



---

# Quick scan kationiseren cellulose

---



---

Aquaminerals BV

---

**Auteurs:**  
Hans Wouters  
Remmie Neef

---

## INHOUDSOPGAVE

---

Colofon .....	3
1 Inleiding .....	4
2 Beschrijving toepassing .....	5
2.1 Terugwinnen cellulose.....	5
2.2 Kationiseren van cellulose.....	5
2.3 Toevoegen van kationisch cellulose .....	7
2.4 Procesopzet .....	7
3 Business case .....	8
3.1 Uitgangspunten .....	8
3.2 Indikken van slib .....	9
3.3 Slibontwatering .....	10
4 Duurzaamheid .....	11
4.1 GER-waarden.....	11
4.2 CO <sub>2</sub> -voetafdruk.....	12
4.2.1 Indikken van slib .....	12
4.2.2 Slibontwatering .....	12
5 Praktisch onderzoek .....	13
6 Conclusies en aanbevelingen .....	14
7 Referenties .....	15

## COLOFON

---

<b>Referentie</b>		
<b>Project nummer</b>	<i>18-031</i>	
<b>Titel</b>	<i>Quick scan kationiseren cellulose</i>	
<b>Document naam</b>	<i>20190322 Quick scan kationiseren cellulose</i>	
<b>Auteurs</b>	<i>Remmie Neef</i>	
<b>Bijdrage</b>	<i>Hans Wouters</i>	
<b>Goedgekeurd voor vrijgave</b>	<i>Hans Wouters</i>	2 april 2019
<b>Versie 0</b>	<i>Concept</i>	
<b>Versie 1</b>	<i>Definitief concept ter bespreking</i>	2 april 2019
<b>Versie 2</b>		

# 1 INLEIDING

---

In de periode 2014 – 2017 vond op de RWZI Ulrum het onderzoek Cellulose Assisted Dewatering of Sludge (CADOs) plaats (zie ook [www.cados.nl](http://www.cados.nl)). Dit onderzoek richtte zich op verwaarding van cellulose vezels in het afvalwater en die verwaarding te laten plaatsvinden op de zuivering zelf, binnen de hekken van de RWZI. Hiermee worden externe factoren (marktfactoren, wettelijke beperkingen) uitgesloten, en is het implementatietraject korter en minder onzeker. De essentie van CADOs is het afscheiden van de in het rioolwater aanwezige cellulose en het direct in het proces benutten ervan als natuurlijk filterhulpmiddel voor de ontwatering van zuiveringsslib. Met als resultaat een efficiënter ontwateringsproces en lagere operationele kosten. Verwerking van dit ontwaterde slib dient vervolgens plaats te vinden in een droge (GFT) vergisting van een externe verwerker. Hierbij wordt het biogaspotentieel optimaal benut. Met dit onderzoek is aangetoond dat op deze wijze een hoger percentage droge stof in de slibkoek kan worden behaald.

Tijdens het CADOs-project is het idee geopperd om te onderzoeken of het mogelijk is om de cellulosevezel van een lading te voorzien zodat deze kan worden ingezet als vlokhulpmiddel bij ontwatering van slib. Dit ter vervanging van PE van petrochemische oorsprong of ijzerchloride. Op laboratoriumschaal is aangetoond [1] dat cellulosevezel in het zeefgoed van de fijnzeef van een positieve (kationische) lading kan worden voorzien en toegevoegd aan slib de indikking en ontwatering verbetert.

In deze Quick Scan worden een aantal aspecten ten aanzien van het kationiseren van cellulose en het toepassen als vlokhulpmiddel bij het ontwateren van slib nader beschouwd. Naast een beschrijving van de methode worden de financiële aspecten, de business case, uitgewerkt en wordt de duurzaamheid nader belicht. Tevens zijn de resultaten gerapporteerd van een onderzoek naar de bruikbaarheid van thans geproduceerde zeefgoed monsters in Nederland voor een kationisatieproces. De quick scan wordt afgerond met aanbevelingen voor het vervolgetraject.

## 2 BESCHRIJVING TOEPASSING

---

### 2.1 TERUGWINNEN CELLULOSE

Er is momenteel een viertal full scale fijnzeefinstallaties operationeel in Nederland: op de RWZI's Aarle-Rixtel (WSAM), Beemster (HHNK), Blaricum (Waternet) en Uithuizermeeden (WS NZV). In Tabel 2.1 zijn de producties van zeefgoed op deze locaties weergegeven.

Tabel 2.1. Celluloseproducties RWZI's.

