



*Organic Waste Systems*

**FINAAL RAPPORT**

**SEMICONTINUE DRANCO**

**FERMENTATIETEST**

+

**ONTWATERINGSPROEF**

**Mesofiele vergisting van  
slib RWZI Dordrecht**

**STUDIE PRV-1/3**

**De Heer O. Duin  
Waterschap Hollandse Delta  
Postbus 4103  
2980 GC Ridderkerk  
NEDERLAND**

## TEST IDENTIFICATIE

### Titel

Mesofiele vergisting van slib RWZI Dordrecht

### Projectcode

PRV-1/3

### Sponsor

Waterschap Hollandse Delta  
Postbus 4103  
2980 GC Ridderkerk  
NEDERLAND

### Contactpersoon

Mr. Olaf Duin

*o.duin@wshd.nl*

### Uitvoering, coördinaten en berichtgeving

Organic Waste Systems nv  
Dok Noord 4  
B-9000 Gent

Tel: 09 233 02 04

Fax: 09 233 28 25

Isabella Wierinck, Manager Biogas Consultancy & Support  
Filip Velghe, Project Engineer Biogas Consultancy & Support

*isabella.wierinck@ows.be*

*filip.velghe@ows.be*

### Test Items

Volgende inputstromen werden in een semi-continue fermentatietest getest:

- RWZI-slib Dordrecht ontv. 02/12/2008
- RWZI-slib Dordrecht ontv. 23/12/2008
- RWZI-slib Dordrecht ontv. 06/01/2009
- RWZI-slib Dordrecht ontv. 20/01/2009
- RWZI-slib Dordrecht ontv. 03/02/2009
- RWZI-slib Dordrecht ontv. 17/03/2009
- RWZI-slib Dordrecht ontv. 03/03/2009
- RWZI-slib Dordrecht ontv. 17/03/2009

## **1. DOEL EN PRINCIPE TEST METHODE**

Het uitvoeren van een semi-continue fermentatietest heeft tot doel om lange termijneffecten van de vergisting van bepaalde substraten na te gaan. Belangrijke eigenschappen met betrekking tot fermentatie kunnen niet altijd afgeleid worden uit de chemische karakteristieken van het staal. Hiertoe behoren onder andere nutritionele tekorten of overschotten, tekorten of overschotten van bepaalde micronutriënten, mogelijke toxische stoffen, etc. Veel van deze effecten uiten zich pas na een langere testperiode (minimaal 1 maand).

De laboreactoren worden semi-continu (3 x per week) gevoed met de vooropgestelde substraten. Verschillende procesparameters (o.a. belasting, gemiddelde retentietijd en gemiddelde biogasproductie per kg voeding, enz.) worden experimenteel bepaald.

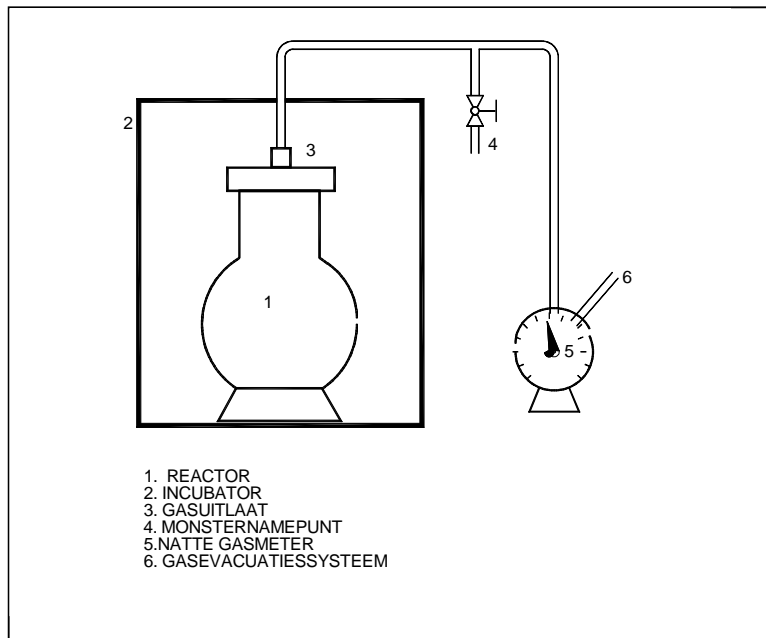
## **2. ALGEMENE PROCEDURE**

De proefopzet van een semi-continue vergistingsreactor wordt weergegeven in Figuur 1. De reactor heeft een totaal volume van 6 liter. Iedere reactor bevat 3 kg actieve inhoud. De reactoren zijn verbonden met een natte gasmeter, welke de biogasproductie meet. Tevens is er een staalnamepunt voorzien voor de uitvoering van bijkomende gasanalyses van de headspace. De reactoren worden in een incubator op een constante temperatuur van  $37 \pm 2^\circ\text{C}$  geplaatst, i.e. onder mesofiele condities.

Als inoculum werd een goedwerkend, actief, mesofiel ent gebruikt uit een anaerobe slibvergistingsinstallatie van actief slib afkomstig van industrieel en huishoudelijk afvalzuiveringswater (RWZI Zele, België). Dit inoculum werd voor gebruik ingedikd door te zeven over 250  $\mu\text{m}$ . De reactoren werden drie maal per week gevoed met een aangepast substraat (zie §4). Dit gebeurde steeds op maandag, woensdag en vrijdag.

Dagelijks vond een meting van de biogasproductie plaats. Op regelmatige basis (eenmaal per week) werd de samenstelling van het biogas geanalyseerd, meer bepaald werden de parameters  $\text{CH}_4$ ,  $\text{NH}_3$  en  $\text{H}_2\text{S}$  gemeten. Tevens werd het residu op wekelijkse basis (normaal op maandag) geanalyseerd. Parameters die hier bekeken werden, waren pH, CZV, ammoniumconcentratie en concentratie aan vrije vluchtige vetzuren (VVZ). Tweewekelijks werd daarbij ook DS (droge stof gehalte) en VS (organisch stofgehalte) geanalyseerd.

## SEMI-CONTINUE DRANCO FERMENTATIE TEST



Figuur 1. Proefopzet continue fermentatietest

Op basis van de wekelijkse biogasproductie, gemiddelde reactorinhoud, totale voedingshoeveelheid, drogestofgehalte en CZV-meting werden volgende parameters berekend:

- √ Biogasproductie per eenheid voeding (NI biogas/kg voeding) = totale wekelijkse biogasproductie (NI) gedeeld door de totale hoeveelheid voeding (kg)  
[Opmerking: NI = gestandaardiseerd volume, aantal liter onder standaardcondities van temperatuur en druk]
- √ Biogasproductiesnelheid = biogasproductie per eenheid reactorinhoud en per dag (NI biogas/kg<sub>r</sub>/d) = totale hoeveelheid biogas geproduceerd op weekbasis (NI) gedeeld door de gemiddelde reactorinhoud (kg<sub>r</sub>) en gedeeld door 7 (dagen)
- √ BVS (biodegradable volatile solids) (g/kg<sub>r</sub>/d) = op basis van de biogasproductie per eenheid reactorinhoud en per dag (NI biogas/kg<sub>r</sub>/d) en de biogassamenstelling (% CH<sub>4</sub> en % CO<sub>2</sub>) wordt de BVS berekend, zijnde het gewicht aan biogas (g) geproduceerd per eenheid reactorinhoud en per dag. Hierbij wordt verondersteld dat 1 mol CO<sub>2</sub> of CH<sub>4</sub> een volume van 22,414 NI inneemt
- √ Retentietijd (dagen) = op basis van de voedingshoeveelheid per reactorinhoud en per dag (g/kg<sub>r</sub>/d) en de BVS (g/kg<sub>r</sub>/d) over een bepaalde periode (bijvoorbeeld 1 week) wordt de gemiddelde verblijftijd van het materiaal in de reactor berekend.

$$RT = 1000 * \frac{1}{(\text{Voedingshoeveelheid} - BVS)}$$

- √ Cumulatieve biogasproductie per eenheid voeding (NI biogas/kg voeding) = totale biogasproductie (NI) gedurende de volledige testperiode gedeeld door de totale hoeveelheid voeding (kg) gedoseerd over de volledige testperiode
- √ Cumulatieve biogasproductie per kg DS (NI biogas/kg DS) = totale biogasproductie (NI) gedurende de volledige testperiode gedeeld door de totale hoeveelheid droge stof (kg DS) gedoseerd over de volledige testperiode

√ CZV verwijderingsefficiëntie (%), op twee verschillende manieren bepaald:

1. Bij de start van week X wordt van het residu en het gevoede slib de CZV-concentratie en de massa bepaald. Hieruit wordt berekend hoeveel g CZV in de reactor aanwezig was voor vergisting. Op het einde van week X wordt opnieuw de CZV-concentratie en de massa bepaald van het resterende residu. Hieruit wordt berekend hoeveel g CZV na één week vergisting nog in de reactor aanwezig is. Het verschil tussen beide waarden is de hoeveelheid CZV die tijdens week X werd verwijderd. De verwijderingsefficiëntie wordt uitgedrukt als de ratio g CZV/reactor verwijderd per g CZV/reactor gevoed als slib.
2. Op basis van de gevoede hoeveelheid slib (g/kg<sub>r</sub>.d) en de CZV van dit slib (mg CZV/g) wordt berekend hoeveel CZV in de reactor gaat (g CZV/kg<sub>r</sub>.d). Op basis van de biogasproductiesnelheid (NI/kg<sub>r</sub>.d) en het methaangehalte zoals bepaald in batchproeven (% CH<sub>4</sub>) en met behulp van de Buswell formule (1 kg CZV = 350 NI CH<sub>4</sub>) wordt berekend hoeveel g CZV werd verwijderd per reactor (g CZV/kg<sub>r</sub>.d). Het verwijderingspercentage wordt uitgedrukt als de ratio g CZV/kg<sub>r</sub>.d verwijderd per g CZV/kg<sub>r</sub>.d ingaand via slib.

### **3. TEST SET-UP**

De testen worden uitgevoerd bij een temperatuur van 37°C, onder mesofiele omstandigheden. Als entmateriaal wordt een goedwerkend, actief, mesofiel ent gebruikt uit een anaerobe slibvergistingsinstallatie van actief slib afkomstig van industrieel en huishoudelijk afvalzuiveringswater (RWZI Zele, België). Dit inoculum wordt voor gebruik ingedikt door te zeven over 250 µm. Er wordt gestart met een voeding van RWZI slib Dordrecht. De hoeveelheid slib van reactor 1 (RN1) wordt zo gekozen dat een retentietijd van 20 dagen wordt bekomen; de hoeveelheid slib van reactor 2 (RN2) wordt zo gekozen dat een retentietijd van 30 dagen wordt bekomen.

Beide reactoren worden opgestart op woensdag 10 december 2008 en worden een eerste maal gevoed met 100% RWZI slib Dordrecht op vrijdag 12 december 2008. De test eindigde op maandag 6 april 2009. Het totaal aantal gerapporteerde testweken bedraagt 16.

### **4. ANALYSE VAN DE TESTSUBSTRATEN**

Om de twee weken werden de semi-continue reactoren gevoed met een nieuw slibstaal. De verschillende stalen werden voor voeding geanalyseerd op droge stof (DS), organische stof (VS), Kjeldahlstikstof (Kj-N) en chemische zuurstofvraag (CZV). Van alle slibstalen werd ook de vergistbaarheid bepaald met behulp van een batchtest. Via deze test werd de maximale biogasproductie van de substraten bepaald, alsook de hoeveelheid biogas gevormd per hoeveelheid VS in het substraat (BVS). Op de eerste vier slibstalen werd deze maximale biogasproductie zowel thermofiel als mesofiel bepaald, op de laatste vier slibstalen enkel nog thermofiel, aangezien kon worden vastgesteld dat er weinig verschil was tussen beide methoden. De resultaten van de batchtesten op alle stalen in het kader van deze test zijn terug te vinden in Tabel 6.

De verschillende slibstalen vertonen vrij gelijkaardige parameters over de volledige testperiode. Het drogestofgehalte bedraagt gemiddeld 8,8%, het organische stofgehalte gemiddeld 74,3%. Ook de stikstofconcentratie is vrij gelijkaardig voor de 8 geteste slibstalen. De C/N-verhouding bedraagt gemiddeld 5,7, wat vrij laag is. Dit duidt erop dat vergisting van dit slib als monosubstraat moeilijk kan worden bij hoge belastingen en onder thermofiele omstandigheden. De chemische zuurstofvraag van de verschillende slibsoorten vertoont iets meer schommelingen en heeft als gemiddelde waarde 112,1 mg CZV/g slib (92,4 - 127 mg CZV/g slib). Ook het biogasproductiepotentiaal schommelt vrij sterk en heeft als gemiddelde waarde 23,8 NI/kg (17,0 - 31,1 NI/kg). De kwaliteit van het geproduceerde biogas is goed, het methaangehalte bepaald in batchtesten bedroeg gemiddeld 59,8%.

## **5. RESULTATEN**

### **5.1. VOEDINGSSAMENSTELLING**

De voeding van beide reactoren bestond steeds uit 100 % RWZI slib Dordrecht. Om de twee weken werd een nieuw slibstaal aangeleverd op dinsdag. De daaropvolgende maandag werd dan voor de eerste maal met dit nieuw slib gevoed. Tabel 7 geeft een overzicht van de gevoede slibstalen voor de volledige testperiode.

### **5.2. BIOGASPRODUCTIE, BIOLOGISCHE BELASTING EN VERBLIJFTIJD**

Tabel 8 geeft een overzicht van de wekelijkse belasting en biogasproductie voor de semi-continue vergistingsreactor RN1 gedurende de volledige testperiode. Tabel 9 geeft een overzicht van de wekelijkse belasting en biogasproductie voor de semi-continue vergistingsreactor RN2 gedurende de volledige testperiode. In Tabel 10 worden de eindanalyses van het residu en biogas van beide reactoren weergegeven.

#### ***Voeding en verblijftijd (Figuren 2 en 3)***

Er bestaat een duidelijke correlatie tussen de voedingshoeveelheid en de verblijftijd in de reactor: hoe groter de gevoede hoeveelheid, hoe korter de verblijftijd. Daarnaast heeft ook de gasproductie een invloed op de verblijftijd: wanneer het biogasproductiepotentieel van het slib stijgt, zal de retentietijd toenemen bij eenzelfde hoeveelheid voeding. Dit omdat meer organisch materiaal wordt omgezet in biogas en op die manier uit de reactor verdwijnt. Daarom werd bij de berekening van de voedingshoeveelheid ook rekening gehouden met de biogasproductie van het aangeleverde slib in batch.

