

# Naar nieuwe ketens voor het benutten van eendenkroos

Dit rapport is in opdracht van InnovatieNetwerk opgesteld door:  
Ir. R. Nieuwenhuis (Deltares, Unit Verkenningen en Beleidsanalyse)  
Ir. L. Maring (Deltares, Unit Bodem en Grondwatersystemen)

Projectleider:  
Drs. C.M. van Schaik (InnovatieNetwerk)

Dit rapport is opgesteld in het kader van het thema 'Duurzaam Ondernemen',  
concept 'Eendenkroos'.



Postbus 19197  
3501 DD Utrecht  
tel.: 070 378 56 53

[www.innovatienetwerk.org](http://www.innovatienetwerk.org)

Het ministerie van LNV nam het initiatief tot en financiert InnovatieNetwerk.

ISBN: 978 – 90 – 5059 – 386 – 1

Overname van tekstdelen is toegestaan, mits met bronvermelding.

Rapportnr. 09.2.205, Utrecht, december 2009.



# Voorwoord

U kent het wel: eendenkroos. Het kleine plantje dat binnen de kortste keren de hele sloot kan bedekken met een groen tapijt, wat overlast kan veroorzaken voor de waterbeheerder, omdat de watergangen dichtgroeien. Datzelfde kroos (*Lemna spec.*) is tegelijk een intrigerend plantje: het blijkt vol te zitten met eiwitten en vormt snel – en gratis – biomassa. Diverse toepassingen zijn potentieel interessant: als veevoer, visvoer of biobrandstof.

Kroos kan daarmee een uitstekende basis vormen voor spannende innovaties op de overgang van landbouw en waterbeheer, zoals de ontwikkeling van ‘natte’ landbouw, veevoergebruik van eigen bodem, een productief gebruik van waterbergingslocaties en de zuivering van water (meststoffen, verontreinigingen). Er zijn reeds enkele onderzoeken uitgevoerd naar de kansen voor de nuttige toepassing van eendenkroos, maar tot grootschalige praktijktoepassing heeft dat nog niet geleid.

Dit rapport is bedoeld als inspiratiebron voor geïnteresseerde partijen. Het brengt diverse combinaties van landbouw en waterbeheer met eendenkroos nader in beeld. Deze zijn weergegeven in mogelijke ketens vanaf de groei van het plantje tot de verschillende benuttingsvormen. Dit rapport biedt inzicht in welke ketens meer of minder interessant zijn om eendenkroos te benutten in een innovatieve combinatie van landbouw en waterbeheer. Om tot heldere keuzes te komen voor een volgende stap, zijn enkele variabelen geïdentificeerd. Er zijn ook noodzakelijke onderzoeksvragen geformuleerd. Zo is over de werking van eendenkroos als veevoer nog weinig bekend.

InnovatieNetwerk sluit dit onderwerp met deze verkenning af. Het ligt, gezien de sterke behoefte aan specifieke kennis, meer op de weg van andere partijen, zoals onderzoeksinstellingen, om met dit plantje verder aan de slag te gaan.

Ik wens u veel leesplezier en inspiratie bij het lezen van deze verkenning.

Dr. G. Vos,  
Directeur InnovatieNetwerk





# Inhoudsopgave

## Voorwoord

## Samenvatting 1

## 1. Inleiding 5

## 2. Basisinformatie 9

## 3. Interessante Ketens 13

- 3.1 Natuurlijke groei – veevoer (brok) 15
- 3.2 Kweek van eendenkroos – visvoer 18
- 3.3 Kweek van eendenkroos – biobrandstof 21
- 3.4 Zuivering – biobrandstof 24
- 3.5 Nutriënten uit kringloop – veevoer (kuil) 27

## 4. Evaluatie en adviezen voor vervolg 31

- 4.1 Evaluatie 31
- 4.2 Vervolg 32

## Bronnen 37

## Bijlage I: Lijst met interviews 41

## Summary 43





# Samenvatting

Eendenkroos (*Lemna spec.*) is een zeer snel groeiend waterplantje dat lokaal tot overlast kan leiden. In deze verkenning zijn we echter juist op zoek gegaan naar de kansen die dit op zou kunnen leveren. Uit de wereldliteratuur zijn verschillende voorbeelden bekend waarbij eendenkroos nuttig gebruikt wordt voor waterzuivering of als vee- of visvoer.



*Eendenkroos.*

In Nederland zijn nuttige toepassingen van eendenkroos – zoals verwerking tot vis- of veevoer, of toepassing als biobrandstof – nog niet of nauwelijks bekend. Klimaatverandering en daaraan gerelateerd veranderend waterbeheer zouden dit kunnen veranderen. Zo zou eendenkroos een nieuwe economische drager kunnen zijn voor waterbergingsgebieden of verziltende gebieden.

In deze verkenning is een benadering gekozen waarbij de benutting van eendenkroos in relatie tot waterbeheer centraal staat. Het resultaat is een breed overzicht van toepassingsmogelijkheden en een schets van haalbare en minder haalbare ketens – nu, of in een toekomstige situatie waarbij de randvoorwaarden anders zijn.

## **Ketens**

Voor kroos zijn verschillende interessante ketens te onderscheiden. Een keten bestaat uit een bron of aanleiding vanwaaruit kroos wordt geoogst en een nuttige bestemming van het geoogste product. In deze verkenning zijn de volgende vijf ketens uitgewerkt:

1. Natuurlijke groei van eendenkroos en de verwerking tot veevoer;
2. Kweek van eendenkroos in open of gesloten systemen en de toepassing als visvoer;
3. Kweek van eendenkroos in open of gesloten systemen en de toepassing als biobrandstof;

4. Inzetten van kroos voor de zuivering van water en de toepassing als biobrandstof;
5. Inzetten van kroos voor benutten van nutriënten(overschot) en de verwerking tot veevoer.

Op basis van de uitgewerkte ketens komen wij tot de volgende constatering over de winning/productie van kroos:

- De waterschappen ervaren eendenkroos overwegend niet als een probleem waarvoor structureel middelen worden ingezet om kroos te verwijderen. Lokale situaties kunnen echter van dit algemene beeld afwijken. Indien de **overlastsituatie** voor waterschappen voldoende groot is, kan verwijdering van kroos worden gezien als groen-blauwe dienst. De financiële compensatie voor deze dienst maakt een toepassing van kroos als bijvoorbeeld veevoer financieel aantrekkelijk.
- **De kweek van kroos in open watersystemen** is in een waterrijk land als Nederland op zich een interessante optie. Waterbeheerders zijn echter zeer kritisch over de optie om open wateren te benutten voor de teelt van kroos. Met name het benutten van het watersysteem voor het telen van één product (monocultuur) roept vanuit het oogpunt van ecologie veel weerstand op. Dit betekent dat een gerichte zoektocht nodig is naar watersystemen die geschikt zijn voor kweek.
- Kroos kan veel en snel nutriënten (en eventueel overige verontreinigingen) opnemen en kan daardoor ingezet worden als **waterzuiveraar**. Dit biedt kansen voor gebieden waar sprake is van eutrofiëring van het oppervlaktewater. Het gericht telen van kroos kan bijdragen aan het behalen van de waterkwaliteitsdoelstellingen (KRW).
- **De kweek van kroos in gesloten systemen** neemt de bezwaren van een open systeem weg. Door de vereiste investeringen voor een gesloten systeem zal de haalbaarheid van gesloten systemen vooral een economische afweging zijn (en dus afhangen van de baten van het product).

Voor het nuttig toepassen van eendenkroos komen wij tot de volgende constatering:

- Kroos toepassen als **veevoer** is een kansrijke optie waarmee vervanging van een deel van de eiwitlevering door soja mogelijk wordt. Een goede kwaliteitsborging van het product en bestaande wet- en regelgeving vormen nog belangrijke obstakels.
- Kroos toepassen als **biobrandstof** door middel van vergisting is door de huidige ontwikkelingen (energiecrisis) interessant. Het voordeel van kroos is de snelle groei en het feit dat het als gewas niet concurreert met voedingsgewassen. Wel wordt opgemerkt dat kroos dat te ver verontreinigd is (door waterzuivering) met zware metalen, een afvalproduct wordt.
- De vraag naar kweekvis neemt toe en daarom kan een scenario met een korte keten van productie en afzet van kroos als **visvoer** interessant zijn. Maar de commerciële visteelt staat in Nederland nog in de kinderschoenen, waardoor de mogelijkheden voor het toepassen van kroos pas later in beeld zullen komen.

## **Vervolg**

Uit de verkenning die is uitgevoerd, komen vier variabelen naar voren die sturend zijn voor de ontwikkeling van innovaties:

- Productie/winning van kroos in open of gesloten systemen;
- Grootschalige of kleinschalige productie/winning van kroos;
- Gebruik voor veevoer of biobrandstof;
- Eendenkroos of concurrerende gewassen (algen, riet).

De benutting van eendenkroos voor veevoer biedt de beste kansen. Eendenkroos kan dan bijdragen aan systeeminnovaties in de landbouw, doordat het een schakel kan vormen in de zelfvoorzienendheid (beperken van de import van soja) en bijdraagt aan het verkorten van nutriëntenketens. Om innovaties met dit plantje te ontwikkelen, adviseren wij om in drie stappen te komen tot een keteninnovatie voor het benutten van eendenkroos als veevoer. Het start met de winning van kroos uit bestaande watergangen voor de verwerking tot kuilvoer, vervolgens wordt dit open systeem opgeschaald, als laatste stap worden gesloten systemen ontwikkeld.

## **Interessante lokale situaties**

Hoewel wij dit advies vooral richten op innovaties voor het benutten van eendenkroos als veevoer, kunnen specifieke lokale situaties verrassende vooruitzichten bieden. In situaties waarin bedrijven restwarmte (uit bijvoorbeeld energiecentrales) hebben en nutriënten lozen, is eendenkroos een interessante optie. Door warm water en nutriënten te koppelen, ontstaat een situatie waarin kroos optimaal kan groeien. De verwerking van kroos tot biobrandstof biedt in een omgeving van bedrijfsterreinen een lokale afzetmogelijkheid voor gewonnen gas of elektriciteit, en biedt voor de betrokken bedrijven een interessante groene investering.



# 1. Inleiding

Naar aanleiding van een projectidee van WINN, is door TNO/Deltares in opdracht van InnovatieNetwerk een verkenning uitgevoerd naar mogelijke innovatieve ketens van eendenkroos (Lemna). Eendenkroos is door zijn zeer snelle groei en specifieke samenstelling een plantje met potentieel interessante toepassingsmogelijkheden. In de afgelopen jaren zijn diverse onderzoeken uitgevoerd naar de kansen voor de nuttige toepassing van eendenkroos, maar tot grootschalige praktijktoepassing heeft dat nog niet geleid.

---

## Waarom interesse voor eendenkroos?

Vanuit verschillende invalshoeken is er in de afgelopen jaren aandacht besteed aan eendenkroos.

De situaties waarbij de snelle groei van eendenkroos leidt tot overlast voor de waterbeheerder zijn aanleiding geweest om te kijken of de overlast kan worden omgezet in benutting. Voorbeelden hiervan zijn het onderzoek van WUR-ASG waarbij kroos wordt aangewend als veevoer [Bron J – zie ‘Bronnen’ aan het eind van dit rapport] en onderzoek van Tauw naar de haalbaarheid om waterplanten te benutten om energie op te wekken door middel van vergisting (Bron OO).

Een andere invalshoek waarbij eendenkroos naar voren komt, is het veranderend waterbeheer in Nederland. Er is in toenemende mate behoefte aan waterbergingsgebieden of -locaties. Eendenkroos zou eventueel als economische benutting voor waterbergingsgebieden of verziltende gebieden kunnen fungeren [Bron Y]. Verder staat kroos in de wereldliteratuur bekend als nuttig plantje dat gebruikt kan worden als schakel in (gesloten) landbouwsystemen, als vee- of visvoer. De functie van eendenkroos als waterzuivering voor verontreinigingen of nutriënten kan daarbij ook kansen bieden.

---

In deze verkenning naar innovatieve ketens met eendenkroos is een benadering gekozen waarbij de benutting van eendenkroos in relatie tot waterbeheer centraal staat. Het gaat hier om de verbindingen tussen waterbeheer, nieuwe vormen van 'land'bouw en de toepassingen van het plantje. Daarom worden eerst op basis van literatuurgegevens enkele feiten over eendenkroos op een rij gezet. Om de literatuurkennis aan te vullen, zijn een aantal interviews uitgevoerd met onderzoekers op het gebied van kroos, met waterbeheerders, met een provincie en met een veevoederbedrijf (zie Bijlage 1). De mogelijke innovaties met eendenkroos worden vervolgens geïllustreerd en uitgewerkt aan de hand van vier mogelijke ketens (koppeling van 'bron' en afzet van eendenkroos).

