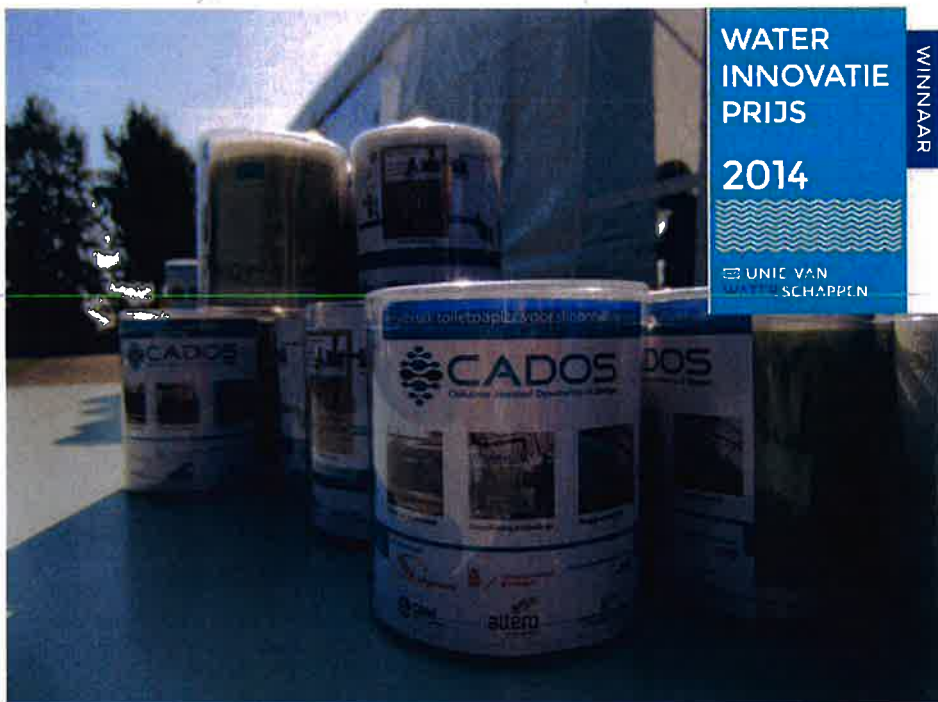




# CADOS

Cellulose Assisted Dewatering of Sludge



WATER  
INNOVATIE  
PRIJS

2014

UNIE VAN  
SCHAPPEN

WINNAAR



# MANAGEMENT SAMENVATTING

In de begroting van waterschappen voor het beheer van RWZI's is slibverwerking de grootste kostenpost tot wel 70% van het totale operationele budget. Dit heeft er mede toe geleid dat waterschappen zoeken naar mogelijkheden om waardevolle componenten uit slib terug te winnen en te verwaarden. Fosfaat (struviet), alginaat en cellulose zijn daarbij kansrijke grondstoffen. Waterschappen lopen in het verwaarden van grondstoffen aan tegen diverse barrières, waardoor dit proces veel tijd kost en het op voorhand niet duidelijk is of de investeringen lonen.

Het CADoS (acroniem voor "Cellulose Assisted Dewatering of Sludge") onderzoek richt zich op verwaarding van cellulose vezels in het afvalwater en probeert 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 kern bestaat uit het efficiënt terugwinnen van cellulose vezels uit het afvalwater en het gebruik van de vezels op de locatie voor ontwatering van secundair surplusslib. 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. In de toekomst kan zo mogelijk de route naar hergebruik van het vergiste droge materiaal in de landbouw worden gevolgd.

Een consortium bestaande uit waterschappen (Waterschap Noorderzijlvest en Wetterskip Fryslân), bedrijfsleven (Brightwork en Attero) en kennisinstellingen (Rijks Universiteit Groningen en Centre of Expertise Watertechnology) heeft het onderzoek uitgevoerd. In de periode 2014 – 2017 is het concept getest op praktijkschaal, zodat de resultaten goed opschaalbaar en te vermarkten zijn.