In RN1 werd gestreefd om een verblijftijd te handhaven van 20 dagen. Dit komt overeen met een voeding van ongeveer 50 g slib per kg reactor en per dag. In KW 51 bedroeg de verblijftijd iets meer dan 20 dagen. In de twee daaropvolgende weken werd de vooropgestelde verblijftijd zonder problemen gehaald. In KW 2 kreeg de reactor te kampen met te hoge vetzuren, wat wees op een overvoeding. Daarom moest worden ingegrepen door de voeding tijdelijk te verlagen. Dit had als gevolg dat de retentietijd steeg. In de daaropvolgende weken werd de voeding terug opgedreven wanneer de vetzuren opnieuw in een aanvaardbare range kwamen. Daardoor bedroeg vanaf KW 7 de verblijftijd opnieuw 20 dagen. Doordat in de testweken daarna de vergisting stabiel bleef verlopen, kon de voeding constant worden gehouden, waardoor ook de verblijftijd steeds dicht bij de gewenste waarde bleef.

In RN2 werd gestreefd om een verblijftijd te handhaven van 30 dagen. Dit komt overeen met een voeding van ongeveer 33 g slib per kg reactor en per dag. Initieel kreeg deze reactor iets te veel voeding, waardoor de retentietijd lager was dan de streefwaarde. Net als RN1 kreeg ook RN2 af te rekenen met verhoogde vetzuren in KW 2. Ook hier werd ingegrepen door de voeding te verlagen, waardoor de verblijftijd boven 30 dagen uitsteeg. Wanneer de vetzuren opnieuw afnamen, werd de voeding verhoogd waardoor de verblijftijd op 30 dagen kwam in KW 6. In de testweken daarna bleef de vergisting stabiel verlopen, waardoor de voeding constant kon worden gehouden en dus ook de verblijftijd steeds dicht bij de gewenste waarde bleef.

***Biologische belasting en biogasproductie (Figuren 4 en 5)***

De biogasproductie is een goede parameter voor de biologische belasting. De geproduceerde hoeveelheid biogas per kg reactor per dag geeft aan hoe hard de bacteriën moeten werken. Met andere woorden: de biogasproductie komt overeen met de biologische belasting. Aangezien bij deze test de verblijftijd constant wordt gehouden, kan de biogasproductie per kg reactor per dag schommelen, afhankelijk van het biogasproductiepotentieel van de verschillende slibstalen.

De biogasproductie wordt door OWS meestal uitgedrukt in NI biogas per kg reactor per dag. Om deze te verrekenen tot een belasting, wordt rekening gehouden met de methaanconcentratie. Aan de hand van de biogassamenstelling kan het soortelijk gewicht van het gas berekend worden (g per NI). De belasting wordt dan uitgedrukt in g biogas per kg reactor per dag (of g BVS per kg reactor per dag).

De biogasproductie bedroeg voor RN1 initieel 0,9 NI/kg<sub>r</sub>.d, waarna deze waarde in KW 52 en KW 1 daalde tot 0,7 NI/kg<sub>r</sub>.d. Deze daling kan worden verklaard doordat de invloed van het entmateriaal hier nog in grote mate aanwezig is. Vanaf KW 2 begon de biogasproductie te stijgen. De invloed van het inoculum was in deze weken al afgenomen en het systeem evolueerde naar een meer stabiel verloop, enkel beïnvloed door het RWZI slib Dordrecht. Over de volledige testduur schommelt de biogasproductie lichtjes. Dit kan verklaard worden door het wisselende biogasproductiepotentieel van het gevoede slib. Gemiddeld over de laatste 8 testweken bedroeg de biogasproductie 1,3 NI/kg<sub>r</sub>.d, dit komt overeen met een biologische belasting van 1,5 g BVS/kg<sub>r</sub>.d.

De biogasproductie bedroeg voor RN2 initieel 0,7 NI/kg<sub>r</sub>.d, waarna net als voor RN1 deze waarde daalde in KW 52 en KW 1. Ook hier kan de invloed van het inoculum als oorzaak worden aangewezen. Vanaf KW 2 begon de biogasproductie te stijgen en evolueerde het systeem naar een meer stabiel verloop. De fluctuaties in biogasproductie in de daaropvolgende testweken zijn toe te schrijven aan het wisselende biogasproductiepotentieel van het gevoede slib. Gemiddeld over de laatste 8 testweken bedroeg de biogasproductie 0,9 NI/kg<sub>r</sub>.d, dit komt overeen met een biologische belasting van 1,0 g BVS/kg<sub>r</sub>.d.

De biogasproductiviteit van RN1 is hoger dan deze van RN2. Dit is logisch, aangezien RN1 zijn voeding in 20 dagen moet afgisten en dus hoger wordt belast, terwijl RN2 30 dagen de tijd heeft de voeding om te zetten in biogas.

***Biogasproductie per kg voeding (Figuren 4 en 5)***

Zoals beschreven bij de paragraaf over de retentietijd, heeft de biogasproductie per kg substraat een belangrijke invloed op de retentietijd.

Initieel daalde de biogasproductie per kg voeding voor beide reactoren. Dit kan te wijten zijn aan een restpotentieel van het inoculum dat in deze eerste weken afnam. Ook werden langzaam vetzuren opgebouwd tijdens de eerste testweken. Vanaf KW 2 steeg voor beide reactoren de biogasproductie per kg voeding, te wijten aan een inhaalbeweging van de bacteriën door het wegwerken van de daarvoor opgebouwde vetzuren. Vanaf KW 4, na het wegwerken van de vetzuren, bleef de biogasproductie per kg voeding vrij constant. De enige fluctuaties kunnen worden toegeschreven aan het wisselende biogasproductiepotentieel van de gevoede slibstalen.



Het valt op dat de biogasproductie per kg voeding in de continue test steeds hoger is dan wat werd bepaald in de batchtesten. Een mogelijke verklaring hiervoor kan zijn dat de bacteriën in de semi-continue fermentatietest beter zijn aangepast aan deze voeding van slib en deze dus ook vlotter kunnen afbreken. Ook het feit dat de verblijftijd in de BPP-test korter is, kan bijdragen aan dit effect.

### ***Cumulatieve biogasproductie per kg voeding (Figuren 6 t.e.m. 9)***

Figuren 6 en 7 tonen de cumulatieve voeding en de cumulatieve biogasproductie over de volledige testperiode voor RN1 en RN2 respectievelijk. Na 16 testweken bedraagt de cumulatieve biogasproductie voor RN1 23,9 NI/kg voeding, voor RN2 bedraagt deze 24,2 NI/kg voeding. Figuren 8 en 9 tonen de cumulatieve voeding uitgedrukt in kg droge stof en de cumulatieve biogasproductie over de volledige testperiode voor RN1 en RN2 respectievelijk. Na 16 testweken bedraagt de cumulatieve biogasproductie voor RN1 271,4 NI/kg DS, voor RN2 bedraagt deze 275,1 NI/kg DS. Er is dus geen noemenswaardig verschil op te merken tussen beide verblijftijden, wat betekent dat 20 dagen voldoende is om het slib te vergisten.

### **5.3. BIOGASSAMENSTELLING**

De biogassamenstelling is weergegeven in Tabel 8 en 9 en in Figuren 10 en 11. De biogassamenstelling wordt gemeten omwille van twee redenen. Enerzijds is de methaanconcentratie nodig om de werking van de methanogene bacteriën te kunnen opvolgen. Anderzijds zijn parameters als  $\text{NH}_3$  en  $\text{H}_2\text{S}$  nodig om toxiciteit te kunnen vaststellen.

Wanneer het methaanpercentage te laag wordt, dan is dit een teken dat de voeding niet volledig wordt omgezet in biogas. Dan is er meestal een onevenwicht tussen de verzurende bacteriën (eerste stap) en de methaanproducerende bacteriën (tweede stap). Bij deze test is voor beide reactoren de methaanconcentratie altijd hoog gebleven, wat erop wijst dat de biologie steeds in evenwicht is gebleven. Enkel in KW 2 werd een lagere waarde opgemeten. Dit ging echter ook gepaard met een verhoging van de vrije vluchtige vetzuren, waarmee dit lager methaangehalte kan gelinkt worden. Het methaangehalte dat werd gemeten bij de semi-continue vergistingstest is echter een overschatting van het werkelijke methaangehalte. Dit komt omdat bij de semi-continue test het methaangehalte steeds wordt gemeten voor de voeding. Op dat moment heeft de reactor de vorige voeding afgebroken en zal het biogas op dat moment het rijkst zijn aan methaan, terwijl net na voeding het biogas het armst zal zijn aan methaan. Het methaangehalte zoals bepaald in de BPP testen geeft het werkelijke methaangehalte in het biogas weer.

De  $\text{H}_2\text{S}$ -concentratie in het biogas bedroeg voor RN1 maximaal slechts 100 ppm. Voor RN2 bedroeg de maximale  $\text{H}_2\text{S}$ -concentratie 200 ppm. Dit is ruim onder de toxische grens van 500 ppm. De  $\text{NH}_3$ -concentratie bedroeg voor beide reactoren maximaal 100 ppm, ondanks de niet lage concentraties aan  $\text{NH}_4^+\text{-N}$  in het residu.  $\text{NH}_3$ -toxiciteit was bij deze slibvergistingstesten dus op geen enkel moment een bedreiging voor de stabiliteit van het systeem.

#### 5.4. RESIDU ANALYSES

De resultaten van de residu analyses staan weergegeven in Figuur 12 tot en met 20. De getalwaarden zijn terug te vinden in Tabel 8 en 9.

Initieel vertoonde het droge stofgehalte in beide reactoren een dalende trend. Dit is een normale evolutie, aangezien de test werd gestart met ingedikt slib en de reactoren gevoed worden met vrij nat slib. Het gehalte vluchtige stof vertoonde in beide reactoren initieel een stijgende trend. Na ongeveer een halve testperiode bereikt het DS en VS gehalte in beide reactoren een stabiele waarde: ongeveer 5,9% DS en 63,8% VS voor RN1 en 6,0% DS en 62,8% VS voor RN 2. De DS van het ingaande slib bedroeg gemiddeld 8,8%. Vergisting van het slib zorgt dus voor een vrij sterke daling. Ook het VS gehalte daalde met ongeveer 10 procentpunten van 75% in het slib naar minder dan 65% in het residu. Dit zijn echter normale waarden, aangezien tijdens de vergisting een gedeelte van het organisch materiaal wordt omgezet in biogas.

De pH van het digestaat is een belangrijke parameter voor de buffering van het biologisch proces. Aangezien de pH vrij constant bleef rond 8,1 is de buffering van de reactor nooit in het gedrang gekomen.

De CZV of het chemisch zuurstofverbruik van het slib is een weergave van de hoeveelheid oxideerbaar materiaal. Hoe hoger de CZV, hoe meer afbreekbaar materiaal aanwezig is en hoe meer biogas het product theoretisch kan produceren.

Het CZV-gehalte van RN1 bleef de eerste drie testweken vrij constant rond 60 mg O<sub>2</sub>/g. Daarna schommelde deze concentratie meer tussen 55 en 80 mg O<sub>2</sub>/g met een gemiddelde van ongeveer 66,5 mg O<sub>2</sub>/g. De meest voor de hand liggende verklaring voor deze schommelingen ligt in de variatie die ontstaat bij het nemen van een monster en door het wisselende CZV-gehalte van het ingaande slib (92,4-127,0 mg O<sub>2</sub>/g).

Ook RN2 vertoont een vrij schommelend verloop van CZV in het residu, met een gemiddelde waarde van ongeveer 60,5 mg O<sub>2</sub>/g.

Naast het verloop van het CZV-gehalte in de reactor, werd ook de CZV-afbraak tijdens anaerobe vergisting bepaald, en dit op twee manieren: (1) op basis van de gemeten concentratie CZV in en uit de reactor per week en (2) theoretisch benaderd als de hoeveelheid CZV die is verwijderd als biogas (1g CZV = 0,35 Nl CH<sub>4</sub>). Berekening (1) vertoont de meeste variatie doordat deze berekening meer onderhevig is aan meetfouten bij analyses (massa van slib en residu in reactor, CZV van slib en residu). Tijdens de eerste testweken stijgt de procentuele CZV-afbraak. In deze weken weegt de invloed van het inoculum ook nog sterker door ten opzichte van het toegevoegde slib. Vanaf KW 5 tot het einde van de test (KW 14) blijft de CZV-afbraak voor beide reactoren vrij constant op ongeveer 40%. Dit lijkt een aannemelijke waarde, aangezien de BVS bepaald in de batchtesten van de verschillende slibstalen ook schommelt rond de 40% (40 g biogas gevormd per 100 g organisch materiaal).

De belangrijkste parameters voor anaerobe vergisting zijn echter de vetzuren en de NH<sub>4</sub>-concentratie.

Voor beide reactoren steeg de NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N concentratie initieel zeer sterk. Dit is logisch te verklaren aangezien gestart werd met een inoculum dat relatief arm was aan ammonium en gevoed werd met een stikstofrijk slib. Vanaf KW 6 stabiliseerde de ammoniumconcentratie zich op ongeveer

2500 mg NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N per kg. Dit is een vrij hoge waarde, maar doordat het systeem draaide bij een lage belasting én mesofiel, leidde dit niet tot een toxisch effect.

Wat de vetzuren betreft is de gemeten waarde best zo laag mogelijk. Vetzuren zijn immers het tussenstation tussen substraat en biogas. Een ophoping van VVZ wijst op een achterstand van de methanogene bacteriën. Dan is ofwel de gevoede hoeveelheid te hoog, ofwel zijn er andere factoren waardoor de methanogenen niet optimaal kunnen functioneren. In de beginfase van de test werden hoge gehalten voor VVZ gemeten (4116 en 2798 mg/kg voor RN1 en RN2 respectievelijk) in KW 2, waardoor moest worden ingegrepen door de voeding te laten dalen. In KW 4 waren beide reactoren volledig hersteld. In KW 6 was er opnieuw een lichte verhoging in VVZ doordat de belasting lichtjes werd verhoogd om opnieuw de vooropgestelde retentietijden te halen. Deze verhoging werd echter vrij goed verwerkt: tussen KW 7 en 14 bleef het gehalte aan VVZ voor beide reactoren beneden de 450 mg/kg. Dit wijst op een zeer stabiele vergisting, waarbij de gevoede hoeveelheid slib voldoende kon worden afgebroken door de bacteriën.

## 6. ONTWATERINGSPROEF

### 6.1. PROEFOPZET

Na afloop van de semi-continue vergistingstest werden proeven uitgevoerd op de ontwaterbaarheid van het residu. Hiertoe werd de polymeeroplossing Superfloc C444 (3,2 g/l) van Kemira toegevoegd en goed gemengd met het residu. Dit mengsel werd dan gedurende 10 minuten gecentrifugeerd bij 4000 rpm. Centrifugekoek en centrifugewater werden afgewogen en van beide fracties werd het drogestofgehalte bepaald. Op die manier kan zowel een massabalans op vers gewicht als op drogestofbasis worden opgesteld.

