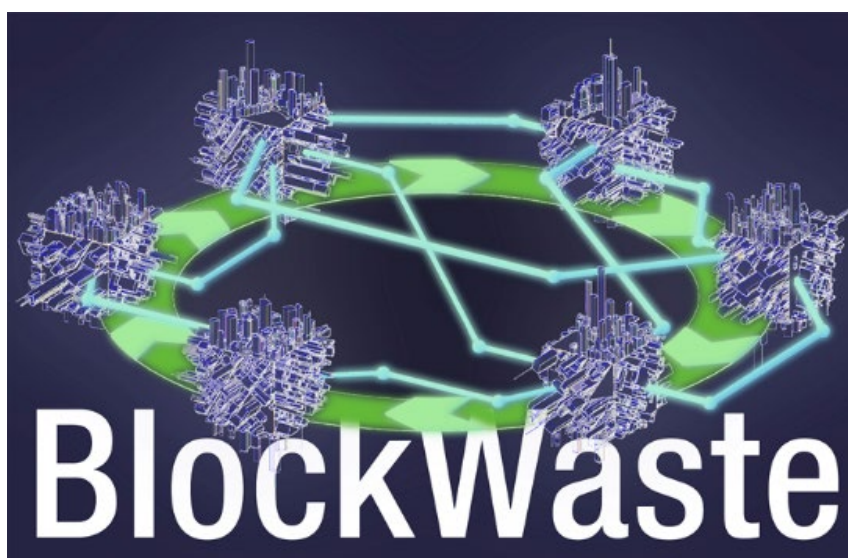


## O1.A2.2 Blockchaintoepassingen voor afvalbeheer

*Analyse van Blockchain-gebruiksgevallen in afvalbeheer en algemene richtsnoeren voor het starten van Blockchain-projecten*



### [Disclaimer](#)

Dit project is gefinancierd met steun van de Europese Commissie. Deze publicatie geeft uitsluitend de mening van de auteurs weer en de Commissie kan niet verantwoordelijk worden gesteld voor het gebruik van de informatie die erin is vervat.



Co-funded by the  
Erasmus+ Programme  
of the European Union

## Output factsheet:

<b>Financieringsprogramma</b>	Erasmus+ programma van de Europese Unie
<b>Financiering NA</b>	EL01 Stichting Griekse Staatsbeurs (IKY)
<b>Volledige titel van het project</b>	Innovatieve opleiding op basis van Blockchain-technologie toegepast op afvalbeheer - BLOCKWASTE
<b>Veld</b>	KA2 - Samenwerking voor innovatie en uitwisseling van goede praktijken  KA203 - Strategische partnerschappen voor het hoger onderwijs
<b>Projectnummer</b>	2020-1-EL01-KA203-079154
<b>Duur van het project</b>	24 maanden
<b>Startdatum project</b>	01-10-2020
<b>Einddatum van het project:</b>	30-09-2022

## Uitvoergegevens:

**Titel van de output:** O1: Leermateriaal voor interdisciplinaire Blockchain-MSW

**Taakomschrijving:** O1/A2 - Vergelijkende studie van informatietechnologieën toegepast op afvalbeheer op internationaal niveau. (Bielefeld)

**Subtaak:** O1/A2.2 - Blockchain-toepassingen voor afvalbeheer - Analyse van Blockchain-gebruiksgevallen in afvalbeheer en algemene richtsnoeren voor het starten van Blockchain-projecten.

**Outputleider:** FH-Bielefeld

**Task leader:** NTUA

**Auteur(s):** Rainer Lenz, Bielefeld UAS, rlenz@fh-bielefeld.de, Duitsland, Christa Barkel, Saxion UAS, c.barkel@saxion.nl, Nederland

**Gerecenseerd door:** Maria Menegaki, Nationale Technische Universiteit van Athene, menegaki@metal.ntua.gr, Griekenland

## Documentcontrole

Versie van het document	Versie	Amendement
V0.1	30/04/2021	Definitieve versie – 30/06/2021

## Inhoud

Samenvatting .....	iii
1 Inleiding.....	1
1.1 Korte projectbeschrijving.....	1
1.2 Doelstellingen en methodologische aanpak.....	1
2 Analyse van Blockchain-gebruiksgevallen in afvalbeheer.....	3
2.1 Kenmerken van use cases.....	3
2.2 Het vooraf definiëren van een reeks categorieën voor screening .....	3
2.3 Resultaat van de screening .....	4
2.4 Drie voorbeelden van beste praktijken.....	6
3 Benchmarking van de resultaten met de bevindingen van andere studies .....	8
3.1 PwC-Studie 2018 - 65 Blockchain use cases voor het milieu.....	8
3.2 Climate-KIC - 2019 - 14 materiaalgerichte Blockchain-toepassingen.....	9
3.3 Böckel/Nuzum/Weisbrod - 2020 - 12 Blockchain use cases in Circulaire Economie.....	10
3.4 Ahmad et al - 2021 - Blockchain voor afvalbeheer in slimme steden .....	11
4 Conclusie & Leren.....	13
5 Ruwe richtlijnen voor het starten van een Blockchain-project.....	15
6 Referenties .....	19

## Lijst van tabellen

Tabel 1. PwC-resultaten in één oogopslag (bron: PwC, 2018) .....	8
Tabel 2. Set van categorieën gebruikt door Climate KIC (bron: Climate-KIC, 2019). .....	9

## Lijst van figuren

Figuur 1: Structuur van de studie (bron: de auteur) .....	2
Figuur 2: Screeningsresultaten "Blockchaintoepassing" (bron: de auteur).....	4
Figuur 3: Het gebruik van de volgfunctie voor een tweede doel (bron: de auteur).....	5
Figuur 4: Betrokken groepen belanghebbenden (bron: de auteur) .....	5
Figuur 5: Soorten afval (bron: de auteur) .....	6
Figuur 6: Overzicht van structurele dimensies en analytische categorieën (bron: Böckel et al., 2020, p. 532).....	11
Figuur 7: Vergelijking van bestaande Blockchain-gebaseerde oplossingen die zijn voorgesteld voor afvalbeheer in slimme steden (bron: Ahmad et al., 2021, p. 9).....	11
Figuur 8: Proces van het starten van een Blockchain-project (bron: de auteur).....	15
Figuur 9: Informatiestroom in Blockchain-gebaseerde processen (bron: de auteur) .....	16
Figuur 10: Het management overtuigen door KPI's (bron: de auteur).....	17
Figuur 11: Positieve Netto Contante Waarde voor alle belanghebbenden? (bron: Lenz, 2019)	18

## Samenvatting

De zoektocht naar Blockchain-projecten in afvalbeheer wereldwijd leidde tot 20 use cases. De cases werden geïdentificeerd door te zoeken op internet. Uit de resultaten blijkt dat de meeste Blockchain-projecten in afvalbeheer hun oorsprong vinden in de VS. Verrassend genoeg zijn er slechts zes projecten uit Europa, waarvan drie in Nederland. Slechts één project werd buiten Amerika of Europa gevonden, namelijk in India. Terwijl de meeste projecten werden opgezet door particulieren of door startende ondernemingen, zijn er slechts enkele die werden opgezet door grote ondernemingen zoals Dell, BASF of Nestlé. Er is slechts één project opgezet door een NGO en één door een openbare instelling. Maar er is geen enkel Blockchain-project op het gebied van gemeentelijk afvalbeheer, noch in Europa, noch in de VS.

Het geringe aantal blockchainprojecten wereldwijd wijst erop dat het verspreidingsproces van blockchaintechnologie in de afvalsector nog in de kinderschoenen staat. De meeste projecten zijn kleine pilots die dienen om de mogelijkheden te testen en om te leren. De projecten zijn niet uitgegroeid tot een business case, maar bevinden zich nog in de proof-of-concept status. De uitzondering is Plastic Bank, dat met het grote aantal medestanders aan ondernemerszijde een hoge mate van professionaliteit heeft bereikt. Dit is echter geen business case omdat het een non-profit organisatie is.

De meeste use cases passen de blockchain toe als een transactiedatabase die op een onherroepelijke en fraudebestendige manier materiaalstromen in een waardeketen in chronologische volgorde kan vastleggen met behulp van tijdstempels. Het voordeel is dat elke netwerkdeelnemer op hetzelfde moment over dezelfde informatie beschikt. Aangezien het fysieke object digitaal moet worden geïdentificeerd en gerepliceerd door een digitale tweeling, is dit gemakkelijker bij een specifiek soort afval (glas of papier, enz.) dan bij ongesorteerd restafval.

Ook hier worden helaas in geen enkele studie blockchainprojecten van gemeentelijke afvalbeheerbedrijven vermeld. Het lijkt erop dat deze sector, ondanks zijn centrale belang voor de circulaire economie, de conceptuele fase van het testen van blockchaintechnologie nog niet heeft bereikt. Of anders gezegd, de verspreiding van technologische innovaties lijkt langer te duren in de publieke sector.

# 1 Inleiding

## 1.1 Korte projectbeschrijving

Deze vergelijkende studie maakt deel uit van het BlockWASTE-project, een door de EU gefinancierd Erasmus Plus-project. Het project heeft tot doel de interoperabiliteit tussen afvalbeheer en blockchaintechnologie aan te pakken en de juiste behandeling ervan te bevorderen door educatieve opleidingen, zodat de verzamelde gegevens worden gedeeld in een veilige omgeving, waar geen ruimte is voor onzekerheid en wantrouwen tussen alle partijen die betrokken zijn bij afvalketens of -cycli.

