

Aquafarm

Praktijkproef Dodewaard

- Definitief -

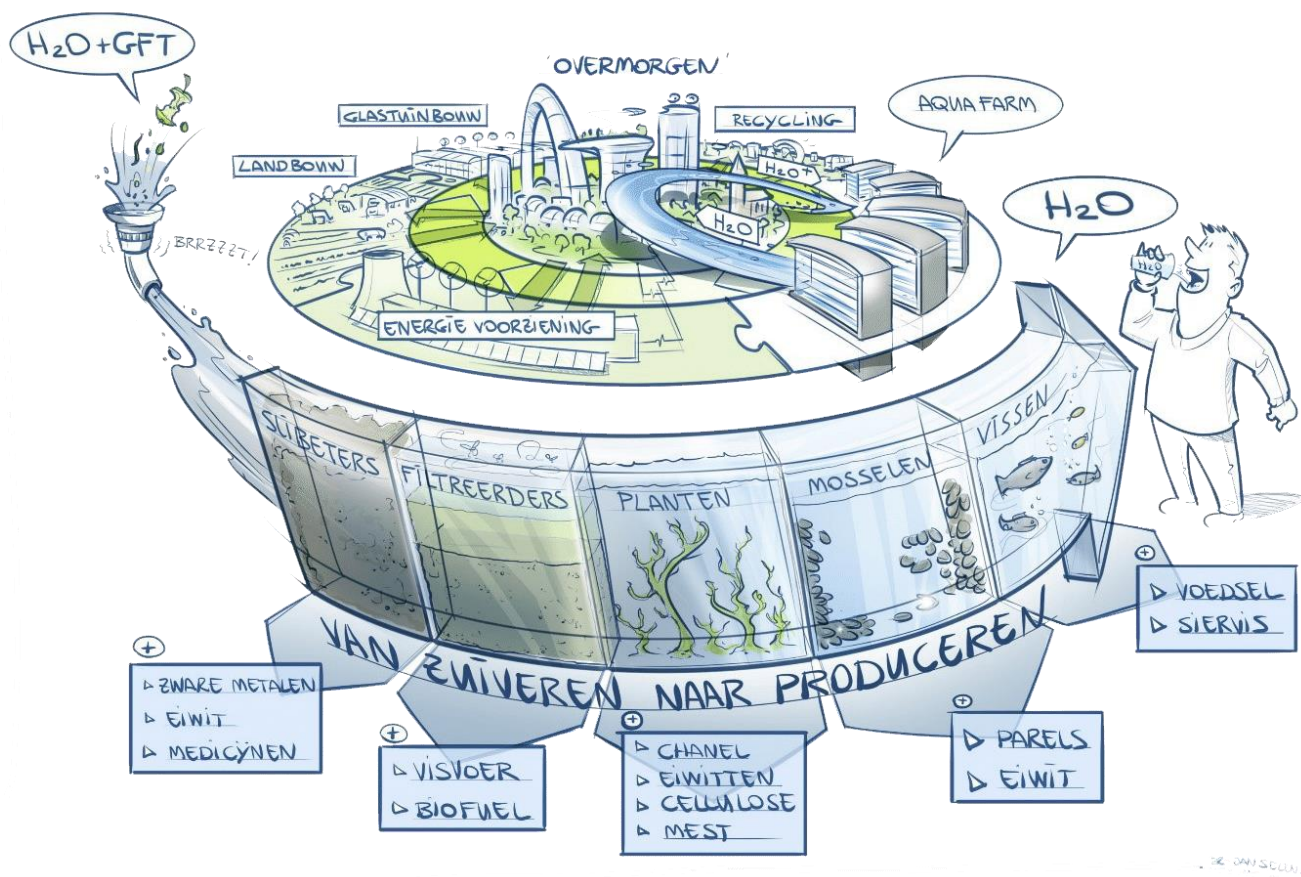


Auteur: Nikki Dijkstra

Datum: 02-08-2019

1. Inleiding

Aquafarm is een samenwerkingsverband van 6 partijen, opgericht in 2016. De gezamenlijke onderzoeksinspanning betreft de ontwikkeling van een op flora en fauna gebaseerd zuiveringssysteem voor de behandeling van (deels voorgezuiverd) huishoudelijk afvalwater (zie Figuur 1). Decennia vindt huishoudelijke rioolwaterzuivering plaats met behulp van bacteriën. Hoewel zeer (ruimte-)efficiënt en robuust, is deze oxidatie-wijze van zuiveren gericht op afbraak in plaats van productie. Bij velen ontstaat het gevoel dat beter met de aardse grondstoffen moet worden omgegaan om uitputting in de nabije toekomst te voorkomen. Voorkomen en hergebruiken van afvalstromen staat centraal in dit circulaire denken. Door planten en/of dieren te laten groeien en hoogwaardige producten uit deze biomassa te oogsten en tegelijkertijd het afvalwater vergaand te zuiveren, probeert het Aquafarm-project een aandeel aan deze circulaire economie te leveren.



Figuur 1: Toekomstbeeld Aquafarm

Een plantensoort die succesvol zou kunnen zijn in een Aquafarm is eendenkroos (klein kroos: *lemna minor* en bultkroos: *lemna gibba*). Zo bleek uit onderzoek in 2012 op een pilotlocatie bij waterschap Noorderzijlvest dat het mogelijk is om eendenkroos (*l. minor* en *l. gibba*) in te zetten in het zuiveringsproces (het project "Effluentpolishing met kroos"). Op de pilotlocatie was de zuiverende werking van eendenkroos toen alleen getest op effluentwater. In Aquafarm zien we ook mogelijkheden om deze alternatieve zuivering in te zetten op andere plaatsen in het zuiveringsproces, bijvoorbeeld direct na de voorbezinkingstank. Nadeel van het werken met andere stromen dan effluent water is dat de kans op problemen zoals verstoppingen in pompen toeneemt. De technische en praktische uitvoerbaarheid moet daarom altijd goed worden beoordeeld bij zulke opstellingen.

