



# Geraffineerd voeren

*Naar een sluitende mineralenkringloop door  
raffinage van lokaal geteeld veevoer*

Dit rapport is opgesteld in het kader van het project 'Grassa' (thema 'Natuurlijk kapitaal/Circulaire Economie')

**Deze rapportage is opgesteld door:**

Dr.ir. J.P.M. (Johan) Sanders, Wageningen UR  
Ir. J. (Co) van Liere  
Dr.ir. J.G. (Jan) de Wilt, Innovatie Agro & Natuur  
m.m.v. Courage ([www.courage2025.nl](http://www.courage2025.nl))



Innovatie Agro & Natuur – Netwerkorganisatie voor grensverleggende vernieuwingen  
(v/h InnovatieNetwerk)  
Postbus 19197  
3501 DD Utrecht

tel.: 070 378 5653

internet: [www.innovatieagroennatuur.nl](http://www.innovatieagroennatuur.nl)

Innovatie Agro & Natuur is een onderdeel van het ministerie van Economische Zaken (cluster binnen de Directie Agro- en Natuurkennis).

ISBN: 978 – 90 – 5059 – 527 – 8

Overname van tekstdelen is toegestaan, mits met bronvermelding.

Rapportnr. 16.2.337, Utrecht, februari 2016

# Inhoud

	Blz.
Samenvatting	1
1. Inleiding	3
2. Grasraffinage: het principe	5
3. Inpassing van grasraffinage in de bedrijfsvoering	7
4. De samenstelling van de componenten	9
5. Effecten op het dier	10
6. Effecten van grasraffinage op de N- en P-balans	12
7. Economische haalbaarheid	14
8. Andere eiwitbronnen	17
9. Perspectief op nationaal niveau	20
10. Slotbeschouwing	23
11. Referenties	26
Bijlage 1: Stikstofbalans en fosfaatbalans zonder grasraffinage van de vierde snede (Noordelijk bedrijf)	29
Bijlage 2: Stikstofbalans en fosfaatbalans voor het bedrijf Asten-Heusden]: zonder grasraffinage en na raffinage van de vierde snede (Zuidelijk bedrijf)	31

# Samenvatting

Nederland kent een mineralenoverschot vanwege een tekort aan voedermiddelen om de veestapel naar behoefte te voeren. Die voedermiddelen worden geïmporteerd in de vorm van 'krachtvoerders' zoals sojaschroot, maisglutenvoermeel e.d. En in de vorm van ruwvoerders, zoals snijmais uit Duitsland. Raffinage van in Nederland geteeld voer kan bijdragen aan het verminderen van de import van voer en daarmee van de nutriënten fosfor en stikstof. Die verminderde import aan nutriënten is het gevolg van het verbeteren van de voerbenutting van de geraffineerde producten en dan met name van in gras en snijmais aanwezige eiwitten. De import van eiwit is immers de belangrijkste bron van onze fosfor- en stikstofoverschotten. Die verbeterde eiwitbenutting kan in de praktijk als volgt in zijn werk gaan.

Stel we hebben een melkveebedrijf met een areaal grasland en een areaal snijmais. Het bedrijf heeft alle droge stof die het zelf produceert nodig voor de eigen veestapel. Er wordt immers ook nog voer aangekocht. Het graseiwit kan beter worden benut door het te scheiden in een eiwitconcentraat en een vezel, waarbij een vloeibaar mineralenconcentraat resteert dat als voeradditief of als meststof kan worden ingezet. Het eiwitconcentraat kan bij de hoogproductieve koeien als krachtvoeder worden benut ter vervanging van sojaschroot. Hiertoe moet het bestendig worden gemaakt, zodat het niet in de pens wordt omgezet in bacterieel eiwit. De geraffineerde vezel kan bij het melkvee als ruwvoer worden ingezet. De kwaliteit bepaalt bij welke groep (melkkoeien, droge koeien of jongvee). Dankzij de raffinage wordt het beschikbare graseiwit beter benut waardoor minder onverteerd eiwit in de mest belandt.

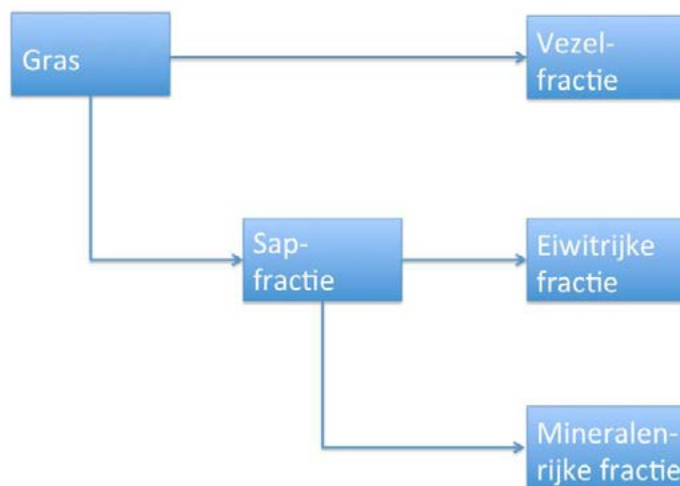
Ook kan de veehouder een deel van zijn areaal snijmais laten raffineren. De winst van deze raffinage zit opnieuw in het in geconcentreerde vorm beschikbaar krijgen van hoogwaardig, goed verteerbaar eiwit, waarmee krachtvoereiwit verder kan worden vervangen. Ook het geconcentreerde zetmeel kan als krachtvoervervanger worden ingezet ter vervanging van eiwitarmere, energierijke krachtvoerders zoals maisglutenvoermeel. De maisvezels zijn voor de melkveehouder een bruikbaar, structuurrijk ruwvoeder. Een betere totaalbenutting van het eiwit van eigen bedrijf leidt hier dus tot vermindering van de import van eiwit en dus van stikstof en fosfor.

Voor een varkenshouder die nu een deel snijmais verbouwt om aan zijn varkens te voeren, kan raffinage ook voordeel bieden. De varkenshouder voert snijmais nu in de vorm van MKS of CCM aan zijn varkens. Stengel en blad en de daarin aanwezige eiwitten blijven dan achter op het land. Door de snijmais te raffineren ontstaat zowel een eiwit- als een zetmeelconcentraat dat prima ingezet kan worden als hoogwaardige vervanger van eiwitrijke en energierijke krachtvoerders. De vezels

kunnen mogelijk afgezet worden richting melkveehouderij als structureel energie- en eiwitarm voeder voor droogstaande melkkoeien en het oudere jongvee.

Ook is denkbaar dat het eiwitconcentraat uit gras wordt ingezet in varkensvoer, ter vervanging van graseiwit. Dit is een ingrijpende verandering, die vraagt om samenwerking tussen de betreffende sectoren.

In deze rapportage worden het raffinage proces beschreven, alsmede de stromen die bij de verschillende bewerkingen vrijkomen. De mogelijkheden voor inzet van deze stromen als voer voor runderen dan wel varkens passeren de revue. Tevens wordt een globale kosten- en opbrengstenberekening gemaakt. Tenslotte volgt een schets van de implicaties van de verschuivingen in eiwitbenutting op nationaal niveau. Zijdellings wordt aandacht besteed aan de productie van eendenkroos als eiwitbron.



Het basisidee is dus dat het raffineren van binnenlands geteeld voer een uitruil mogelijk maakt van voedingsstoffen tussen runderen en varkens, om zo de benutting hiervan (en dan met name de eiwitcomponent) te verbeteren. Het raffineren van gras en maïs is niet alleen technisch haalbaar, zoals recente proefopstellingen hebben aangetoond, maar lijkt ook economisch perspectief te bieden en draagt bij aan een betere mineralenbalans. Toepassing van deze aanpak op een kwart van de arealen van gras en maïs, zou de volledige import van soja kunnen vervangen door eiwitten van eigen bodem.

# 1. Inleiding

De Nederlandse veehouderij leunt zwaar op de import van veevoer van elders. Volgens schattingen van het Planbureau voor de Leefomgeving [1] is het areaal landbouwgrond dat nodig is om onze veestapel te voeren, twee à drie keer groter dan ons eigen landbouwareaal. Dat wil dus zeggen: 4 tot 6 miljoen hectare. Daarvan ligt een groot deel in Noord-Amerika en vooral Zuid-Amerika. Met name de sojateelt springt in het oog, met 2 tot 3 miljoen hectare voor diervoeder (sojaschroot) en humane voeding (sojaolie). Deze teelt gaat ten koste van grote arealen tropisch oerwoud. In Nederland wordt de sojaolie (18%) geëxtraheerd, en de eiwitrijke sojaschroot (78%) en hullen (2%) worden in veevoer benut. De verliezen tijdens verwerking bedragen 2% [2]. Voor de productie van voedergranen (zetmeel) wordt 1 à 2 miljoen hectare aan buitenlands areaal gebruikt.

De bevolkingsgroei en de groeiende welvaart doen niet alleen de vraag naar voedsel toenemen, maar ook de vraag naar 'luxere' voedingsmiddelen zoals zuivel, vlees en groente. Die stijging van de vraag doet zich vooral voor in opkomende economieën zoals China, India en Brazilië. Het gevolg is een gestaag stijgen van de prijzen van agrarische grondstoffen, inclusief veevoer. De economische macht van deze landen groeit, en Europa schuift steeds verder op naar de randen van het wereldtoneel. De vraag is of er in de toekomst nog voldoende betaalbare grondstoffen onze kant op zullen komen. Ter illustratie: China importeert momenteel 54 miljoen ton soja per jaar, terwijl Europa een import van 37 miljoen ton heeft. In Nederland werd in 2013 in totaal 8,7 miljoen ton soja geïmporteerd en deels verder doorgevoerd naar andere landen. Brazilië en Argentinië zijn, met respectievelijk 4,4 en 2,1 miljoen ton sojaproducten, onze hoofdleveranciers.

De import van soja leidt in Nederland bovendien tot de aanvoer van een overmaat aan mineralen zoals fosfor en stikstof (het "mestoverschot"). Dat vergroot de druk op het milieu, onder meer door emissies van ammoniak, uitspoeling van nitraat naar het grondwater en ophoping van fosfor in de bodem. Ondanks een sterk verbeterd mineralenmanagement neemt de hoeveelheid mest die niet geplaatst kan worden binnen Nederland eerder toe dan af. Dit vanwege het steeds verder aanscherpen van de milieunormen. Het afvoeren van deze mest is een grote kostenpost voor de Nederlandse veehouderij.

Om de genoemde geopolitieke en milieukundige redenen, die beide ook een economische impact hebben, is het verminderen van de afhankelijkheid van soja-importen cruciaal voor een duurzame veehouderij.

Als we minder afhankelijk willen worden van de import van soja, zijn er enkele mogelijkheden:

1. Het verder optimaliseren van de aminozuurvoorziening, onder meer door het gebruik van zuivere aminozuren en het verbeteren van de benutting van het voereiwit.
2. Het ontwikkelen van alternatieve teelten met een hoge eiwitproductie, zoals kroos en algen.

3. Een efficiënter gebruik van bestaande lokale eiwitbronnen, zoals gras en maïs.

Ad 1. Op dit moment is de eiwitbenutting van voereiwit onder de meest gunstige situatie circa 55%. Door het gebruik van beter benutbare grondstoffen en/of dierrassen met een betere eiwitbenutting, kan zo'n 15% op sojaschroot worden bespaard [16].

Ad 2. Er zijn de laatste jaren studies verschenen over de binnenlandse teelt van alternatieve eiwitgewassen [21]. Daaruit blijkt dat er zeker perspectieven zijn. Dit vergt echter nog veel onderzoek naar optimalisatie en opschaling van de teelt en verwerking.