Als referentieproef werd Superfloc C444 toegevoegd aan slib afkomstig van Dokhaven Rotterdam in een dosis van 140 l/m<sup>3</sup>.

Het residu van RN1 en RN2 kreeg deze zelfde polymeeroplossing toegediend, in een dosis van 280 l/m<sup>3</sup>. Deze dosis werd tweemaal zo hoog gekozen als bij de referentieproef omdat het residu van RN1 en RN2 een dubbel zo hoog drogestofgehalte heeft dan het slib afkomstig van Dokhaven Rotterdam ( $\pm 6\%$  t.o.v.  $\pm 3\%$ ). Op die manier is de dosis even hoog wanneer enkel het drogestofgehalte in rekening wordt gebracht. Tot slot werd de proef herhaald waarbij de dosis polymeer visueel werd bepaald: er werd polymeeroplossing toegediend tot het slib er visueel ontwaterbaar uitzag. De maatstaf hiervoor was dat het slib niet meer aan het mengrecipiënt mocht blijven kleven.

Tabel 1 toont de proefopzet van deze ontwateringsproef.

Tabel 1. proefopzet ontwateringsproef

Slib	Polymeeradditie (3,2 g/l superfloc C444)
Slib dokhaven Rotterdam	140 l/m <sup>3</sup>
Residu RN1	280 l/m <sup>3</sup>
Residu RN2	280 l/m <sup>3</sup>
Residu RN1	Tot visueel voldoende ontwaterbaar
Residu RN2	Tot visueel voldoende ontwaterbaar

## 6.2. RESULTATEN

Tabel 2 toont de resultaten en efficiëntieberekening op vers materiaal, Tabel 3 doet hetzelfde, maar op DS-basis. De resultaten zijn grafisch weergegeven in Figuren 20 t.e.m. 22. Voor de verdeling van de massa in centrifugekoek en centrifugewater werd rekening gehouden met de hoeveelheid water die werd toegevoegd via de polymeeroplossing. Er werd verondersteld dat alle centrifugekoek afkomstig is van het residu. Het centrifugewater werd beschouwd als de som van het water uit de polymeeroplossing en uit het residu, waarbij alle water van de polymeeroplossing hierin terecht komt. Bij de berekening van de massaverdeling op basis van vers materiaal werd het water afkomstig uit de polymeeroplossing dan ook afgetrokken van het totale centrifugewater.

Tabel 2. Resultaten centrifugeproef (op basis vers materiaal)

		Dokhaven Rotterdam (140 l/m <sup>3</sup> )	RN1 (280 l/m <sup>3</sup> )	RN2 (280 l/m <sup>3</sup> )	RN1 (visueel)	RN2 (visueel)
Input						
Residu	g	175,4	156,3	156,3	156,3	156,3
Water	g	24,8	43,8	43,8	31,7	31,7
Polymeer	g	0,08	0,14	0,14	0,10	0,10
Totaal	g	200,3	200,1	200,1	188,1	188,1
Werkelijke dosis	l/m <sup>3</sup>	142,0	280,2	280,2	203,5	203,5
Output						
Centrifugekoek	g	44,4	114,8	109,2	101,6	100,4
	%	26,1 %	75,8 %	72,3 %	67,7 %	65,7 %
	DS	12,0 %	10,5 %	10,5 %	11,5 %	10,9 %
Centrifugewater*	g	125,5	36,6	41,9	48,4	52,4
	%	73,9 %	24,2 %	27,7 %	32,3 %	34,3 %
	DS	0,1 %	0,4 %	0,4 %	0,5 %	0,5 %
Verlies**	g	5,6	5,0	5,3	6,4	3,6
	%	2,8 %	2,5 %	2,7 %	3,4 %	1,9 %

\* hier wordt enkel het water beschouwd afkomstig van het slib of residu, dus het totale centrifugewater verminderd met het water toegevoegd via de polymeeradditie

\*\* uitgedrukt op totale massa (residu + polymeeroplossing)

## SEMI-CONTINUE DRANCO FERMENTATIE TEST

Tabel 3. Resultaten centrifugeproef (op basis droge stof)

		Dokhaven Rotterdam (140 l/m <sup>3</sup> )	RN1 (280 l/m <sup>3</sup> )	RN2 (280 l/m <sup>3</sup> )	RN1 (visueel)	RN2 (visueel)
Input						
Residu	g DS	5,1	11,4	10,8	11,4	10,8
Polymeer	g DS	0,08	0,14	0,14	0,10	0,10
Output						
Centrifugekoek	g DS	5,3	12,0	11,5	11,7	10,9
	%	96,5 %	97,4 %	97,0 %	96,7 %	96,4 %
Centrifugewater	g DS	0,2	0,3	0,4	0,4	0,4
	%	3,5 %	2,6 %	3,0 %	3,3 %	3,6 %

Bij de referentieproef met slib van Dokhaven Rotterdam komt ongeveer  $\frac{1}{4}$  van de verse massa in de centrifugekoek terecht en  $\frac{3}{4}$  in het water. Het drogestofgehalte van de perskoek bedraagt 12,0 %, van het perswater 0,1 %. Bij de proeven op het residu van RN1 en RN2 ( $\approx 280$  l polymeeroplossing/m<sup>3</sup>) ligt deze verhouding net omgekeerd: ongeveer  $\frac{1}{4}$  van de verse massa komt in het centrifugewater terecht,  $\frac{3}{4}$  van de massa in de centrifugekoek. Dat bij de referentieproef meer massa in het centrifugewater terecht komt is niet onlogisch aangezien het drogestofgehalte van dit slib maar de helft is van het drogestofgehalte van het residu van RN1 en RN2. Het drogestofgehalte van de centrifugekoek ligt iets lager maar wel in dezelfde grootteorde (10,5%). Het drogestofgehalte van het centrifugewater is wel opmerkelijk hoger (0,4%) dan bij de referentieproef. Dit kon ook visueel worden vastgesteld door een hogere troebelheid en donkerder kleur bij centrifugewater van RN1 en RN2.

Wanneer de proeven op residu van RN1 en RN2 werden herhaald waarbij de ontwaterbaarheid visueel werd vastgesteld, werd de polymeeroplossing toegediend in een dosis van ongeveer 200 l/m<sup>3</sup>. Dit resulteerde in een gewichtsverdeling waarbij ongeveer  $\frac{2}{3}$  van de massa in de centrifugekoek terechtkwam en  $\frac{1}{3}$  in het centrifugaat. Het drogestofgehalte van de centrifugekoek was wel iets hoger met 11,5 en 10,9% resp. Ook het drogestofgehalte van het centrifugewater was iets hoger (0,5%).

Wanneer de massabalans wordt opgemaakt op basis van drogestof, dan is er zeer weinig verschil op te merken tussen de referentieproef en de proeven op residu van RN1 en RN2: ongeveer 97% van de drogestof komt in de centrifugekoek terecht, 3% in het centrifugaat. Ook is er weinig verschil te merken wanneer de dosering polymeer wordt verlaagd van 280 l/m<sup>3</sup> naar 200 l/m<sup>3</sup>. Het is dus mogelijk om hetzelfde scheidingsrendement op drogestofbasis te behalen met minder polymeeradditie.

Het scheidingsrendement van de labocentrifuge ligt vrij laag: het drogestofgehalte in de centrifugekoek bedroeg voor alle stalen slechts iets meer dan 10%. Er mag worden aangenomen dat een centrifuge op volle schaal een drogestofgehalte van 20% in de centrifugekoek aankan. Daarom werd de scheidingsefficiëntie op vers gewicht herberekend voor een DS-gehalte van 20% in de centrifugekoek. Hierbij werd aangenomen dat de absolute hoeveelheid drogestof in de koek gelijk blijft. De resultaten zijn weergegeven in Tabel 4. Dit zorgt voor een duidelijke verbetering in scheidingsefficiëntie: voor slib van Dokhaven Rotterdam komt nu slechts 15% van de verse massa in de vaste fase terecht. Voor het residu van RN1 en RN2 daalt het

## SEMI-CONTINUE DRANCO FERMENTATIE TEST

percentage verse massa in de centrifugekoek van ongeveer 75% (bij 280 l/m<sup>3</sup> polymeeradditie) of 65% (bij 200 l/m<sup>3</sup> polymeeradditie) tot ongeveer 40%.

*Tabel 4. Herberekening scheidingsefficiëntie indien DS perskoek 20% verondersteld*

		Dokhaven Rotterdam (140 l/m <sup>3</sup> )	RN1 (280 l/m <sup>3</sup> )	RN2 (280 l/m <sup>3</sup> )	RN1 (visueel)	RN2 (visueel)
Centrifugekoek	g	26,6	60,0	57,4	58,4	54,7
	%	15,7 %	39,6 %	38,0 %	39,0 %	35,8 %
DS		20 %	20 %	20 %	20 %	20 %
Centrifugewater	g	143,3	91,5	93,7	91,6	98,1
	%	84,3 %	60,4 %	62,0 %	61,0 %	64,2 %

## 7. CONCLUSIES

### Test-setup en doelstelling

Bij de semi-continue vergistingstest (testcode PRV-1/3) wordt op laboschaal een aerobe vergisting gesimuleerd. Daarbij gedraagt de 3 kg laboreactor zich identiek als 3 kg reactorinhoud op volle schaal. De voedingsfrequentie, voedingshoeveelheid, menging, opvolging van het vergistingsproces,... worden nagenoeg perfect gesimuleerd. De resultaten van een dergelijke test zijn een uitstekende basis om een volschalig proces te dimensioneren.

Bij deze test was het doel om RWZI slib afkomstig van Dordrecht te vergisten bij twee verschillende verblijftijden: 20 en 30 dagen, en zo na te gaan of dit een effect heeft op de biogasproductie en de ontwaterbaarheid van het slib na vergisting. Als entmateriaal van de reactoren werd gekozen om te werken met goedwerkend, actief, mesofiel ent afkomstig van een anaerobe vergistingsinstallatie die actief slib afkomstig van industrieel en huishoudelijk afvalzuiveringswater verwerkt (Zelee, België). Dit inoculum werd voor gebruik ingedikt door te zeven over 250 µm. Het doel was om de gevoede hoeveelheid slib over de volledige testperiode zo constant mogelijk te houden (vaste verblijftijd). De biogasproductie werd dagelijks gemeten. Wekelijks werd de samenstelling van het biogas bepaald en werden digestaatparameters bepaald (vetzuren,  $\text{NH}_4^+$ -N concentratie, pH, CZV). Tweewekelijks werd het drogestofgehalte en organische stofgehalte van de reactor bepaald. Tot slot werd ook de CZV-afbraak in beide reactoren berekend.

### Resultaten

Aanvankelijk schommelde de stabiliteit van het proces in beide reactoren lichtjes, wat kan worden toegeschreven aan opstartverschijnselen en de invloed van het inoculum. Na 4 testweken kregen beide reactoren te kampen met verhoogde vetzuren, waardoor de voeding tijdelijk moest worden teruggeschroefd en de retentietijd hoger was dan het streefdoel. Eens deze vetzuren waren weggewerkt, evolueerde het proces verder naar een zeer stabiel systeem. Deze stabiliteit blijkt uit alle gemeten parameters. De vluchtige vetzuren bleven voor de volledige resterende testperiode zeer laag, wat wijst op een goede afgisting. Het ammoniumgehalte steeg tot in KW 6, waarna deze waarde constant bleef op 2500 mg/kg voor beide reactoren. Dit is een vrij hoge waarde, maar aangezien het systeem mesofiel wordt bedreven en bij vrij lage belastingen, vormde dit geen probleem voor de stabiliteit van het proces. Het drogestofgehalte in de reactor evolueerde naar ongeveer 6 % (63% VS). De CZV-afbraak evolueerde naar ongeveer 40%, wat overeenkomt met de BVS van het slib zoals bepaald in de batchproeven (40% BVS betekent dat 40 g biogas wordt gevormd uitgaande van 100 g organisch materiaal). Het CZV-gehalte in de reactoren schommelde rond 65 mg  $\text{O}_2$ /g vers. Het methaangehalte in de reactor was telkens vrij hoog met 65%. Doordat dit methaangehalte steeds bepaald werd net voor voeding is dit geen representatieve waarde voor het totale biogas. Het methaangehalte van 59,8% zoals bepaald in de batchtesten is wel representatief. Tabel 4 toont de gemiddelde waarden (bepaald over de laatste 8 testweken) voor de digestaat- en biogaskarakteristieken bij een stabiel werkend systeem.

Het verschil in biogasproductie tussen beide reactoren is zeer klein: uitgedrukt over de volledige testperiode produceerde RN1 23,9 NI biogas/kg (271,4 NI/kg DS) tegenover RN2 die 24,2 NI biogas/kg (275,1 NI/kg DS) produceerde. Er kan dus besloten worden dat een verblijftijd van 20

dagen voldoende is om het slib voldoende af te breken en leidt tot een even stabiel proces als bij een verblijftijd van 30 dagen. Een verhoging van de verblijftijd tot 30 leidt niet tot een noemenswaardige verbetering van het proces.

Na afloop van de vergistingstesten werd de ontwaterbaarheid van het residu bepaald door toevoeging van een polymeeroplossing (superfloc C444; 3,2 g/l) en dit te centrifugeren gedurende 10 min bij 4000 rpm. Tijdens deze proeven werd vergeleken met de ontwaterbaarheid van een referentieslib (Dokhaven Rotterdam) waarbij 140 l/m<sup>3</sup> werd toegevoegd. Aangezien het residu van RN1 en RN2 een hoger drogestofgehalte heeft (6% tov 3%) werd bij deze proeven 280 l/m<sup>3</sup> polymeeroplossing toegevoegd. Ten slotte werd de ontwaterbaarheid ook visueel bepaald, dit kwam overeen met een polymeeradditie van 200 l/m<sup>3</sup>. Wanneer de resultaten worden uitgedrukt op verse stof, zijn er enige verschillen merkbaar tussen de verschillende proefopzetten: bij het referentieslib komt ¼ van de verse massa in de centrifugekoek terecht en ¾ in het centrifugewater. Bij de proeven met residu van RN1 en RN2 komt ¾ van de verse massa in de centrifugekoek terecht en ¼ in het centrifugewater. Bij een lagere polymeeradditie (200 l/m<sup>3</sup>) is deze verhouding 2/3 in de centrifugekoek en 1/3 in het centrifugewater. Het drogestofgehalte van de centrifugekoek ligt echter bij alle proeven in dezelfde grootteorde, nl. 10,5-12% DS. Het drogestofgehalte van het centrifugaat verschilt meer: in de referentieproef bedroeg dit 0,1% DS, in de proeven op residu van RN1 en RN2 0,4 à 0,5% DS. Dit kon ook visueel worden vastgesteld (hogere troebelheid bij laatste proeven).

Wanneer de massabalans wordt opgesteld op basis van drogestof, dan zijn de verschillen tussen de testen miniem, in alle vijf de gevallen komt ongeveer 97% van de drogestof in de centrifugekoek terecht en 3% in het centrifugewater.