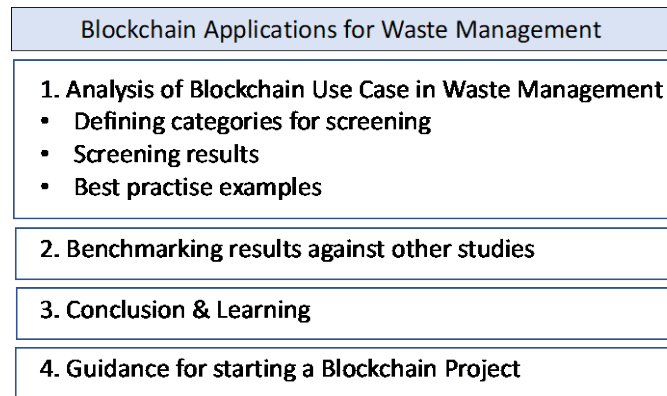
Hiertoe zijn de doelstellingen van het BlockWASTE-project de volgende:

- Onderzoek doen naar vast afval dat in steden wordt geproduceerd en hoe het wordt beheerd, zodat een informatiebasis van goede praktijken kan worden gecreëerd die helpt om afval opnieuw in de waardeketen op te nemen, waarbij het idee van intelligente circulaire steden wordt bevordert.
- De voordelen van de Blockchain Technologie binnen het gemeentelijke afvalbeheer (MSW) proces in kaart brengen.
- Een studieplan opstellen dat de opleiding van docenten en professionals van organisaties en bedrijven uit de sector ondersteunt, in de overlapping van de domeinen Afvalbeheer, Circulaire Economie en Blockchaintechnologie.
- Een interactief instrument ontwikkelen op basis van Blockchain-technologie, waarmee het beheer van gegevens afkomstig van stedelijk afval in de praktijk kan worden gebracht, zodat de manier waarop de gegevens in de Blockchain worden geïmplementeerd zichtbaar wordt en gebruikers verschillende vormen van beheer kunnen evalueren.

Nadere informatie is beschikbaar op de website van het BlockWASTE-project <https://blockwasteproject.eu>.

## 1.2 Doelstellingen en methodologische aanpak

Het doel van deze studie is om te leren van de analyse van best practice voorbeelden in afvalbeheer voor toekomstige toepassing in de gemeentelijke sector. De focus ligt op de problemen die de blockchaintechnologie primair kan oplossen. Blockchain is een transversale technologie en kan voor zeer uiteenlopende doeleinden worden ingezet. Ten tweede kunnen ook de structurele kenmerken van de use cases van belang zijn, bijvoorbeeld of een case een puur zakelijke oplossing is voor bedrijven, dus B2B, of een business-to-consumer (B2C) of C2C oplossing, of dat er een gemeente of overheid bij betrokken is, dus P2C of P2B. Uit de analyse moet ook blijken in welk segment, of voor welk type afval (stedelijk of industrieel afval, of slechts één specifieke afvalcategorie zoals glas, plastic of papier) de meeste use cases te vinden zijn.



*Figure 1:Structuur van de studie (bron: de auteur)*

De studie begint met een beschrijving van de algemene kenmerken van de blockchaintoepassingen die in het afvalbeheer worden aangetroffen. Op basis hiervan worden categorieën voor screening gedefinieerd en worden screeningsresultaten gepresenteerd en geïnterpreteerd. Uiteraard is het de vraag of de resultaten van een beperkt aantal use cases (20 cases) zinvol zijn. Daarom worden de resultaten vergeleken met andere studies over blockchaintoepassingen en geanalyseerd op overeenkomsten en verschillen. Ten slotte worden de kernresultaten samengevat en worden de belangrijkste bevindingen gepresenteerd.

## 2 Analyse van Blockchain-gebruiksgevallen in afvalbeheer

### 2.1 Kenmerken van use cases

De zoektocht naar Blockchain-projecten in afvalbeheer wereldwijd leidde tot 20 use cases. De cases werden geïdentificeerd door te zoeken op internet. Uit de resultaten blijkt dat de meeste Blockchain-projecten in afvalbeheer hun oorsprong vinden in de VS. Verrassend genoeg zijn er slechts zes projecten uit Europa, waarvan drie in Nederland. Slechts één project werd buiten Amerika of Europa gevonden, namelijk in India. Terwijl de meeste projecten werden opgezet door particulieren of door startende ondernemingen, zijn er slechts enkele die werden opgezet door grote ondernemingen zoals Dell, BASF of Nestlé. Er is slechts één project geïnitieerd door een NGO en één door een overheidsinstelling. Deze bevindingen tonen aan dat er een grotere vraag is naar duurzame blockchain-oplossingen voor afvalbeheer in de industrie. Projecten geïnitieerd door individuen benadrukken dat een drijvende kracht van een project vaak het succes ervan bepaalt, terwijl projecten opgezet door reeds gevestigde bedrijven voldoende financiering bieden voor onderzoek en expertise. Use cases zijn met een korte beschrijving en internetbronnen opgenomen in de bijlage.

Uit het relatief kleine aantal projecten blijkt dat Blockchaintoepassingen op dit gebied nog erg nieuw zijn en dat de kennis over de toepassingsmogelijkheden van Blockchain de afvalsector nog niet volledig heeft bereikt. Door de meestal kleine omvang van de projecten wat betreft het aantal deelnemers of de nauwe ruimtelijke beperking tot kleine testgebieden, kan worden aangenomen dat de meeste projecten proof-of-concept toepassingen zijn. Meestal wordt een prototype ontwikkeld om te testen en te leren, en wordt een processimulatie uitgevoerd. Geen van de genoemde projecten was al op de markt gebracht als business case met echte klanten.

### 2.2 Het vooraf definiëren van een reeks categorieën voor screening

Voor het screenen van de gevonden use cases (en het beantwoorden van vraag 1) is het belangrijk om vooraf toepassingscategorieën te definiëren. De projecten zijn geclusterd op basis van vijf toepassingscategorieën:

1. "Productdocumentatie" omvat de projecten die blockchaintechnologie gebruiken als een min of meer statische database voor documentatie. Producenten zouden bijvoorbeeld materiaalpaspoorten of reparatie-instructies enz. van hun producten in de blockchain kunnen opslaan.
2. "Certificering en registratie" bevat gevallen waarin de Blockchain-technologie wordt gebruikt als instrument voor de publieke registratie van producenten of producten en de certificering van publieke instellingen. Het is ook denkbaar dat particuliere of maatschappelijke organisaties de Blockchain gebruiken voor de uitgifte van productlabels (ecolabels e.d.) en certificaten.
3. "Traceren en volgen van stromen" binnen de toeleverings- en afvalketen omvat alle projecten die blockchaintechnologie gebruiken als database voor het vastleggen van transacties in chronologische volgorde met een tijdstempel en voor het vastleggen van materiaal- en betalingsstromen. Dit is de documentatie van een dynamisch proces met transacties in de tijd. De focus ligt hier dus op de voordelen van de transactiedatabase.



4. "Tokenization" omvat projecten die de Blockchain-technologie gebruiken om digitale waarden te genereren om een aanmoedigingsstelsel te ontwerpen of om tokens te genereren die gebruiksrechten bevatten voor het gezamenlijk gebruik van objecten.
5. "Automatisering van processen door slimme contracten, IoT en AI" omvat projecten die blockchaintechnologie gebruiken om processen te automatiseren door slimme contracten, Internet of Things-apparaten en AI-gegevensanalyse.

Aangezien blockchaintechnologie meerdere functies binnen een project kan vervullen, kunnen alle projecten tegelijkertijd aan meerdere categorieën worden toegewezen.

Verdere categorieën voor het screeningsproces van use cases werden gedefinieerd als:

- a. de groep belanghebbenden, d.w.z. of een project een B2B, B2C, C2C of P2B geval is, en
- b. het soort afval: stedelijk afval (vast afval), industrieel afval, glas, plastic, voedsel of voorgeschreven afval

### 2.3 Resultaat van het onderzoek

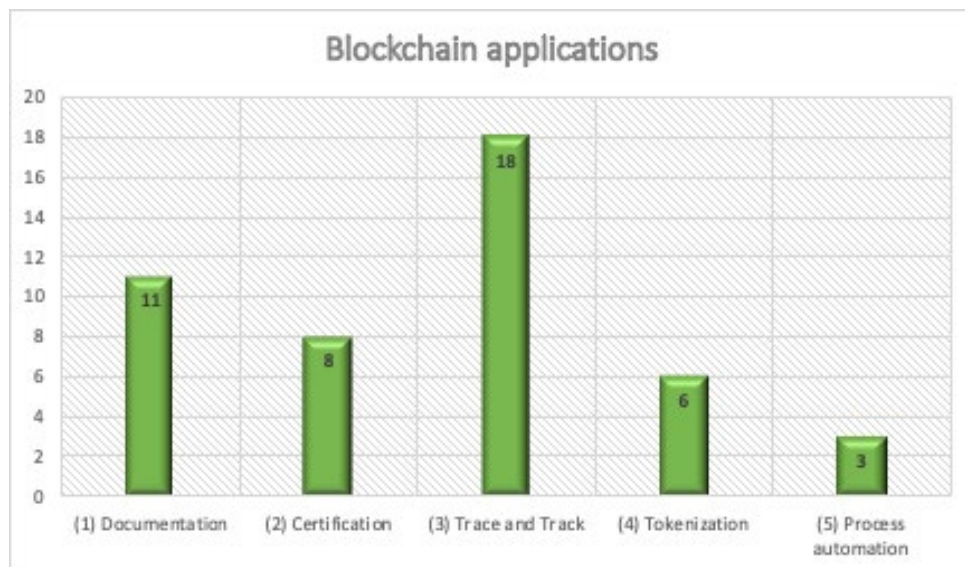


Figure 2: Screeningsresultaten "Blockchain-toepassing" (bron: de auteur)

Van de twintig beoordeelde projecten kunnen er achttien worden gecategoriseerd als gebruikt voor opsporing en tracering. Hier is het belangrijk om te zeggen dat bij het categoriseren van de projecten meerdere antwoorden mogelijk waren. Toch maken bijna alle projecten gebruik van Blockchain als technologie die het traceren van materiaalstromen in de toeleveringsketen ondersteunt. De track-and-track functie van Blockchain technologie komt het vaakst voor in combinatie met het certificeren of documenteren van materiaalstromen. Dit is waarschijnlijk te wijten aan het feit dat het proces van het traceren van materiaalbewegingen in de toeleverings-/afvalketen niet alleen hand in hand gaat met het documenteren van die stromen, maar ook de afgifte van certificaten of labels ter verificatie van de plaats van herkomst, enz. vergemakkelijkt.