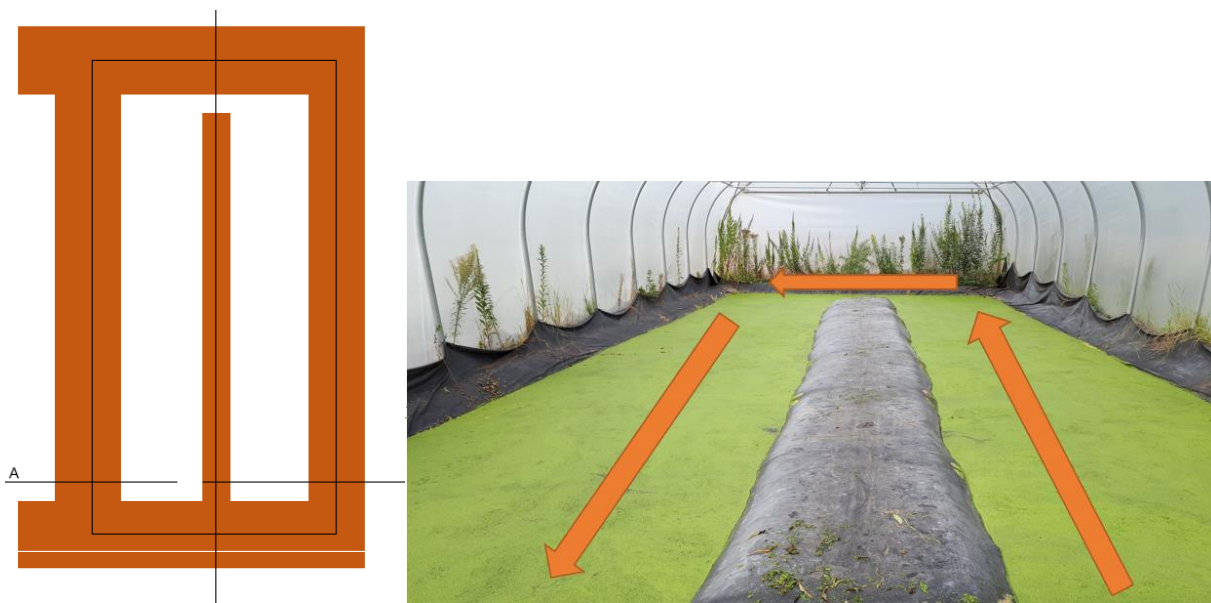
Ondertussen is het ook zaak om de markt aangesloten te krijgen om geen theoretische waarde te kunnen produceren, maar juist gericht op vraag van de markt. De mogelijkheden hiervoor zijn de afgelopen jaren toegenomen. Zo heeft ABC-Kroos, een Nederlands bedrijf uit Groenlo, een technologie ontwikkeld om hoogwaardig eiwit te winnen uit verse eendenkroos. Zij zien niet alleen toekomst voor eiwit afkomstig uit eendenkroos in de levensmiddelenindustrie en de veevoedersector maar ook als eiwit in de industriële sector. In de laatst genoemde sector is het vooral interessant voor industrieën die willen profileren op duurzaamheid want het eiwit zou daarmee ingrediënten vervangen die momenteel uit een niet hernieuwbare, fossiele bron worden gemaakt. Lijmfabrikant Uzin Utz Nederland (voorheen Unipro) is bijvoorbeeld geïnteresseerd in het gebruik van dit eiwit als additief. Juist deze zogenaamde non-food mogelijkheden bieden kansen voor eendenkroos geproduceerd op zuiveringswater.

In dit onderzoek is in 2017 en 2018 op de RWZI Dodewaard onderzocht of het kweken van eendenkroos onder verschillende influent/effluentverhoudingen praktisch en technisch uitvoerbaar is. En in hoeverre eiwit uit het geproduceerde kroos uiteindelijk kan worden gebruikt als additief in de lijmindustrie. In het tweede jaar is er is meer dan 1600 kg (natgewicht) kroos geogst zonder grote technische en praktische problemen. Ook de eiwitten blijken goed te extraheren alhoewel er wel moet worden gekeken naar de conservering van deze eiwitten voor gebruik in de chemische industrie.

2. Methode

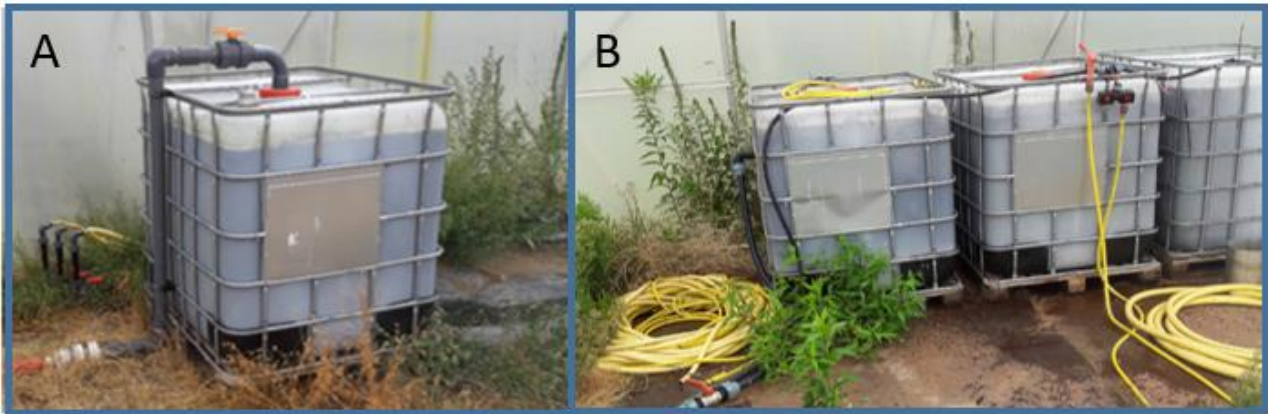
2.1 Proefopzet

In 2017 zijn er op een aantal slibdroogbedden op het RWZI terrein van Dodewaard drie circa 0,4 m diepe vijvers van 106 m² aangelegd. De vijvers zijn volgens het propstroomprincipe aangelegd: het water wordt aan de ene kant ingevoerd, doorloopt als een prop de vijver en stroomt aan het uiteinde de vijver weer uit (figuur 2). Het eerste jaar is gebruikt voor de optimalisatie van de proef. Dit rapport zal vooral ingaan op de resultaten van 2018.



