

# Nulmeting Peulvruchten

*Inzicht in milieueffecten en nutritionele aspecten van peulvruchten*

Bron afbeelding: [www.turksesupermarkt.nl](http://www.turksesupermarkt.nl)

**Roline Broekema**

(Blonk Milieu Advies –  
milieueffecten)

**Erika Smale**

(Productschap Akkerbouw –  
nutritionele aspecten)

December 2011

Versie D1.4

© 2011 Gouda, Blonk Milieu Advies BV.

All rights reserved. No part of this publication may be reproduced, stored in a retrieval system or transmitted in any form or by any means, electronic, mechanical or photocopying, recording, or otherwise without the prior permission of the publisher.

**Blonk Milieu Advies BV**

Gravin Beatrixstraat 34

2805 PJ Gouda

The Netherlands

Telephone: 0031 (0)182 579970

Email: [info@blonkmilieuadvies.nl](mailto:info@blonkmilieuadvies.nl)

Internet: [www.blonkmilieuadvies.nl](http://www.blonkmilieuadvies.nl)

*Dit onderzoek is uitgevoerd in opdracht van Productschap Akkerbouw, met financiële ondersteuning van het ministerie van Economische zaken, Landbouw en Innovatie en de Stuurgroep Landbouw Innovatie Brabant.*

*Blonk Milieu Advies ondersteunt bedrijfsleven, overbeden en maatschappelijke organisaties in hun streven naar duurzaamheid in de agro- en foodketen. Onafhankelijk onderzoek vormt de basis van waaruit we helder en toegesneden advies geven. Voor meer informatie zie [www.blonkmilieuadvies.nl](http://www.blonkmilieuadvies.nl).*

# Nulmeting Peulvruchten

*Inzicht in milieueffecten en nutritionele  
aspecten van peulvruchten*

Roline Broekema

(Blonk Milieu Advies –  
milieueffecten)

Erika Smale

(Productschap Akkerbouw  
– nutritionele aspecten)

December 2011



# Inhoudsopgave

<b>1</b>	<b>Inleiding</b>	<b>2</b>
1.1	Aanleiding	2
1.2	Doelstelling	2
<b>2</b>	<b>Methodiek milieuanalyse</b>	<b>4</b>
2.1	Systeemafbakening	4
2.2	Functionele eenheid (referentie hoeveelheid)	4
2.3	In beschouwing genomen milieueffecten	5
2.3.1	Allocatie	6
2.3.2	Dataverzameling	7
<b>3</b>	<b>Nutritionele aspecten van de consumptie van peulvruchten</b>	<b>8</b>
3.1	Peulvruchten	8
3.2	De peulvrucht in onze voeding	8
3.3	Voedingsstoffen in peulvruchten	9
3.3.1	Eiwitten en essentiële aminozuren	9
3.3.2	Vetten	10
3.3.3	Koolhydraten	10
3.3.4	Voedingsvezels	11
3.3.5	Vitamines, mineralen en andere bioactieve stoffen	11
3.4	Peulvruchten en gezondheidsbevorderende aspecten	12
<b>4</b>	<b>Teelt van peulvruchten</b>	<b>14</b>
4.1	Inleiding	14
4.2	Landen van herkomst	14
4.3	Verse teelt	14
4.3.1	Erwten	15
4.3.2	Tuinbonen	15
4.4	Droge teelt	15
4.4.1	Erwten	15
4.4.2	Veldbonen	15
4.4.3	Hollandse bruine bonen	16
4.4.4	Kikkererwten	16
4.4.5	Linzen	16
4.4.6	Sojabonen	16
4.4.7	Lupine	17
<b>5</b>	<b>Verwerking van peulvruchten</b>	<b>18</b>
5.1	Inleiding	18

5.2	Verwerking tot conserven.....	18
5.3	Verwerking tot meel .....	19
5.3.1	Meel van erwten.....	19
5.3.2	Meel van veldbonen.....	19
5.3.3	Meel van sojabonen.....	19
5.3.4	Meel van lupine.....	20
5.4	Verwerking tot eiwitconcentraat.....	20
5.4.1	Eiwitconcentraat van erwten .....	20
5.4.2	Eiwitconcentraat van sojabonen .....	20
5.4.3	Eiwitconcentraat van lupine .....	21
5.5	Verwerking tot eiwit-isolaat.....	21
5.5.1	Eiwit-isolaat van erwten .....	21
5.5.2	Eiwit-isolaat van sojabonen .....	22
<b>6</b>	<b>Resultaten .....</b>	<b>24</b>
6.1	Inleiding.....	24
6.2	Broeikaseffect .....	24
6.2.1	teeltfase.....	24
6.2.2	Conserven .....	25
6.2.3	Meel, eiwitconcentraat en eiwit-isolaat.....	26
6.3	Landgebruik .....	27
6.3.1	Conserven .....	28
6.3.2	Meel, eiwitconcentraat en eiwit-isolaat.....	28
6.4	Fossiel energiegebruik .....	29
6.4.1	Conserven .....	29
6.4.2	Meel, eiwitconcentraat en eiwit-isolaat.....	30
6.5	Gewasbescherming .....	31
<b>7</b>	<b>Conclusie en Discussie .....</b>	<b>34</b>
7.1	Per ton product .....	34
7.1.1	Broeikasgasemissie .....	34
7.1.2	Landgebruik.....	34
7.1.3	Fossiel energiegebruik.....	35
7.2	Per ton eiwit.....	35
7.3	Gewasbeschermingsmiddelen .....	35
7.4	Onzekerheden in de resultaten .....	36
7.5	Nutritionele aspecten.....	36
7.6	Milieu en nutritionele aspecten van peulvruchtproducten in perspectief .....	36

<b>8</b>	<b>Referenties</b> .....	<b>38</b>
<b>9</b>	<b>Bijlage</b> .....	<b>40</b>
9.1	Teeltdata .....	40
9.1.1	Opbrengst .....	40
9.1.2	Meststoffen .....	41
9.1.3	Energiegebruik .....	42
9.2	Processingdata .....	44
9.2.1	Energieverbruik meel, eiwitconcentraat en eiwit-isolaat .....	44
9.2.2	Energieverbruik conserven .....	44
9.3	Transportdata .....	45
9.4	Energieverbruik in de detailhandel .....	45
9.5	Prijzen ten behoeve van allocatie .....	46





# I Inleiding

Peulvruchten zijn de rijpe (gedroogde) zaden van vlinderbloemige planten, ook wel leguminosen genoemd. De zaden groeien in peulen en één peul bevat een of meer zaden. Deze zaden kennen we onder andere als erwten, bruine bonen, sojabonen, linzen en kikkererwten. Maar ook pinda's en lupine vallen onder de peulvruchten. Peulvruchten zijn verkrijgbaar in enkele varianten: vers of gedroogd en gaar in pot, blik of bevroren. Daarnaast worden peulvruchten verwerkt in vleesvervangers, in de vorm van melen, eiwitconcentraten of eiwit-isolaten. In deze studie wordt met peulvruchten bedoeld de zaden die in peulen groeien. Pinda's worden verder buiten beschouwing gelaten.

## 1.1 Aanleiding

In de afgelopen jaren is er veel aandacht voor de transitie van dierlijke naar plantaardige eiwitten, daarbij gaat het om innovaties in samengestelde vleesvervangers maar ook de ontwikkeling van nieuwe producten uit zeewier, algen en sprinkhanen. Er is minder aandacht voor goede alternatieven die al simpel beschikbaar zijn. Peulvruchten bevatten aanzienlijke hoeveelheid eiwitten, belangrijke mineralen en vitamines en hebben mogelijk belangrijke milieuvoordelen, terwijl consumptie nog laag is. Peulvruchten worden gebruikt als eiwitcomponent tijdens de maaltijd als geheel product en in vleesvervangende producten. Er is nog relatief weinig gepubliceerd over de milieueffecten van eiwitcomponenten van peulvruchten. Tegen deze achtergrond wil het Productschap Akkerbouw (PA) de milieukundige effecten van een aantal soorten peulvruchten onder de aandacht brengen en deze plaatsen naast de kennis over nutritionele aspecten van deze producten. Deze zogenaamde nulmeting kan fungeren als ondersteuning voor het berekenen van milieueffecten van innovaties in de eiwittransitie.

## 1.2 Doelstelling

De studie heeft als doelstelling het in kaart brengen van de milieueffecten van vleesvervangende maaltijdcomponenten van peulvruchten, alsmede het inzicht geven in de nutritionele aspecten van peulvruchten.

Voor de milieuanalyse worden zeven soorten peulvruchten geanalyseerd:

- |                 |                 |
|-----------------|-----------------|
| 1. Erwten       | 5. Linzen       |
| 2. Bruine bonen | 6. Kikkererwten |
| 3. Lupine       | 7. Veldbonen    |
| 4. Sojabonen    |                 |

De focus ligt hierbij op de meest voorkomende productieroutes en teeltlanden. Per peulvrucht worden twee of drie landen in beschouwing genomen. Voor tuinbonen wordt de verse teelt geanalyseerd. Voor erwten worden zowel de droge teelt als de verse teelt geanalyseerd. Voor Hollandse bruine bonen, veldbonen, lupine, sojabonen, linzen en kikkererwten ligt de focus op de droge teelt.

Naast de teelt worden twee vormen van verwerking geanalyseerd. Hollandse bruine bonen, erwten, kikkererwten, linzen en tuinbonen worden geconserveerd in blik. Erwten, veldbonen, sojabonen en lupine worden verwerkt tot meel, eiwitconcentraat of eiwit-isolaat. In deze studie gaan we ervan uit dat de verwerking in Nederland plaatsvindt. In Zuid-Europese landen worden bijvoorbeeld veldbonen en lupine ook wel als conserven geconsumeerd, maar voor deze analyse gaan we uit van bovenstaande producten van peulvruchten.

In hoofdstuk 2 wordt de methodiek voor de milieuanalyse geïntroduceerd. Voordat we ingaan op de milieueffecten wordt in hoofdstuk 3 allereerst ingegaan op de nutritionele aspecten van peulvruchten. Dit hoofdstuk is een samenvatting van een notitie geschreven door Productschap Akkerbouw. In hoofdstuk 4

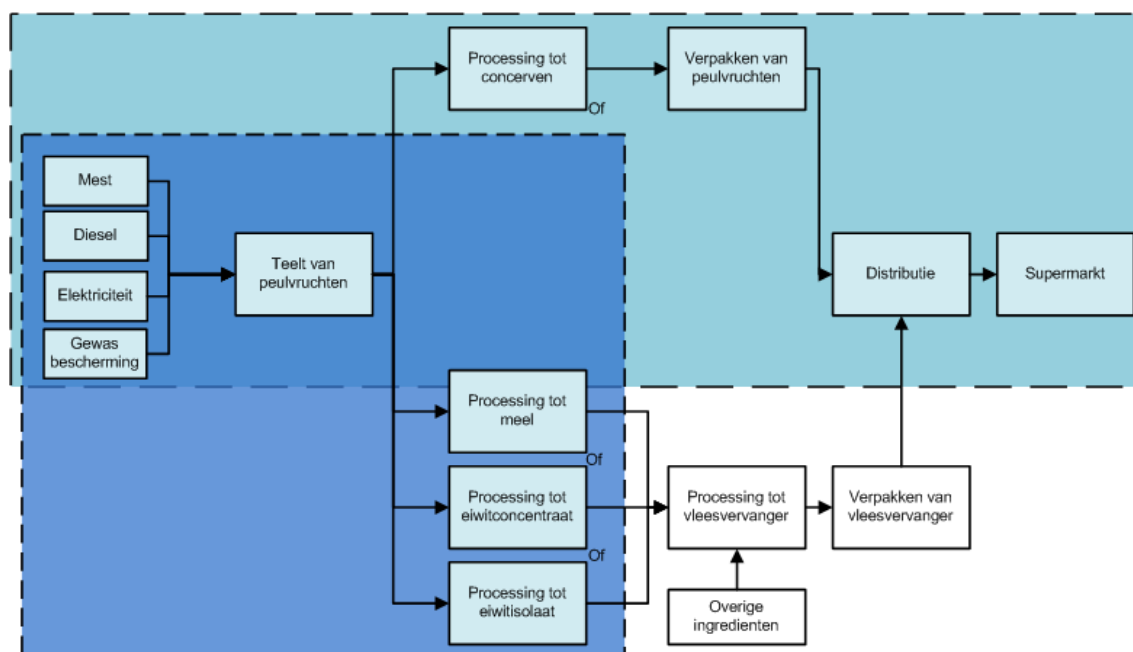
worden de basisdata voor de milieuanalyse besproken. Hoofdstuk 5 geeft de resultaten en in hoofdstuk 6 worden de belangrijkste conclusies en discussiepunten neergelegd.