## **Doelstellingen**

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.

Ten opzichte van conventionele RWZI's heeft CADoS een aantal voordelen, die de drijfveren hebben gevormd voor het onderzoek:

- Het ontwaterde zuiveringsslib van CADoS bevat een groter organisch aandeel, waaruit meer biogas kan worden gewonnen.
- Afname van het slibvolume, dat moet worden getransporteerd en dus een reductie van het aantal transportbewegingen naar centrale verwerkingsinstallaties.
- Een reductie van het gebruik van vlokulpmiddelen (poly-elektroliet).
- Een netto lagere energiebehoefte (minder beluchtingsenergie versus energieverbruik van de nieuwe fijnzeef installatie).
- Een eenvoudiger slibverwerkingslijn, waarbij diverse processtappen achterwege kunnen blijven.

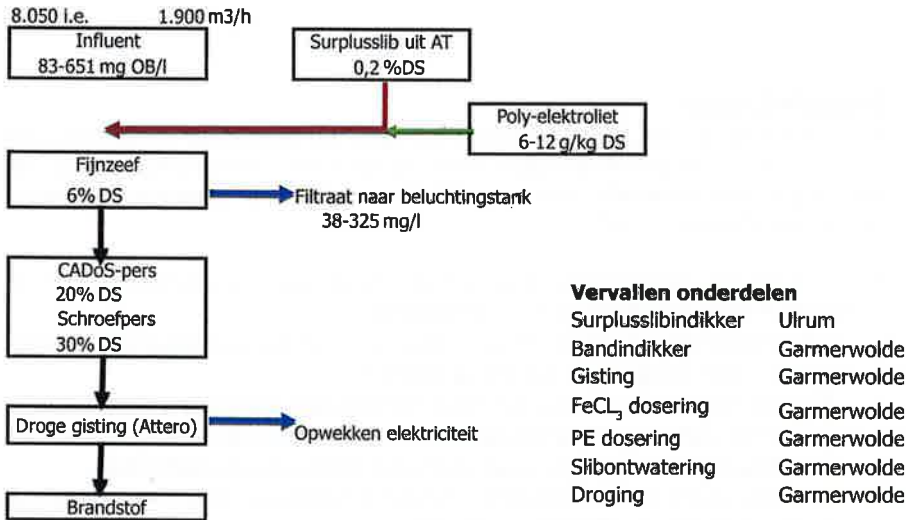
## **Proefinstallatie**

De CADoS proefinstallatie is gerealiseerd op RWZI Ulrum (8.050 i.e. en gemiddeld aanvoerdebiet: 1.900 m<sup>3</sup>/d) in beheer bij waterschap Noorderzijlvest. De installatie is gerealiseerd tussen de roosterharken en de selector en bestaat uit de volgende hoofdonderdelen:

- Opvoerpomp die het influent van de roosterhark naar de fijnzeef verpompt;
- Een fijnzeef installatie (type S4000 van Salsnes) voorzien van een interne indikpers;
- Een nageschakelde externe pers voor de ontwatering van het zeefgoed – slibmengsel;
- Een surplus-slib pomp, waarmee vers slib uit het beluchtingscircuit naar het influent vóór de fijnzeef gepompt wordt;
- Een poly-elektroliet dosering voor een goede vlokvorming en afscheiding op de zeefband.

In Figuur 1 is de typische procesopzet weergegeven en zijn kengetallen genoemd, die gerealiseerd zijn tijdens de proefperiode. Figuur 2 toont de installatie.

## Voor managementsamenvatting



Figuur 1. Processchema CADoS.



Figuur 2. Realisatie proefinstallatie op RWZI Ulrum in 2014.



Het ontwaterde zeefgoed-slib mengsel wordt afgevoerd naar een gft-vergister van Attero in Groningen. Dit is een droge stof vergister die om kan gaan met afvalstromen met een hoger droge stofgehalte. Voor het toepassen van CADoS is dit type vergister een voorwaarde. De gistingen op RWZ's zijn natte vergisters die een maximaal droge stofgehalte van 8-9% DS kunnen verwerken.