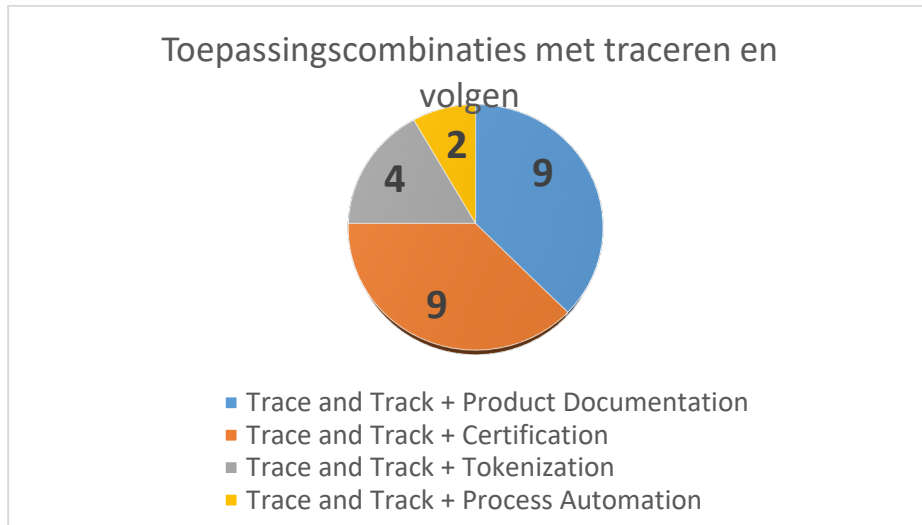


Figure 3: Traceer- en traceerfunctie voor een tweede doel gebruiken (bron: de auteur)

Het gebruik van voornamelijk deze functies van Blockchain-technologieën kan worden verklaard door te kijken naar de belanghebbenden die bij de verschillende projecten betrokken zijn. De meeste projecten zijn gericht op B2B-relaties. Dit, naast het feit dat de meeste projecten zijn opgezet door ondernemingen of start-ups, leidt tot de conclusie dat er bij bepaalde bedrijfstakken een grote belangstelling bestaat om gebruik te maken van Blockchain-technologieën om de winstgevendheid te vergroten. Bij transacties tussen bedrijven is de verificatie en documentatie van materiaalstromen en bewegingen langs de toeleveringsketen onontbeerlijk. Door gebruik te maken van Blockchain-technologie kan het proces van documenteren, traceren en certificeren automatisch verlopen zonder dat er mankracht aan te pas komt. Interessant is dat alle projecten gericht zijn op B2B- of B2C-relaties. Slechts twee projecten besteden aandacht aan verschillende relaties, namelijk B2P en C2C.

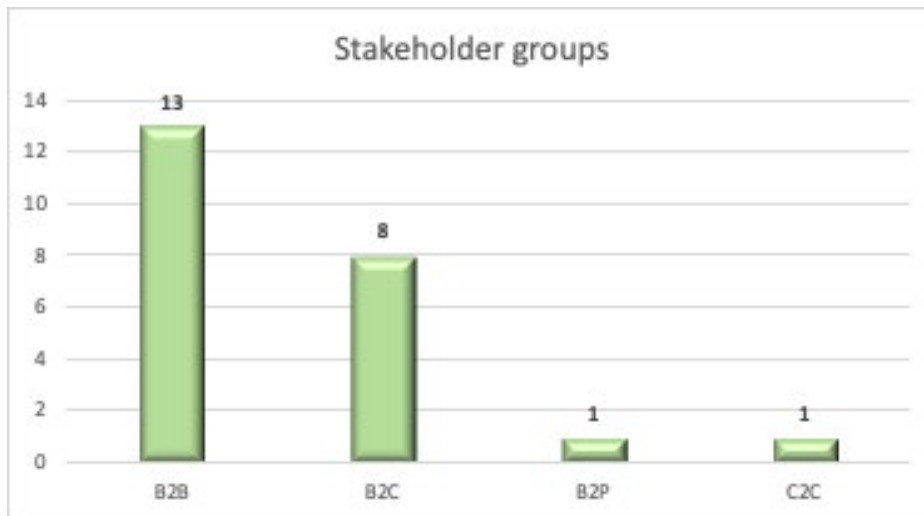


Figure 4: Betrokken groepen belanghebbenden (bron: de auteur)

Hoe meer ongesorteerd en ongedifferentieerd afval, hoe moeilijker het is om het te traceren en te volgen met behulp van sensoren, camera's of AI-toepassingen. Hoe specifieker het afval is, zoals plastic, glas of papier, hoe makkelijker het is om een volgsysteem op te zetten om de materiaalstroom te volgen. Een screening van de Blockchain use cases naar de soorten afval leverde het volgende beeld op:



Figure 5: Soorten afval (bron: de auteur)

De meeste projecten hebben betrekking op stedelijk afval, industrieel afval of plastic afval, aangezien die soorten het schadelijkst zijn voor het milieu (plastic) of het gemakkelijkst te winnen zijn (industrieel).

## 2.4 Drie voorbeelden van beste praktijken

De volgende drie best practice voorbeelden vallen op door waardevolle partnerschappen met bedrijven of organisaties die al werkzaam zijn op het gebied van circulaire economie of blockchain en die zorgen voor financiering en expertise. Daarnaast zijn de geselecteerde best-practice voorbeelden inspirerend, omdat hun blockchaintoepassingen, zoals hun trace-and-track aanpak of hun tokenization, mogelijk overdraagbaar zijn naar andere gebieden van afvalbeheer.

**Excess Material Exchange (EME)** is een B2B technologische start-up die industrieel afval identificeert, sorteert en matcht. De afval-matching zorgt niet alleen voor meer transparantie van grondstofpaspoorten en het opsporen en volgen, maar evalueert ook de financiële en milieukosten. Dit zorgt voor betrouwbare informatie over een lagere ecologische voetafdruk tegen lagere kosten. Met hun duidelijke, transparante website is de impact van EME gemakkelijk te volgen. Het project is inspirerend omdat het het identificeren en evalueren van overtollig materiaal combineert met het hergebruiken van het materiaal op de meest

efficiënte manier, met behulp van verschillende blockchainfuncties zoals een grondstofpaspoort en geautomatiseerde smart contracts voor matchmaking.

**RemediChain** is een Blockchain-project dat tot doel heeft verspilling van recepten tegen te gaan. Aanvankelijk opgericht door een apotheek en een universiteit, is de groep medestanders in het verleden snel gegroeid. RemediChain gebruikt Blockchain-technologie om geneesmiddelen op recept van particulieren die niet meer nodig of gewenst zijn op te sporen en te traceren, ze in te zamelen en opnieuw te distribueren aan mensen die ze wel nodig hebben maar het zich niet kunnen veroorloven ze op de reguliere manier te kopen. Als een individu niet zeker weet hoe hij zich van het receptafval moet ontdoen, biedt het project ook aan om het op te halen en op een milieuvriendelijke manier te verwijderen. Ook al zijn de manieren waarop Blockchain-technologie hier wordt gebruikt vrij gewoon, de impact die het project creëert is enorm. Het heeft een duurzame oplossing gevonden voor een zeer specifiek afvalprobleem en helpt daarmee mensen in nood.

**Plastic Bank** is een B2C sociale startup met hoofdkantoor in Canada die recycling ecosystemen opbouwt in ontwikkelingslanden. Het zet verplichte inzamelpunten op en biedt één prijs voor plastic afval. Verzamelaars van plastic ontvangen beloningen voor het materiaal dat ze verzamelen, die kunnen worden gebruikt voor basisbehoeften zoals voedsel. Via de blockchain van Plastic Bank worden alle transacties opgeslagen, zodat inzamelaars precies de waarde krijgen waar ze recht op hebben. Naast traceerbaarheid maakt de blockchain bovendien transparantie en snelle schaalbaarheid mogelijk. Het project is inspirerend omdat het stimuleringsstelsel van de Plastic Bank wellicht overdraagbaar is naar het gebied van gemeentelijk afval.

### 3 Benchmarking van de resultaten met de bevindingen van andere studies

Beide onderwerpen, blockchaintechnologie en de circulaire economie, zijn relatief nieuw, althans vanuit academisch oogpunt, en dus zijn er weinig studies over de toepassing van blockchain in de circulaire economie. Het gebied van afvalbeheer binnen de circulaire economie is nog specifiek en beperkt het kleine aantal studies nog verder.

#### 3.1 PwC-Studie 2018 - 65 Blockchain use cases voor het milieu

In 2018 publiceerde PwC (2018) een studie getiteld "Building block(chain)s for a better planet: Fourth Industrial Revolution for the Earth Series" gebaseerd op de analyse van 65 blockchain use-cases voor het milieu. "Blockchain use-case oplossingen die bijzonder relevant zijn voor milieutoepassingen clusteren meestal rond de volgende transversale thema's: de overgang naar schonere en efficiëntere gedecentraliseerde systemen mogelijk maken; peer-to-peer handel in hulpbronnen of vergunningen; transparantie en beheer van de toeleveringsketen; nieuwe financieringsmodellen voor milieuresultaten; en de realisatie van niet-financiële waarde en natuurlijk kapitaal."

Na analyse van de 65 use cases identificeert PwC 8 belangrijke voordelen van blockchaintoepassingen voor het milieu. De volgende tabel vat deze kort samen.

Tabel 1. PwC-resultaten in één oogopslag (bron: PwC, 2018).