## 2 Methodiek milieuanalyse

### 2.1 Systeemaftakening

In deze studie zijn twee typen systeemaftakening gehanteerd, afhankelijk van de wijze van verwerking van de peulvruchten. Voor de conserven reikt de systeemaftakening van de teelt tot in de supermarkt, terwijl de systeemaftakening van het meel, eiwitconcentraat en eiwit-isolaat van de teelt tot en met de processing reikt (af-fabriek). De systeemaftakening is weergegeven in figuur 2.1.

De droge industriële componenten meel, eiwitconcentraat en eiwit-isolaat worden verder verwerkt tot o.a. vleesvervangende producten. Het gaat expliciet niet om eindproducten, maar om halffabricaten ten behoeve van consumentenproducten. De nulmeting van deze producten is bruikbaar voor producenten van vleesvervangers die een complete analyse van hun product willen maken. Daarvoor moet hij informatie verzamelen over zijn eigen proces en de overige ingrediënten<sup>1</sup> die hij gebruikt en “optellen” bij het resultaat van de eiwitcomponent uit deze studie.



Figuur 2.1: Systeemaftakening van de analyse van milieueffecten zeven vleesvervangende maaltijdcomponenten van peulvruchten.

### 2.2 Functionele eenheid (referentie hoeveelheid)

De functionele eenheid betreft in het geval van conserven 1000 kg product zoals afgeleverd bij de supermarkt en bij de industriële droge producten 1000 kg af-fabriek.

<sup>1</sup> Uit eerder onderzoek is gebleken dat de milieupact van deze ingrediënten relatief groot kan zijn ten opzichte van het meel, concentraat of isolaat dat is gebruikt als eiwitcomponent (Broekema, 2009 en Blonk et al, 2008).

## 2.3 In beschouwing genomen milieueffecten

De volgende milieueffecten zijn in beschouwing genomen en zoveel mogelijk gekwantificeerd: broeikasgasemissie, ruimtebeslag, fossiel energiegebruik en het gebruik van gewasbeschermingsmiddelen. Watergebruik is in deze studie niet gekwantificeerd in overleg met de opdrachtgever. Dit is besloten omdat er internationaal nog veel discussie is over de methodiek om watergebruik te kwantificeren.

Hoekstra et. al (2009)<sup>2</sup> hebben weliswaar een methode ontwikkeld om watergebruik te analyseren, de zogenaamde “The Water footprint” en resultaten van deze methode worden inmiddels veel gecommuniceerd naar de consument, maar het daadwerkelijke milieueffect wordt vaak zwaar overschat. In deze methode worden drie typen water onderscheiden: groen, blauw en grijs. Het groene water is gerelateerd aan de verdamping van water vanuit de bodem en via de plant gedurende de groei (evotranspiratie). Het blauwe water is gerelateerd aan het gebruik van grond- en oppervlaktewater voor bijvoorbeeld irrigatie of bij industriële processen. Het grijze water is gerelateerd aan het gebruik van toxische stoffen zoals gewasbeschermingsmiddelen en kunstmest die in het grond- en oppervlaktewater terecht komen. De optelling is de waterfootprint maar deze geeft nog geen indicatie van schade aan het milieu. De groene water footprint heeft vaak geen effect op het milieu en reducties op dit onderdeel leiden dus niet automatisch tot vermindering van milieueffecten. De grijze water footprint kan gereduceerd worden door reducties in het gebruik van toxische middelen. De voorgestelde methode is minder geavanceerd als bestaande LCA-modellen voor het berekenen van toxische effecten. De blauwe water footprint kan wel een impact hebben op het milieu, maar dit is sterk afhankelijk van de lokale omstandigheden. Naar mate de lokale waterschaarste groter is zal de impact van het gebruik van grond- en oppervlaktewater voor irrigatie groter zijn. Zoals gezegd wordt de water footprint niet meegenomen in deze analyse.

De methode voor de berekening van het broeikaseffect is gebaseerd op de meest recente beschikbare standaards, zoals het GHG protocol van de WRI en de PAS2050-2011. Deze standaards verschillen in de details. Blonk Milieu Advies is mede ontwikkelaar van standaards zoals een specificatie voor de tuinbouw onder de PAS2050-2011. Deze is nog niet gereed. Zolang die er nog niet is wordt gewerkt op basis van de agri –footprint methodiek, die op de meest recente standaards is gebaseerd (Blonk et al , 2011). Voor de emissie van broeikasgassen tijdens de aanwending van stikstof, stikstof uit gewasresten die achterblijven op het land en de stikstofbinding tijdens de teelt van peulvruchten is ervoor gekozen om te werken met de emissiefactoren van de Nederlandse ‘National Inventory Reports’ 2011 (NIR). Deze verschillen op enkele punten van de emissiefactoren van de IPCC 1996 en 2006 (zie tabel 2.1). De twee belangrijkste verschillen tussen de IPCC en de NIR zijn de emissiefactoren voor stikstofbinding en voor indirecte lachgasemissie door uitspoeling.

---

<sup>2</sup> Hoekstra A.Y., A.K. Chapagain, M.M. Aldaya, and M.M. Mekonnen, 2009, Water footprint manual. State of the art 2009. Water footprint report November 2009. Water Footprint Network, Enschede, the Netherlands.

Tabel 2.1: Emissiefactoren voor aanwending van stikstofmest, stikstof uit gewasresten en stikstofbinding zoals vermeld in de NIR 2011, IPCC 1996 en IPCC 2006.

		NIR 2011	IPCC 1996	IPCC 2006
directe lachgasemissie door gebruik van meststoffen en gewasresten	kg N-N <sub>2</sub> O/kg N	0,01	0,0125	0,01
directe lachgasemissie door stikstofbinding	kg N-N <sub>2</sub> O/kg N	0,01	0,0125	0
ammoniakemissie door gebruik van meststoffen	kg N-NH <sub>4</sub> /kg N	0,1	0,1	0,1
indirecte lachgasemissie door ammoniakemissie	kg N-N <sub>2</sub> O/kg NH <sub>4</sub>	0,01	0,01	0,01
uitspoeling van stikstof door gebruik van meststoffen en gewasresten	kg N/kg N	0,12	0,3	0,3
indirecte lachgasemissie door uitspoeling	kg N-N <sub>2</sub> O/kg N	0,025	0,025	0,0075

IPCC 2006 stelt dat er geen directe lachgasemissies door stikstofbinding hoeven te worden meegerekend. Wij denken dat dit een onderschatting van de emissies geeft en hanteren daarom net als de Nederlandse overheid de NIR 2011 waarden<sup>3</sup>.

De factoren voor uitspoeling door mest en gewasresten en indirecte lachgasemissie door uitspoeling verschillen ook tussen NIR 2011 en IPCC 2006. Aanpassing van IPCC 1996 naar IPCC 2006 betekende een verlaging van de emissiefactor voor indirecte lachgasemissie door uitspoeling van 0,025 (gelijk aan NIR 2011) naar 0,0075. Doordat de NIR echter een lagere uitspoeling van stikstof door mest en gewasresten stelt is de uiteindelijke lachgasemissie door uitspoeling nagenoeg gelijk tussen de NIR 2011 en IPCC 2006.

Voor de berekening van broeikasgasemissies door elektriciteitsgebruik zijn landspecifieke emissiefactoren gebruikt van de International Energy Agency. Deze emissiefactoren betreffen alleen de emissie door de verbranding van brandstoffen, maar niet voor de productieketen van de brandstoffen en de kapitaalgoederen. Voor deze gezamenlijke upstream-emissies wordt een gemiddelde emissiefactor van 150 g CO<sub>2</sub>eq/kWh gehanteerd (Blonk et al 2011).

### 2.3.1 Allocatie

Bij veel processen worden er tegelijkertijd meerdere producten geproduceerd. Denk hierbij bijvoorbeeld aan: sojameel, sojahullen en ruwe sojaolie bij een crusher. Om de milieueffecten van die processen en de milieueffecten van de productieketen van de input van die processen te kunnen verdelen is een allocatiesleutel nodig. In deze studie is gebruik gemaakt van economische allocatie. Dat wil zeggen dat op basis van de verdeling van de financiële opbrengst van het pakket van co-producten op het punt van “splitsing”, de milieulast wordt verdeeld. Een oliecrusher bijvoorbeeld haalt zijn omzet voor ca. 57% van het sojabonenmeel, 38% van de sojaolie en 5% van de sojahullen. Op basis van die verdeling wordt de milieulast verdeeld over de producten. De waarde van de producten is zoveel mogelijk gebaseerd op commodity prijzen van halffabricaten<sup>4</sup>.

<sup>3</sup> IPCC 1996 gaat uit van een stikstofgehalte in de gewasresten van 0,03 kg N/kg. Dit was een overschatting en daarom is dit getal in IPCC 2006 verlaagd naar 0,008 kg N/kg. De conclusie in IPCC2006 dat er geen directe lachgasemissie plaatsvindt door stikstofbinding is echter gebaseerd op de eerdere overschatting van het stikstofgehalte in gewasresten en niet aangepast naar aanleiding van de nieuwe waarde. Door gebruik te maken van de emissiefactoren van de IPCC 2006 zou daarom een onderschatting van de emissie van lachgas ontstaan.

<sup>4</sup> Economische allocatie is een van de vormen van allocatie. Wanneer de ISO 14044 volgorde voor selectie van allocatiemethoden wordt gehanteerd is dit een van de laatste keuzes. Bij voedingsmiddelen is dit wel de meest gebruikte in de praktijk en dit heeft te maken met twee zaken. Allereerst omdat allocatie op basis van systeemuitbreiding, waarbij een vermeden alternatieve productie route wordt gedefinieerd voor het co-product, in de praktijk leidt tot arbitraire keuzes. Onder andere vanwege het feit dat het alternatief vaak ook weer een co-product is en bovendien is de functionaliteit vaak niet gelijk. Een fysieke sleutel, zoals energie of massa, de methode die vervolgens de voorkeur verdient, wordt meestal niet gekozen omdat de eigenschappen en de toepassing van de

### 2.3.2 Dataverzameling

Een studie zoals deze heeft een grote databehoeftte. Bij dit project zijn experts uit de peulvruchtensector betrokken geweest om de data te leveren vanuit hun expertise en ervaring en om data uit literatuur te beoordelen op kwaliteit en realiteit.

