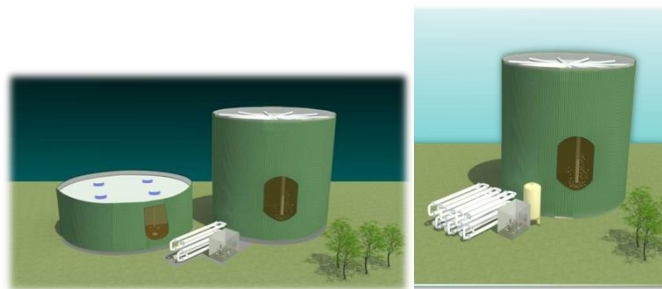


# Innovative Process for Alginate production from Nereda® Sludge

## I-PANES



### Eindrapport

Amersfoort, januari 2019

“Het project is uitgevoerd met subsidie van het Ministerie van Economische Zaken, Nationale regelingen EZ-subsidies, Topsector Energie uitgevoerd door Rijksdienst voor Ondernemend Nederland.”.

## Inhoud

|       |                                                                                       |    |
|-------|---------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 1     | Gegevens Project.....                                                                 | 3  |
| 1.1   | Projecttitel .....                                                                    | 3  |
| 1.2   | Projectnummer .....                                                                   | 3  |
| 1.3   | Partners.....                                                                         | 3  |
| 1.4   | Projectperiode.....                                                                   | 3  |
| 2     | Inhoudelijk eindrapport .....                                                         | 4  |
| 2.1   | Samenvatting.....                                                                     | 4  |
| 2.2   | Inleiding: Van Nereda naar ALE-extractie.....                                         | 5  |
| 2.3   | Doelstelling .....                                                                    | 6  |
| 2.4   | Werkwijze .....                                                                       | 6  |
| 2.5   | Resultaten .....                                                                      | 7  |
| 2.5.1 | Resultaten samenhang alginaatvorming en afvalwaterzuivering .....                     | 7  |
| 2.5.2 | Resultaten onderzoek samenstelling en karakteristieken korrelslib en ALE-productie .. | 7  |
| 2.5.3 | Resultaten ontwikkeling ALE-extractieproces en pilotonderzoek .....                   | 7  |
| 2.6   | Financiële vergelijking.....                                                          | 8  |
| 2.7   | Mogelijkheden voor Spin-off .....                                                     | 9  |
| 2.8   | Conclusies .....                                                                      | 9  |
| 2.9   | Vervolg.....                                                                          | 9  |
| 3     | Uitvoering van het project.....                                                       | 11 |
| 3.1   | Ondervonden problemen .....                                                           | 11 |
| 3.2   | Wijzigingen ten opzichte van het projectplan .....                                    | 11 |
| 3.3   | Toelichting op verschillen tussen begroting en werkelijk gemaakte kosten .....        | 11 |
| 3.4   | Kennisverspreiding.....                                                               | 11 |
| 3.5   | PR project en verdere PR mogelijkheden.....                                           | 11 |

# 1 Gegevens Project

## 1.1 Projecttitel

Innovative Process for Alginate production from Nereda® Sludge (I-PANES)

## 1.2 Projectnummer

Projectnummer: TEBE114011

## 1.3 Partners

| Naam deelnemer                                                  | Type organisatie                       | Rol in project                                              |
|-----------------------------------------------------------------|----------------------------------------|-------------------------------------------------------------|
| Royal HaskoningDHV<br>(verder RHDHV)                            | Groot bedrijf                          | Technologieontwikkelaar en penvoerder                       |
| TU Delft                                                        | Kennisinstelling                       | Onderzoek, ontwikkeling en kennisverspreiding               |
| Waterschap Rijn en IJssel<br>(verder WRIJ)                      | Overheid<br>(economische activiteiten) | Eindgebruiker en mede-ontwikkelaar                          |
| Waterschap Vallei en Veluwe<br>(verder WVV)                     | Overheid<br>(economische activiteiten) | Eindgebruiker en mede-ontwikkelaar                          |
| Stichting Toegepast<br>Onderzoek Waterbeheer<br>(verder: STOWA) | Kennisinstelling                       | Coördinatie kennisontwikkeling en kennisverspreiding        |
| Kenniscentrum Papier en Karton<br>(verder: KCPK)                | MKB                                    | Kennisverspreiding, productontwikkeling en afnemer alginaat |
| Waterschap Vechtstromen<br>(verder: WVe)                        | Overheid<br>(economische activiteiten) | Eindgebruiker en mede-ontwikkelaar                          |