RWZI			Zeefgoed		Cellulose	
	kg DS/d	DS	ton DS/j	Cellulose	ton DS/j	
Aarle-Rixtel	1.275	27%	465	55%	256	
Beemster	1.870	36%	683	43%	293	
Blaricum	322	35%	118	50%	59	
Uithuizermeeden	292	35%	107	50%	53	
<b>Totaal</b>	<b>3.759</b>		<b>1.372</b>		<b>662</b>	

Voor de RWZI's Blaricum en Uithuizermeeden zijn de specifieke gegevens niet bekend en zijn deze geschat. Voor RWZI Blaricum geldt dat in de praktijk circa de helft van het influentdebiet wordt behandeld. Voor de RWZI Aarle-Rixtel geldt dat de fijnzeefinstallatie het debiet naar één van de twee zuiveringsstraten behandeld, dus de helft van de totale aanvoer.

### 2.2 KATIONISEREN VAN CELLULOSE

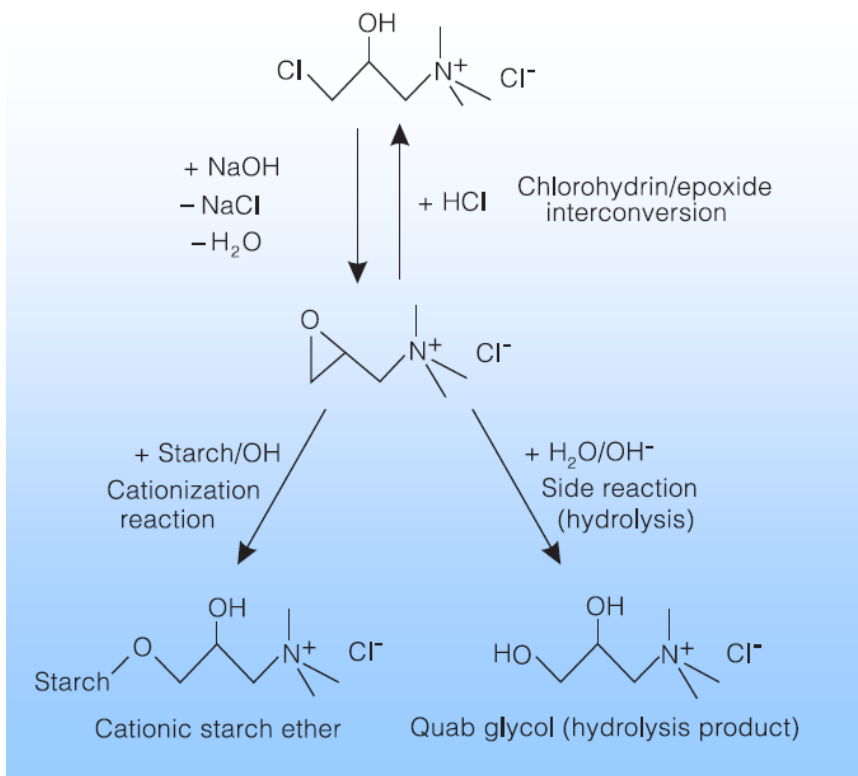
Het kationiseren van polymeren is sterk in ontwikkeling en wordt al met succes toegepast op biopolymeren zoals zetmeel dat vervolgens kan worden ingezet als flocculant. In plaats van zetmeel kan ook (hemi)cellulose (polysaccharide en het meest voorkomende natuurlijk polymeer in de wereld) gekationiseerd worden, hetgeen is aangetoond in diverse studies. Door de cellulose, of het zeefgoed dat cellulose bevat, te behandelen met een kationisch reagens krijgt het een positieve lading en gedraagt het zich als een flocculant.

Door meerdere chemische bedrijven zoals DOW en QUAB Chemicals wordt 2-hydroxypropyl-trimethyl-ammoniumchloride aangeboden onder respectievelijk merknamen Quat 188 en QUAB 188. Dit is een geschikt middel om polysacchariden zoals zetmeel of cellulose te kationiseren. Chemisch gezien is het een tweetraps proces wat in het lab en op grotere (productie) schaal in één reactorvat uitgevoerd kan worden.