Wanneer de massabalans op verse stof wordt herrekend naar een DS-gehalte van 20% in de centrifugekoek, dan bedraagt het (berekende) aandeel verse stof in de centrifugekoek 15% van de totale massa voor het slib van Dokhaven Rotterdam, en 35 à 40% voor het residu van RN1 en RN2.

Een lagere additie van polymeer heeft dus een zeer beperkte invloed op de verdeling van massa drogestof over centrifugekoek en centrifugewater. De invloed op de verdeling van verse massa is iets groter.



## SEMI-CONTINUE DRANCO FERMENTATIE TEST

Tabel 5. Digestaat- en biogaskarakteristieken bij stabiel werkend systeem (laatste 8 testweken)

Parameter	eenheid	RN1	RN2
Voeding	g/kg <sub>r.d</sub>	50,5	34,0
Gasproductie	l/kg <sub>r.d</sub>	1,3	0,9
	l/kgv <sup>1</sup>	23,9	24,2
	l/kg DS <sup>1</sup>	271,4	275,1
BVS	g/kg <sub>r.d</sub>	1,5	1,0
RT	d	20,4	30,3
Methaangehalte	% <sup>2</sup>	59,8	59,8
CZV-afbraak	%	41,4	41,1
<b>Residukarakteristieken</b>			
DS	% op vers	5,9	6,0
VS	% op DS	63,8	62,8
pH	-	8,1	8,1
VVZ	mg/kg	303	246
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> -N	mg/kg	2473	2475
CZV	mg O <sub>2</sub> /g vers	66,5	60,5
	g O <sub>2</sub> /g VS	1,8	1,6

<sup>1</sup> op basis van cumulatieve voeding en biogasproductie<sup>2</sup> op basis van BPP-testen

Gent, 08 mei 2009



Filip VELGHE,  
Project Engineer,  
Biogas Consultancy & Support,  
O.W.S. nv



Isabella WIERINCK,  
Manager,  
Biogas Consultancy & Support,  
O.W.S. nv

## SEMI-CONTINUE DRANCO FERMENTATIE TEST

Tabel 6. Overzicht analyses slibstalen

Substraten van PRV-1											
Substraat	DS (%)	VS % van DS	Kj-N g/kg MS	C/N	CZV			Biogas NI/kg	BSV % van VS	%CH <sub>4</sub>	duur BPP dagen
					mg O <sub>2</sub> /g	g O <sub>2</sub> /g VS	g O <sub>2</sub> /g DS				
RWZI slib Dordrecht 02/12 thermofiel	8,3	73,3	59,0	6,2	114,5	1,88	1,38	28,4	56,4	60,2	14
RWZI slib Dordrecht 02/12 mesofiel	8,3	73,3	59,0	6,2	114,5	1,88	1,38	14,9	28,7	63,1	14
RWZI slib Dordrecht 23/12 thermofiel	8,4	72,5	67,8	5,3	112,0	1,84	1,33	17,0	38,4	53,3	7
RWZI slib Dordrecht 23/12 mesofiel	8,4	72,5	67,8	5,3	112,0	1,84	1,33	17,4	31,2	69,4	14
RWZI slib Dordrecht 06/01 thermofiel	9,2	74,2	69,5	5,4	127,0	1,86	1,38	26,4	45,6	57,2	7
RWZI slib Dordrecht 06/01 mesofiel	9,2	74,2	69,5	5,4	127,0	1,86	1,38	22,4	37,4	66,3	14
RWZI slib Dordrecht 20/01 thermofiel	9,0	76,0	68,7	5,5	123,0	1,80	1,37	22,5	37,0	67,0	7
RWZI slib Dordrecht 20/01 mesofiel	9,0	76,0	68,7	5,5	123,0	1,80	1,37	19,6	32,7	65,7	7
RWZI slib Dordrecht 03/02 thermofiel	8,6	74,3	72,0	5,2	92,4	1,45	1,08	21,0	40,2	59,5	7
RWZI slib Dordrecht 17/02 thermofiel	8,8	74,4	63,2	5,9	110,0	1,68	1,25	19,5	37,2	56,8	7
RWZI slib Dordrecht 03/03 thermofiel	8,9	75,3	62,6	6,0	113,7	1,69	1,28	31,1	54,4	63,2	7
RWZI slib Dordrecht 17/03 thermofiel	9,3	74,4	60,6	6,1	104,1	1,50	1,12	24,8	42,9	60,9	7
RWZI slib Dordrecht gemiddeld thermofiel	8,8 ± 0,4	74,3 ± 1,1	65,4 ± 4,7	5,7 ± 0,4	112,1 ± 10,7	1,7 ± 0,2	1,27 ± 0,12	23,8 ± 4,7	44,0 ± 7,6	59,8 ± 4,2	-

**SEMI-CONTINUE DRANCO FERMENTATIE TEST**

---

*Tabel 7. Overzicht van de voedingssamenstelling*

<b>Kalender week</b>	<b>Test-week</b>	<b>Voedingssamenstelling</b>
51 (2008)	1	RWZI slib Dordrecht ontv. 02/12/2008
52 (2008)	2	RWZI slib Dordrecht ontv. 02/12/2008
1 (2009)	3	RWZI slib Dordrecht ontv. 23/12/2008
2 (2009)	4	RWZI slib Dordrecht ontv. 23/12/2008
3 (2009)	5	RWZI slib Dordrecht ontv. 06/01/2009
4 (2009)	6	RWZI slib Dordrecht ontv. 06/01/2009
5 (2009)	7	RWZI slib Dordrecht ontv. 20/01/2009
6 (2009)	8	RWZI slib Dordrecht ontv. 20/01/2009
7 (2009)	9	RWZI slib Dordrecht ontv. 03/02/2009
8 (2009)	10	RWZI slib Dordrecht ontv. 03/02/2009
9 (2009)	11	RWZI slib Dordrecht ontv. 17/02/2009
10 (2009)	12	RWZI slib Dordrecht ontv. 17/02/2009
11 (2009)	13	RWZI slib Dordrecht ontv. 03/03/2009
12 (2009)	14	RWZI slib Dordrecht ontv. 03/03/2009
13 (2009)	15	RWZI slib Dordrecht ontv. 17/03/2009
14 (2009)	16	RWZI slib Dordrecht ontv. 17/03/2009

Tabel 8. Wekelijks overzicht van de voeding, retentietijd, biogascompositie en residu analyses gedurende de vergisting van RWZI-slib Dordrecht voor RNI (20 dagen verblijftijd) voor de volledige testperiode (KW51 – KW 14)

			Kalenderweek							
Parameter			51	52	1	2	3	4	5	6
<b>Voeding</b>	<b>RWZI slib (g/kgr/d)</b>		45,3	50,2	49,3	47,0	41,9	43,7	48,6	49,2
<b>Retentietijd</b>	<b>(d)</b>		22,6	20,3	20,6	22,0	24,6	23,6	21,2	20,9
<b>Biogasproductie</b>	<b>Biogas (NI/kgr/d)</b>		0,9	0,8	0,7	1,1	1,2	1,1	1,2	1,3
	<b>Biogas (NI/kg voeding)</b>		18,9	16,7	14,7	23,6	28,1	25,3	24,2	26,1
	<b>BVS (g/kgr/d)</b>		1,0	0,9	0,8	1,4	1,2	1,2	1,3	1,4
<b>Samenstelling biogas</b>	<b>CH<sub>4</sub> (%)</b>		64,4	67,5	64,4	58,1	74,5	68,0	68,2	71,2
	<b>NH<sub>3</sub> (ppmv)</b>		< 100	< 100	200	100	< 100	200	100	100
	<b>H<sub>2</sub>S (ppmv)</b>		< 100	< 100	< 100	< 100	100	100	100	100
<b>Residu analyse</b>	<b>DS (%)</b>		6,9	-	6,1	-	6,8	-	5,2	-
	<b>VS (% op DS)</b>		52,2	-	57,8	-	61,8	-	61,6	-
	<b>pH (1/5)</b>		7,9	8,0	7,9	7,7	8,0	8,1	8,2	8,1
	<b>CZV mg O<sub>2</sub>/g</b>		61,0	59,0	61,0	70,0	80,2	70,3	67,1	81,4
	<b>CZV g O<sub>2</sub>/g VS</b>		1,69	1,64	1,73	1,99	1,91	1,67	2,09	2,5
	<b>NH<sub>4</sub>-N (mg/kg)</b>		841	1276	1387	1562	1752	1978	2336	2825
	<b>VVZ (mg/kg)</b>		278	255	923	4116	658	354	70	401
			Kalenderweek							
Parameter			7	8	9	10	11	12	13	14
<b>Voeding</b>	<b>RWZI slib (g/kgr/d)</b>		50,3	49,9	51,3	50,5	50,9	51,6	49,6	49,9
<b>Retentietijd</b>	<b>(d)</b>		20,4	20,6	20,2	20,4	20,2	20,0	20,8	20,7
<b>Biogasproductie</b>	<b>Biogas (NI/kgr/d)</b>		1,3	1,3	1,3	1,4	1,2	1,3	1,3	1,3
	<b>Biogas (NI/kg voeding)</b>		25,2	25,8	25,8	27,4	24,4	24,9	26,0	26,4
	<b>BVS (g/kgr/d)</b>		1,4	1,5	1,7	1,6	1,4	1,4	1,5	1,5
<b>Samenstelling biogas</b>	<b>CH<sub>4</sub> (%)</b>		68,8	66,5	56,4	67,1	65,1	67,3	66,2	65,4
	<b>NH<sub>3</sub> (ppmv)</b>		100	< 100	100	100	100	< 100	< 100	100
	<b>H<sub>2</sub>S (ppmv)</b>		100	100	< 100	< 100	< 100	< 100	100	< 100
<b>Residu analyse</b>	<b>DS (%)</b>		6,7	-	5,3	-	5,3	-	5,5	-
	<b>VS (% op DS)</b>		64,4	-	62,9	-	64,5	-	63,3	-
	<b>pH (1/5)</b>		8,1	8,0	8,0	8,1	8,1	8,1	8,0	8,1
	<b>CZV mg O<sub>2</sub>/g</b>		67,2	54,2	61,3	80,8	68,5	75,2	63,1	63,7
	<b>CZV g O<sub>2</sub>/g VS</b>		1,56	1,25	1,84	2,4	2,00	2,20	1,81	1,8
	<b>NH<sub>4</sub>-N (mg/kg)</b>		2376	2475	2467	2423	2772	2345	2635	2387
	<b>VVZ (mg/kg)</b>		310	335	430	298	323	265	357	108

Tabel 9. Wekelijks overzicht van de voeding, retentietijd, biogascompositie en residu analyses gedurende de vergisting van RWZI-slib Dordrecht voor RN2 (20 dagen verblijftijd) voor de volledige testperiode (KW51 – KW 14)

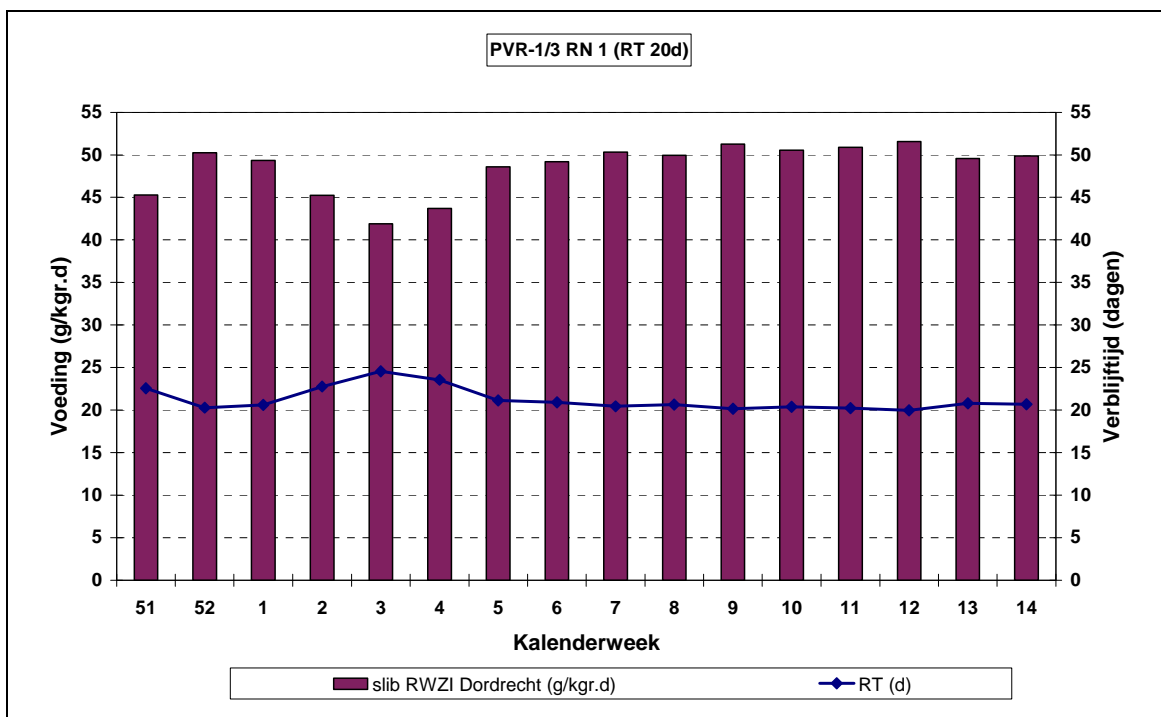
			Kalenderweek							
Parameter			51	52	1	2	3	4	5	6
Voeding	RWZI slib (g/kg/d)		36,2	36,2	34,4	30,9	26,8	27,1	30,9	34,2
Retentietijd	(d)		28,2	28,3	29,7	33,4	38,6	38,1	33,2	30,2
Biogasproductie	Biogas (NI/kg/d)		0,7	0,7	0,6	0,7	0,8	0,7	0,7	1,0
	Biogas (NI/kg voeding)		18,2	18,8	17,4	24	30,0	27,3	22,8	27,7
	BVS (g/kg/d)		0,8	0,8	0,7	0,9	0,9	0,9	0,8	1,1
Samenstelling biogas	CH <sub>4</sub> (%)		63,0	67,5	63,5	55,4	70,7	65,8	66,7	66,4
	NH <sub>3</sub> (ppmv)		< 100	< 100	< 100	100	< 100	100	100	100
	H <sub>2</sub> S (ppmv)		< 100	< 100	< 100	100	< 100	< 100	< 100	200
Residu analyse	DS (%)		7,4	-	6,7	-	6,5	-	4,6	-
	VS (% op DS)		50,9	-	57,8	-	60,0	-	59,1	-
	pH (1/5)		7,8	8,0	7,7	7,8	7,9	8,1	8,1	8,1
	CZV mg O <sub>2</sub> /g		61,0	56,0	65,0	65,0	62,9	58,1	50,0	73,1
	CZV g O <sub>2</sub> /g VS		1,62	1,49	1,68	1,68	1,61	1,49	1,84	2,7
	NH <sub>4</sub> -N (mg/kg)		819	-	1272	1465	1640	1847	1991	2468
	VVZ (mg/kg)		292	258	584	2798	1000	341	69	1013
			Kalenderweek							
Parameter			7	8	9	10	11	12	13	14
Voeding	RWZI slib (g/kg/d)		34,6	33,2	35,8	33,9	33,1	34,6	33,5	33,6
Retentietijd	(d)		29,7	31,1	28,8	30,4	31,1	29,8	30,7	30,7
Biogasproductie	Biogas (NI/kg/d)		0,8	0,9	0,9	0,9	0,8	0,9	0,8	0,9
	Biogas (NI/kg voeding)		23,9	25,9	25,3	26,5	25,0	26,2	24,2	25,5
	BVS (g/kg/d)		0,9	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,9	1,0
Samenstelling biogas	CH <sub>4</sub> (%)		67,3	66,3	66,7	66,1	64,5	65,5	67,1	65,6
	NH <sub>3</sub> (ppmv)		100	100	100	< 100	100	< 100	100	100
	H <sub>2</sub> S (ppmv)		100	< 100	100	< 100	< 100	< 100	< 100	< 100
Residu analyse	DS (%)		6,3	-	6,6	-	6,8	-	5,1	-
	VS (% op DS)		62,3	-	62,6	-	61,9	-	63,6	-
	pH (1/5)		8,1	8,0	8,1	8,1	8,1	8,1	8,1	8,1
	CZV mg O <sub>2</sub> /g		59,6	53,5	64,9	66,0	56,4	73,1	54,6	65,2
	CZV g O <sub>2</sub> /g VS		1,52	1,36	1,57	1,6	1,34	1,74	1,68	2,0
	NH <sub>4</sub> -N (mg/kg)		2329	2465	2448	2457	2451	2386	2673	2549
	VVZ (mg/kg)		190	367	200	318	296	189	309	88