WATER  
INNOVATIE  
PRIJS  
2014



UNIE VAN  
WATERSCHAPPEN

WINNAAR

### **Cellulose in huishoudelijk afvalwater**

Cellulose in afvalwater is primair afkomstig van het gebruik van toiletpapier. In de praktijk is duidelijk geworden dat het analyseren van cellulose in een afvalwater matrix complex is. Een nauwkeurige, betrouwbare en praktische analysemethode was niet voorhanden. Zo is voor de zogenaamde 'Van der Soest' methode maar liefst een monstervolume van honderden liters nodig voor één cellulosebepaling en verstoort de aanwezige anorganische fractie de meting van cellulose.

**LEEUWARDER COURANT**

04 april 2014, pag. 12

## Toiletpapier vaker gebruikt

In rioolwater dat voor zuivering wordt aangevoerd zitten behalve wc-papier nog veel meer stoffen van waarde. Afvalverwerker Attero wil door hergebruik de productie van nieuwe kunstmest overbodig maken.



Merve Kwakman van Attero bij installatie met de vergistingstank. FOTO: PETER VOSMAN.

Het CADoS project heeft een praktische en betrouwbare nieuwe analysemethode opgeleverd voor de bepaling van cellulose in afvalwater, actief slib en zeefgoed. De methode zet cellulose enzymatisch om in glucose. Door glucose te meten kan de hoeveelheid cellulose worden bepaald. Met deze enzymatische methode volstaat slechts één liter monster. De enzymatische methode is gebruikt voor het bepalen van het cellulose profiel tijdens droog weer (DWA) en regen weer (RWA) aanvoer. Ook zijn metingen op influent van andere RWZI's (Leeuwarden, Garmerwolde, Leiden) en op zeefgoed uitgevoerd. Ook schoon toilet papier is geanalyseerd op de concentratie cellulose: het bestaat voor 90% uit cellulose.

Alle metingen uitgevoerd op diverse processtromen leveren een gemiddeld beeld op volgens onderstaande Tabel 1.

*Tabel 1. Hoeveelheid cellulose in afvalwater (niet alleen RWZI Ulrum).*

Medium	OB/DS	Cellulose	Cellulose % van OB /DS
Influent (na harkrooster)	168 mg/l	51 mg/l	30%
Zeefgoed	20%		45%
Actiefslib (zonder fijnzeef)	3,6 g/l	144 mg/l	4,0%
Actiefslib (met fijnzeef)	4,4 g/l	66 mg/l	1,5%

Aan de hand van de cellulosemetingen is voor RWZI Ulrum het specifieke toilet papier verbruik bepaald in de gemeente De Marne, met een inwoneraantal van 6.500 aangesloten op de RWZI. Vastgesteld is een gemiddeld toilet papier verbruik van 5,7 kg per persoon per jaar. Dat is aanmerkelijk minder dan tot nu toe wordt aangehouden in diverse rapportages<sup>1</sup>.

Nadere analyse<sup>2</sup> naar alleen het toiletpapierverbruik (niet de totale consumptie aan tissuepapier) in Nederland leert dat in huishoudens gemiddeld circa 7 kg toilet papier per persoon per jaar wordt verbruikt, circa 20% méér dan voor gemeente De Marne is vastgesteld. Wellicht speelt hierbij een rol dat in de gemeente De Marne overdag veel mensen buiten de gemeente werken.