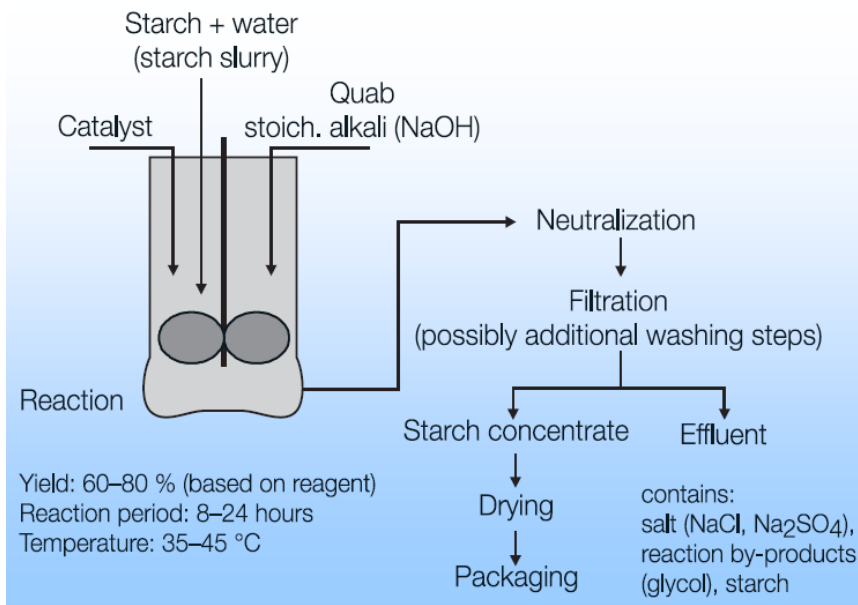
De polysacchariden (cellulose) die glucose monomeren bevatten hebben meerdere hydroxyl groepen (-OH) die vervangen kunnen worden door een ammonium groep die positief geladen is. Dit gebeurt door in het geval van QUAB188 eerst 3-chloor-2-hydroxypropyltrimethylammonium chloride te combineren met natronloog (NaOH) zodat er een epoxide gevormd wordt (een dissociatie reactie waarbij een groter deeltje in twee of meer kleinere uiteen valt). De epoxide wordt vervolgens gebruikt in een substitutiereactie waarbij hydroxyl groepen van het glucose monomeer reageren met de ammonium groep van de gevormde epoxide. Hierdoor ontstaat er een ether verbinding tussen de polymeer en de ammoniumgroep waardoor het polymeer gekationiseerd wordt.

Een samenvatting van hoe de reactie uitgevoerd kan worden met een slurry van zetmeel of cellulose is te zien in Figuur 2.1 en Figuur 2.2.

Figuur 2.1. Reactie schema voor de formatie van kationisch zetmeel en bijproduct glycol



Figuur 2.2. Conversie van zetmeel met QUAB 188, gebruik makend van een slurry.



Het proces van kationiseren is nader onderzocht in termen van 'mate van kationisatie'. De mate van kationisatie kan met behulp van een stikstof meting worden vastgesteld waarbij 1,66%N maximaal is en uit testen bleek dat 0,4% N al voldoende effect bleek te hebben voor een goede vlokvorming, indikking en ontwatering [1].

## 2.3 TOEVOEGEN VAN KATIONISCH CELLULOSE

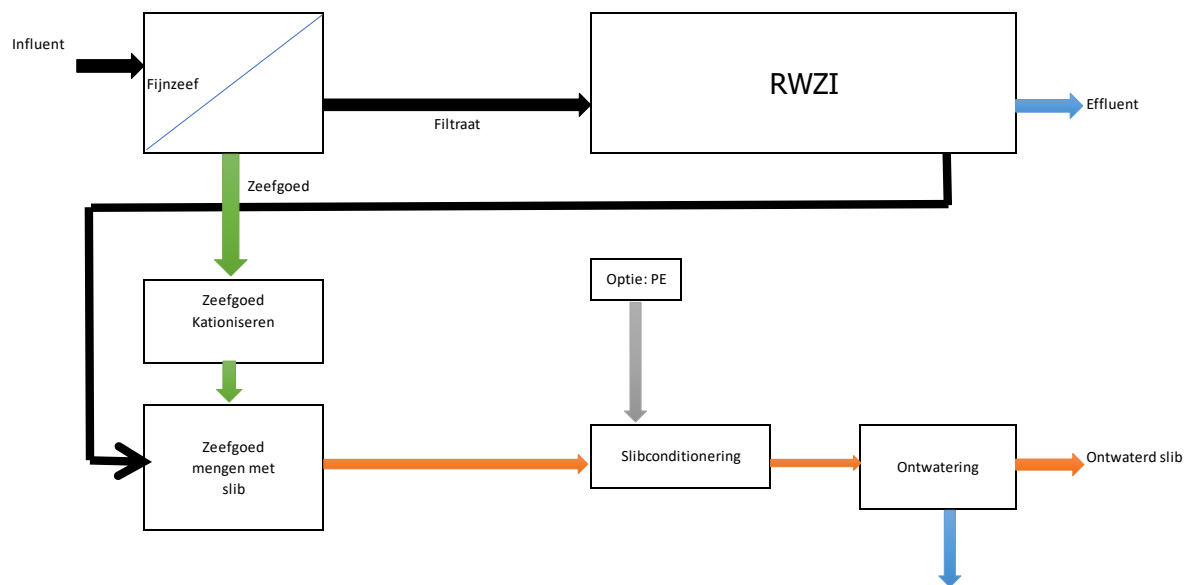
Tijdens de laboratoriumtesten voor het vaststellen van het 'proof of principle' [1] is gewerkt met een doseerverhouding van 10% en 15% toevoeging op basis van droge stof. Deze verhouding is afgeleid uit het CADoS-onderzoek [6]. Er is tijdens de laboratoriumtests niet gevarieerd met het percentage van toevoeging. De verwachting is dat deze nog geoptimaliseerd kan worden en met lagere toevoegingen kan worden gewerkt.