## SEMI-CONTINUE DRANCO FERMENTATIE TEST

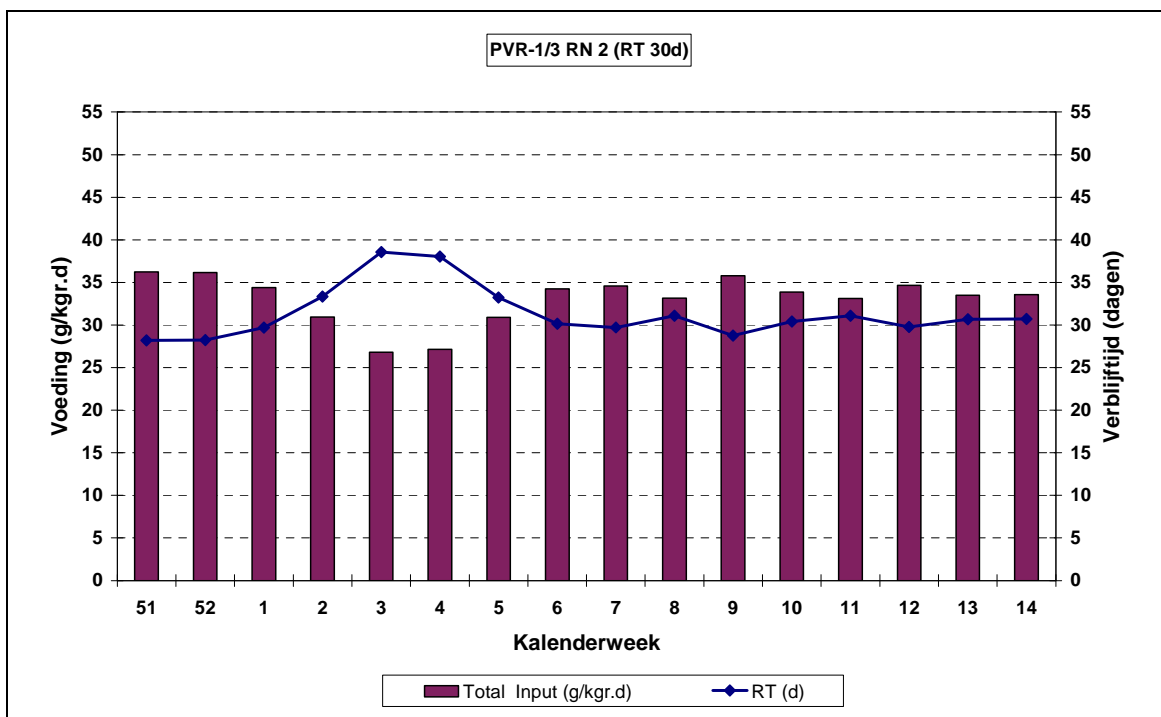
Tabel 10. Eindanalyses biogas en residu voor RN1 en RN 2

Parameter		RN1	RN2
Samenstelling biogas	CH <sub>4</sub> (%)	65,1	65,7
	NH <sub>3</sub> (ppmv)	< 100	< 100
	H <sub>2</sub> S (ppmv)	< 100	< 100
Residu analyse	DS (%)	6,7	5,4
	VS (% op DS)	63,7	63,7
	pH (1/5)	8,0	8,1
	CZV mg O <sub>2</sub> /g	64,8	51,1
	CZV g O <sub>2</sub> /g VS	1,52	1,48
	NH <sub>4</sub> -N (mg/kg)	2376	2520
	VVZ (mg/kg)	300	256

SEMI-CONTINUE DRANCO FERMENTATIE TEST

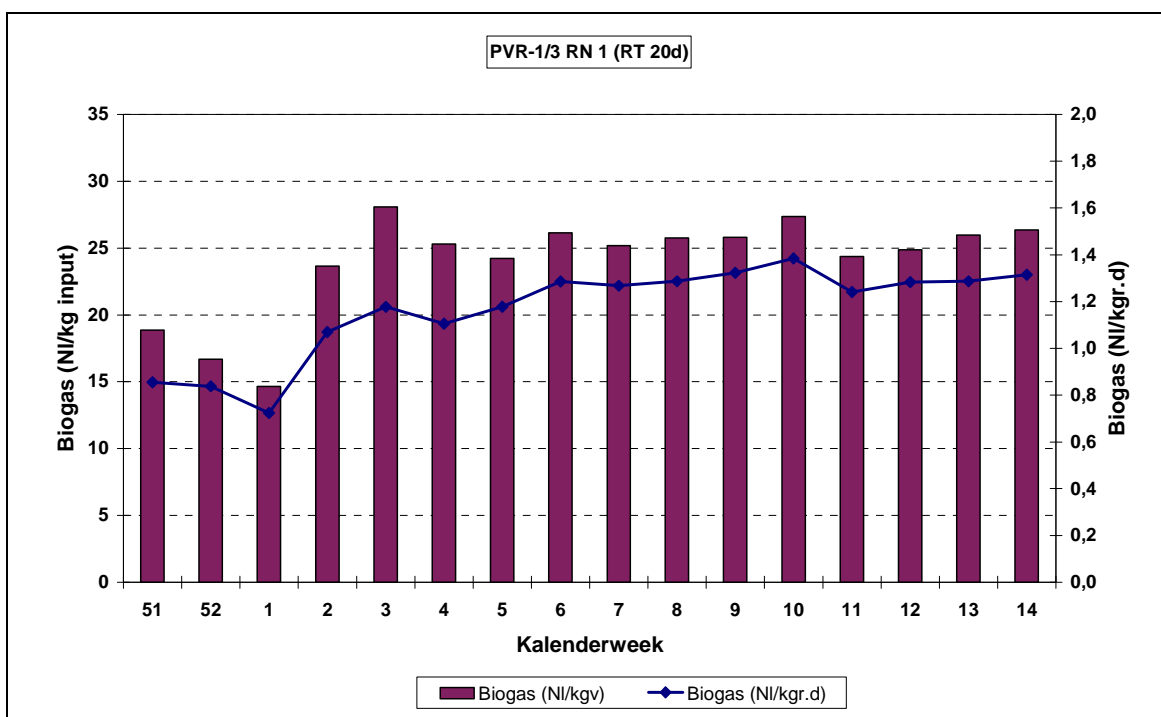


Figuur 2. Evolutie van de voedingshoeveelheid en de retentietijd bij vergisting van slib (RN1)

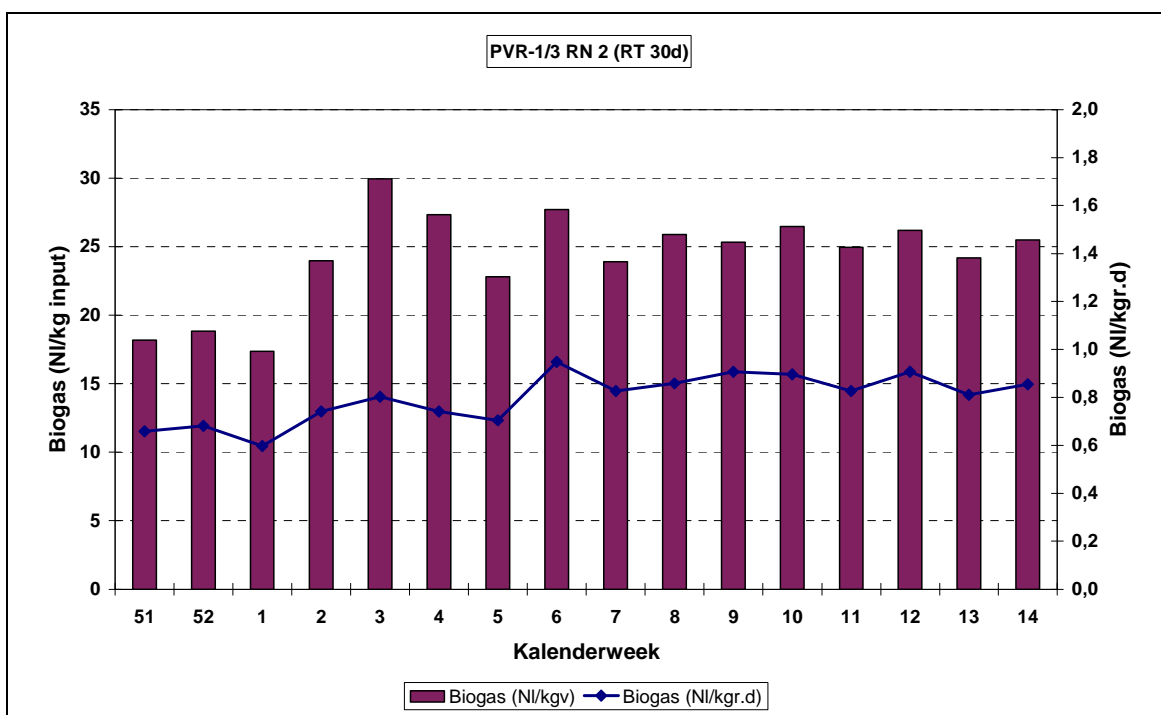


Figuur 3. Evolutie van de voedingshoeveelheid en de retentietijd bij vergisting van slib (RN2)

## SEMI-CONTINUE DRANCO FERMENTATIE TEST



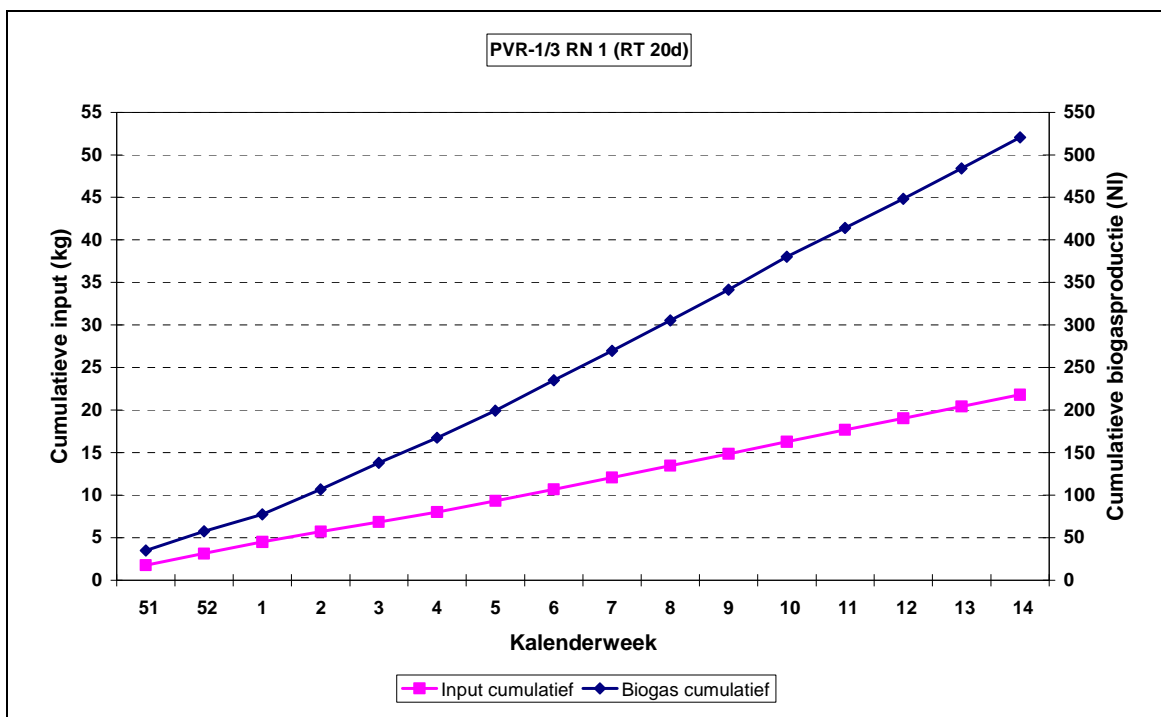
Figuur 4. Evolutie van biogasproductie uitgedrukt per kg voeding en per kg reactorinhoud bij vergisting van slib (RN1)