Het resultaat is een breed overzicht van mogelijke ketens voor het benutten van eendenkroos met een schets van haalbare en minder haalbare ketens.







# 2.

## Basisinformatie

Eendenkroos komt in grote delen van Nederland voor. Iedereen kent het beeld van een volledig met eendenkroos dichtgegroeide watergang. De vragen over welke soorten er zijn, hoe snel het plantje groeit of kan groeien en onder welke omstandigheden, worden in onderstaand overzicht kort behandeld.

### Inheemse kroossoorten in Nederland

Latijn	Nederlands	Engels	
Lemna minor	Klein kroos	Common duckweed	6-8 mm
Spirodela polyrhiza	Veelwortelig kroos	Great duckweed	20 mm
Lemna gibba	Bultkroos	Fat duckweed	
Wolffia arrhiza	Wortelloos kroos	Spotless watermeal	2 mm
Lemna trisulca	Puntkroos	Star duckweed	ondergedoken

[Bron: D]

### Groeicondities kroos

Kroos komt voor in langzaam stromende en vaak voedselrijke watergangen en (ondiep) water dat snel opwarmt. Kroos komt in Nederland voor in de veenweidegebieden in Noord- en West-Nederland, in stedelijke gebieden door heel het land en lokaal in gestuwde beken op zandgronden. Kroos komt niet/nauwelijks voor in Zeeland (brak water) en Limburg (alkalisch water, stromend). In Nederland is overlast van kroos een jaarlijks terugkerend fenomeen in de periode van mei tot oktober. Kroos verdwijnt door wind, stroming of kou, of door het actief te verwijderen.



*Een met eendenkroos dichtgegroeide watergang.*

	Condities	Optimaal
Wind	weinig	
stroming m/s	< 30	
temperatuur oC	10-35	28
zuurgraad pH	4,5 - 8,3	6,5 – 7,5
lichtintensiteit	hoog	

[Diverse bronnen: J, K, I, R]

### Opbrengsten

De opbrengsten van kroos variëren nogal, blijkt uit de wereldliteratuur: van 5 tot ruim 182 ton droge stof (ds) per hectare per jaar. Ter vergelijking: maïs brengt rond de 13 ton ds/ha/jr op en soja rond de 6 ton ds/ha/jr. [Diverse bronnen, o.a. Bron II-1]. Eendenkroos is qua opbrengst dus een interessant 'gewas', waarbij in potentie aanzienlijk hogere opbrengsten mogelijk zijn dan bij de landgebonden gewassen. Ten opzichte van de landgebonden gewassen heeft Kroos als nadeel dat het drogestofgehalte van het versproduct erg laag is (ca 5%), waardoor de verwerking tot een droog voederproduct veel energie vraagt. Voor de verwerking tot veevoer is het eiwitgehalte van belang. Onderstaande tabel geeft een overzicht van literatuurwaarden voor de opbrengst van eendenkroos. Als referentie zijn tevens de waarden voor soja opgenomen. Uit dit overzicht blijkt dat het eiwitgehalte in het kroos in de literatuur sterk varieert, maar ruwweg in dezelfde orde-grootte ligt als het eiwitgehalte van sojaschroot.

	Ruw eiwit g/kg ds	Ruw eiwit %	Opbrengst ton ds/ha/jr	Eiwitproductie ton/ha/jr
Kroos-pilot*	218	22		
Kroos-literatuur [Bron I]	486	49	bijna optimale omstandigheden: wereldwijd: 20-182,5	9,8-89
			suboptimale omstandigheden: wereldwijd: 5-27	2,5-13
Kroos [Bron R]		>40%	10-30**	
Sojaschroot	353-370	35-37%		

\* Eendenkroos-pilot in Zegveld en Stolwijk, 2005, Bronnen: J en D.

\*\* Voor de berekeningen in deze rapportage hanteren we deze cijfers, conform ASG-WUR en ervan uitgaand dat in Nederland de omstandigheden niet dermate optimaal zijn dat opbrengsten hoger dan deze range kunnen uitkomen.





# 3.

## Interessante Ketens

Voor kroos zijn verschillende innovatieve ketens te ontwikkelen. Een keten bestaat uit een bron of aanleiding vanwaaruit kroos wordt geoogst en een nuttige bestemming van het geoogste product. In dit hoofdstuk wordt eerst een toelichting gegeven op de verschillende bronnen/aanleidingen om kroos te winnen of te oogsten, en op de mogelijke toepassingsopties voor het gewonnen kroos. Vervolgens wordt de keuze toegelicht om vijf combinaties van bron/aanleiding en toepassing verder uit te werken.

### **Bron of aanleiding om kroos te oogsten**

Er zijn verschillende aanleidingen om het gebruik van eendenkroos verder te bekijken. In de natuurlijke omstandigheden komt kroos in grote delen van de Nederlandse wateren voor. Door de nutriëntenrijkdom van vooral kleinere watergangen in zowel landelijk als stedelijk gebied, groeit het kroos snel en kan het zo hele watergangen bedekken. Lokaal kan dit leiden tot overlast, waardoor waterschappen genoodzaakt zijn om het kroos actief te verwijderen.

Naast de natuurlijke groei van eendenkroos, kan kroos ook gericht worden 'gekweekt' voor de opbrengst aan droge stof, of met het doel water te zuiveren van verontreinigingen (bronnen N en O) of nutriënten. (Bronnen A, G, I, K, Q, T, Z en BB). Ook kunnen veranderingen in het waterbeheer (verzilting, waterberging) aanleiding geven tot de kweek van kroos, om daarmee een nieuwe gecombineerde functie te geven aan het watersysteem.

### **Nuttige toepassing van kroos**

Het product kroos kan worden toegepast voor verschillende doeleinden. De hoge productie van kroos en gunstige samenstelling (eiwitrijk) biedt kansen om het kroos te benutten als vee- of visvoer. Daarnaast zou eendenkroos een rol kunnen spelen in de discussie over

biobrandstoffen. Hoewel het gebruik van biobrandstoffen wordt gepropageerd, is er de laatste tijd ook veel weerstand ontstaan doordat de teelt van energiegewassen concurreert met de teelt van humane voedingsgewassen. Hierdoor ontstaat een verdringingseffect, met voedseltekorten en stijgende wereldmarktprijzen als gevolg. De kweek van eendenkroos concurreert echter niet met de teelt van humane voedingsgewassen en eendenkroos zou dus met veel minder bezwaar tot biobrandstof kunnen worden verwerkt.

Een laatste nuttige toepassing is de toepassing van kroos als meststof. Deze toepassing wordt als relatief laagwaardig beschouwd en wordt in dit rapport verder niet meegenomen. (Draagt niet bij aan de oplossing van een maatschappelijk knelpunt en leidt niet tot systeeminnovatie in de landbouw).

### Innovatieve ketencombinaties

De aanleidingen/bronnen en toepassingen van eendenkroos zijn in Tabel 3.1 weergegeven in een matrix. Van elke combinatie is op kwalitatieve wijze de wenselijkheid of haalbaarheid beoordeeld. De kansrijke combinaties zijn groen weergegeven. Oranje betekent ‘kansrijk mits...’ en rood betekent dat het een ongewenste combinatie betreft. Om de kansen voor innovatieve benutting van eendenkroos te illustreren, zijn uit de mogelijke combinaties van bronnen/aanleiding en toepassingen van eendenkroos vijf ketens geselecteerd die in dit rapport verder uitgewerkt worden. Bij de keuze van deze ketens zijn bron/aanleiding en toepassing op een logische wijze aan elkaar gekoppeld, waarmee niet gezegd wordt dat het om unieke combinaties gaat. Andere en even kansrijke combinaties blijven mogelijk. De gekozen ketens geven in de volle breedte een beeld van de kansen voor innovatieve benutting van eendenkroos.

De geselecteerde combinaties zijn:

1. Natuurlijke groei van eendenkroos en de verwerking tot veevoer;
2. Kweek van eendenkroos in open of gesloten systemen en de toepassing als visvoer;
3. Kweek van eendenkroos in open of gesloten systemen en de toepassing als biobrandstof;
4. Inzetten van kroos voor de zuivering van water en de toepassing als biobrandstof;
5. Inzetten van kroos voor benutten van nutriënten(overschot) en de verwerking tot veevoer.

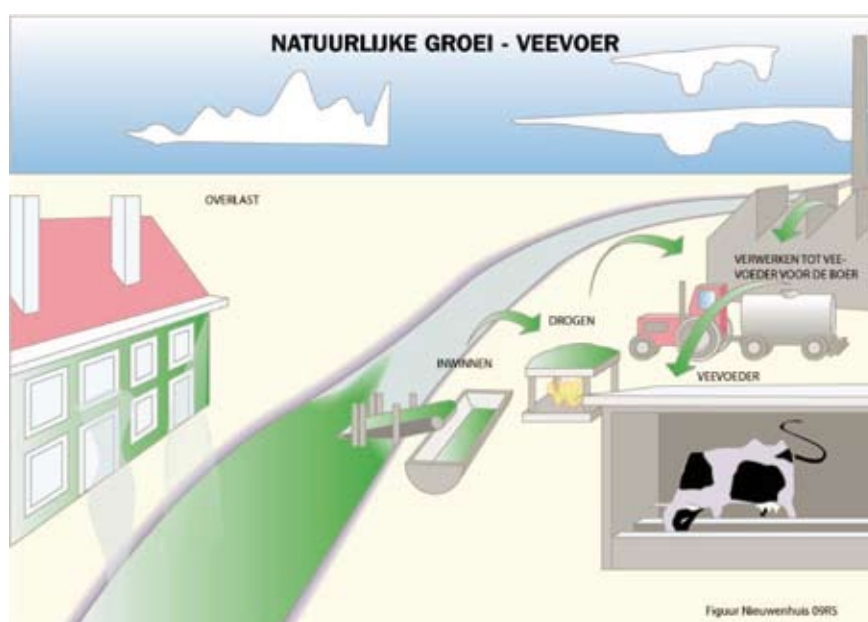
Tabel 3.1: Bron/aanleiding en toepassingen van eendenkroos.

Bron/aanleiding	Toepassing		
	Veevoer	Visvoer	Biobrandstof
Natuurlijke groei	1		
Kweek van eendenkroos in open (waterbergingsgebieden) of gesloten systemen		2	3
Inzetten van kroos ten behoeve van waterzuivering			4
Inzetten van kroos om nutriënten te verwijderen	5		

De weergegeven kleur geeft de ingeschatte haalbaarheid/wenselijkheid van de combinatie weer en de cijfers 1 t/m 5 geven de gekozen combinaties weer die verder in het rapport worden uitgewerkt.

## 3.1 Natuurlijke groei - veevoer (brok)

Met deze keten wordt van een situatie waarin eendenkroos van nature voorkomt in kleinere wateren (en plaatselijk tot overlast leidt) een kans gemaakt. Door de waterbeheerder of de gebruikers van het watersysteem (burgers) kan overmatige groei van eendenkroos als onwenselijk worden ervaren. Kroos kan overlast veroorzaken door bedekking van waterwegen en concurrentie om nutriënten en licht met andere waterplanten en organismen. Kroos kan daardoor onder meer stank veroorzaken. In een aantal situaties kiest het waterschap ervoor om eendenkroos uit de watergang te verwijderen en af te voeren.



In plaats van de onwenselijkheid van eendenkroos in watergangen te benadrukken, wordt nu vooral de kans benadrukt. Dit kan door het aanwezige kroos te benutten als veevoer. Een *unique selling point* voor het toepassen van kroos als eiwitbron in veevoer is de potentiële vervanging van soja, wat aansluit bij de wens om nutriëntenkringloop op lokale schaal te sluiten. Vervanging van soja is een positieve toepassing (levert opbrengsten op en maatschappelijke baat) welke kroosteelt haalbaar kan maken.

Daarnaast wordt soja ook duurder en wordt er gezocht naar alternatieven om eiwitten te produceren.

Het unieke van deze keten is dat er van situaties waarin eendenkroos aanwezig is in een natuurlijke situatie en het plantje mogelijk als onwenselijk wordt ervaren, een kans wordt gecreëerd. De belangrijkste argumenten zijn:

- Eventuele besparing op kosten voor de afvoer van eendenkroos: van afvalstof naar voedingsstof.
- Alternatieve eiwitbron en daarmee vervanger van soja (uit Noord- en Zuid-Amerika), raap (EU) en zonnebloem, maïsgluten (in NL omstreden wegens problemen met genetische modificatie).

- Het scenario biedt kansen voor de waterbeheerder, de veevoederindustrie als verwerker van het kroos en de agrariër als afnemer van het product.