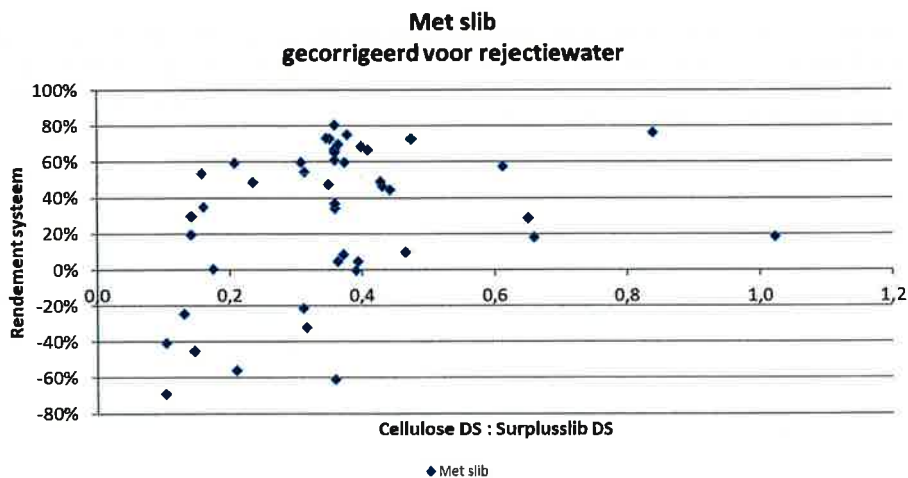
## Onderzoeksresultaten

Voorafgaand aan het onderzoek zijn metingen uitgevoerd op de RWZI Ulrum om het referentiekader vast te stellen. Belangrijk hierbij was meer inzicht te krijgen in de aanvoer van het afvalwater en het OB/cellulose profiel op een droog weer (DWA) en regen weer (RWA) dag. Voor een DWA dag varieert de concentratie aan cellulose tussen de 15-58 mg/l (gemiddeld 39 mg/l) en voor een RWA dag is dat 15 -123 mg/l (gemiddeld 68 mg/l). De hoge waarde op de RWA dag heeft te maken met het schoonspoelen van de riolering na een droge periode. Er spoelt dan bezonken slib in de riolering naar de RWZI. Het percentage cellulose in de onopgeloste bestanddelen is voor de DWA dag gemiddeld 12,8% en de voor RWA dag 16,4% en varieert van 7 tot 25%. Deze uitkomsten verschillen met het gemiddelde in Tabel 1 omdat die waarde ook metingen betreft van andere RWZI's.

<sup>1</sup> In STOWA rapport 2010-19 'Influent fijnzeven in RWZI's' wordt 10-14 kg per persoon per jaar genoemd.  
<sup>2</sup> [www.statista.com/outlook/80010000/144/toilet-paper/netherlands#market-revenue](http://www.statista.com/outlook/80010000/144/toilet-paper/netherlands#market-revenue)

De metingen gaven goed inzicht in de prestaties van de proefinstallatie in functie van de concentratie cellulose in het afvalwater en de toevoer van surplus slib. Een minimale verhouding cellulose - surplus slib (op basis van droge stof) is noodzakelijk om een goede ontwatering te realiseren en uitspoeling van droge stof met het filtraat van de pers te voorkómen. Het gemiddelde rendement voor droge stof verwijdering, zonder surplus slib was 55%. Voor de CADoS toepassing is het rendement voor droge stof verwijdering 30%, vooral als gevolg van de droge stof "uitspoeling" in de externe persing.

In Figuur 3 is de relatie tussen de mate van toevoeging van cellulose en het rendement op onopgeloste stoffen in het CADoS-systeem geïllustreerd.



*Figuur 3. Relatie toevoeging cellulose en rendement CADoS-systeem.*

Uit de figuur blijkt dat voor een positief en stabiele procesvoering de verhouding hoger dan 0,2 dient te zijn. Om de volledige surplusslib productie van RWZI Ulrum te verwerken is dit haalbaar met de beschikbare cellulose. Gemiddeld wordt 86 kg cellulose/d "geogst" en 425 kg DS surplusslib/d geproduceerd. Dit zal overigens verschillen per RWZI al naargelang het cellulosegehalte in het influent en de specifieke surplusslibproductie.