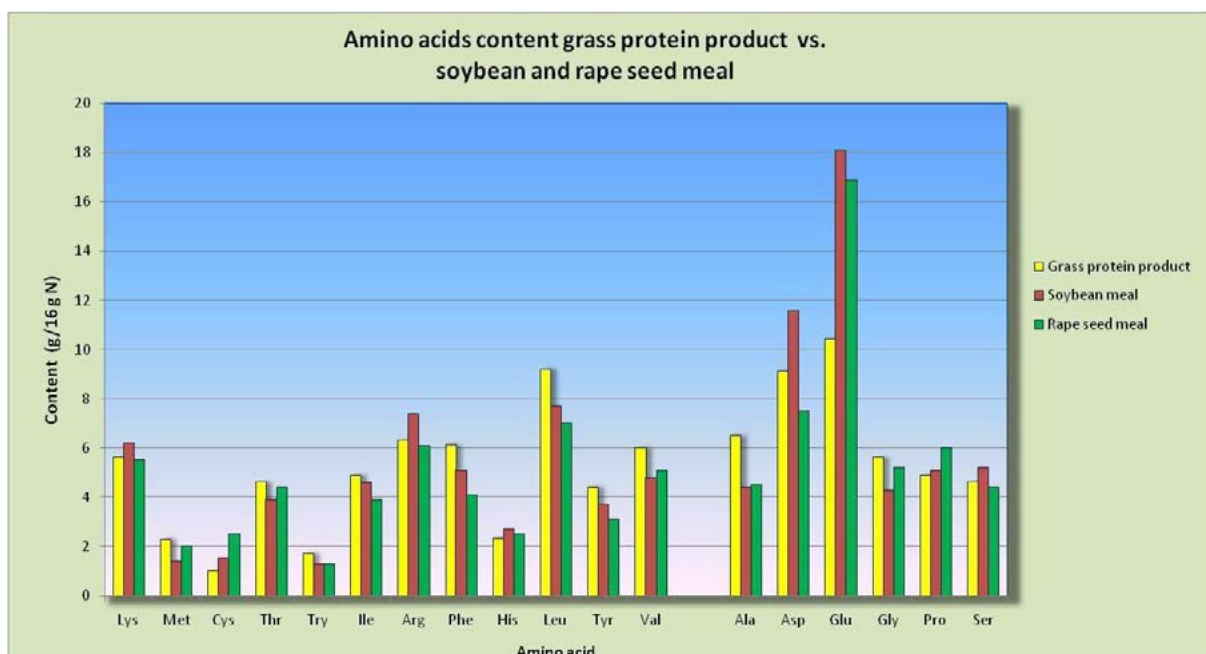
Ad 3. De winning en benutting van eiwitten uit gewassen die al op grote schaal worden geteeld (zoals gras en maïs), maar waarvan het hierin aanwezige eiwit nog niet optimaal wordt benut biedt grote kansen. Deze notitie gaat daar nader op in.

Het raffineren van lokaal geteeld veevoer zoals gras heeft de potentie om drie belangrijke problemen van de veehouderij aan te pakken: a) het mestoverschot, b) de omstreden – en in de toekomst onzekere – import van veevoer, en c) een efficiënter en beter ketenbeheer van de voedingsstromen. Daarmee past raffinage in de beoogde transitie naar een circulaire of kringlooeconomie. Bovendien levert de bio-raffinage behalve eiwitten ook grondstoffen voor de 'biobased economy', waardoor hoogwaardige eiwitproductie in Nederland kan concurreren met Braziliaanse productie. Het levert tevens extra werkgelegenheid op en een potentiële verbetering van de betalingsbalans.

## 2. Grasraffinage: het principe

Gras is voor grazers. Het is de grootste wereldwijde grondbedekker, maar helaas kunnen mensen geen gras verteren. Zij bezitten namelijk geen verteringssappen die de nerf (voornamelijk cellulose) van het gras kunnen afbreken. Plantenetters kunnen dit wel, dankzij de aanwezigheid van micro-organismen in hun maag-darmkanaal. Bij herkauwers zoals de koe, het schaap, de bizon of de gnoe vindt deze microbiële vertering (fermentatie) plaats in de voormagen (netmaag, pens en boekmaag). Bij andere plantenetters zoals paard en olifant vindt deze fermentatie plaats in de dikke darm. Het verteringsproces via de voormagen is echter niet erg efficiënt; dit geldt vooral voor de omzetting van het in gras aanwezige eiwit.

De in de pens aanwezige bacteriën breken namelijk het hoogwaardige onbestendige eiwit in gras af en zetten dit om in lichaamseigen eiwit. Dit proces kost veel energie. Bij de vorming van één kilogram bacterieel eiwit gaat energetisch al gauw een kilogram suiker verloren. Het afgebroken (zogenaamd onbestendige) eiwit dat niet in bacteriën wordt ingebouwd, is bovendien verloren. Indien we graseiwit direct toegankelijk kunnen maken voor eenmagigen (zoals varkens), omzeilen we de inefficiënte omzetting door pensbacteriën bij runderen. Aangezien de aminozuursamenstelling van graseiwit vergelijkbaar is met die van soja (zie Figuur 1), ontstaat hiermee een eiwitbron die soja in varkensvoer kan vervangen.



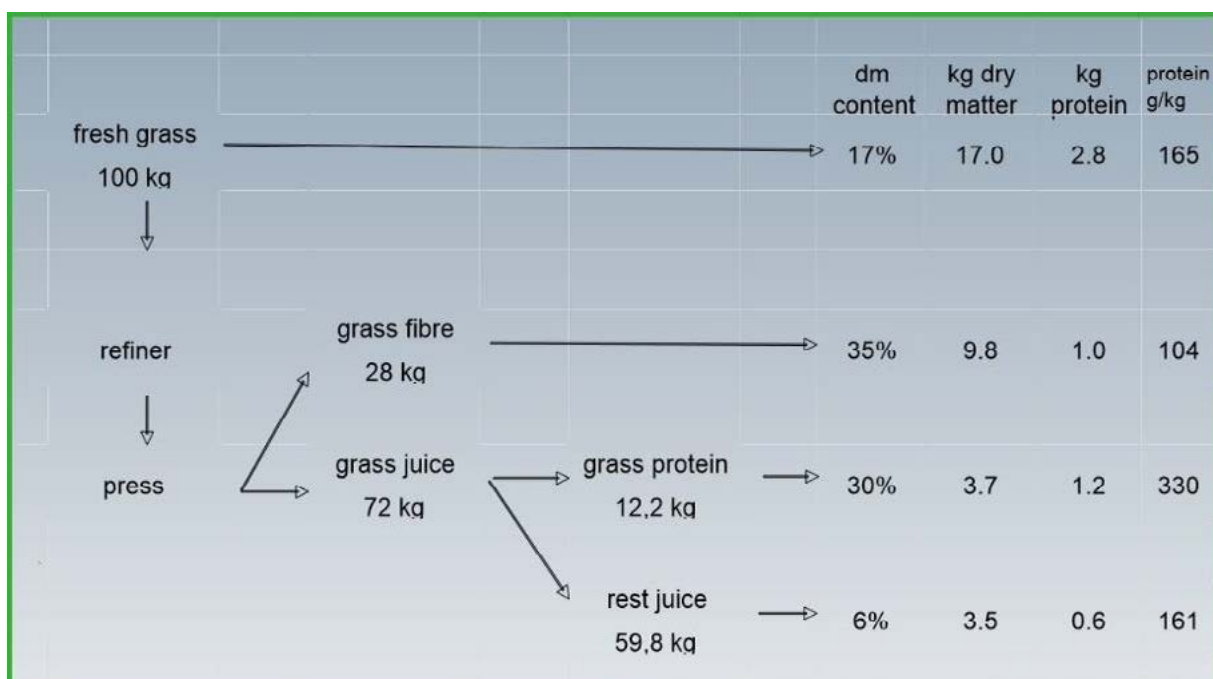
Figuur 1: Aminozuursamenstelling van eiwitten uit gras, soja en rapenzaad.

Wanneer we het gewonnen graseiwit bestendig kunnen maken, is het mogelijk om dit weer aan runderen te voeren zonder dat dit door de pensbacteriën wordt afgebroken. Het eiwit wordt dan pas in de darm verteerd en opgenomen.



In het project 'Grassa!' is een mobiele raffinaderij ontwikkeld. De techniek komt er kortweg op neer dat (vers) gras wordt gekneusd en geperst, zodat het eiwitrijke grassap wordt gescheiden van de vezels. De vezels kunnen worden gebruikt als ruwvoer voor runderen, maar zijn mogelijk ook bruikbaar als grondstof voor de kartonindustrie. Het grassap dat overblijft, wordt verwarmd en aangelengd met melkzuur. De graseiwitten, die voor het overgrote deel in het sap terecht zijn gekomen, klonten daardoor samen zoals bij de stremming van kaas. Na afscheiden en drogen blijft een hoogwaardige eiwitbrok over. Na het bestendigen van het eiwit, zodat het niet door de pensbacteriën wordt omgezet, kan deze fractie voor rundvee worden ingezet ter vervanging van soja-eiwit. Voor varkens heeft het geïsoleerde graseiwit een hoog essentieel aminozuurgehalte dat met een hoog rendement benut kan worden ter vervanging van soja-eiwit.

Het resterende sap bevat nagenoeg alle opgeloste suikers, fosfor en kalium uit het gras, plus nog wat eiwitresten, aminozuren en organische zuren. Deze stroom bevat waardevolle stoffen voor diervoeder, maar deze kunnen ook gebruikt worden als grondstof voor de 'bio-based economy'. Fosfor kan in de vorm van calciumfosfaat worden neergeslagen en als kunstmest geëxporteerd. De eiwitstromen worden in onderstaand schema weergegeven voor traditionele grasoogst en grasraffinage.



Figuur 2: Schematisch overzicht van de klassieke manier van gras oogsten en de grasraffinage.

### 3. Inpassing van grasraffinage in de bedrijfsvoering

Om de mogelijkheden van grasraffinage in het perspectief van de bedrijfsvoering te zetten, geven we hier het voorbeeld van Boer Jansen, die 100 ha grasland en 200 koeien heeft. Met een loonwerker heeft hij afgesproken dat wanneer hij 50 ha van zijn grasland maait, er 8 ha gras middels een hamermolen en een pers (die op een pick-uptruck gemonteerd staat) wordt ontsloten en gescheiden in een sapfractie en een vezelfractie. In het groeiseizoen wordt deze handeling voor zijn bedrijf acht keer uitgevoerd; immers er worden vier sneden per jaar gemaaid en er is 100 ha grasland. Het grootste deel (steeds 42 ha van de 50 ha, dus 84%) van het gemaaid gras wordt ingekuild op traditionele wijze. De verkregen vezelfractie kan direct binnen een paar dagen aan de koeien worden gevoerd, maar het kan ook worden ingekuild volgens de gangbare praktijk.

Het maaien van vers gras voor raffinage kan onder vrijwel alle weersomstandigheden plaatsvinden. De vezelfractie, die gemiddeld met circa 35% droge stof vrijkomt, wordt gevoerd aan de koeien. Deze fractie bevat vooral bestendig eiwit (dat dus niet door de pensbacteriën wordt omgezet), waardoor de koeien minder of geen bestendig gemaakt soja-eiwit in hun rantsoen nodig hebben [11]. Ongeveer een derde van de fosfor blijft achter in de Grassa!-silage (zie hoofdstuk over raffinageresultaten): van 4,2 g fosfor per kg ds gras naar 1,5 g fosfor per 1 kg ds silage.[12] Het ruw eiwit-gehalte in de Grassa!-silage bedraagt 42% op droge stof basis, terwijl dit in de normale kuil 29% bedraagt. De streefwaarde is circa 36%. Van het eiwit in de Grassa!-silage is circa 38% oplosbaar, terwijl dit in de normale kuil 62% bedraagt. Hier zien we dus een forse toename in de hoeveelheid bestendig eiwit, dat rechtstreeks ten goede komt aan de koe.

De sapfractie met aminozuren, fosfaten en suikers wordt per tankwagen afgevoerd en centraal verwerkt tot een eiwitrijk product voor varkens en een restproduct, ook voor varkens. Het eiwit kan ingezet worden in het varkensvoer in plaats van soja-eiwit. Wageningen UR en onderzoeksbureau Schothorst hebben al aangetoond dat biggen goed gedijen op dit graseiwit [6]. Wanneer dit eiwit met veel essentiële aminozuren aan de koe gevoerd zou zijn, dan zou in de koeienpens dit eiwit inclusief de essentiële aminozuren grotendeels worden afgebroken en deels weer worden opgebouwd tot microbieel eiwit met een kwaliteit die niet beter is dan het oorspronkelijke graseiwit. En waarvan ook een aanzienlijk deel niet meer tot eiwit wordt opgebouwd en uiteindelijk in de mest terecht komt.