Handelaren uit de peulvruchtensector hebben aangegeven wat de belangrijkste teeltlanden zijn ten aanzien van de zeven geanalyseerde peulvruchten. Teeltexperts hebben data geleverd en beoordeeld ten aanzien van de Nederlandse teelt van Hollandse bruine bonen, erwten en tuinbonen/ veldbonen. Verder hebben zij geholpen bij de beoordeling van de teeltdata van de buitenlandse teelten van onder andere linzen, kikkererwten, sojabonen en lupine. Een processor van sojabonen en lupine is betrokken geweest bij de dataverzameling voor meel, concentraat en isolaat van sojabonen en lupine en een expert op het gebied van verwerking van peulvruchten heeft data geleverd voor de processing tot meel, concentraat en isolaat van erwten en veldbonen. Voor de verwerking tot conserven zijn data geleverd vanuit de conservenindustrie.

---

verschillende co-producten te verschillend zijn om onder één noemer te brengen. Rest de economische allocatie die, bij gebruik van langjarige gemiddelden, een goede reflectie geeft van de waardering van de producten in de markt.

## 3 Nutritionele aspecten van de consumptie van peulvruchten

### 3.1 Peulvruchten

Peulvruchten zijn rijk aan voedingsstoffen zoals eiwit, voedingsvezel, koolhydraten (in de vorm van zetmeel), B-vitamines en mineralen (zie tabel 3.1). Het eiwitgehalte, maar ook vetgehalte, vetzuursamenstelling, fytiinezuur en mineralengehalte, in peulvruchten wordt vooral beïnvloed door ras- en omgevingsfactoren, zoals bemesting, plantdichtheid, landbewerking en irrigatie.

Tabel 3.1: Samenstelling van verschillende peulvruchten (NEVO)

	<b>Energie</b> <b>(kcal)</b>	<b>Eiwit</b> <b>(g)</b>	<b>Koolhy-</b> <b>draten</b> <b>(g)</b>	<b>Vet</b> <b>(g)</b>	<b>Voedings-</b> <b>vezel</b> <b>(g)</b>	<b>Water</b> <b>(g)</b>
Doperwten rauw, vers	65	4.0	10.0	0.0	4.7	82.0
Tuinbonen rauw, vers	51	5.0	4.0	0.0	7.3	85.0
Bruine bonen gedroogd	327	20.0	43.0	2.0	28.6	12.0
Groene erwten gedroogd	315	21.0	43.0	2.0	20.4	12.0
Sojabonen gedroogd	418	35.9	15.8	18.6	22.0	8.5
Linzen gedroogd	306		43.0	1.5	18.0	12.0
Doperwten vers gekookt	69	4.0	11.0	0.0	4.3	82.0
Tuinbonen vers gekookt	45	5.0	4.0	0.0	4.7	85.0
Bruine bonen gekookt	131	8.0	17.2	0.8	11.4	64.8
Groene erwten gekookt	126	8.4	17.2	0.8	8.2	64.8
Sojabonen gekookt	251	21.5	9.5	11.2	13.2	45.1
Linzen gekookt	99	8.8	11.6	0.7	5.3	68.6
Kikkererwten gekookt	123	7.6	13.1	3.0	6.7	66.9

### 3.2 De peulvrucht in onze voeding

De plaats van peulvruchten in onze voeding is niet altijd even duidelijk. Een duidelijk verschil met groente is dat gedroogde peulvruchten nauwelijks vitamine C bevatten, maar ook het koolhydraat- en eiwitgehalte is afwijkend van groente. Uitzondering vormen de verse erwten (doperwten), die komen dichterbij de buurt van de voedingskundige samenstelling van groente. Wat betreft deze voedingskundige samenstelling komen de onbewerkte peulvruchten als bron van onder andere zetmeel en voedingsvezel goed overeen met de aardappelen, rijst en pasta.

Vanwege het aanwezige eiwit in de peulvruchten worden peulvruchten ook geconsumeerd als eiwitbron in plaats van vlees of verwerkt in plantaardige vleesvervangers of in hybride producten (combinatie van dierlijk en plantaardig eiwit). Indien het eiwitgehalte als belangrijkste criterium wordt genomen dan komen sojabonen, veldbonen en lupine het meest in aanmerking als vleesvervanger.

Dat er in Nederland onduidelijkheid is over de plaats van peulvruchten in ons voedingspatroon is af te leiden uit het feit dat de indeling van onbewerkte peulvruchten door de Stichting Ik Kies Bewust en het Voedingscentrum (Richtlijnen goede voedselkeuze en Schijf-van-5) niet eenduidig is.

Uit de Voedselconsumptiepeiling 2007 - 2010 (VCP) blijkt dat de Nederlandse bevolking nauwelijks peulvruchten consumeert en peulvruchten daardoor geen significant onderdeel is van onze dagelijkse

voeding. In Nederland wordt gemiddeld door mannen op 2% van de dagen in het jaar peulvruchten geconsumeerd en door vrouwen 3% van de dagen. Op die dagen dat er peulvruchten worden geconsumeerd is de hoeveelheid voor mannen ongeveer 140 gram per dag en voor vrouwen ongeveer 120 gram. Sojaproducten zijn in de VCP in een aparte subgroep in de categorie 'overig' opgenomen. De cijfers variëren tussen de 1 en 5% van de dagen in het jaar dat sojaproducten geconsumeerd worden, met een hoeveelheid tussen de 59 en 330 gram per dag.

### 3.3 Voedingsstoffen in peulvruchten

#### 3.3.1 Eiwitten en essentiële aminozuren

Eiwit is een belangrijke bouwstof voor ons lichaam en een energieleverende stof. Eiwitten zijn opgebouwd uit aminozuren die de bouwstoffen vormen voor de eiwitten in lichaamscellen, weefsels, botten, spieren en het bloed. Ook worden aminozuren in het lichaam gebruikt om afweerstoffen en hormonen aan te maken. Eiwitten zijn dus belangrijk voor de groei, het herstel en het in stand houden van het lichaam.

Wij krijgen via verschillende voedingsmiddelen eiwitten binnen, zoals vlees, zuivel, graanproducten en peulvruchten. Het eiwitgehalte van ons westerse voedingspatroon ligt dichterbij de aanvaardbare bovengrens dan bij de aanbevolen waarde. Dit betekent dat onze eiwitname aan de hoge kant is. Op dit moment is dit eiwit voornamelijk van dierlijke oorsprong.

Essentiële aminozuren zijn aminozuren die niet in het lichaam van de mens kunnen worden gemaakt. Deze behoren daarom in voldoende mate in het voedsel aanwezig te zijn. Bij een gevarieerd en gezond voedingspatroon zijn de essentiële aminozuren voor een gezond persoon (zie tabel 3.2) in voldoende mate aanwezig. Niet-essentiële aminozuren kunnen in de lever uit andere aminozuren worden gevormd.

Regelmatig is er discussie over het al dan niet beter voor de mens zijn van dierlijk of juist plantaardig eiwit. Deze discussie (los van allerlei andere elementen die eerder aan duurzaamheid gerelateerd zijn dan aan gezonde voeding) is terug te voeren op de verschillende aminozuursamenstelling van plantaardig en dierlijk eiwit. Dierlijke eiwitten hebben een redelijk vergelijkbare aminozuursamenstelling met die van de mens. Dit betekent dat de verschillende aminozuren in de goede hoeveelheden en verhoudingen beschikbaar zijn. Dit geldt in het bijzonder voor de essentiële aminozuren. Plantaardige eiwitten bestaan in principe uit dezelfde aminozuren als dierlijke eiwitten, echter de verhoudingen daartussen kunnen anders zijn. Plantaardig eiwit zou daardoor van mindere kwaliteit zijn dan dierlijk eiwit. Er wordt dan weleens gesproken over 'incompleet' eiwit, terwijl dierlijk eiwit gezien wordt als 'compleet'.

Als een product niet van alle essentiële aminozuren de juiste aanbevolen hoeveelheden of verhoudingen bevat, wordt vaak gezegd dat het product deficiënt is in aminozuren. Dit is in Nederland echter geen probleem, aangezien ons dagelijkse voedingspatroon gevarieerd is.

Peulvruchten bevatten circa twee keer zoveel eiwit als granen. Peulvruchten bevatten vooral de essentiële aminozuren lysine, leucine en arginine (zie tabel 3.2). De zwavelhoudende aminozuren (methionine en cysteïne) zijn minder aanwezig in peulvruchten. Combinatie van peulvruchten met granen zorgt voor een verhoging van het aandeel zwavelhoudende aminozuren, wat zowel voedingskundig als voor de verdere verwerking tot getextureerde eiwitten voordeel kan bieden.



Tabel 3.2: Verhouding van essentiële aminozuren in verschillende typen peulvruchten en in rundvlees

Aminozuren in peulvruchten (gedroogd, gekookt zonder zout)								
	veld- bonen	witte bonen	linzen	kikker- erwten	lupine	split- erwten	erwten vers, gekookt	rundvlees
Eiwit in g per 100g	7,60	9,73	9,02	8,86	15,57	8,34	3,27	26,29
Eiwit in % van calorieën	28	28	31	22	52	28	31	61
<b>Amino Acid*</b>	%	%	%	%	%	%	%	%
Tryptophan	0,95	1,18	0,90	0,96	0,80	1,12	0,98	0,59
Threonine	3,55	4,20	3,58	3,71	3,68	3,55	3,52	3,94
Isoleucine	4,03	4,41	4,32	4,29	4,46	4,12	5,75	4,38
Leucine	7,53	7,98	7,25	7,12	7,59	7,17	8,17	7,79
Lysine	6,39	6,87	6,98	6,69	5,34	7,22	7,19	8,33
Valine	4,45	5,23	4,97	4,20	4,17	4,72	9,76	4,90
Arginine	9,24	6,19	7,73	9,42	10,72	8,92	4,80	6,32
Methionine+Cysteïne	2,09	2,59	2,16	2,65	1,94	2,54	1,53	3,69
Phenylalanine+Tyrosine	7,39	8,22	7,61	7,84	7,73	7,51	6,73	6,98

\*In procenten van het aanwezige eiwit

Door een goede combinatie van bepaalde planten in een vegetarische of veganistische voeding kan toch worden voorzien in de behoefte aan essentiële aminozuren. Het gaat hier om de combinatie van monocotylen zoals maïs en granen (voor methionine, valine, threonine, fenylalanine, leucine en isoleucine) en dicotylen zoals bonen (voor valine, threonine, fenylalanine, leucine, isoleucine, tryptofaan en lysine). Deze combinaties zijn terug te zien in vele maaltijdsamenstellingen over de hele wereld. Bekende voorbeelden van dergelijke combinaties zijn dhal met pappadums in India, bonen met maïstortilla's in Mexico, tofu met rijst in Azië, tempoh met rijst in Indonesië, falafel en hummus met brood in het Midden-Oosten. Het combineren van verschillende producten (bijv. peulvruchten met graan) binnen één maaltijd is niet noodzakelijk om de essentiële aminozuren in voldoende hoeveelheden binnen te krijgen. Dit is te vergelijken met vitamines die we niet tijdens elke maaltijd in de minimale hoeveelheden consumeren. Het lichaam is in staat de aminozuren goed te gebruiken bij een dagelijks gevarieerd voedingspatroon.

### 3.3.2 Vetten

Het aanwezige vet in peulvruchten bestaat uit onverzadigde vetzuren. De vetten in dierlijke producten zijn voornamelijk verzadigde vetzuren. Vervanging van dierlijke producten door peulvruchten heeft daarmee ook een gunstige invloed op de vetzuursamenstelling in het voedingspatroon. Omdat peulvruchten nauwelijks vetten bevatten (uitgezonderd sojabonen) wordt deze voedingsstof hier verder niet toegelicht.