Naast het rendement op onopgeloste bestanddelen is het ontworpen systeem getoetst op ontwateringsrendementen. De doelstelling vooraf, 40% DS, werd niet bereikt, 20 - 25% DS is wel haalbaar gebleken met een relatief hoge dosering aan PE van 6 - 12 g PE/kg DS, waarbij de doelstelling vooraf < 3 g PE/kg DS was.

Bovenstaande heeft ertoe geleid dat nadere aandacht is besteed in het onderzoek aan de wijze van ontwatering van het slib-zeefgoed mengsel. Laboratorium ontwateringstesten gaven aan dat een zeefgoed-slib mengsel kon worden ontwaterd tot 30% DS. Tevens bleek dat de slibkoek uit de externe pers met de lab-pers nog verder te ontwateren was.

Ontwateringstesten op RWZI Alkmaar (centrifuge) en RWZI Leeuwarden (schroefpers) bevestigden dit beeld, zodat besloten is aanvullende testen uit te voeren met een alternatieve schroefpers (leverancier: Andritz, C-press, 2-10 m<sup>3</sup>/h) op de proeflocatie. Zeefgoed werd daarbij aan surplusslib toegevoegd vóór de schroefpers en leidde daarbij tot een significante verbetering van de slibontwatering in vergelijking met de situatie waarbij géén zeefgoed werd toegevoegd. Zonder toevoeging van zeefgoed werd 16% DS behaald, mét toevoeging van tenminste 20% zeefgoed werd 20 - 25% DS behaald. Het gaat hierbij om het netto %DS waarbij gecorrigeerd is voor de extra DS die met het zeefgoed wordt toegevoegd.

De geleidelijke drukopbouw in de schroefpers zorgt ervoor dat het water gelijkmatig uit het slib wordt geperst, hetgeen voor het ontwateren van een mengsel van zeefgoed en slib cruciaal is.

Gesteld kan worden dat met een verhouding cellulose/surplusslib van tenminste 20% (op basis van DS) een ontwatering te realiseren is tot 25% DS met een dosering van 12-14 g PE/kg DS. De genoemde verhouding is beschikbaar op een gemiddelde RWZI, zodat de cellulose optimaal kan worden benut.



## Droge vergisting

Uit onderstaande Tabel 2 blijkt dat een mengsel van zeefgoed (cellulose) en surplus-slib (verhouding van 0,2) circa 20% meer biogas oplevert dan een mengsel van primair en surplus-slib.

Tabel 2. Vergistingstesten.

Parameter	Mengsel zeefgoed + surplusslib	Zeef- goed	Zuiveringslib 50/50 pri- mair/surplus	Eenheid
	<b>CADoS</b>	<b>CADoS</b>	<b>Theoretisch</b>	
Verhouding zeefgoed-slib DS	<b>20%</b>			
Datum	1-3-17	10-12-15		
Droge stofgehalte	26,3%	35,4%	4,7%	DS
Organische stof	79,3%	87,5%	78,5%	van DS
Afbraak organische stof	47%	83%	41%	
Specifieke biogasproductie	0,93	0,81	0,90	m <sup>3</sup> /kg ODS verwijderd
Biogasvorming	91	207	13	m <sup>3</sup> /ton
CH4 concentratie	61%	58%	65%	
Biogasproductie	66.087	77.143	54.810	m <sup>3</sup> /j
Afbraak droge stof	37,0%	72,4%	31,9%	
Specifieke biogasproductie	0,44	0,67	0,37	m <sup>3</sup> /kg ODS in
Specifieke biogasproductie	0,35	0,58	0,29	m <sup>3</sup> /kg DS in
	Mengsel naar GFT gisting Attero	Zeefgoed separaat vergisten, Slib conventi- oneel	Conventioneel nat vergisten	

## Business case

De resultaten van het onderzoek zijn gebruikt om de business case te valideren. Daarbij is de gehele slibketen van een RWZI van 100.000 i.e. beschouwd en geprojecteerd op het CADoS concept. Hieruit blijkt dat het CADoS concept tot substantieel lagere exploitatielasten leidt: in de orde van grootte van € 240.000 per jaar (€ 130,-/ton DS). Daarbij de volgende bevindingen:

- Het voordeel aan verminderde energieconsumptie in de beluchting wordt geheel tenietgedaan door de extra energievraag door de voorgeschakelde fijnzeef en ontwateringspers.