De overblijvende sapfractie ("wei") bevat ruim 75% van de fosfor, kalium en stikstof. Het fosfor en de kalium kunnen voor een belangrijk deel apart worden gewonnen en als kunstmest worden benut. Door de toevoeging van magnesiumchloride of van  $Mg(OH)_2$ , kan het fosfor neerslaan in de vorm

van struviet ( $\text{Mg}(\text{NH}_4)\text{PO}_4$ ), waarbij het naar de bodem van de tanks zakt. Deze toepassing is echter minder aantrekkelijk omdat deze stof slecht oplosbaar is: struviet is een *slow release* meststof. Een alternatief is het toevoegen van Calciumhydroxide, waardoor bij  $\text{pH} > 8$  het product Calciumfosfaat wordt gevormd. Dat is iets beter oplosbaar en voor praktisch gebruik in Nederland te verkiezen boven struviet.

De productie via bioraffinage van eiwitrijk veevoeder uit lokale plantaardige stromen past in het streven om de import van eiwitrijke grondstoffen van buiten Europa te reduceren van circa 70% (2010) naar 50% in 2020 ("Verbond van Den Bosch", 2011). Bovendien biedt bioraffinage meer flexibiliteit in de op-maat-dosering van nutriënten op het land, waardoor minder emissies van ammoniak en van nitraten en fosfor naar bodem en grondwater ontstaan.

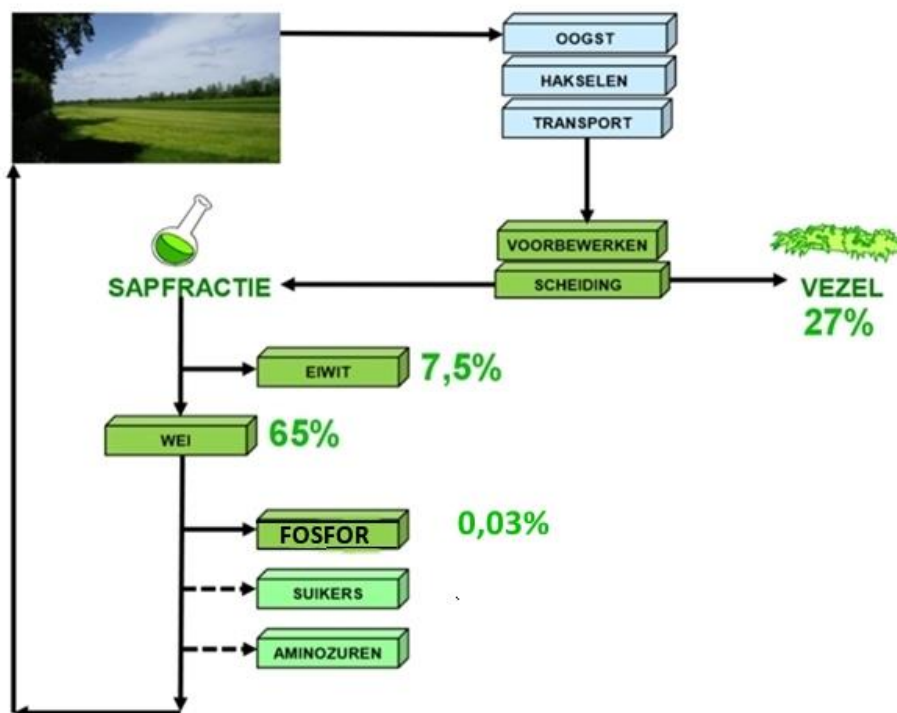
## 4. De samenstelling van de componenten

De volgende producten worden bij het Grassa!-proces verkregen:

- Grasvezel,
- Eiwitproduct 1, met 40% eiwit op ds,
- Eiwitproduct 2, >70% eiwit op ds,
- Suikerconcentraat,
- Fosforconcentraat.

Via grasraffinage wordt van elke 100 kg geoogst gras 27 kg grasvezel gemaakt en 7,5 kg hoogwaardig eiwit, 0,03 kg fosfor en 65 kg wei met suikers, mineralen en aminozuren. In gras zit 16-20% eiwit op droge stofbasis, afhankelijk van bemesting en weersomstandigheden. Het eiwitgehalte dat in de Grassa!-silage komt, is zo'n 4,2% op droge stof basis. Het eiwit uit het grassap kan worden opgewerkt tot twee producten: een met een concentratie van 70-90%, de ander met een concentratie van circa 40% op droge stof basis.

De samenstelling van aminozuren is vergelijkbaar met die van soja. Daarom zijn de eiwitten geschikt voor alle dieren en op de langere termijn misschien ook voor mensen. Bovendien kost de productie van een kilo eiwit slechts één kilowattuur. Daarnaast gebruikt het proces geen chemicaliën en zijn er geen (milieuvriendelijke) afvalstoffen.



Figuur 3: Overzicht van de componenten uit grasraffinage.

## 5. Effecten op het dier

Het aanbieden van nieuwe binnenlands geproduceerde voeders is bedoeld om zowel de koeien als de kippen- en varkensstapel te kunnen voeden, met voor elk zo hoogwaardig mogelijk eiwit van Nederlandse bodem. Via de aminozuren in de eiwitten worden de bouwstenen geleverd voor de groei en het productievermogen van de dieren. Eiwitten zijn noodzakelijk voor de productie van melk, eieren en vlees. Wanneer we eiwit van lokale bodem willen benutten, dan zullen we het eiwit geschikt en beter verteerbaar moeten maken en het moeten ontdoen van elementen die een mestprobleem veroorzaken. Vanuit dit perspectief kunnen we de effecten van grasraffinage op het dier schetsen.

Omdat bij het hameren vrijwel 100% van de grascellen wordt ontsloten, komt er circa 10% meer celinhoud beschikbaar als diervoeder dan wanneer het gras door de koe zou zijn verteerd (test Grassa!-bedrijf in Asten-Heusden, 2014 [10]). Dit betekent dus al meteen de eerste winst vanwege een hogere beschikbare hoeveelheid eiwit en suikers bij een gelijk gebleven hoeveelheid fosfor en stikstof in het voer. Het voordeel is dus al bijna 1 ha op elke 8 ha gras die op deze manier door boer Jansen verwerkt wordt. Grasvezel is een structuurrijk ruwvoeder dat geschikt is voor kalveren en melkkoeien, mits het ingekuild is via toevoeging van een suikerhoudend middel (melasse). Dit middel verbetert tevens de smakelijkheid van het product voor de dieren. Ingekuilde grasvezel kan een deel (25%) van de normale graskuil vervangen in rantsoenen voor melkvee.

In 2015 heeft Wageningen UR een onderzoek gepubliceerd over grasraffinage en het gebruik van grasvezel in de rundveevoeding [13]. Daaruit kwam het volgende naar voren:

Vervanging van graskuil door ingekuild grasvezel heeft geen significant effect op de voeropname; ingekuide grasvezel kan per melkkoe maximaal 4 kg ds (25%) graskuil vervangen.

Er was geen effect te zien op de gemiddelde melkproductie bij vervanging van graskuil door grasvezel.

Het herkauwgedrag van de koeien veranderde niet wanneer grasvezel werd verstrekt.

Het drogestof-gehalte van de mest was iets hoger wanneer meer (drogere) grasvezel werd gevoerd. Raffinage van gras heeft positieve gevolgen voor de mineralenbalans. Toepassen van grasraffinage gaf een verbetering van de totale stikstof- en fosfaatefficiëntie op bedrijfsniveau.

De conclusie is dus dat de grasvezel die bij grasraffinage ontstaat geen negatieve effecten heeft op opname, eetgedrag en melkproductie van de koe.

Bij het voeren van de eiwitfractie uit grasraffinage aan varkens, kippen en runderen moet het aanbod op de behoefte van de dieren worden afgestemd. Een van de sleutelvragen voor de overgang naar geraffineerd voer is de minimaal benodigde hoeveelheid fosfor en stikstof uit het

eiwit. Het rapport 'Effect van fosfaatverlaging in melkveerantsoenen en varkensvoerders' (WUR, 2010 [7]) geeft aan dat de gemiddelde fosforgift bij melkkoeien circa 4,2 g P/kg ds voer is, maar dat de behoefte al gedekt is met 2,7 g P/kg ds. Dat is dus globaal 35% lager. Voor vleesvarkens ligt de gemiddelde P-inname op 3,69 kg P in het groeitraject tussen 25 kg en 110 kg. Maar 2,43 kg P blijkt reeds voldoende indien energierijk voeder wordt gebruikt. Daarbij wordt zelfs meer P vastgelegd in de botten. Ook bij vleesvarkens is dus een verlaging van de P-gift met 35% mogelijk.

Het eiwitgehalte in de voeders kan ook omlaag, waarmee de stikstofverliezen naar het milieu dalen. Nu komt bij melkkoeien circa 25% van de met het voer opgenomen stikstof terecht in de melk. Volgens een recente publicatie van Dijkstra et al, 2013 [8], kan dit rendement theoretisch tot 43% omhoog. Veel rantsoenen van koeien bevatten zo'n 16% ruw eiwit, terwijl bij optimale voeding dit gehalte omlaag kan naar circa 14% zonder dat de productie afneemt. Dit betekent dat het dieet van een melkkoe met een kwart minder eiwit toe kan, waardoor we dichterbij komen van de door Dijkstra et al gestelde maximum stikstofgehalten in de melk. Voor varkens is de huidige eiwit efficiëntie ongeveer 32%. Jongbloed [9] laat zien dat door verhoging van de gehalten aan essentiële aminozuren in varkensvoerders, een 23% hogere stikstofbenutting optreedt, wat leidt tot lagere hoeveelheden stikstof in de mest. Dit is dus mogelijk los van de eerder geschetste route van grasraffinage.

De proeven tonen aan dat bij varkens het graseiwit als vervanging kan dienen voor het soja-eiwit. Voor runderen is aangetoond dat het geven van de Grassa!-silage de melkproductie niet verlaagt. Uit modellen van het Louis Bolk Instituut komt naar voren dat we met 2% minder eiwit – dus van 16% naar 14% – circa 30% minder ammoniakuitstoot naar de atmosfeer krijgen. De data wijzen dus in dezelfde richting.

## 6. Effecten van grasraffinage op de N- en P-balans

Via grasraffinage is het mogelijk om mineralen (N, P, K) in aparte fracties te winnen en deze buiten het rundveebedrijf af te zetten. Dit heeft een gunstige invloed op de mineralenbalans van het bedrijf. In het licht van de huidige discussie over het fosfaatplafond in de melkveehouderij draagt grasraffinage bij aan de mogelijkheden voor een duurzame bedrijfsontwikkeling.

Een rundveehouder in Asten-Heusden (Brabant), waar de Grassa!-proeffabriek een week op verschillende grondstoffen heeft gedraaid, heeft in de Kringloopwijzer verschillende scenario's uitgewerkt: een scenario waarbij alleen de laatste snede gras wordt geraffineerd en een waarbij de gehele oogst wordt geraffineerd [11]. De scenario's zijn gebaseerd op resultaten van raffinage van de 4<sup>e</sup> snede in september 2013. De getallen voor de VEM, Re, N, P en as worden hieronder vergeleken met de gangbare waarden op dat bedrijf. Boer Jansen uit ons voorbeeld zou resultaten verkrijgen die te vergelijken zijn met de resultaten van slechts de laatste snede. Hij laat immers slechts een deel (circa 1/6) van zijn gras verwerken.

Voorraad graskuil, hooi (kg ds)	Hoeveelheid	VEM	Re(g)	N(g)	P(g)	Ras(g)
1 <sup>ste</sup> snede	20300		894	173	27,7	4,2 112
2 <sup>de</sup> snede	17400		884	170	27,2	4,2 110
3 <sup>de</sup> snede	11600		884	177	28,3	4,2 129
4 <sup>de</sup> snede (raffinage)	11600		778	114	18,2	1,5 68

Tabel 1: Grasanalyse van vier snedes (vierde snede met raffinage).