Er is tijdens het CADoS-onderzoek ervaring opgedaan met het toevoegen van zeefgoed-cellulose aan surplusslib bij testen met een schroefpers. Hieruit bleek dat een suspensie met daarin 5% DS aan zeefgoed-cellulose goed te mengen is met het surplusslib (1,5% - 2% DS). Bij hogere percentages zeefgoed suspensie is de menging niet optimaal. Als oorzaak werd gevonden dat tijdens deze proef gebruik is gemaakt van gedroogd zeefgoed, dat moeilijk weer in suspensie is te brengen vanwege de hydrofobe eigenschappen, dat dit (droge) materiaal heeft. Dit probleem doet zich niet of nauwelijks voor met vers zeefgoed-cellulose. Om die reden bestaat er een voorkeur om nat zeefgoed-cellulose te bewerken tot kationisch cellulose en dat bij het te ontwateren slib te mengen.

## 2.4 PROCESOPZET

In Figuur 2.3 is een opzet gegeven van het toevoegen van gekationiseerd zeefgoed-cellulose aan slib voor ontwatering.

Figuur 2.3. Procesopzet bijvoegen kationisch zeefgoed-cellulose.



### 3 BUSINESS CASE

Gekationiseerd cellulose is (nog) niet op de markt, zodat er ook nog geen prijzen van bekend zijn. Het produceren van gekationiseerd cellulose (verder aangeduid als C+) zal in essentie niet afwijken van gekationiseerd zetmeel, dat al wel op de markt is. Derhalve is de analogie met gekationiseerd zetmeel gevolgd. Dit gekationiseerde zetmeel kost gemiddeld 2-5 euro/kg actief materiaal en is dus soms goedkoper dan PE (polyacrylamide).

Voor het opstellen van de business case is – bij het ontbreken van een marktprijs voor C+ - een andere benadering gekozen. Er wordt beoogd vast te stellen wat de kosten van het opwerken van zeefgoed-cellulose naar C+ mag zijn, de zogenaamde fictieve kostprijs, om op zijn minst kosten-neutraal te zijn, dan wel een voordeel kan worden behaald ten opzichte van het toepassen van PE.

#### 3.1 UITGANGSPUNTEN

De volgende uitgangspunten in Tabel 3.1 zijn gehanteerd bij het doorrekenen van de business case.

Tabel 3.1. gehanteerde specifieke eenheidsprijzen

Kosten	Prijs	Eenheid	Omschrijving
PE	€ 4,70	kg actief PE	
PE kostprijs	€ 3,40	kg actief PE	Schatting
Zeefgoedeindverwerking	€ 78,00	per ton	Voor Aa en Maas > SNB
Slibontwatering	€ 74,00	per ton DS	Energie, beheer en onderhoud
Slibeindverwerking	€ 78,00	per ton	Voor Aa en Maas > SNB

Tabel 3.2. Kenmerken slibindikking en -ontwatering.