<p><b>1. 1. "Doorzien" van toeleveringsketens</b></p> <p>Transactiegegevens in de hele leveringsketen kunnen via de blockchain worden geregistreerd en er kan een onveranderlijke registratie van de herkomst (d.w.z. de oorsprong) worden gecreëerd, wat het potentieel biedt voor volledige traceerbaarheid van producten van bron tot winkel. Een dergelijke transparantie biedt de mogelijkheid om het beheer van vraag en aanbod te optimaliseren, veerkracht op te bouwen en uiteindelijk duurzamere productie, logistiek en consumptie mogelijk te maken.</p>
<p><b>2. Gedecentraliseerd en duurzaam beheer van hulpbronnen</b></p> <p>Blockchain kan een fundamentele overgang naar wereldwijde gedistribueerde systemen voor nutsvoorzieningen op gang brengen. Platforms zouden gedistribueerde gegevens over hulpbronnen (bv. water- en energiegegevens van slimme sensoren op huishoudniveau) kunnen verzamelen om een einde te maken aan de huidige asymmetrie van informatie tussen belanghebbenden, waardoor beter geïnformeerde - en zelfs gedecentraliseerde - besluitvorming over systeemontwerp en beheer van hulpbronnen mogelijk wordt.</p>
<p><b>3. De biljoenen ophalen: nieuwe bronnen van duurzame financiering</b></p> <p>Het gebruik van op blockchain gebaseerde financieringsplatforms kan een revolutie teweegbrengen in de toegang tot kapitaal en nieuwe investeerders toegang bieden tot projecten die de milieuproblemen aanpakken - van investeringen op retailniveau in groene infrastructuurprojecten tot liefdadigheidsdonaties voor ontwikkelingslanden.</p>
<p><b>4. Circulaire economieën stimuleren</b></p> <p>Als blockchain op de juiste manier wordt ingezet, kan het de manier waarop materialen en natuurlijke hulpbronnen worden gewaardeerd fundamenteel veranderen, en individuen, bedrijven en overheden stimuleren om financiële waarde te ontsluiten uit dingen die momenteel worden verspild, weggegooid of als economisch onbetaalbaar</p>

worden behandeld. Dit zou kunnen leiden tot een wijdverspreide gedragsverandering en helpen om een echte circulaire economie tot stand te brengen.
<b>5. Transformatie van koolstofmarkten (en andere milieumarkten)</b> Blockchainplatforms zouden kunnen worden ingezet om cryptografische tokens met een verhandelbare waarde te gebruiken om bestaande kredietbeheerplatforms voor koolstof (of andere stoffen) te optimaliseren en nieuwe mogelijkheden voor koolstofkrediettransacties te creëren.
<b>6. Next-gen duurzaamheidsmonitoring, -rapportage en -verificatie</b> Blockchain heeft het potentieel om zowel duurzaamheidsrapportage als -verificatie te transformeren, door bedrijven te helpen hun prestaties te beheren, aan te tonen en te verbeteren, terwijl consumenten en investeerders beter geïnformeerde beslissingen kunnen nemen.
<b>7. Automatische rampenparaatheid en humanitaire hulpverlening</b> Blockchainoplossingen zouden een transformatie teweeg kunnen brengen wat betreft hun vermogen om de paraatheid bij rampen en de doeltreffendheid van de hulpverlening te verbeteren
<b>8. Platforms voor het beheer van de aarde</b> Nieuwe op blockchain gebaseerde geospatiale platforms bevinden zich in een vroeg stadium van exploratie en zouden marktmechanismen kunnen monitoren, beheren en mogelijk maken die de wereldwijde ecologische commons beschermen - van het leven op het land tot de gezondheid van de oceanen.

Als de resultaten van PwC worden herleid tot de belangrijkste voordelen van blockchaintoepassingen, waarbij de genoemde sectorspecifieke voordelen zoals nieuwe financieringsmogelijkheden, transformatie van de CO<sub>2</sub>-markt, automatische rampenparaatheid en platform voor grondbeheer buiten beschouwing worden gelaten, dan blijven er vier belangrijke voordelen over: traceerbaarheid van materiaalstromen in toeleveringsketens, decentralisatie, stimulering en monitoring, rapportage en verificatie. Deze resultaten komen grotendeels overeen met de screeningresultaten en de resultaten van de eerdere analyse over het potentieel van blockchaintoepassingen in afvalbeheer.

### 3.2 Climate-KIC - 2019 - 14 materiaalgerichte Blockchain-toepassingen

In 2019 analyseerde Climate-KIC (2019) 14 bestaande materiaalgerichte blockchaintoepassingen op basis van de volgende set categorieën:

Tabel 2. Set van door Climate KIC gebruikte categorieën (bron: Climate-KIC, 2019).

<b>Verbetering van de hulpbronnenefficiëntie</b> Modellen van de sharing economy aantrekkelijk maken door tussenpersonen weg te nemen en/of een op blockchain gebaseerd identiteitssysteem te creëren. Directe financiering van duurzame projecten mogelijk maken
<b>Bijhouden van gegevens</b> Om transacties open, onbeperkt en onveranderlijk vast te leggen en zo de transparantie en het vertrouwen in de verstrekte informatie te vergroten. Consumenten in staat stellen hun beslissingen te nemen
<b>Prijzen van de middelen</b>

<p>Om efficiëntere kredietbeheerplatforms te creëren.  Om een cap-and-trade systeem te creëren dat aanzienlijk geautomatiseerd is met slimme contracten tegen politici die hun politieke agenda's najagen.</p>
<p><b>Aanvullende valuta</b></p> <p>Financiële boekhouding en macro-economische systemen creëren met andere regels dan de huidige monetaire systemen.</p>

Op basis van het Climate-KIC (2019, p. 15) rapport *concentreren de meeste use cases "...zich in het gebruik van complementaire valuta of 'munt' om belanghebbenden te belonen voor deelname aan verschillende stadia van het afvalrecycling- of terugwinningsproces. Daarnaast zijn er verschillende blockchaintoepassingen ontworpen om de efficiëntie van hulpbronnen te verbeteren en hulpbronnen te volgen langs de waardeketens om de terugwinbaarheid van afvalstoffen te vergroten. Niettemin is er slechts één blockchaintoepassing (Cycled, Noorwegen) die dicht genoeg in de buurt komt van het beprijzen van afvalgrondstoffen - vermoedelijk het meest kosteneffectieve mechanisme om tot een circulaire economie te komen."*

Uit de resultaten van de analyse van 14 use cases op het gebied van afvalbeheer blijkt dat twee motieven voorop staan bij blockchaintoepassingen: belonings- en incentivesystemen via munten en tokens, en het volgen van grondstofstromen. Het is niet verrassend dat deze resultaten samenvallen met de resultaten van de screening, aangezien de helft van de beschouwde use cases in beide onderzoeken (Climate-KIC 2019 en PwC 2018) voorkomt, ook al zijn de onderzoeken onafhankelijk van elkaar en op verschillende tijdstippen uitgevoerd.

### 3.3 Böckel/Nuzum/Weissbrod - 2020 - 12 Blockchain-gebruiksgevallen in de circulaire economie

In 2020 publiceerden Böckel, Nuzum en Weissbrod (2020) een artikel getiteld "Blockchain for the Circular Economy: Analysis of the Research-Practice Gap". Uit de analyse kwamen 12 verschillende use cases naar voren. Gerangschikt naar frequentie hadden de 12 use cases onder meer betrekking op materiaalpaspoorten, het traceren van activa, tokens, gedragsprikkelers, slimme contracten en vertrouwensmechanismen. Dit bevestigt de resultaten van de screening van de use cases, ook al zijn de resultaten niet rechtstreeks vergelijkbaar omdat de studie van Böckel et al. (2020) betrekking heeft op de circulaire economie in het algemeen en niet specifiek op afvalbeheer. De andere resultaten van de analyse van 30 academische onderzoeksitems (artikelen in tijdschriften enz.) en 27 praktijkitems zijn echter eveneens interessant en worden samengevat in onderstaande tabel (figuur 6).

**Table 6**  
Overview of structural dimensions and analytical categories.

Structural dimensions	Analytical coding categories ordered by frequency
Technical properties	1) permissions and data rights, 2) technical properties of specific use case, 3) combination with other technologies, 4) data processing, 5) brief information about blockchain type
Contexts	1) supply chain, 2) logistics, 3) plastics, 4) construction, 5) manufacturing, 6) waste management, 7) audit, certificates, 8) various, 9) agriculture, food, 10) smart cities, 11) mining, metals, 12) sharing economy, 13) small, medium companies, 14) electronics, 15) retail, 16) green marketing, 17) accounting, 18) life cycle analysis, 19) government, 20) energy, 21) clothing
Use Case	1) material passports, 2) smart contracts, 3) asset tracking, 4) incentivization, 5) cryptocurrency, 6) product deletion, 7) token, 8) credit rating, 9) trust mechanisms, 10) distributed ledger, 11) leasing, 12) escrow
Benefits	1) traceability, 2) security and privacy, 3) multiple, 4) transparency, 5) immutability, 6) efficiency, 7) cost reduction/ profitability, 8) decentralization, 9) new business models, 10) trust/ verification, 11) streamlining/ automatization, 12) increased sustainability, 13) other
Challenges	1) accessibility/ complexity, 2) energy use, 3) security/ privacy, 4) acceptance of the technology, 5) false initial information, 6) scalability, 7) reluctance of sharing information, 8) inefficiency, 9) lacking regulation, 10) lacking maturity of the technology, 11) high costs, 12) risk of centralization, 13) interoperability/ standardization, 14) other
R-Strategies	1) reduce, 2) reuse, 3) recycle, 4) recover

Figure 6: Overzicht van structurele dimensies en analytische categorieën (bron: Böckel et al., 2020, blz. 532)

Opvallend is dat de blockchaintoepassingen vooral werden onderzocht in de context van supply chain en logistiek en dat de traceerbaarheid van goederen alsook gegevensbeveiliging en privacy als belangrijkste voordelen werden gezien. Deze resultaten komen ook grotendeels overeen met de eerdere analyse en de resultaten van de screening.

### 3.4 Ahmad et al - 2021 - Blockchain voor afvalbeheer in slimme steden

In 2021 publiceerden Ahmad, Salah, Jayaraman, Yaqoob en Omar (2021) een paper getiteld "Blockchain for Waste Management in Smart Cities: A Survey". Het vergelijkt bestaande Blockchain-gebaseerde oplossingen die zijn voorgesteld voor afvalbeheer in slimme steden, hetzij als geïmplementeerde use cases of als theoretische voorstellen in een academische paper. Onderstaande tabel vat de resultaten van de vergelijking samen (figuur 7).

TABLE I  
COMPARISON OF THE EXISTING BLOCKCHAIN-BASED SOLUTIONS PROPOSED FOR WASTE MANAGEMENT IN SMART CITIES.