De stikstofbalans en de fosforbalans met raffinage van de laatste snede zien er in vergelijking met ongeraffineerd gras uit zoals in Bijlage 1 staat aangegeven. De figuur laat zien dat de hoeveelheid N in kg N/ha die met de grasvezel binnenkomt, afneemt als de laatste snede is geraffineerd. De benutting van N door de veestapel neemt toe en de excretie van N neemt af met circa 7%.

Er wordt onderscheid gemaakt in 'Noordelijke' en 'Zuidelijke' bedrijven om de verschillen te illustreren die er tussen individuele bedrijven kunnen bestaan. In grote lijnen zien we in het Zuiden van Nederland (bijvoorbeeld Noord-Brabant) door schaarste aan landbouwgrond een hogere intensiteit in de grasteelt dan in de meeste noordelijke gebieden (bijvoorbeeld Friesland). In bijlage 1 en 2 staan de resultaten voor het Noordelijk en Zuidelijk bedrijf in Asten-Heusden schematisch weergegeven.

	<b>Voer</b>	<b>Benutting</b>	<b>Excretie</b>
Ongeraffineerd	405	22,5%	313
Geraffineerd laatste snede	390	23,4%	298
Alle 4 sneden geraffineerd	340	26,8%	248

*Tabel 2: Stikstofbalans veestapel Noordelijk bedrijf in kg N per ha.*

Hetzelfde is gemeten voor fosfor. We zien ook hier een afname van de P-aanvoer, een betere benutting en een lagere excretie. In het theoretische geval dat we alle gras zouden raffineren, ontstaat de onderstaande P-balans. Daarbij wordt opgemerkt dat volledige raffinage niet onderzocht is. De getallen voor volledige raffinage zijn tot stand gekomen door de resultaten van de laatste snede met vier te vermenigvuldigen.

	<b>Voer</b>	<b>Benutting</b>	<b>Excretie</b>
Ongeraffineerd	141	28,4%	101
Geraffineerd laatste snede	131	30,4%	92
Alle 4 sneden geraffineerd	106	38,1%	65

*Tabel 3: Fosforbalans veestapel Noordelijk bedrijf in kg fosfaat per ha.*

Voor het zuidelijk bedrijf (zandgrond) gelden min of meer soortgelijke resultaten als voor het noordelijk bedrijf (kleigrond), zij het dat de afnames van de excreties van stikstof en fosfor in het zuidelijk bedrijf groter zijn. Hiervoor wordt verwezen naar bijlage 2. Bovenstaande voorbeelden tonen aan dat vervanging van circa 25% van het ingekuilde gras door ingekuilde vezel mogelijk is zonder gevolgen voor de melkproductie of het herkauwgedrag. Hierdoor neemt ook de excretie af (drogere mest) en wordt de N- en P-excretie met het geraffineerde voer in de 4<sup>de</sup> snede minder met 14% (N) respectievelijk 19% (P). Omdat er eiwitarmere gevoerd wordt, neemt tevens de ammoniakuitstoot af. Indien alleen de laatste snede wordt geraffineerd, bedraagt de ammoniakuitstoot circa 5% minder. Bij gehele raffinage is dat ruim 20%. [11]



## 7. Economische haalbaarheid

Veranderingen in de bedrijfsvoering moeten economisch haalbaar zijn om uitzicht op realisatie te bieden. Daarbij moeten ook beleidswijzigingen ten aanzien van melkproductie en milieu in de beschouwingen worden meegenomen. Om na te gaan of grasraffinage economisch interessant kan zijn, is hieronder een eerste globale berekening gemaakt.

Vers gras is beschikbaar van mei t/m september; in de winter wordt vooral ingekuild gras gebruikt. Zowel vers gras als ingekuild gras kan in principe worden geraffineerd. Voor inkuilen wordt een loonwerker ingehuurd voor maaien en spreiden (40 euro/ha), harken (15 euro/ha), transport (15 euro/ha) en het in de silage brengen (80 euro/ha). De kosten van een loonwerker verschillen per regio en per activiteit, maar globaal komen deze uit op € 150-165 per ha. De waarde van graseiwit met circa 50% eiwitproduct is circa € 350-550 per ton, afhankelijk van het droge stof gehalte en de aanwezigheid van toxische verbindingen en zouten. Sojaschroot met 45% eiwit heeft ongeveer dezelfde waarde. Omgerekend per ha grasland is de eiwitwaarde 120-135 euro. Het resterende sap bevat fosfor en kalium dat opgewerkt kan worden tot kunstmest. Daardoor worden niet alleen de afzetkosten van mest vermeden, maar leveren de meststoffen zelfs wat op.

Kosten	€/ton
Gras + maaien/hakselen + energie	85
Arbeid	42
Transport en droogkosten	35
Chemicaliën	60
Overig	15
<b>Totaal</b>	<b>237</b>

Opbrengsten	€/ton
Eiwit	135
Vezel	45
Mineralen incl fosfor, excl. besparing op afzetkosten	46
Sapconcentraat	50
	<b>276</b>

Tabel 4: Kosten en opbrengsten van grasraffinage.

Dankzij raffinage levert een hectare gras extra voedingswaarde op. Wanneer we in het bovenstaande voorbeeld van boer Jansen de sapcomponenten afvoeren van het bedrijf, dan betekenen de inkomsten die uit de sapfractie komen dus een efficiënter grasgebruik. Immers, de achterblijvende vezelfractie leidt niet tot verlies in melkproductie. Met de huidige inzichten resteert er een marge van 39 euro per ton (ds) verwerkt gras. Dit leidt voor 100 ha grond met 10 ton ds per ha per jaar tot een toegevoegde waarde van  $10 \cdot 100 \cdot 39 = 39.000$  euro per jaar, nog exclusief de € 13.000-27.500€ die gepaard gaat met besparing op de mestafzetkosten (zie hierna).

De waarde van ongeraffineerd gras is € 150-185 per ton. Geraffineerd gras met 20% eiwit heeft per ton een waarde van € 135 uit eiwit, en bovendien nog eens € 45 uit de vezels, € 23 uit afvoer van het fosfor, € 50 uit het sapconcentraat en € 23 uit meststoffen (tezamen € 276). Daartegenover staan de kosten voor het kneuzen en bewerken van het te raffineren gras. De totale kosten van grasraffinage bedragen € 237 euro per ton, de totale inkomsten € 276 per ton (tabel 4). Grasraffinage wordt in de regel uitgevoerd door een loonwerker met een mobiele installatie. Bij een investering van € 1.000.000 en 8.000 ton per jaar is de terugverdientijd 3,2 jaar.

Wanneer het grassap verder wordt geraffineerd in acht producten (zoals aminozuren, suikerpolymeren, organische zuren, mineralen en vetten), dan nemen de opbrengsten per ton gras verder toe, namelijk tot € 687 (zie onderstaande tabel). Daar staan verwerkingskosten tegenover van € 550 per ton gras. Dit is een grof ingeschat bedrag voor te maken proceskosten in de vorm van membraantechnologie gecombineerd met gecontroleerde kristallisatie van suikers en aminozuren.

Bioraffinage	Vier producten		Acht producten	
	Opbrengsten	Kosten	Opbrengsten	Kosten
Kosten Gras + bewerking		237		550
Eiwit	135		135	
Vezels	45		45	
Sapconcentraat	50			
Mineralen	46		75	
Organische zuren			60	
Aminozuren			75	
Suikers			12	
Suikerpolymeren			225	
Vet			60	
<b>Totaal</b>	<b>276</b>	<b>237</b>	<b>687</b>	<b>550</b>

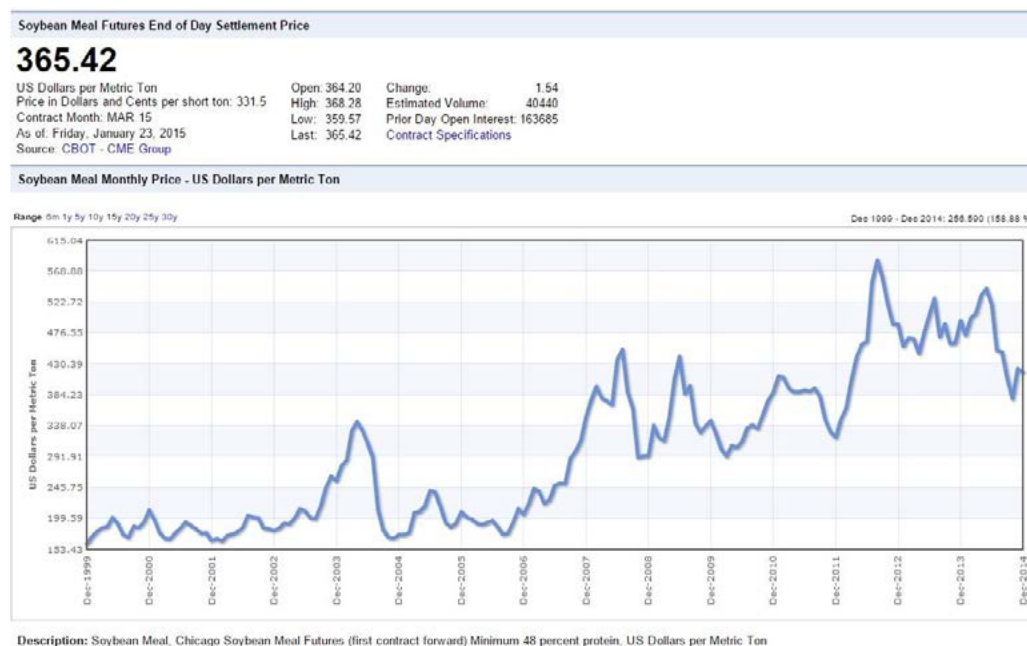
Tabel 5: Kosten en opbrengsten van drie respectievelijk acht producten uit de grasraffinage.

In de economische calculatie van het proces dient de hele keten in beschouwing te worden genomen. Er zijn verschillende waardeketens denkbaar, afhankelijk van de partij die uiteindelijk het financiële risico wil nemen. Dit kunnen rundveehouders of varkenshouders zijn. Dit kan een bedrijf zijn die de raffinage uitvoert en natuurlijk combinaties van deze partijen.

De bioraffinage kan op verschillende schalen worden uitgevoerd. Een schaal van een paar honderd ha per jaar is voor Nederland het minimum vanwege kapitaalskosten en arbeid. In ons land zouden we eerder aan 500- 1000 ha moeten denken zodat de installatie minstens 4000 uur per jaar actief is. We kunnen denken aan een rijdende grasraffinage maar ook aan één unit die elke paar weken van

standplaats verandert, hetgeen door inbouw in een of meer containers gefaciliteerd wordt. Er zijn ook mogelijkheden om een deel van het proces met verplaatsbare units uit te voeren en een ander deel in een centrale fabriek. 'Een dergelijke proces architectuur zal zeker aan de orde zijn bij het voorbeeld hierboven in de tabel met 8 producten. In de hele keten "van grasspriet tot grasvezel" zitten diverse schakels, die elk eraan moeten verdienen. Praktijktesten en een verdere economische onderbouwing zijn gewenst. Doordat een kleine volumemest moet worden afgezet zijn er minder kosten. Wanneer we met 10 ton gras per ha per jaar zo ongeveer 2 ton eiwit van hoge kwaliteit produceren, kunnen we daarmee de import van ca 4 ton sojaschroot of 6 ton raapschroot vermijden, hetgeen het fosfaat overschot met 104 danwel 224 kg reduceert. Deze hoeveelheden fosfaat komen overeen met respectievelijk 26 en 55 m3 varkensdrijfmest. Hoewel de kosten voor mestafzet fors kunnen fluctueren hebben we als referentiewaarde € 20 per m3 mest gerekend. Met de fosfor reductie in de mest zijn niet alle problemen van de mest opgelost en is het volume van de mest niet veel lager geworden. Wanneer we met mestafzetkosten van 5 euro per m3 rekenen, dan heeft grasraffinage dus een extra waarde van € 130-275 per ha. Voor boer Jansen met 100 ha grasland is dit € 13.000- 27.500 per jaar. Sinds de zomer van 2015 zijn fosfaatrechten voor de rundveehouderij ingevoerd. Op moment van schrijven is marktprijs voor de fosfaatrechten nog niet gestabiliseerd.