Figuur 2: Configuratie van de vijvers (A: tekening; B: werkelijke vijver met stromingsrichting)

In 2018 begon de start van de proef op 24 april met het schoonmaken en enten van de vijvers met klein kroos. Op 30 april waren alle kassen gereed voor de proef. Elektriciteit werd van 100 m afstand aangevoerd. De hydrant (gefilterd effluent, bedrijfswater) lag op ca. 75 m afstand van de vijvers. De effluenttoevoer vond met één slang plaats naar een IBC (1-m³- vat; Figuur 3). Aan het onder-uiteinde was een verdeelinrichting bevestigd met 3 flowschuiven die een instelbare verdeling mogelijk maken naar ieder vijver. De overloop van de IBC mondde uit in de afvoergoot.



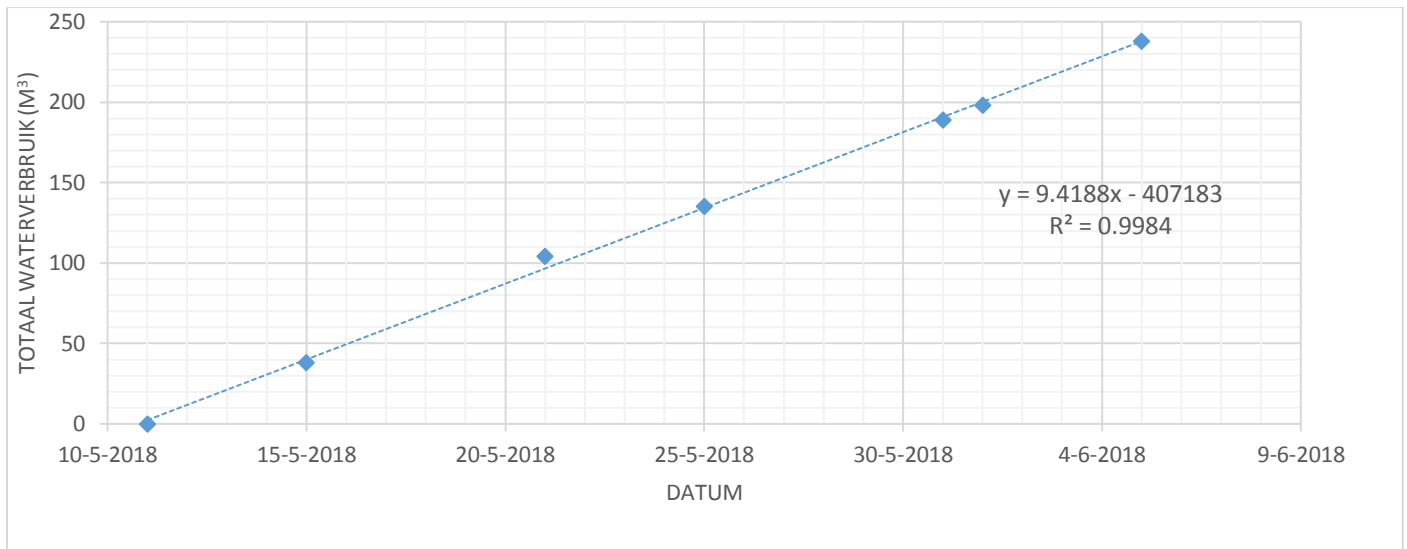
Figuur 3: De verdeelsystemen (A: effluent; B: influent)

Het influent water werd over een afstand van ongeveer 125 m. verpompt naar het verdeelsysteem voor de vijvers. Aanvoer naar drie (in het midden aan elkaar geschakelde) IBC's vindt plaats vanuit de ontvangstput (ná de roostergoedverwijdering) met een versnijdende pomp (Figuur 3). De overloop van één IBC loopt over naar de afvoergoot. Bovenuit de derde IBC wordt min of meer voorbezonden influent naar een verdeelsysteem met regelbare flowschuiven gepompt. De verdeelinrichting voert instelbare hoeveelheden influent naar de vijvers. Terwijl kas 1 enkel werd gevoed door effluent water, ontvingen kas 2 en kas 3 een mix van effluent en influent water (Tabel 1).

Tabel 1: instellingen van de kassen.

Kas	Influent (l/uur)	Effluent (l/uur)	Sproeiwater (l/uur)
1	0	800	130
2	200	600	130
3	400	400	130

De kroosdekken zijn met een sproeiersysteem natgehouden. Dit voorkomt uitdroging (witte vlekken). Het drinkwaterverbruik bij de RWZI Dodewaard was gemiddeld 9.4 m³/dag (Figuur 4). Het overgrote deel van het verbruik wordt gebruikt voor het sproeien in de kassen (gesprek D. van Reeden). Dat komt neer op een drinkwaterverbruik van 130 L/uur per kas (Tabel 1).