### 3.3.3 Koolhydraten

Koolhydraten zorgen voor directe energie die het lichaam nodig heeft om te kunnen functioneren. Ze zijn samengesteld uit een drietal basiselementen; koolstof, waterstof en zuurstof en komen voornamelijk voor in plantaardige voedingsmiddelen. Op grond van hun chemische structuur zijn ze in te delen in drie groepen: monosacchariden of enkelvoudige koolhydraten; disacchariden of tweevoudige koolhydraten; polysacchariden of meervoudige koolhydraten (bijvoorbeeld zetmeel, glycogeen, cellulose, pectine).

De mono- en disacchariden zijn goed oplosbaar in water en worden snel in het lichaam opgenomen. De koolhydraten in peulvruchten zijn voornamelijk polysacchariden die minder snel in het lichaam worden opgenomen.

Het is voor de energiebehoefte in principe niet van belang of koolhydraten eenvoudig, tweevoudig of meervoudig zijn. Al deze koolhydraten hebben min of meer dezelfde fysiologische effecten in het lichaam en er zijn weinig verschillen. Maar omdat polysacchariden veelal worden vergezeld door voedingsvezels en vaak ook andere belangrijke voedingsstoffen, wordt toch aanbevolen koolhydraten te consumeren die bestaan uit polysacchariden. Peulvruchten zijn bij uitstek een geschikte bron van polysacchariden en voedingsvezels.

### 3.3.4 Voedingsvezels

Voedingsvezels zijn in te delen in fermenteerbare en niet-fermenteerbare voedingsvezels. Het gaat daarbij om afbraak door bacteriën in de darm (fermentatie). Vezelrijke producten bevatten vrijwel altijd beide typen vezels. De fermenteerbaarheid zegt in hoeverre de dikke darm voedingsvezels afbreekt.

Peulvruchten bevatten vooral niet-fermenteerbare voedingsvezel. Peulvruchten zowel gedroogd als vers zijn allen rijk aan voedingsvezels. Alle peulvruchten bevatten meer dan 3g voedingsvezel per 100kcal bevat. Dit betekent dat voor peulvruchten de voedingsclaim 'rijk aan voedingsvezel' geldt.

### 3.3.5 Vitamines, mineralen en andere bioactieve stoffen

Bioactieve stoffen zijn stoffen die van nature in het voedsel aanwezig zijn en waar het lichaam op reageert. Vitamines en mineralen (incl. sporelementen) zijn bekende bioactieve stoffen. Voorbeelden van andere bioactieve stoffen zijn flavonoiden, fytosterolen.

In peulvruchten zijn vooral enkele B-vitamines (zie tabel 3.3) aanwezig. In peulvruchten spelen voornamelijk vitamine B1, B6 en B11 een rol. Vitamine B12 komt niet voor in peulvruchten, maar omdat ze wel een belangrijke rol in dierlijke voedingsmiddelen spelen is vitamine B12 van belang voor vleesvervangers. In peulvruchten komen de in-vetoplosbare vitamines nauwelijks voor, omdat peulvruchten nauwelijks tot geen vet bevatten, soja is hierbij een uitzondering.

Tabel 3.3: Vitamines in 100 gram gekookte peulvruchten in % van ADH\* (NEVO)

	ADH*	soja	bruine/ witte boon	groene erwt	kikker- erwt	linzen	tuinboon (vers)	doperwt (vers)
Vitamine A (retinol)	800 mcg	2,4	0,0	0,0	0,3	0,0	1,8	2,6
Vitamine B1	1,1 mg	60,0	10,0	40,0	4,5	17,3	9,1	15,5
Vitamine B2	1,4 mg	13,6	3,6	2,9	2,1	3,6	10,7	10,7
Vitamine B6	1,4 mg	16,3	6,3	7,1	10,0	10,0	5,0	6,4
Vitamine B12	2,5 mcg	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Nicotinezuur	16 mg	8,1	5,0	7,5	4,4	5,0	5,6	16,9
Folaat	200 mcg	27,0	20,5	16,5	33,0	16,5	75,0	16,5
Vitamine C	80 mg	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	37,5	31,3
Vitamine D	5 mcg	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Vitamine E	12 mg	9,2	1,7	1,7	9,2	0,8	3,3	1,7

\*ADH= aanbevolen dagelijkse hoeveelheid

In peulvruchten zijn voor wat betreft de mineralen kalium en fosfor van belang. Voor sporelementen zijn dit koper en zink. Soja bevat, vergeleken met andere peulvruchten, wat meer mineralen.

Tabel 3.4: Mineralen in 100 gram gekookte peulvruchten in % van ADH\* (NEVO)

	ADH*	soja	bruine/ witte boon	groene erwt	kikker- erwt	linzen	tuinboon (vers)	doperwt (vers)
Kalium	2000 mg	50,4	19,1	20,0	14,9	32,9	20,0	15,0
Calcium	800 mg	17,3	4,8	4,5	5,8	2,9	2,5	2,5
Fosfor	700 mg	47,6	24,3	22,9	11,9	22,9	14,3	11,4
Magnesium	375 mg	40,0	6,4	10,1	11,5	9,1	5,1	7,7
IJzer (non heem)	14 mg	35,7	14,3	14,3	12,9	20,7	5,7	14,3
Koper	1 mg	93,0	26,0	7,0	28,0	41,0	13,0	3,0
Selenium	55 ug	14,5	3,6	1,8	1,8	76,4	5,5	1,8
Zink	10 mg	18,0	10,0	14,0	17,0	14,0	7,0	14,0
Jodium	150 ug	0,1	0,2	0,2	-	0,2	2,7	1,3

\*ADH= aanbevolen dagelijkse hoeveelheid

Onderzoek naar bioactieve stoffen en de werking daarvan is niet eenvoudig. Toch zijn er inmiddels positieve effecten aangetoond bij zowel mens- als dieronderzoek voor deze stoffen. Flavonoiden komen in de vorm van fyto-oestrogenen onder andere voor in peulvruchten. De bekendste fyto-oestrogenen zijn; isoflavonen, genisteïne, diadzeïne, lignanen. Deze fyto-oestrogenen komen voor in peulvruchten (soja), granen, koffie, thee, noten, fruit, wijn en zaden.

### 3.4 Peulvruchten en gezondheidsbevorderende aspecten

De wetenschappelijke literatuur over peulvruchten en gezondheid is niet zo uitgebreid als die voor granen, en is beperkt door de algemeen lage inname van peulvruchten in de Westerse wereld. Er is echter consistent bewijs uit epidemiologische studies dat het eten van peulvruchten een rol kan spelen bij het voorkomen van chronische ziekten, waaronder hart- en vaatziekten, diabetes en overgewicht, evenals het verbeteren van darmgezondheid.

Het gaat hier lang niet altijd om onderzoek dat specifiek gericht is op peulvruchten of een bepaalde soort peulvrucht. Vaak zijn het onderzoeken naar gezondheidseffecten van bepaalde voedingspatronen waarin peulvruchten een belangrijke voedingscomponent is.

**Gewichtsbeheersing:** Het in peulvruchten rijklijk aanwezige eiwit en voedingsvezel blijkt een functie te hebben bij het vertragen van de vertering, verlenging van het gevoel van verzadiging en het verminderen van eetlust.

**Hartgezondheid:** Verschillende in peulvruchten voorkomende componenten verlagen de kans op hart- en vaatziekten: oplosbare voedingsvezels, fytoosterolen, magnesium, kalium, koper en foliumzuur. Het aanwezige kalium en magnesium speelt een rol bij de beheersing van de bloeddruk. Dierstudies tonen aan dat de resistant starch in peulvruchten kan bijdragen aan een verlaging van bloedcholesterol. Indien dierlijk eiwit wordt vervangen door plantaardig eiwit (peulvruchten) en hierdoor de consumptie van verzadigde vetzuren wordt verminderd kan dit bijdragen tot het verminderen van risico's op hart- en vaatziekten. Het mediterrane voedingspatroon, dat bonen bevat, vermindert ook het risico op hart- en vaatziekten en mortaliteit.

**Diabetes:** Peulvruchten zijn een goede bron van langzaam verteerbare koolhydraten, voedingsvezel, plantaardig eiwit en kan bovendien de glycemische index van een voeding verlagen. De lage glycemische index van peulvruchten is zeer geschikt voor diabetici omdat ze helpen bij de beheersing van de bloedsuikerspiegel op korte termijn. Peulvruchten kunnen bovendien het risico op de ontwikkeling van type 2 diabetes verminderen.

Risico op kanker: In de afgelopen drie decennia hebben epidemiologische gegevens een relatie gelegd tussen bonen en een verminderd risico op verschillende vormen van kanker; dikke darmkanker, prostaatkanker en alvleesklierkanker.

Winderigheid: Mensen blijken te geloven dat bonen gas en een opgeblazen gevoel veroorzaken. Het blijkt echter dat in eerste instantie peulvruchten een toename aan winderigheid veroorzaakt, maar dit neemt weer af zodra er regelmatig langere tijd (2 a 4 weken) peulvruchten worden geconsumeerd.

Allergenen: Sommige mensen, met name uit het Middellandse Zeegebied, hebben een erfelijke overgevoeligheid voor peulvruchten, favisme genoemd. Dat is genetisch bepaald en wordt veroorzaakt door een tekort aan een enzym in het lichaam. Het Voedingscentrum heeft peulvruchten opgenomen in de Levensmiddelenbank (LEDA) als zijnde een product waarvoor sommige mensen overgevoelig kunnen zijn. De Europese Commissie heeft soja, lupine en pinda op de lijst met allergene stoffen gezet die verplicht vermeld moeten worden op consumentenproducten.

Antinutritionele factoren: In peulvruchten komen stoffen voor die de stofwisseling of gezondheid van mens en dier zodanig kunnen beïnvloeden dat de groei achterblijft en de biologische beschikbaarheid van voedingsstoffen vermindert. Tot de antinutritionele factoren in verschillende peulvruchten behoren onder meer enzyminhibitoren, lectinen en tanninen, en mineralenbindende agentia, zoals goitrogenen en fytaat. Hierdoor zijn peulvruchten niet geschikt om rauw te eten. Door weken en/of verhitting worden deze stoffen gedeeltelijk of geheel weggenomen of vernietigd.

## 4 Teelt van peulvruchten

### 4.1 Inleiding

Er zijn twee onderscheidende typen teelt binnen de peulvruchten: de droge en de verse teelt. De meeste peulvruchten worden droog geteeld, wat betekent dat de peulen blijven hangen tot ze gedroogd zijn tot een percentage van 80-90% droge stof, afhankelijk van het weer. De vers geteelde peulvruchten worden eerder geoogst en komen van het land af met een drogestof percentage van rond de 25%. Bovendien is over het algemeen de stikstofgift bij de verse teelt hoger dan bij de droge teelt.