Parameter	%DS	PE g/kg DS	C+ g/kg DS
Indikken met PE	6%	3	
Indikken met C+	8%	0	13-15
Ontwatering met PE	21,5%	16	
Ontwatering met C+	23,7%	8	13-15

Door het doseren van kationisch cellulose is de verwachting dat een hoger droge stofgehalte kan worden bereikt. Dit is gebaseerd op uitkomsten van het CADoS-onderzoek waarbij is vastgesteld dat de ontwatering verbetert door het toevoegen van de cellulosevezel (onbehandeld) en hogere percentages droge stof haalbaar zijn dan zonder toevoeging van cellulosevezel (Tabel 3.3).

Tabel 3.3. Ontwatering surplusslib met cellulosevezel (onbehandeld) op RWZI Ulrum.

Klasse zeefgoed toevoeging	Surplus slib %DS	Ontwaterd slib %DS	Ontwaterd slib stijging
0%	1,4%	16,5%	
tot 10%	1,6%	19,3%	17%
10-20%	1,3%	19,5%	18%
20-30%	1,5%	24,1%	47%
> 30%	1,0%	25,6%	56%



Het is voorstelbaar dat het effect met kationisch cellulose groter is vanwege de verbeterde vlokvorming door de lading van de cellulose. Bovendien kan de vezel de vlokstructuur verbeteren en daarmee de ontwaterbaarheid zoals het CADoS-onderzoek heeft laten zien. De verwachting is dat de toevoeging aan kationisch cellulose lager kan zijn dan met onbehandeld 'neutraal' zeefgoed-cellulose.

Bij het doorrekenen van de business case zijn drie variabelen van belang:

- Het toevoegen van het zeefgoed uitgedrukt als percentage van de droge stof in het slib.
- Het percentage cellulose in het zeefgoed.
- De verwachte stijging van het droge stofpercentage in het ingedikte en ontwaterde slib.
- Daling van het PE-verbruik voor indikking en ontwatering.

Het effect van deze parameters op de business case is inzichtelijk gemaakt in de volgende paragrafen.

### 3.2 INDIKKEN VAN SLIB

In deze business case wordt kationisch cellulose ingezet voor het indikken van slib dat wordt afgevoerd naar een centrale slibverwerkingsinstallatie. In tabel 3.4 zijn de uitgangspunten samengevat, zoals die gehanteerd zijn om de case door te rekenen.

Tabel 3.4. Business case slib indikken met kationisch cellulose.

Parameter		Huidig	C+	Vershil	Eenheid
Bijvoegen zeefgoed	<b>2,3%</b>		114		ton DS/j
Bijvoegen cellulose	55% van DS		63		ton DS/j
Slibproductie, ruw		4.974	5.088		ton DS/j
		13.627	13.940		kg DS/d
Slibindikking		<b>6,0%</b>	<b>8,0%</b>		DS
Slibindikking		82.898	63.603		ton/jaar
PE dosering	3 g actief PE/kg DS	14.922			kg PE/j
PE dosering + C+	0 g actief PE/kg DS		0		kg PE/j
PE dosering	€ 4,70 Per kg actief PE	€ 70.000	€ -	€ -70.000	
C+ dosering	<b>€ 1,75 Per kg DS C+</b>		€ 200.000	€ 200.000	
Slibtransport	€ 0,10 ton/km	€ 414.000	€ 318.000	€ -96.000	
Zeefgoedeindverwerking	€ 78,00 per ton	€ 77.000	€ 44.000	€ -33.000	
Totaal		€ 561.000	€ 562.000		

De gevoeligheid van een aantal variabelen op de business case, dan wel de fictieve kostprijs voor C+, voor slibindikking is in onderstaande Tabel 3.5 weergegeven.

Tabel 3.5. Gevoeligheid variabelen indikken slib.

C+ % van slib DS	%DS ingedikt slib	g PE/kg DS	C+ per kg DS	per kg C+
2,5%	8%	geen	€ 1,62	€ 3,74
	10%	geen	€ 2,13	€ 4,93
5,0%	8%	geen	€ 0,92	€ 2,14
	10%	geen	€ 1,19	€ 2,75

Uit Tabel 3.5 blijkt dat het opwerken van de zeefgoed-cellulose meer mag kosten naarmate de toevoeging laag is en het effect op het %DS het hoogst is, omdat dan de jaarlijkse besparingen het grootst zijn.

### 3.3 SLIBONTWATERING

In deze business case wordt kationisch cellulose ingezet voor het ontwateren van slib, voorafgaande aan slibeindverwerking. In tabel 3.6 zijn de uitgangspunten samengevat, zoals die gehanteerd zijn om de case door te rekenen.

Tabel 3.6. Business case slibontwatering met kationisch cellulose.