Article	Waste Type	Objectives	Services	Rewards/Penalties
[10]	Electronic Waste	To efficiently manage electronic waste using an Ethereum blockchain platform in 5G-enabled environment	Asset Tracking	Rewards
[38]	Electronic Waste	To investigate the role of blockchain for waste handling in compliance with rules stated in waste management act	Waste Shipment Tracking, Auditability	Both
[64]	General Waste	To track and monitor the flow of waste across the borders in a way that is transparent	Waste Shipment Tracking, Auditability	N/A
[66]	General Waste	To connect all participants and track the waste by assuring waste data reporting on a single platform	Waste Tracking, Auditability	N/A
[34]	Medical Waste	To assure that medical waste is handled in compliance with safety rules	Waste Shipment Tracking, Auditability, Transparency	Penalties
[67]	Solid Waste	Employing a blockchain-based system for life cycle assessment of solid materials	Waste Tracking, Policy Implications	N/A
[41]	Agricultural Waste	To transparently provide incentives to the farmers against agricultural waste in waste-to-energy project	Waste to Energy, Auditability	Rewards
[40]	Domestic Waste	To efficiently manage and monitor smart garbage through a blockchain-based system	Waste Frauds, Smart Bins Monitoring	Penalties
[42]	Solid Waste	To develop an Ethereum-based system to securely transfer tokens to users as a reward for participating in waste management activities	Waste Sorting, Transparency	Rewards
[37]	Electronic Waste	To implement a blockchain-based system that can trace the assets throughout their life cycle	Smartphone Tracking	Rewards
[45]	General Waste	To highlight the processes/participants involved in waste management activities using a blockchain based system	Waste Documentation, Waste Shipment Tracking	N/A
[65]	Industrial Waste	To present a conceptual architecture of a system employing blockchain technology for the industrial wastewater management	Water Waste Monitoring, Automation	N/A

Figure 7: Vergelijking van bestaande op Blockchain gebaseerde oplossingen die zijn voorgesteld voor afvalbeheer in slimme steden (bron: Ahmad et al., 2021, p. 9)



De resultaten van dit onderzoek bevestigen ook dat de mogelijkheden van tracking-and-track die voortvloeien uit de interactie tussen IoT-apparaten en Blockchain bijzonder relevant zijn voor afvalbeheer en ook voor de naleving van de afvalregelgeving. Tracking lijkt ook onafhankelijk te werken van het onderliggende type afval. De afvalsoorten waarop de hier gepresenteerde oplossingen zich richten zijn namelijk zeer heterogeen. Naast tracking wordt opnieuw gewezen op de mogelijkheid die de Blockchain biedt om digitale activa te gebruiken als beloning of als straf.

## 4 Conclusie & Leren

Het geringe aantal blockchainprojecten wereldwijd wijst erop dat het verspreidingsproces van blockchaintechnologie in de afvalsector nog in de kinderschoenen staat. De meeste projecten zijn kleine pilots die dienen om de mogelijkheden te testen en om te leren. De projecten zijn niet uitgegroeid tot een business case, maar bevinden zich nog in de proof-of-concept status. De uitzondering is Plastic Bank, dat met het grote aantal medestanders aan ondernemerszijde een hoge mate van professionaliteit heeft bereikt. Dit is echter geen business case omdat het een non-profit organisatie is.

De meeste use cases passen de blockchain toe als een transactiedatabase die op onherroepelijke en fraudebestendige wijze materiaalstromen in een waardeketen in chronologische volgorde kan vastleggen met behulp van tijdstempels. Het voordeel is dat elke netwerkdeelnemer op hetzelfde moment over dezelfde informatie beschikt. Aangezien het fysieke object digitaal moet worden geïdentificeerd en gerepliceerd door een digitale tweeling, is dit gemakkelijker bij een specifiek soort afval (glas of papier, enz.) dan bij ongesorteerd restafval.

Het is interessant dat de traceerbaarheid vooral wordt gebruikt voor de documentatie van een proces, d.w.z. voor auditing en certificering. Dit weerspiegelt waarschijnlijk de grote vraag van consumenten naar transparantie in de toeleveringsketen van producten. Anderzijds is het lage aantal gevallen van tokens in combinatie met de track & trace-functie verrassend, aangezien de combinatie van beide veelbelovend is. Het gebruik van tokens als stimulans en het meten van gedragsveranderingen als gevolg van stimulansen zijn optimale processen. De Plastic Bank kan hier dienen als voorbeeld van een beste praktijk die beide functies optimaal combineert.

Uit de andere studies blijkt echter ook het grote belang van token-toepassingen voor het ontwerpen van stimulerings- en beloningssystemen. Als het gaat om peer-to-peer beloningssystemen is de blockchain als gedecentraliseerde infrastructuur voor de overdracht van digitale waarden binnen een P2P-netwerk in combinatie met slimme contracten om de betaling te automatiseren bij uitstek geschikt.

De meeste blockchaintoepassingen zijn zakelijke projecten, meestal B2B-toepassingen, waarbij waarschijnlijk geen gebruik wordt gemaakt van een openbare maar van een particuliere blockchain met beperkte toegangsrechten en transparantie. Sommige ngo's uit de milieusector hebben ook projecten ontworpen, meestal lokaal, en gebruiken de tokenfunctie om milieuvriendelijk gedrag te belonen. Helaas worden in geen enkele studie blockchainprojecten van gemeentelijke afvalbeheerbedrijven vermeld. Het lijkt erop dat deze sector, ondanks zijn centrale belang voor de circulaire economie, de conceptuele fase van het testen van blockchaintechnologie nog niet heeft bereikt. Of anders gezegd, de verspreiding van technologische innovaties lijkt langer te duren in de publieke sector.

Maar zowel het publiek als de gemeentelijke afvalbeheerders moeten het veld niet verlaten aan de organisaties voor producentenverantwoordelijkheid die werken in het kader van de regeling voor uitgebreide producentenverantwoordelijkheid als het gaat om blockchain. De blockchain maakt transparantie mogelijk en is dus bij uitstek geschikt om de heersende asymmetrie van informatie tussen consumenten, hergebruikers, herstellende, recyclers en producenten te ondervangen. In de vereiste van samenwerking tussen die netwerkpartners heeft de blockchain meer het karakter van een openbare infrastructuur die goed werkt wanneer iedereen er baat bij heeft.



## 5 Ruwe richtsnoeren voor het starten van een Blockchain-project

De ontwikkeling en implementatie van een Blockchain project bestaat grotendeels uit change management en procesmanagement werkzaamheden. Tegen de verwachting in speelt de selectie van de technische Blockchain oplossing een ondergeschikte rol. Intensieve communicatie, elkaars belangen begrijpen, medewerkers en stakeholders meenemen en overtuigen, de technische mogelijkheden van de Blockchain eenvoudig uitleggen - dat zijn de componenten voor het succes van een project en voor de selectie van projectteamleden (Lenz, 2019).

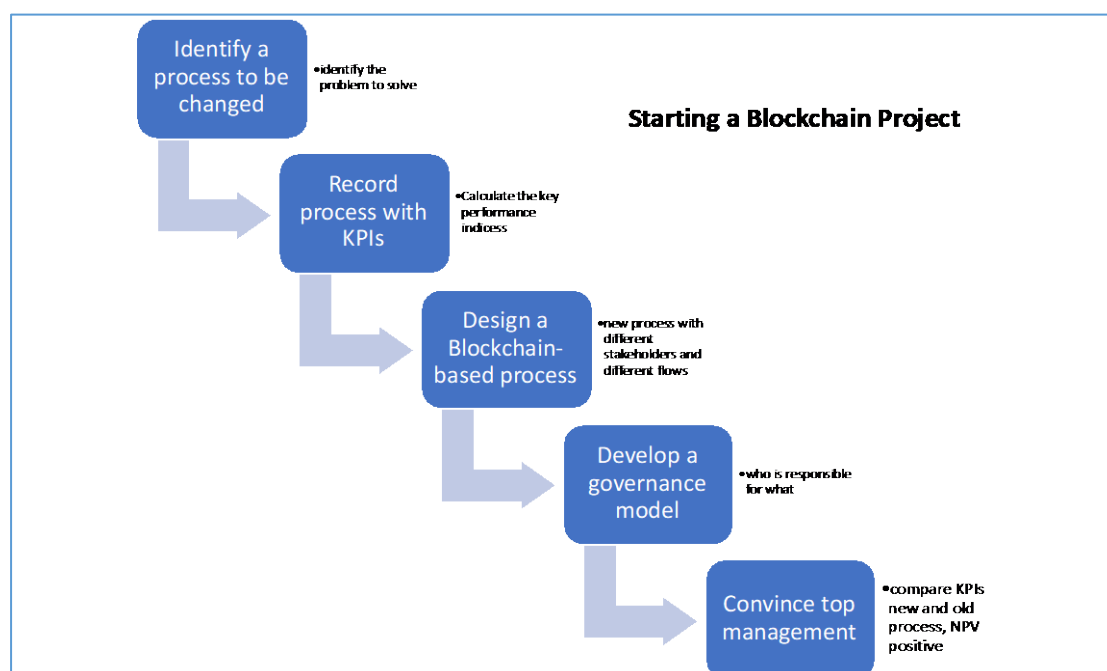


Figure 8: Proces van het starten van een Blockchain-project (bron: de auteur)

### Identificatie van een geschikt proces

Blockchainprojecten zijn geschikt voor gedecentraliseerde processen met een groter aantal externe deelnemers, voor wie het absoluut essentieel is om te allen tijde betrouwbare informatie te krijgen over de status van een project of proces. Iedere manager in een bedrijf of zijn organisatie kent toch wel dergelijke processen van samenwerking met een veelheid aan externe partners. Gewoonlijk worden deze inter-organisatorische processen gekenmerkt door een groot aantal mislukkingen, zeer lange doorlooptijden, hoge kosten van toezicht en een grote ontevredenheid van degenen die bij dit proces betrokken zijn. Om een geschikt proces te identificeren is een verschuiving van perspectief nodig: Van een intra-organisatorisch perspectief naar een inter-organisatorisch perspectief door de belangen van alle betrokkenen te begrijpen.