### 4.2 Landen van herkomst

In deze studie is uitgegaan van Nederland als land van verwerking tot conserven en processing tot meel, eiwitconcentraat of eiwit-isolaat. Bruine bonen en tuinbonen zijn bonen die zowel in Nederland geteeld worden als worden verwerkt tot conserven. Erwten kunnen zowel in Nederland worden geteeld als buiten Nederland. Voor de erwten ten behoeve van de conserven zijn België en UK naast Nederland de belangrijkste teeltlanden. Voor de droge erwten ten behoeve van de processing zijn Frankrijk en de UK de belangrijkste teeltlanden. Canada en Turkije zijn belangrijke teeltlanden voor in Nederland geconsumeerde linzen en kikkererwten. Daarnaast komen kikkererwten ook wel uit Rusland en linzen ook wel uit China. Veldbonen worden geteeld in Nederland, Frankrijk en de UK. De sojabonen (GMO-vrij) die in Nederland gebruikt worden voor meel, eiwitconcentraat en eiwit-isolaat als eiwitcomponent in vleesvervangers worden hoofdzakelijk geteeld in Canada en Oost-Europa. Ook lupine kan van redelijk dichtbij komen, namelijk van onze oosterburen, maar Australië is ook een belangrijk teeltland voor Nederlandse lupineproducten. Een overzicht van de landen van herkomst van de in deze studie geanalyseerde peulvruchten wordt gegeven in tabel 4.1 .

Tabel 4.1 : Landen waarin de peulvruchten worden geteeld ten behoeve van de verwerking tot conserven of processing tot meel, eiwitconcentraat en eiwit-isolaat in Nederland.

teelt	t.b.v. conserven/ processing	type teelt	teeltlanden
Bruine bonen	conserven	droog	Nederland
Erwten	conserven	vers/ droog	Nederland; België; UK
Erwten	processing	droog	Nederland; Frankrijk; UK
Kikkererwten	conserven	droog	Turkije; Rusland; Canada
Linzen	conserven	droog	China; Canada; Turkije
Tuinbonen	conserven	vers	Nederland
Veldbonen	processing	droog	Nederland; Frankrijk; UK
Sojabonen (GMO-vrij)	processing	droog	Canada; Oost-Europa
Lupine	processing	droog	Australië; Duitsland

### 4.3 Verse teelt

Literatuurbronnen voor dieselgebruik zijn niet eenduidig en geven waarden tussen de 20 en de 200 liter diesel per hectare. Om de resultaten niet teveel te laten afhangen van enkele bronnen, is besloten het dieselgebruik op een ruw gemiddelde van 100 liter per hectare aan te nemen. Overigens weten we vanuit eerder onderzoek dat het energiegebruik in de teelt over het algemeen een beperkte bijdrage heeft (Blonk et al 2010).

### 4.3.1 Erwten

Verse geteelde erwten uit Nederland, België en UK verschillen in hun opbrengst per hectare. De respectievelijke opbrengst in kg/ha is ca. 6500, 7000 en 4750. Deze opbrengsten zijn inschattingen van experts. De KWIN (2009) rapporteert een kunstmestgift van 159 kg N, 144 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> en 99 kg K<sub>2</sub>O per hectare voor Nederlandse verse erwten. De stikstofgift in België en Frankrijk kan herleid worden tot respectievelijk 158 en 187 kg N/ha, naar de totale N opbrengst per hectare in plant, oogst en door stikstofbinding. De grotere stikstofopbrengst in de oogst wordt beschouwd als een resultaat van extra stikstofgift uit kunstmest. Het percentage drogestof van de in de oogst is 24,4% (Muehlbauer, 1997) en het eiwitpercentage 4% (NEVO, 2011). Na de teelt worden de erwten getransporteerd om in Nederland te worden verwerkt. De afstand die wordt afgelegd wordt ingeschat op 100, 200 en 450 km respectievelijk voor Nederland, België en Frankrijk.



### 4.3.2 Tuinbonen

Verse tuinbonen ten behoeve van de Nederlandse consumptie worden in Nederland geteeld. De opbrengst per hectare is 6500 kg. Hiervoor is een kunstmestgift van 100 kg N, 144 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> en 249 kg K<sub>2</sub>O gerapporteerd (KWIN, 2009). Het eiwitgehalte van de tuinboon is iets lager dan die van de erwt, namelijk zo'n 5% (NEVO, 2011). Het drogestofgehalte wordt gelijk ingeschat als de verse erwten op 24,4%. De afstand tot de verwerking wordt ingeschat op 100 km.



## 4.4 Droge teelt

Afhankelijk van de weersomstandigheden tijdens de teelt moeten droog geogste peulvruchten na worden gedroogd of niet. Hiervoor is dan elektriciteit en eventueel gas nodig. Omdat de weersomstandigheden zeer variabel zijn en hier geen eenduidige literatuurbronnen voor zijn gevonden nemen we aan dat de droog geogste peulvruchten niet na worden gedroogd. Ook hier zijn literatuurbronnen voor dieselgebruik niet eenduidig en geven waarden tussen de 20 en de 200 liter diesel per hectare. Om de resultaten niet teveel te laten afhangen van enkele bronnen is besloten het dieselgebruik op een ruw gemiddelde van 100 liter per hectare aan te nemen.

### 4.4.1 Erwten

De droge teelt van erwten ten behoeve van de Nederlandse consumptie vindt plaats in Nederland, Frankrijk en het Groot Brittannië en de opbrengst per hectare is respectievelijk 4900, 4269 en 3376 kg (FAO, 2005-2009). Er wordt wel kunstmest gebruikt, maar geen stikstof en minder fosfaat en kalium dan in de verse erwteenteelt. Het gebruik van P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> en K<sub>2</sub>O voor Nederland (KWIN, 2009), Frankrijk en Groot Brittannië (Plancquaert) is respectievelijk 119, 125 en 25 en 84, 0 en 40 kg/ha. Het drogestofgehalte van de droog geogste erwt is ongeveer 83,5 % en het vochtgehalte kan variëren van 15-18%. Dit is afhankelijk van de weersomstandigheden. Het eiwitgehalte van de droge erwten is 22,9% (Muehlbacher, 1997). De transportafstand naar de verwerking in Nederland is respectievelijk 100, 450 km voor erwten uit Nederland en Frankrijk. Erwten uit Groot Brittannië worden 500 km getransporteerd met de vrachtwagen en 50 km met de trein (tunnel).



### 4.4.2 Veldbonen

Droog geteelde veldbonen ten behoeve van de Nederlandse consumptie worden in Nederland, Frankrijk of de UK geteeld. In Nederland is de opbrengst zo'n 5900



kg/ha. Hiervoor wordt 119 kg  $P_2O_5$  en 93 kg  $K_2O$  aan kunstmest gebruikt (KWIN, 2009). De opbrengsten in Frankrijk en UK zijn volgens de FAO (2007-2009) lager met een gemiddelde van zo'n 4920 en 3815 kg/ha respectievelijk. Het drogestofgehalte wordt ingeschat op 83,5% en het eiwitgehalte is met 26% (Whole Food Catalog, 2011) iets hoger dan het eiwitgehalte van de droge erwten. Bij gebrek aan literatuurbronnen en input van teeltexperts worden voor de teelt in Frankrijk en de UK behalve de opbrengst dezelfde teeltdata van Nederland gebruikt als ruwe schatter. De transportafstand naar de verwerking in Nederland is respectievelijk 100, 450 km voor veldbonen uit Nederland en Frankrijk. Veldbonen uit Groot Brittannië worden 500 km getransporteerd met de vrachtwagen en 50 km met de trein (tunnel).

#### 4.4.3 Hollandse bruine bonen

Droog geteelde Hollandse bruine bonen ten behoeve van de Nederlandse consumptie worden in Nederland geteeld en hebben een lagere opbrengst dan de erwten en veldbonen met zo'n 3100 kg/ha.



Hiervoor wordt tussen de 75 (teeltexpert) en de 135 kg N (KWIN, 2009), 119 kg  $P_2O_5$  en 84 kg  $K_2O$  aan kunstmest gebruikt (KWIN, 2009). Het drogestofgehalte wordt ingeschat op 83,5% en het eiwitgehalte is met 20% (Whole Food Catalog, 2011) iets lager dan dat van de erwten en veldbonen. De afstand tot de verwerking wordt ingeschat op zo'n 100 km.

#### 4.4.4 Kikkererwten

Kikkererwten worden droog geteeld in Turkije, Rusland en Canada. De opbrengst van kikkererwten is beduidend lager dan van de eerder genoemde peulvruchten. In Turkije is de opbrengst 1089 kg per hectare (FAO, 2005-2009). De opbrengst in Rusland is hoger met zo'n 1610 kg per hectare. De opbrengst in Canada is 1491 kg per hectare en in Noord Amerika wordt zo'n 30 kg  $P_2O_5$  en 45 kg  $K_2O$  aan kunstmest gegeven (Mahler, 2005). Deze kunstmestgift is tevens aangenomen voor de teelt in Turkije en Rusland. Het drogestofgehalte is 86% en het eiwitgehalte is 21% (Nevo, 2011). Vanuit Turkije worden de kikkererwten per vrachtwagen getransporteerd naar Nederland over zo'n 2500 km. Vanuit Rusland worden de kikkererwten getransporteerd naar Nederland over zo'n 2000 km per trein en 500 km per vrachtwagen en vanuit Canada worden de kikkererwten getransporteerd per vrachtwagen (200km), trein (500km) en zeeschip (6000km).



#### 4.4.5 Linzen

Linzen die in Nederland worden geconsumeerd worden geteeld in China, Canada of Turkije. Net als bij de droge teelt van kikkererwten is de opbrengst in relatie tot andere peulvruchten laag: 1947, 1412 en 1248 kg per hectare. In Noord-Amerika gebeurt dit met een kunstmestgift van 34 kg  $P_2O_5$  en 51 kg  $K_2O$  per hectare. Deze kunstmestgift is tevens aangenomen voor de teelt in China en Turkije. Het gehalte aan droge stof is bij oogst zo'n 86% en het eiwitgehalte is met 25% behoorlijk hoger dan dat van kikkererwten (Nevo, 2011). Vanuit China worden de linzen getransporteerd naar Nederland via het zeeschip (10000km) en de vrachtwagen (500km). Vanuit Canada worden de linzen getransporteerd per vrachtwagen (200km), trein (500km) en zeeschip (6000km). De reis vanuit Turkije is korter met zo'n 2500 km per vrachtwagen.



#### 4.4.6 Sojabonen

In tegenstelling tot de productie van soja voor feed, is in Nederland een vereiste van de productie voor food dat de teelt GMO-vrij is. De sojabonen die in



Nederland worden verwerkt tot meel, eiwitconcentraat en eiwit-isolaat worden geteeld in Canada en Oost-Europa. De gemiddelde opbrengst voor Canada wordt op basis van Dalgaard, 2008; Anonymous, 2010; Parkhomenko, 2004; Schmidt 2007 en FAO, 2011 geschat op 2810 kg/ha. De opbrengst per hectare in Oost-Europa is lager en wordt op basis van FAO (2007-2009) geschat rond de 2300 kg/ha. Sojabonen in de Verenigde Staten worden bemest met 4,4 kg N, 29,5 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> en 29 kg K<sub>2</sub>O per hectare (FERTISTAT, 2011; Anonymous, 2010; ERS, 2011; Parkhomenko, 2004; Pradhan, 2011). Het drogestofgehalte van de oogst is ongeveer 85% (Parkhomenko, 2004) en het eiwitgehalte is ongeveer 36% (Whole Food Catalog). Het vet en eiwitgehalte is volgens de experts ongeveer 10% lager in Oost-Europa. Omdat goede bronnen betreffende teeltdata voor sojabonen uit Oost-Europa ontbreken worden de teeltdata voor sojabonen uit Canada gebruikt als ruwe schatter, behalve de opbrengst en het eiwitgehalte. Sojabonen worden vanuit Canada getransporteerd per vrachtwagen (200km), trein (500km) en zeeschip (6000km) en vanuit Oost-Europa wordt de afstand per vrachtwagen geschat op zo'n 1250 km.