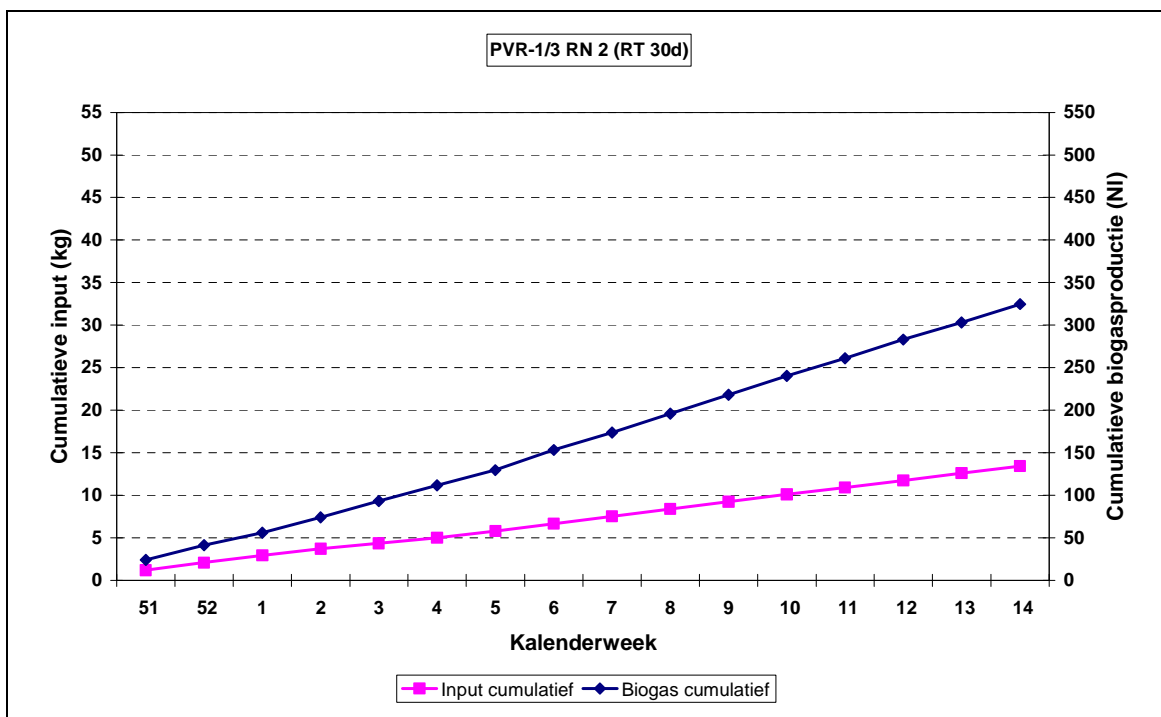
Figuur 5. Evolutie van biogasproductie uitgedrukt per kg voeding en per kg reactorinhoud bij vergisting van slib (RN2)



SEMI-CONTINUE DRANCO FERMENTATIE TEST

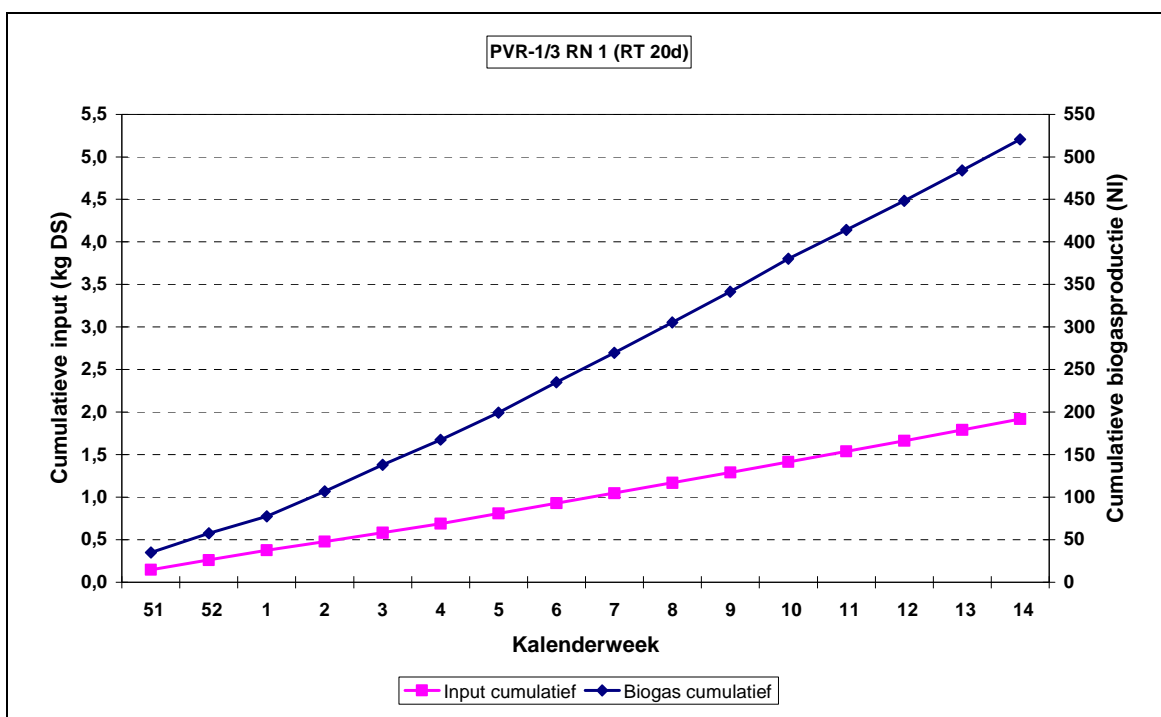


Figuur 6. Cumulatieve voeding en biogasproductie bij vergisting van slib (RN 1)

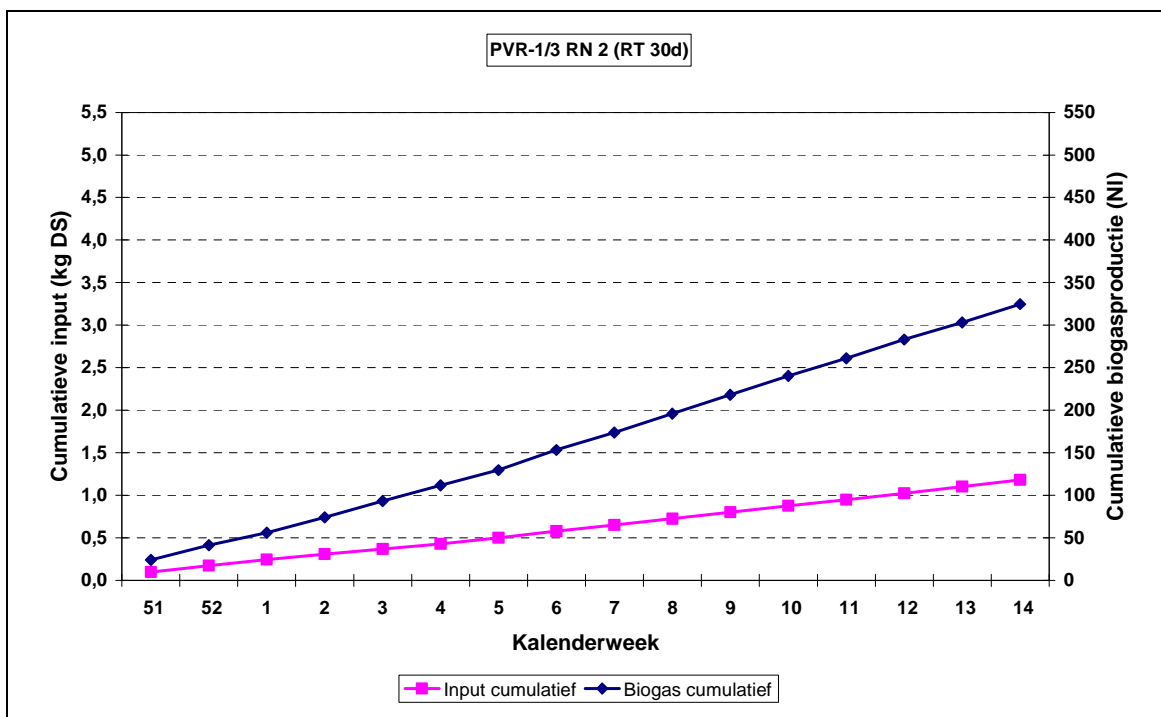


Figuur 7. Cumulatieve voeding en biogasproductie bij vergisting van slib (RN 2)

## SEMI-CONTINUE DRANCO FERMENTATIE TEST

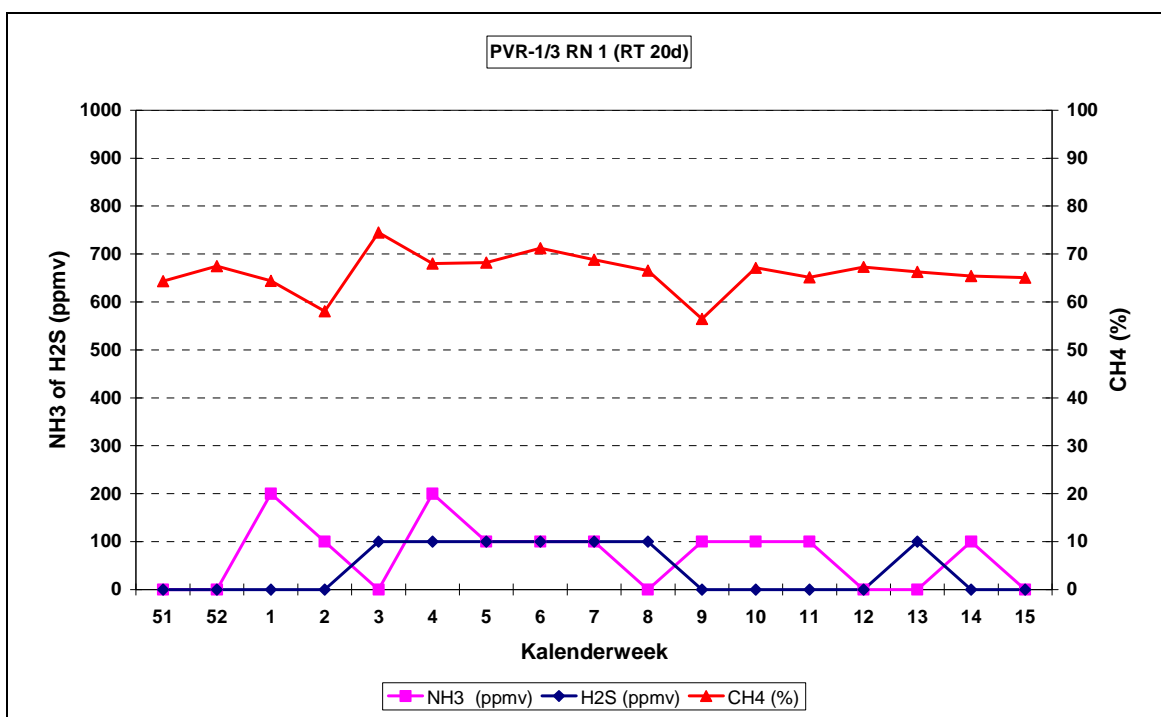


Figuur 8. Cumulatieve voeding en biogasproductie bij vergisting van slib op DS basis (RN 1)

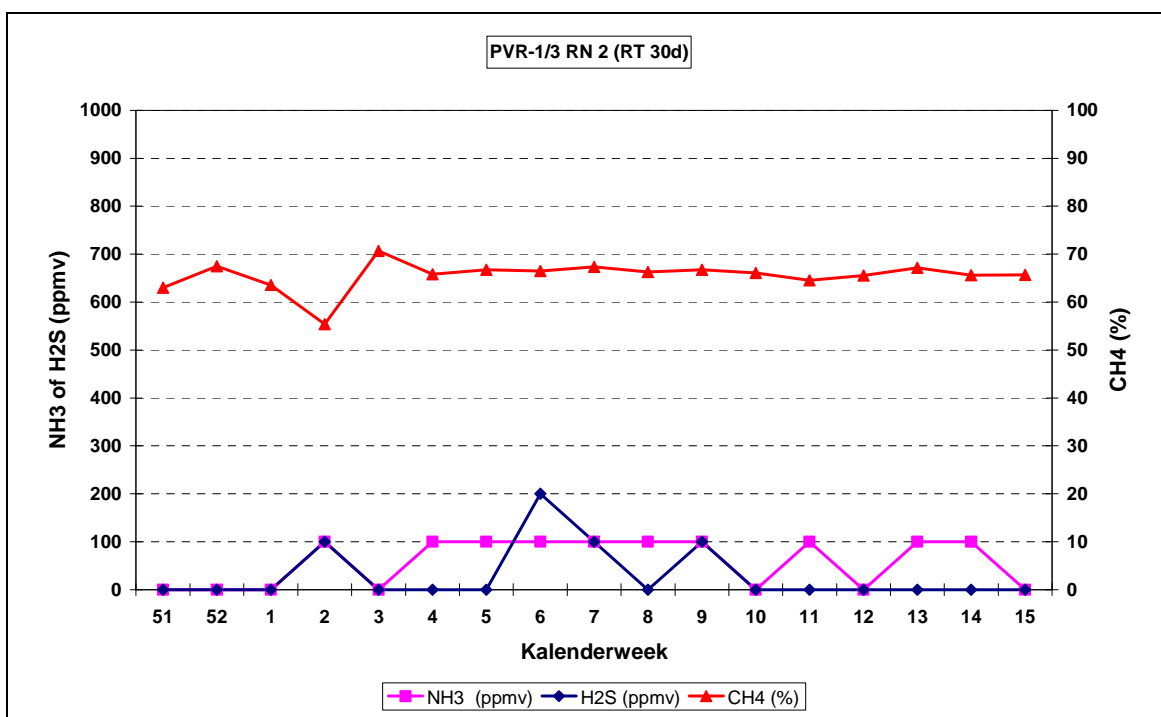


Figuur 9. Cumulatieve voeding en biogasproductie bij vergisting van slib op DS basis (RN 2)

## SEMI-CONTINUE DRANCO FERMENTATIE TEST

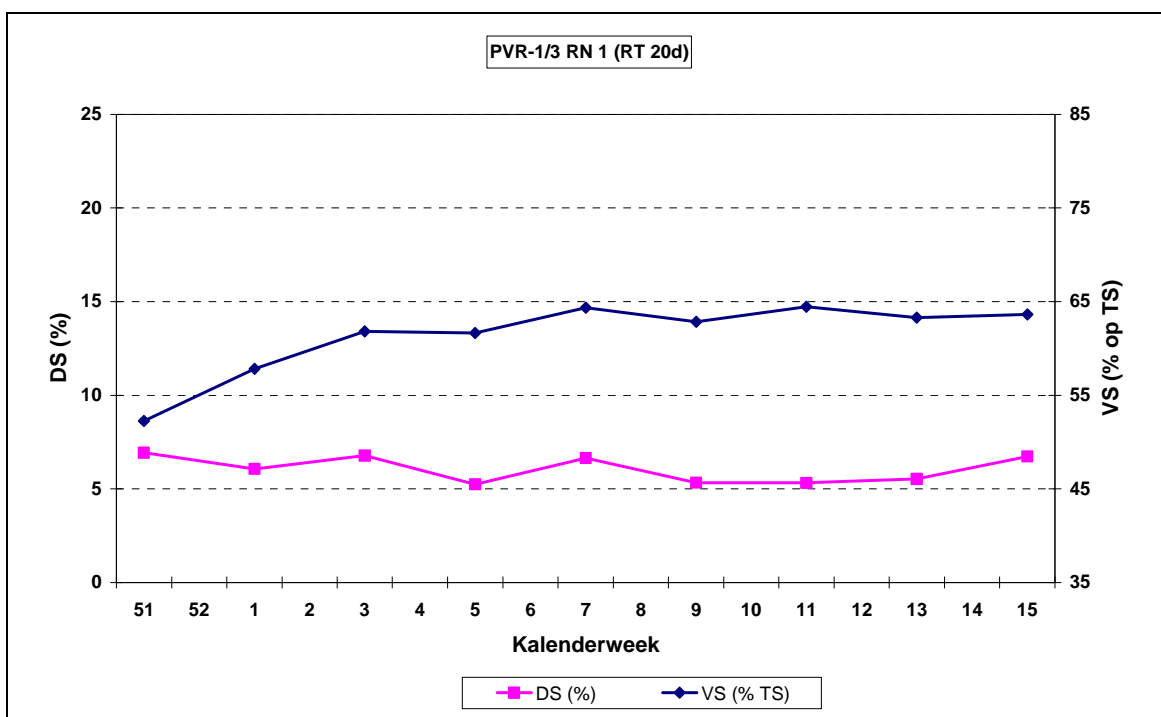


Figuur 10. Evolutie van  $\text{NH}_3$ ,  $\text{H}_2\text{S}$  en  $\text{NH}_4$  in het biogas bij vergisting van slib (RN 1)