### Registratie van het proces met belangrijke prestatie-indicatoren

Zodra een dergelijk proces is geïdentificeerd, is de volgende stap het vastleggen van de workflow en de belangrijkste prestatie-indicatoren van het huidige proces. Men zou kunnen aannemen dat elk bedrijf zijn processen al heeft geoptimaliseerd met behulp van Business

Process Management-software. Dat is vaak het geval, maar de desbetreffende informatie is uitsluitend gebaseerd op interne bedrijfsgegevens en alleen binnen de grenzen van een individueel bedrijf. De meeste processen zijn nooit als geheel geoptimaliseerd voor iedereen, ook niet voor externe partners.

De registratie van het gehele proces met zijn belangrijkste prestatie-indicatoren kan moeilijk door één enkele organisatie worden uitgevoerd en vereist de medewerking van alle deelnemers. Aanbevolen wordt het proces te registreren met eenvoudige software zonder hoge mate van detail en de selectie van indicatoren te beperken tot de belangrijkste, zodat het coördinatieproces en de hoeveelheid werk beheersbaar blijven.

#### *Ontwerp van een op Blockchain gebaseerd proces*

Dit is de belangrijkste uitdaging. Distributed Ledger Technology maakt volledig nieuwe probleemoplossingen mogelijk en vereist daarom niet alleen een diepgaand begrip van de technologische mogelijkheden, maar ook het vermogen om "out of the box" te denken. Er zijn drie stromen waarmee bij het procesontwerp rekening moet worden gehouden: informatiestroom, materiaalstroom en betalingsstroom. De informatiestroom zal er heel anders uitzien in een op blockchain gebaseerd proces, aangezien de lineariteit van de informatiestroom, die tot veel vertragingen en inefficiënties leidt, wordt overwonnen. Alle deelnemers beschikken tegelijkertijd over dezelfde informatie over de voortgang van het project. Voor de deelnemers aan een circulaire economie zou het ruwe patroon eruit kunnen zien als fig. 9.

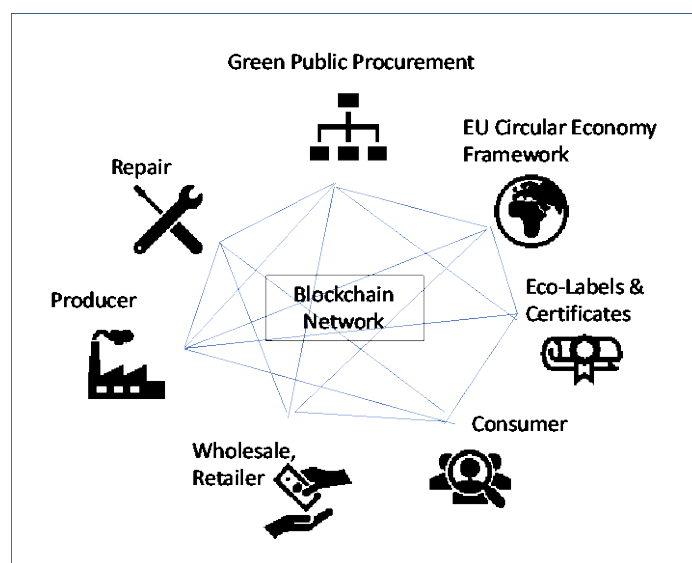


Figure 9: Informatiestroom in op Blockchain gebaseerde processen (bron: de auteur)

#### Ontwikkeling van een governance model

Dit is zeker het belangrijkste onderdeel van het samenwerkingsproces. Er moet een bestuursstructuur worden gecreëerd die door alle belanghebbenden wordt gedeeld. Uiteindelijk gaat het om hiërarchieën en de verdeling van macht. Werken alle deelnemende bedrijven samen met dezelfde rechten als eigenaar van een proces, of zijn de rechten gecentraliseerd in een kleine kring van bedrijven of alleen verdeeld binnen één bedrijf?

In dit verband moeten in de eerste plaats de volgende vragen worden behandeld:

- Wie bepaalt de deelname aan het bedrijfsproces?
- Wie verdeelt de lees- en schrijfrechten onder de deelnemers aan de Blockchain-database?
- Hoe wordt een nieuwe vermelding in de Blockchain gevalideerd, automatisch via een algoritme, zoals Proof of Work, of meer centraal via Proof of Stake of Proof of Authority. De beslissing over het consensusmechanisme bepaalt zowel de schaalbaarheid als de latentie van een dergelijk proces. Zoals Wüst en Gervais (2018, p. 2) schrijven: "In gecentraliseerde systemen zijn de prestaties in termen van latentie en doorvoer doorgaans veel beter dan in Blockchain-systemen, omdat Blockchains door hun consensusmechanisme extra complexiteit toevoegen."
- Worden wijzigingen in de processtroom bekrachtigd via een gemeenschappelijk, democratisch akkoord tussen de deelnemers of via de hiërarchie van het bedrijf met het hoogste kapitaal?
- Hoe wordt het proces gecontroleerd? Zijn er geïnstitutionaliseerde oplossingen voor geschillen tussen deelnemers?

Het zal voor zeer hiërarchische, centraal geleide bedrijven moeilijk zijn om zich in te zetten voor een bestuursmodel waarin iedere deelnemer vrijwel gelijke rechten heeft. Maar de economische voordelen van de Blockchain-oplossing kunnen alleen worden bereikt als de hoge kosten van gecentraliseerd toezicht door één individu worden vervangen door een zelfsturend, gedecentraliseerd stimuleringsstelsel en transparantie (Lenz, 2019).

#### *Het topmanagement overtuigen*

Uiteindelijk zal een beslissing om complexe processen om te zetten naar een op Blockchain gebaseerde transactiedatabase met een groot aantal externe interfaces altijd worden genomen door de raad van bestuur van de onderneming. Het doorslaggevende argument om de technologie te testen zal uiteindelijk het vooruitzicht op aanzienlijke kostenbesparingen en hogere winsten zijn. De belangrijkste prestatie-indicatoren van het huidige proces moeten dus worden vergeleken met die van het nieuwe, op Blockchain gebaseerde proces.

Key Performance Indicators	Current	Blockchain
no. of data interfaces, intermediaries, means of communication, persons involved		
Cycle time (planned, accuracy)		
Total inventory days of supply		
Cash-to-cash cycle time -> needed working capital		
Supplier fill rate -> actual delivery rate versus requested delivery rate		
On time departure from manufacturing subsidiaries to OEM		
Forecast accuracy, forecast volatility		
Monitoring and management costs		

Figure 10: *Het management overtuigen met KPI's (bron: de auteur)*

Een Raad zou ook graag antwoord hebben op de vraag naar de migratiekosten, d.w.z. de kosten van de conversie van het bestaande proces. De toekomstige besparingen van een nieuw ontworpen Blockchain-proces moeten duidelijk groter zijn dan de kosten van de procesconversie, anders zou een dergelijke investering niet lonend zijn. In een win-win-situatie moet de netto contante waarde van een dergelijke investering echter positief zijn voor elke bij het proces betrokken stakeholder.

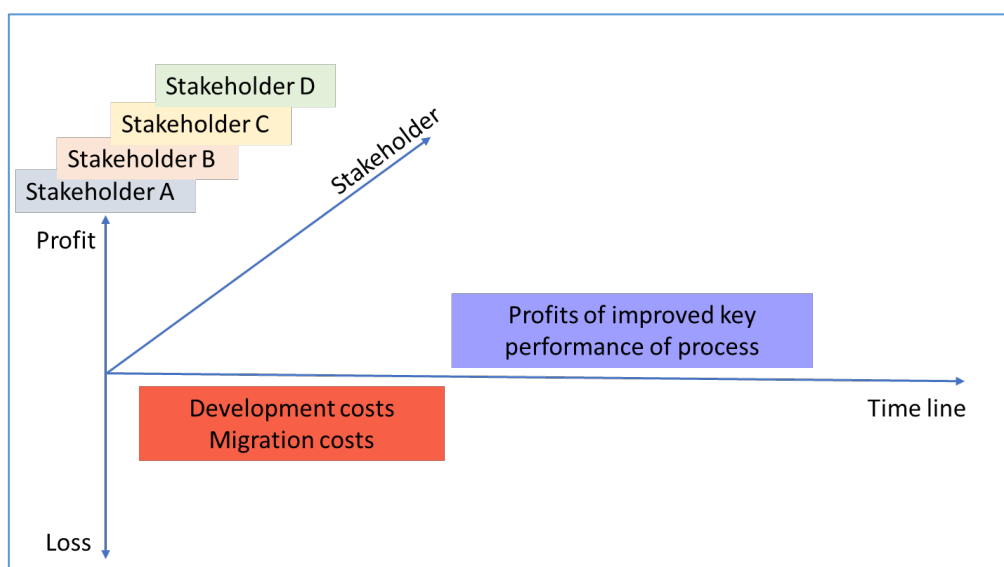


Figure 11: *Positieve netto contante waarde voor alle belanghebbenden? (bron: Lenz, 2019)*

Als voor elke betrokken stakeholder de verwachte toekomstige winst groter is dan de initiële kosten van de procestransformatie, dan kan het respectieve management besluiten deze investering of dit project uit te voeren. Uiteraard is de Blockchain-technologie betrekkelijk nieuw en ontbreekt het potentiële belanghebbenden aan ervaring. Dit zorgt uiteraard voor aanzienlijke onzekerheid en een niet te verwaarlozen risico dat de investering mislukt. Bijgevolg is het raadzaam te beginnen met een klein simulatieproject dat schaalbaar moet zijn. Bij een geslaagde testrun zou het project op grotere schaal kunnen worden uitgevoerd.

## 6 Referenties

- Ahmad, R. W., Salah, K., Jayaraman, R., Yaqoob, I., & Omar, M. (2021). Blockchain voor afvalbeheer in Smart Cities: Een overzicht.
- Böckel, A., Nuzum, A.-K., & Weissbrod, I. (2020). Blockchain voor de Circulaire Economie: Analyse van de kloof tussen onderzoek en praktijk. *Duurzame productie en consumptie*.
- Climate-KIC, e. (2019). *Marktanalyse voor terugwinning van plastic afval door regionale blockchainnetwerken*. Opgehaald van <https://ecircular.climate-kic.org/wp-content/uploads/sites/2/2019/02/Market-Analysis-for-Plastic-waste-recovery-by-regional-blockchain-networks.pdf>
- Lenz, R. (2019). Managing Distributed Ledgers: Blockchain en verder. Opgehaald van <https://ssrn.com/abstract=3360655>
- PwC. (2018). Bouwen aan bock(keten)s voor een betere planeet: Vierde industriële revolutie voor de aarde Series. Opgehaald van <https://www.pwc.com/gx/en/sustainability/assets/blockchain-for-a-better-planet.pdf>
- Wüst, K., & Gervais, A. (2018). *Heb je een Blockchain nodig?* Paper gepresenteerd op de 2018 Crypto Valley Conference on Blockchain Technology (CVCBT).