## 1.4 Projectperiode

De projectperiode liep van 7 oktober 2014 – 7 oktober 2018

## 2 Inhoudelijk eindrapport

### 2.1 Samenvatting

Doel van dit project was om een grote bijdrage te leveren aan onderzoek naar de productie en extractie van hoogwaardige alginate-like exopolysaccharides (ALE) uit Nereda® korrelslib. Het cascaderend gebruik van biomassa komt tot uiting bij de omzetting van Nereda® korrelslib naar een vermarktbaar eindproduct.

Daarnaast zal een sterk energievoordeel ontstaan door vermindering van het slib en door betere ontwaterbaarheid en efficiëntere slibvergisting.

#### Achtergrond

Op dit ogenblik wordt jaarlijks wereldwijd 36.000 ton alginaat geproduceerd uit zeewieren ten koste van voedselproductie. Het geproduceerde alginaat wordt in een later stadium opgewerkt tot maatproducten voor bijvoorbeeld de papier en textielsector. Tijdens de eerste jaren van gebruik van de innovatieve Nereda® technologie voor waterbehandeling is gebleken dat naast een zeer efficiënt zuiveringsproces ook een restproduct in de vorm van korrelslib geproduceerd wordt. Dit korrelslib bevat tussen de 20 en 40% alginate like exopoly-saccharides (ALE) wat op verschillende manieren in verschillende sectoren toegepast kan worden. Bij de extractie van ALE blijft een reststroom over die zeer goed ontwaterbaar is. Daarnaast kan een ander product gemaakt worden (Nereda®-granulaat) welke kan dienen als meststof en/of bodemverbeteraar.

#### Probleemstelling en doelstellingen

De beoogde doorbraak in dit project was om bacterieel alginaat te produceren uit Nereda® korrelslib. Het thans verkrijgbare alginaat wordt geproduceerd uit zeewieren. Belangrijke deelinnovaties daarbij zijn:

1. Onttrekking van bacterieel alginaat via de extractie van ALE uit korrelslib afkomstig van Nereda® afvalwaterzuiveringsinstallaties.
2. Energiezuinige productie van Nereda®-granulaat voor toepassing als meststof en/of bodemverbeteraar.

#### Behaalde resultaten

- Inzicht in de samenstelling van ALE
- ALE extractie: Binnen het onderzoek zijn verschillende extractiemethoden getest. Uit de testen komt een alkalische extractie en zure precipitatie als meest kansrijk naar voren.
- De afzet van ALE is cruciaal voor het slagen van het project. Een toepassing in de landbouw lijkt op dit moment het meest voor de hand te liggen. Mogelijk kan ALE in de toekomst worden benut in biocomposietmateriaal.
- Uit het onderzoek blijkt dat de reststromen die vrijkomen bij ALE extractie nog goed vergistbaar zijn. Ongeveer even goed als gewoon zuiveringsslib. Doordat circa 30% van de organische stof in het korrelslib als ALE wordt gewonnen, is de slibreductie groter dan als er alleen vergisting plaatsvindt. Een ander effect van ALE extractie is dat er ruimte ontstaat in bestaande slibgistingstanks voor vergisting van slib dat nu nog niet wordt vergist. Een combinatie van ALE extractie en slibvergisting zorgt dus per saldo voor een lagere slibproductie en hogere biogasproductie. Energiebesparing door slibreductie en efficiëntere slibgisting bij RWZI's: in potentie 39 miljoen kWh/jaar;
- Minder CO<sub>2</sub>-uitstoot: Door slibreductie en efficiëntere slibgisting, in potentie in Nederland 2.614 ton CO<sub>2</sub> besparing per jaar;
  - Ontwikkelen van nieuwe kennis omtrent ALE vorming en extractieprocessen.