Figuur 4: Totaal waterverbruik bij RWZI Dodewaard

2.2 Oogstmethode

Het kroos werd geoogst nadat de vijvers volledig begroeid waren. Na het oogsten bedekte het resterende kroos het totale oppervlak met nog één dun laagje kroos. Als een oppervlakte namelijk onbedekt is dan stimuleert dat de groei van algen. Te veel algen geven problemen bij de bio-raffinage bij ABC-Kroos. Het oogsten werd in 2017 in eerste instantie met badmintonrackets uitgevoerd, daarna met vis-schepnetten en bladharken. In 2018 zijn enkel de harken gebruikt. Dat bleek het meest praktisch. Tijdens de oogst in 2018 is gebruik gemaakt van de bakken die waren aangeleverd door ABC-Kroos. Deze hadden gaten waardoor het overtollige water zoveel mogelijk de bakken kon verlaten voordat de bakken werden getransporteerd naar ABC-Kroos in Groenlo. In Groenlo werd het totaal natgewicht kroos gemeten. De eiwitgehaltenes werden ook in Groenlo gemeten (totaal en soms ook voor de verschillende kassen).

De proef liep tot begin augustus. Daarna had ABC-Kroos geen mogelijkheden meer om het eendenkroos te verwerken vanwege veranderende hygiënische voorschriften.

2.3 Metingen

De concentraties ammonium (NH_4^+), nitraat (NO_3^-) en fosfaat (versimpeld als PO_4) zijn met behulp van Hach cuvettest gemeten in gefiltreerd inkomende en uitgaande water vanaf de start van de proef in 2018. In de periode van 4 juli tot en met 15 augustus werd het water wekelijks geanalyseerd. In dit verslag gaan we vooral in op de resultaten van deze wekelijks metingen.

De dichtheid van het kroosdek is op drie locaties per kas geschat met een zeef. Op basis van de diameter van de zeef (20 cm) en het gewicht van het gezeefde kroos is de kroosproductie bepaald. Het totaal natgewicht kroos is soms ook bij ABC-Kroos gemeten.

Op 18 juli en 8 augustus zijn in elke kas extra kroosmonsters verzameld. Deze zijn meegegeven aan Tom van de Meer en later op de Wageningen Universiteit voorbereid. Mogelijke extra analyses zijn:

- Totaal elementen concentraties in het kroos: totaal P en mogelijk Zn en Al.
- Totaal N concentratie in het kroos.
- Medicijnresten in het kroos. Als indicatie: Een pakket met 30 stoffen kost al 730 euro (ex. Rapportage, BTW etc.) voor ingaande en uitgaande flux. Het meten in het kroos zelf is duurder.

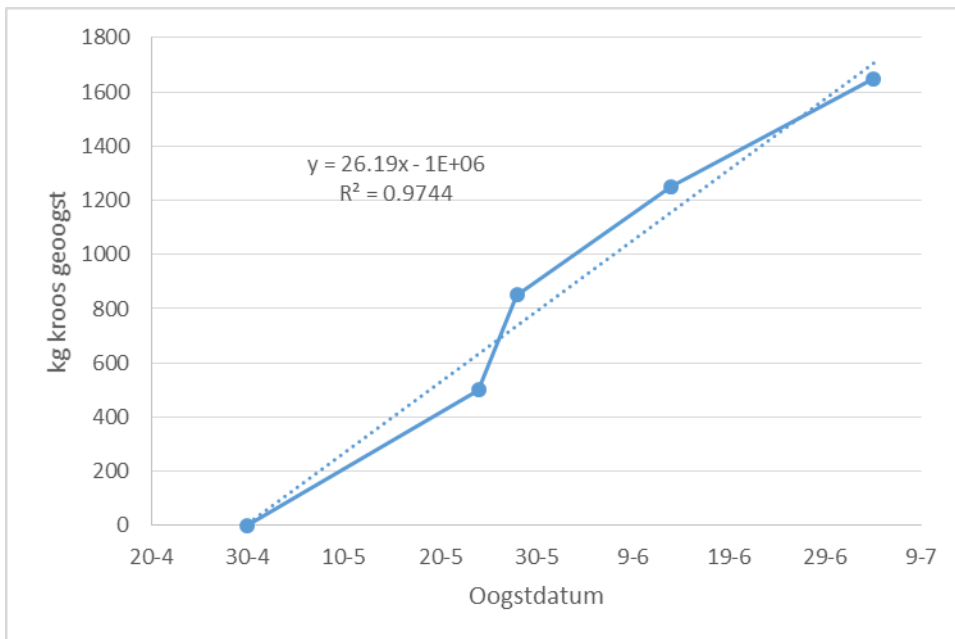
3. Resultaten

3.1 Productie van kroos

In 2018 is er 1650 kg (natgewicht) kroos geoogst en getransporteerd naar ABC kroos (Figuur 5). Het oogsten van het kroos gebeurde met harken. Dat ging goed maar was wel arbeidsintensief (6-9 manuren per keer, transport naar Groenlo niet meegerekend). De samenstelling in de kassen bestond uit klein kroos (>90%) en veelwortelig kroos (~ 5-10 %). Er was geen duidelijk verschil tussen de kassen wat betreft samenstelling.

De totaal kroosproductie, gebaseerd op de ABC-Kroos wegingen, is vrij stabiel geweest over de tijd. De berekende groeisnelheid is 26.2 kg natgewicht kroos/dag. Dat is 824 kg natgewicht/ha/dag (totaal oppervlak: 316 m²). Het droge stofgehalte is ongeveer 0.05 kg (metingen bij ABC-Kroos). Dit zorgt voor een totale opbrengst in droge stof van 15041 kg/ha/jaar. De jaarlijkse opbrengst onder optimale condities wordt geschat op ongeveer 30000 kg droge stof/ha (gebaseerd op pilotstudie bij Noorderzijlvest). Bij de kroosproef Dodewaard bereiken we dus ~ 50% van de zogenaamde optimale groeisnelheid.

