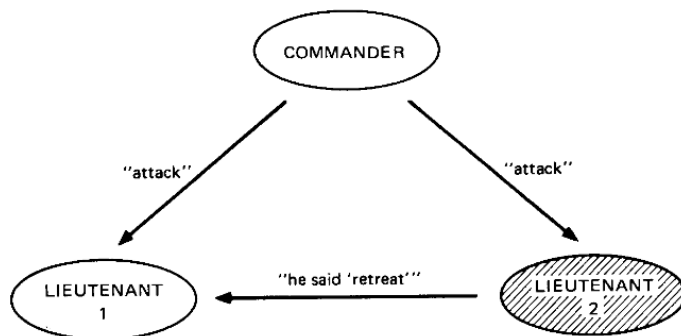
3.3 Byzantine fault tolerant

Systemen die Byzantine fault tolerant (BFT) zijn, kunnen systemen detecteren die bedoeld of onbedoeld 'malicious' zijn. Voorheen was hier geen eenduidig antwoord over te krijgen omdat corrupte systemen niet per definitie malicious berichten stuurde en corrupte berichten niet altijd van corrupte systemen afkomstig waren.

Het algoritme dat dit probleem kan ondervangen is bedacht door Lamport die in 1982 'The Byzantine Generals Problem' publiceerde. De naam voor dit algoritme is afgeleid van een situatie waarbij 'generals' (door Lamport aangeduid als 'lieutenants') tot een consensus moesten komen om tegelijkertijd een belegerde stad aan te vallen of niet. Wanneer zij niet allemaal tot hetzelfde besluit kwamen, betekende dit dat de stad door enkele generaals werd aangevallen waardoor zij zouden verliezen omdat zij alleen konden winnen wanneer de meerderheid zou aanvallen. Echter waren niet alle generaals te vertrouwen waardoor er een oplossing moest komen waardoor met zekerheid kon worden gezegd of de meerderheid bersloot om terug te trekken of niet en waarbij malicious generals konden worden opgemerkt. Om het probleem nog complexer te maken; het kan ook voorkomen dat een 'commander' malicious is en de lieutenant niet weet of de commander malicious is of de lieutenant malicious is omdat hij niet weet welke van de twee het foutieve bericht stuurt (Lamport e.a., 1982).

Figuur 3.1 Byzantine Generals Problem

In onderstaand figuur wordt het probleem weergegeven wanneer een van de 'lieutenants' malicious is



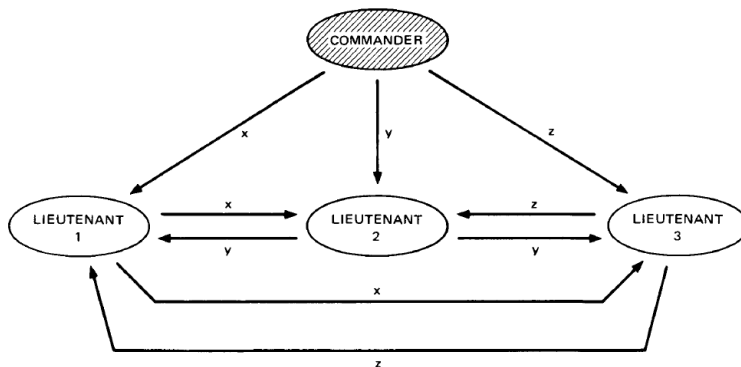
Bron: Lamport (1982)

We zien dat de commander het bericht stuurt om aan te vallen, maar dat de lieutenant 2 doorstuurt naar lieutenant 1 dat de commander heeft gezegd om terug te trekken.

Dit probleem is opgelost door gebruikmaking van 'signed messages'. De generals stuurden onderling berichten die getekend waren door de generaal die het verstuurde. Door de inhoud te koppelen aan de betreffende zender, kan door vergelijking van de andere messages worden gezien wie malicious was. Onderstaand figuur laat dit principe zien:

Figuur 3.2 Signed messages

In onderstaand figuur wordt het berichtenverkeer getoond wanneer er gebruikt wordt gemaakt van signed messages



Bron: Lamport (1982)

In bovenstaand model is geïllustreerd dat onderling berichten worden verstuurd met daarin het bericht en door wie het is gestuurd. Zo weet lieutenant 3 via de andere twee lieutenants wat de berichten zijn die zij van de commander en de andere lieutenants hebben gehad. De commander stuurt een ondertekend bevel naar iedere lieutenant. Elke lieutenant zet vervolgens zijn handtekening onder dit besluit en verstuurt deze vervolgens naar de andere lieutenants, die vervolgens hetzelfde doen. Dit betekent dat iedere lieutenant een bericht krijgt met een handtekening, deze kopieert, ondertekent en vervolgens doorstuurt.

In het figuur is ook visueel weergegeven dat er minimaal vier betrokken partijen nodig zijn. Voor iedere beslissing (aanvallen of terugtrekken) is immers een meerderheid nodig. Dit betekent dat er minimaal vier partijen nodig zijn om tot een meerderheid te komen. Wanneer er namelijk drie partijen aanwezig zijn, waarvan één malicious is, dan blijven er twee partijen over en die kunnen niet tot een besluit komen omdat zij geen meerderheid kunnen vormen. Per machine zijn er daarom minimaal drie lieutenants nodig en één commander. Dit kan als de volgende formule worden uitgedrukt ' $3m + 1$ generals' waarbij 'm' staat voor het aantal machines.

3.4 Paxos-algoritme

Al deze ontwikkelingen hebben geleid tot eindelijk het Paxos-algoritme dat gedistribueerde netwerken in staat stelt om in asynchrone omgeving tot besluiten te komen die ieder in zijn eigen database bewaart.

In 1998 werd door Leslie Lamport 'The Parttime-Parliament' gepubliceerd (Lamport, 1998). Deze paper beschrijft hoe binnen het parlement van Paxos een consensus wordt bereikt wanneer niet alle stemmers aanwezig zijn en op een later moment hun stem willen uitbrengen over een bepaald besluit. Vandaar ook de term 'Parttime Parliament'.

Requirements en aannames

Aangezien het parlement nog geen secretaris had en niemand gedurende alle stemmingsronden aanwezig was, hield iedereen bij wat de wetsvoorstellen waren waarbij ze aanwezig waren. Dit schreven zij in een 'ledger'. Dit werd geschreven met onuitwisbare inkt waardoor niet meer was terug te draaien wat in het boek werd opgeschreven.

Daarbij was een van de 'requirements' dat de ledgers consistent waren; de ledgers moesten overeenkomen met elkaar, bij een besluit met een bepaald nummer mocht geen andere 'value' zijn opgenomen dan wat de rest had staan in zijn ledger. Iemand die niet aanwezig was bij een bepaald besluit had daardoor niet het nummer en het betreffende besluit genoteerd.

Een gegeven binnen dit verhaal is dat de voorstellen altijd werden geaccepteerd, zolang er maar een meerderheid aanwezig was bij de stemmingsronde om een bepaald wetsvoorstel door te laten gaan.

Aangezien het niet mogelijk was om mondeling te communiceren werden boodschappers ingehuurd. Deze boodschappers knoeiden niet met de inhoud van de boodschap, maar zij konden wel vergeten dat zij reeds een bepaald bericht hadden overgebracht en konden het parlement net zoals de parlamentsleden verlaten. Wanneer zij echter aanwezig waren zorgden ze ervoor dat berichten op tijd heen-en-weer werden gestuurd. Zoals reeds aangegeven, ging Lamport ervan uit dat de boodschappers niet met de berichten knoeiden. Wat er werd gedaan met 'malicious' of oneerlijke boodschappers en parlamentsleden, wordt niet beschreven.

The Synod Protocol

Hoe zo'n stemmingsronde verliep zal nu kort worden beschreven. De 'Synod Protocol' is een variant op het Paxos Parliament, de requirements en de aannames blijven gelijk. In plaats van parlamentsleden die wetsvoorstellen uitbrengen, is er nu sprake van een synode waarbij priesters in gezamenlijkheid besluiten moeten nemen.

Lamport spreekt hier over 'ballots'. Een ballot kan worden getypeerd als een referendum over één besluit. Een priester kan binnen zo'n referendum besluiten om voor te stemmen of om niet te stemmen. Een set aan priesters die meedeed aan de stemmingsronde wordt een 'quorum' genoemd. Wanneer iedere priester binnen het quorum stemt, was de ballot succesvol.

Om consistentie te waarborgen, zijn er de volgende drie condities:

- Elke ballot (vrij vertaald een besluitronde) heeft een uniek nummer
- De quorums van twee verschillende ballots heeft tenminste één gemeenschappelijke priester
- Wanneer een priester heeft deelgenomen aan een bepaalde besluitronde, gekoppeld aan een bepaald besluit dan wordt automatisch de waarde overgenomen van wat er uit de eerdere besluitrondes is voortgekomen.

Deze besluiten werden vervolgens genoteerd in een ledger. Elke stemmingsronde (ballot) had een priester, een nummer van de ballot en het besluit. Op die wijze werden de ballots dan ook genoteerd in de ledger. Een priester werd aangewezen om een ballot te initiëren. Deze priester koos een nummer voor de ballot, het besluit en het quorum (de set aan priesters die meedoet aan de stemmingsronde). Deze ballots moesten voldoen aan de eerdergenoemde drie condities.

Doordat de priesters in hun ledger bijhielden wat het nummer was van ballots waaraan zij hadden meegedaan of welke ze hadden geïnitieerd, konden de priesters voorkomen dat twee ballots hetzelfde nummer hadden. Om aan de derde conditie te voldoen (de laatste waarde van eerdere besluiten moesten bekend zijn) moesten de priesters binnen het quorum, oftewel de meerderheid van de priesters en die tevens meedoen aan de stemming, van elkaar 'leren' wat het nummer is van de laatste ballot samen met het besluit (value). Dit zorgde ervoor dat er consistentie bleef en dat de noodzaak verdween dat alle berichten aan moesten komen en iedereen mee moest doen aan een ballot, zolang aan de drie eerdere genoemde voorwaarden werd voldaan.

Het garandeerde echter nog geen progressie, zo worden priesters niet gedwongen om een ballot te starten. Door stemmingsrondes een maximale tijdsduur te geven en een president aan te stellen, kan progressie worden gewaarborgd. Zolang er maar wordt voldaan aan de drie voorwaarden zijn de uitkomsten consistent en blijft er progressie. Door een president aan te stellen wordt voorkomen dat priesters tegelijkertijd een ronde willen starten. Wanneer de president te traag is in het berichtenverkeer (hij is ineens weg uit de ruimte) wordt een andere priester als president aangewezen.

3.5 Werking van het Paxos-algoritme

Leslie Lamport heeft in 2001 een andere versie van het algoritme uitgebracht, dit had als titel 'Paxos made simple' (Lamport, 2001). Dit had als doel om het algoritme zonder het verhaal van de Griekse synode toe te lichten, maar in de basis is deze gelijk aan het algoritme zoals dat in het eerdere artikel uit 1998 door Lamport is beschreven. Deze versie kan als eenvoudiger worden ervaren wanneer op basis van de paper een vertaalslag wordt gemaakt naar geautomatiseerde netwerken.

Het Paxos-algoritme heeft twee fases die doorlopen worden en er worden drie verschillende rollen gebruikt. Namelijk dat van de 'proposer', de 'acceptor' en de 'learner'. Wanneer dit wordt teruggekoppeld aan de voorgaande paper van Lamport, dan zijn dit de rollen die de priesters kunnen aannemen. De proposer stuurt een 'proposal' naar de acceptors. De acceptors kunnen er vervolgens voor kiezen om dat voorstel te accepteren of niet. Wanneer de meerderheid de proposal heeft geaccepteerd, wordt de waarde doorgestuurd naar de learners waardoor iedereen op de hoogte wordt gebracht van de laatst aangenomen waarde. Dit is de korte uitleg van het protocol. Wanneer we binnen deze uitleg de fases uitleggen dan doorloopt het algoritme de volgende stappen:

Fase 1 – Prepare

In de eerste fase genereert de proposer een getal waaraan later een voorstel aan kan worden gekoppeld waarover gestemd kan gaan worden. Dit getal wordt doorgestuurd naar een meerderheid van de acceptors. De acceptor kan deze accepteren niet meedoen. Wanneer bij een acceptor reeds een hoger getal bekend is door een eerdere stemming, zal hij dit doorgeven aan de proposer. Een proposer zal dan opnieuw een getal moeten voorstellen aan de acceptors dat hoger is. Zodra de meerderheid van de acceptors aangegeven heeft mee te zullen doen aan de stemming, zullen zij niet meedoen aan een andere stemming. Zij beloven dit als het ware aan de proposer (ook wel 'promise' genoemd).

Zoals al eerder aangegeven houdt een priester of een acceptor in deze vertaling bij in zijn ledger bij welke rondes hij aanwezig was, wat daarvan het besluit was en het nummer.

Fase 2 – Accept

In deze fase stuurt de proposer het getal dat hoog genoeg is en is geaccepteerd door de acceptors, met daarbij de 'value', oftewel het besluit waarover gestemd gaat worden. De acceptor checkt of het voorgestelde getal van de proposer hoog genoeg is aan de hand van de berichten van de acceptors en slaat het laatste getal en het besluit op in zijn eigen ledger.

Vervolgens zijn de learners in staat om de laatste besluiten te noteren omdat de acceptors de laatst geaccepteerde waarde en het bijhorende getal doorsturen naar zowel de proposer als de learners. Zodra de meerderheid van de acceptors het besluit heeft geaccepteerd en heeft bijgeschreven in de ledger, gaat de eerste fase weer in.

In het volgende gedeelte zullen de beschreven principes van onder andere het Paxos-algoritme worden toegepast op de casus. Zodat duidelijk wordt hoe deze theorie kan worden toegepast op datadeling tussen logistieke partijen.