Het project werd uitgevoerd door een breed consortium bestaande uit een technologie-ontwikkelaar (Royal HaskoningDHV), launching customers (Waterschappen Vallei en Veluwe, Rijn en IJssel), koploperwaterschap Vechtstromen, onderzoeksinstituten (TU Delft, STOWA) en een kennisverspreider en toepassingsontwikkelaar (Kenniscentrum Papier en Karton). De expertise binnen dit consortium biedt een garantie dat de resultaten van iPANES optimaal zullen zijn.

## **2.2 Inleiding: Van Nereda naar ALE-extractie**

De Nederlandse watersector is zeer actief bezig met de ontwikkeling van nieuwe energiezuinige technieken voor het zuiveren van afvalwater. Naast een gunstige energiehuishouding wordt ook gekeken naar de terugwinning van waardevolle grondstoffen en naar de “footprint” (omvang en oppervlakte) van een installatie. De Nereda® technologie combineert de voordelen van het actief slibproces met de goede bezinkeigenschappen van aeroob korrelslib en neemt weinig ruimte in beslag. Deze technologie bespaart meer dan 30% energie ten opzichte van een actiefslib systeem.

Uniek in het Nereda® zuiveringsproces is de groei van slib in korrels. Tijdens onderzoek naar het proces van korrelvorming is een biopolymeer(alginate-like exopolysaccharide (ALE)) ontdekt met eigenschappen die sterk overeenkomen met die van alginaat. Onderzoek toont aan dat het mogelijk is dit alginaat uit de Nereda® korrel te extraheren.

De doorbraak die dit project beoogt, is uit Nereda®korrelslib alginaat te produceren dan wel het alginaat in de korrel te benutten.

De voordelen zijn groot:

- 1) een belangrijke impuls aan de verbetering van de energiehuishouding van de watercyclus
- 2) een sterke bijdrage aan beperking van de ecologische footprint van de huidige productie en de opwerking van alginaat;
- 3) een belangrijke verduurzaming en verbetering van de efficiency van de waterbehandeling (verbetering van de kwaliteit van het effluent, vermindering van het energieverbruik, verlaging van de slibproductie en lager chemicaliën verbruik).
- 4) Sluiting van de kringloop.

Vanaf 1998 is in nauwe samenwerking binnen de Nederlandse watersector onderzoek uitgevoerd naar de haalbaarheid van de aerobe korrelslibtechnologie. Deze technologie heeft in 2005 een doorbraak gekend en hieruit is de Nereda® technologie ontstaan. De ontwikkeling van de Nereda® technologie kan zondermeer succesvol worden genoemd. Inmiddels zijn vijf huishoudelijke praktijkinstallaties in Nederland gerealiseerd en is de roll-out naar het buitenland toe in volle gang. Tijdens het pilotproject op de rwzi Epe is ontdekt dat de Nereda® korrel exo-polysacchariden bevat met de eigenschappen van alginaat<sup>1</sup>.

Sindsdien zijn op het lab van TU Delft en Royal HaskoningDHV diverse initiërende onderzoeken uitgevoerd. Dit betreffen onderzoeken naar:

- extractiemethoden om het alginaat uit de korrel te halen, door het extractieproces van wieren op de Nereda® korrel te testen;
- onderzoek naar alternatieve extractiemethoden (TU delft);
- markttoepassingen en –afzet van alginaat;
- financiële haalbaarheid van alginaatextractie en –productie;
- oriënterende haalbaarheidsberekeningen voor de rwzi Utrecht.
- analyses naar de samenstelling van Nereda® granulaat (gedroogde Nereda®korrel) in samenwerking met Cebeco.

---

<sup>1</sup> Lin, Y., Kreuk, M. de., Loosdrecht, M.C.M. van., Adin, A. (2010). Characterization of alginate-like exopolysaccharides isolated from aerobic granular sludge in pilot-plant. Water Research 44: 3355-3364.

Het resultaat van bovenstaande onderzoeken heeft geleid tot de overtuiging dat de duurzame benutting van de Nereda® korrel kan leiden tot interessante businesscases.

## 2.3 Doelstelling

Het doel van dit project is tweeledig:

1. De ontwikkeling van een innovatief productieproces om van Nereda® korrelslib alginate-like exopolysaccharides (ALE) te produceren, alsook van het korrelslib granulaat te maken.
2. De energiehuishouding van RWZI's en industriële afvalzuiveringsinstallaties verbeteren door de ontwikkeling van een technologie waarbij de slibhoeveelheid afneemt, de vergisting van slib en ontwaterbaarheid verbeterd wordt.