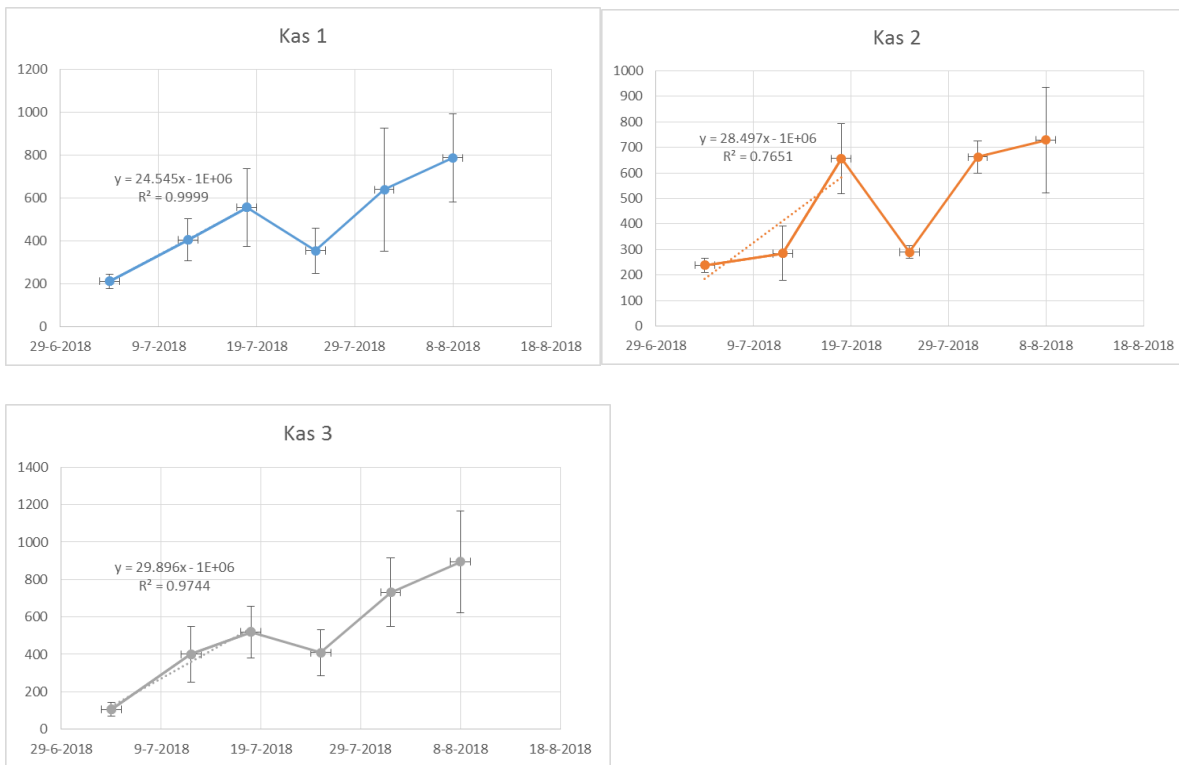
Grote technische problemen zijn er niet geweest in 2018. Soms was de pomp verstopt. Ongeveer een 0,5 dag in de week was de technische medewerker bezig met het onderhoud en kleine problemen (schoonmaken van pompen, slangen en dergelijke).



Figuur 5: Kroosproductie (kg natgewicht) op basis van wegingen ABC-Kroos

Een andere manier om de kroosproductie in te schatten is op basis van de dichtheid (o.b.v. de zeefmethode; Figuur 6). De resultaten laten geen verschillen zijn in de productiesnelheden tussen de kassen. De variatie in dichtheden in de kassen was erg groot. Dit komt doordat er geen homogeen kroosdek in de vijvers was, vooral door de aanwezigheid van algen. Dat was waarschijnlijk het gevolg van te rigoureuus oogsten op 4 juli 2018, waardoor algen de kans kregen open delen van het wateroppervlakte in te nemen. Vooral kas 1 had een hoge dichtheid algen in begin juli (geschat: 20% van totaal kroosdek aan het oppervlak). De algen hadden een hogere dichtheid dan het kroos, wat zorgde voor meer heterogeniteit in de dichtheden van het gemende algen/kroosdek in de vijvers.

De kroosproductie lag in de kassen rond de 26 kg natgewicht kroos/dag (Figuur 6). Met een oppervlakte per kas van ongeveer 106 m² vertaalt dit naar een groeisnelheid die driemaal zo hoog is als de groeisnelheid die is berekend op basis van het geleverde kroos aan ABC-kroos (Figuur 5 versus Figuur 6). Dit komt waarschijnlijk doordat het kroos in de zeef meer water bevatte dan het uitgelekte kroos dat bij ABC-Kroos werd gewogen. Wat ook mee kan spelen, is het verschil in seizoen. Het kroos is van april t/m begin juli naar ABC kroos gebracht, terwijl de zeefmethode is in juli-augustus gebruikt toen het extreem warm was in de kassen (> 40 graden). Wellicht dat dit ervoor heeft gezorgd dat de groeisnelheid afnam. Ook het ontstaan van algendekken in het water zouden de kroosproductie hebben kunnen afremmen.



Figuur 6: Geschatte kroosgewicht in kg natgewicht in de vijvers. Foutbalken geven standaard deviatie (n=3) weer. Voor de meting van 25-07-2018 en voor de meting van 01-08-2018 is het algenmateriaal uit de vijvers verwijderd waardoor de dichtheid afnam en zo ook het berekende kroosgewicht.