3.6 Toepassing van Paxos op de casus

In voorgaande delen is beschreven vanuit welke ontwikkelingen blockchain-technologie is voortgekomen en is het consensus-algoritme op basis van Paxos toegelicht. In deze paragraaf zal worden beschreven hoe deze theorie kan worden toegepast wanneer je een situatie wenst waarbij logistieke partijen onderling data kunnen uitwisselen. Wanneer de logistieke sector het transport wilt verduurzamen door een efficiëntere inzet van transportmiddelen, zullen partijen onderling data moeten uitwisselen. Hierdoor wordt datadeling steeds belangrijker en het is noodzakelijk dat de data betrouwbaar is.

PwC heeft in 2016 een rapport uitgebracht waarin wordt beschreven wat de meerwaarde van blockchain-technologie kan zijn binnen de transportwereld. Zo kan fraude worden gereduceerd binnen het netwerk doordat er gebruik wordt gemaakt van een consensusmodel waarbij partijen elkaar controleren op de opgeslagen data. Tevens kan door het vervallen van de noodzaak van een derde partij mogelijk efficiënter worden gewerkt, er is namelijk een speler minder aanwezig binnen de uitwisselingen van data. Doordat data wordt gedeeld middels een digitaal netwerk, zal papierwerk binnen transacties minder noodzakelijk worden. Tevens kan papierwerk leiden tot het maken van fouten. Door de vastlegging van gegevens binnen het netwerk kunnen bepaalde gegevens worden gecontroleerd waardoor de noodzaak vervalt om deze ook nog in papieren vorm te hebben (Tipping & Kauschke, 2016). Hierbij kan de implementatie van een blockchainnetwerk op basis van Paxos een grote rol spelen.

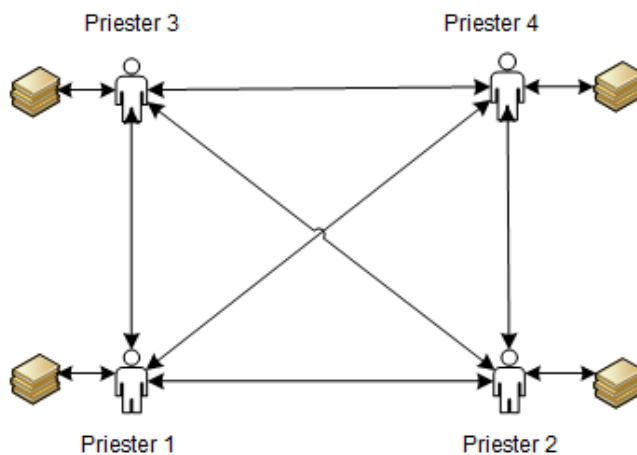
Het Paxos-algoritme zorgt ervoor dat de betrokken partijen over dezelfde informatie beschikken en deze informatie ook allemaal opslaan in hun eigen database. Tevens wordt door het Paxos-algoritme enkel de data gedeeld waarbij de partijen zelf aanwezig zijn geweest ten tijde van de datadeling. Priesters die aanwezig waren bij een bepaald besluit schreven deze allemaal op in hun eigen ledger. Door de afwezigheid van een centraal orgaan in de vorm een secretariaat op Paxos, hield iedereen zijn eigen ledger bij en doordat de priesters elkaar controleerden waren de genoteerde besluiten in een bepaalde stemmingronde gelijk. Wanneer priesters niet aanwezig waren bij een bepaalde besluitvorming zorgde het algoritme ervoor dat priesters onderling elkaar controleerden en konden leren van elkaars ledgers. Hierdoor zijn gegevens transparant en enkel opgeslagen bij de partij die dat toelaat en heeft deelgenomen aan de besluitvorming. Hierdoor vervalt de noodzaak voor een centrale database waarin alles staat opgeslagen en kan er gebruik worden gemaakt van een decentrale manier van dataopslag.

De opslagen gegevens zijn daardoor niet te manipuleren, consistent en onweerlegbaar. De besluiten werden immers in onuitwisbare inkt geschreven in de ledgers van de priesters. Een partij die bedoeld of onbedoeld foutieve gegevens opslaat zal door het algoritme worden opgemerkt en door het principe binnen het algoritme dat gegevens door een meerderheid van de partijen moet worden goedgekeurd, zullen foutieve gegevens niet worden opgeslagen in de databases van de betrokken partijen.

In het verhaal van Paxos werkten de priesters met boodschappers. Deze boodschappers leverden de stem af van de priester. Door deze berichtenstroom van de priesters gebruik te laten maken van een handtekening, worden de berichten 'Byzantine fault tolerant'. Doordat duidelijk is wie welk bericht heeft gestuurd, kan het netwerk detecteren welke partij bedoeld of onbedoeld malicious is. Door dit berichtenverkeer vervolgens te versleutelen kunnen externe partijen dit berichtenverkeer niet uitlezen aangezien zij niet over de sleutels beschikken om de berichten uit te lezen. Versleuteld berichtenverkeer is tevens een van de karakteristieken van een blockchain (Bakker, 2016).

Figuur 3.3 Datadeling tussen priesters

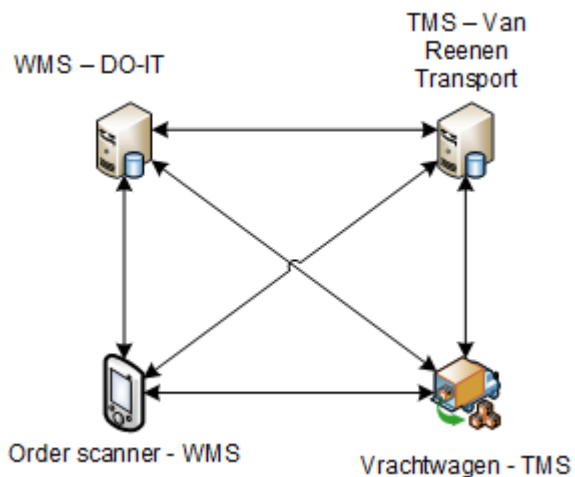
In onderstaand figuur wordt het berichtenverkeer getoond tussen verschillende priesters volgens het algoritme van Paxos



In bovenstaand figuur zijn vier priesters afgebeeld, ieder met de eigen ledger waarin zij besluiten noteren. Data wordt hierdoor afzonderlijk van elkaar opgeslagen maar is wel identiek. De vier priesters hebben hierdoor een 'shared ledger' waarin zij ten tijde van een bepaalde stemming dezelfde data noteren. Tevens kunnen de priesters van elkaar leren door oude besluiten van elkaar over te nemen en deze toe te voegen aan de ledger. De verschillende pijlen stellen het berichtenverkeer die noodzakelijk is om de stemmingen te laten slagen en om nieuwe waarden in de ledgers toe te voegen.

Figuur 3.4 Datadeling tussen logistieke partijen

In onderstaand figuur wordt het berichtenverkeer getoond tussen logistieke partijen middels blockchaintechniek op basis van het Paxos-algoritme



Wanneer hetzelfde algoritme toepassen op mogelijke verschillende partijen binnen een besluitvorming, dan zou bovenstaande illustratie een mogelijk moment kunnen zijn van datadeling. Er zijn minstens vier nodes/apparaten aanwezig die allemaal betrokken zijn bij een bepaald besluit om tot een meerderheid te komen wanneer er één node malicious is. Wanneer we als voorbeeld nemen dat bovenstaande nodes iets zeggen over een transportopdracht, dan zou dat kunnen starten bij de order scanner. Aangezien DO-IT ten tijde van dit onderzoek een nieuw scannersysteem toevoegt aan hun WMS (Warehouse Management System) is er gekozen voor dit voorbeeld.

Zo kan de scanner op productniveau scannen welke producten op dat moment klaar worden gezet voor transport. De andere drie nodes zullen deze informatie betreffende de producten die op transport worden gezet, ook noteren in hun eigen database. Net zoals de priesters dat deden ten tijde van een bepaald besluit. Vervolgens kan er data worden uitgewisseld tussen de verschillende nodes over een bepaald transportopdracht. Het WMS stuurt een bericht door naar het TMS van Van Reenen Transport dat zij een transport hebben klaarstaan. Deze wordt vervolgens opgehaald en afgeleverd. Zodra deze is afgeleverd, zal bijvoorbeeld via de boordcomputer van een vrachtwagen met daaraan gekoppeld een TMS, een bericht worden verstuurd van aflevering.

Bovenstaand verhaal schetst een reële situatie waarbij apparaten onderling data met elkaar uitwisselen middels het Paxos-algoritme. Iedere partij noteert zijn eigen informatie. Zo kunnen de vier nodes in overeenstemming zijn dat een bepaald product is 'gepickt' of dat een zending op een bepaalde locatie is afgeleverd. Iedereen bewaart deze informatie in zijn eigen database.

Uit het voorgaande kan worden geconstateerd dat een blockchain-oplossing op basis van het Paxos-algoritme een rol kan spelen wanneer partijen binnen de logistieke sector onderling data gaan uitwisselen waarbij betrouwbaarheid van de data een grote rol speelt. Vervolgens kan de vraag worden gesteld hoe dit berichtenverkeer eruit moet gaan zien tussen de partijen. Of hier een standaard voor kan worden ontwikkeld met het oog op interoperabiliteit. Interoperabiliteit zorgt ervoor dat verschillende systemen en netwerken van diverse partijen met elkaar kunnen communiceren. Daarvoor zijn afspraken betreffende modaliteiten en semantiek noodzakelijk (Kolkhuis Tanke e.a., 2012). In het volgende hoofdstuk zal hier verder op in worden gegaan wanneer het logistieke datamodel 'Open Trip Model' wordt beschreven. Het is namelijk wenselijk dat dit model kan communiceren met meerdere netwerken zodat meerdere partijen mee kunnen doen aan datadeling.

3.7 Conclusie

Dit hoofdstuk heeft de eerste deelvraag behandeld, namelijk wat de meerwaarde is van blockchain-technologie op datadeling binnen de logistiek. Daarbij is het Paxos-algoritme als uitwerking van deze technologie onderzocht. Daarbij zijn ook de belangrijkste karakteristieken besproken van blockchain en van het Paxos-algoritme. Vervolgens is vastgesteld dat de meerwaarde te vinden is in de betrouwbaarheid van opgeslagen gegevens middels blockchaintechnologie door de toepassing van het Paxos-algoritme en het decentrale karakter bij de opslag van deze data.

4 DATADELING EN DATASTROMEN

4.1 Het Open Trip Model

In dit hoofdstuk wordt de vraag behandeld in hoeverre het Open Trip Model een rol kan spelen om verschillende partijen in de logistiek onderling data uit te laten wisselen. Dat betekent dat een datamodel wenselijk is wat met meerdere netwerken kan communiceren.

Een artikel uit 2016 gepubliceerd door PwC schrijft over een toename van 10 tot 30 procent in efficiëntie wanneer logistieke bedrijven meer met elkaar zouden samenwerken. Deze efficiëntie zou goed zijn voor 100 tot 300 miljard kostenbesparing in de totale Europese logistieke sector (Tipping & Kauschke, 2016). Door een toenemende consolidatie van datadeling en standaardisatie zouden deze besparingen te realiseren zijn. Dit zou betekenen dat bedrijven meer met elkaar moeten samenwerken om de transportbewegingen verder te optimaliseren. Dit vraagt ook een extra aandacht voor standaardisatie en de ontwikkeling daarvan.

Het Open Trip Model is oorspronkelijk ontwikkeld door Simacan sinds 2013 en heeft als doel om logistieke distributiestromen samen te laten komen en op een eenduidige manier te modeleren zodat externe data kan worden geharmoniseerd binnen het datamodel. Deze verschillende logistieke datastromen worden vervolgens verbonden met verkeerskundige datastromen. De inzet van verkeersinformatie heeft als doel om onnodig rijden en stilstaan van vrachtwagens te voorkomen. De logistieke sector kan worden aangeduid als een netwerk waarbij een veelvoud van verschillende partijen samenkomen. Het loont wanneer deze partijen met elkaar in een eenduidige manier kunnen communiceren en het Open Trip Model is er daarom bij gebaat dat meerdere partijen zich aansluiten op de open standaard (Open Trip Model, sd)

Simacan schrijft zelf het volgende over het datamodel: “Het Open Trip Model van Simacan is een licentievrij en makkelijk bruikbaar datadeelmodel voor de online uitwisseling van realtime logistieke en verkeerskundige data. Deze open standaard legt, naast de fysieke route van het transport, vast hoe een transportbeweging is te definiëren in een ICT-omgeving. Het Open Trip Model kan – als gemeenschappelijke taal voor logistieke data – door iedereen worden gebruikt en verrijkt. Voor verladers, vervoerders, overheden, service- en dataproviders wordt het daarmee eenvoudiger om nieuwe applicaties en services te ontwikkelen” (Heijden, 2017).

Het model is zo ingericht dat ongeacht de inrichting van de ‘supply chain’ van een organisatie, deze is aan te sluiten op dit model met als doel om dit model te verrijken met steeds meer informatie. Het model heeft daarom geen vooraf gedefinieerde workflows en processen waarvan niet kan worden afgeweken. Daardoor blijft het model flexibel en eenvoudig uit te breiden. De data kan zowel door mensen als machines worden uitgelezen en kan voor elke type transport worden gebruikt. OTM legt vast hoe je een transportomgeving moet definiëren binnen een ICT-omgeving, samen met de fysieke route van een transport. Zo krijg je antwoord op de vragen waar is een vrachtwagen op dit moment en welke vrachtwagen is gekoppeld aan welke lading (Stad, 2017).