Dit vertaalt zich in de volgende subdoelen:

- ✓ Ontwikkelen van een geschikt **productieproces voor Nereda® granulaat** om het geschikt te maken voor afzet naar land- en tuinbouw;
- ✓ Een zo **efficiënt mogelijk alginaat extractieproces** en een productieproces / cascaderende keten te ontwikkelen voor de omzetting van korrelslib naar alginaat met de volgende targets:
- ✓ **Vervangen van alginaat**, dat nu grotendeels in Azië (57%) en Europa (37%) wordt gewonnen uit zeewier, dat uit kwetsbare kustgebieden wordt gehaald en als voedselbron kan dienen;
- ✓ **Creëren van nieuwe afzetmarkten voor bacterieel alginaat**, door onderzoek mogelijk te maken naar nieuwe toepassingen binnen de papier- en textielindustrie kan alginaat als een alternatief en duurzaam bestanddeel ingezet worden;
- ✓ Het **verhogen van de efficiency van de afvalwaterzuiveringsinstallatie**. Korrelslib wordt beschouwd als een afvalstroom met een negatieve marktwaarde. Het transporteren en verwerken van korrelslib is kostbaar (€ 400,- per ton droge stof) en door het relatief hoge watergehalte kost de verwerking (indikken/drogen) veel energie. Door de exo-polysacchariden (alginaat) te verwijderen uit het slib zal een verbetering van het afvalwater-zuiveringsproces mogelijk zijn;
- ✓ **Efficiëntere slibgisting**
- ✓ **Vermindering van het volume** aan slib met circa 25% en dus een zeer sterke reductie van transportbewegingen;
- ✓ **Verbetering van de ontwaterbaarheid** van de resterende slibstroom;
- ✓ **Minimaliseren van reststoffen**: optimaal gebruik van resources door productie van alginaat en Nereda® granulaat.

Het uitgangspunt van dit project was het uitvoeren van pilotonderzoek en laboratoriumonderzoek met als doelstellingen:

- Onderzoek samenhang Alginaatvorming en afvalwaterzuivering (labonderzoek)
- Onderzoek samenstelling en karakteristieken korrelslib en ALE-productie (labonderzoek)
- Het opschalen van proof-of-principle naar pilot schaal (pilotonderzoek).
- Onderzoek toepasbaarheid verkregen product bij eindgebruikers (validatie)

## 2.4 Werkwijze

Het onderzoek bestond uit twee fases: (I) labonderzoek en (II) pilotonderzoek. Het labonderzoek behelsde batchtesten. Het pilotonderzoek omvatte vergelijkend onderzoek waarbij een opstelling voor de productie van ALE is ontwikkeld en onder representatieve omstandigheden is getest. De schaalgrootte van het pilotonderzoek bedroeg circa 1-2 m<sup>3</sup>.



*Foto: Pilotopstelling Apeldoorn*

Voordeel van het pilotonderzoek was dat vanwege de gehanteerde schaalgrootte het mogelijk is geweest om representatieve ontwateringstesten uit te voeren met een mobiele centrifuge op praktijkschaal. Voor het opstellen van een transparante business case was dit wenselijk.

## **2.5 Resultaten**

### *2.5.1 Resultaten samenhang alginaatvorming en afvalwaterzuivering*

ALE extractie is gedaan op korrelslib en spuislib van verschillende Nereda installaties in verschillende seizoenen. Uit het onderzoek komt een vrij constant beeld naar voren: het korrelslib en het spuislib bevat altijd circa 25-30% ALE. Op pilotschaal wordt zelfs circa 35% ALE geëxtraheerd maar deze ALE is waarschijnlijk minder zuiver doordat de afscheiding met centrifuges anders is dan op labschaal.

### *2.5.2 Resultaten onderzoek samenstelling en karakteristieken korrelslib en ALE-productie*

ALE kan gekarakteriseerd worden als een organisch mengsel van polysachariden, eiwitten en humuszuren. De binding met calcium lijkt sterk op alginaat uit zeewier.