3.2 Eiwit concentraties

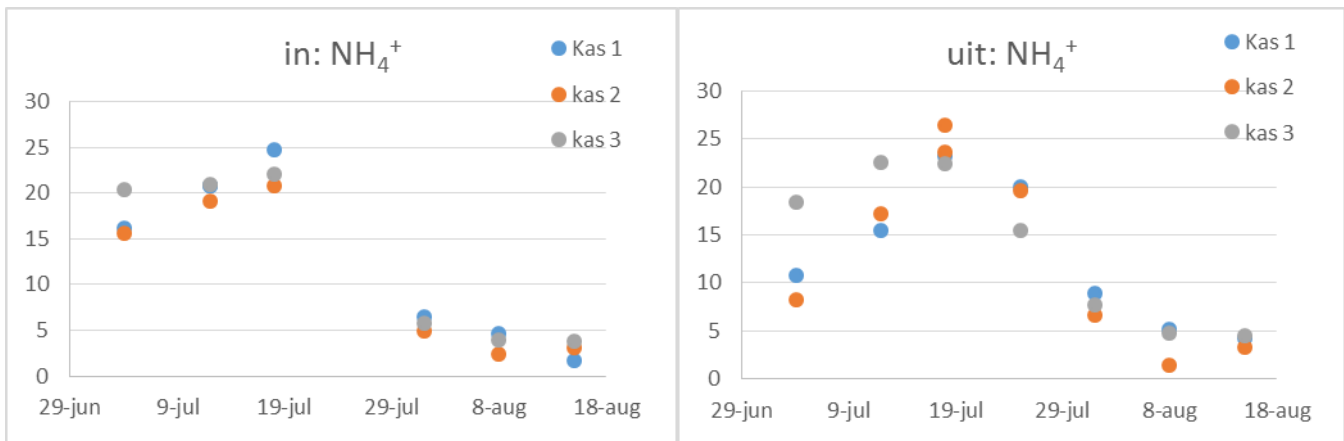
De eiwitgehalten in kroos (droge stof) liggen tussen de 27 en 39% (tabel 2). Tussen de kassen is er geen duidelijke verschil zichtbaar. In 2017 bevatte het kroos uit kas 2 de hoogste concentratie eiwit terwijl in 2018 (13 juni) de hoogste eiwitgehalten zijn gemeten in kroos afkomstig uit kas 3.

Tabel 2: De eiwitgehalten in kroos (g eiwit/g droge stof)

Datum	Totaal	1	2	3
19-10-2017		33.6%	38.8%	37.8%
24-05-2018	27%			
13-06-2018	34%	32.7%	31.9%	35.4%
04-07-2018	32%			

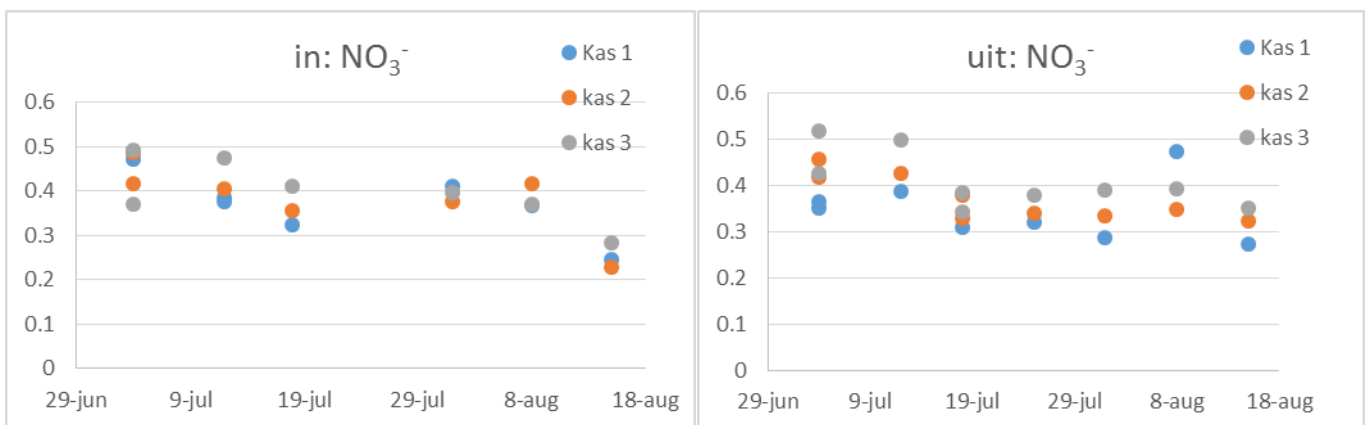
3.3 Waterkwaliteit

De ammonium (NH₄⁺), nitraat (NO₃⁻) en fosfaat (PO₄) concentraties zijn in de ingaande en uitgaande fluxen in de verschillende kassen gemeten (Figuur 7 – 9). De relatieve standaarddeviatie (op basis van extra monster-opnames en metingen) voor deze concentraties varieert tussen 0 en 15%.



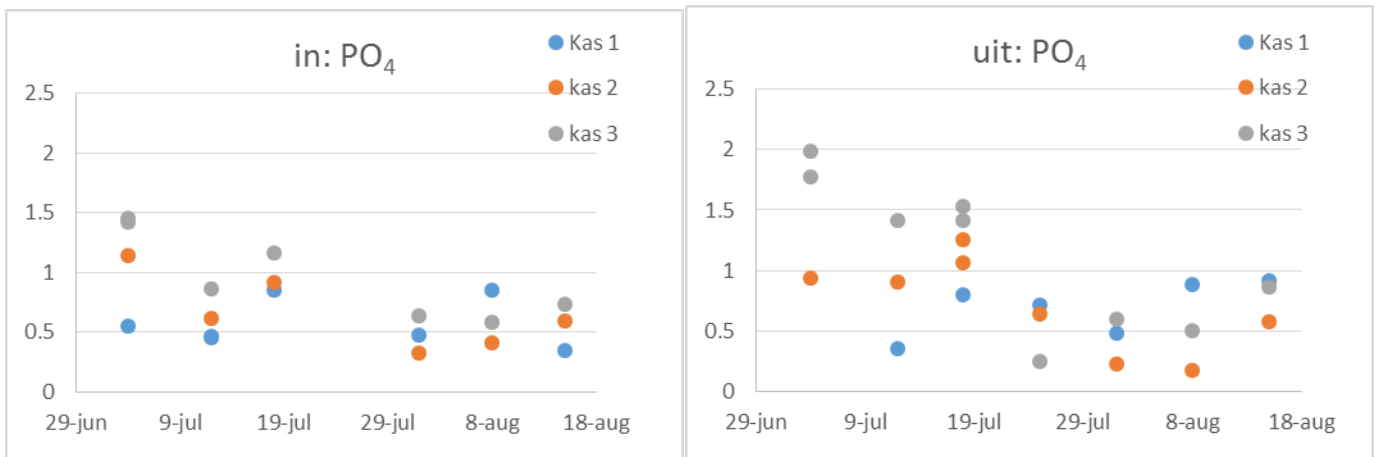
Figuur 7: Ammoniumconcentraties (NH₄⁺) in ingaande en uitgaande flux (mg/l)