## Rekenvoorbeelden

Aannames:

- De smakelijkheid van kroos is goed en zal de opname niet negatief beïnvloeden.
- De opname van kroos lijkt goed (ASG-WUR). Dit moet echter nog bevestigd worden met voederproeven. Bestendigheid van het eiwit, een goede opname van eiwitten in de dunne darm, is daarbij belangrijk.

### Wat is minimaal nodig om aantrekkelijk te zijn voor de veevoederindustrie?

In een interview met een vertegenwoordiger uit de veevoederindustrie is gevraagd naar de ondergrens voor het accepteren van een grondstof in zijn productieproces. De aangegeven ondergrens (600 ton ds/jr) is indicatief voor een klein/middelgroot veevoederbedrijf. Hierbij is wel de aanname gedaan dat kroos qua eiwitsamenstelling vergelijkbaar is met soja (zie H2). Om aan de minimale eis van de veevoederproducent te voldoen, is minimaal een oppervlakte nodig van 20-60 ha (zie onderstaand rekenvoorbeeld).

Wenselijke aanvoer grondstof	600 Ton ds/jr
Aanvoer vanuit overlastsituaties	Onbekend
Productie optimaal in Nederland	10-30 ton ds /ha/jr
Benodigd oppervlak	20-60 ha

### Welk oppervlakte is nodig om een substantiële bijdrage te leveren aan de vervanging van soja?

Soja is de belangrijkste eiwitbron in krachtvoer. Om de mogelijkheid te bekijken om eiwitten uit soja deels te vervangen door eiwitten uit eendenkroos, is in onderstaande tabel een berekening gedaan voor de benodigde oppervlakte voor de kweek van kroos.

	Koe	Bedrijf (70 koeien)	Nederland 1413*103 melkkoeien (Bron E)
Krachtvoerbehoefte (kg ds/dag)			
Alleen tijdens 305 dagen lactatie	5	300	≈ 6.000.000
Krachtvoerbehoefte (ton ds/yr)	1,8	109	≈ 2.000.000
Aandeel soja (40% van ds) in krachtvoer <sup>2</sup> (ton ds/yr)	0,73	44	≈ 850.000
Benodigde hoeveelheid kroos bij vervanging 2/3 van soja door kroos (ton ds/yr)	0,48	29	≈ 550.000
Benodigd oppervlak kroos bij gem. productie van 15 ton ds/ha (ha)	0,032	1,9	≈ 40.000

Een gemiddeld melkveebedrijf heeft ruim 40 ha aan cultuurgrond, waarvan 8 ha voedergewas (bij een groot melkveebedrijf (>100 koeien) is dat een bedrijfsoppervlak van 80 ha met 20 ha voedergewas) (Bron CC) Er is minder dan 2 ha wateroppervlak nodig om de sojabehoeft van de boerderij met 65% te verminderen. Een gemiddelde veehoude-



rij zal dan 2-7% van de totale cultuurgrond voor kroosproductie benutten (dat is 1-3 % voor een groot melkveebedrijf).

In theorie zal het halve Markermeer (70.000 ha) per jaar nodig zijn voor de kroosproductie om de sojabehoeft van alle Nederlandse melkproducerende koeien jaarlijks met 65% te verlagen. Uitgaande van een constante kroosproductie van tenminste 15 ton ds/ha/jr.

## 3.1.1 Kansen en knelpunten

	Kansen	Knelpunten
<b>Winnen van het kroos</b>	<p><b>Kostenbesparing:</b> Uit een inventarisatie onder een aantal waterschappen blijkt dat er weinig gegevens beschikbaar zijn over de omvang en kosten die gemoeid zijn met het verwijderen van eendenkroos. Tijdens de themabijeenkomst van ASG-WUR [Bron D] werd gesproken over €10.000 per singel (mondelinge mededeling van waterschap Regge en Dinkel). Om hoeveel wateroppervlak het gaat, of om hoeveel gewicht van afgevoerd materiaal, al dan niet in combinatie met uitbaggeren, is niet gespecificeerd.</p> <p><b>Automatisch winnen:</b> De schaal waarop kroos gewonnen kan worden, is relatief klein. Hier is dus ruimte voor kleine mobiele winsystemen.</p> <p>Wanneer het winnen van het kroos al een kostenpost voor het waterschap is, kunnen blauwe diensten – in dit geval het oogsten van eendenkroos, wat bijvoorbeeld door de boeren kan worden uitgevoerd – een bespreekbare kostenneutrale optie voor het waterschap zijn.</p>	<p><b>Chemische en biologische kwaliteit:</b> In open water is het zuiver winnen van het kroos een mogelijk knelpunt. Door vervuiling met andere waterplanten, afval, dierlijke resten e.d., of het omwoelen van bodemmateriaal, staat de (constante) chemische en biologische kwaliteit onder druk.</p> <p>Daarnaast moet gelet worden op het voorkomen van ziektekiemen: Salmonella, Botulisme, E-coli, Para TBC. Uit de proeven (twee locaties) van ASG-WUR [Bron J] bleek dat de kwaliteit daar voldoende was en er geen ziekten in de monsters voorkwamen.</p> <p><b>Logistiek:</b> Het is van belang dat het kroos op de juiste plaats en het juiste moment wordt geoogst. De juiste plaats zou kunnen zijn waar het kroos zich op een natuurlijke (bijvoorbeeld bij een gemaal) of een geforceerde manier verzamelt. Voor een optimale kwaliteit en ‘opbrengst’ moet het kroos voldoende vaak geoogst worden (bijv. om de twee of drie weken [Bron K]).</p>
<b>Verwerken kroos</b>	<p><b>Inkuilen van eendenkroos:</b> Aan het inkuilen van kroos zal in ieder geval een persstap vooraf moeten gaan om het wateroverschot eruit te halen. Bij te veel ruw eiwit &gt;200g/kg ds (in gras) zal de vorming van nitraat uiteindelijk vergiftigend werken op conservering door melkzuurbacteriën. Bij melkkoeien kan een onnodig hoog ureumgehalte in melk een gevolg zijn [Bron F]. Het ruw eiwitgehalte in kroos ligt hoger dan 200g/kg ds. Daarnaast bestaat een risico op broei in droge graskuilen. Is kroos broeigevoelig? Of inkuilen van eendenkroos mogelijk is, wordt onderzocht (Bron M)</p> <p><b>Kosten andere eiwitbronnen stijgen</b> Eendenkroos moet concurreren qua prijs met soja, raap en zonnebloem (pluspunt, gebiedseigen grondstof). Kroos moet naar EUR 190,- per ton om te kunnen concurreren met overige eiwitproducten (mondelinge mededeling uit interview veevoerbedrijf). Verwacht wordt dat die kosten in de toekomst zullen stijgen en dat daarmee het economische <i>breakeven point</i> dichterbij komt.</p>	<p><b>Droogkosten:</b> De kosten voor de verwerking tot grondstof (met name drogen) zijn nog veel te hoog en vormen het belangrijkste knelpunt. Kroos is een nat product – een droogstap is dus noodzakelijk voor het verwerken tot brokken veevoer (persen/droogblazen). Met persen is een droge stof (ds)-percentage van 50% te bereiken, waarna het product verder gedroogd moet worden om het te kunnen verwerken. Dit is energie-intensief en daarom (nog veel te) kostbaar. Bijvoorbeeld: bij de productie van lucerne zijn de droogkosten de grootste kostenpost: circa EUR 150,- per ton gedroogd product [Bron NN]. Daarnaast moeten de eiwitten bestendig worden door de toevoeging van formaldehyde of suiker en moeten er brokken van geperst worden. Concurrentie andere alternatieven</p> <p>Eendenkroos moet kunnen concurreren met commerciële algenproductie in Nederland. De droge stofopbrengst per oppervlakte-eenheid ligt bij eendenkroos en algen in dezelfde orde van grootte.</p>
<b>Afzet product</b>	<p><b>Goede voedingswaarde:</b> Onderzoek door ASG-WUR [Bron J] naar de voedingswaarde geeft aan dat de eiwit- en vetzuursamenstelling van kroos goed is. Opname van kroos lijkt goed (ASG-WUR). Dit moet echter nog bevestigd worden met voederproeven. Bestendigheid van het eiwit, een goede opname in de dunne darm, is belangrijk</p>	<p><b>Juridische acceptatie:</b> Met name de knelpunten met betrekking tot de kwaliteit van het product moeten worden opgelost om van eendenkroos een geaccepteerde grondstof voor veevoeder te maken.</p>

### 3.1.2

## Conclusies aanbod en producten van kroos

Wat betreft het aanbod of de productie van kroos zijn de volgende conclusies te trekken:

- Het blijft onduidelijk op welke schaal kroos actief wordt verwijderd door de waterschappen. Het lijkt erop dat weinig waterschappen structureel het kroos verwijderen, maar dat het vooral gaat om incidentele acties naar aanleiding van klachten. De (impliciete) aanname dat er al veel structurele kosten worden gemaakt om kroos te verwijderen en af te voeren, lijkt dus niet gegrond. Daarbij komt nog dat de klachten veelal afkomstig zijn uit bebouwd/stedelijk gebied, waar het juist vanwege kwaliteitsaspecten, hoeveelheden en winbaarheid minder aantrekkelijk is om kroos te gebruiken voor de toepassing als veevoer.
- Als kroos uit het landelijk gebied op dit moment niet of nauwelijks door waterschappen wordt verwijderd, dan is er voor de winning van eendenkroos geen sprake van vergoedingsmogelijkheden in termen van blauwe diensten. Dit zou kunnen veranderen op het moment dat waterschappen ervoor kiezen om eendenkroos te verwijderen als waterkwaliteitsmaatregel (voor het verwijderen van nutriënten).
- Om voldoende kroos te winnen, is oppervlaktewater nodig, waarin de groeiomstandigheden voor kroos min of meer optimaal zijn.

Ten aanzien van de afzet van kroos als veevoer worden de volgende conclusies getrokken:

- Kroos toepassen als veevoer lijkt een kansrijke optie. Ook internationaal is hier eerder onderzoek naar gedaan. Hiermee lijkt vervanging van een deel van de eiwitlevering door soja mogelijk te zijn. Een belangrijke opgave ligt nog in het terugdringen van de kosten voor het drogen van het kroos.

## 3.2

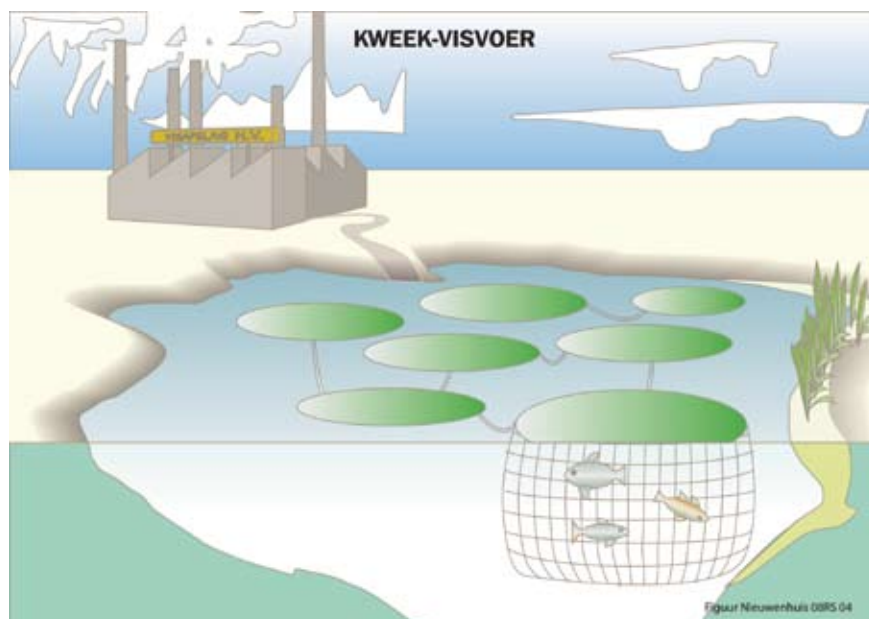
## Kweek van eendenkroos – visvoer

Eendenkroos wordt gekweekt in (half)open systemen (bijv. retentiegebieden) of gesloten systemen (zoals kassen). Open watersystemen zijn wellicht wegens de beheersbaarheid van het systeem lastiger te realiseren (vangen vis, binnen de perken houden van kroosgroei en (niet-inheemse) vis). Daarnaast moet rekening gehouden worden met de kwaliteitseisen (mest, zuurstofgehalte water, ecologische kwaliteit) van het watersysteem in relatie met o.a. de Kaderrichtlijn Water (KRW). Ook is het van belang dat bij de kweek van kroos voor toepassingen als vee- of visvoer, een constante en gegarandeerde kwaliteit wordt geleverd.