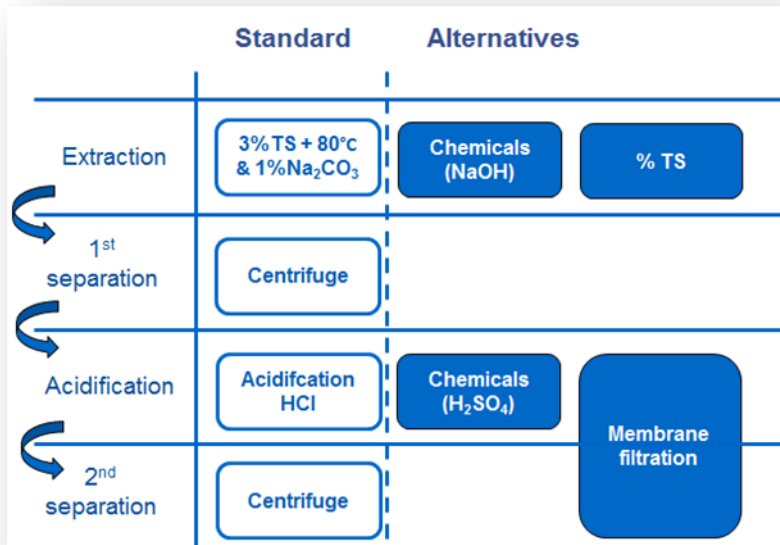


*Foto: Calcium -ALE gel bolletjes als check dat het product ook echt alginaat achtige biopolymeren bevat*

Op basis van de verschillende ALE karakterisaties konden geen grote verschillen in samenstelling worden aangetoond. De extractietijd en temperatuur zijn bepalend voor de afdoding van pathogene bacteriën. Het hangt van de toepassing af hoe kritisch pathogenen zijn.

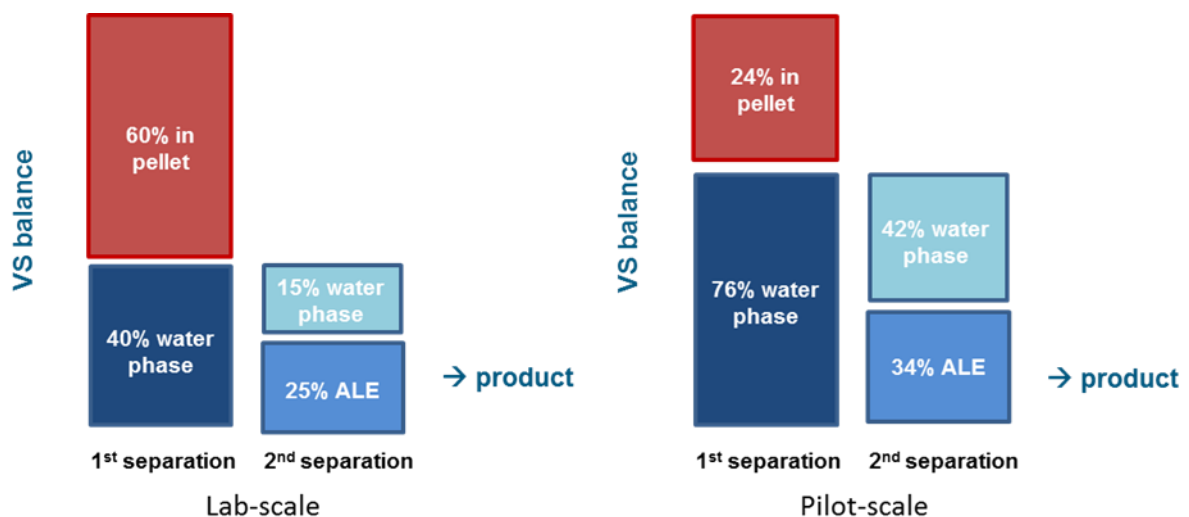
### *2.5.3 Resultaten ontwikkeling ALE-extractieproces en pilotonderzoek*

De ALE extractie op labschaal laat zich redelijk goed vertalen naar pilotschaal. Binnen het onderzoek zijn verschillende extractiemethoden getest. Uit de testen komt een alkalische extractie en zure precipitatie als meest kansrijk naar voren.