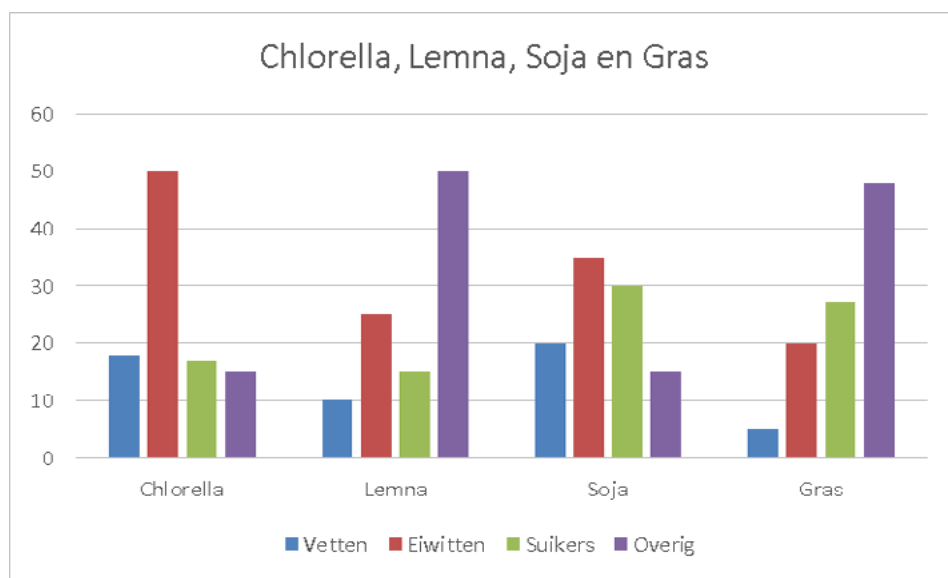
Er zijn minder veldverliezen doordat onder vrijwel alle weersomstandigheden kan worden geoogst, wat leidt tot beduidende meeropbrengsten. Tegenover de meerkosten voor het kneusproces staan de opbrengsten van de levering van eiwit op met de kwaliteit van soja-eiwit en een beter N- en P-rendement voor de mest. De sojaprijs kan op korte termijn sterk fluctueren, waarbij er sprake is van een stijgende trend. Dit is bepalend voor de economie van grasraffinage (zie figuur 4).



Figuur 4: Prijsverloop van sojaschroot van 1999-2014.

## 8. Andere eiwitbronnen

Behalve gras zijn ook andere lokale eiwitproducten in principe interessante substraten voor raffinage. Het gaat daarbij bijvoorbeeld om gewasresten, maïs en bietenloof. Verder kunnen speciale eiwitrijke gewassen interessant zijn, zoals lupine, algen en eendenkroos. Met name de laatste twee producten bevatten veel eiwitten. De samenstelling en voederwaarde van het kroos hangen af van de soort en de oogsttijd [8]. In onderstaande figuur worden Algen (Chlorella), eendenkroos (Lemna), soja en gras vergeleken qua vetten, eiwitten, suikers en overige componenten (vooral vezels). Gras bestaat voor 80-90% uit water, kroos voor 94-96%. Gras heeft ongeveer 30% vezels en 20% eiwit en aminozuren, 2% vet, 27% koolhydraten, 5% organische zuren en 10% mineralen. De kroossoort Lemna lijkt nog het meeste op gras vanwege het eiwitgehalte, de koolhydraten en de overige producten zoals vezels. Het bedrijf ABC-Kroos werkt samen met machinefabriek Colubris (Winterswijk) en diervoedingsfabrikant De Eendracht (Rouveen), met ondersteuning van de provincie Gelderland aan een proeffabriek die per uur maximaal 200 kg eendenkroos kan verwerken tot een hoogwaardig eiwit en perskoek voor veevoer.



Figuur 5: Samenstelling van Chlorella (alg), Lemna (kroos), Soja (boon) en Gras.

Het patroon van essentiële aminozuren van kroos komt – met uitzondering van Valine – vrij goed overeen met dat van soja.

	% essentiële aminozuren		
	ei-wit	soja	kroos
isoleucine	6,0	4,8	3,6
leucine	8,5	8,1	6,7
lysine	6,2	6,2	4,0
methionine	3,6	1,3	0,9
phenylalanine	6,0	5,2	4,2
threonine	4,4	3,8	3,1
valine	7,0	5,0	0,9

Amino acid composition of duckweed protein concentrate

	Lemna gibba	Spirodella polytricha	Spirodella punctata	Wolffia columbiana
	g/100 g of crude protein			
Alanine	4,59	4,48	4,79	3,75
Arginine	4,29	5,25	4,86	3,78
Aspartic	7,12	7,55	7,38	5,63
Glutamic	7,00	8,00	7,00	5,76
Glycine	3,79	3,95	3,93	3,04
Histidine	1,89	2,15	1,90	1,18
Isoleucine	3,87	3,75	3,76	3,06
Leucine	7,15	6,95	6,88	5,83
Lysine	4,13	4,30	4,26	3,37
Methionine	0,83	0,83	1,07	0,87
Phenylalanine	4,46	4,20	4,38	3,80
Proline	2,93	3,28	2,95	2,41
Serine	2,61	2,80	2,83	2,28
Threonine	3,20	3,45	3,31	2,55
Tyrosine	2,91	3,05	3,14	2,17
Valine	4,96	4,40	4,71	3,49
True protein	66,32	68,29	67,75	52,77

*Any tryptophan present would be destroyed by the acid hydrolysis.*

Figuur 6: Essentiële aminozuren in eiwit, soja en kroos, en de aminozuurverdeling in eiwitconcentraat uit kroos.

De hoeveelheid eiwit per ha kroos is echter aanzienlijk groter dan die van soja. In onderstaande tabel is een overzicht gegeven van de opbrengst per ha, waarbij kroos is vergeleken met soja, gras en maïs. Per ha is de opbrengst voor kroos 2 à 3 keer zo hoog.

Plantensoort	Opbrengst per ha	Ruw eiwit	Relatieve eiwitproductie
	ton ds/jaar	% droog gewicht	ton eiwit/ha
Kroos (binnenteelt)	25	30	7,5
Kroos (buitenteelt)	15	30	4,5
Gras	10	20	2,0
Sojaboon	4	35	1,4
Maïskorrel	9	10	0,9

Tabel 5: Eiwitproductie van diverse gewassen.

Maïs wordt op dit ogenblik door rundveehouders en varkenshouders geteeld, en zowel aan rundvee als aan varkens gevoerd. Sinds 2010 is er bij het Application Centre for Renewable Resources (ACRRES) in Lelystad een proefinstallatie opgestart van Byosense (gebaseerd op door Wageningen UR en Byosis gepatenteerde technologie, zie tekstkader).

De eiwitkwaliteit van maïs is bescheiden, omdat er relatief weinig essentiële aminozuren in voorkomen. Bij gebrek aan een essentieel aminozuur kan een eiwit niet meer gemaakt worden, ook al zijn er ruime hoeveelheden andere aminozuren aanwezig. Daardoor leidt voeding van maïseiwit aan varkens juist tot meer stikstof in de mest dan indien we varkens met (een kleinere hoeveelheid) hoogwaardig graseiwit voeren. Voor rundvee maakt het niet uit of ze met (onbestendig) graseiwit dan wel maïseiwit gevoerd worden. Dus het maïseiwit is beter bruikbaar voor rundvee.

Maïszetmeel is voor varkens slechts deels te benutten als energiebron. Wanneer maïs geraffineerd wordt om het eiwit eruit te halen, kan het zetmeel vervolgens worden ontsloten met een simpele verwarmingsstap. Hierdoor kunnen varkens dit veel beter benutten. Praktijktesten met op deze wijze samengestelde rantsoenen zijn gewenst. Ook hier leidt bioraffinage dus tot een efficiënter gebruik van de voedercomponenten omdat het eiwit aan runderen en het zetmeel aan varkens kan worden gevoerd. Ten slotte kan ook bij maïsraffinage fosfaat worden gewonnen en als meststof worden gebruikt, waardoor de fosfaatbalans op bedrijfsniveau verbetert.

#### **Raffinage van maïs**

*Naast gras wordt er ook geëxperimenteerd met het raffineren van maïs. Anders dan gebruikelijk bij snijmaïs of de toepassing in biogasinstallaties, worden korrels en de rest van de plant gescheiden geogst. Stengels en bladeren vormen ongeveer de helft van de opbrengst en bestaan voor tachtig procent uit vezel. Dit is – mits ingekuild – bruikbaar als ruwvoer maar kan ook, eventueel na een chemische ontsluiting, worden toegepast in biogas installaties. De maïskorrels bevatten koolhydraten (vooral zetmeel), eiwitten en vetten, plus vezels en mineralen. Een groot deel van het zetmeel en eiwit wordt na ontsluiting afgescheiden en na raffinage gebruikt als grondstof voor varkensvoer. De rest van het zetmeel wordt gefermenteerd tot alcohol. De maïsolie komt daarbij op het 'bier' te drijven en kan worden afgefiltreerd en gebruikt in de humane voeding. Het 'bier' uit de fermentatie (7-8% alcohol) wordt gedestilleerd tot 60% alcohol. De overblijvende waterige vloeistof bevat kalium en fosfaat en andere plantencomponenten die via een biogasfermentatieproces weer als bemesting naar de akker worden gevoerd. Deze vorm van bioraffinage kan waarschijnlijk het gemakkelijkste worden gerealiseerd naast een biogasinstallatie omdat dan alle reststromen via de biogas fermentatie kunnen worden benut. Ook de restwarmte die vrijkomt bij de omzetting van biogas naar elektriciteit kan nuttig ingezet worden voor de destillatie van de alcohol. De biogas exploitant die varkens of runderen houdt kan de veevoeder componenten zelf opnemen. De maïs raffinage biedt als kans om het eiwit voor runderen te reserveren omdat maïs eiwit voor varkens een beperkte waarde heeft en juist het zetmeel aan varkens te voeren. Runderen kunnen met minder energie grondstoffen toe wanneer zij grotere hoeveelheden bestendig eiwit krijgen en ook indien de grasvezels beter verteerbaar gemaakt kunnen worden. Waarschijnlijk kan hij middels een afname garantie door een alcohol producent verzekerd worden van het kunnen afzetten van het alcohol product uit zijn proces.*

## 9. Perspectief op nationaal niveau

In het voorgaande zijn de perspectieven van bioraffinage van gras op perceels-, dier- en bedrijfsniveau aangegeven. Vanuit de eerder geschetste geopolitieke en milieucontext luidt de vraag of Nederland op deze wijze kan voorzien in de eigen behoefte aan eiwitrijk veevoer ter vervanging van geïmporteerde soja.

Jaarlijks consumeren de Nederlandse varkens en runderen ruim 21 miljoen ton ds aan veevoer. Het grootste deel wordt aan runderen gevoerd, vooral ruwvoer (gras en maïs). In totaal is dat 11,7 miljoen ton. Varkens aten in 2012 ruim 5,4 miljoen ton krachtvoer. Rundvee (inclusief schapen en geiten) ontving daarnaast 2,2 miljoen ton standaard eiwitarm voer, 0,8 miljoen ton eiwitrijk voer, 0,3 miljoen ton vleesveevoer en 0,5 miljoen ton vochtrijk krachtvoer. Tezamen is dat circa 4 miljoen ton. De productie van ruwvoer voor grazers bedroeg in 2012 (in ds) 6,0 miljoen ton graskuil en hooi, 2,3 miljoen ton weidegras en 3,6 miljoen ton snijmaïskuil. In totaal is dat 11,9 miljoen ton ruwvoer voor 4 miljoen dieren. Afgezien van inkuilen (kuilvoer) of drogen (hooi) ondergaan deze grondstoffen geen bewerking en worden dus 'rauw' gevoerd.