- De doelstelling van significant minder PE-verbruik is niet waargemaakt. Het verbruik bedroeg 6-12 g PE/kg DS. In vergelijking met de huidige slibverwerking op RWZI Garmerwolde wordt echter wel bespaard op het verbruik aan ijzerchloride dat in het CADoS concept achterwege kan blijven.
- Door de vergaande ontwatering op locatie wordt het slibtransport met een factor 5 gereduceerd. Het verminderde slibtransport van de decentrale locatie naar de centrale slibverwerking leidt tot een reductie in het totaal energieverbruik (water- en sliblijn) van 23% ten opzichte van de uitgangssituatie van voor installatie van CADoS op de RWZI Ulrum.
- Het zeefgoed – slib mengsel leidt tot een 20% hogere opbrengst aan biogas in de droge vergisting, in vergelijking met conventionele mengsels van primair en surplus slib (Tabel 2).

## Conclusies

- Het CADoS onderzoek heeft aangetoond dat dit concept het mogelijk maakt om de slibverwerkingslijn sterk te vereenvoudigen zodat diverse processtappen, die nu noodzakelijk zijn op RWZI Ulrum en RWZI Garmerwolde kunnen vervallen: surplus slibindikker,  $\text{FeCl}_3$  dosering, bandindikker, uitgegist slib ontwatering en droging. De randvoorwaarde daarbij is dat het zeefgoed – slib mengsel verwerkt kan worden in een (externe) droge vergisting.
- De operationele opbrengsten, zoals die zijn berekend voor een zuivering van 100.000 i.e. zijn significant en kunnen leiden tot een strategische investeringsbeslissing.
- De benodigde hoeveelheid cellulose voor een stabiele bedrijfsvoering van het concept - in verhouding 20 – 30% van de hoeveelheid surplus slib DS - is beschikbaar in het influent van de zuivering. Poly-elektrolyt dosering is noodzakelijk om een goed verwijderingsrendement op onopgeloste bestanddelen te bewerkstelligen.
- De in het basisconcept geteste ontwateringspers bleek onvoldoende geschikt voor het mengsel zeefgoed – surplus slib. Verdere optimalisatie van dit ontwateringssysteem bleek mogelijk en biedt perspectief voor het bereiken van nog hogere DS% dan thans bereikt.
- CADoS heeft een goede, betrouwbare en praktisch uitvoerbare analysemethode opgeleverd voor cellulose in een afvalwater matrix. In de praktijk blijkt het Nederlandse afvalwater een bron aan cellulose te bevatten in de orde van 5 – 6 kg cellulose per persoon per jaar.
- De intensieve samenwerking in de “gouden driehoek”: overheid – bedrijfsleven – kennisinstituut heeft geleid tot vruchtbare resultaten.

Dit project wordt mede gefinancierd door het Samenwerkingsverband Noord-Nederland (SNN), Koers Noord en de Provincie Groningen, Provinsje Fryslân en Provincie Drenthe.



provinsje fryslân  
provincie fryslân 

*provincie* Drenthe

“ **CADoS** offers a simplified, cost saving solution for dewatering sludge derived from wastewater. ”



**Hans Wouters**  
Brightwork

✉ [h.wouters@brightwork.nl](mailto:h.wouters@brightwork.nl)  
☎ 0515 429 982

**Bob van Zanten**  
Waterschap Noorderzijlvest

✉ [b.vanzanten@noorderzijlvest.nl](mailto:b.vanzanten@noorderzijlvest.nl)  
☎ (050) 304 82 50