Het model is overgedragen aan Stichting Uniforme Transport Code (SUTC). Deze stichting zet zich in voor één standaard binnen het veld van logistiek en kent drie aandeelhouders TLN, EvoFenedex en Nederlands Bureau Binnenvaart. Met als doel om het model verder te ontwikkelen en meer organisaties op aan te laten sluiten. Zo schrijft Platform Beter Benutten dat er al testen worden gedaan met transportdata van Albert Heijn in combinatie met het Open Trip Model (Beter Benutten, sd). Vragen en verzoeken uit de logistieke markt kunnen leiden tot uitbreidingen en verbeteringen aan het datamodel. Zo blijkt dat er inmiddels een update is geweest aan het model waarbij nu ook data van sensoren kan worden meegenomen. Deze sensoren kunnen bijvoorbeeld de temperatuur bijhouden binnen de trailer (Open Trip Model, sd).

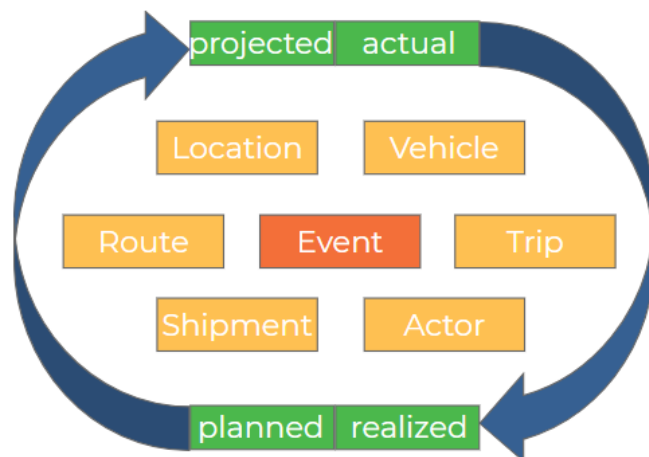
Uit gesprekken met TLN blijkt dat dit model zo is ontwikkeld dat deze voldoet aan de belangrijkste transportstandaarden en zo is ingericht dat verschillende apparaten en netwerken, informatie op een eenduidige partij met elkaar kunnen delen. Met het oog op interoperabiliteit tussen netwerken is dit zeer belangrijk om een eventuele applicatie op de blockchain te kunnen laten slagen.

Werking van het model

Onderstaand figuur laat op een overzichtelijke manier zien hoe dit model is opgebouwd.

Figuur 4.1 Lifecycle

In onderstaand figuur wordt weergegeven hoe de verschillende concepten binnen het model zich tot elkaar verhouden



Bron: Open Trip Model (sd)

Entiteiten binnen dit model worden gebruikt om verschillenden onderdelen binnen een logistiek proces te beschrijven. Binnen bovenstaand figuur zijn deze weergegeven in de kleur geel. Een entiteit kan een vrachtwagen zijn, de zending zelf, de locaties en de trips. Trips zijn in dit geval een verzameling van events.

Binnen dit model draait alles om events. Een event geeft de relatie aan tussen entiteiten. De volgorde van deze events geven uiteindelijk de workflow aan gedurende de tijd. Daarnaast wordt er gebruik gemaakt van een zogenaamde 'lifecycle'. Deze lifecycle kan worden vertaald naar de status van een zending. Deze lifecycle zorgt ervoor dat opdrachten gepland kunnen worden en dat inzichtelijk is wat de actuele status is van een zending en wat er al allemaal aan events is gerealiseerd.

Location

Deze entiteit kan verwijzen naar een adres dat is ingevoerd binnen een systeem, een referentie naar een bepaalde plek (laadzone x), maar het kan ook een geopositie zijn. Dit zorgt ervoor dat meerdere typen locaties onder deze noemer kunnen worden geschaard.

Vehicle

Dit duidt op een transportmiddel van een bepaald persoon of het middel waarmee iets wordt vervoerd. Een vrachtwagen en een trailer worden gezien als twee aparte 'vehicles' die aan elkaar gekoppeld zijn.

In deze entiteit kan al standaard worden opgeslagen welk brandstoftype wordt gebruikt door een bepaald voertuig, wat de laadcapaciteit is en wat de dimensies het gewicht van het voertuig zelf zijn.

Route

Deze entiteit beschrijft de geografische route tussen twee punten.

Trip

De informatie betreffende een trip wordt weergegeven door een verzameling van de betrokken entiteiten tijdens een transport tussen twee of meerdere locaties.

Shipment

Een willekeurige hoeveelheid en soort goed dat wordt getransporteerd. Binnen het OTM kan standaard al een gewicht mee worden gegeven aan een zending inclusief de afmetingen.

Actor

De betrokken organisatie of persoon bij een bepaald logistiek proces.

Event

Dit duidt op een bepaalde actie of status van een bepaalde entiteit. Bijvoorbeeld stilstaan of uitladen.

Figuur 4.2 Toelichting bij het Open Trip Model

In onderstaand figuur wordt weergegeven hoe de entiteiten zich tot elkaar verhouden in een praktijksituatie

- Planned event on **Trip 1**: start loading ⌚ 6:15 AM
- Planned event on **Vehicle 1**: load **Shipment 2**
- Planned event on **Vehicle 1**: load **Shipment 1**
- Planned event on **Trip 1**: stop loading ⌚ 6:45 AM
- Planned event on **Trip 1**: start driving from **A** ⌚ 6:45 AM
- Planned event on **Trip 1**: stop driving at **B** ⌚ 7:45 AM
- Planned event on **Trip 2**: start loading/unloading ⌚ 7:45 AM
- Planned event on **Vehicle 1**: unload **Shipment 1**
- Planned event on **Trip 2**: stop loading/unloading ⌚ 8:15 AM
- Planned event on **Trip 2**: start driving from **B** ⌚ 8:15 AM
- Planned event on **Trip 2**: stop driving at **C** ⌚ 9:15 AM
- Planned event on **Trip 3**: start loading/unloading ⌚ 9:15 AM
- Planned event on **Vehicle 1**: unload **Shipment 2**
- Planned event on **Vehicle 1**: load **Shipment 3**
- Planned event on **Trip 3**: stop loading/unloading ⌚ 9:45 AM
- Planned event on **Trip 3**: start driving from **C** ⌚ 9:45 AM
- Planned event on **Trip 3**: stop driving at **D** ⌚ 10:45 AM
- Planned event on **Trip 3**: start loading/unloading ⌚ 10:45 AM
- Planned event on **Vehicle 1**: unload **Shipment 3**
- Planned event on **Trip 3**: stop loading/unloading ⌚ 11:05 AM

Bron: Open Trip Model (sd)

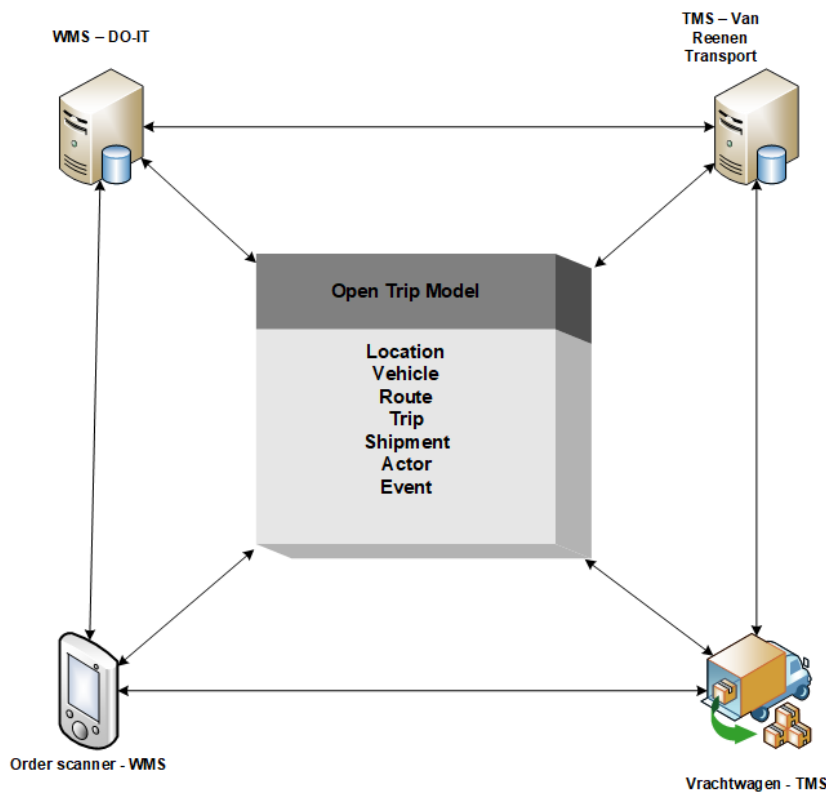
In bovenstaand figuur zijn de verschillende entiteiten die binnen het model zijn opgenomen, afgebeeld in een andere kleur. In het voorbeeld kunnen verschillende elementen uit voorgaande theorie worden teruggevonden. Zo is af te leiden uit de afbeelding dat dat hier gaat om 'plannend events' binnen de lifecycle van een transportplanning. Ook wordt er aangegeven welk type event is gepland, zoals bijvoorbeeld laden, uitladen en stoppen. Tevens worden de relaties aangegeven tussen een voertuig en een lading. Zo hoort bij 'vehicle 1' de lading 'shipment 2' en 'shipment 1'. Vervolgens zijn daaraan de events laden en uitladen gekoppeld, samen met de locaties en de tijden.

Toepassing van het OTM op de casus

Nu is vastgesteld dat het Open Trip Model een standaard kan gaan zijn waarmee logistieke partijen data met elkaar gaan uitwisselen, kan een netwerk op basis van Paxos en het Open Trip Model de volgende structuur aannemen:

Figuur 4.3 Toepassing van het OTM

In onderstaand figuur wordt weergegeven hoe een netwerk is ingericht wanneer er gebruik wordt gemaakt van het Open Trip Model



In het voorgaande figuur is te zien hoe verschillende partijen met elkaar in verbinding staan en dat deze volgens de standaard van het Open Trip Model data gaan delen. Zo kan een order scanner iets zeggen over een 'shipment' oftewel een zending omdat deze in contact staat met een WMS en daardoor informatie over de producten koppelt aan een bepaalde gescande zending.

Wanneer we dit ook koppelen aan figuur 4.2 en de uitleg daarbij, wordt het beeld al duidelijker. Zo zegt shipment iets over de lading. In de entiteit shipment kan worden genoteerd wat er wordt vervoerd en wat het gewicht is van de betreffende zending. Door deze vervolgens te koppelen aan een bepaalde vehicle, locatie en de relevante events zoals laden en lossen, ontstaat er een veelheid aan data dat middels het Open Trip Model onderling tussen de apparaten kan worden uitgewisseld. Onderling wordt er een consensus bereikt door middel van het Paxos-algoritme over de entiteiten. Zodra de order scanner meldt aan het WMS welke producten zijn gescand, zal dit worden gedeeld met de andere partijen in het netwerk waar hij op dat moment mee in verbinding staat. Net zoals bij de priesters die een bepaalde stemming hadden en waarbij ieder voor zich het besluit noteert in de eigen ledger, doen apparaten in dit voorbeeld dat ook. In de praktijk betekent het dat er een veelvoud van verschillende netwerken en apparaten met elkaar in verbinding komen te staan bij de datadeling. Door een standaard te gebruiken zoals het Open Trip Model wordt er data gedeeld volgens een vaste standaard waardoor modaliteiten dezelfde betekenis krijgen binnen de datadeling. Vervolgens rijst de vraag welke datastromen er zijn binnen de logistieke sector en kunnen deze worden gekoppeld aan het Open Trip model. Hier zal in het volgende gedeelte aandacht aan worden besteed.

4.2 DATASTROMEN

In dit gedeelte zullen de resultaten van het onderzoek naar de datastromen worden behandeld. Binnen dit onderzoek is ervoor gekozen om de softwarematige transportoplossingen van Centric te onderzoeken om vast te kunnen stellen welke datastromen er binnen de logistieke sector aanwezig zijn. Het was helaas niet mogelijk om de datastromen tussen de betrokken stakeholders (DO-IT en Van Reenen Transport) te onderzoeken waardoor er is uitgeweken naar de softwareoplossingen van Centric. Naar aanleiding van de uitkomsten kunnen er generalisaties worden gemaakt over de logistieke sector als geheel en deze data dient daarom als usecase.

De datastromen zijn beschreven aan de hand van de databasemodellen die zijn aangeleverd door Centric. Vanwege de gevoeligheid van deze informatie zullen deze modellen niet worden toegevoegd in de bijlage. Deze modellen beschrijven welke data kan worden opgeslagen binnen de database dat gekoppeld is aan het TMS 'Plan&Go' en de applicatie 'LISA' en hoe de database entiteiten en attributen zijn opgebouwd.

Voor de beschrijving van de mogelijke data uit de boordcomputers van vrachtwagens wordt gebruikgemaakt van informatie afkomstig van het bedrijf Squarell dat producten ontwikkelt met het doel om deze informatie uit te lezen uit de vrachtwagens (Squarell, sd). Dit bedrijf heeft contacten met Centric vanwege een lopend project waarbij data uit de boordcomputer via een applicatie kunnen worden uitgelezen. Squarell heeft informatie aangeleverd en deze is vervolgens gebruikt in de beantwoording van de vraag welke mogelijke data er te vinden is binnen de boordcomputers van vrachtwagens. In de bijlage op pagina 2 kan een gedeelte van deze documentatie worden teruggevonden.

TMS – Plan&Go

Het Transport Management Systeem van Centric heeft de naam Plan&Go en kan het transportproces van een bedrijf faciliteren. Samen met het WMS (Warehouse Management Systeem) 'In & Out' kan Centric het gehele logistieke proces regelen voor hun klanten. Plan&Go is compatible met andere TMS'en en daardoor is het mogelijk om informatie betreffende transporten uit te wisselen indien nodig. Het TMS van Centric heeft de mogelijkheid om de volgende categorieën aan informatie op te slaan:

- **Ordermanagement**
- **Registratie van vrachtwagens en materieel**
- **Brandstofmutaties**
- **Geografische locaties**
- **Berichten uit de boordcomputer**
- **Ritafhandeling**
 - **Geplande ritten en gerealiseerde ritten**
 - **Gerealiseerde tijden**
 - **Gerealiseerde aantallen**

Plan&Go biedt ook mogelijkheden om data zoals cao-bepalingen op te slaan. Aangezien dit type data niet relevant is binnen dit onderzoek, zal hier binnen dit hoofdstuk geen uitgebreide aandacht aan worden besteed. Het is namelijk geen relevante informatie bij de beantwoording van de vraag in hoeverre de CO2-footprint van een product kan worden bepaald met de huidige datastromen.