#### 4.4.7 Lupine



Lupine ten behoeve van de Nederlandse verwerking tot meel, eiwitconcentraat en eiwit-isolaat wordt geteeld in Australië en Duitsland. De opbrengst per hectare verschilt aanzienlijk tussen deze twee landen. In Australië is de oogstopbrengst zo'n 1144 kg per hectare terwijl dit in Duitsland zo'n 2644 kg is (FAO, 2005-2009). Kunstmestgift in Australië is 10 kg N, 30 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> en 40 kg K<sub>2</sub>O per hectare (Blonk, 2007). In Duitsland wordt geen stikstof gegeven, maar wel 20 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> en 42 kg K<sub>2</sub>O (Bjornsson, 2007). Het drogestofgehalte en eiwitgehalte worden door Glencross (2003) ingeschat op 91% en 32%. Daarmee bevat lupine iets minder eiwit dan sojabonen. De transportafstand van Australië naar Nederland is met 500 km per vrachtwagen en 18000 km per zeeschip veel groter dan voor lupine uit Duitsland met 400 km per vrachtwagen.



## 5 Verwerking van peulvruchten

### 5.1 Inleiding

Peulvruchten worden op allerlei manieren verwerkt tot consumptieproducten. Ze worden verwerkt tot conserven, vermalen tot meel, of tot geconcentreerd eiwit of zelfs eiwit-isolaat (zie tabel 5.1). Niet elke peulvrucht is echter geschikt voor elke wijze van verwerken. De veldboon, sojaboon en lupineboon worden niet aangeboden als conserven. Deze bonen zijn, onder andere door hun hoge eiwitgehalte, typische input voor de verwerkende industrie waarna zij bijvoorbeeld kunnen dienen als broodbestanddeel of onderdeel van een vleesvervanger. De droge erwt is een veelzijdige peulvrucht. Deze wordt zowel gerehydrateerd voor conserven als verwerkt tot meel, eiwitconcentraat of eiwit-isolaat. De grootste verschillen tussen meel, eiwitconcentraat en eiwit-isolaat is het eiwitgehalte. Meel van peulvruchten heeft een eiwitgehalte van zo'n 20-40%. Het eiwitgehalte van eiwitconcentraat is hoger, zo tussen de 50 en de 70%. Eiwit-isolaat is bijna puur eiwit met een eiwitgehalte van zo'n 80-90%.

Tabel 5.1: Overzicht van de peulvruchten die worden verwerkt tot conserven, meel, eiwitconcentraat en eiwit-isolaat voor toepassing in vleesvervangers.

teelt	type teelt	Conserven	Meel	Eiwitconcentraat	Eiwit-isolaat
Bruine bonen	droog	x	-	-	-
Erwten	vers/ droog	x	-	-	-
Erwten	droog	x	x	x	x
Kikkererwten	droog	x	-	-	-
Linzen	droog	x	-	-	-
Tuinbonen	vers	x	-	-	-
Veldbonen	droog	-	x	-	-
Sojabonen	droog	-	x	x	x
Lupine	droog	-	x	x	-

### 5.2 Verwerking tot conserven

Conserven worden gemaakt van zowel vers geteelde peulvruchten als droog geteelde peulvruchten. De droge peulvruchten nemen voordat ze worden geconserveerd water op, wat ze wel 3 tot 4 keer in gewicht doet toenemen. De peulvruchten worden eerst geblancheerd en daarna in de verpakking gesteriliseerd. Hierdoor zijn ze lang houdbaar. De energie-input verschilt tussen de droge en de verse peulvruchten. Doordat de droge peulvruchten minder voorbereiding nodig hebben dan de verse peulvruchten is de energie-input voor de conserven van droge peulvruchten 5-10% lager. Dit komt doordat de verse oogst minder zuiver de conservenfabriek binnenkomt dan de droge oogst. De verse oogst bevat meer onzuiverheden zoals blad en peulresten en moet bovendien nog gesorteerd worden op formaat en kwaliteit. De productverliezen tijdens dit proces zijn niet groot en worden vergist. De energie die ontstaat door de vergisting wordt gebruikt in de fabriek en zal dus leiden tot een lagere primaire energie-input. De blikken worden niet als platte spoel ingekocht maar compleet als blik aangevoerd. Het blik<sup>5</sup> wordt na afvullen gesloten met een sluitmachine.

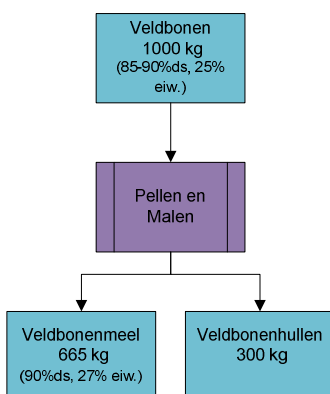
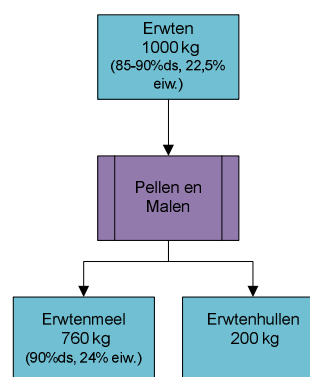
<sup>5</sup> Er is gekozen voor blik omdat één van de dataleveranciers conserven in blik verwerkt. De verschillen op het gebied van milieueffecten zijn niet groot tussen blik en glas (Broekema R., 2010).

## 5.3 Verwerking tot meel

Meel wordt gemaakt door de gehele boon te vermalen, waarbij hoofdzakelijk twee producten ontstaan. Allereerst het meel dat ongeveer 65 tot 85 % van de output vertegenwoordigt, afhankelijk van het type boon. Naast meel ontstaat ook een fractie hullen. De hullen worden door de processor verkocht en gebruikt voor dierlijke voeding of humane voeding. Gebruik voor food of feed is bepalend voor de prijs waarvoor het verkocht wordt en is dus van invloed op de allocatie van milieueffecten naar het hoofdproduct. Voor gebruik in humane voeding worden extra kosten gemaakt voor verdere verwerking, verpakking en controles. Voor veevoeding is dat niet nodig en zijn de kosten lager.

### 5.3.1 Meel van erwten

Het malen van een ton droge erwten resulteert in 760 kg erwtenmeel en 200 kg erwtenhullen. Alvorens de erwten gemalen worden wordt er gepeld. Het eiwitpercentage van erwtenmeel is ongeveer 24%. Hiervoor is 209 kWh elektriciteit en 11,5 l olie nodig, wat samen neerkomt op zo'n 1166 MJ/ton droge erwten. Erwtenmeel kan worden gebruikt als component van een vleesvervanger. De erwtenhullen worden, afhankelijk van de markt verkocht t.b.v feed of food.

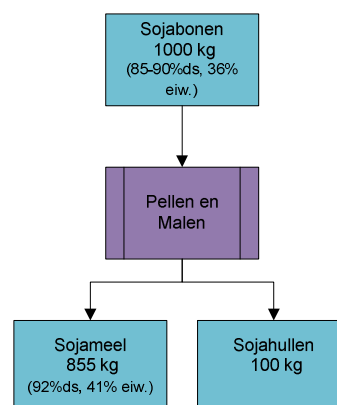


### 5.3.2 Meel van veldbonen

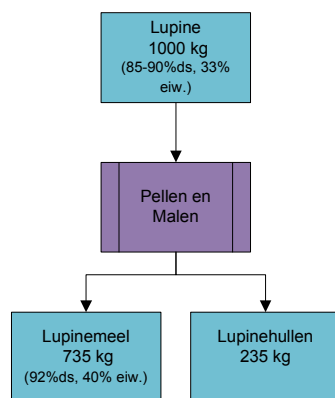
De maling van veldbonen resulteert in 665 kg veldbonenmeel en 300 kg veldbonenhullen. Alvorens de bonen gemalen worden wordt er gepeld. Het eiwitpercentage van veldbonenmeel is met zo'n 27% ietwat hoger dan van erwtenmeel. De energiebehoefte van dit proces is niet anders dan die van de maling van erwten, met 209 kWh elektriciteit en 11,5 l olie. Veldbonenmeel wordt ingezet als component van een vleesvervanger, en de hullen worden gebruikt als bestanddeel van humane voeding of veevoeding.

### 5.3.3 Meel van sojabonen

De maling van sojabonen resulteert in ongeveer 855 kg sojameel en 100 kg sojahullen. Omdat we hier uitgaan van volvette sojameel als grondstof voor vleesvervangers is sojaolie geen output van dit proces omdat er geen crushing aan de maling vooraf gaat. Sojabonen hebben een relatief hoog eiwitpercentage ten opzichte van erwten en veldbonen, waardoor sojameel ook een relatief hoog eiwitpercentage heeft van zo'n 41%. Door de samenstelling van de sojaboon is de boon moeilijker te malen dan de erwt en de veldboon waardoor er meer energie nodig is voor dit proces: 278 kWh elektriciteit en 11,5 l olie, wat neerkomt op zo'n 1415 MJ per ton sojabonen. Sojahullen worden hoofdzakelijk verkocht als food bestanddeel maar kunnen afhankelijk van de markt ook ingezet worden als onderdeel van veevoeding.



### 5.3.4 Meel van lupine



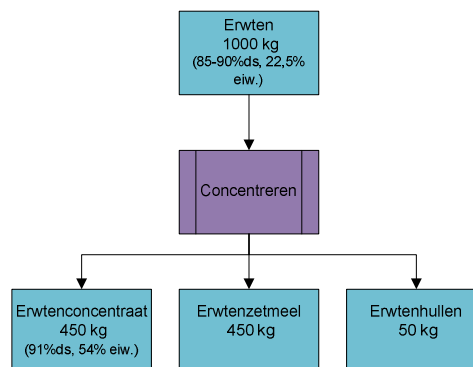
De maling van lupine resulteert in ongeveer 735 kg lupinemeel en 235 kg lupinehullen. Net als de sojaboon is de lupineboon door zijn samenstelling moeilijker te malen dan de erwt en de veldboon, waardoor het proces meer energie kost. De benodigde energie input is net als die van de maling van sojabonen 278 kWh elektriciteit en 11,5 l olie. Het eiwitpercentage van lupinemeel is met 40% hoger dan die van erwtenmeel veldbonenmeel, maar lager dan die van sojameel. Lupinemeel kan worden ingezet als onderdeel van vleesvervangers en lupinehullen worden ongeveer voor de helft van de gevallen ingezet als feed en voor de helft van de gevallen als food.

## 5.4 Verwerking tot eiwitconcentraat

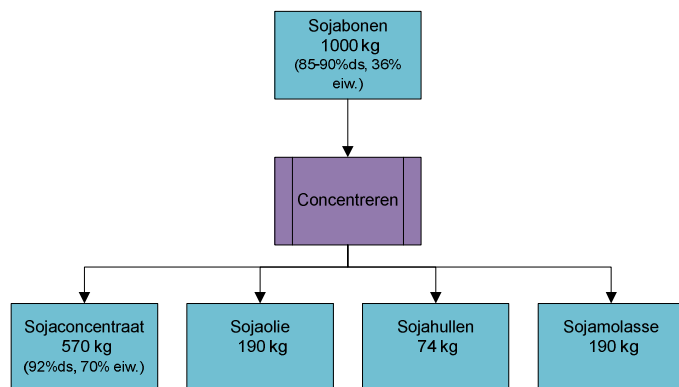
Voor eiwitconcentraat wordt het meel, verkregen door de maling, verder geconcentreerd waardoor het eiwitpercentage van eiwitconcentraat hoger is dan van meel. Eiwitconcentraat heeft een eiwitgehalte tussen de 50% en de 70%. Naast het eiwitconcentraat en de hullen komt er tevens een zetmeelfractie uit dit proces. Ook de zetmeelfracties kunnen worden verkocht als component van zowel humane als veevoeding wat effect heeft op de verkoopprijs en dus op de allocatie van milieueffecten naar de eiwitconcentraten.