Parameter		Huidig	Kationisch C	Vershil	Eenheid
Bijvoegen zeefgoed	<b>2,5%</b> t.o.v. slib DS		124		ton DS/j
Bijvoegen cellulose	55% van DS		68		ton DS/j
Slibproductie, ruw		4.974	5.098		ton DS/j
		13.627	13.968		kg DS/d
Slibontwatering	10,0% stijging	21,5%	23,7%		DS
Slibontwatering		23.134	21.557		ton/jaar
	16 g actief PE/kg DS	79.582			kg actief PE
PE dosering					PE
	8 g actief PE/kg DS		40.786		kg actief PE
PE dosering+kationisch C					PE
PE dosering	€ 4,70 kg actief PE	€ 374.000	€ 192.000	€ -182.000	per jaar
Kationisch cellulose	<b>€ 2,70 kg DS</b>		€ 336.000	€ 336.000	per jaar
Slibontwatering	€ 73,90 ton DS	€ 368.000	€ 377.000	€ 9.000	per jaar
Zeefgoedeindverwerking	€ 78,00 per ton	€ 77.000	€ 41.000	€ -36.000	per jaar
Slibeindverwerking	€ 78,00 per ton	€ 1.804.000	€ 1.681.000	€ -123.000	per jaar
Totaal		€ 2.623.000	€ 2.627.000		per jaar

De gevoeligheid van een aantal variabelen op de business case, dan wel de fictieve kostprijs voor C+, voor slibontwatering is in onderstaande Tabel 3.7 weergegeven.

Tabel 3.7. Gevoeligheid variabelen ontwateren slib.

C+ % van slib DS	%DS ontwaterd slib	g PE/kg DS	per kg DS	per kg C+
2,5%	24%	8	€ 2,69	€ 4,90
	25%	8	€ 3,39	€ 6,17
5,0%	24%	4	€ 1,67	€ 3,03
	25%	4	€ 2,03	€ 3,69

In vergelijking met de business case voor het indikken van slib heeft die voor slibontwatering de grootste potentie. Met een toevoeging van 2,5% zeefgoed DS ten opzichte van de slib DS en een droge stofpercentage van 25% in het ontwaterde slib is de fictieve C+ kostprijs overeenkomstig met die van de kostprijs van PE. Praktijkonderzoek zal meer inzicht moeten geven over de werkelijke toevoeging aan C+.

## 4 DUURZAAMHEID

Om meer inzicht te krijgen in het verschil in duurzaamheid tussen PE van petrochemische oorsprong en kationisch cellulose is gebruikt gemaakt van de systematiek van GER-waarden zoals die is beschreven in het STOWA-rapport '*GER-waarden en milieu-impactscores productie van hulpstoffen in de waterketen*' [4]. De GER-waarde staat voor 'Gross Energy Requirement' en is een maat voor de bruto energie-inhoud van een stof, uitgedrukt in primaire energie. Primaire energie is de energie-inhoud van energiebronnen in hun natuurlijke vorm, voordat enige technische omzetting heeft plaatsgevonden. De GER-waarde bestaat uit twee componenten: een aandeel hernieuwbare energie en een aandeel niet-hernieuwbare energie. Niet-hernieuwbare energie is energie die tot uitputting van bronnen leidt en daarmee tot een milieu-impact. Hernieuwbare energie is afkomstig van onuitputtelijke bronnen en leidt niet tot vervuiling omdat deze of altijd aanwezig is (wind, zon, water, geothermisch), of de calorische waarde van een hernieuwbaar gewas vertegenwoordigt.

Van kationisch cellulose zijn nog geen specifieke gegevens bekend en is de verwachting dat deze overeen zullen komen met kationisch zetmeel omdat de productie methode hetzelfde is.

### 4.1 GER-WAARDEN

In onderstaande Tabel 4.1 zijn voor anionisch en kationisch PE de GER-waarden: totaal, aandeel niet hernieuwbare en aandeel hernieuwbare energie weergegeven. Zoals eerder vermeld zijn deze voor kationisch cellulose niet bekend en zijn de GER-waarden voor kationisch zetmeel weergegeven [2]. Ten aanzien van kationisch zetmeel kan nog worden opgemerkt dat dit bijvoorbeeld geproduceerd wordt door Emsland Stärke in Duitsland [7] en deze maakt gebruik van hernieuwbare energie uit biomassa. Er zijn overigens meer producenten van kationisch zetmeel (o.a. Avebe, Glycanex, Kemira, Melspring, Atana en Caldic). Bovendien is er een zetmeel-product op de markt dat Cradle-to-Cradle (C2C) is gecertificeerd en dat gebruikt wordt voor de productie van C2C wc-papier [2].