Ordermanagement

Binnen Plan&Go wordt er onder een order een zendopdracht verstaan van een klant. Hieraan worden onder andere de gegevens van de klant gekoppeld. Van deze orders wordt vervolgens een dossier aangemaakt. Onder een dossier wordt een verzameling van orders verstaan.

Op deze order staat naast de klantgegevens ook vermeld wat de tarieven zijn van het vervoer, de artikelen, bijbehorende tarief of toeslag, de planeenheden van waarin iets wordt vervoerd en uiteraard de afzender en het bestemmingsadres. Voor bepaalde gegevens kan een 'default-waarde' worden opgegeven. Zo kan er een standaardadres worden gedefinieerd door de opdrachtgever zodat er voor iedere order bij deze klant hetzelfde afleveradres wordt geselecteerd. Dit geldt ook voor bijvoorbeeld het goederenaantal of de vervoerseenheid.

De artikelcode en de omschrijving worden overgenomen vanuit de vervoerseenheid. Wanneer er geen omschrijving van het artikel in de vervoerseenheid aanwezig is, wordt de omschrijving uit het artikel overgenomen.

Ook worden de bijhorende acties die van toepassing zijn op de order genoteerd. Dit kan bijvoorbeeld laden of lossen zijn met daarbij het bijbehorende adres. Ook wordt er een tijd of tijdvak opgegeven bij zo'n actie en kan er materieel en personeel worden toegekend aan een order. Binnen Plan&Go bestaat er ook de mogelijkheid om een order direct te koppelen aan een bepaalde rit. De orders zijn vervolgens in te plannen en kunnen worden gefactureerd. Deze informatie wordt ook weer opgenomen in het dossier.

Registratie van vrachtwagens en materieel

De vrachtwagens en ander materiaal worden vastgelegd binnen het TMS. Voor containers geldt bijvoorbeeld dat het ID wordt genoteerd. Zo kan worden vastgesteld of een container aan een bepaalde ISO-norm voldoet zodat kan worden bepaald of deze ingezet kan worden voor een bepaalde rit of niet. Datzelfde geldt ook voor ander materieel dat wordt ingezet door de vervoerder. Zo moet worden bijgehouden wat de kwalificaties zijn van de 'resources' die worden ingezet zodat kan worden vastgesteld of een voertuig in combinatie met een specifieke trailer in een bepaalde milieuzone mag rijden. Voor deze entiteiten geldt daarom dat de eigenschappen moeten worden opgeslagen binnen het TMS. De stamgegevens van materieel zijn onder andere:

- De eigenaar
- Kenteken
- Merk en type
- Aantal kilometers en uren
- Aantal compartimenten
- Type materieel
- De prijzen per uur en kilometer

De belangrijkste functies van de registratie is om de kosten te kunnen bereken bij de inzet van bepaald materieel en om te bepalen of dit materieel überhaupt gekwalificeerd is en wat deze kwalificaties zijn per entiteit.

Brandstofmutaties

Deze gegevens worden veelal geïmporteerd via een 'communicator'. Hierdoor is het mogelijk om externe gegevens naar aanleiding van tankkaarten in te lezen. De chauffeur noteert op deze kaart de kilometerstand van het voertuig en de getankte kilometers en deze kunnen vervolgens worden geïmporteerd binnen het TMS. Gegevens die hierbij worden opgeslagen zijn:

- Het soort brandstof;
- De datum en tijd van de mutatie;
- Materieel waarmee de mutatie heeft plaatsgevonden;
- De kilometerstand van het materieel.

Op basis van twee afgetankte mutaties en de kilometerstanden kan worden berekend wat de verbruikerscijfers zijn. Doordat immers bekend is wat de kilometerstanden zijn bij twee tankbeurten en de getankte liter per mutatie, kan worden berekend hoeveel liters brandstof er zijn verbruikt voor die gereden kilometers.

Het aantal liters brandstof dat is verbruikt voor de PTO (Power Take-Off) wordt eveneens opgeslagen. Een PTO is een ronddraaiende as waarvan kracht mag worden afgenomen. Hierop kan bijvoorbeeld een hydraulisch aangedreven werktuig op worden aangesloten. De boordcomputer kan aangeven hoe lang er gebruik is gemaakt van een PTO en wat het verbruik daarbij is geweest.

Geografische locaties

Binnen het TMS Plan&Go wordt meerdere keren de functie aangeroepen voor de bepaling van de locatie. Dit wordt gedaan middels coördinaten, oftewel de posities in zowel de 'longitude' als 'latitude'. Zo kunnen adressen van klanten of opdrachtgevers worden weergeven in coördinaten samen met de adresgegevens. Dit kan ook weer worden gekoppeld aan een datum en een tijd.

Berichten uit de boordcomputer

Berichten afkomstig uit de boordcomputers van vrachtwagens kunnen ook in Plan&Go worden opgeslagen. Zo kan de activiteit met het bijbehorende voertuigID, chauffeursID en locatie worden doorgestuurd naar het TMS. Naast de geopositie worden ook de datum en tijd opgeslagen. Ook is er de optie om de kilometers van het voertuig middels een boordcomputer door te sturen naar het TMS van Centric met daarbij informatie over de ritactie (laden of lossen bijvoorbeeld), informatie over de laatste activiteit en de bijhorende locatieposities.

Ritafhandeling

Bij het ordermanagement werd al beschreven dat een order kan worden gekoppeld aan een rit. Deze ritten worden vervolgens ingepland. Daarbij wordt gebruikgemaakt van de gegevens die bij de order zijn opgegeven. Zoals het adres van de locatie waar iets moeten worden geladen of gelost en de openingstijden van dit punt. Tevens wordt er voor beide acties (laden en lossen) een tijdvak afgesproken. Wanneer onverhoopt een zending niet binnen een afgesproken tijdsvenster wordt afgeleverd, wordt dit binnen het TMS kenbaar gemaakt. Het TMS heeft de volgende parameters voor een planning:

- **Actuele planning**
Bij de ritacties kan de geplande aankomsttijd worden opgegeven samen met de geplande duur van de aankomst, hoe lang een bepaalde activiteit duurt en hoe lang het duurt voordat het voertuig vertrekt.

- **Initiële planning**

Wanneer een actuele planning wordt opgeslagen in het plan, wordt deze planning een initiële planning. De aankomsttijd wordt alleen geregistreerd in deze planning.

- **Gerealiseerde planning**

De uiteindelijke aankomsttijden worden hierin opgeslagen. Tevens wordt daarbij de duur van elke actie opgegeven.

Aan de hand van deze gegevens heeft het TMS de mogelijkheid om een ETA (Estimated Time of Arrival) te berekenen. Op basis van voorcalculatie kan een mogelijke ETA worden opgegeven. De voorcalculatie maakt gebruik de aankomstdatum en aankomsttijd uit de initiële planning. Deze gegevens zijn dynamisch en kunnen worden aangevuld of worden overschrijven met de gegevens uit de gerealiseerde planning.

Ritcalculatie

Om de gereden kilometers en gemaakte uren te berekenen worden meerdere gegevens opgeslagen voor de ritten. Dit kan op basis van een zogenaamd voertuigprofiel. Doordat de specificaties en kwalificaties van voertuigen worden geregistreerd kan dit profiel worden opgesteld. Met dit profiel kunnen de afstanden, rijtijden en toelasten van een rit worden bepaald. Dit wordt voor zowel de voor- als nacalculatie gedaan. Het gaat dan voornamelijk om de volgende gegevens:

- Het aantal kilometers en uren die tussen de ritten invallen.
- Het aantal kilometers en uren waarbij het voertuig beladen is.
- Het aantal kilometers en uren waarbij het voertuig leeg is.
- Het aantal uren dat een voertuig stilstaat.

Op basis van deze informatie (kilometers, uren en tarieven) kunnen de kosten worden berekend voor zowel de voor- als nacalculatie.

Tevens wordt bij een rit de beladingsgraad bepaald. Op basis van de planeenheid, het totaal aan beladen kilometers en de maximale beladingskilometer kan worden berekend in hoeverre een 'resource' (bijvoorbeeld een vrachtwagen) kan worden ingezet. Dit geschiedt ook weer op basis van voor- en nacalculatie.

LISA

LISA kan worden getypeerd als een 'lightweight broker' van data, een doorgeefluik van gegevens tussen verschillende entiteiten. LISA is een applicatie dat kan worden geïnstalleerd op zowel de boordcomputer als op de mobiele telefoon van de gebruiker. Data kan daarna ook via 'cloud services' worden gedeeld naar andere partijen (LISA, sd).

De applicatie kan eenvoudig in gebruik worden genomen door bijvoorbeeld eigen chauffeurs of charters. Daarbij bestaat de mogelijkheid om dit per proces zelf in te richten. Enkele kenmerken van de applicatie:

- Het af- en aanmelden van zendopdrachten/taken;
- Aansturing en verantwoording van de eigen chauffeurs en charters;
- De mogelijkheid om tijdens deze opdracht te navigeren via de software van de mobiele telefoon;
- Het meegeven van een tekstbericht of een foto bij aflevering van een zending;
- Sluit aan op nieuwe standaarden zoals het Open Trip Model;
- Voorbereid op TransFollow.

Binnen LISA zijn de volgende datastromen aanwezig:

- **Geografische locaties**
 - **Berichten bij de zending**
 - **Activiteiten**
 - **Planning**

Geografische locaties

De locatie van de vrachtwagen kan middels de geopositie van de telefoon of de boordcomputer worden bepaald. Deze wordt net zoals bij het TMS van Plan&Go bepaald door de longitude en latitude.

Berichten bij de zending

Binnen de applicatie kan middels een tekstvak bepaalde informatie worden gedeeld met bijvoorbeeld de vervoerder. Dit kan bijvoorbeeld een opmerking zijn bij de zending van de klant.

Activiteiten

Dit zijn de opdrachten van klanten. Binnen LISA kan er data worden uitgewisseld met details over de opdrachtgever, de contactgegevens en de locatie. Tussen verschillende TMS'en en chauffeurs kan er daardoor verkeer heen en weer plaatsvinden. Zo kan een activiteit zijn om een bepaalde zending ergens in te laden. Een verzameling van deze activiteiten wordt daarna een rit waaraan een chauffeur kan worden gekoppeld. Aan een activiteit wordt een bepaalde tijdsduur en datum toegekend waardoor er indirect ook urenverantwoording aanwezig is.

Planning

Deze activiteiten worden vervolgens ingepland voor een bepaalde rit. Deze ritten kunnen worden ingedeeld in tijdvakken en vervolgens worden getoond binnen LISA. Bij de planning worden vrachtwagens en materieel gekoppeld aan de ritten.

LISA is een broker van informatie middels cloudfunctionaliteit en kan daardoor met verschillende entiteiten in verbinding staan. De applicatie slaat echter zelf geen data op. Onderstaand figuur weergeeft de mogelijke datastromen en verbindingen.

Figuur 4.4 Verbindingen met LISA

In onderstaand figuur worden de verschillende entiteiten waaruit LISA bestaat weergegeven en hoe de communicatie loopt via de verschillende partijen



De onlineomgeving van LISA stelt gebruikers in staat om opdrachten in te plannen middels verschillende systemen. Dit kunnen ERP- TMS- of WMS-systemen zijn. Vervolgen worden de opdrachten middels de LISA-applicatie getoond aan de eigen chauffeurs of charters. Zoals eerder beschreven heeft LISA de mogelijkheid om data uit de boordcomputer in te lezen zoals de locatie van het voertuig of informatie van het motormanagement middels bijvoorbeeld een partij zoals Squarell.

Data uit boordcomputers

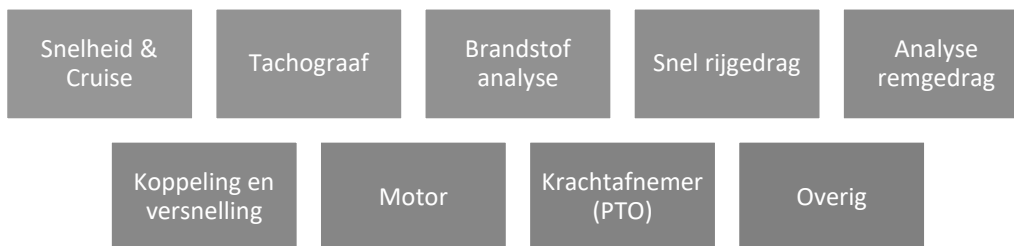
Binnen Centric vindt ten tijde van dit onderzoek een project plaats om de data uit de boordcomputers naar LISA te krijgen. Daarbij wordt gebruikgemaakt van de producten van 'Squarell'. Squarell is een Nederlands bedrijf dat zich heeft toegespitst op het maken van oplossingen die voertuiggegevens uit bijvoorbeeld het motormanagementsysteem kan lezen via het CAN-bus (Squarell, sd).

Squarell heeft een handboek geleverd die onder andere de mogelijkheden beschrijft van hun product ten behoeve van dit project. De informatie hieruit zal worden gebruikt om te bepalen welke data er kan worden uitgelezen bij een vrachtwagen.