In het geval van kweek voor visvoer kan het kroos in halfopen systemen binnen ringen boven een viskooi worden gekweekt. Gesloten

systemen kunnen eventueel in combinatie met industrieel koelwater een goede optie zijn, waardoor de warmte en eventueel nutriënten uit het industrieel water worden gebruikt voor de kweek.

(Voorbeeld gesloten systeem buitenland: Bangladesh, Bron K).



Momenteel wordt nog weinig visteelt toegepast in Nederland. De verwachting is dat de kweek van (zoetwater)vis in Nederland sterk zal toenemen door een afname van wilde vis. Kroos als visvoer kan kansen bieden, doordat transport en een droogstap zoals noodzakelijk is voor veevoer, overgeslagen kunnen worden als de functies (vis- en visvoerteelt) op één locatie gecombineerd kunnen worden. De argumenten voor dit scenario zijn:

- Toename vraag naar kweekvis;
- Functiecombinatie (visvoerproductie en visteelt gecombineerd) realiseert kortere productieketen;
- Terugdringen van het gebruik van vismeel, dus verlaging visserijdruk.

### Rekenvoorbeeld

Kroos wordt in diverse landen vanwege zijn snelle groei voor verschillende doeleinden gekweekt. Onder optimale condities wordt een vegetatieve massaverdubbeling in 16 tot 48 uur bereikt [Bron I]. Om een beeld te geven: het kroosoppervlak breidt zich in 50 dagen uit van 10 cm<sup>2</sup> naar 1 hectare. In de Nederlandse situatie kan de productie 10-30 ton droge stof/ha/jaar bedragen.

Om een maximale opbrengst te behalen, bestaat een optimale oogst-tijd. Wanneer te lang wordt gewacht met oogst van kroos, zullen de planten elkaar overschaduwen. Deze is afhankelijk van de groeisnelheid van kroos, de inhoud/oppervlakteverhouding van het waterbassin en de grootte van het bassin.

Uitgaande van een omzetting van 1,9-3,3 kroos ds naar vis-biomassa (tilapia-scenario tabel) en een kroosproductie in Nederland van 10-30 ton ds/ha/jaar zijn opbrengsten van 3-16 ton/ha/jr vis mogelijk. Het kweekstelsel moet aangepast en geoptimaliseerd worden voor de Nederlandse situatie.



*Kroosteelt te Australië.  
Visteelt met kroos (Bangladesh).*

### Potentiële omzetting kroos naar vis-biomassa (situatie Azië)

	Voedselconversie efficiëntie [Bron I]	Jaarlijkse visproductie karper/ tilapia [Bron K]
Karperpolycultuur	0,5-0,6 kroos ds/vis biomassa*	Ca 12 ton/ha/jr
Tilapia	1,9-3,3 kroos ds/vis biomassa*	

\*Waarschijnlijk waren er in dit geval meer voedselbronnen dan alleen kroos beschikbaar voor de karpers (polycultuur).

## 3.2.1 Kansen en knelpunten

	Kansen	Knelpunten
<b>Winnen en verwerken van het kroos</b>	<p><b>Benutting waterbergingsgebieden:</b> Mogelijk bestaat er een kans om waterbergingsgebieden een (tijdelijke) functie te geven, waarbij het overschot aan nutriënten in (voormalige) landbouw- of andere nutriëntrijke gebieden wordt benut.</p> <p><b>Toenemende vraag:</b> Boeren/ondernemers: in gesloten systemen (bestaande kassen) kan kweek van zoetwatervis plaatsvinden en aan de vraag van de markt voldoen.</p> <p><b>Combinatie met restwarmte of nutriëntenoverschot:</b> De benutting van industriële warmte kan voor gesloten systemen kansen bieden. Vis en kroos kunnen eventueel jaarrond geteeld worden.</p>	<p><b>Beperking van open systemen:</b> Waterschappen richten zich op de inrichting van robuuste watersystemen en hebben om die reden moeite met de benutting van natuurlijke wateren voor de kweek van eendenkroos als monocultuur.</p> <p>De toepassing van viskooien in semi-open systemen heeft daarnaast enkele inhoudelijke beperkingen:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Water moet een zekere nutriëntenhoeveelheid bevatten;</li> <li>- Stabiliteit kringloop is voor deze toepassing van belang;</li> <li>- Gevoeligheid van vis voor temperatuur, ziekten e.d.;</li> <li>- Ongewenste ecologische effecten: vrijkomen kroos of (niet inheemse) vissen.</li> </ul> <p><b>Ervaring en financiële kentallen ontbreken:</b> Voor de benutting van eendenkroos als visvoer moet een goede kosten-batenanalyse gemaakt worden. Mogelijke financiële voordelen zijn dat geen droogstap noodzakelijk is en geen transport.</p> <p><b>Geen continu proces:</b> In Nederland is het maar vijf maanden boven de 10 graden (gemiddelde waarden) en komen we nooit (gemiddeld) aan de optimale kweektemperatuur van 28 graden. Dat betekent dat het groeiseizoen voor kroos in een natuurlijk systeem ca 150 groeidagen bedraagt (WeerOnline).</p> <p><b>Juridisch:</b> Het produceren van eiwitten op mest is te zien als intensieve teelt. Er is een barrière te overwinnen wat betreft wet- en regelgeving. Tussen mest en voedsel moet een tussenstap gemaakt worden.</p>

## 3.2.2 Conclusies kweek van kroos ten behoeve van visvoer

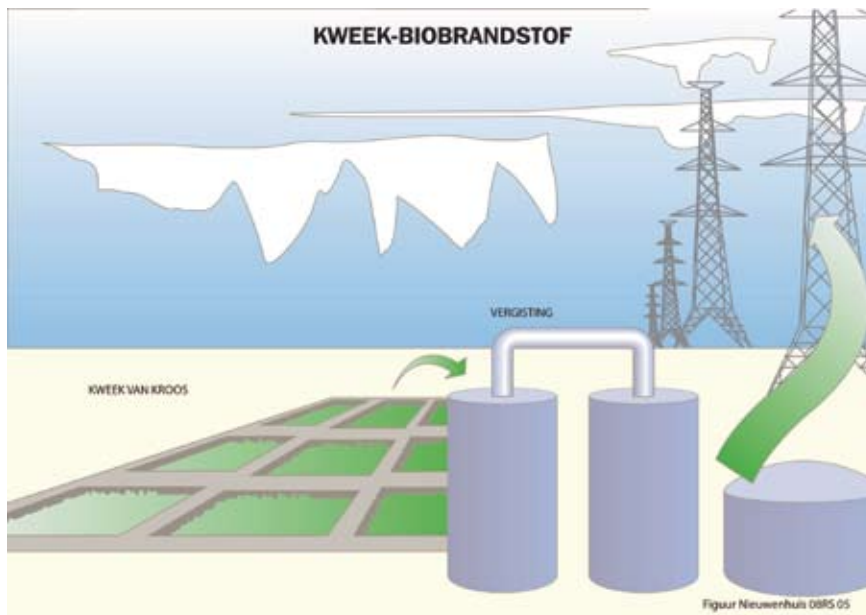
- De vraag naar kweekvis zal naar verwachting toenemen, wegens afname van wilde vis. Daardoor kan dit scenario kansrijk zijn. Vooral de korte keten van productie en afzet van visvoer is daarbij interessant.
- De gecombineerde kweek van vis en kroos in (semi-)open wateren lijkt in de Nederlandse situatie om verschillende redenen niet haalbaar (waterkwaliteit, beheersbaarheid, veterinaire redenen, klimaat).
- De gecombineerde kweek van vis en kroos in gesloten systemen lijkt wel kansen te bieden. In gesloten systemen is de beheersbaarheid beter en kunnen groeiomstandigheden worden geoptimaliseerd.

Hierbij kan mogelijk gezocht worden naar mogelijkheden voor het gebruik van industriële restwarmte (en voedingsstoffen).

- Bij het gebruik van (vis)mest bij het kweken moet goed gekeken worden naar tussentappen, zodat het eindproduct gebruikt kan worden voor verschillende toepassingen.

## 3.3 Kweek van eendenkroos - biobrandstof

De kern van deze keten is dat eendenkroos actief wordt gekweekt (in een natuurlijk of gesloten systeem) en in grote hoeveelheden wordt toegepast ten behoeve van het gebruik als biobrandstof. Het blijkt dat vergisting van waterplanten en opwerking tot biobrandstof zowel technisch als economisch haalbaar is [Bron OO]. Ook kunnen kleinschalige toepassingen, zoals covergisting, bij een boerderij mogelijk zijn (Bron OO).



Het economisch benutten van grote watergebieden, zoals retentiebekens, kan een reden zijn om kroos om te zetten in biobrandstof. De kweek van eendenkroos levert biomassa op die omgezet kan worden naar biobrandstof. Naast teelt in open watersystemen is het ook mogelijk om eendenkroos te kweken in meer gesloten systemen, zoals bestaande kassen. Er blijft dan echter concurrentie in ruimte bestaan met de teelt van (humane) voedingsgewassen.

Teelt van eendenkroos ten behoeve van biobrandstof zou een bijdrage kunnen leveren aan een oplossing voor de toenemende energievraag en de uitputting van bestaande bronnen. De teelt van eendenkroos voldoet aan de voorwaarde dat het geen (land)ruimte in beslag neemt en niet concurreert met de teelt van voedsel. De voorwaarde is dat de vergisting van kroos voldoende effectief moet zijn (nat gewas), oftewel meer energie oplevert dan de vergisting kost in termen van winning, drogen, vervoer, vergisten, en dergelijke. Een deel van de vrijgekomen warmte en elektriciteit is nodig voor het vergistingsproces zelf (afhan-

kelijk van het type vergistingsproces). Het fermentatieresidu (digestaat) blijft achter: hierin is de reductie van organische stof 25%, maar gaan geen mineralen verloren. Een deel van het organisch gebonden N wordt door vergisten omgezet in anorganische N. N is hierdoor sneller opneembaar door planten. Mits geen vervuiling aanwezig is, is het residu dus te gebruiken als meststof.

<sup>1</sup> Bron L, Biogas productie van *Lemna minor* uit natuurlijk water 20 km van Delhi; 176 l/kg biogas opbrengst, vergistingstijd 42 dagen.

<sup>2</sup> Berekend bij productie van 10-30 ton/haljaar.

<sup>3</sup> Berekend met een gemiddelde van 3,6 kWh thermische energie (range 3,2-4 kWh) uit biogas.

<sup>4</sup> Bron B.

## Rekenvoorbeeld

Biogasproductie bij anaerobe vergisting van *Lemna minor*  
biogasproductie uit kroos

Productie biogas <sup>1</sup>	176 m <sup>3</sup> biogas/ton Lemna
	1.760-5.280 m <sup>3</sup> /ha/jr <sup>2)</sup>
Methaangehalte <sup>1</sup>	60 %
energie uit vergisting kroos	
Elektriciteit uit biogas <i>L.minor</i>	<sup>3)</sup> 12.672-38.016 MJ/ha/jaar
Warmte uit biogas <i>L.minor</i>	<sup>3)</sup> 22.810-68.429 MJ/ha/jaar
Totaal bruikbare energie productie	35.482 – 106.445 MJ/ha/jaar
referentiewaarden	
Elektriciteit verbruik huishouden <sup>4</sup>	3.300 kWh/jaar = 11.880 MJ/jaar
Warmte verbruik huishouden <sup>4</sup>	1.800 m <sup>3</sup> aardgas/jr = 57.060 MJ/jaar

Links: Kroosteelt.

Rechts: Vergister te Lichtenvoorde.