Er zijn geen duidelijke verschillen in de trends in ammoniumconcentraties tussen de kassen zichtbaar (Figuur 7). Halverwege juli is er in alle kassen een daling in de ammoniumconcentraties in de ingaande en uitgaande flux. De ammoniumconcentratie in de uitgaande flux is soms hoger en soms lager dan in de ingaande flux.



Figuur 8: Nitraatconcentraties (NO₃⁻) in ingaande en uitgaande flux (mg/l)

De nitraatconcentraties in de ingaande en uitgaande flux zijn meestal het hoogste in kas 3 (Figuur 8). Deze vijver bevat ook het meeste influentwater. De nitraatconcentratie in de uitgaande flux is soms hoger en soms lager dan in de ingaande flux.



Figuur 9: Fosfaatconcentratie in ingaande en uitgaande flux (mg/l)

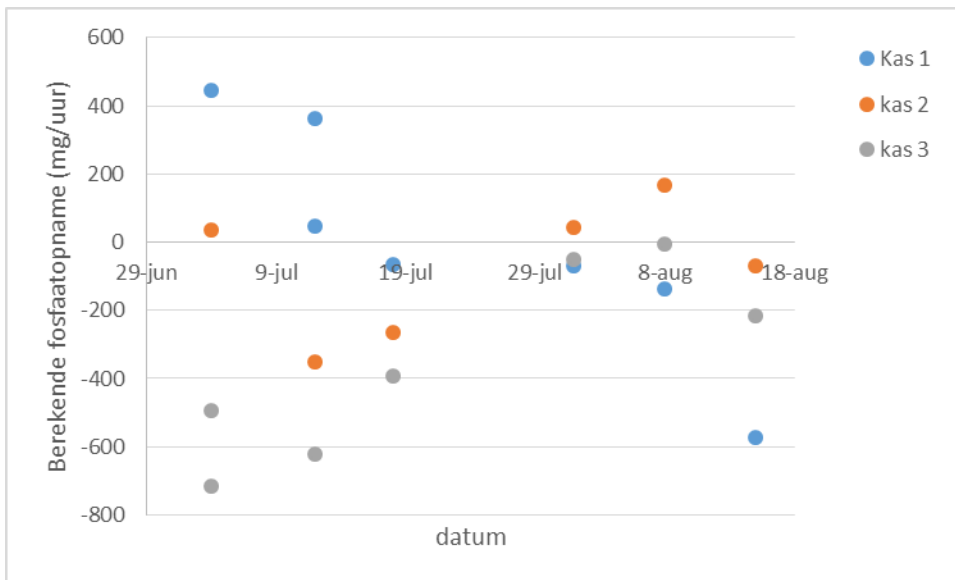
De fosfaatconcentraties in de ingaande zijn meestal het hoogste in kas 3 (Figuur 9). Deze vijver wordt ook gevoed met het meeste influentwater. In de uitgaande flux is begin juli de fosfaatconcentratie het hoogste. De fosfaatconcentratie is dan hoger in de uitgaande flux dan in de ingaande flux.

3.4 Fosfaatopname

Om de fosfaatopname door kroos te berekening moet de uitgaande flux van fosfaat eerst worden gecorrigeerd voor de verdunning van de vijvers met sproeiwater. Dit kan met de volgende berekening:

$$\text{Uitgaande fosfaatflux (mg/uur)} = \text{fosfaatconcentratie in uitgaande flux in mg/L} * (\text{debiet in a } 800 \text{ L/uur} + \text{sproeidebiet a } 130 \text{ L/uur})$$

Door deze gecorrigeerde uitgaande flux in mindering te brengen van de ingaande fosfaatflux (fosfaatconcentratie in ingaande flux * debiet) wordt de theoretische fosfaatopname door kroos berekend. De uitkomst hiervan is weergegeven in figuur 9. In het begin van de zomer lijkt er vooral opname van fosfaat te zijn in de kas die alleen wordt gevoed door effluent water (kas 1). In de kas die het meeste wordt gevoed met influent, kas 3, lijkt er dan juist extra fosfaat vrij te komen. Aan het einde van de meetreeks lijkt er vooral in kas 1 weer veel fosfaat vrij te komen. In deze kas was het meeste algenmateriaal aanwezig. Mogelijk zorgde de algen begin juli voor extra opname van fosfaat. Dit fosfaat zou dan later weer zijn vrijgekomen tijdens de afbraak van algenmateriaal. De rottende algen waren ook zichtbaar in het water als een zwarte sliblaag op het water. Daarnaast verschenen er vanaf halverwege juli ook meer bubbels in het water, mogelijk methaan dat vrijkwam bij de afbraak. Conclusies over de fosfaatopname door kroos zijn daarom op basis van de fosfaatconcentraties in de ingaande en uitgaande fluxen niet mogelijk.