De data die vanuit het CAN-bus naar de boordcomputer kan worden gestuurd, kan worden ingedeeld in de volgende categorieën:

Figuur 4.5 Categorieën data boordcomputer

In onderstaand figuur worden de verschillende categorieën getoond die uit de vrachtwagen kan worden uitgelezen



Bron: Squarell (sd)

Snelheid & Cruise

De snelheid kan worden uitgelezen en worden doorgestuurd naar de boordcomputer. Hierdoor is realtime te zien hoe hard de vrachtwagen rijdt en kan eventueel te hard rijden worden gezien middels deze informatie. Tevens kan de afgelegde afstand worden uitgelezen. Dit wordt gedaan door een zogenaamde hodo-meter. Door het aantal omwentelingen van een wiel te tellen in combinatie van de grootte, kan worden bepaald wat de afgelegde afstand is. Ook wordt informatie betreffende cruise control weergegeven. Of deze wordt gebruikt of niet bijvoorbeeld en hoe lang deze gebruikt wordt.

Tachograaf

Binnen de cockpit zijn verschillende meters in het dashboard te vinden. Deze kunnen onder andere informatie geven over de status van het voertuig, of deze bijvoorbeeld stil staat of niet, hoe hard het voertuig rijdt en wie er bijvoorbeeld rijdt. Zo kan in het dashboard een bepaald ID van een chauffeur worden getoond. Ook kunnen de prestaties van het voertuig worden weergegeven zoals het verbruik van het voertuig op dat moment.

Brandstof analyse

Het totaal aan brandstof dat is verbruikt wordt bijgehouden en wat er nog over is aan brandstof kan worden uitgelezen. In de brandstoftank zitten 'floaters'. Deze kunnen redelijk nauwkeurig aangeven hoeveel brandstof er nog in de tank zit. Tevens is het mogelijk om het huidige brandstofverbruik uit te lezen. Door gegevens te combineren zoals de mate van gasgeven en de huidige snelheid van het voertuig, kan worden berekend hoeveel liters brandstof er per zoveel kilometer worden verbruikt.

Snel rijgedrag

Dit kan worden bepaald door de fysieke positie van het gaspedaal. Hierdoor kan worden bepaald hoeveel gas er op een bepaald moment wordt gegeven en hoe snel dat wordt gedaan. Deze informatie gekoppeld aan de chauffeur middels het ID, laat zien welke chauffeur er onnodig veel gas heeft gegeven.

Analyse remgedrag

Het voertuig kan informatie betreffende het remgedrag vastleggen. Zo kan worden gezien hoe vaak en hoe hard iemand heeft geremd in het voertuig.

Koppeling en versnelling

Het schakelgedrag kan worden uitgelezen. Hoe vaak iemand bijvoorbeeld schakelt en hoe vaak de koppeling wordt ingedrukt wordt immers bijgehouden door het voertuig. Zo kan bijvoorbeeld worden uitgelezen dat een persoon in een te lage versnelling heeft gereden waardoor de motor onnodig veel toeren heeft gedraaid wat weer resulteert in een hoger brandstofgebruik.

Motor

Het aantal toeren dat de motor draait per minuut wordt vastgelegd, hoe lang de motor draait en daarmee ook hoe lang een motor stil staat. Tevens wordt vastgelegd wat de temperatuur is van het koelvloeistof en het aantal koppelvermogen kan worden opgevraagd.

Krachtafnemer (PTO)

PTO (Power Take-Off) is een voorziening op het voertuig dat gebruikmaakt van het vermogen van de motor. Dit heeft vaak als doel om gekoppelde werktuigen aan het voertuig te gebruiken. Deze werktuigen maken daarbij gebruik van het vermogen van het voertuig zelf. Dit kost uiteraard brandstof, het voertuig kan bijhouden of de PTO wordt benut en hoe lang dit duurt wanneer hier sprake van is. Daarbij wordt ook het brandstofverbruik van de PTO vastgelegd (BRON).

Overig

Bepaalde gegevens die buiten de eerste acht categorieën vallen, worden geschaard onder het kopje overig. Dat is bijvoorbeeld de afstand tot een bepaalde servicebeurt, het totale gewicht op de as, het ID van het voertuig zelf en hoe lang er wordt gereden met de vrachtwagen.

4.3 Koppeling van gevonden datastromen met het OTM

Nu het model is geïntroduceerd en de werking is toegelicht, moet worden gekeken in hoeverre het model kan worden gebruikt met de vastgestelde datastromen. Zoals eerder in het onderzoek kan worden teruggevonden, heeft het TMS Plan&Go de optie om de volgende gegevens op te slaan:

- **Ordermanagement en tarieven/toeslagen**
- **Registratie van vrachtwagens en materieel**
- **Brandstofmutaties**
- **Geografische locaties**
- **Berichten uit de boordcomputer**
- **Ritafhandeling**
 - **Geplande ritten en gerealiseerde ritten**
 - **Gerealiseerde tijden**
 - **Gerealiseerde aantallen**

De LISA-oplossing heeft de mogelijkheid om onderstaande berichten door te sturen:

- **Geografische locaties**
- **Berichten bij de zending**
- **Activiteiten**
- **Planning**

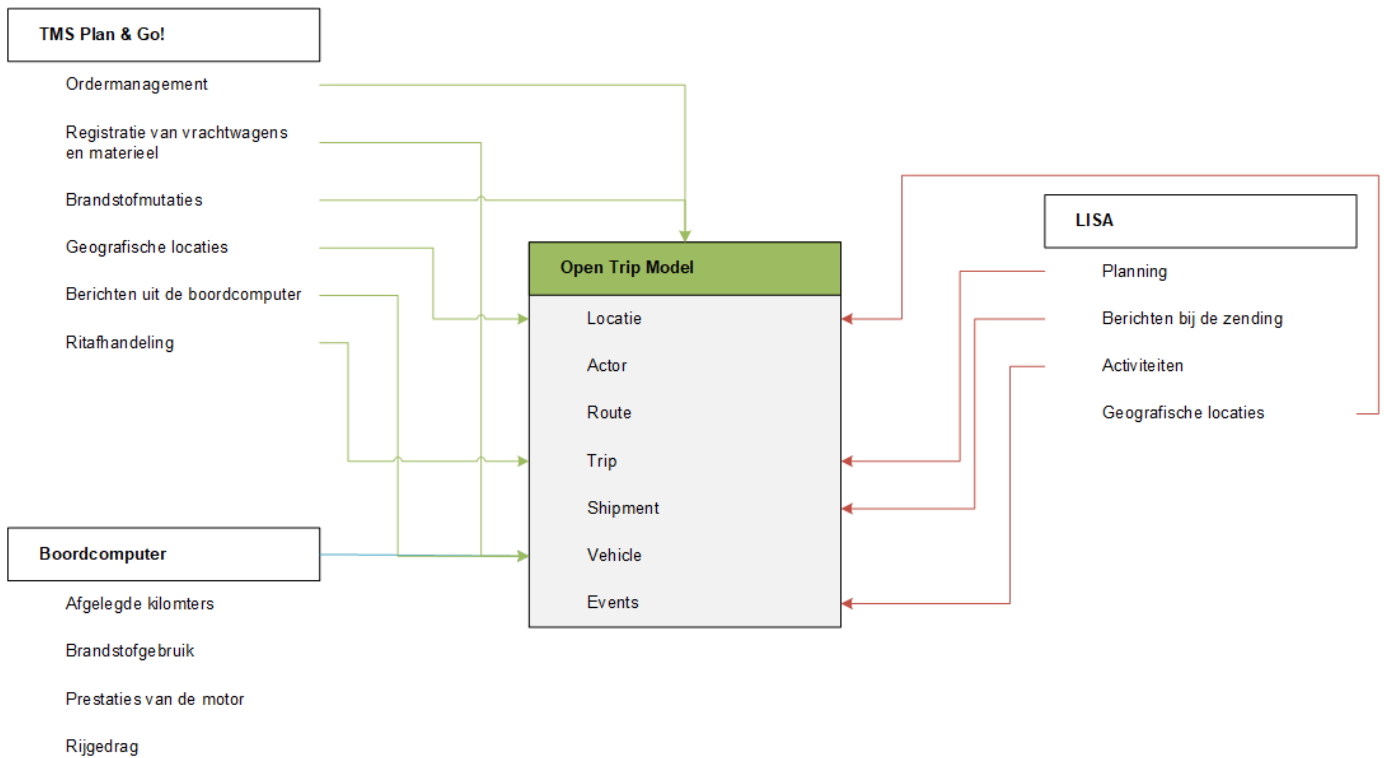
De gegevens uit de boordcomputer kunnen worden samengevoegd in het volgende:

- **Brandstofgebruik**
- **Prestaties van de motor**
- **Rijgedrag**
- **Afgelegde kilometers**

Er zal nu aandacht worden besteed aan hoe deze datastromen kunnen worden gekoppeld aan het Open Trip Model. Op de volgende pagina staat een figuur afgebeeld met als doel om op overzichtelijke wijze de verschillende stromen te koppelen met de entiteiten uit het Open Trip Model.

Figuur 4.4 Het OTM in combinatie met de vastgestelde datastromen

In onderstaand figuur wordt weergegeven hoe de verschillende datastromen kunnen worden gekoppeld aan het Open Trip Model waardoor het datamodel wordt gevoed met gegevens uit verschillende bronnen



Zoals is af te leiden aan bovenstaand figuur kunnen de huidige datastromen worden gekoppeld aan de bestaande entiteiten in het Open Trip Model. De kernfunctionaliteit van het TMS is ordermanagement. Aangezien hier alle entiteiten binnen het Open Trip Model onder vallen, is daar direct een lijn naar getrokken.

Alle informatie betreffende het voertuig uit de losse boordcomputerdata en registratie van vrachtwagens en materiaal uit het TMS, kunnen worden gekoppeld aan de 'Vehicle' entiteit binnen OTM. Binnen het Open Trip Model kunnen de entiteiten zoals vrachtwagens en materiaal worden geschaard onder 'Vehicle' en desgewenst kunnen er diverse attributen aan worden toegevoegd.

Brandstofmutaties zoals deze nu worden opgeslagen binnen het TMS van Centric kunnen worden ontleed aan de gegevens van een 'Trip'. Een trip is immers een verzameling van de betrokken entiteiten waardoor brandverbruik en gereden kilometers door geografische locaties kan worden berekend.

De ritafhandeling binnen Plan&Go heeft als doel om planningen met elkaar te vergelijken. Deze functionaliteit kan worden teruggevonden binnen het OTM door ook weer gebruik te maken van 'Trip'. Een rit kan worden verteld naar een trip en zoals eerder beschreven is er sprake van een lifecycle functie binnen het model waardoor kan worden opgeslagen of een afgesproken planning is gerealiseerd of niet door de data te vergelijken binnen het OTM.

LISA slaat zelf geen data op, maar heeft wel de mogelijkheid om meerdere functionaliteiten van een TMS, zoals een transportopdracht aan te maken en te 'managen'. Deze opdrachten vallen onder een planning en deze kan weer worden gekoppeld aan de entiteit 'Trip'.

Activiteiten zoals laden en lossen die zowel via de boordcomputer aan LISA kunnen worden doorgegeven als door de chauffeur binnen LISA kunnen worden opgegeven, kunnen worden doorvertaald naar 'Events'.

Geografische locaties binnen LISA die door gebruikmaking van de boordcomputer of LISA zelf kunnen worden bepaald, kunnen worden gekoppeld aan de entiteit 'Location'.

Wanneer bovenstaande gegevens worden geanalyseerd en er wordt gekeken naar wat de basis is van het TMS en LISA, dan volgt de conclusie dat in de basis de kernfunctionaliteit het plannen van transportopdrachten is. Daarom omheen hangen uiteraard allemaal andere functionaliteiten, maar de basis bestaat uit het versturen van een bepaalde zending van A naar B. Deze functionaliteit kan zoals te zien in het voorgaande figuur worden teruggevonden binnen het Open Trip Model.

Er kan worden geconstateerd dat er veel data voor handen is dat tussen de verschillende softwareoplossingen van Centric wordt gedeeld. Uit het onderzoek blijkt dat dit type data ook kan worden gekoppeld aan het Open Trip Model en daardoor kan worden vastgesteld dat het mogelijk is om verschillende apparaten te koppelen aan dit datamodel.

Het bovenstaande zal niet alleen voor de onderzochte informatiesystemen van Centric gelden, het model is zo ingericht dat verschillende apparaten kunnen worden gekoppeld aan dit datamodel zodat op een vaste manier, in een bepaalde semantiek, informatie kan worden uitgewisseld. Door deze informatie op een eenduidige manier vast te leggen in het Open Trip Model kunnen aangesloten apparaten in dezelfde taal en modaliteiten informatie uitwisselen. Door daarbij de informatie uit te wisselen volgens het Paxos-algoritme is de informatie betrouwbaar en consistent.

4.4 Conclusie

Dit hoofdstuk beschrijft en analyseert de gevonden datastromen binnen het TMS Plan&Go, LISA en data uit boordcomputers. Concluderend kan worden gesteld dat componenten binnen de huidige informatiestromen kunnen worden gekoppeld aan het Open Trip Model, zij het onder een andere benaming. Niet geheel onlogisch aan het Open Trip Model ook bedoeld is om gekoppeld te worden aan meerdere databronnen en daarom rekening is gehouden met interoperabiliteit.

5 **CO2-FOOTPRINT OP BASIS VAN DE HUIDIGE DATA**

In dit hoofdstuk wordt er antwoord gegeven op de vraag in hoeverre de CO2-footprint van een product kan worden berekend op basis van de gegevens in de huidige datastromen. Om antwoord te geven op deze vraag moet eerst worden beantwoord hoe de CO2-footprint wordt berekend en wat er wordt verstaan onder een CO2-footprint.

Carbon Trust geeft de volgende definitie voor een CO2-footprint: "The total set of greenhouse gas emissions caused directly and indirectly by an [individual, event, organisation, product] expressed as CO2" (Carbon Trust, 2009). Vrij vertaald is een CO2-footprint het geheel aan emissies die vrijkomen, zowel indirect of direct door personen, organisaties of een product.