Tabel 4.1. GER-waarden PE

Vlokhulpmiddel			Totaal GER-waarde	aandeel GER-waarde niet hernieuwbaar energie	aandeel GER-waarde hernieuwbaar energie
			Mj/kg	Mj/kg	Mj/kg
PE	anionisch	vloeibaar 50%	62,2	61,4	0,8
PE	anionisch	poeder 99% vloeibaar	76,6	75,6	1
PE	kationisch	50%	66,7	65,7	1
PE	kationisch	poeder 99%	85,6	84,2	1,5
Zetmeel	kationisch	droge stof oplossing	83	61	12
Zetmeel	kationisch	25%	21	15	6

In het scenario om kationisch cellulose in te zetten voor indikking van slib voor transport naar een centrale slibverwerkingsinstallatie is voor CO<sub>2</sub>-uitstoot uitgegaan van 2,6 kg CO<sub>2</sub>/l diesel.

## 4.2 CO<sub>2</sub>-VOETAFDRUK

Met behulp van de GER-waarden uit Tabel 4.1 kan de Global Warming Potential ofwel de CO<sub>2</sub>-uitstoot worden berekend. Hierbij geldt als conversiefactor 56,1 kg CO<sub>2</sub>/GJ energie.

### 4.2.1 Indikken van slib

Voor de CO<sub>2</sub> voetafdruk bij het gebruik van C+ voor het indikken van slib zijn de gegevens verzameld in tabel 4.2. De tabel laat zien dat geen winst op dit criterium is te behalen.

Tabel 4.2. CO<sub>2</sub>-voetafdruk bij indikken van slib.

Parameter	Huidig	Kationisch cellulose (C+)	Eenheid
Transport	239	184	ton CO <sub>2</sub> /j
PE	112	0	ton CO <sub>2</sub> /j
Cellulose		169	ton CO <sub>2</sub> /j
<b>Totaal</b>	<b>351</b>	<b>353</b>	<b>ton CO<sub>2</sub>/j</b>

### 4.2.2 Slibontwatering

Uitgaande van de initiële business case berekening in Tabel 3.6 met een toevoeging van 2,5%, 8 g actief PE/kg DS en 24% DS in het ontwaterde slib ziet de CO<sub>2</sub>-voetafdruk ten aanzien van het verbruik aan vlokhulpmiddel er als volgt uit (Tabel 4.3).

Tabel 4.3. CO<sub>2</sub>-voetafdruk slibontwatering.

Parameter	Huidig	Kationisch cellulose (C+)	Eenheid
PE	596	305	ton CO <sub>2</sub> /j
Cellulose		234	ton CO <sub>2</sub> /j
<b>Totaal</b>	<b>596</b>	<b>539</b>	<b>ton CO<sub>2</sub>/j</b>

Bij een toevoeging van 2,5% C+ is de CO<sub>2</sub>-voetafdruk circa 10% lager in vergelijking met de uitgangssituatie.

## 5 PRAKTISCH ONDERZOEK

---

Flankerend aan het vaststellen van de business case voor de inzet van gekationiseerd zeefgoed, is in overleg met Emsland Stärke, Duitsland, besproken op welke wijze het zeefgoed zou kunnen worden geprocessed voor het kationisatie doel. Daarbij is de analogie met de bereiding van kationisch zetmeel gevolgd.

In opdracht van Brightwork is vervolgens in januari 2019 een aantal testen uitgevoerd op zeefgoed van Nederlandse waterschappen in haar laboratorium. Daarbij wordt de aanwezig kennis van de kationisatie van zetmeel als basis gebruikt voor het testen van de fijnzeef monsters.

De normale wijze waarop van zetmeel een kationisch polymeer wordt gemaakt, werkt niet voor de aangeleverde monsters van Wetterskip Fryslan en Waterschap Aa en Maas. De normaal gevolgde procedure om zetmeel te kationiseren is als volgt:

- Van het zetmeel wordt een suspensie gemaakt door het toevoegen van water in een geroerde tank;
- Aan de suspensie worden de chemicaliën toegevoegd, eveneens in een geroerde tank, bij kamertemperatuur.

Deze procedure is beproefd en werkt op zetmeel goed.