### 5.4.1 Eiwitconcentraat van erwten

De verwerking van droge erwten tot erwten-eiwitconcentraat heeft twee coproducten, namelijk erwtenzetmeel en erwtenhullen. Eén ton droge erwten levert 450 kg eiwitconcentraat, 450 kg erwtenzetmeel en 50 kg erwtenhullen. Het eiwitgehalte van erwten-eiwitconcentraat ligt rond de 54%. Voor het proces zijn elektriciteit en olie nodig: 209 kWh en 11,5 l. Samen is dat 1166 MJ per ton droge erwten. In de meeste gevallen wordt erwtenzetmeel verkocht voor de veevoeding, terwijl erwtenhullen zowel ten behoeve van veevoeding als humane voeding worden verkocht.



### 5.4.2 Eiwitconcentraat van sojabonen



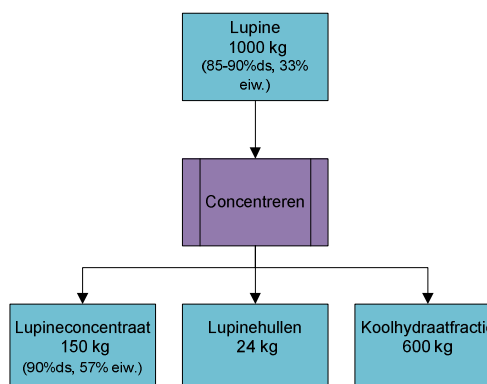
redelijk zoet co-product ontstaat naast het eiwitconcentraat, namelijk sojamelasse. Het eiwitgehalte van het

Voor de productie van eiwitconcentraat uit sojabonen wordt eerst de olie uit de sojabonen gehaald met behulp van een proces genaamd crushing. In dit proces wordt gebruik gemaakt van hexaan (+/- 0,8 kg/ ton sojabonen (EU, 1999)) om de olie uit de flakes te verwijderen. De flakes die bij crushing ontstaan worden gemalen waarbij sojahullen en sojameel wordt geproduceerd. Dit meel wordt verder geconcentreerd waarbij een

eiwitconcentraat van sojabonen is ongeveer 70% en is daarmee belangrijk hoger dan het eiwitgehalte van het eiwitconcentraat van erwten. Omdat sojabonen een andere (vetter) samenstelling hebben dan erwten kost de processing tot eiwitconcentraat bij sojabonen meer energie dan bij erwten. Bovendien bevat het proces een extra crushing-stap. Het energie nodig voor het proces is 282 kWh elektriciteit, 22,7 m<sup>3</sup> gas en 11,5 l olie. Alle coproducten kunnen zowel worden verkocht ten behoeve van humane voeding als veevoeding. Voor sojaolie maakt dit ook geen verschil in de prijs. Voor sojahullen en sojamelasse is de prijs ten behoeve van humane voeding hoger en dit is ook waarvoor het meestal wordt verkocht.

### 5.4.3 Eiwitconcentraat van lupine

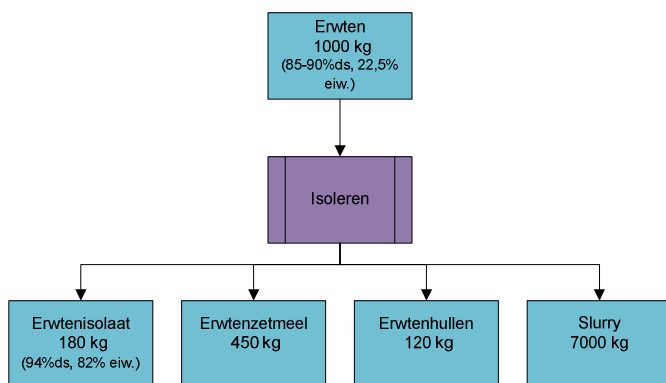
Ook van lupine wordt eiwitconcentraat gemaakt. Hiervoor worden de lupinebonen eerst gemalen, waarna het meel wordt geconcentreerd op basis van eiwit. Het eiwitgehalte van eiwitconcentraat van lupine is zo'n 57%. Daarmee is de eiwitconcentratie hoger dan eiwitconcentraat van erwten en lager dan eiwitconcentraat van soja. Coproducten van de productie van eiwitconcentraat van lupinebonen zijn lupinehullen en een koolhydraatfractie van lupine. Een ton droge lupinebonen levert ongeveer 150 kg eiwitconcentraat. Net als voor de sojaboon is ook voor de lupineboon door zijn samenstelling meer energie nodig voor de processing, namelijk 278 kWh elektriciteit en 11,5 l olie per ton lupinebonen. Omdat uit de lupineboon geen olie wordt gehaald is er voor de productie van eiwitconcentraat van lupine minder energie nodig dan voor de productie van eiwitconcentraat uit sojabonen. Zowel lupinehullen als de koolhydraatfractie van lupine worden verkocht ten behoeve van humane voeding en veevoeding.



## 5.5 Verwerking tot eiwit-isolaat

Eiwit-isolaten zijn de meest geconcentreerde vorm van eiwitten van erwten en sojabonen die er geproduceerd worden. Het meel, verkregen door maling, wordt opgelost in water. Zetmeel wordt afgescheiden, waarna de eiwitten uit de oplossing worden gehaald. De eiwitten worden daarna gedroogd. Restant van dit proces is een natte slurry. Eiwit-isolaten bestaan, met een eiwitgehalte van tussen de 80% en de 90%, bijna uit puur eiwit. De coproducten uit het proces kunnen worden verkocht als component van zowel humane als veevoeding. Dit heeft effect heeft op de verkoopprijs en dus op de allocatie van milieueffecten naar de eiwit-isolaten.

### 5.5.1 Eiwit-isolaat van erwten



proces zijn 278 kWh elektriciteit, 116 m<sup>3</sup> gas ten behoeve van droging en 40 l olie. De coproducten

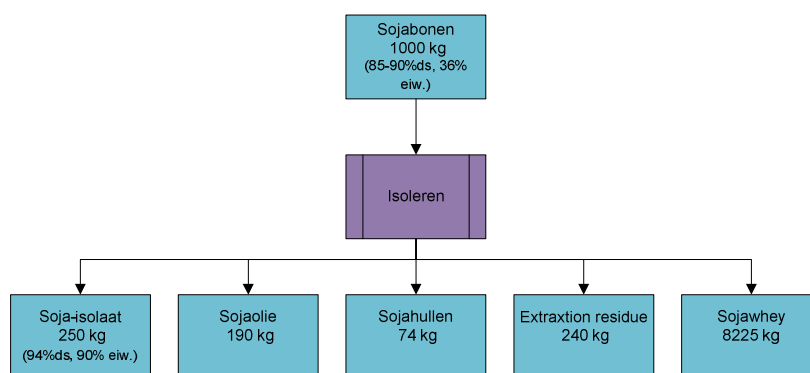
Voor de productie van eiwit-isolaat van erwten worden de droge erwten eerst gemalen waarbij erwtenhullen als coproduct naast het meel ontstaan. Erwtensetmeel wordt daarna opgelost in water. Coproducten uit dit concentratieproces zijn erwtensetmeel en een natte slurry. Deze slurry heeft geen economische waarde en wordt geschouwd als afvalproduct. Eén ton droge erwten levert zo'n 180 kg eiwit-isolaat met een eiwitgehalte van 82%. Energieinputs voor dit

worden verkocht. Erwtzetmeel wordt hoofdzakelijk gebruikt als component in humane voeding, maar erwtenhullen worden afhankelijk van de markt verkocht ten behoeve van humane voeding of veevoeding.

### 5.5.2 Eiwit-isolaat van sojabonen

Net als voor de productie van eiwitconcentraat worden de sojabonen voor eiwit-isolaat eerst gecrusht, waarbij de sojaolie uit de bonen wordt gehaald. In dit proces wordt gebruik gemaakt van hexaan (+/- 0,8 kg/ ton sojabonen (EU, 1999)) om de olie van de flakes te scheiden. De flakes worden gemalen tot meel en hullen en het meel wordt vervolgens gebruikt om eiwit-isolaat van te maken waarbij coproducten ontstaan: een extraction residue (ook wel okara genaamd) en een wei van soja. Deze laatste is een zeer natte fractie zonder economische waarde. Eén ton droge sojabonen levert ongeveer 250 kg eiwit-isolaat met een eiwitgehalte van 90%. Hiervoor is 282 kWh elektriciteit, 116 m<sup>3</sup>

gas en 40 l olie nodig. Energiegebruik voor de productie van eiwit-isolaat van sojabonen is hoger dan van erwten omdat de sojabonen eerst gecrusht worden. Sojaolie wordt gebruikt voor zowel humane voeding als veevoeding maar de verkoopprijs is niet afhankelijk van het verschil in toepassing. Sojahullen en okara worden verkocht voor hoofdzakelijk humane voeding.





# 6 Resultaten

## 6.1 Inleiding

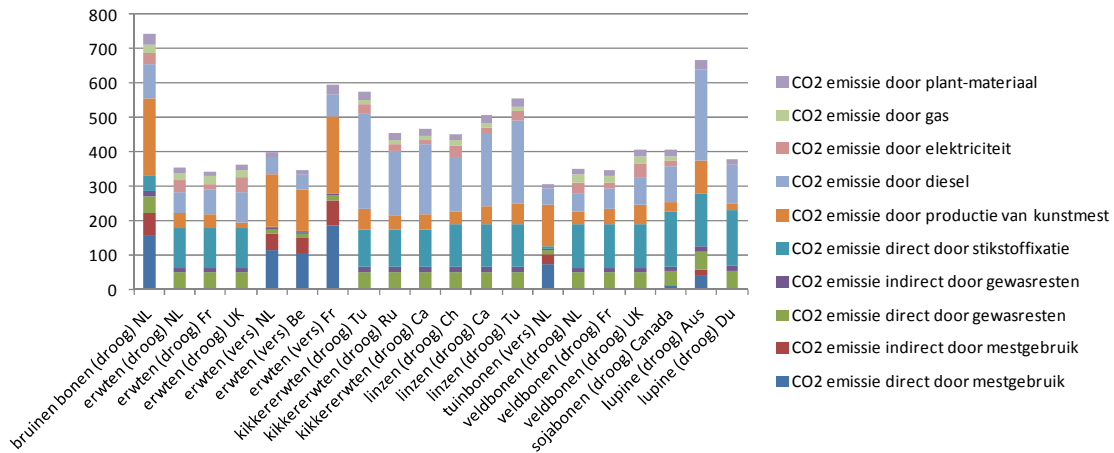
In dit hoofdstuk worden de resultaten uitgedrukt per ton product. Zoals eerder gezegd, verschilt de systeemgrens tussen de conserven en de meel, eiwitconcentraat en eiwit-isolaat. De resultaten voor de conserven en meel, eiwitconcentraat en eiwit-isolaat worden niet met elkaar vergeleken omdat de systeemgrenzen verschillen en omdat het verschillende typen producten zijn. De conserven worden direct gegeten, terwijl de verwerkte producten meerdere bewerkingsstappen kennen en worden verwerkt tot een vleesvervangend product. De vleesvervangende producten zullen eerder geconsumeerd worden als eiwitcomponent van de maaltijd dan de conserven. Om deze reden worden van de melen, eiwitconcentraten en eiwit-isolaten de resultaten in dit hoofdstuk ook uitgedrukt per kg eiwit.