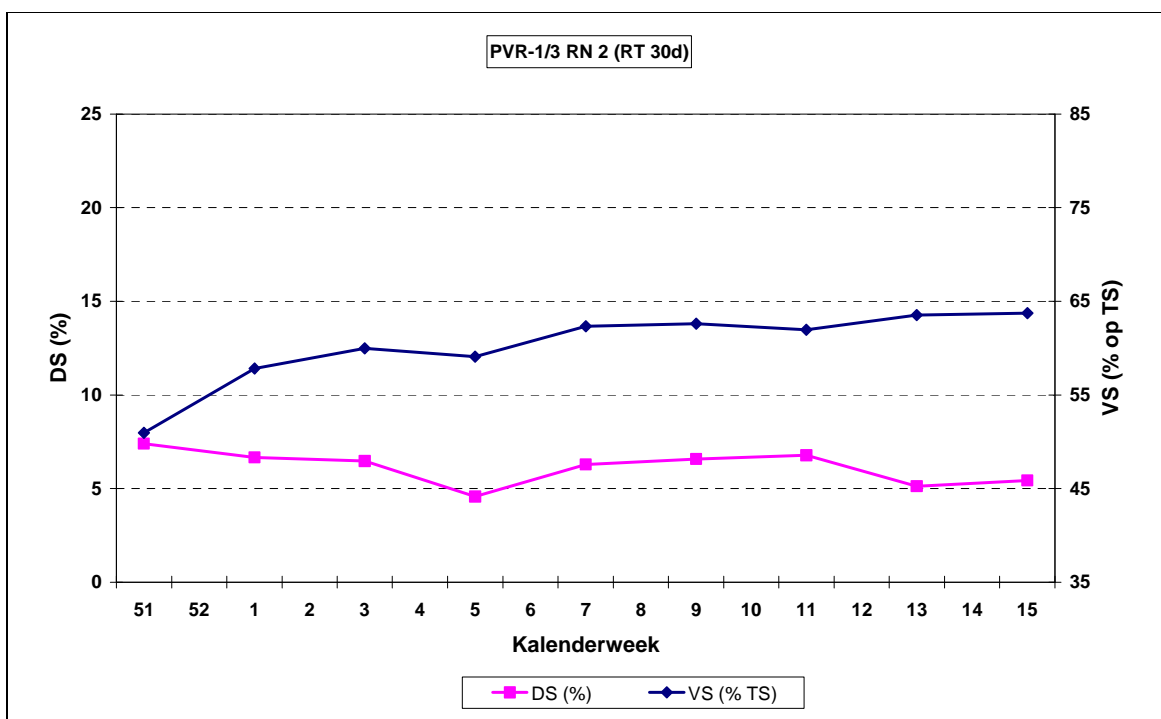


Figuur 11. Evolutie van  $\text{NH}_3$ ,  $\text{H}_2\text{S}$  en  $\text{NH}_4$  in het biogas bij vergisting van slib (RN 2)

## SEMI-CONTINUE DRANCO FERMENTATIE TEST

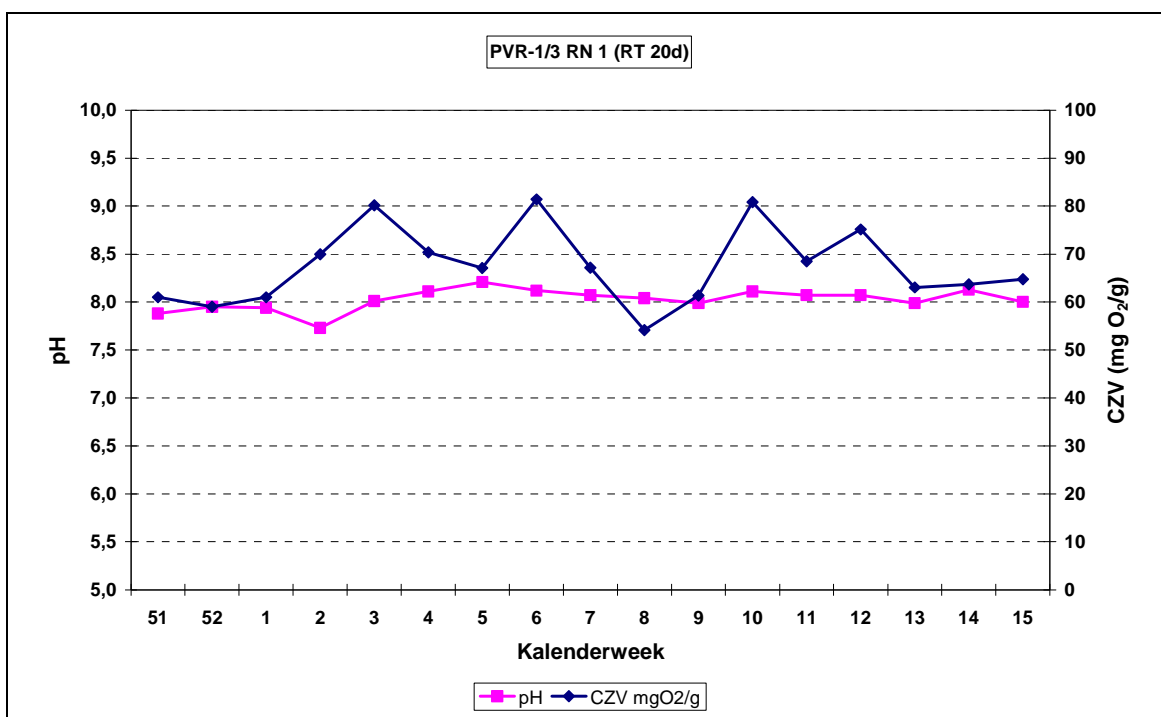


Figuur 12. Evolutie van DS en VS van het residu bij vergisting van slib (RN 1)

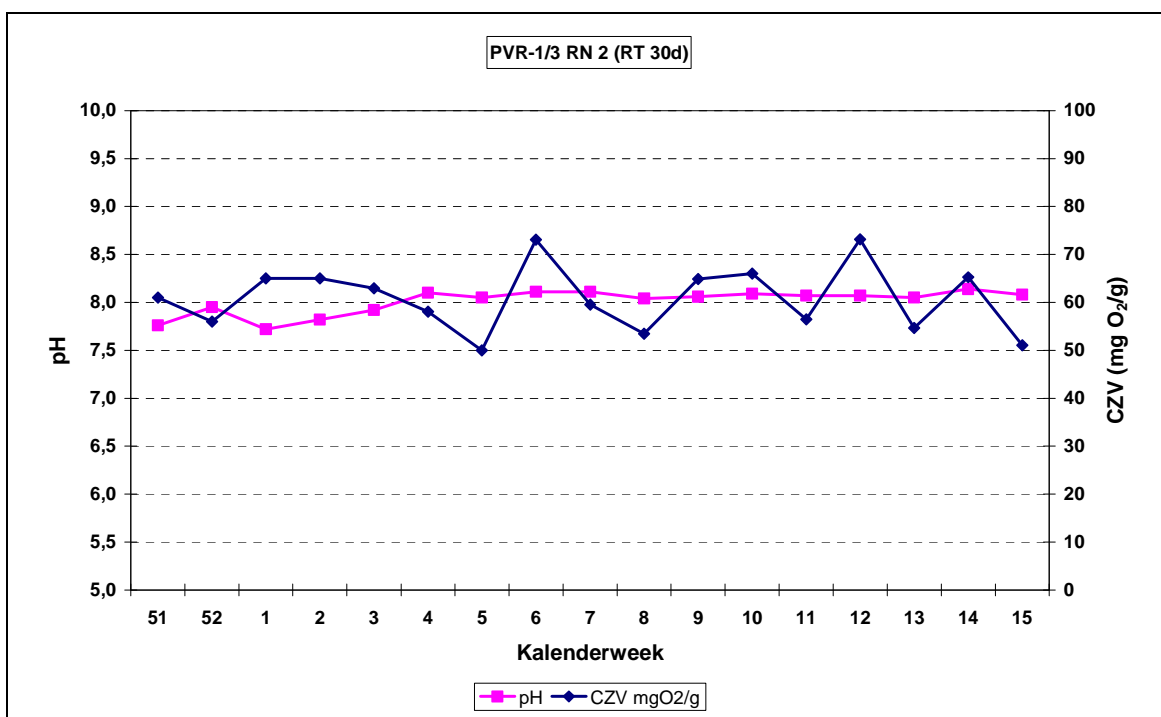


Figuur 13. Evolutie van DS en VS van het residu bij vergisting van slib (RN 2)

## SEMI-CONTINUE DRANCO FERMENTATIE TEST

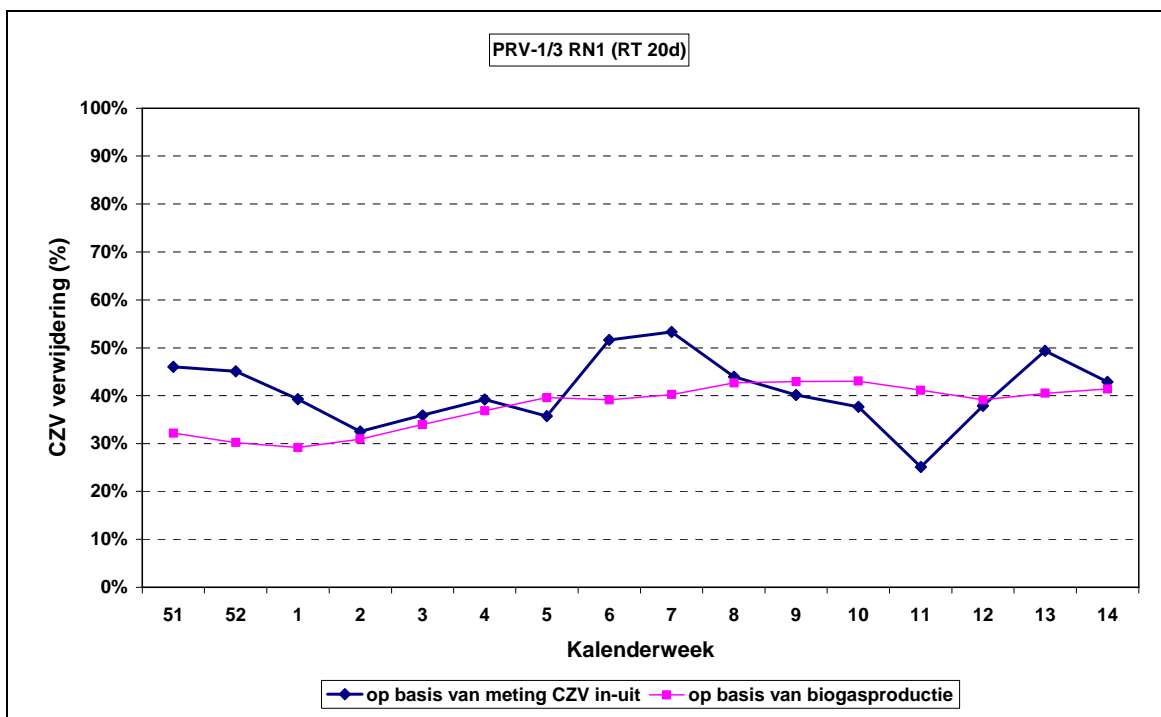


Figuur 14. Evolutie van pH en CZV van het residu bij vergisting van slib (RN 1)

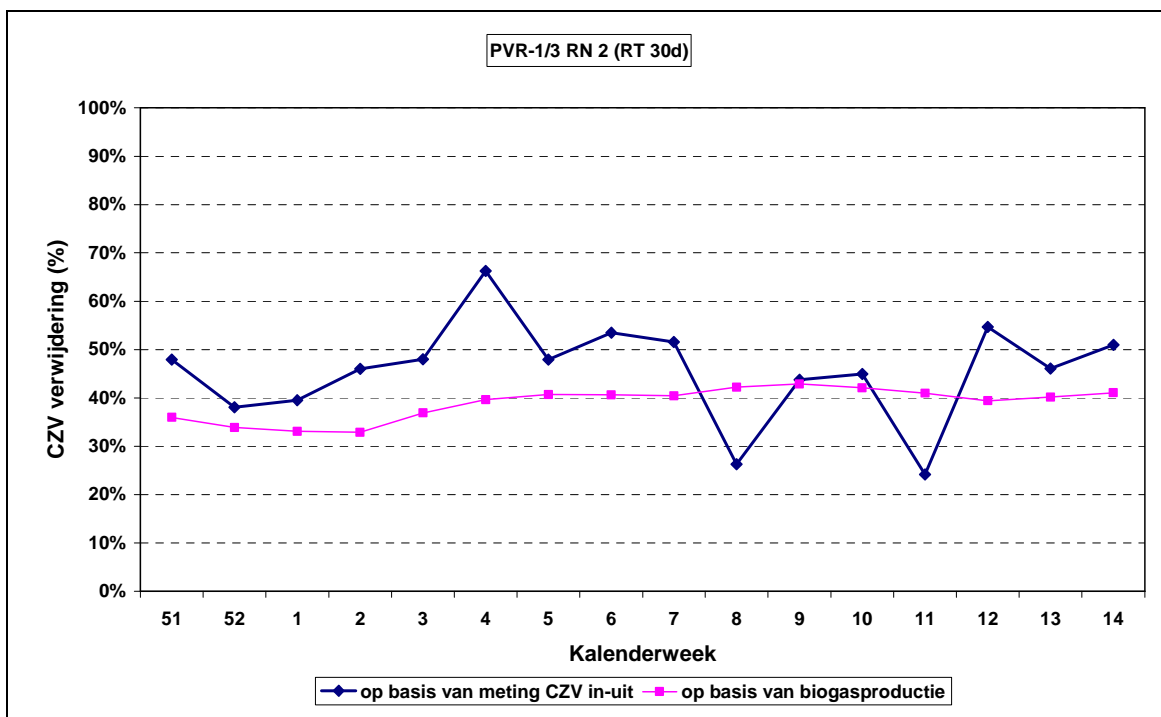


Figuur 15. Evolutie van pH en CZV van het residu bij vergisting van slib (RN 2)