Heel anders ligt dit bij varkens, die geen gras of hooi eten. Producten zoals tarwe (10%), maïs (20%) en cassave (20%) worden aangevuld met eiwitrijke producten zoals sojaschroot/bonen (12%), koolraapschroot (12%), palmpit (3%) en zonnebloemschroot. Het totaal aan als veevoer gebruikte sojaschroot en sojaschillen bedroeg volgens het LEI en FEFAC in 2012 circa 722.000 ton per jaar. Maïs en koolzaad worden deels in Nederland geteeld. Soja, palmpitten, zonnebloempitten, cassave en een deel van het graan en koolzaad worden geïmporteerd. Van eigen bodem ten slotte komen naast 1,5 miljoen ton graan, ook nog een kleine 3 miljoen ton aan (rest)stromen zoals bierbostel, bietenpulp, weipoeder en peulvruchten. Ook deze grondstoffen voor veevoer ondergaan nauwelijks enige bewerking voordat ze als krachtvoer aan koeien of als mengvoer aan varkens worden gevoerd. Wel worden er vitamines en mineralen aan toegevoegd, worden ze gemalen en gemengd, en worden er hapklare brokken of brijvoer van gemaakt.

Er zijn beperkingen aan de mogelijkheden van bioraffinage. Om te beginnen moeten we vaststellen dat we niet alle in Nederland geteelde gras en maïs kunnen raffineren. Koeien hebben van nature behoefte aan ruwvoer, aan 'prik in de pens', anders raakt hun verteringsproces verstoord. Omdat koeien veel ruwvoer nodig hebben, gaan we ervan uit dat slechts een kwart van alle ruwvoer kan worden geraffineerd. Met 6,0 miljoen ton graskuil en hooi en 2,3 miljoen ton weidegras gaat het om 25% van 8,3 miljoen ton gras waarin 20% eiwit zit. Dit levert voor Nederland dus 417.000 ton eiwit op. Voor 3,5 miljoen ton snijmaïs waarin 10% eiwit zit, komt dat neer op een potentieel van 89.000 ton eiwit dat via raffinage kan worden verkregen. Alles bij elkaar levert het raffineren van binnenlands geteeld gras en maïs dus ongeveer 0,5 miljoen ton deels hoogwaardig eiwit op. Dit

komt in de buurt van de hoeveelheid eiwit die nu in de vorm van sojaschroot wordt gebruikt als veevoergrondstof. De 1 miljoen ton sojaschroot/schillen die jaarlijks wordt gebruikt voor de grazers en de varkens, bevat namelijk 44 tot 50% eiwit, wat neerkomt op 0,5 miljoen ton eiwit. Daarnaast wordt er ook raapschroot, palmpitschroot en zonnebloemschroot in aanzienlijke hoeveelheden bijgemengd. Een overzicht van beschikbare diervoedergrondstoffen in Nederland (2011) geeft de hoeveelheid granen, graanproducten, veekeuken met hun schroot/schilfersamenstelling aan, naast overige producten zoals melasse en bietenpulp. Het gaat om 1,9 miljoen ton binnenlands gekweekte producten. Uitgaande van een gemiddeld eiwitgehalte van ongeveer 25 procent voor deze puur binnenlandse grondstoffen, leveren die bij raffinage ook nog eens 475.000 ton eiwit. Deze eiwitten komen zonder raffinage met een redelijk hoog percentage beschikbaar. Bioraffinage helpt om het percentage nog wat hoger te krijgen, maar helpt vooral om de negatieve componenten te verlagen en daarmee de benutting van het eiwit te verhogen. Denk aan het verwijderen van giftige stoffen, kalium, fosfor, C5-suikers.

Bovenstaande berekening gaat uit van maximaal 20% eiwit in gras en 10% eiwit in maïs. De opbrengst is berekend via de gegevens van het CBS en dus gebaseerd op cijfers uit het verleden. In de toekomst kan sprake zijn van een verandering. Het eiwitgehalte in gras nam geleidelijk af en zat in 2013 gemiddeld voor heel Nederland op 19,3%. De opbrengst van grasland in Nederland varieerde van 7 tot 14 ton droge stof opbrengst per ha. Bij de berekening van de hoeveelheid eiwit per ha is uitgegaan van een droge stof opbrengst van 8,3 ton per ha. In de meer productieve weidegebieden in ons land worden soms opbrengsten gehaald tot 14 ton per ha. In dat geval is de opbrengst van eiwit dus significant groter. Echter, indien door milieuwetgeving de mestgift verder aan banden wordt gelegd, zou de grasopbrengst lager kunnen worden dan waarmee nu gerekend is. In dat geval zou door extra bemesting en/of het inzaaien van klaver tussen het gras, stikstof gebonden moeten worden uit de atmosfeer. Evenzo geldt dat wanneer we de mest gelijkmatiger verdeeld over de weide uitrijden dan momenteel gebeurt bij beweiding en we ook vaker uitrijden, dat er dan minder meststoffen zullen uitspoelen en minder ammoniak naar de atmosfeer verdwijnt. De Kringloopwijzer zou uitkomst kunnen bieden voor de netto stikstofgift, zodat deze binnen de norm blijft.

Raffinage van veevoer maakt niet alleen eiwitten vrij, maar ook fosfor. Jaarlijks wordt met het gras ongeveer 100 kilogram fosfor per hectare afgevoerd. Met grasraffinage kunnen we globaal 75 kg per ha van het fosfor terugwinnen, bijvoorbeeld in de vorm van struviet of calciumfosfaat. De hoeveelheid fosfor die in oplosbare vorm verkeert is hierbij bepalend. Als we ervan uitgaan dat we het gras van een kwart van het totale Nederlandse areaal – namelijk circa 250.000 ha – kunnen raffineren, dan levert dit jaarlijks na fosforwinning een kleine 18,7 miljoen kilo fosfor op. Het fosfaatoverschot wordt in 2015 op 50-60 miljoen kilo geschat, dus 18,7 miljoen kg is een derde daarvan. Alles bij elkaar kunnen we concluderen dat raffineren van 25% veevoer en de keuze voor



fosforarme grondstoffen, het fosfaatoverschot – en daarmee het mestoverschot – beduidend verlaagt.

Het raffineren van grondstoffen voor veevoer die binnen de landsgrenzen zijn geproduceerd biedt in potentie een aantal interessante voordelen. Het levert werkgelegenheid op en het maakt de import van omstreden grondstoffen zoals sojaschroot (deels) overbodig. Het verlaagt bovendien het mestoverschot en levert grondstoffen op voor de 'bio-based economy'. De ontwikkeling van bioraffinaderijen voor gras, maïs en andere grondstoffen versterkt de reputatie van Nederland als kraamkamer van nieuwe technieken en concepten voor de voedselvoorziening. Ten slotte kan dit concept van raffinage van veevoer een interessant exportproduct zijn. Voor varkens- en pluimveehouders betekent raffinage dat het voer optimaal kan worden afgestemd op de behoeften van het dier. Voor de melkveehouder biedt het raffineren van gras en maïs mogelijkheden om met minder uitstoot van mineralen de melkproductie gelijk te houden.

## 10. Slotbeschouwing

Het raffineren van voer maakt een uitruil mogelijk van voedingsstoffen tussen runderen en varkens, om zo de benutting hiervan te verbeteren. Eiwitten en aminozuren worden via raffinage afgescheiden en aan varkens gegeven. Tegelijkertijd maken we grasvezels beter verteerbaar voor runderen, zodat deze minder maïszetmeel nodig hebben. Dit zetmeel dient als voer voor de varkens. Op deze manier kan een veel groter deel van het varkensvoer uit binnenlandse gewassen worden verkregen. Bij de verdere ontwikkeling van raffinage van veevoer doen zich enkele vragen en mogelijke belemmeringen voor waarmee vanaf het begin van het ontwikkelingstraject rekening moet worden gehouden.

### Beleid en wetgeving

Om te beginnen zijn beleid en wetgeving nog niet ingericht op zelfvoorziening door het efficiënter benutten van gras en maïs met behulp van bioraffinage. Uit het voorgaande blijkt bijvoorbeeld dat een hogere grasopbrengst per hectare nodig is. Om deze hogere grasopbrengsten te behalen moeten we bij verdere invoering van de grasbioraffinage klaver inzaaien zodat stikstof uit de lucht wordt gebonden (Kansen voor koeien, Jos de Kleijne [11]). En wellicht moeten we ook een hogere stikstofgift toestaan dan momenteel wettelijk is geregeld. Dit zal voor de grondwater kwaliteit geen probleem zijn omdat een groot deel van de stikstof als eiwitbron van de akker/ weiland wordt afgevoerd. Roterende bouwplannen tussen akkerbouwers en melkveehouders kunnen hier uitkomst brengen om de emissies naar het milieu te beperken. In veenweidegebieden, die zo'n 30% van ons grasland areaal uitmaken, vinden we in het najaar een forse nalevering van stikstof uit de bodem waardoor eiwit concentraties in gras tot wel 25% hoger worden dan in het gras van andere gebieden.

### Agronomische overwegingen

Experimenten laten zien dat een varken ook goed en gezond groeit als het minder maar beter verteerbaar voer krijgt. In plaats van 250 kilo kan het dier dan toe met 190 kilo voer (droge stof). Maïseiwit heeft lage essentiële aminozuurgehalten, maar soja en ook graseiwit zijn goed met elkaar vergelijkbaar. Met de verbetering van de aminozuursamenstelling daalt ook de eiwitbehoefte (en daarmee de hoeveelheid stikstof) met zo'n 20 procent. Voor runderen geldt iets vergelijkbaars. Het eiwit in gras wordt door de herkauwende runderen niet optimaal benut, onder meer omdat circa 10% van de grascellen ongeopend het dier via de mest verlaat. Raffinage van het eiwit maakt het mogelijk om soja-eiwit te vervangen, zowel in rundvee- als in varkensvoer. Bovendien kunnen runderen met minder eiwit (in casu stikstof) toe dan ze nu via ruwvoer en krachtvoer binnenkrijgen. Door ook de verteerbaarheid van het krachtvoer te verbeteren, kan de eiwitbehoefte (en daarmee ook de hoeveelheid stikstof) dalen met 30-40%.

### **Werkgelegenheid en economische voorsprong**

Het raffineren van voer leidt ook tot nieuwe werkgelegenheid. Voor maïsraffinage zijn kleinschalige fabrieken nodig; er schuilt hier ook een logistieke uitdaging om de natte stromen als varkensvoer bij de bedrijven te krijgen. Grasraffinage kan ook plaatsvinden in mobiele installaties bij de boer. Dergelijke kleinschalige installaties hebben het grote voordeel dat mineralen uit de geoogste gewassen direct en zonder wettelijke beperkingen als meststof kunnen worden teruggebracht naar het land.

### **Acceptatie**

De acceptatie van raffinage van ruwvoer is niet vanzelfsprekend. Om te beginnen is er weerstand te verwachten van de huidige leveranciers van eiwitten, de *crushers* die geïmporteerde sojabonen, raapzaad en zonnebloem- en palmboompitten omzetten in olie en eiwitschroot. Zij zien de markt krimpen voor een van hun belangrijkste producten. Met het loslaten van het melkquotum zullen er rundveeboeren zijn die niet zonder uitvoerige onderbouwing gras beschikbaar willen maken voor bioraffinage ook al leidt bioraffinage tot een betere benutting. Er moeten demonstratieprojecten worden georganiseerd om deze cirkel te doorbreken. Een drempel voor maatschappelijke acceptatie kan zijn dat bioraffinage van gras en maïs als 'onnatuurlijk' wordt beschouwd. De vorming van lokale coöperaties van bedrijven die samen de installaties voor raffinage en vergisting exploiteren, zou bovendien de indruk kunnen wekken dat er sprake is van verdergaande machtsconcentratie en industrialisering van de veehouderij. Coöperaties zijn er in alle soorten en maten, ook steeds meer buiten de landbouw. De landbouw is er groot mee geworden. Bij de communicatie moet hierop worden ingespeeld.

### **Kwaliteitssysteem**

De veevoederindustrie is een belangrijke bedrijfstak. Als daar iets misgaat, zijn de gevolgen niet te overzien. Kwaliteitscontrole- en vergunningssystemen zijn nodig om de raffinage en de verdere verwerking onder controle te houden.