Er zijn meerdere methoden aanwezig om deze uitstoot te meten en meerdere systemen kunnen al op basis van voor- en nacalculatie aangeven wat de CO2-footprint van een vrachtwagen is door het gereden aantal kilometers en brandstofgebruik te combineren. Hierbij wordt er veelal gebruikgemaakt van kengetallen. Deze getallen geven de gemiddelde waardes op basis van reeds bestaande gegevens. Zo blijkt uit een studie in opdracht van Connekt, getiteld STREAM (Ottens, den Boer, & 't Hoen, 2017).

Er moet nog een belangrijke opmerking worden gemaakt over welke delen van het transport worden meegenomen in de berekening van de CO2. Zo zijn er ook methodes die uitgaan van nog meer factoren die bijdragen aan de CO2 uitstoot in de logistieke sector. Denk hierbij aan de brandstofwinning zelf van diesel en het vervoer van de boer tot aan de klant. Waarbij er rekening wordt gehouden met iedere vervoersbeweging. In dit onderzoek wordt er enkel gefocust op de CO2-footprint die kan worden gemeten zodra partijen in consensus met elkaar data gaan delen en bij die partijen horen op dit moment nog enkel de vervoerders en verladers. Er wordt onderzocht of het mogelijk is om de CO2-footprint op productniveau te berekenen op basis van de informatie die tussen deze partijen gedeeld kan worden middels het Open Trip Model.

Voor de berekening binnen dit onderzoek is uitgegaan van beschikbaar gestelde bronnen van Connekt. Deze organisatie bestaat uit meerdere internationale partners en heeft als doel om onder andere de logistiek te verduurzamen. Dit doen ze onder andere door het Lean & Green programma. Dat als doel heeft om de logistiek milieuvriendelijker te maken. Lean & Green schrijft zelf het volgende:

"Lean & Green is Europe's leading program for sustainable logistics. Het stimuleert organisaties om met elkaar te groeien naar een hoger duurzaamheidsniveau, door maatregelen te nemen die niet alleen kostenbesparingen opleveren, maar gelijktijdig milieubelasting reduceren én tot een efficiëntere inrichting van de bedrijfs-/logistieke processen leiden. Lean & Green wordt uitgevoerd door Connekt, het onafhankelijke netwerk voor smart, sustainable en social mobility and logistics" (Lean & Green, sd)

5.1 Berekening van een CO2-footprint

Lean & Green heeft een themawebsite opgezet met daarin een overzicht van de verschillende methodes om emissiefactoren te berekenen. Binnen dit onderzoek is gebruikgemaakt van deze informatie om te bepalen welke gegevens relevant zijn om de CO2-uitstoot te berekenen (Zicht op CO2, sd). Zo wordt aangegeven: "de emissies van koolstofdioxide (CO2) en zwaveldioxide (SO2) worden bepaald door het type en de hoeveelheid verbrande brandstof. Deze relatie is onafhankelijk van het voertuig of de motor waarin de brandstof wordt verbrand.

De reden hiervoor is dat de hoeveelheid CO2 wordt bepaald door de hoeveelheid koolstof (C) in de brandstof. Hetzelfde geldt voor SO2. Deze wordt bepaald door het zwavelgehalte (S) in de brandstof. Berekening van de CO2 en SO2-emissies op basis van het brandstofverbruik geeft een zeer nauwkeurig resultaat en geniet altijd de voorkeur" (Zicht op CO2, sd).

Die informatie geeft aanleiding om uit de huidige datastromen minimaal het brandverbruik te weten te komen. Op basis van de gereden kilometers kan door gebruikmaking van de gemiddelde transportprestatie ook de CO₂-uitstoot worden berekend, maar dat is minder nauwkeurig omdat er uit wordt gegaan van gemiddeldes in de vorm van kengetallen uit eerdere onderzoeken die zijn uitgevoerd over meerdere voertuigen in een tijdspanne van meerdere jaren. Het is daarom relevant om zo betrouwbaar mogelijk het brandstofgebruik te weten te komen en niet uit te gaan van kengetallen die gebaseerd zijn op de gemiddelde brandstofprestatie per kilometer.

Figuur 5.1 Benodigde data om de CO₂-footprint te berekenen

In onderstaand figuur wordt weergegeven welke gegevens relevant zijn om de koolstofdioxide-uitstoot te meten

Emissie	Minimaal nodig	Nodig voor nauwkeurige emissieberekening
CO ₂ /SO ₂	Bij voorkeur liters en type brandstof, anders voertuigkilometers.	Bij voorkeur liters en type brandstof, anders: - voertuigkilometers per voertuigtype; - benuttingsgraad per voertuigtype.
NO _x /PM10	- voertuigkilometers.	- voertuigkilometers per voertuigtype; - benuttingsgraad per voertuigtype.

Bron: Zicht op CO₂ (sd)

Zoals in het figuur is getoond kan ook op basis van alleen het brandstofgebruik en het type brandstof, de CO₂-uitstoot worden berekend. Samen met de emissiefactor (deze is bekend omdat per liter brandstof kan worden bepaald wat de uitstoot is in CO₂) kan daarmee de uitstoot worden berekend. De emissiefactoren kunnen worden berekend per type motor en voertuig. Onder andere CE Delft heeft hier onderzoek naar gedaan en deze waarden van emissiefactoren gepubliceerd (Otten, den Boer, & 't Hoen, 2017). Van dit soort publicaties kan gebruikt worden gemaakt wanneer er over het voertuig minder informatie beschikbaar is. Meer informatie over het voertuig zoals het type motor, het bouwjaar en type voertuig zorgen ervoor dat hier niet altijd gebruik van hoeft te worden gemaakt aangezien hier de CO₂-uitstoot in KG per liter veelal is vastgelegd.

Naast deze bron is er onderzoek gedaan naar andere methoden van de berekening van de CO₂-uitstoot. De variatie in de aanpak zat hem in het feit dat veel methodes gebruikmaken van kengetallen en het aantal gereden kilometers. Het kan nauwkeurig worden gemaakt wanneer kenbaar is hoeveel liters brandstof er tijdens het vervoer zijn verbruikt.

De methode die op de themawebsite staat van Connekt kan ook worden teruggevonden bij andere bronnen. Zo kan er op de website van EDF + Business ongeveer hetzelfde model terugvinden. Hier spreekt men over de begrippen 'distance', 'weight' en de 'emission factor' (Mathers, 2015). Bij bepaalde motoren is bekend wat de emissiefactor is per kilometer. Hiermee wordt bedoeld wat het aantal CO₂ is in KG per verbranding van een liter brandstof. Wanneer je dit combineert met de 'weight' van het transport en de 'distance', oftewel het gewicht en het aantal afgelegde kilometers, kan er iets worden gezegd over de totale CO₂-uitstoot van een bepaald transport.

Onlangs heeft Connekt in samenwerking met Topsector Logistiek een nieuwe analysetool ontwikkelt waarbij met de ladinggegevens, vertrek- en aankomstadres (postcode) en brandstofverbruik de CO₂-footprint kan worden berekend (Stad, 2018). Dit bevestigt de gedachte dat op basis van gereden kilometers, de benuttingsgraad (door middel van de ladingsgegevens) en het verbruik de CO₂-footprint kan worden berekend. Er wordt in deze bron echter niet gesproken over de CO₂-uitstoot per product. Wanneer op productniveau de uitstoot bekend moet zijn, betekent het dat er een manier moet zijn waarbij kan worden vastgesteld wat het brandverbruik is geweest gedurende de rit dat een bepaald product werd vervoerd en wanneer deze wordt afgeleverd.

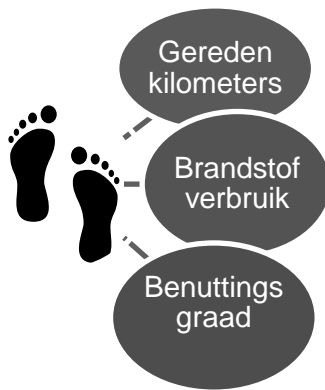
Een rit kan namelijk bestaan uit een verscheidenheid aan producten van verschillende transportopdrachten en van verschillende opdrachtgevers. Producten kunnen gezamenlijk worden vervoerd en worden overgeslagen op een gegeven moment waarbij ze weer met een andere vervoerder worden getransporteerd. Het is daarom relevant om te weten hoeveel kilometer een bepaald product wordt vervoerd en wat daarbij het verbruik is geweest. Dit is nodig op productniveau de CO₂-uitstoot te kunnen berekenen.

5.2 CO₂-footprint op de blockchain middels het OTM

Dit heeft geleid tot de volgende componenten die noodzakelijk zijn om te voldoen aan deze informatiebehoefte:

Figuur 5.1 Benodigde componenten voor een CO₂-footprint per product

In onderstaand figuur zijn de vereiste onderdelen weergegeven die noodzakelijk zijn om op productniveau de CO₂-footprint te berekenen



Gereden kilometers

Informatie betreffende het aantal gereden kilometer kan zoals onderzocht en beschreven in het voorgaande hoofdstuk worden teruggevonden in een TMS zoals Plan&Go, in LISA en ook vrachtwagens kunnen door middel van een boordcomputer deze data aanleveren. Wanneer realtime deze informatie moet worden opgevraagd, is het wenselijk dat dit direct uit de boordcomputer komt omdat deze direct de laatste informatie geeft betreffende de kilometerstand of de geografische positie kan doorgeven. Dat is echter afhankelijk van het vervoersmiddel. Zo kunnen bepaalde vrachtwagen dit type data (nog) niet delen met boordcomputers vanwege het merk of type en de leeftijd van het voertuig (Squarell, sd).

Brandstofverbruik

Het brandstofverbruik kan realtime worden weergegeven door de boordcomputer is daarmee relevant voor de informatiebehoefte. Op basis van voor- en nacalculatie kan deze informatie ook worden aangetroffen binnen het TMS van Centric, maar dat is minder wenselijk aangezien dit niet realtime kan worden weergegeven en hierdoor niet op productniveau het brandstofverbruik kan worden berekend. Dit omdat na een tankbeurt de gereden kilometers en getankte liters worden doorgegeven aan het TMS en hierdoor is het verbruik niet te koppelen aan een product tijdens een bepaald transport.

Benuttingsgraad

Op basis van de benuttingsgraad kan worden berekend in hoeverre een bepaald product deel heeft genomen aan een bepaalde CO₂-uitstoot. Hierbij wordt uitgegaan van het gewicht van het product. Een vrachtwagen zal immers meer brandstof moeten verbranden wanneer deze zwaarder is beladen. Dat betekent dat op productniveau procentueel moeten worden aangetoond in hoeverre deze op dat moment deel uitmaakt van de totale belading en daarmee deel uitmaakt van de totale uitstoot aan CO₂.

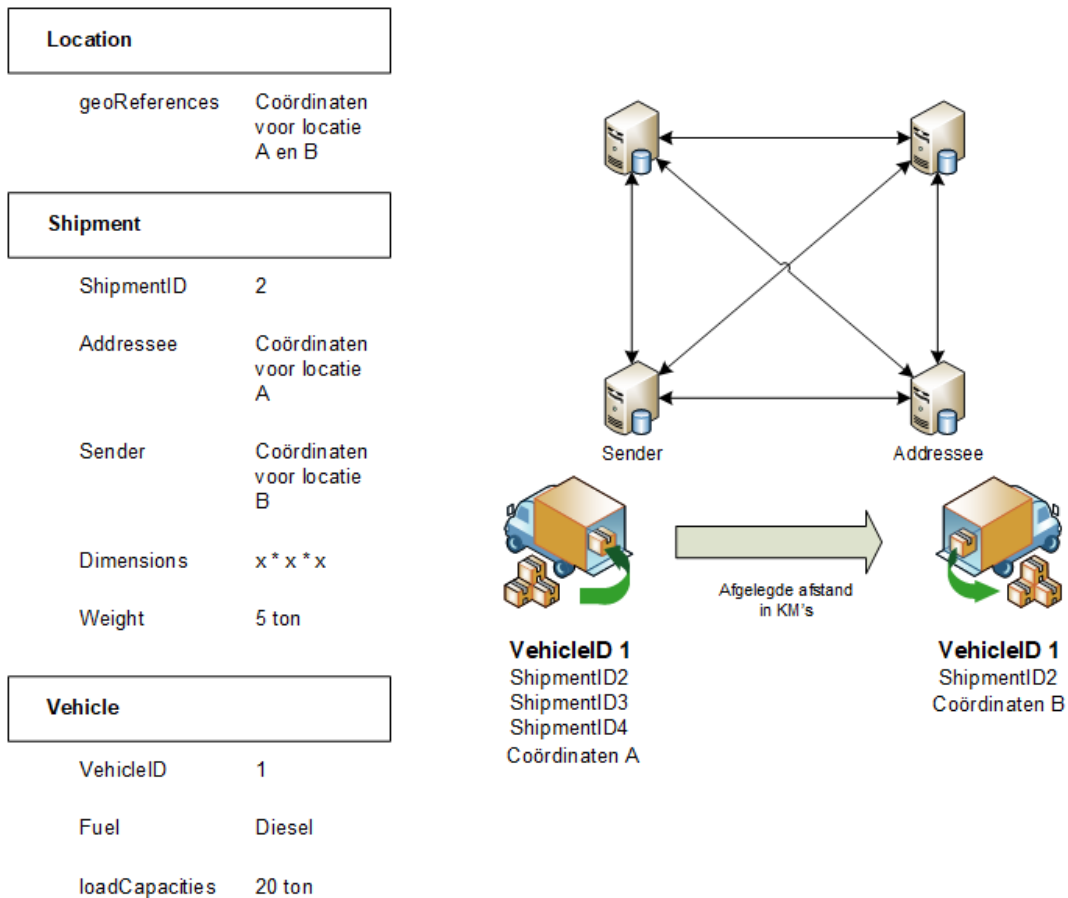
Dit betekent dat een product een bepaald gewicht mee moeten krijgen binnen een database en dat er een conversie moet kunnen plaatsvinden tussen verschillende eenheden. Zo kunnen verschillende databases producten in meerdere eenheden communiceren. Dat betekent dat er een correcte vertaling moet zijn van bijvoorbeeld het volume van een product naar het equivalent in kilogram om van verschillende producten in verschillende eenheden, de benuttingsgraad te berekenen.