## Bijlage

List of screened use cases of Blockchain application in waste management

No.	Projectname	Country	Blockchain-Category	Stakeholder	Type of Waste
1	Agora Tech Lab	NL	(3)Trace and Track (4)Tokenization	B2B	Municipal waste
2	Plastic Bank Recycling Corporation	CA	(3)Trace and Track (4)Tokenization	B2B, B2C	Plastic waste
3	Provenance	US	(1) Documentation (3)Trace and Track	B2C	/
4	Recereum	IN	(3)Trace and Track (4)Tokenization	B2B, B2C	Municipal waste
5	Swachhcoin	NL	(3)Trace and Track (5) Process automation	B2B	Municipal waste Industrial waste
6	EU Waste Transportation on Blockchain	NL	(3)Trace and Track	B2B	All types of waste
7	RecycleGO	US	(2) Certification (3) Trace and Track		Industrial waste
8	NVZN-token	US	(2) Certification (3) Trace and Track (4) Tokenization	B2B	Industrial waste
9	Naturipe	US	(1) Documentation (2) Certification (3) Trace and Track	B2C	Food waste
10	RemediChain	US	(1) Documentation (3) Trace and Track	B2C, C2C	Prescription waste
11	Recycling Traceability System (RTS by EOW)	US	(2) Certification (3) Trace and Track	B2B	Glass waste
12	Recycling Traceability System (RTS by EOW)	US	(1) Documentation (2) Certification (3) Trace and Track	B2B	Glass waste
13	Dell Technologies, VMware	US	(1) Documentation (3) Trace and Track	B2C	Plastic waste
14	Food Trust	US	(1) Documentation (2) Certification (3) Trace and Track (5) Process automation	B2B	Food waste
15	ReciChain	CA	(1) Documentation (2) Certification (3) Trace and Track	B2B, B2P	Municipal waste
16	Recycle-to-coin	UK	(1) Documentation (4) Tokenization	B2C	Municipal waste
17	Excess Material Exchange	NL	(1) Documentation (2) Certification (3) Trace and Track	B2B	All types of waste
18	Circularise	NL	(1) Documentation (2) Certification (3) Trace and Track	B2B	Industrial waste (Plastics, Textiles, Metals, Automotive, Electronics & more)
19	Empower	NO	(1) Documentation (2) Certification (3) Trace and Track	B2B	Plastic waste
20	Naturecoin	CA	(4) Tokenization (5) Process automation	B2C	Plastic, Tins, Cans

### 1. Agora Tech Lab

Project	Initiatiefnemer	Land	Blockchain	Stakeholder	Soort afval
Agora Tech Lab	Tony Zhao	NL	(3) Traceren en volgen (4) Tokenization	B2B	Gemeentelijk afval

De Rotterdamse start-up Agora Tech Lab wil met blockchaintechnologie participatieve kaders voor afvalbeheer in steden creëren. Op de blockchain worden alle afvalbeheertransacties geregistreerd. Zo wordt de blockchain gebruikt als een database die materiaalstromen in de afvalketen volgt. Op basis van de geregistreerde transacties kunnen burgers worden beloond voor het recyclen van afval via tokens die kunnen worden ingeruild voor lokale diensten (bv. gratis openbaar vervoer, belastingvoordelen enz.). Webpagina's: [\(1\)](#) [\(2\)](#)

## 2. The Plastic Bank Recycling Corp (DBA Plastic Bank)

Project	Initiatiefnemer	Land	Blockchain	Stakeholder	Soort afval
Plastic Bank Recycling Corp.	David Katz	CA	(3) Traceren en volgen (4) Tokenization	B2C	Plastic afval

De Plastic Bank, met hoofdkantoor in Vancouver, British Columbia, Canada, bouwt recycling-ecosystemen op in kustgemeenschappen. Verzamelaars van plastic ontvangen beloningen voor het materiaal dat ze verzamelen, die gebruikt kunnen worden voor basisbehoeften zoals voedsel. Via de blockchain van Plastic Bank worden alle transacties opgeslagen, waardoor inzamelaars precies de waarde krijgen waar ze recht op hebben. Naast traceerbaarheid maakt de blockchain bovendien transparantie en snelle schaalbaarheid mogelijk. Webpagina's: [\(1\)](#)

## 3. Herkomst

Project	Initiatiefnemer	Land	Blockchain	Stakeholder	Soort afval
Herkomst	Jessi Baker	UK	(1) Documentatie 3) Opsporen en volgen	B2C	/

Het in het Verenigd Koninkrijk gevestigde bedrijf Provenance wil transparante toeleveringsketens creëren en mensen in staat stellen bewuste aankoopbeslissingen te nemen. Het platform van Provenance op basis van blockchain en open data maakt het mogelijk om enerzijds productinformatie te verzamelen en anderzijds het hele traject van producten te volgen. Webpagina's: [\(1\)](#)

## 4. Recereum

Project	Initiatiefnemer	Land	Blockchain	Stakeholder	Soort afval
Recereum		IN	(3) Traceren en volgen (4) Tokenization	B2B, B2C	Gemeentelijk afval

Recereum bouwt een op blockchain gebaseerd platform waarmee organisaties zoals gemeenten goede afvalscheiding kunnen belonen via munten. Deze munten kunnen worden gebruikt voor kortingen op bijvoorbeeld energierekeningen. Naast het belonen van goede afvalscheiding worden er ook munten uitgekeerd in ruil voor plastic en aluminium flessen en batterijen en elektronica. Webpagina's: [\(1\)](#), [\(2\)](#)

## 5. Swachhcoin

Project	Initiatiefnemer	Land	Blockchain	Stakeholder	Soort afval
Swachhcoin	NGO	NL	(3) Traceren en volgen (5) Procesautomatisering	B2B	Gemeentelijk afval Industrieel afval

Swachhcoin is een non-profit organisatie. Het project is een op blockchain gebaseerde benadering van het microbeheer van afval van huishoudens en industrieën. Het afval wordt op milieuvriendelijke wijze omgezet in bruikbare producten zoals staal, glas of plastic. Het Swachh ecosysteem is een Decentrale Autonome Organisatie (DAO) die autonoom wordt beheerd op basis van slimme contracten. Webpagina's: [\(1\)](#), [\(2\)](#)

## 6. Europees afvalvervoer op Blockchain

Project	Initiatiefnemer	Land	Blockchain	Stakeholder	Soort afval
Europees afvalvervoer op Blockchain	Publiek	NL	(3) Opsporen en volgen	B2B	Alle soorten afval

De Inspectie Leefomgeving en Transport (ILT) van het Nederlandse infrastructuurministerie houdt toezicht op veel grensoverschrijdingen van afvaltransporten. Hierbij moeten verschillende instanties informatie uitwisselen om het proces te beheren en te controleren. Administratie en controle gebeuren momenteel meestal manueel. De handmatige afhandeling van de processen is echter tijdrovend en complex. ILT werkt aan een oplossing voor dit probleem in het kader van het project "European Waste Transportation on Blockchain" in samenwerking met de

softwarebedrijven LegalThings One en Safety Changer. Met behulp van blockchain en mobiele apps moeten handmatige ingrepen uit de processen verdwijnen en moet efficiënt grensoverschrijdend afvaltransport mogelijk worden. Webpagina's: [\(1\)](#)

## 7. RecycleGO

Project	Initiatiefnemer	Land	Blockchain	Stakeholder	Soort afval
RecycleGO	Stan Chen	US	(2) Certificering 3) Opsporen en volgen		Industrieel afval

RecycleGO levert recyclingdiensten en -technologieën. Het doel is om blockchain en andere technologieën te gebruiken om het recyclingsysteem te verbeteren door recyclingactiviteiten te optimaliseren en leveringsketens en koolstofcompensaties te verifiëren. Het bedrijf biedt bijvoorbeeld een softwareoplossing voor klanten- en activabeheer, evenals facturering en routeplanning voor vervoerders. Via RecycleGO's blockchain-aangedreven grootboek kunnen bedrijven en overheden hun duurzaamheidsimpact verifiëren. Webpagina's: [\(1\)](#)

## 8. INVIZION - NVZN-token

Project	Initiatiefnemer	Land	Blockchain	Stakeholder	Soort afval
NVZN-token	Corp.	US	(2) Certificering 3) Traceren en volgen 4) Tokenization	B2B	Industrieel afval

INVIZION ontwikkelt hun eigen cryptocurrency utility token, NVZN. Het token is gebaseerd op het Ethereum-netwerk en moet een revolutie teweegbrengen in het afvalvolgsysteem. Een token bevat informatie zoals certificering van herkomst en een batchnummer van het geproduceerde afval. Wanneer het afval langs de afvalketen beweegt, kan het gemakkelijk worden getraceerd en gevolgd op een gedecentraliseerd grootboek met behulp van IoT-technologie. De eindbestemming van het afval wordt gevormd door CETS Mobile Hybrid Waste-to-Energy Stations, die elk afval kunnen omzetten in hernieuwbare energie, waardoor de koolstofvoetafdruk van afvalverwerking tot 30% wordt beperkt en de kosten van afvalverwerking tot 20% dalen. Webpagina's: [\(1\)](#)

## 9. Naturipe

Project	Initiatiefnemer	Land	Blockchain	Stakeholder	Soort afval
Naturipe	Corp.	US	(1) Documentatie 2) Certificatie 3) Opsporen en volgen	B2C	Voedselverspilling

In samenwerking met SAP wil Naturipe blockchaintechnologie gebruiken om de transparantie in de voedselvoorzieningsketen te vergroten. Door Naturipe geproduceerde producten zullen worden voorzien van een QR-code op de verpakking. Wanneer klanten de code scannen, zullen zij het certificaat van oorsprong van bijvoorbeeld fruit kunnen zien, samen met informatie over waar het fruit werd geteeld, geplukt, verpakt en hoe het werd opgeslagen op elk punt van de toeleveringsketen. Webpagina's: [\(1\)](#), [\(2\)](#)