### **Coöperatie**

Om transport van water te voorkomen, moet bioraffinage zo dicht mogelijk bij het veld gebeuren. Echter, voor een rendabele bedrijfsvoering moeten de installaties een minimale capaciteit hebben. Deze is groter dan het volume aan producten dat het gemiddelde boerenbedrijf kan aanleveren. Ook de investeringskosten overstijgen vermoedelijk de financiële draagkracht van een enkel bedrijf. De voor de hand liggende oplossing is dat een aantal bedrijven samen investeert in bioraffinage volgens het coöperatieve model dan wel dat dit in loonwerk wordt uitgevoerd. Een coöperatie telt diverse onderdelen die optimaal op elkaar afgestemd moeten worden om een zo goed mogelijk resultaat te behalen, zowel uit economisch als uit milieuoogpunt. Investering en uitvoering door een loonwerker is eveneens een interessante optie. Hiervoor is samenwerking

tussen de boeren en de veevoederindustrie noodzakelijk. De afnemers zoals de varkensboeren kopen in dit model het voer van de veevoederindustrie, die voor voldoende volume, leveringszekerheid en kwaliteit moet zorgdragen.

## 11. Referenties

- [1] Planbureau voor de Leefomgeving: <http://www.pbl.nl/onderwerpen/landbouw>
- [2] Hoste, R. *Sojaverbruik in de Nederlandse diervoederindustrie, 2011-2013*. September 2014.
- [3] Wettelijke normen voor het gebruik van meststoffen:  
<http://www.compendiumvoordeleefomgeving.nl/indicatoren/nlo400-Wettelijke-normen-meststoffen.html?i=11-60>
- [4] Uitvoeringsagenda duurzame veehouderij:  
<http://www.uitvoeringsagendaduurzameveehouderij.nl/werken-aan-verduurzaming/versnellingsprojecten/raffinage-van-mest/>
- [5] De mestkeldervloer als warmtebron: <http://www.kodi.nl/diensten/warmtepomp-systemen/bronsystemen/mestkelder/>
- [6] Van Oostrum, M. en R. Gerritsen. *The use of grass protein concentrates in weaned piglets*, rapport 1167, 2012.
- [7] Wageningen UR Livestock Research Januari 2010 "*Effect van fosforverlaging in melkveeantsoenen en varkensvoerders op fosfaatexcretie via de mest*" (WUR, 2010).
- [8] Dijkstra, J., C.K. Reynolds, E. Kebreab, A. Bannink, J.L. Ellis, J. France en A.M. van Vuuren. *Challenges in ruminant nutrition: towards minimal nitrogen losses in cattle*. EAAP 134, 2013, Springer.
- [8a] Hoving cs [8]. *Effluent polishing met kroos*, 2011 en 2012.
- [9] .Jongbloed et al. *Vermindering van uitscheiding stikstof en mineralen*, FOMA-congres 1994.
- [10] "*Meer waarde halen uit gras en gewas, Ervaringen demonstratie week kleinschalige bioraffinage De Peel*", 8-12 september 2014. Definitief rapport 3846-101-100 van 12 december 2014 ([http://grassa.nl/wp-content/uploads/2014/09/Bijlagen-rapport\\_Evaluatie-rapport-Demonstratie-project-Bioraffinage-De-Peel-presentatie-1-5.pdf](http://grassa.nl/wp-content/uploads/2014/09/Bijlagen-rapport_Evaluatie-rapport-Demonstratie-project-Bioraffinage-De-Peel-presentatie-1-5.pdf))
- [11] Wagener, M en B. Aarts. "*De kringloopwijzer en Grassa!-raffinage*", 26 april 2015.

[12] Klop, A. cs. *Grasraffinage en gebruik van grasvezel in de rundveevoeding*. Live Stock research Wageningen, 2015.

[13] Aarts c.s. *Bemesting en opbrengst van productiegrasland in Nederland*, mei 2005.

[14] <https://www.verantwoordeveehouderij.nl/nl/Home/sectoren/rundvee/Jos-en-Margret-de-Kleijne-9.htm>

[15] Handboek snijmais WUR Wageningen; Handboek\_Snijmais\_december\_2014\_-\_12-\_Voeding%20(2).pdf

[16] Vahl, H, *Alternatieven voor Zuid-Amerikaanse soja in veevoer*, maart 2009.

[17] Derksen, H, *Eendenkroos als nieuw eiwit- en zetmeelgewas 2010 – Haalbaarheidsstudie ORAS* ([http://www.veenweidegebieden-oras.nl/Upload/Perspectieven%20voor%20teelt%20van%20eendenkroos\\_Derksen.pdf](http://www.veenweidegebieden-oras.nl/Upload/Perspectieven%20voor%20teelt%20van%20eendenkroos_Derksen.pdf))

[18] Toride, Y., 2002. *Lysine and other amino acids for feed production and contribution to protein utilization in animal feeding*. In: Protein Sources for the Animal Feed Industry, Expert Consultation and Workshop Bangkok, 29 April-3 May 2002, FAO-proceedings, 2004, Rome.

[19] <http://www.orffa.com/site/latest-news-orffa-reducing-crude-protein-varkensbedrijf-juli-2012>

[20] [http://www.innoseeds.nl/upload/veeteelt\\_mrt2014.pdf](http://www.innoseeds.nl/upload/veeteelt_mrt2014.pdf)

[21] van der Bijl, Solidaridad 8 juli 2011 (<http://www.duurzaamboerblijven.nl/krachtvoer/>)

[22] Annevelink, B en P. Harmsen: Naar een optimale verwaarding van biomassa (<http://www.groenegrondstoffen.nl/downloads/Boekjes/10Bioraffinage.pdf>)

[23] Grassa: meer waarde uit gras (<http://www.coebbe.nl/uploads/files/53b11993b8873.pdf>)

[24] Ingels, K D. Fremaut en L. Martens Alternatieve eiwitbronnen in de voeding van vleesvarkens; Universiteit van Gent December 2013 ([http://www.varkensloket.be/Portals/63/Documents/Alternatieve\\_eiwitbronnen.pdf](http://www.varkensloket.be/Portals/63/Documents/Alternatieve_eiwitbronnen.pdf))

[25] <http://grassa.nl/wp-content/uploads/2014/09/Evaluatie-rapport-Demonstratie-project-Bioraffinage-De-Peel-eind-rapport.pdf>

[26] Lensink, S c.s. *Verkenning van biomassamarkten en hernieuwbare-energiebeleid*. ECN, juni 2014. (<http://www.biobasedeconomy.nl/wp-content/uploads/2014/07/ECN-Verkenning-biomassamarkten.pdf>)

[27] Koopmans, S. *Grassa! Meerwaarde uit gras*. <http://www.flevoland.nl/wat-doen-we/economie-en-werkgelegenhe/biobased-economy/werkconferentie-innovatie/Presentaties-inspiratiesessie-1-raffinage-en-vierkantsverwaarding.pdf>

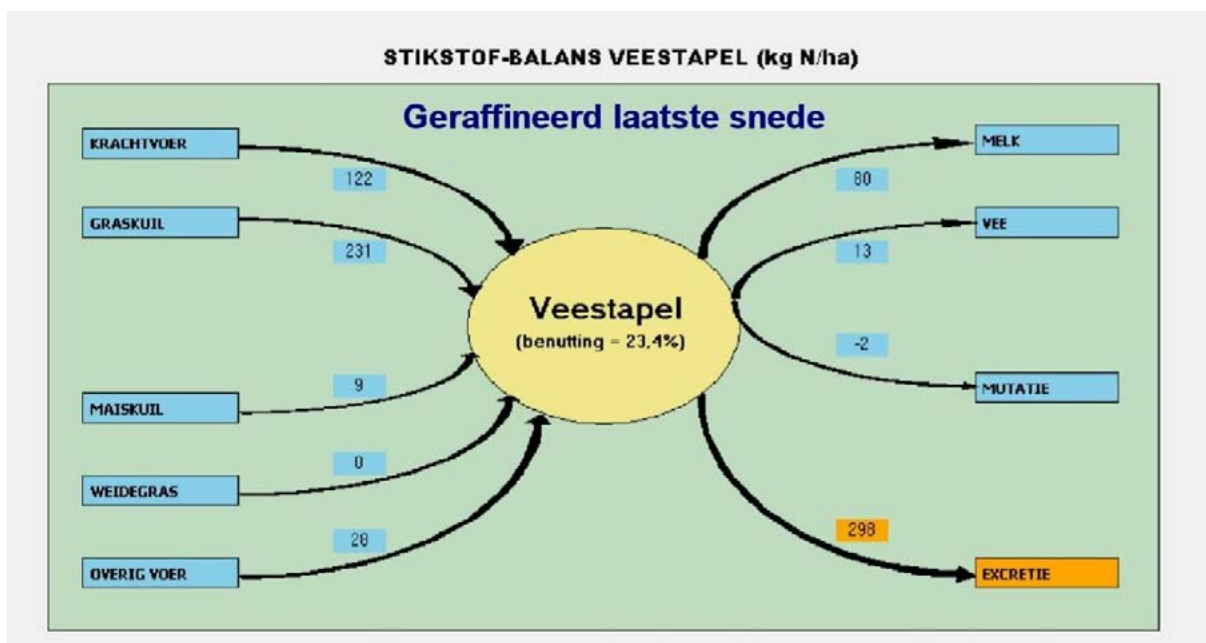
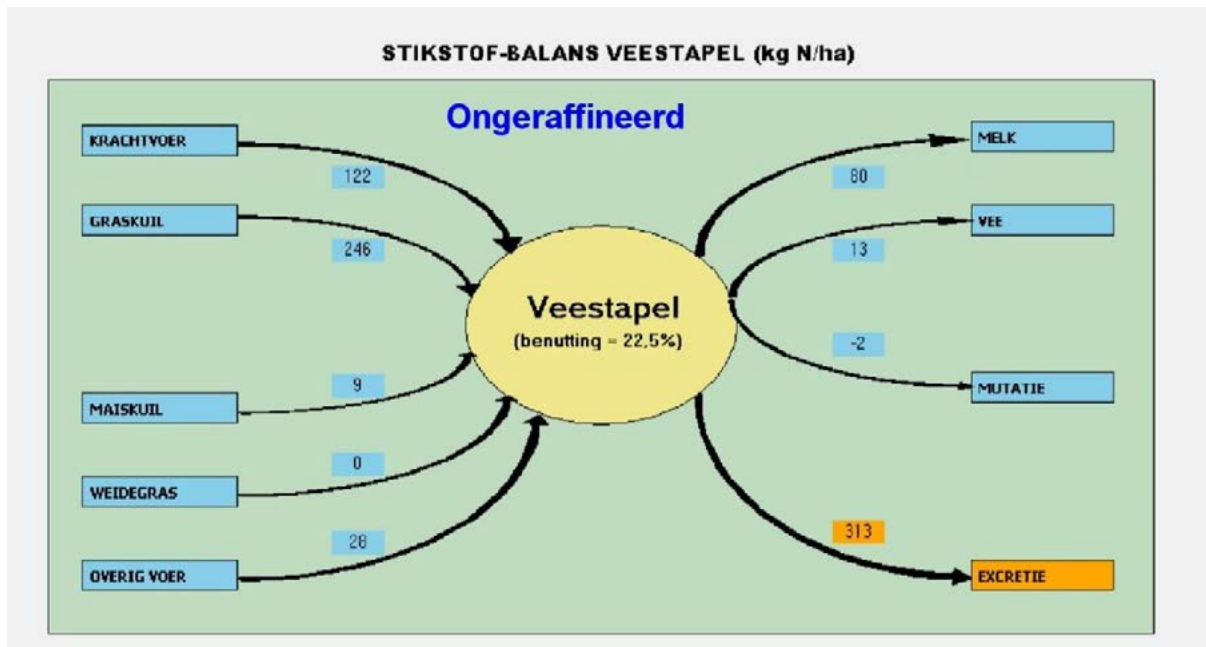
[28] Sebek, L en E. Temme *De humane eiwitbehoefte en eiwitconsumptie en de omzetting van plantaardig eiwit naar dierlijk eiwit* ([http://www.foodlog.nl/images/uploads/edepotlink\\_t4a421231\\_001.pdf](http://www.foodlog.nl/images/uploads/edepotlink_t4a421231_001.pdf))

[29] de Boer, H en M van Krimpen: *Vervanging van Zuid-Amerikaanse soja in mengvoer door Europese eiwitbronnen: effect op carbon footprint* ([http://www.wageningenur.nl/upload\\_mm/8/5/d/7ece4c7b-35ab-49c6-80f5-db50253023f9\\_Herman%20de%20Boer\\_CFP%20grondstoffen\\_27-05-2014.pdf](http://www.wageningenur.nl/upload_mm/8/5/d/7ece4c7b-35ab-49c6-80f5-db50253023f9_Herman%20de%20Boer_CFP%20grondstoffen_27-05-2014.pdf))