In voorgaande hoofdstukken is vastgesteld dat het mogelijk is om op basis van de huidige datastromen een CO2-footprint vast te stellen op productniveau. In het volgende gedeelte wordt met gebruikmaking van het Open Trip Model het voorstel van hoe dit kan worden berekend, toegelicht aan de hand van een voorbeeld. In het voorbeeld zijn drie entiteiten uit het Open Trip Model opgenomen waaraan waarden zijn gehangen. Zoals reeds beschreven kunnen deze waarden door verschillende netwerken en apparaten worden gevoed door hoe het model is opgezet.

Bij 'Location' zijn coördinaten opgegeven voor twee locaties. Deze locaties kunnen door middel van geoposities worden vastgelegd in het model. Locatie A is het adres van de start van het transport. De afzender vervoert in dit voorbeeld een 'shipment' met het ID '2' samen met nog andere shipments. Deze wordt afgeleverd op locatie B, de geadresseerde. Zoals te zien in het figuur heeft shipment ID 2 een gewicht van 5 KG en wordt deze over een bepaalde afstand in kilometers vervoerd in een vrachtwagen met een maximale laadcapaciteit van 20 ton.

Figuur 5.2 Voorbeeld van een CO2-footprint gedurende een transportopdracht

In onderstaand figuur is visueel weergegeven hoe de CO2-footprint van een product kan worden berekend met gebruikmaking van het Open Trip Model op de blockchain



Voorgaand figuur vraagt nog enige toelichting. Wanneer op productniveau de CO2-footprint moet worden berekend, dan moeten drie vragen worden beantwoord, namelijk:

- 1) Het aantal gereden kilometers van locatie A naar B;
- 2) Brandstofverbruik van de totale rit;
- 3) Benuttingsgraad van het product gedurende de rit.

1) Door de coördinaten te gebruiken van locatie A naar B kan worden berekend hoeveel kilometers de vrachtwagen heeft gereden. Dit zou ook uit de kilometerteller van de vrachtwagen kunnen worden afgeleid, maar we gaan in dit voorbeeld ervan uit dat dit wordt bepaald aan de hand van de geografische locatie. Daarmee is de eerste vraag beantwoord.

2) Vervolgens luidt de vraag wat het brandstofgebruik is geweest gedurende de rit. Wanneer we uitgaan van de data uit de boordcomputer dan kan de boordcomputer aangeven wat het brandstofniveau is ten tijde van locatie A en bij het afleveren op locatie B.

3) De derde en laatste vraag kan worden beantwoord door te berekenen in hoeverre 'Shipment met ID-kenmerk 2' heeft deelgenomen aan het totaal laadgewicht van de container. Wanneer het transport zo is gepland dat ShipmentID2 als laatste is afgeleverd met daarbij nog 2 andere ShipmentID's, ieder met een gewicht van 7,5 ton, dan is het transport volledig gevuld geweest met in totaal een gewicht van 20 ton (tabel in de afbeelding geeft aan dat het maximale laadgewicht 20 ton is). Dan kan worden berekend in procenten wat de benuttingsgraad is geweest van het transport en aan welke hoeveelheid CO2-uitstoot het product (met ShipmentID 2) schuldig is.

Gegevens betreffende de locaties van voertuigen, zendingen en het brandstofverbruik kunnen door de logistieke partners middels het Paxos-algoritme worden gedeeld. Iedere betrokken partij noteert deze gegevens in zijn eigen database waardoor voor iedereen transparant is waarop de CO2-berekening is gebaseerd. Het is immers bekend waar een bepaalde vrachtwagen met een bepaald product is geweest en hoeveel brandstof daarbij is verbruikt. Door vervolgens berekeningen over deze gegevens uit te voeren, kan op productniveau de CO2-footprint op productniveau worden berekend zoals geïllustreerd in het voorgaande voorbeeld.

Deze gegevens zijn 'immutable' en daarmee niet meer achteraf te manipuleren door de noodzaak van een meerderheid om deze besluitvormingen aan te passen. Zoals beschreven in het hoofdstuk betreffende blockchain-technologie is minimaal een meerderheid nodig om een besluit aan te kunnen passen door het principe van Byzantine Fault Tolerant. Daarmee zijn de gegevens betrouwbaar en eenmaal genoteerd door iedere partij binnen die besluitvorming, onomkeerbaar.

5.3 Conclusie

Dit hoofdstuk heeft de laatste deelvraag beantwoord, namelijk of met de beschikbare data de CO2-footprint op productniveau kan worden berekend. Uit het onderzoek is voortgekomen dat om de CO2-footprint op productniveau te berekenen het aantal kilometers bekend moet zijn die het betreffende product heeft afgelegd, samen met het brandstofverbruik en de benuttingsgraad van het product in relatie tot het maximale laadvermogen van het transport en de andere transportopdrachten.

6 **BUSINESS CASE**

Uit het onderzoek wat is uitgewerkt in de voorgaande hoofdstukken, is geconcludeerd dat datadeling door middel van blockchaintechnologie op basis van het Paxos-algoritme mogelijk is. Voor de verdere optimalisatie van transopdrachten is datadeling belangrijk tussen de verschillende logistieke partijen in de gehele sector. Door hier een op Paxos gebaseerde blockchain te implementeren is het mogelijk dat transportmiddelen en vervoersbewegingen efficiënter worden ingezet waardoor de CO2-uitstoot ook zal verminderen. Een artikel uit 2016 wat is gepubliceerd in PwC, spreekt over een mogelijke kostenbesparing van 100 tot 300 miljard voor de logistieke sector in Europa in de toekomst wanneer er meer wordt samengewerkt tussen verschillende partijen (Tipping & Kauschke, 2016). Deze samenwerking wordt onder andere mogelijk gemaakt door verregaande datadeling ondersteund door verdere informatisering van bijvoorbeeld blockchain-technologie.

Aangezien de implementatie van deze technologie een 'state of the art' onderwerp is, zijn de kosten en baten vrijwel enkel kwalitatief uit te drukken en kunnen er enkel grove schattingen gegeven worden voor de totale kosten en baten van een oplossing die middels blockchain-technologie datadeling tussen vervoerders en verladers mogelijk maakt. Dit omdat er geen accurate schatting kan worden gemaakt wat de baten gaan zijn wanneer een derde partij wegvalt binnen het gehele proces. Door een geheel nieuwe benadering van datadeling en het gebruik hiervan, ontstaan er nieuwe situaties waarbij er nieuwe kosten en baten kunnen ontstaan die vooraf niet zijn in te schatten. Dit in tegenstelling tot de vervanging van traditionele software met traditionele software waar vooraf een realistische schatting over de kosten en baten kan worden gemaakt.

Deze business case zal daarom een kwalitatieve benadering hanteren. Waardoor mede op basis van de uitkomsten van het voorgaande onderzoek, beslissingen kunnen worden genomen over de eventuele implementatie van een oplossing die datadeling tussen verschillende logistieke partners mogelijk maakt en waardoor zaken zoals CO2-uitstoot kunnen worden berekend.

6.1 Baten

Bewustwording onder vervoerders en verladers ontwikkelen

Deze applicatie kan bewustwording creëren onder vervoerders en consumenten doordat transparant en betrouwbaar kan worden aangetoond in welke mate een vervoerd product heeft bijgedragen aan de CO2-uitstoot. Dit kan leiden tot CO2-reductie doordat partijen keuzes maken op basis van de CO2-uitstoot. Zo kan een verlader ervoor kiezen om een vervoerder te gebruiken die bekend staat om een lagere CO2-uitstoot.

Verhoging betrouwbaarheid van data

Door het Paxos-algoritme worden de gegevens afzonderlijk door iedere logistieke partner opgeslagen. Door het algoritme kunnen partijen elkaar controleren en zijn de gegevens consistent. Logistieke partners kunnen ervan uit gaan dat hierdoor gegevens die gedeeld zijn middels de blockchain betrouwbaar zijn waardoor de noodzaak vervalt van een derde partij. Door het decentrale karakter waarin data wordt opgeslagen, is er geen 'single point of failure' wat bij een traditioneel netwerk het geval kan zijn wanneer er op een enkel punt data wordt opgeslagen in een netwerk.

Verlaging van transactiekosten en toename in efficiëntie

Dit hangt nauw samen met voorgaande uitleg. Doordat gegevens middels blockchain-technologie zijn opgeslagen verdwijnt de noodzaak voor een derde partij voor het beheer van deze gegevens. Dit kan leiden tot minder transacties en papierwerk. Er zullen immers minder gegevens moeten worden opgevraagd bij andere partijen omdat deze informatie al in het blockchain-netwerk aanwezig zijn waarvan is vastgesteld dat deze door het Paxos-algoritme integer zijn. Al deze gegevens op het netwerk zijn in gezamenlijkheid tot stand gekomen. Hierdoor is het mogelijk dat minder netwerken moeten worden benaderd om aan de gevraagde gegevens te komen.

6.2 Kosten

Ontwikkelkosten

Het ontwikkelen van blockchain-technologie op basis van het Paxos-algoritme vereist het werk van meerdere programmeurs. Doordat het nog relatief nieuwe technologie is waarbij voortdurend optimalisaties worden aangebracht, worden er naast de ontwikkeling van de blockchain ook nog voortdurend ontwikkelingen en verbeteringen aangebracht. In de financiële sector zijn ook een aantal blockchain-projecten gestart en de verwachting is dat deze technologie in 3-5 jaar volwassen genoeg is (Di Gregorio, 2017).

Investerings

Naast de software die er voor dit type netwerk nodig is, moet er worden geïnvesteerd in de hardware om deze nodes te draaien. Dat betekent dat elke logistieke partij een server nodig zal hebben. Dit kan ook in de cloud, maar dat hangt af van de snelheid die wordt ondersteunt door dit soort diensten en in hoeverre de mogelijkheid bestaat om dit type transacties via clouddiensten te laten verlopen. Deze servers zullen over voldoende rekenkracht en opslagcapaciteit moeten beschikken om de transacties te kunnen valideren en op te slaan in de eigen database.

Daarnaast zal er moeten worden geïnvesteerd in standaardisatie. Het Open Trip Model is gepositioneerd in de markt als model waaraan verschillende netwerken en dus verschillende logistieke partijen en apparaten, kunnen deelnemen. Om een grotere markt aan te boren, is het nodig om dit model door meerdere partijen te laten gebruiken waardoor onderling data kan worden gedeeld. Dit vraagt investeringen om dit model verder te laten ontwikkelen en te verspreiden. Deze ontwikkelingen zijn nodig om aan meerdere standaarden te kunnen voldoen en voor verdere ontwikkeling om daardoor een grotere markt aan te spreken. Met als gevolg dat er potentieel meer inkomsten zijn.

6.3 Risico's

'Adoption rate'

Het succes van een applicatie op de blockchain is afhankelijk van hoeveel partijen er gebruik van gaan maken. Meer aangesloten partijen leidt tot meer gedeelde data over de CO2-uitstoot per product met daaraan gekoppeld de vervoerder. Hierdoor is het mogelijk dat verladers en vervoerders bewustere keuzes gaan maken op basis van deze transportprestaties. De mate waarin logistieke partijen in Nederland gebruik gaan maken van deze oplossing bepaalt het succes van deze applicatie en is afhankelijk van deze partijen. Zo kunnen partijen ervoor kiezen om een eigen oplossing te ontwikkelen of hebben de partijen er geen belang bij om de vervoersprestaties met andere partijen te delen. Het is daarom belangrijk dat een eventuele applicaties voldoet aan de huidige transportstandaarden en met zo veel mogelijk netwerken gekoppeld kan worden door de nadruk op interoperabiliteit.

7 **EINDCONCLUSIE(S)**

Dit onderzoek komt voort uit de vraag of op basis van blockchain-technologie datadeling tussen logistieke partijen mogelijk is. Uit de introductie blijkt dat datadeling geen vanzelfsprekendheid is tussen logistieke partijen doordat informatie een bepaalde waarde vertegenwoordigt, maar dat potentieel transporten kunnen worden verduurzaamd wanneer er toch informatie tussen systemen wordt gedeeld. Door een toename in efficiëntie bij de inzet van vervoersbewegingen kan ook de CO2-footprint worden verlaagd. Daarbij is de betrouwbaarheid van deze data, de totstandkoming van deze informatie en de opslag daarvan, belangrijk.

De eerste vraag in het onderzoek richt zich op de vaststelling van de meerwaarde van deze technologie op basis van het Paxos-algoritme. Daaruit blijkt dat dit algoritme geschikt is voor datadeling tussen logistieke partijen doordat de informatie transparant is, betrouwbaar en decentraal door de verschillende betrokken partijen kan worden opgeslagen. Waardoor iedereen eigenaar is van zijn eigen data en elkaar onderling kan controleren.

Vervolgens is vastgesteld dat op basis van het Open Trip Model data op een uniforme manier kan worden gedeeld tussen de verladers en vervoerders door de nadruk op interoperabiliteit tussen verschillende netwerken. Daarna is de logistieke software van Centric onderzocht als usecase om te bepalen welke datastromen in de logistieke sector gevonden kunnen worden en deze zijn vervolgens gekoppeld aan het Open Trip Model.

Uit dit onderzoek blijkt dat er veel datastromen aanwezig zijn die een datamodel zoals het OTM kunnen vullen met informatie. Daarna is vastgesteld dat op basis van de huidige datastromen een CO2-footprint kan worden berekend op productniveau. Uit het onderzoek is voortgekomen dat om de CO2-footprint op productniveau te berekenen het aantal kilometers bekend moet zijn die het betreffende product heeft afgelegd, samen met het brandstofverbruik en de benuttingsgraad van het product in relatie tot het maximale laadvermogen van het transport en de andere transportopdrachten.