## 3.3.1 Kansen en knelpunten

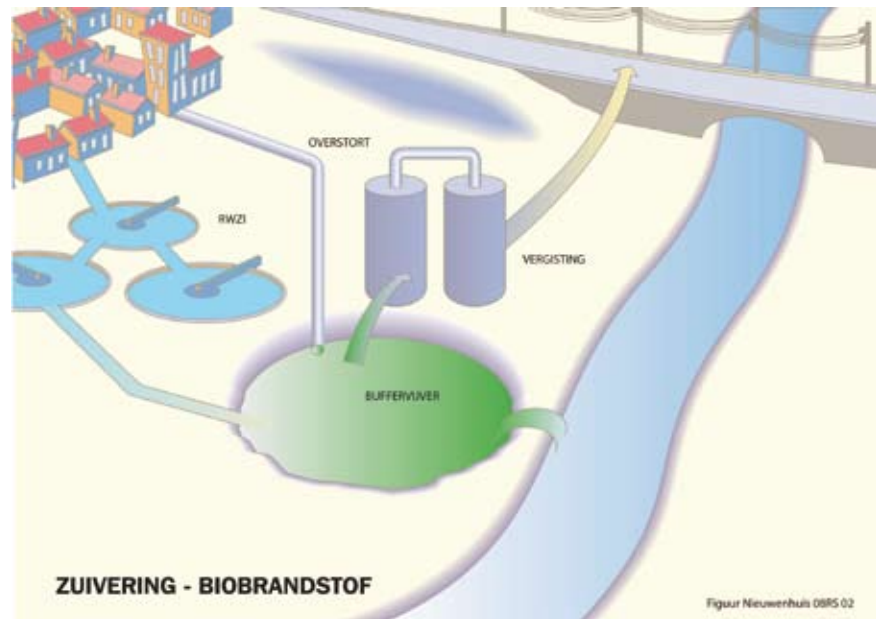
	Kansen	Knelpunten
<b>Winnen en verwerken van het kroos</b>	<p><b>Economische drager landelijk gebied</b></p> <p>Het winnen van eendenkroos en de benutting ervan voor biobrandstof zou een nieuwe economische activiteit betekenen in het landelijk gebied. Verschillende ondernemers zouden hier in kunnen stappen. Voor de productie en benutting van biobrandstof kan samenwerking worden gezocht met een energiemaatschappij. De kosten en baten van kroos als energiebron moeten afgewogen worden tegen de kosten en baten van kroos als (vee/vis) voeding. Daarnaast moet het gebruik van kroos worden afgewogen tegen andere watergewassen waaruit biobrandstof gewonnen kan worden, zoals algen.</p> <p><b>Traditionele energiebronnen nemen af en er is maatschappelijke druk om duurzame energie te winnen</b></p> <p>Er is een maatschappelijk besef dat de productie aan olie en gas de stijgende energievraag niet kan bijhouden. Hierdoor stijgen de prijzen van olie en gas en ontstaan meer ruimte en prikkels voor de ontwikkeling van alternatieve energiebronnen. Bovendien is er een maatschappelijke behoefte om de energievoorziening te verduurzamen en meer zelfvoorzienend te zijn. Biogas kan deels in deze behoefte voorzien. Zo reduceert het rijden op biogas de CO<sub>2</sub>-uitstoot op de hele keten met 70% t.o.v. diesel en 75% t.o.v. benzine. (Bron KK)</p>	<p><b>Gewenst schaalniveau</b></p> <p>Om het winnen van kroos t.b.v. vergisting haalbaar te maken, zal een hoge productie moeten worden bereikt. De vraag is of er geschikte grote wateroppervlakten beschikbaar zijn waar kroos onder goede condities, en dus met een hoge opbrengst, kan worden gewonnen. Krooskweek kan grote invloed hebben op de kwaliteit van het natuurlijke systeem (o.a. ecologie). Uit de gehouden interviews blijkt dat aanleg van waterretentiegebieden beperkt voorkomt en dat waar deze gebieden worden aangelegd, er vaak een ecologische doelstelling aan gekoppeld is.</p> <p><b>Organisatorische randvoorwaarden</b></p> <p>Er bestaan nog weinig afzetkanalen voor de vergisting van biomassa. Dit betekent dat zowel de productie als de afzet geregeld moet worden. Anderzijds biedt dit een kans om een verwerkingslocatie (vergister) te combineren met een geschikte productieomgeving, waarmee transportafstanden worden beperkt.</p> <p>In Europa wordt biogas voornamelijk gewonnen bij afvalstortplaatsen en afvalwaterzuiveringsinstallaties. Biedt dit een kans?? (combinatie met waterzuivering?)</p> <p><b>Juridische randvoorwaarden</b></p> <p>De kwaliteit moet voor vergisting aan bepaalde eisen voldoen (m.b.t. verontreinigingen, restmateriaal). Bij covergisting moet het product op de witte lijst staan van schone coproducten (LNV). Kroos staat daar nu nog niet op. [Bron QQ]</p>

## 3.3.2 Conclusies eendenkroos - waterberging - biobrandstof

Kroos kan gekweekt worden ten behoeve van energieopwekking. Vooral door grote water(bergings)gebieden te benutten voor de teelt van kroos kan aan deze gebieden een (nieuwe) belangrijke economische bestemming worden gegeven. Wel dient uitdrukkelijk onderzocht te worden of de kroosteelt concurrerend is ten opzichte van (het ruimtegebruik van de kweek van) andere gewassen of algen. Ook dient de afweging van het gebruik van kroos als veevoer of kroos als energieleverancier tegen elkaar te worden afgewogen (kosten- baten). Kweek in open (maar qua waterbeheer afsluitbare) systemen zou onder veranderend waterbeheer, onder toekomstige klimaatomstandigheden en onder veranderende energiecijfers haalbaar(der) kunnen worden. Wel dienen zaken zoals beheer(s)baarheid dan goed uitgewerkt zijn, aangezien kroos ongewenste (ecologische) effecten met zich mee kan brengen. Energieopwekking op bedrijfsschaal kan ook een interessante optie zijn.

## 3.4 Zuivering - biobrandstof

De snelle groei van eendenkroos kan worden ingezet om water te zuiveren. Dit kan gericht zijn op het verwijderen van nutriënten uit waterstromen of op het verwijderen van verontreinigingen (metalen). Kroos is relatief tolerant t.o.v. verontreinigingen met zware metalen – zie de tolerantiewaarden in onderstaande tabel (resultaten uit Frans onderzoek, Bron N). Daarnaast kan eendenkroos door zijn snelle groei grote hoeveelheden nutriënten opnemen uit water [Bron O].



<sup>1</sup> Akkoord prioritair stoffen KRW: Environmental quality standards for priority substances and certain other pollutants, AA=Jaarlijks gemiddelde in binnenwateren, MAC= maximaal toelaatbare concentratie [Bron P].

<sup>2</sup> Afhankelijk van hardheidsklasse water (1 t/m 5).

<sup>3</sup> Niet opgenomen in prioritair stoffen waarover een akkoord is bereikt juni 2008.

Tolerantie zware metalen						Ter referentie: KRW			
Optimale groei		Punt waar groei af gaat nemen		Optreden schade aan de plant		AA <sup>1</sup>	MAC <sup>1</sup>		
Cd	-	mg/L	-	mg/L	0,5	mg/L	<=0,08-0,25 <sup>2</sup>	<=0,45-1,5 <sup>2</sup>	µg/l
Cu	0,2	mg/L	0,5	mg/L	0,5	mg/L	<sup>3</sup>	<sup>3</sup>	µg/l
Ni	0,5	mg/L	3	mg/L	4	mg/L	20	n/a	µg/l
Zn	0,5	mg/L	15	mg/L	18	mg/L	<sup>3</sup>	<sup>3</sup>	µg/l

Eendenkroos heeft stikstof en fosfor nodig om te groeien en haalt dat met zijn wortels uit het afvalwater. De in het water aanwezige stikstofverbindingen worden eerst omgezet in ammoniak en dat nemen de wortels op. Fosfor, dat in watermilieus altijd voorkomt als fosfaat, wordt direct opgenomen.

In feite neemt het kroos de rol van de algen over, maar dan beter omdat kroos het fosfaat beter opneemt. Er wordt ook meer zwevende stof uit het water verwijderd door bacteriën die zich in de buurt van de wortels ophouden. De enkele millimeters dikke krooslaag sluit zonlichttoevoer in het water uit. Algen en fototrofe bacteriën, die energie opnemen uit licht, maken geen kans. Voor een goede zuivering is het belangrijk het kroos vaak te oogsten. Het heeft ruimte nodig om te groeien (Bron K).



Mogelijke toepassingen voor het benutten van de zuiveringscapaciteiten van eendenkroos zijn het gericht inzetten van kroos voor de behandeling van het (eventueel voorgezuiverde) water van een RWZI, AWZI of zelfs riooloverstort. Het zuiveren kan in een gesloten (waterzuiveringsinstallatie) en in een open systeem worden toegepast. Een voorbeeld van een open systeem zou de aanleg van buffersloten kunnen zijn, waarin nutriëntenrijk water wordt opgevangen en gezuiverd, waarna het water naar een afwateringssloot wordt geleid. Met name in situaties waarbij kroos wordt ingezet om nutriënten te verwijderen, ontstaat een product (het geogoste kroos) dat omgezet kan worden tot biobrandstof.

Samenvattend zijn de belangrijkste argumenten voor de geschetste keten:

- Verwijderen nutriënten en/of verontreinigingen uit water.
- Gebruik van het geogoste kroos ten behoeve van energieproductie.

### Rekenvoorbeeld

Dit voorbeeld gaat uit van een veehouderij in het veenweidegebied met een grondoppervlakte van 40 ha. Uitgaande van een gemiddelde jaarlijkse gift van 300 kg N en 110 kg P per hectare, bedraagt het totale nutriëntengebruik op dit bedrijf:

- 120 ton N.
- 44 ton P.

Voor het veenweidegebied geldt dat van het totale oppervlakte ca 20% uit water bestaat (perceelssloten, poldersloten). Op een bedrijf van 40 ha zal dus zo'n 8 ha oppervlaktewater aanwezig zijn. Het is de vraag hoeveel nutriënten eendenkroos zou kunnen opnemen als dit volledige oppervlakte zou worden benut (wat niet realistisch is). Om dit te bepalen, moet worden bepaald wat de opnamesnelheid van N en P is bij de groei van eendenkroos. Dit staat in onderstaande tabel weergegeven. Let wel op dat deze groeisnelheden zijn bepaald bij afvalstromen met hoge N- en P-concentraties. Deze hoge concentraties zullen in Nederlands oppervlaktewater niet voorkomen, waardoor de weergegeven opnamesnelheden slechts een indicatie zijn van de opnamesnelheid in oppervlaktewater.

#### Opnamecapaciteit van nutriënten door eendenkroos

	Nutriënt	Opname nutriënten
Lemna minor 8627	N	1) 3,36 g/m <sup>2</sup> /dag
	P	1) 0,20 g/m <sup>2</sup> /dag
Lemna gibba	N	2) 1-4,8 kg/ha/dag
	P	2) 0,13-0,58 kg/ha/dag

<sup>1</sup> [Bron J] Effectieve opname Lemna minor 8627 N en P uit afvalwater.

<sup>2</sup> [Bron K] Lemna gibba in batch system.

Als we uitgaan van een opnamesnelheid van respectievelijk 3 en 0,2 g/m<sup>2</sup>/dag voor respectievelijk N en P, dan bedraagt de mogelijke productie op de bovengenoemde veehouderij (uitgaande van een groeiseizoen voor kroos van 120 dagen):

- 29 ton N (=25% van de totale N-gift op het bedrijf).
- 2 ton P (=5% van de totale P-gift op het bedrijf).



Zuiveringsinstallatie biobrandstof.