De aangeleverde monsters zeefgoed zijn als volgt te karakteriseren:

- monster 1: Wetterskip Fryslan, zeefgoed van RWZI Leeuwarden, geogst met een Salsnes fijnzeef, gedroogd tot circa 90%DS
- monster 2: Wetterskip Fryslan, zeefgoed van RWZI Leeuwarden, geogst met een Meri bandzeef, gedroogd tot circa 90%DS
- monster 3: Waterschap Aa en Maas, zeefgoed van RWZI Aarle Rixtel, geogst met een Salsnes fijnzeef, relatief nat, circa 25%DS

Als de "zetmeel" procedure wordt toegepast op zeefgoed (zeefgoed intensief mengen met water, vervolgens chemicaliën toevoegen) constateert men het volgende: de fibers adsorberen instantaan veel water, waardoor de massa "dik" wordt en de viscositeit omhoog gaat. Hierdoor is het niet mogelijk een goede suspensie te creëren en het monster als suspensie te verpompen en te processen. Het is vooralsnog onduidelijk of de verhoging van de viscositeit het gevolg is van de chemie van de aanwezige cellulose of van de chemie van de overige aanwezige stoffen in het zeefgoed. Hiervoor dient nader onderzoek verricht te worden.

Een alternatieve behandelingsmethode, die de bezwaren van de eerste methode zou kunnen ondervangen, is om het zeefgoed in poedervorm te mengen met vloeibare chemicaliën, teneinde het gewenste resultaat te bereiken. Hiervoor wordt het droge zeefgoed met een blender tot poeder gemalen en in een autoclaaf met een krachtige mixer gemengd met de vloeibare chemicaliën, de zogenaamde "dry modification methode". Dit dient plaats te vinden in een gesloten omgeving, gebruik makend van voldoende mengenergie, zonder overdruk. Nader onderzoek dient plaats te vinden om vast te stellen of deze methode effectief is.

## 6 CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN

---

De quick scan heeft de volgende eerste resultaten opgeleverd:

- Kationisatie van zeefgoed voor slibindikking en slibontwatering lijkt economisch verantwoord, gebaseerd op de uitgangspunten van de installatie op RWZI Aarle Rixtel. De economisch verantwoorde aanmaakkosten voor C+ moeten dan in de orde van € 1,75 – 2,70 per kg DS worden gehouden. Dit lijkt niet onrealistisch.
- De economische business case, gebaseerd op de uitgangspunten van de installatie op RWZI Aarle Rixtel, is iets interessanter voor slibontwatering dan voor slibindikking. Dat betekent dat dan een business case wordt gerealiseerd bij een aanmaakkostprijs voor C+ van € 2,70 per kg DS.
- Het duurzaamheidsvoordeel voor inzet van C+, uitgedrukt in ton CO<sub>2</sub> per jaar voor de doorgerekende business cases, is beperkt tot circa 10% voor de slibontwateringscase. Voor de slibindikking is geen voordeel berekend.
- Een eerste praktische test in het laboratorium van Emsland Stärke in Duitsland op zeefgoed van Wetterskip Fryslan en Waterschap Aa en Maas, laat zien dat de huidige aangeleverde monsters niet de juiste verwerkingskarakteristieken hebben voor een goede kationisatie. Aanbevolen wordt het droge zeefgoed met een blender tot poeder te malen en te mengen met de vloeibare chemicaliën volgens de zogenaamde "dry modification methode".

Aanbevelingen:

- Initiëren van een vervolgtraject, waarbij de nadruk ligt op de praktische productie van gekationiseerd zeefgoed, op een voldoende schaalgrootte om met het geproduceerde materiaal vergelijkende ontwateringstesten te kunnen uitvoeren, bij voorkeur op een full scale ontwateringslocatie.
- Opstellen van een projectvoorstel en projectteam voor het realiseren van het vervolgtraject, onderzoek naar financieringsmogelijkheden.

## 7 REFERENTIES

---

- 1 Laarhoven, B., Neef, R., Kationiseren cellulose, 29 mei 2017 (intern document).
- 2 'GROEN' poly-elektrolyt, STOWA-rapport 2016-14.
- 3 Trends in slibontwatering, STOWA-rapport 2012-46.
- 4 GER-waarden en milieuimpactscores productie van hulpstoffen in de waterketen, STOWA-rapport 2012-06.
- 5 Op weg naar een klimaat neutrale waterketen, KWR, STOWA-rapport 2008-17.
- 6 Cellulose Assisted Dewatering of Sludge, Eindrapport, 6 december 2017.
- 7 <https://www.emsland-group.de/product-solutions/specialities/environmental-technology/flocculants>