SEMI-CONTINUE DRANCO FERMENTATIE TEST

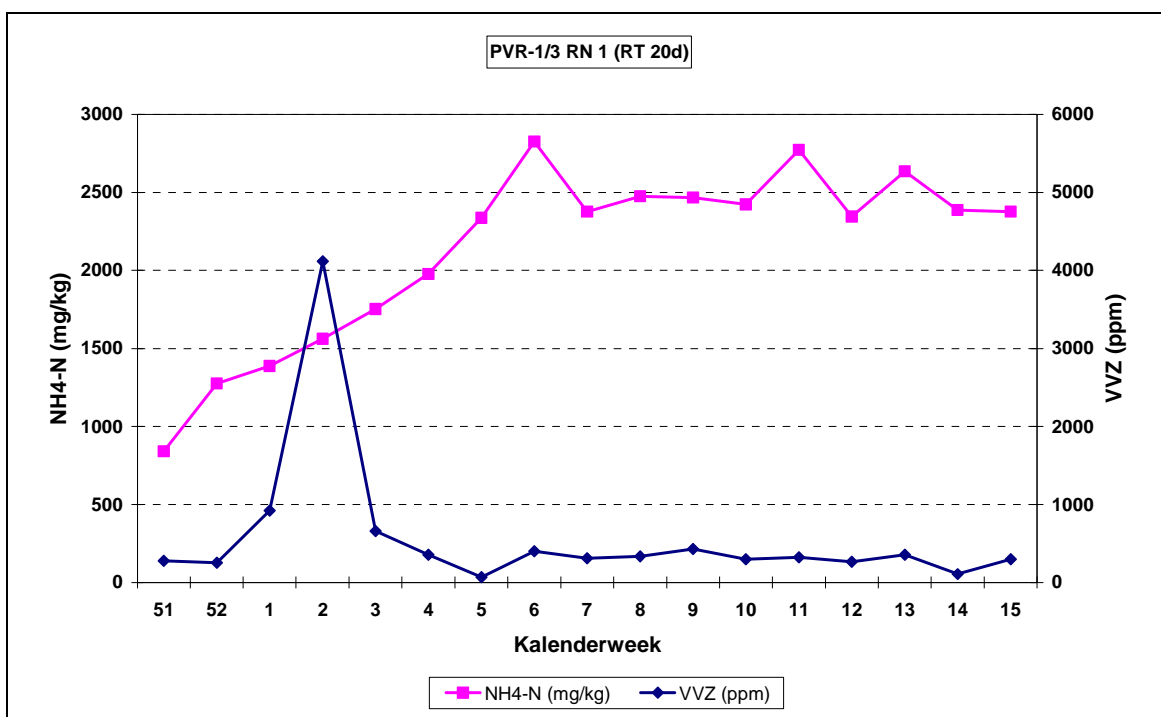


Figuur 16. Evolutie van CZV-verwijdering bij vergisting van slib (RN 1)

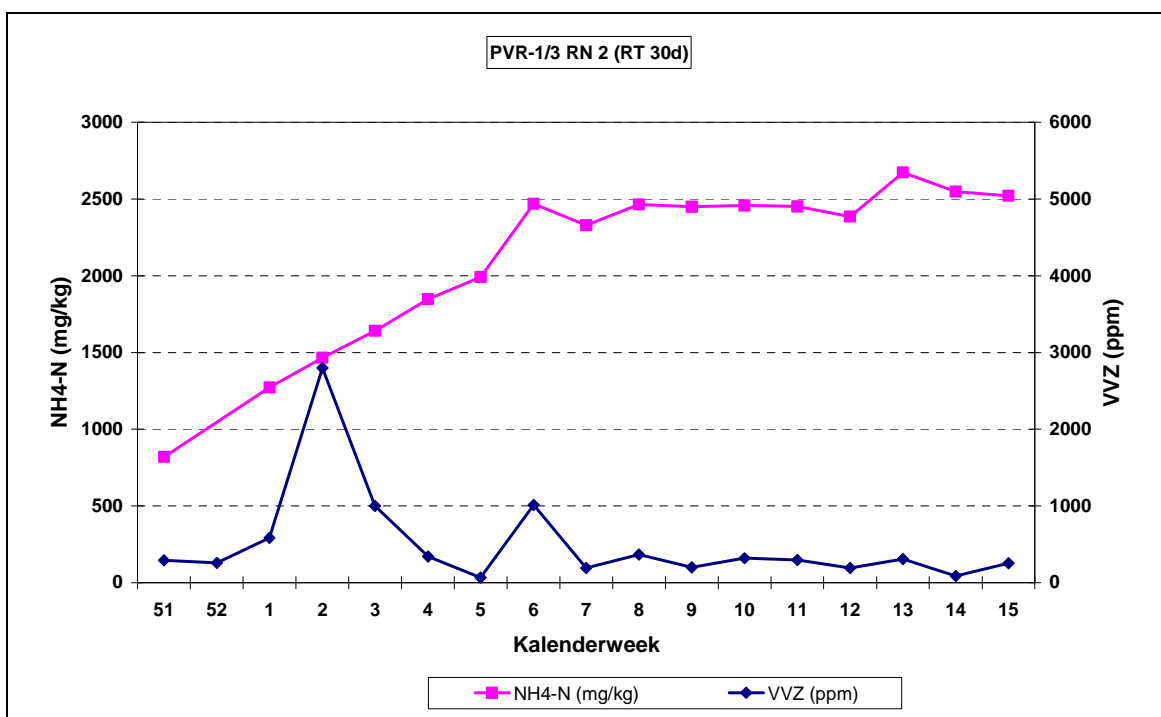


Figuur 17. Evolutie van CZV-verwijdering bij vergisting van slib (RN 2)

## SEMI-CONTINUE DRANCO FERMENTATIE TEST

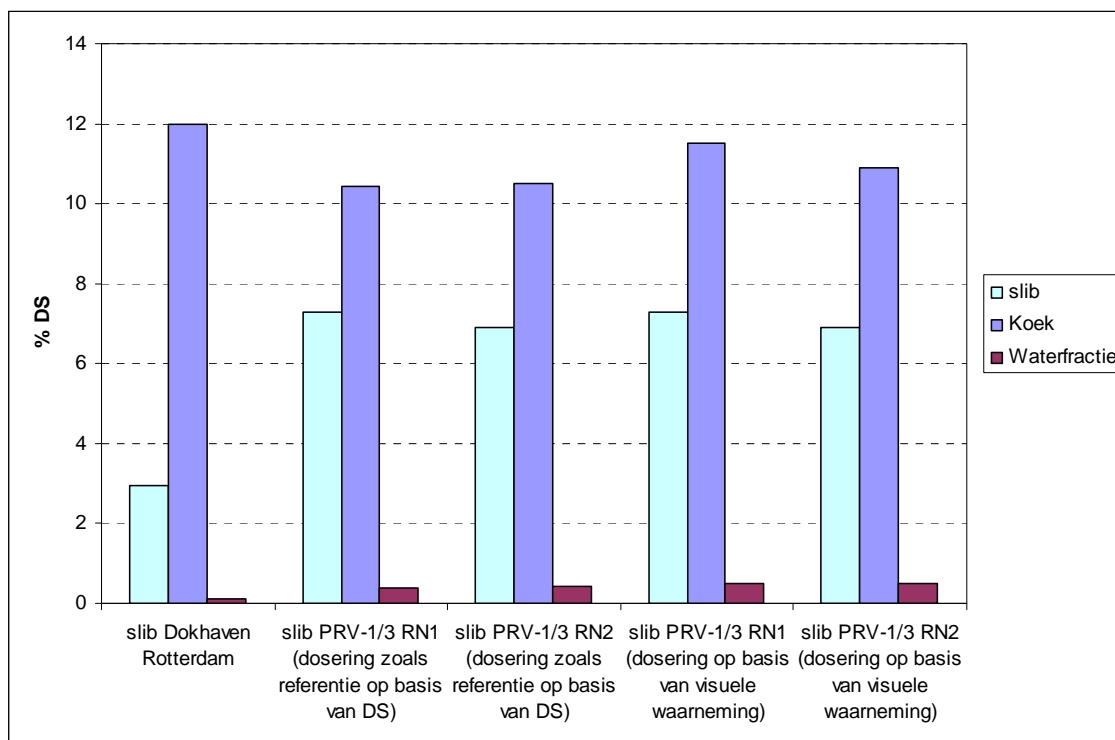


Figuur 18. Evolutie van  $\text{NH}_4^+-\text{N}$  en VVZ van het residu bij vergisting van slib (RN1)

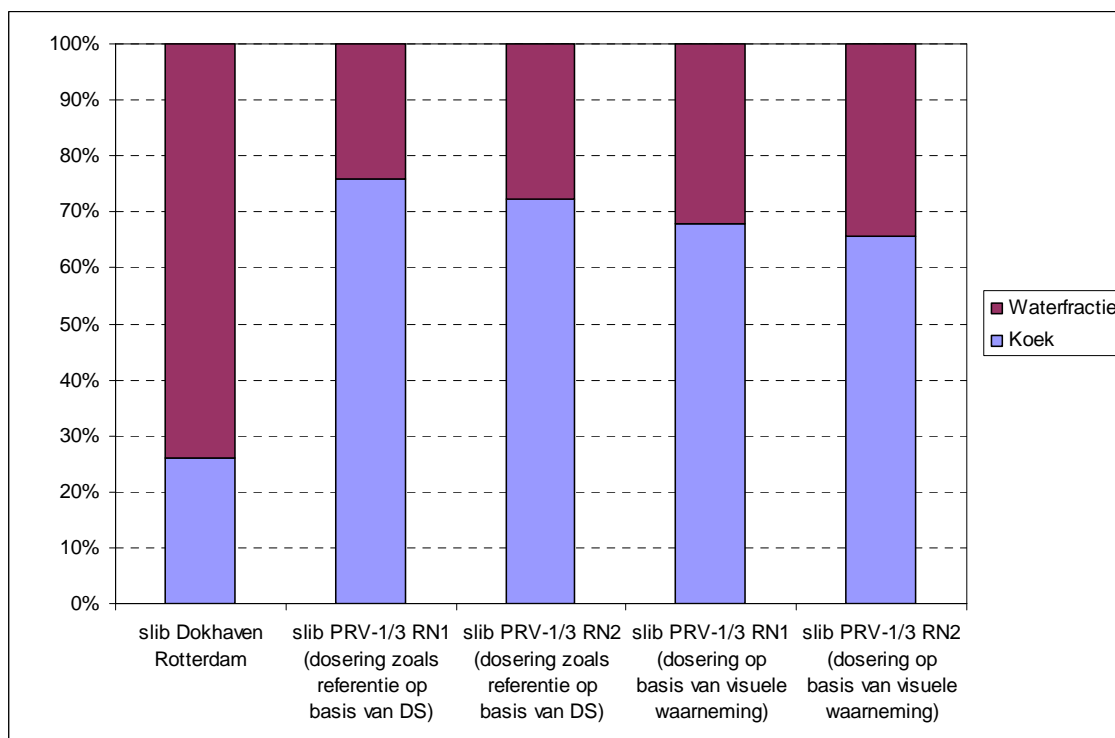


Figuur 19. Evolutie van  $\text{NH}_4^+-\text{N}$  en VVZ van het residu bij vergisting van slib (RN2)

SEMI-CONTINUE DRANCO FERMENTATIE TEST



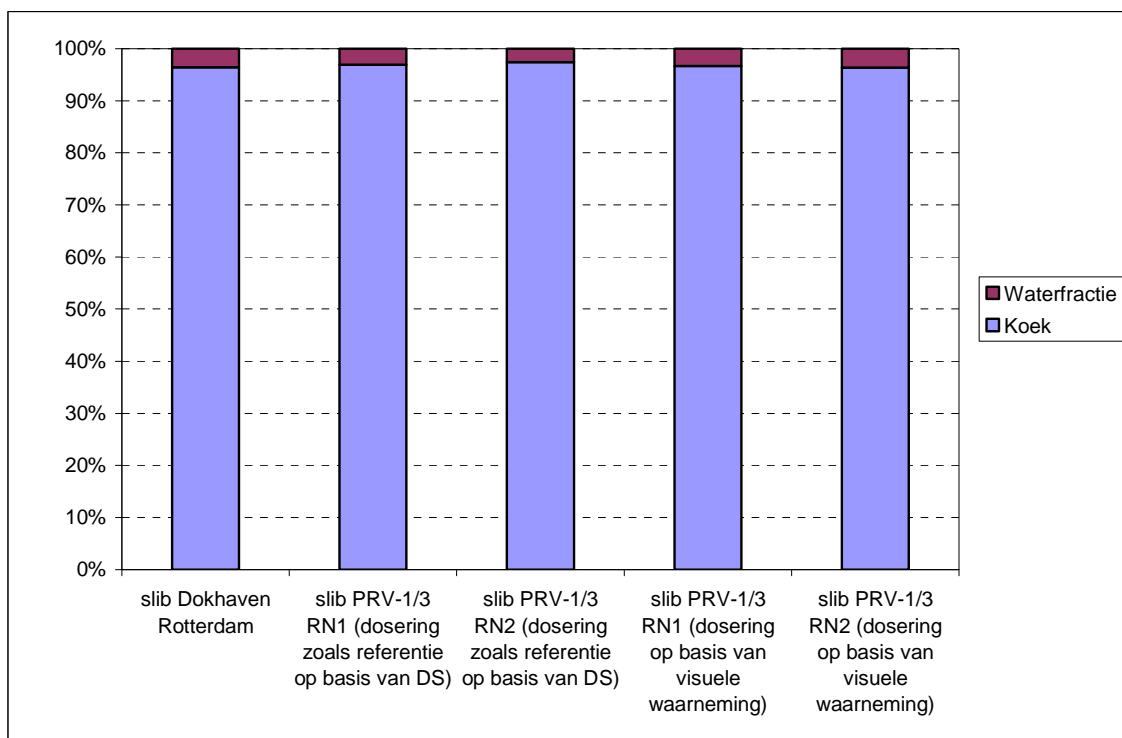
Figuur 20. Percentage DS in slib, centrifugekoek en centrifugewater



Figuur 21. Procentuele verdeling op vers gewichtsbasis na centrifugering



SEMI-CONTINUE DRANCO FERMENTATIE TEST



Figuur 22. Procentuele verdeling op drogestofbasis na centrifugering