Figuur 9: Theoretische fosfaat-opname door kroos (negatieve waarden zijn indicatief voor afbraak i.p.v. opname)

De opname van fosfaat door kroos kan ook worden berekend met behulp van de kroosopbrengst en de fosfaatgehalten in het kroosmateriaal zelf. Binnen dit project zijn de fosfaatconcentraties (als fosfor) in het kroos niet bepaald. In eerdere onderzoeken varieerden de fosforgehalte in kroos tussen de 0,17 en 0,83 (in % in droge stof; Otte, 2010, Van Kempen et al., 2012; Otte & Van Hoorn, 2014). De gemiddelde fosforgehalte in droge stof was in deze studies 0,41%. Met een droge stof opbrengst in dit project van 15041 kg/ha/jaar zou dit uitkomen op een gemiddelde fosforopname in het kroos van 62 kg P/ha/jaar.

3.5 Testen bij Uzin Utz

Het geproduceerde kroos is verwerkt in de raffinaderij bij ABC-kroos. Er is vervolgens gekeken of het gewonnen eiwitpoeder een geschikte verdikker zou kunnen zijn voor de lijmen die geproduceerd worden bij Uzin Utz Nederland. Hiervoor zijn op het lab een paar proeven gedaan.

Op het lab is er een formulering (een linoleumlijm) gemaakt waarbij de huidige verdikker vervangen is door het eiwitpoeder. Van dit poeder was ongeveer 0,7% nodig om dezelfde viscositeit te krijgen als het huidige product. Daarnaast is er op het lab een referentiemonster gemaakt met de huidige verdikker. Van beide producten is een deel weggezet bij 40°C en is de viscositeit na verschillende tijden opnieuw gemeten. Met deze test kan een versnelde veroudering nagebootst worden en dit geeft een idee over de opslagstabiliteit.

Tabel 4: De viscositeit van de referentie en de lijm o.b.v. eendenkroos

Viscositeit (Pa.s) (23°C)	1 sec-1	2,5 sec-1	5 sec-1	10 sec-1	20 sec-1	50 sec-1	100 sec-1
Referentie	86,7	52,8	32,8	18,6	10,2	4,9	3,1
na 1,5 mnd @ 40°C	84,8	57,7	36,1	19,8	10,6	5,0	3,2
na 3 mnd @ 40°C	83,3	56,2	35,5	19,6	10,7	5,2	3,4
Viscositeit (Pa.s) (23°C)	1 sec-1	2,5 sec-1	5 sec-1	10 sec-1	20 sec-1	50 sec-1	100 sec-1
lijm o.b.v. eendenkroos	63,2	41,7	27,7	16,2	9,0	4,4	2,7
na 1,5 mnd @ 40°C	118,3	64,0	36,7	19,6	10,4	4,8	3,0
na 3 mnd @ 40°C	144,0	74,4	43,6	24,9	14,3	7,5	5,0

Na 1,5 maand bij 40°C was de viscositeit van beide producten nog gelijk aan het vers geproduceerde materiaal. Echter, na 3 maanden bij 40°C was de viscositeit van het product met eiwit uit kroos sterk toegenomen terwijl het referentiemateriaal nog steeds dezelfde viscositeit als in het begin had (zie tabel 4). Verder was het monster gebaseerd op eendenkroos ook gecoaguleerd. Hieruit kun je concluderen dat de formulering met eendenkroos minder stabiel is dan met de huidige verdikker. Wat verder opviel was de geur van het eindproduct. De formulering met eendenkroos rook redelijk sterk en hier zouden, vanuit de markt, wel opmerkingen over kunnen komen. Op basis van deze resultaten heeft Uzin Utz besloten hier (tijdelijk) niet mee verder te gaan testen. Dit komt ook doordat er op dit moment nog niet het hele jaar grondstof kan worden geleverd.

4. Discussie en conclusie

Eendenkroos groeit goed op effluent en gemengd influent/effluent water. Het gehele voorjaar en in de zomer van 2018 is er kroos geproduceerd. Na de installaties van de sproeiers zijn er weinig problemen geweest. In juli begonnen er echter ook algen in de vijvers te groeien toen de vijvers waarschijnlijk te rigoureuus zijn geschoond. Dit kan in een volgende proef gemakkelijk worden voorkomen. Hierdoor is het niet goed mogelijk conclusies te trekken over de opname van nutriënten door het kroos op basis van de fosfaatconcentraties in de ingaande en uitgaande fluxen. Dit onderzoek laat echter wel het kroos zelf bij verschillende milieu-condities goed groeit. Het zou daarom mogelijk kunnen worden ingezet op meerdere locaties in de Aquafarm.

Naast het bepalen van de technische en praktische aspecten van een krooszuivering, is er een directe link geweest met de afzetmarkt. In dit geval was dat met Uzin Utz via ABC-Kroos. De proeven in het lab wijzen uit dat het ge-extraheerde kroos in eerste instantie aan de eisen als lijm-additief voldoet, maar dan inlevert op de stabiliteit ten opzichte van het referentiemateriaal. Of dit ook voor andere toepassingen geldt, zou nog moeten worden uitgezocht. Door veranderingen in hygiënische voorschriften bleek het uiteindelijk niet meer

mogelijk om het eendenkroos te laten verwerken bij ABC-Kroos en is de proef stopgezet. Hygiëne kan dus niet alleen bij de toepassing, maar dus ook bij de verwerking, een mogelijke spelbreker zijn bij het afzetten van het geproduceerde kroos.

5. Referenties

Kempen, M.M.L. van, M.J.J.M. Verhofstad & A.J.P. Smolders (2012). Effluentpolishing met kroos. Deelrapport 2: laboratoriumexperimenten

Otte, A. (2010). Effluentpolishing met kroos. Deelrapport 1: literatuurstudie.

Otte, A & M van Hoorn (2014). Kroos effectieve zuiveraar effluent. Te downloaden via: <http://www.bioniers.nl/downloads/Otte%20&%20Van%20Hoorn%202014%20-%20Kroos%20effectieve%20zuiveraar%20effluent.pdf>