Deze berekening laat zien dat eendenkroos in potentie in staat is om de nutriëntenverliezen uit de landbouw op te nemen en om te zetten in biomassa. Daarbij gelden wel enkele beperkingen:

- Eendenkroos neemt water en nutriënten op in een ondiepe toplaag van het water en is dus niet effectief in het verwijderen van nutriënten uit de gehele waterkolom.
- De groeisnelheid en opnamesnelheid nemen af bij afnemende concentraties N en P in het oppervlaktewater

## 3.4.1 Kansen en knelpunten

	Kansen	Knelpunten
<b>Winnen en verwerken van het kroos</b>	<p><b>Bijdrage aan verbetering waterkwaliteit</b> Waterbeheerders zijn actief met de implementatie van de Kaderrichtlijn Water (KRW). Hierin worden de waterkwaliteitsdoelstellingen vastgelegd. Onder bepaalde voorwaarden kan eendenkroos een bijdrage leveren aan de realisatie van de chemische waterkwaliteitsdoelstellingen. Het kroos kan als natte biomassa verwerkt worden in een vergistinginstallatie. Dit betekent dat de energiemaatschappijen erbij betrokken moeten worden. Eendenkroos kan worden ingezet als een nazuiveringsstap bij waterzuiveringsinstallaties, als een buffervijver bij een overstort, of bij te zuiveren watergebieden. Het schaalniveau kan sterk variëren, afhankelijk van de zuiveringsvraag. Voor vergisting zijn mogelijk wel grote hoeveelheden kroos (al dan niet met andere biomassa) nodig.</p> <p><b>Traditionele energiebronnen nemen af en er is maatschappelijke druk om duurzame energie te winnen</b> Er is een maatschappelijk besef dat de productie aan olie en gas de stijgende energievraag niet kan bijhouden. Hierdoor stijgen de prijzen van olie en gas en ontstaan meer ruimte en prikkels voor de ontwikkeling van alternatieve energiebronnen. Bovendien is er een maatschappelijke behoefte om de energievoorziening te verduurzamen en meer zelfvoorzienend te zijn. Biogas kan deels in deze behoefte voorzien. Zo reduceert het rijden op biogas de CO<sub>2</sub>-uitstoot op de hele keten met 70% t.o.v. diesel en 75% t.o.v. benzine. (Bron KK)</p>	<p><b>Afzet van kroos</b> Bij kroos dat is gebruikt voor de zuivering van water van verontreinigingen is er grote kans op de opslag van zware metalen en gifstoffen in het 'eindproduct'. Daardoor is het eindproduct niet geschikt voor hergebruik (consumptie), tenzij extra bewerking plaatsvindt. Ook het gebruik van het kroos in een vergister moet dan kritisch worden bekeken. De opname van zware metalen door kroos kan namelijk ook een toxisch effect hebben op de metabolische activiteit van micro-organismen die zorgen voor fermentatie van de biomassa. Er is een toxisch effect gevonden van zware metalen (Cu, Co, Pb, Zn) op anaerobe fermentatie van <i>Lemna minor</i>. Voor ijzer en mangaan (Fe, Mn) is geen effect gevonden. Stagnatie van biogasproductie treedt op bij 65-85mg/l Cu [Bron L]. Dus kroos dat gebruikt is om verontreinigingen uit het water te verwijderen, lijkt niet geschikt om te vergisten. Indien kroos dermate verontreinigd is dat het niet in een vergister kan worden verwerkt, valt het tot afval. Daarmee verliest het de meerwaarde van de ketenwinst (<i>cradle to cradle</i>-principe).</p> <p><b>Juridische randvoorwaarden</b> De inzet van kroos kan ook een bedreiging vormen voor de KRW-doelstellingen (en WB21 en natura 2000), omdat het een monocultuur is en dus bedreigend voor de goede ecologische kwaliteit. Onder gecontroleerde omstandigheden zou kroos wel een bijdrage kunnen leveren aan de waterkwaliteit. Voor biobrandstof zijn ook kwaliteitseisen van toepassing. Giftige stoffen in het kroos kunnen bij vergisting een bedreiging vormen voor de volksgezondheid. Kroos is dan slechts als afvalstof te beschouwen.</p> <p><b>Concurrentie met algen</b> Uit onderzoek blijkt dat de opname van stikstof (N) sterk afhankelijk is van het oppervlakte per volume van de bassins. Algen presteren wat beter wat betreft stikstofopname dan kroos. De N-opname door eendenkroos was 20% lager dan door algen bij lagere temperatuur. Bij hogere temperatuur was dit 12% lager dan algen en bij een hoge organische stof gehalte was dit 8% lager dan algen. Dit komt waarschijnlijk door de driedimensionale verspreiding in het water van algen t.o.v. de tweedimensionale verdeling van kroos. [Bronnen: BB en W]</p>

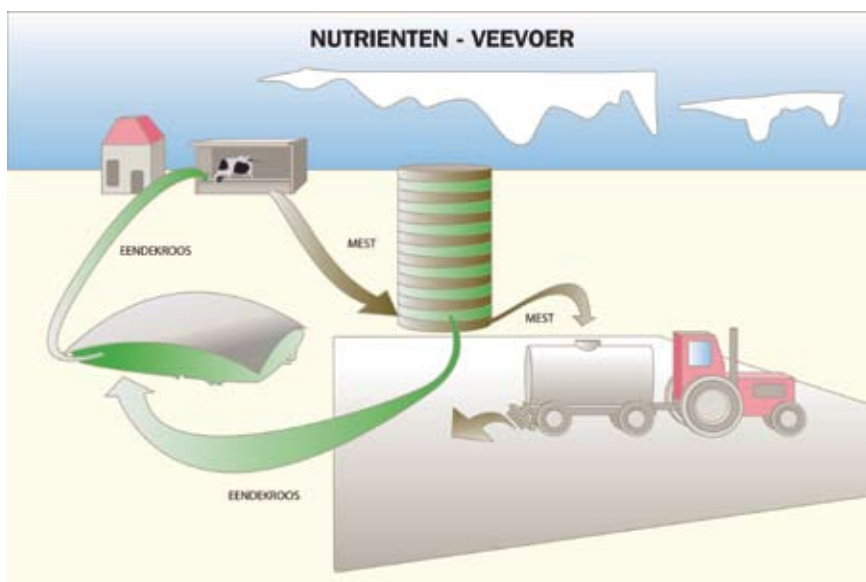
## 3.4.2 Conclusies zuivering-biobrandstof

Kroos kan in potentie worden benut voor de zuivering van (afval)water. Met name de toepassing om nutriënten te verwijderen lijkt geschikt, omdat de opnamesnelheid groot is. Voor de Nederlandse situatie (bijvoorbeeld in veenweidegebied) moet de potentie van kroos als zuiveraar nog wel nader bekeken worden. Het product (kroos) kan economisch afzetbaar zijn voor vergisting. Dit geldt alleen voor kroos waarmee nutriënten zijn uitgemijnd. Kroos dat zware metalen heeft opgenomen, is noch geschikt voor consumptie, noch voor vergisting. Een vergelijking met helofytenfilters (opnamecapaciteit en hergebruikwaarde van het eindproduct) kan interessant zijn. Eendenkroos heeft als voordeel dat het een veel snellere groei aan biomassa heeft; houtige gewassen daarentegen hebben als voordeel dat ze eenvoudiger verbrand kunnen worden.

## 3.5 Nutriënten uit kringloop – veevoer (kuil)

Nederlandse melkveebedrijven hebben door het terugschroeven van de maximale mestgift te kampen met een nutriëntenoverschot. Bestaande landbouwgebieden emitteren daarnaast veel nutriënten. Met deze keten wordt ernaar gestreefd om dit overschot te benutten voor de groei van eendenkroos. Door dit kroos vervolgens terug te brengen in de voedselketen, als veevoer, ontstaat een kringloop op lokale schaal. Dit is vanuit verschillende invalshoeken een wenselijk concept (milieu, duurzaamheid, zelfvoorzienendheid). Binnen deze keten kan nog veel winst worden behaald via een aantal innovaties, die bijvoorbeeld gericht zijn op:

- Het terugdringen van ruimtegebruik door kroos in een gestapeld systeem te verbouwen: kroostorens (kroos heeft maar een waterdiepte van enkele cm nodig om te groeien).
- Het overbrengen van het nutriëntenoverschot op een bedrijf naar de waterfase, waar kroos op kan groeien.



De argumenten om op bedrijfsschaal nutriënten uit de kringloop te gebruiken als voer zijn:

- Een nieuw concept voor het benutten van nutriëntenoverschot, gecombineerd met het op lokaal schaalniveau voorzien in de behoefte aan veevoer.
- Het terugdringen van het gebruik van soja als veevoer.
- Grotere onafhankelijkheid van de inkoop van ruwvoer, waarvan de prijzen de laatste jaren sterk zijn gestegen.
- Het afvangen van nutriënten (betere waterkwaliteit).

---

### Rekenvoorbeeld

Hoeveel kroos uit sloten geogst worden kan, is afhankelijk van de verhouding weiland/sloot in veenweidegebieden. In veenweidegebieden bestaat ca 80% uit land en 20% van de oppervlakte uit water. Zoals in hoofdstuk 3.1 genoemd, heeft een gemiddeld melkveebedrijf ruim 40 ha aan cultuurgrond, waarvan 8 ha voedergewas. Uitgaande van een boerenbedrijf in het veenweidegebied, met een landoppervlak van 40 ha en een wateroppervlakte van 8 ha, kan 80 tot 240 ton droge stof uit kroos gewonnen worden. Ter indicatie: voor verwerking in een veevoederbedrijf moet 600 ton ds op jaarbasis geleverd kunnen worden).

---

*Mogelijke kweek van kroos in kassen. En verwerking tot kuilvoer?*




---

## 3.5.1 Kansen en knelpunten

	Kansen	Knelpunten
<b>Winnen en verwerken van het kroos</b>	<p><b>Lokale toepassing in open of gesloten systeem</b> Kroos kan met het nutriëntenoverschot in gesloten systemen gekweekt worden. Een andere optie is het gebruik van kroos in sloten. Zoals eerder vermeld, komt kroos van nature voor in langzaam stromende en vaak voedselrijke watergangen en (ondiep) water dat snel opwarmt. In de veenweidegebieden kan kroos in het landelijk gebied gebruikt worden om nutriënten uit te mijnen door kweek in sloten, waar groeiomstandigheden vaak goed zijn. (nutriëntrijke sloten door 'uitlekken' van nutriënt van het weiland). De 'oogst' kan door boeren worden uitgevoerd, die het kroos kunnen hergebruiken in de bedrijfsvoering (of eventueel verkopen voor een andere toepassing).</p> <p><b>Jaarrond kweken of seizoensgebonden</b> In een gesloten systeem kan jaarrond gekweekt worden. In de sloten zal kroos, net als de overige voedergewassen, op een veeteeltbedrijf alleen groeien tijdens het groeiseizoen. De oogst van kroos kan dan in de reguliere bedrijfsvoering worden opgenomen.</p> <p><b>Baten</b> Bij zowel kweek in sloten als in gesloten systemen vloeien baten voort uit vermindering van inkoop van veevoer en vermindering van kosten voor mestafvoer. Eventueel kan m.b.v. krooswinning uit sloten de waterkwaliteit verbeterd worden. Dat kan in sommige gevallen subsidie opleveren (blauwe diensten) van waterschap naar boer.</p>	<p><b>Innovaties nodig voor optimale kweek</b> Naast krooskweek in de sloten, kan kroos ook in een 'kweektoeren' op de boerderij worden gekweekt, waarbij mest efficiënt wordt ingezet en het productieproces wordt geoptimaliseerd. De haalbaarheid van een dergelijk systeem moet worden onderzocht. Kosten zullen vooral bestaan uit investering in en afschrijving van installaties: pompen, kweekruimte, etc.</p> <p><b>Verdunding van mest noodzakelijk</b> Voor het gebruik van mest bij de krooskweek is het belangrijk dat de mest verdund/bewerkt moet worden omdat hoge concentraties <math>\text{NH}_4^+</math> toxisch zijn.</p> <p><b>Toepassen in een voederkuil nog niet bewezen</b> De mogelijkheid om kroos te verwerken in een voederkuil is nog niet onderzocht. De haalbaarheid van deze keten is hiervan wel sterk afhankelijk, omdat anders het kroos verwerkt moet worden tot een brok (zie par. 3.1).</p> <p><b>Juridische eisen</b> Veevoeder moet voldoen aan de eisen van de VWA. Tussen mest en veevoeding moet een extra 'stap' zitten volgens de Nederlandse wet- en regelgeving.</p> <p><b>Organisatorische randvoorwaarden</b> De productie van eendenkroos betekent aanpassing van de reguliere bedrijfsvoering van een melkveehouderij. Door een goed technisch ontwerp zou de arbeidsintensiviteit tot een minimum moeten worden beperkt.</p>

## 3.5.2 Conclusies nutriënten uit kringloop - veevoer

De vraag of kroos een aanzienlijke bijdrage kan leveren in het verminderen van nutriëntenoverschotten in het veenweidegebied kan waarschijnlijk positief beantwoord worden. Hiervoor dient nog wel onderzoek naar de effectiviteit ten opzichte van andere gewassen en voor de Nederlandse situatie uitgevoerd te worden. De sloten die door de boeren beheerd worden (bedrijfsschaal), kunnen dan bijdragen aan een betere waterkwaliteit op gebiedsniveau. Er zijn verschillende toepassingen voor het gewonnen kroos, waarbij in dit voorbeeld wordt ingestoken op het benutten van het kroos voor veevoer. Daadwerkelijke toepassing zal vooral afhangen van wet- en regelgeving (VWA) en kosten-batenafwegingen.

De kweek van kroos op mest is een interessante optie, omdat daarmee een bijdrage wordt geleverd aan het sluitend maken van de nutriëntenkringloop op bedrijfsschaal. Daarbij zijn wel enkele technologische innovaties nodig en moet kritisch worden gekeken naar de inpassing in de bedrijfsvoering en de wet- en regelgeving.