[30] van Gelder, J en A. Herder: *Soja barometer 2012. Een onderzoek voor de Nederlandse Sojacoalitie* (<https://milieudefensie.nl/publicaties/rapporten/achtergrondrapport-sojabarometer-2012>)

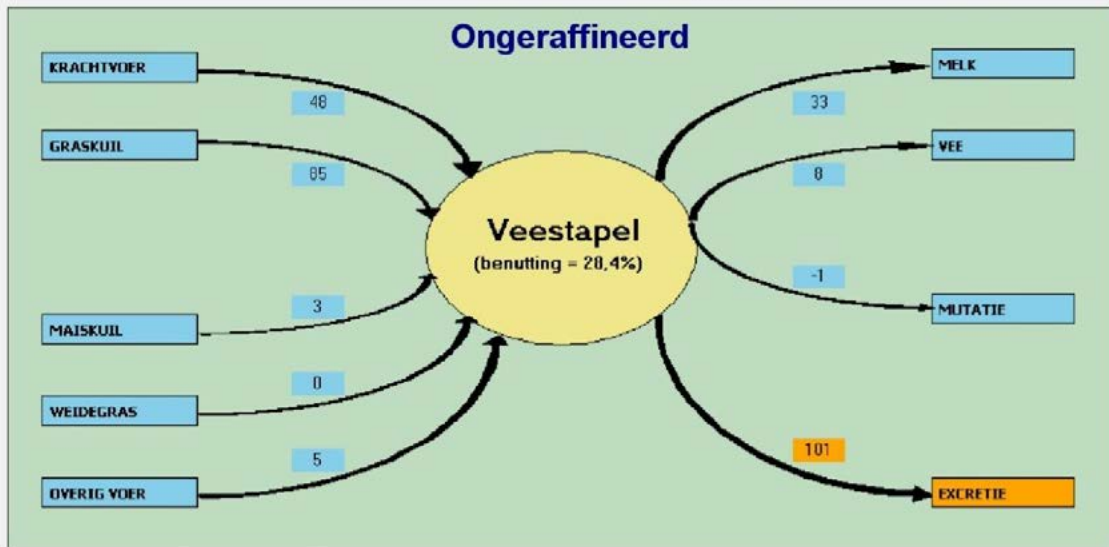
# Bijlage 1

Stikstofbalans en fosfaatbalans zonder grasraffinage en na raffinage van de vierde snede (Noordelijk bedrijf)

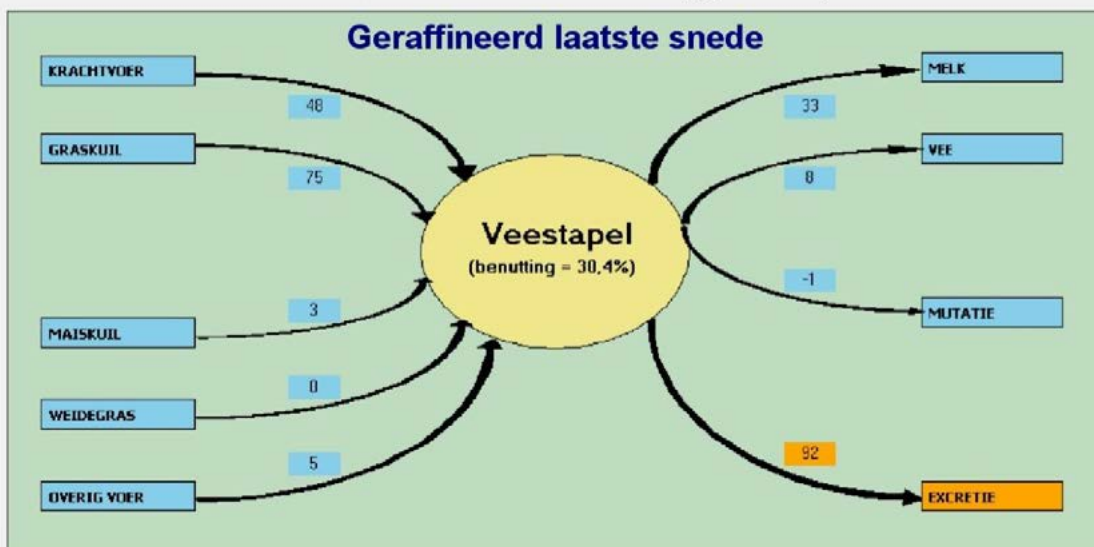




FOSFAAT-BALANS VEESTAPEL (kg P205/ha)

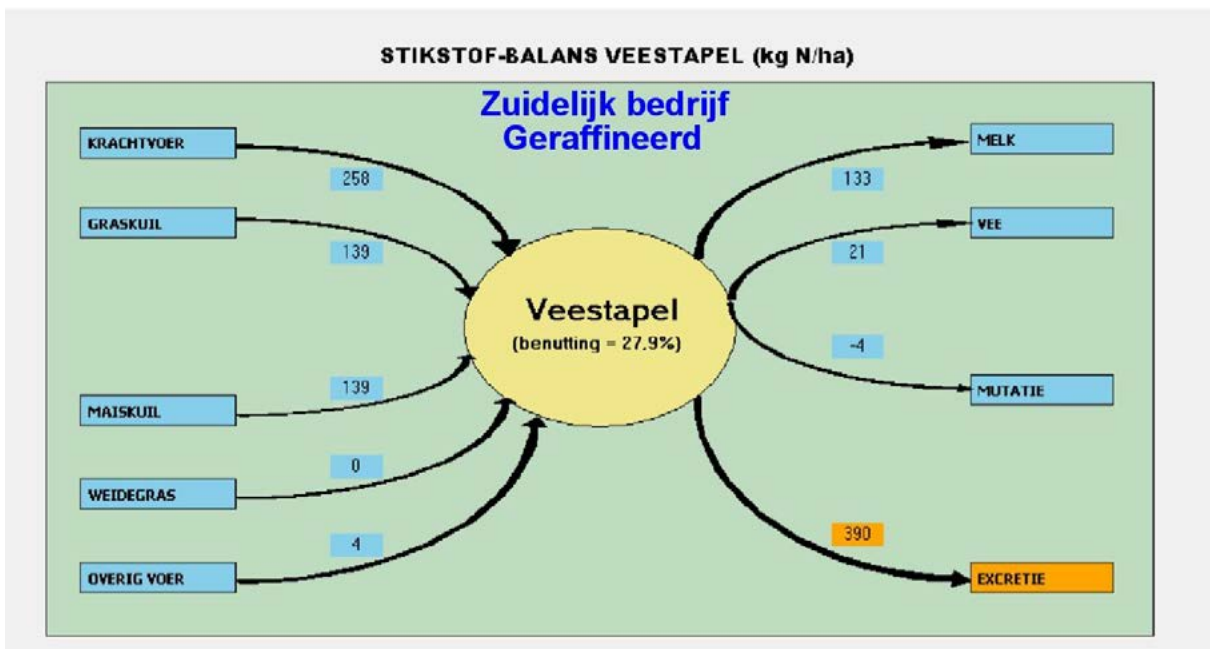
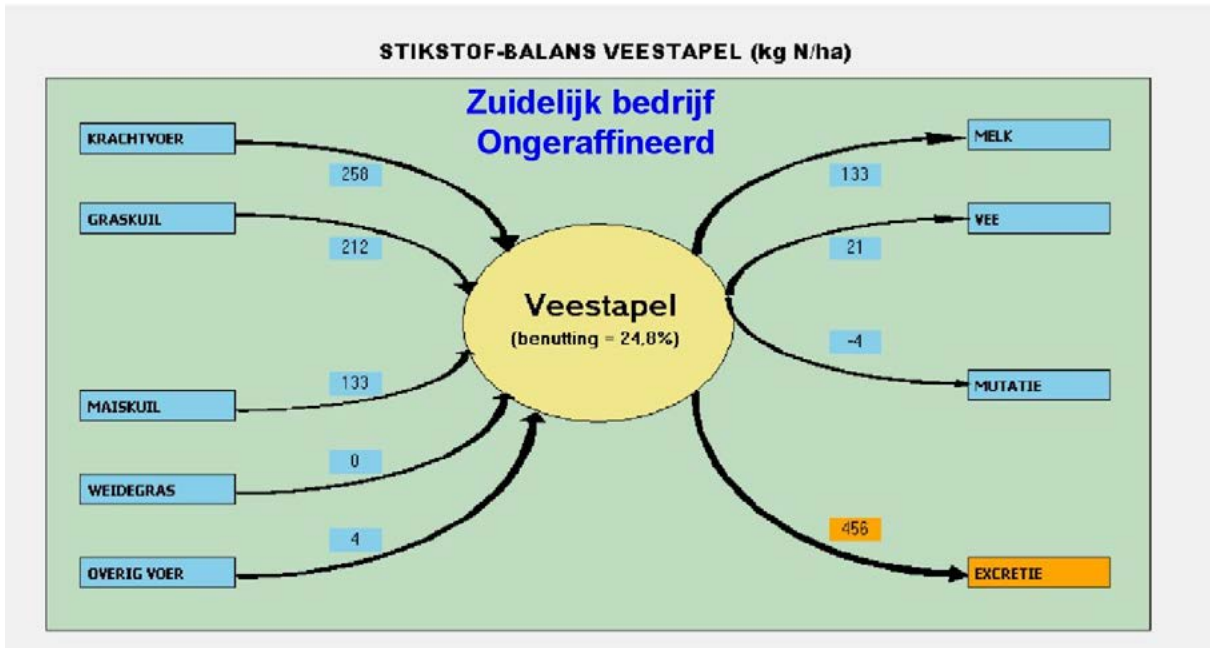


FOSFAAT-BALANS VEESTAPEL (kg P205/ha)

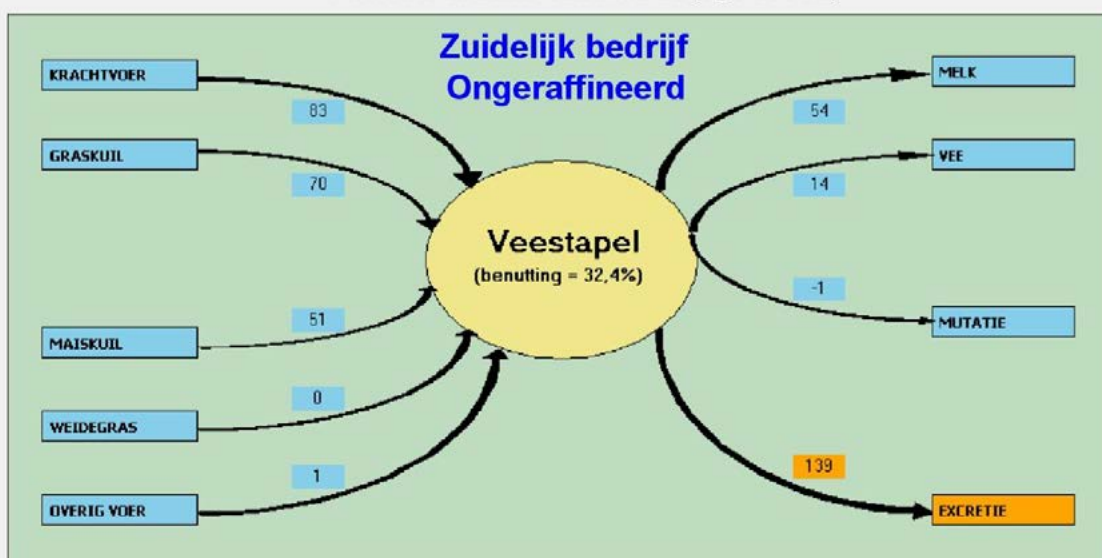


## Bijlage 2

Stikstofbalans en fosfaatbalans voor het bedrijf Asten-Heusden: zonder grasraffinage en na raffinage van de vierde snede (Zuidelijk bedrijf)



FOSFAAT-BALANS VEESTAPEL (kg P205/ha)



FOSFAAT-BALANS VEESTAPEL (kg P205/ha)