## 10. RemediChain, Lipscomb University, Good Shepherd Pharmacy

Project	Initiatiefnemer	Land	Blockchain	Stakeholder	Soort afval
RemediChain	Corp.	US	(1) Documentatie 3) Opsporen en volgen	B2C, C2C	Afval op recept

Het consortium wil verspilling van recepten tegengaan door gebruik te maken van blockchaintechnologie. Het RemediChain grootboek maakt het mogelijk om overtollige geneesmiddelen en medicatie van individuele donoren te verzamelen en te herverdelen onder erkende patiënten in nood. De blockchain helpt de farmaceutische industrie als tussenpersoon te omzeilen en maakt het daardoor mogelijk de medicijnen tegen lagere prijzen te verkopen en zelfs gratis gedoneerde medicijnen te verspreiden. Individuele donoren kunnen ook verlopen medicatie doneren, die zal worden verzameld, gevolgd en veilig verwijderd. Webpagina's: [\(1\)](#)

## 11. Rocky Mountain Bottle Company

Project	Initiatiefnemer	Land	Blockchain	Stakeholder	Soort afval
Systeem voor traceerbaarheid van recycling (RTS) door EOW	Corp.	US	(2) Certificering 3) Opsporen en volgen	B2B	Glasafval

De Rocky Mountain Bottle Company werkt samen met de End of Waste Foundation (EOW) om een circulaire economie in de glasindustrie te creëren. EOW's Recycling Traceability System (RTS, voorheen bekend als Blockchain Waste Traceability Software (BWTS)) wordt gebruikt om glasafval te traceren. Het stelt materiaalherwinningsinstallaties (MRF's), glasverwerkers en glasfabrikanten in staat om glasafval in de hele recyclingketen te volgen. MRF's bepalen de hoeveelheid glas die wordt geleverd aan verwerkers, die vervolgens

de hoeveelheden valideren en rapporteren aan fabrikanten, die ze valideren en rapporteren aan de EOW. De EOW geeft een glascertificaat uit met de gegevens over hoeveel glas de stortplaats heeft vermeden. Glascertificaten kunnen worden gekocht door bedrijven en particulieren die duurzamer willen worden en hun koolstofvoetafdruk willen compenseren. Webpagina's: [\(1\)](#), [\(2\)](#)

## 12. Ripple Glass

Project	Initiatiefnemer	Land	Blockchain	Stakeholder	Soort afval
Systeem voor traceerbaarheid van recycling (RTS) door EOW	Corp.	US	(1) Documentatie (2) Certificering (3) Opsporen en volgen	B2B	Glasafval

Vergelijkbaar met case (10) werkt Ripple Glass ook samen met de End of Waste of Foundation (EOW) om hun Recycling Traceability System (RTS, voorheen bekend als Blockchain Waste Traceability Software (BWTS)) te kunnen gebruiken. Ripple Glass is van plan om met behulp van RTS de recyclingpercentages te verhogen, omdat het onveranderlijke gegevens over recyclingpercentages zal opleveren. RTS verbindt materiaal terugwinningsinstallaties (MRF's), glasverwerkers en glasfabrikanten om glasafval in de recyclingketen beter te kunnen volgen. MRF's bepalen de hoeveelheid glas die wordt geleverd aan de verwerkers, die vervolgens de hoeveelheden valideren en rapporteren aan de fabrikanten, die ze valideren en rapporteren aan de EOW. De EOW geeft een glascertificaat uit met de gegevens over hoeveel glas de stortplaats heeft vermeden. Glascertificaten kunnen worden gekocht door bedrijven en particulieren die duurzamer willen worden en hun koolstofvoetafdruk willen compenseren. Webpagina's: [\(1\)](#), [\(2\)](#)

## 13. Dell Technologies, VMware

Project	Initiatiefnemer	Land	Blockchain	Stakeholder	Soort afval
Dell Technologies, VMware	Corp.	US	(1) Documentatie (3) Opsporen en volgen	B2C	Plastic afval

Dell werkt samen met VMware om de gerecyclede verpakkingen van Dell te traceren. VMware biedt blockchaintechnologieën waarmee gerecyclede plastic kan worden getraceerd. Klanten zullen de herkomst van het gerecyclede materiaal kunnen zien, welk type plastic het is en waar het is teruggewonnen. Webpagina's: [\(1\)](#)

## 14. Nestlé, Kruidenier, IBM

Project	Initiatiefnemer	Land	Blockchain	Stakeholder	Soort afval
Food Trust	Corp.	US	(1) Documentatie ( 2) Certificatie ( 3) Traceren en volgen (5) Procesautomatisering	B2B	Voedselverspilling

Nestlé en Grocer (Carrefour) werken samen met IBM om te profiteren van hun Food Trust Blockchain-technologie. Food Trust is een netwerk dat streeft naar een duurzamere en slimmere voedselindustrie. De technologie op basis van blockchain volgt individuele voedselitems en geeft geautoriseerde gebruikers toegang tot informatie over de hele voedselvoorzieningsketen, gegevens over de herkomst en huidige locatie van individuele voedselitems, evenals certificeringen, testgegevens en temperatuurgegevens. Nestlé en Grocer begonnen de technologie te testen met slechts één product, maar hebben het assortiment producten dat met Food Trust wordt gevolgd al uitgebreid. Webpagina's: [\(1\)](#)

## 15. reciChain BASF

Project	Initiatiefnemer	Land	Blockchain	Stakeholder	Soort afval
ReciChain	BASF	CA	(1) Documentatie (2) Certificering (3) Opsporen en volgen	B2B, B2P	Vast afval

BASF heeft in Canada het proefproject reciChain gelanceerd met als doel een meer concurrerende circulaire toeleveringsketen. Door gebruik te maken van een blockchainplatform met een digitale badge en loop count-technologie is het sorteren, traceren en monitoren van kunststoffen verbeterd. Gegevens worden transparant gedeeld tussen marktdeelnemers en de levenscyclus van kunststoffen wordt verlengd. Als gevolg van sociale ongelijkheid werd het project voor het eerst gelanceerd in Brazilië om de bezorgdheid over de afgifte van recyclingcertificaten weg te nemen. Webpagina's: [\(1\)](#)

## 16. Recycle-to-coin

Project	Initiatiefnemer	Land	Blockchain	Stakeholder	Soort afval
---------	-----------------	------	------------	-------------	-------------

Recycle-to-coin	Individueel	UK	(1) Documentatie (4) Tokenization	B2C	Vast afval
-----------------	-------------	----	--------------------------------------	-----	------------

Recycle-to-coin is een beloningssysteem dat in 2017 is uitgegeven door Blockchain Development Company (BCDC). Met behulp van een op een app gebaseerd systeem wordt het recyclen van plastic, aluminium en stalen blikjes beloond in de vorm van tokens. ICO mislukt, Website ligt plat. Webpagina's: [\(1\)](#)

### 17. Uitwisseling van overtollige materialen (EME)

Project	Initiatiefnemer	Land	Blockchain	Stakeholder	Soort afval
Uitwisseling van overtollig materiaal	Individueel	NL	(1) Documentatie (2) Certificering (3) Opsporen en volgen	B2B	Alle soorten afval

EME is een digitaal matching platform om niet-gebruikte (afval)materialen te recyclen. Hun vierstappenmodel is erop gericht de financiële waarde te verhogen en de ecologische voetafdruk te verkleinen. Allereerst geeft het grondstoffenpaspoort een overzicht van de herkomst en losmaakbaarheid van het product. Het paspoort is voorzien van een QR-code om de waardeketens van de grondstoffen te kunnen volgen. De potentiële toegevoegde financiële, ecologische en sociale waarde wordt berekend om realistische opties voor hergebruik van materialen en producten te vinden. In samenwerking met innovatieve partners kunnen de ambities van de circulaire economie werkelijkheid worden. Webpagina's: [\(1\)](#)

### 18. Circulariseren

Project	Initiatiefnemer	Land	Blockchain	Stakeholder	Soort afval
Circulariseren	Individueel	NL	(1) Documentatie (2) Certificering (3) Opsporen en volgen	B2B	Industrieel afval (kunststoffen, textiel, metalen, auto's, elektronica en meer)

Met ketenintegriteit en compliance helpt Circularise belanghebbenden om grondstoffen te traceren. Hun missie is om de overgang naar een circulaire economie te versnellen en duurzame praktijken op massale schaal mogelijk te maken. Webpagina's: [\(1\)](#)

### 19. Empower

Project	Initiatiefnemer	Land	Blockchain	Stakeholder	Soort afval
Empower	Individueel	GEEN	(1) Documentatie (2) Certificering (3) Opsporen en volgen	B2B	Plastic afval

Op basis van het Noorse statiegeldsysteem voor flessen bouwde Empower een wereldwijd ecosysteem voor plastic afval. Een verscheidenheid aan plastic inzamelpunten zorgt voor een kostenefficiënte inzameling van afval. Door tracking en digitale inventarisatie zorgen zij ervoor dat het merendeel van het plastic wordt hergebruikt en gerecycled. Het ingezamelde plastic wordt beloond met een token. Door transparantie kunnen ze ervoor zorgen dat plastic daar terecht komt waar het de hoogste waarde heeft en de laagste kosten voor maatschappij en milieu. Webpagina's: [\(1\)](#)

### 20. Naturecoin

Project	Initiatiefnemer	Land	Blockchain	Stakeholder	Soort afval
Naturecoin	Individueel	CA	(4) Tokenization (5) Procesautomatisering	B2C	Plastic, blikken, blikjes

Het gedecentraliseerde peer-to-peer transactiemodel belooft individuen voor recycling. Naturecoin gebruikt slimme bakken voor recycling in steden. De Naturecoin-app analyseert het afval en berekent een beloning die wordt verstrekt in de vorm van de cryptocurrency "Naturecoins". Toeristen kunnen de munten vervolgens inwisselen voor goederen of diensten, bijvoorbeeld vervoer of souvenirs. Webpagina's: [\(1\)](#)