# 4.

## Evaluatie en adviezen voor vervolg

### 4.1 Evaluatie

Met de beschreven ketens is geïllustreerd dat eendenkroos in potentie een innovatieve schakel vormt tussen het waterbeheer en de agrarische of energiesector. Kennis en ervaring zijn vooral uit internationale referenties beschikbaar. Dit geeft wel richting aan de kansen voor het benutten van eendenkroos in Nederland, maar door andere klimatologische en marktomstandigheden is een rechtstreekse vertaling naar de Nederlandse situatie niet mogelijk. Op basis van de beschreven ketens komen wij tot de volgende constatering met betrekking tot de mogelijkheden voor het winnen of telen van eendenkroos:

- De waterschappen ervaren eendenkroos overwegend niet als een probleem waarvoor structureel middelen worden ingezet om kroos te verwijderen. Lokale situaties kunnen echter van dit algemene beeld afwijken. Indien de **overlastsituatie** voor waterschappen voldoende groot is, kan verwijdering van kroos worden gezien als groen-blauwe dienst. De financiële compensatie voor deze dienst maakt een toepassing van kroos als bijvoorbeeld veevoer financieel aantrekkelijk.
- **De kweek van kroos in open watersystemen** is in een waterrijk land als Nederland op zich een interessante optie. Waterbeheerders zijn echter zeer kritisch over de optie om open wateren te benutten voor de teelt van kroos. Met name het benutten van het watersysteem voor het telen van één product (monocultuur) roept vanuit het oogpunt van ecologie veel weerstand op. Dit betekent dat een gerichte zoektocht nodig is naar watersystemen die geschikt zijn voor kweek.

- Kroos kan veel en snel nutriënten (en eventueel overige verontreinigingen) opnemen en kan daardoor ingezet worden als **waterzuiveraar**. Dit biedt kansen voor gebieden waar sprake is van eutrofiëring van het oppervlaktewater. Het gericht telen van kroos kan bijdragen aan het behalen van de waterkwaliteitsdoelstellingen (KRW).
- **De kweek van kroos in gesloten systemen** neemt de bezwaren van een open systeem weg. Door de vereiste investeringen voor een gesloten systeem zal de haalbaarheid van gesloten systemen vooral een economische afweging zijn (en dus afhangen van de baten van het product).

Voor het nuttig toepassen van eendenkroos komen wij tot de volgende constatering:

- Kroos toepassen als **veevoer** is een kansrijke optie waarmee vervanging van een deel van de eiwitlevering door soja mogelijk wordt. Een goede kwaliteitsborging van het product en van de bestaande wet- en regelgeving vormt nog een belangrijk obstakel.
- Kroos toepassen als **biobrandstof** door middel van vergisting is door de huidige ontwikkelingen (energiecrisis) interessant. Het voordeel van kroos is de snelle groei en het feit dat het als gewas niet concurreert met voedingsgewassen. Wel wordt opgemerkt dat kroos dat te ver verontreinigd is (door waterzuivering) met zware metalen, een afvalproduct wordt.
- De vraag naar kweekvis neemt toe en daarom kan een scenario met een korte keten van productie en afzet van kroos als **visvoer** interessant zijn. Maar de commerciële visteelt staat in Nederland nog in de kinderschoenen, waardoor de mogelijkheden voor het toepassen van kroos pas later in beeld zullen komen.

## 4.2 Vervolg

### 4.2.1 Variabelen

De vraag is welke stappen en keuzes er gemaakt moeten worden om daadwerkelijk tot innovatie te komen. Uit het onderzoek en de gehouden interviews komen de volgende variabelen naar voren die sturend zijn voor innovaties met eendenkroos:

#### **Open of gesloten systemen**

De vraag is op welke wijze kroos moet worden gewonnen. Dit kan in open (semi-)natuurlijke systemen of in gesloten systemen. De keuze voor open systemen is het meest toegankelijk en haalbaar. Eendenkroos groeit van nature in watergangen in landelijk en stedelijk gebied en kan daaruit worden gewonnen. Een voordeel van het winnen uit open systemen is dat daarmee een bijdrage wordt geleverd aan een bestaand knelpunt (plaatselijke overlast) of aan de verbetering van de waterkwaliteit. Overlast van eendenkroos lijkt voor de meeste waterschappen geen omvangrijke kostenpost op te leveren. De verbetering



van waterkwaliteit vormt daarentegen, mede vanwege de KRW-doelstellingen, wel een belangrijke opgave voor waterbeheerders en vergt de nodige inspanning. Het effectief verwijderen van eendenkroos zou hier een substantiële bijdrage aan kunnen leveren, waarbij onderzocht moet worden of de partij die zorgdraagt voor de verwijdering van kroos, daarvoor een vergoeding/subsidie kan ontvangen (blauwe dienst).

Een knelpunt van het winnen in open systemen is dat het winnen uit kleinschalige watersystemen arbeidsintensief is, en dus kostbaar. Een mogelijke oplossing daarvoor is het inzetten van drijvende systemen die het kroos automatisch oogsten, persen en op de kant afzetten. Een ander knelpunt van het winnen van het kroos in open systemen is de kwaliteit van het kroos. Hoewel onderzoek van WUR-ASG (Bron J en D) op beperkte schaal heeft aangetoond dat de kwaliteit van het gewonnen kroos in landelijk en (semi-)stedelijk gebied aan de kwaliteitseisen voor de verwerking tot veevoer voldoet, blijft het een punt van zorg dat de kwaliteit in open systemen niet beheersbaar is. Er bestaat ook een risico dat kroos zich kan verspreiden in open systemen die in verbinding staan met open wateren (verspreiding van kroos kan grote effecten hebben op de ecologie).

Met gesloten systemen, zoals kassen, worden bovengenoemde knelpunten opgelost. Het nadeel van gesloten systemen is vanzelfsprekend de kosten die gemoeid zijn met aanleg en bedrijfsvoering. Om die kosten te verantwoorden, zal eendenkroos een hoge opbrengst moeten genereren, zowel qua volume als prijs voor het product. In een gesloten systeem zijn de groeiomstandigheden stuurbaar, waardoor het mogelijk wordt om de productie te verhogen en bovendien het hele jaar te produceren. Een pilot zal nodig zijn om meer zicht te krijgen op de potentiële productiecapaciteit, en op de te verwachten kosten en te realiseren baten.

### **Grootschalig of kleinschalig**

Met name voor open systemen is de keuze aan de orde van het schaalniveau. Kroos groeit nu voornamelijk in kleinere, ondiepe watergangen met een relatief hoge nutriëntenbelasting. Het winnen van kroos uit dergelijke kleine watergangen is arbeidsintensief en daardoor niet eenvoudig rendabel te maken. Het telen van kroos in grotere watersystemen zou dit knelpunt kunnen wegnemen. De teelt van kroos in een dergelijk groot systeem zou direct economische waarde kunnen toevoegen aan het watersysteem. Hoewel niet veel open wateren zullen voldoen aan de gewenste groeiomstandigheden voor kroos, valt bijvoorbeeld te denken aan waterbergingsgebieden op voormalige landbouwgronden. Deze gebieden worden periodiek onder water gezet om piekafvoeren te vereffenen. Het inzetten van dergelijke gebieden voor de teelt van eendenkroos lijkt een goede kans te bieden, maar uit de interviews blijkt dat er voor de waterbeheerders een aantal nadelen aan verbonden zijn. Het belangrijkste nadeel is dat voor waterbergingsgebieden veelal ook een ecologische doelstelling wordt nagestreefd. Het telen van kroos als monocultuur is niet verenigbaar met deze doelstelling. Daarnaast spelen ook de recreatieve waarde, natuurwaarde en beleving van waterrijke gebieden een rol bij de wenselijkheid van de toepassing van kroos. Dit betekent dat de haalbaarheid van het telen van eendenkroos in grote open systemen in Nederland moeilijk lijkt te realiseren.

### Gebruik voor veevoer of biobrandstof

In de huidige situatie lijken de verwerking van kroos tot veevoer en de verwerking als biobrandstof de meest kansrijke toepassingen. Visteelt staat in Nederland nog in de kinderschoenen en zal daarom op de kortere termijn geen afzetmogelijkheden bieden. In potentie zouden de verwerking tot veevoer en de verwerking tot biobrandstof concurrerende toepassingen kunnen zijn. In gebieden waar kroos gewonnen of geteeld wordt, kan dan de keuze gemaakt worden voor beide verwerkingsopties. In de praktijk zal concurrentie niet snel optreden omdat de kwaliteit van het product, de omvang van de productiestroom en de regionale verwerkingsmogelijkheden de afzet bepalen. In de huidige situatie lijkt de afzet tot veevoer de beste kansen te bieden, gezien de mogelijkheden om kleinschalig te beginnen en de hoogste economische waarde te genereren. Maatschappelijk is er bovendien de wens om soja in het veevoer te vervangen, waaraan kroos een bijdrage kan leveren.

### Concurrentie andere gewassen

In deze verkenning is primair naar de toepassingsmogelijkheden van eendenkroos gekeken. Natuurlijk zijn er voor de verschillende toepassingen ook andere, concurrerende producten mogelijk. Het verdient nadere studie om een onderbouwde afweging te kunnen maken tussen de potenties van eendenkroos en producten zoals algen of riet.

## 4.2.2

### Stappen naar een innovatieve keten

Eendenkroos kan bijdragen aan systeeminnovaties in de landbouw, doordat het een schakel kan vormen in de zelfvoorzienendheid (beperken van de import van soja) en bijdraagt aan het verkorten van nutriëntenketens. Om innovaties met dit plantje te ontwikkelen adviseren wij om stapsgewijs te komen tot een keteninnovatie voor het benutten van eendenkroos als veevoer. Hierbij kunnen de volgende stappen worden doorlopen:

**Stap 1.** Start van de keteninnovatie ligt in de winning van kroos uit bestaande watergangen en de verwerking tot kuilvoer. Dit lijkt een op korte termijn haalbare stap. Om deze innovatie te bereiken zijn onderzoeksvragen aan de orde die binnen het onderzoek van WUR-ASG zijn voorzien:

- Is de verwerking van kroos in een voederkuil mogelijk?
- Voldoet de kwaliteit van het kroos als vervanging van eiwitten uit soja?

**Stap 2.** De volgende innovatiestap is van een kleinschalige winning van kroos naar een grootschaligere toepassing. Daarbij is vooral de relatie met het waterbeheer van belang. Wij adviseren om de innovatie vooral op deze relatie in te zetten. Onderliggende kennisvragen die daarbij moeten worden beantwoord, zijn:

- Welke bijdrage levert winning van kroos aan de verbetering van de waterkwaliteit en is deze bijdrage te kwantificeren en te moneteriseren (vergoeding van blauwe diensten)?

- Welke watersystemen zijn qua ligging, dimensies en voedingstoestand geschikt voor het gericht telen van eendenkroos, en wat zijn daarbij realistische opbrengsten?

**Stap 3.** Een gecontroleerde teelt in een gesloten systeem biedt vele voordelen ten opzichte van open systemen. Om dit te realiseren, zullen met name mogelijke kweekopties (in kassen, silo's of mestkelder) moeten worden onderzocht en afgewogen op basis van kosten, ruimtegebruik en bedrijfsmatige inpasbaarheid. Wij adviseren om de economische haalbaarheid van innovaties voor een gesloten teelt te onderzoeken en daarbij de vergelijking te trekken met concurrerende teelten.

### **Interessante lokale situaties**

Hoewel wij dit advies vooral richten op innovaties voor het benutten van eendenkroos als veevoer, kunnen specifieke lokale situaties verrassende vooruitzichten bieden. In situaties waar bedrijven restwarmte (uit bijvoorbeeld energiecentrales) hebben en nutriënten lozen, is eendenkroos een interessante optie. Door warm water en nutriënten te koppelen, ontstaat een situatie waarin kroos optimaal kan groeien. De verwerking van kroos tot biobrandstof biedt in een omgeving van bedrijfsterreinen een lokale afzetmogelijkheid voor gewonnen gas of elektriciteit, en biedt voor de betrokken bedrijven een interessante groene investering.