8 **AANBEVELINGEN**

Het onderzoek naar het Paxos-algoritme laat zien dat datadeling tussen logistieke partijen een mogelijkheid is. Vervolgens moet de standaard waarin data wordt gedeeld, worden bepaald. In dit onderzoek is ervoor gekozen om het Open Trip Model te onderzoeken. Daaruit blijkt dat dit model geschikt is om gebruikt te worden als een standaard. Een vervolgonderzoek zou zich kunnen richten op de mogelijke 'adoptie' van deze standaard waarbij wordt onderzocht in hoeverre partijen gebruik willen maken van deze standaard.

Wanneer ervoor wordt gekozen om daadwerkelijk een applicatie te bouwen middels blockchain-technologie dan zal ook moeten onderzocht welke rekenmethode wordt gebruikt om de CO₂-uitstoot te berekenen. Binnen dit onderzoek is er geen aandacht besteed aan de exacte calculatie van deze CO₂-footprint. Er is enkel vastgesteld welke datastromen nodig zijn om een CO₂-footprint te berekenen. Dit zou in een vervolgonderzoek kunnen worden onderzocht. Waarbij tevens een onderzoek wordt gestart naar de totstandkoming van de emissiefactoren die voor bepaalde motoren gelden, gevolgd door een onderzoek in hoeverre standaardisatie hiervoor mogelijk is.

Wanneer de informatie over het voertuig wordt verrijkt met informatie over bijvoorbeeld de motor en het bouwjaar, kan er naast de CO₂-uitstoot ook de uitstoot van fijnstoffen worden berekend. Mocht hier ook vraag naar zijn, dan zou het interessant zijn om dit naast de CO₂-footprint ook mee te nemen in de applicatie.

Een opmerking moet ook worden geplaatst bij de brandstofmeter. Door het gebruik van sensoren in de brandstoftank is er wel sprake van een bepaalde afwijking. Wanneer je afgaat op de kilometerteller en het moment van tanken, kom je op een betrouwbaarder resultaat uit. Door bij te houden hoeveel liter is er is getankt bij een bepaalde kilometerstand, kan het brandstofverbruik namelijk accuraat achteraf worden berekend. Echter is dat laatste niet wenselijk wanneer er realtime brandverbruik gewenst wordt voor de berekening.

VALIDATIE EN DISCUSSIE

Het doel van dit onderzoek is om te bepalen of op basis van blockchain-technologie data tussen logistieke partijen op een betrouwbare manier kan worden gedeeld. Dit heeft als hoofddoel om datadeling tussen deze partijen te bevorderen waardoor potentieel een efficiëntere inzet van transportmiddelen kan worden gerealiseerd wat kan resulteren in een lagere CO2-footprint.

Om deze vraag te kunnen beantwoorden is blockchain-technologie op basis van het Paxos-algoritme onderzocht. Dit is op basis van de bestudering van de werken van Leslie Lamport gedaan en kan daarom een 'deskresearch' worden genoemd. De bevindingen zijn regelmatig besproken met de heer Van Lier om de resultaten en gedachtes te blijven toetsen.

Vervolgens is onderzocht of het Open Trip Model als standaard datamodel kan dienen om berichtenverkeer op een vastgestelde manier tussen logistieke partijen mogelijk te maken. Gezien de geringe informatie betreffende dit model is de website van het model en de API onderzocht. Ook zijn er verschillende gesprekken gevoerd met de stakeholders en met de organisatie TLN voor meer informatie over dit model.

Nadat is vastgesteld dat het Open Trip Model een standaard kan zijn voor datadeling, moesten er logistieke datastromen in kaart worden gebracht om te kunnen bepalen of op basis van dat berichtenverkeer een CO2-footprint kan worden berekend. Voor de beantwoording van die vraag is er 'field research' gedaan in de vorm van bezoeken en gesprekken met mensen in de logistieke sector van Centric. De gevonden resultaten betreffende de benodigde data om een CO2-footprint op productniveau te kunnen bereiken, zijn besproken met de stakeholders en met EvoFenedex om waar nodig bij te stellen en te beargumenteren.

Aangezien in de basis een transportopdracht tussen verschillende systemen overeen zal komen, zal onderzoek bij andere logistieke partijen geen totaal andere uitkomst geven en daarom is dit gedeelte uit het onderzoek een geschikte usecase geweest om te bepalen of datadeling op basis van het Paxos-algoritme mogelijk is.

REFLECTIE

Blockchain-technologie heeft veel usecases en zal naar verwachting ook voor veel veranderingen zorgen in meerdere sectoren van de samenleving. Ik vond het daarom interessant om mij bezig te houden met dit onderwerp en om er zelf ook meer over te leren.

De eerste weken heb ik mij vooral beziggehouden met de theorie betreffende blockchain-technologie op basis van het Paxos-algoritme. Hoe meer ik hier over las, hoe meer ik begon te begrijpen hoe dit algoritme werkt. Er ontstonden echter ook steeds meer vragen die hebben geleid tot nog meer onderzoek en discussies.

Wat ik lastig vond tijdens het schrijven was om de theorie betreffende de technologie, behapbaar en concreet te beschrijven. Vervolgens wat het de uitdaging om deze theorie ook weer toe te passen op een usecase. Namelijk of op basis van de gevonden datastromen datadeling middels het Paxos-algoritme mogelijk is. Om vervolgens te onderzoeken of de CO2-footprint per product kan worden berekend met de aanwezige datastromen. Dit maakte de opdracht uitdagend omdat de theorie al vrij complex is en het vraagstuk ook niet eenvoudig is te beantwoorden. Ik hoop in ieder geval dat de scriptie voldoende informatie bevat die voor de organisatie waardevol is in de voortgang van het verdere project met de stakeholders.

LITERATUURLIJST

- Bakker, J. (2016). *Blockchain technology, an exploratory case study to identify the underlying principles and to determine the corresponding capabilities*.
- Beter Benutten. (sd). *ITS OpenTripModel – De taal van data delen in de logistieke sector*.
Opgeroepen op 6 mei 2018, van Platform Beter Benutten:
<https://www.beterbenutten.nl/supermarktlogistiek>
- Carbon Trust. (2009). *What is a carbon footprint?* Opgeroepen op 15 april 2018, van Carbon Trust:
https://web.archive.org/web/20090511102744/http://www.carbontrust.co.uk/solutions/CarbonFootprinting/what_is_a_carbon_footprint.htm
- CoinMarketCap. (sd). *CoinMarketCap*. Opgeroepen op 17 mei 2018, van
<https://coinmarketcap.com>
- Di Gregorio, M. (2017). *Blockchain: A new tool to cut costs*. PwC Middle East . Opgeroepen op 2 juni 2018, van <https://www.pwc.com/m1/en/media-centre/2017/articles/max-di-gregorio-me-insurance-review-feb2017.pdf>
- Heijden, T. v. (2017, December 15). *Simacan*. Opgeroepen op 14 maart 2018, van Simacan:
<https://www.simacan.com/2017/12/15/simacan-draagt-open-trip-model-over-aan-sector/>
- Kolkhuis Tanke, R., Van Lier, B., Schuts, M., & De Waard-Pels, Y. (2012). *Onderzoeksrapport en actieprogramma werkgroep - Reverse Logistics*.
- Lamport, L. (1978). Time, Clocks and the Ordering of Events in a Distributed System. *Communications of the ACM*, 21(7), 558-565.
- Lamport, L. (1998). The Part-Time Parliament. *ACM Transactions on Computer Systems*, 16(2), 133-169.
- Lamport, L. (2001). Paxos Made Simple. *ACM SIGACT News (Distributed Computing Column)*, 32(4), 51-58.
- Lamport, L., Pease, M., & Shostak, R. (1982). The Byzantine Generals Problem. *ACM Transactions on Programming Languages and Systems* , 4(3), 382-401.
- Lean & Green. (sd). *Lean & Green Programma*. Opgeroepen op 20 mei 2018, van Lean & Green:
<http://www.lean-green.nl/over-lg/>
- LISA. (sd). *LISA, de logistieke app; voor chauffeurs en charters*. Opgeroepen op 2 maart 2018, van LISA: <https://lisa.centric.eu/>
- Mathers, J. (2015, Maart 24). *Green Freight Math: How to Calculate Emissions for a Truck Move*.
Opgeroepen op 2 juni 2018, van EDF + Business:
<http://business.edf.org/blog/2015/03/24/green-freight-math-how-to-calculate-emissions-for-a-truck-move>
- Nakamoto, S. (2008). *Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System*.
- Open Trip Model. (sd). *Open Trip Model API specification*. Opgeroepen op 20 mei 2018, van Open Trip Model: <https://developer.opentripmodel.org/#>

- Otten, M., den Boer, E., & 't Hoen, M. (2017). *STREAM Goederenvervoer 2016, Emissies van modaliteiten in het goederenvervoer – Versie 2*. CE Delft.
- Romonesco, P. (2017). *Blockchain; Toekomstmuziek voor het Rijksvastgoedbedrijf?* .
- Squarell. (sd). *Squarell*. Opgeroepen op 6 mei 2018, van Squarell:
<https://squarell.com/nl/producten/>
- Stad, H. (2017, November 16). *Simacan stelt datamodel open voor hele transportsector*. Opgeroepen op 9 maart 2018, van Logistiek:
<https://www.logistiek.nl/ketensamenwerking/nieuws/2017/11/simacan-stelt-datamodel-open-voor-hele-transportsector-101160282>
- Stad, H. (2018, Mei 3). *Hoe groot is de CO2 component in een transportopdracht?* Opgeroepen op 2 juni 2018, van Logistiek:
<https://www.logistiek.nl/ketensamenwerking/artikel/2018/05/163391-101163391>
- Tipping, A., & Kauschke, P. (2016). *Shifting patterns: the future of the logistics industry*. PwC.
- Topsector Logistiek. (sd). Opgeroepen op 18 februari 2018, van Ambitie:
<https://www.topsectorlogistiek.nl/ambitie/>
- Weerd, P. d. (2018, Maart 27). *Meldplicht voor uitstoot en verbruik vrachtwagens in de maak*. Opgeroepen op 28 maart 2018, van Logistiek:
<https://www.logistiek.nl/distributie/nieuws/2018/03/meldplicht-voor-uitstoot-en-verbruik-vrachtwagens-de-maak-101162909>
- Zicht op CO2. (sd). (Connekt) Opgeroepen op 23 maart 2018, van Connekt Lean & Green:
<http://www.emissieberekenen.nl>

BIJLAGE

I. Documentatie Squarell – Data uit boordcomputer

Bijlage I. Documentatie Squarell – Data uit boordcomputer

7. RS232 Protocol

The *FLEX* sends various data by RS232. This data contains the FMS parameters but also Squarell calculated parameters that can help you analyze the vehicle performance and improve it.

7.1 Parameters/Functions Overview

Various data is sent by RS232. Below is a table with a selection of parameters that are sent by RS232 by the *FLEX*.

Speed & Cruise <ul style="list-style-type: none"> • Speed • Odometer • Cruise control active • Over speeding • Cruise time 	Harsh Driving <ul style="list-style-type: none"> • Accelerator pedal position • Excessive acceleration 	Engine <ul style="list-style-type: none"> • RPM • Engine hours • Engine coolant temperature • Actual engine torque • Turbo pressure • Idle analysis
Tachograph info <ul style="list-style-type: none"> • Tachograph work status • Tachograph speed • Tachograph performance • Tachograph handling • Tachograph event status • Driver ID 	Brake analysis <ul style="list-style-type: none"> • Brake switch • Brake applications • Harsh brake indicators 	Power Take Off analysis <ul style="list-style-type: none"> • PTO status • Fuel used during PTO active • PTO duration
Fuel analysis <ul style="list-style-type: none"> • Total fuel used • Fuel level • Actual fuel consumption • Fuel used during idle 	Clutch & gear <ul style="list-style-type: none"> • Clutch switch • Clutch applications • Over revving • Kickdown switch 	Others <ul style="list-style-type: none"> • Service distance • Axle weight • Vehicle ID • Driving time

- Standard FMS item
- Special Squarell item

Important:

Not all parameters from the list may be available. This depends on the brand, model, year and configuration of the vehicle.

14

No.	Parameter	Description	Unit	Signification
1	Odometer	Total vehicle distance	km	1/200
2	Total fuel (*1)	Total fuel used (TFU)	liter	1/2
3	Engine hours	Total engine hours	hour	1/20
4	Actual speed	Actual vehicle speed	km/h	1/10
5	Actual engine speed	Actual engine speed	RPM	1/8
6	Actual engine torque	Actual engine torque	%	1
7	Kick down switch	State of the kick down switch	0= no 1=yes	1
8	Accelerator pedal position	Position of the accelerator pedal	%	4/10
9	Brake switch	State of the brake switch	0= no 1=yes	1
10	Clutch switch	State of the clutch switch	0= no 1=yes	1
11	Cruise active	State of the cruise control	0= no 1=yes	1
12	PTO active *2	State of the PTO	see (*2)	1
13	Fuel level	Percentage fuel level	%	4/10
14	Engine temperature	Coolant temperature of the engine	Celsius	1
15	Turbo pressure	Turbo pressure of the engine	bar	1/50
16	Axle weight 0	Weight of the steering axle of the vehicle	kg	1/2
17	Axle weight 1	Weight of the first axle of the vehicle	kg	1/2
18	Axle weight 2	Weight of the second axle of the vehicle	kg	1/2
19	Axle weight 3	Weight of the third axle of the vehicle	kg	1/2
20	Service distance	Distance to drive until next service	km	1/10

As you can see from the example Data string:

Parameter 1 is Odometer and has a value of 4061.025 km

Parameter 2 is Total Fuel and has a value of 4029 Liter

Parameter 3 is Engine Hours and has a value of 97.45 hours

In this example \$FMS4 is also sent every 5 seconds and \$FMS3 is sent every 30 seconds.