Figuur: Verschillende extracties die zijn onderzocht op pilotschaal

Verder blijkt dat de afscheidingsrendementen van de centrifuge op pilotschaal iets minder goed zijn dan op labschaal. Omdat de centrifuge gebruikt wordt voor afscheiding van slibdeeltjes en ALE die in oplossing is gegaan door extractie, komt er op pilotschaal iets meer organische stof in de ALE oplossing.



Figuur: rendement labopstelling versus pilotschaal

Hierdoor is de totale hoeveelheid product wat hoger maar de ALE is waarschijnlijk wat minder zuiver. Afhankelijk van de toepassing is dit wel of geen probleem. Vooral nog zijn er geen signalen dat een lager afscheidingsrendement van de centrifuge een probleem geeft voor de afzet van ALE.

## 2.6 Financiële vergelijking

De business case wordt vooral bepaald door de marktwaaarde van de ALE en deze is afhankelijk van de uiteindelijke toepassing. De marktwaaarde moet uiteraard wel hoger zijn dan de kosten die

gemaakt moeten worden voor extractie. Extractiekosten liggen nu op 1-1,5 euro/kg ALE maar kunnen mogelijk nog dalen door optimalisaties als de eerste extractie installaties in bedrijf zijn. Het is nog niet helemaal duidelijk wat een landbouwtoepassing op kan gaan leveren aan marktwaarde, mogelijk ligt dit nog lager dan de extractiekosten die nu worden gemaakt. Echter door grotere hoeveelheden ALE te produceren kunnen andere toepassingen sneller worden verkend.

## **2.7 Mogelijkheden voor Spin-off**

De betrokken Waterschappen zien het onderzoek als een noodzakelijke stap in de verdere beslissingen omtrent investeringen in volgende full-scale extractie installaties. Het onderzoek heeft er mede toe geleid dat medio 2015 een DEI aanvraag is gedaan en verkregen voor realisatie van 2 Alginaat Extractie Installaties (AEI) bij de waterschappen WRIJ en WVE. De installatie in Zutphen is medio 2019 gereed en operationeel, die in Epe naar verwachting in de tweede helft van 2019.

De opgedane kennis wordt bij de TU Delft en RHDHV gebruikt voor vervolgonderzoek naar het proces en naar mogelijke koppelingen met andere innovaties (ontwikkeling van bio-polymeren, teruggwinning van cellulose en fosfaat, etc.)

Voor de STOWA is de ontwikkelde kennis belangrijk voor kennisverspreiding binnen de watersector. Winning van ALE is een van de speerpunten geworden binnen de agenda voor bijdrage van de waterschappen aan de circulaire economie. De toepassingen en ontwikkelingen zijn wellicht ook interessant voor andere organisaties waarbij korrelslibzuiveringen toegepast worden.

Voor de KCKP hebben de uitkomsten van het onderzoek geleid tot inzicht in mogelijkheden voor alginaattoepassing in de papier- en kartonindustrie. Helaas heeft dit nog niet tot concrete toepassingsmogelijkheden geleid. Eventueel vervolgonderzoek naar nieuwe toepassingen zelf zal bij de afnemers plaatsvinden en was geen onderdeel van dit project.

## **2.8 Conclusies**

Het project is succesvol afgesloten. De aannames en vooronderstellingen bij het schrijven van het projectvoorstel zijn door het uitgevoerde onderzoek bevestigd.

ALE blijkt zowel op lab- als pilotschaal goed te extraheren uit korrelslib dat afkomstig is uit verschillende Nereda installaties. De hoeveelheid ALE die geëxtraheerd kan worden is circa 30% van de organische stof in het slib met beperkte variatie tussen de verschillende Nereda installaties. De extractietemperatuur en -tijd en de loogdosering zijn belangrijke parameters waarmee gestuurd kan worden op een optimaal resultaat. Voor de korte termijn lijkt afzet richting landbouw het meest kansrijk.

## **2.9 Vervolg**

Hoewel de pilot plantonderzoeken tot meer inzicht in de productie van ALE hebben geleid zijn er natuurlijk ook nog vragen en/of onduidelijkheden. Om nader diepgaand onderzoek uit te voeren zijn op de TU Delft momenteel 2 PhD studenten gestart om het (theoretische) inzicht in ALE verder te verdiepen. Er komen de komende periode nog 2 PhD studenten bij. Daarnaast zijn op de TU op andere faculteiten studenten en PhD-ers bezig met onderzoek naar de toepassingsmogelijkheden.