- A Al-Nozaily, F., G. Alaerts, S. Veenstra. 2000. *Performance of duckweed-covered sewage lagoons II Nitrogen and phosphorus balance and plant productivity*. In: Water research Vol. 34, no 10, pp 2734-2741.
- B ASG-WUR *Monitoring mestvergisting in provincie frysland*, ASG/WUR, feb. 2008 (<http://library.wur.nl/way/bestanden/clc/1868017.pdf>).
- C ASG-WUR *Praktijk onderzoek veehouderij ASG 2001*, rapport 216, energiegebruik lagekostenbedrijf.
- D ASG-WUR Themabijeenkomst 'Eendenkroos van last naar lust?!', praktijkcentrum Zegveld, 15 april 2008.
- E Berkhout & van Bruchem. 2008, landbouweconomisch bericht. LEI-rapport.
- F Beukeboom, Ronald. April 2008. *Grasgroei en inkuilmanagement*. In: Nieuwsbrief De Samenwerking, 29e jaargang, nr2. [www.desamenwerking.nl](http://www.desamenwerking.nl)
- G Cheng J., Landesman L., Bergmann B.A., Classen J.J., Howard J.W., Yamamoto Y.T., 2002. *Nutrient removal from Swine lagoon liquid by Lemna minor 8627*. In: Transactions of the ASAE vol. 45, n°4, pages1003-1010.
- H Clark, P.B. & P.F. Hilman. 1996, *Enhancement of aerobic digestion using duckweed (Lemna minor) enriched with iron*. UK.
- I FAO *Duckweed, a tiny aquatic plant with enormous potential for agriculture and environment*. <http://www.fao.org/ag/againfo/resources/documents/DW/Dw2.htm>
- J Holshof G. 2007. *Eendenkroos van last naar lust*. Productschap Zuivel. [http://www.prodzuivel.nl/pz/melkveehouderij/onderzoek/lopemd/Eendenkroos\\_van\\_last\\_naar\\_lust.pdf](http://www.prodzuivel.nl/pz/melkveehouderij/onderzoek/lopemd/Eendenkroos_van_last_naar_lust.pdf)
- K Jaeger, Peter, de. *Eendenkroos, een veelzijdige waterplant*. In:

- EOS, blz. 18-22. <http://www.audax.nl:8080/repository/generic/Eendenkroo%5B2%5D.pdf>
- L Jain, S.K.; G.S. Gujral; N.K. Jha; P. Vasudevan. 1992. *Production of biogas from Azolla pinnata R.Br and Lemna minor L.: effect of heavy metal contamination*. Bioresource technology vol. 41, n3, pp. 273-277.
- M K&G advies Eendekroosproject. *Met eendekroos een schot in de roos*. K&G advies <http://www.kgadvis.nl/eendekroosproject.pdf>
- N Khellaf, Nabila, Mostefa Zerdaoui, Olivier Faure, Jean Claude Leclerc. 2007. *Tolerance to heavy metal in the duckweed, Lemna minor, EU-Norman project* (Contract N° 018486). Paper by poster-presentation, Workshop 17-18 March 2008, Lyon, France.
- O Körner Sabine, Jan E. Vermaat, Siemen Veenstra. 2003. *The capacity of duckweed to treat wastewater: ecological considerations for a sound design*. In: Journal of Environmental Quality 2003 32: pages 1577-1582, ASA, CSSA, SSSA, USA.
- P KRW Akkoord prioritaire stoffen KRW juni 2008: [http://www.kaderrichtlijnwater.nl/asp/download.aspx?File=/publish/pages/14665/prioritaire\\_stoffen\\_tekst\\_waarover\\_akkoord\\_is\\_bereikt\\_juni\\_2008.pdf](http://www.kaderrichtlijnwater.nl/asp/download.aspx?File=/publish/pages/14665/prioritaire_stoffen_tekst_waarover_akkoord_is_bereikt_juni_2008.pdf)
- Q Landesman, Louis, Jiayang Chang, Yuri Yamamoto, Jeremy Goodwin. (jaar onbekend). *Nutritional value of wastewater grown duckweed for fish and shrimp feed*. North Carolina State University, USA.
- R Leng, R.A. & Bell, R. 1995. *Duckweed. A Potential high-protein feed resource for domestic animals and fish*. Centre for Duckweed research & development. Univ. of New England Armidale, NSW, Australia. <http://www.cipav.org.co/Irrd/Irrd7/1/3.htm>
- S Ligtvoet, Willem (ed), Guus Beugelink, Corjan Brink, Ron Franken, Frits Kragt. Juni 2008. *Kwaliteit voor later*. Ex ante evaluatie Kaderrichtlijn Water. MNP, Bilthoven.
- T Oron, G, A. de Vegt, D. Porath. 1988. *Nitrogen removal and conversion by duckweed grown on wastewater*. In: Water Research, 22, 2, Pages 179-184.
- U Parool, 26 juli 2008.
- V Productschap diervoeder (PDV) *Risico's van drogen van veevoeder*: [www.pdv.nl](http://www.pdv.nl), gmp-regels.
- W Reddy & de Busk. 1985. *Nutrient removal potential of selected aquatic macrophytes*. In: Journal of environmental quality. Volume 14, number 4, p. 459-462.
- X Rusoff, L.L., Blakeney, E.W., Culley Jr., D.D., 1980. *Duckweeds (Lemnaceae family): A potential source of protein and amino acids*. J. Agric. Food Chem. 28. p. 72-81.
- Y Schmalz, K., J. de Kempnaer. 2002. *Mariene Biotechnologie – Kansen voor nieuwe markten?* [http://www.innovatienetwerk.org/sitemanager/downloadattachment.php?id=2Iad\\_r3GB7YvHz9ZGXmkyt](http://www.innovatienetwerk.org/sitemanager/downloadattachment.php?id=2Iad_r3GB7YvHz9ZGXmkyt)
- Z Sutton & Ornes. 1975. *Phosphorus from static sewage effluent using duckweed*. In: Journal of Environmental Quality 4, p. 367-370.

- AA Wisman, Arjan. Juli 2008. *Varkens- en pluimveebedrijven: ruim 20% van inkomen voor mestafvoer*. In: Agri-monitor. LEI, Wageningen UR.
- BB Zimmo, O.R., N.P. van der Steen, H.J. Gijzen. 2003. *Nitrogen mass balance across pilot-scale algae and duckweed-based wastewater stabilisation ponds*. In: Water research, vol. 38, n°4, pages 913-920 Elsevier Ltd.
- CC Zwart, K.B. et al. 2006. *Duurzaamheid co-vergisting van dierlijke mest*. Alterra-rapport 1437.
- DD <http://library.wur.nl/ebooks/1857864.pdf>
- EE [http://statbel.fgov.be/studies/ac410\\_nl.pdf](http://statbel.fgov.be/studies/ac410_nl.pdf)
- FF <http://sync.nl/nederlandse-alg-zorgt-voor-voedsel-en-biobrandstof>
- GG <http://www.agriholland.nl/dossiers/Biobrandstoffen/agrarischesector.html>
- HH [http://www.algaelink.com/algaeway\\_photobioreactor\\_system.htm](http://www.algaelink.com/algaeway_photobioreactor_system.htm)
- II <http://www.asg.wur.nl>
- II-1 [http://www.asg.wur.nl/NL/onderzoek/Faciliteiten/Praktijkcentra/Aver\\_Heino\\_Onderzoek\\_Resultaten\\_demoveld\\_voedergewassen\\_2006](http://www.asg.wur.nl/NL/onderzoek/Faciliteiten/Praktijkcentra/Aver_Heino_Onderzoek_Resultaten_demoveld_voedergewassen_2006)
- JJ <http://www.asg.wur.nl/NR/exeres/ACD9FE87-F7EC-447B-B55B-C42833C5DB6B,frameless.htm>
- KK <http://www.biogas.nl>
- LL <http://www.biogas-e.be>
- MM <http://www.dnz.de>
- NN <http://www.hartog-lucerne.nl>, Hartog: [http://www.hartog-lucerne.nl/media/links/eigen\\_teelt\\_luzerne,\\_zelden\\_beste\\_keus.pdf](http://www.hartog-lucerne.nl/media/links/eigen_teelt_luzerne,_zelden_beste_keus.pdf)
- OO <http://www.tauw.nl/content.jsp?objectid=12211>; zie ook <http://www.nme-demieden.nl/upload/254577012.pdf>
- PP <http://www.vrom.nl>
- QQ [http://www.senternovem.nl/mmfiles/Positieve\\_lijst\\_co-vergisting\\_van\\_mest\\_vastgesteld\\_door\\_LNV\\_tcm24-205394.pdf](http://www.senternovem.nl/mmfiles/Positieve_lijst_co-vergisting_van_mest_vastgesteld_door_LNV_tcm24-205394.pdf)





# Bijlage I: Lijst met interviews

<b>Organisatie</b>	<b>Geïnterviewde(n)</b>	<b>Geïnterviewd door</b>
Animal Sciences Group, WUR	Idse Hoving en Frank Lenssinck	Linda Maring, Rob Nieuwenhuis en Jan Dirk van Duijvenbode (RWS- WINN)
De samenwerking	Martin Hoogenboom	Rob Nieuwenhuis en Linda Maring
Provincie Zuid-Holland	Henno van Dokkum	Linda Maring
Waterschap Zeeuwse Eilanden	Acronius Kramer	Linda Maring en Rob Nieuwenhuis
Waternet, Amsterdam	Maarten Ouboter	Linda Maring



---

Towards new chains for the exploitation of duckweed  
Nieuwenhuis, R. and L. Maring (Deltares)  
InnovationNetwork report no 09.2.205, Utrecht, The Netherlands,  
December 2009

---

Duckweed is a very fast-growing water plant and can therefore cause considerable nuisance at local level. This study, however, sets out to explore opportunities for putting duckweed to beneficial use. The literature cites worldwide examples of beneficial uses of duckweed, such as for water purification, as cattle or fish feed or in biofuel. In the Netherlands, such useful applications are barely known. Climate change and the resulting changes in water management methods could change this. Duckweed could, for instance, be put to good economic use in water storage or salinizing areas.

Centring on the use of duckweed for water management purposes, this exploratory study provides a broad overview of possible applications and sketches feasible and less feasible chains, both now and in a future situation where different preconditions prevail.

## **Chains**

Various interesting chains can be distinguished for duckweed. A chain starts with a source or reason for harvesting duckweed and ends with a beneficial application of the harvested product. This exploratory study looks in detail at the following five chains:

1. Natural duckweed growth and processing into cattle feed
2. Duckweed cultivation in open or closed systems and application as fish feed

3. Duckweed cultivation in open or closed systems and application as biofuel
4. Application of duckweed for water purification and application as biofuel
5. Application of duckweed for utilization of nutrients (surplus) and processing into cattle feed

Based on the above chains we arrive at the following observations on the use of cultivated/uncultivated duckweed:

- The water boards generally do not see duckweed as a problem whose removal justifies the structural deployment of resources. However, there are local exceptions. Where the water boards judge that duckweed causes sufficient **nuisance**, its removal can be regarded as a 'green-blue' (nature and water management) service. The financial compensation for this service makes application of duckweed as e.g. cattle feed financially attractive.
- **Duckweed cultivation in open water systems** in a water-rich country like the Netherlands is an interesting option. Water managers, however, take a very critical stance towards using open water for duckweed cultivation. Particularly the utilization of the water system for the cultivation of a single product (monoculture) meets with lots of ecological objections. This means that a specific search is necessary to water systems that are suitable for cultivation.
- Duckweed can quickly absorb many nutrients (and contaminants) and is therefore suitable as a **water purifier**, notably in areas affected by surface water eutrofication. Targeted cultivation of duckweed can help to meet the water quality objectives (Water Framework Directive).
- **Duckweed cultivation in closed systems** removes the objections of an open system. Due to the required investments for a closed system, the feasibility of closed systems will depend mainly on economic considerations (i.e. on the financial benefits of the product).

Regarding the useful application of duckweed, we can make the following observations:

Duckweed as cattle feed is promising as a partial substitute for soy protein. Achieving good product quality assurance and regulatory compliance are still major obstacles.

Duckweed as biofuel via fermentation is interesting given the current energy challenges. Duckweed's key advantages are that it grows fast and does not compete with food crops for land. However, once it has become too contaminated (due to water purification) with heavy metals, duckweed becomes a waste product.

The demand for farmed fish is increasing, so a scenario where a short chain from the production to sale of duckweed as fish feed can be interesting. Commercial fish farming is still in its infancy in the Netherlands, so this application of duckweed will only become relevant at a later stage.

**Follow-up**

The exploratory study raises four variables that can guide the development of innovations:

- Cultivated/uncultivated duckweed in open or closed systems
- Large-scale or small-scale cultivated/uncultivated duckweed
- Use as cattle feed or biofuel
- Duckweed or competing crops (algae, reed)

The utilization of duckweed as cattle feed offers the best opportunities. Duckweed can contribute towards system innovations in agriculture by forming a link in the chain of self-sufficiency (limitation of soy imports) and helps to shorten nutrient chains. In order to develop innovations for duckweed, we advise three steps to realise a chain innovation for the potential use of duckweed as cattle feed. Starting with the harvesting of uncultivated duckweed from existing waterways for the processing into silage. The next step is that this open system will be expanded. And the last step will be the development of closed systems.

**Interesting local situations**

Though this advice is mainly aimed at innovations for the utilization of duckweed as cattle feed, specific local conditions may offer surprising opportunities. In situations where companies generate residual heat (from e.g. energy stations) and discharge nutrients, duckweed is an interesting option. Linking warm water and nutrients creates optimal conditions for duckweed growth. At industrial locations duckweed can be processed into biofuel and sold as gas and electricity to local businesses. This also offers these businesses an attractive green investment opportunity.