De naam ALE is inmiddels vervangen door de merknaam KAUMERA. De introductie van deze nieuwe naam vond plaats op de Dutch Design Week 2018. Voor de gezamenlijke waterschappen en STOWA is KAUMERA een van de speerpunten binnen het streven om meer energie en grondstoffen uit afvalwater terug te winnen.

Het onderzoek heeft er mede toe geleid dat medio 2015 een DEI-aanvraag is gedaan en verkregen voor realisatie van 2 Alginaat Extractie Installaties (AEI) bij de waterschappen WRIJ en WVV. De installatie in Zutphen is in aanbouw en medio 2019 gereed en operationeel, die in Epe naar verwachting in de tweede helft van 2019.

Door WRIJ, WVV en de STOWA is in samenwerking met Chaincraft/Simadan LIFE-subsidie verkregen voor demonstratieactiviteiten aansluitend aan dit project. De demonstratie betreft met name het opschalen van de technologie van halffabrikaat naar marktgereed eindproduct. Chaincraft en Simadan vormen hierin de essentiële schakel naar de markt. Binnen het LIFE-project zullen ook businesscases voor buitenlandse installaties worden onderzocht.

## 3 Uitvoering van het project

### 3.1 Ondervonden problemen

Tijdens het project zijn inhoudelijk en technisch geen grote problemen ondervonden. Het project heeft zowel in de ontwikkeling van de pilot als in de opstartfase wel kleinere technische problemen gekend, met name schuimvorming en opwarming van het slib.

In organisatorisch opzicht hebben de partners goed samengewerkt en zijn geen bijzondere problemen ondervonden. De succesvolle projectuitvoering heeft er bij de waterschappen toe geleid dat voldoende vertrouwen bestaat dat ook een full-scale demonstratieproject succesvol kan verlopen.

### 3.2 Wijzigingen ten opzichte van het projectplan

Er zijn geen inhoudelijke wijzigingen ten opzichte van het projectplan opgetreden.

### 3.3 Toelichting op verschillen tussen begroting en werkelijk gemaakte kosten

De totale kosten zijn fors overschreden ten opzichte van de begroting. Dit komt met name doordat de complexiteit van het project toch groter was dan vooraf ingeschat. Met name het bepalen van de feitelijke samenstelling van het product bleek een veel grotere opgave dan vooraf ingeschat. Ook de complexiteit van de pilot was groter dan vooraf ingeschat. Na een eerste pilotfase is ook besloten de pilot langer door te zetten, om zo meer betrouwbare gegevens te verkrijgen die essentieel zijn voor het ontwikkelen van de demonstratie-installatie.

Voor de projectpartners waren de kostenoverschrijdingen aanvaardbaar, mede gezien de ambitieuze lange termijn doelstellingen van de waterschappen.

### 3.4 Kennisverspreiding

Het project heeft actief aandacht aan kennisverspreiding gegeven. Gedurende de looptijd van het project hebben vertegenwoordigers namens het project presentaties gegeven en heeft er publicatie van (tussentijdse) resultaten plaatsgevonden.

### 3.5 PR project en verdere PR mogelijkheden

Het project heeft een goede PR gehad tijdens de uitvoering. De resultaten zijn zowel intern als extern breed gedeeld, overige waterschappen in Nederland konden via het platform Energie- en Grondstoffabriek de voortgang volgen.

Voor de periode na het project geldt dat de bouw van de demonstratie-installaties wordt gefinancierd vanuit de DEI en in beperkte mate vanuit LIFE, de monitoring na ingebruikname en verdere kennisverspreiding worden vanuit de verkregen LIFE subsidie meegefinancierd. Omdat LIFE een demonstratieregeling is waarin kennisverspreiding en communicatie veel aandacht dienen te krijgen, ondersteunt dit in hoge mate de ambities van de Nederlandse TSE regelingen: ontwikkelen en (internationaal) positioneren van innovatieve technologie op het gebied van energie-efficiency en duurzame energie. Binnen LIFE zal de communicatie plaatsvinden via website, publicaties, bijdragen aan (internationale) congressen, organiseren van open dagen en (internationale) netwerkbijeenkomsten.