## 6.2 Broeikasemissie

In deze studie zijn drie broeikasgassen (CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>O en CH<sub>4</sub>) in beschouwing genomen. De bijdrage aan het versterkte broeikasemissie verschilt op basis van de GWP100 waarden (CO<sub>2</sub> = 1, N<sub>2</sub>O = 298, CH<sub>4</sub> = 25). De emissie van broeikasgassen is het gevolg van bijvoorbeeld mestgebruik, stikstofbinding, achterblijven van gewasresten op het land, productie van fossiele brandstoffen en verbranding van fossiele brandstoffen voor grondbewerking, transport of processing.

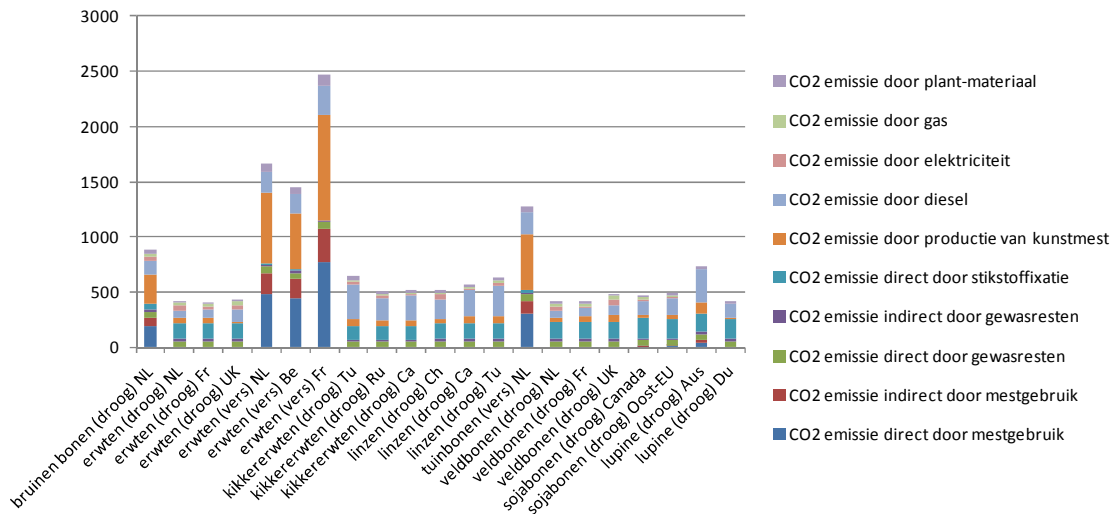
### 6.2.1 teeltfase

Figuur 6.1 laat de broeikasgasemissie zien van de teeltfase van peulvruchten in de verschillende teeltlanden en uitgesplitst voor de verschillende milieu-ingrepen tijdens de teeltfase. Milieu-ingrepen tijdens de teeltfase zijn bijvoorbeeld de productie van het zaaizaad, dieselgebruik voor grondbewerking, achterblijven van gewasresten op het land, aanwending van mest en productie van kunstmest.



Figuur 6.1: Broeikasgasemissie voor de teelt van peulvruchten, in kg CO<sub>2</sub>eq/ ton opbrengst, uitgesplitst voor de verschillende milieu-ingrepen tijdens de teeltfase.

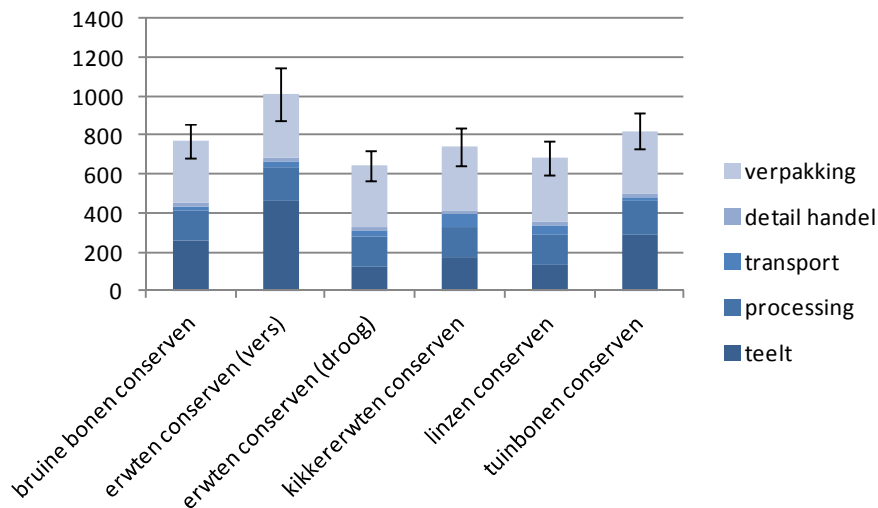
Uitgebeeld per ton product opbrengst hebben de bruine bonen de hoogste broeikasgasemissie en de tuinbonen de laagste broeikasgasemissie. De eigenschappen van de verschillende teelten, zoals bijvoorbeeld drogestof gehalte variëren echter sterk. Figuur 6.2 laat de broeikasgasemissie zien per ton droge stof.



Figuur 6.2: Broeikasgasemissie voor de teelt van peulvruchten, in  $kg\ CO_2eq/ ton\ droge\ stof\ opbrengst$ , uitgesplitst voor de verschillende milieu-ingrepen tijdens de teeltfase.

De verse teelten komen er in vergelijking met de droge teelt minder goed uit wanneer we kijken naar broeikasgasemissie per ton droge stof. Het verschil binnen de groep verse erwten, uit Nederland, België en Frankrijk, wordt veroorzaakt door uiteenlopende opbrengsten per hectare. Ook de teelt van bruine bonen, een droge teelt, heeft een relatief hoge broeikasgasemissie per ton droge stof. Het verschil in het broeikaseffect per eenheid droge stof is de belangrijkste verklarende variabele voor de verschillen op het niveau van conserven (Figuur 6.3), omdat de drogestof gehalten van conserven redelijk gelijk zijn. Meer hierover in hoofdstuk 6.2.2.

### 6.2.2 Conserven



Figuur 6.3: Broeikasgasemissie, in  $kg\ CO_2eq/ ton\ product$ , van de teelt tot en met de supermarkt.

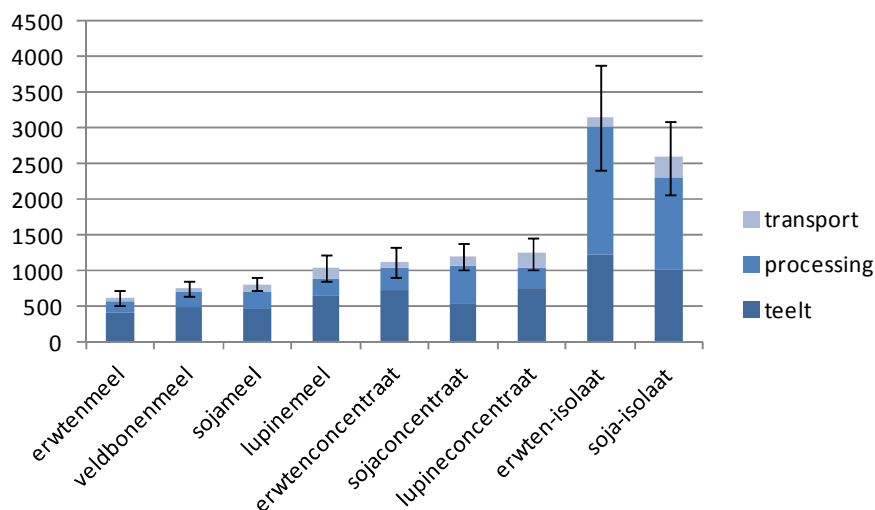
De productie van de verpakking is verantwoordelijk voor gemiddeld 42% van de broeikasgasemissies. Voor de teelt en de processing is dit gemiddeld respectievelijk 29% en 21%. Door transportactiviteiten en verkoop in de detailhandel ontstaan respectievelijk 5% en 3% van de broeikasgasemissies. De zwaartepunten voor de productie van conserven liggen daarmee in de teelt, de verwerking tot conserven



en bij de verpakking. De erwtenconserven uit de verse teelt hebben van alle conserven de hoogste broeikasgasemissie, bijna 1 ton CO<sub>2</sub>eq/ton product. Dit komt doordat er in de teelt van verse erwten kunstmest wordt toegepast terwijl de opbrengst, met name in Frankrijk, niet evenredig stijgt. Hierdoor is de broeikasgasemissie per ton opbrengst tijdens de teelt voor verse erwten, met gemiddeld 433 kg CO<sub>2</sub>eq/ton verse erwten, hoger dan bijvoorbeeld de droge erwten (zie figuur 6.1), met gemiddeld 350 kg CO<sub>2</sub>eq/ton droge erwten.

Dit verschil wordt versterkt doordat de droge erwten water opnemen tijdens de conservering en de verse erwten niet. Hierdoor zijn er voor één ton verse erwten conserven 1035 kg verse erwten nodig, terwijl er voor één ton conserven van droge erwten 347 kg droge erwten nodig zijn. Het drogestofgehalte van conserven ligt tussen de 23% en de 30%. De drogestof opbrengst per hectare verschilt sterk, waardoor de broeikasgasemissie per ton droge stof sterk verschilt, zoals figuur 6.2 laat zien. Per ton droge stof is de broeikasgasemissie voor de verse erwt meer dan 4 keer hoger dan voor de droge erwt en de broeikasgasemissie voor de bruine boon meer dan 2 keer hoger dan voor de droge erwt. Deze verschillen zijn terug te zien in figuur 6.3 wanneer men kijkt naar de broeikasgasemissie tijdens de teeltfase.

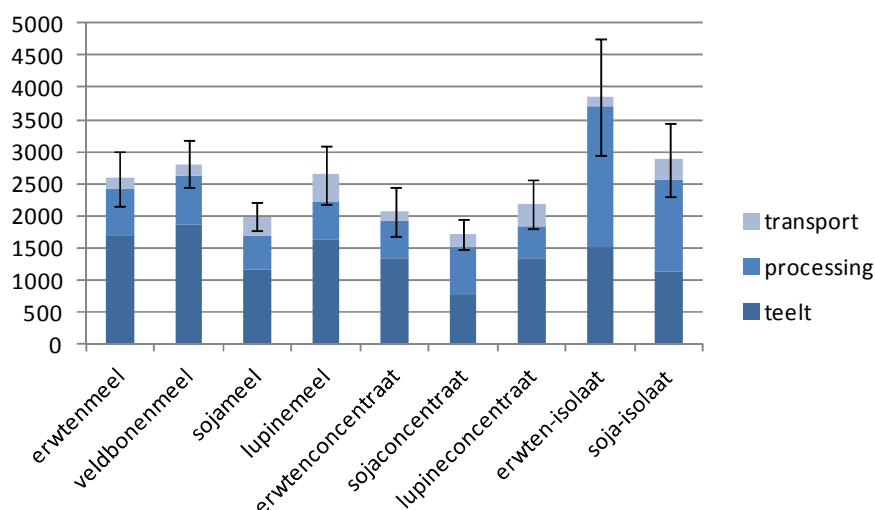
### 6.2.3 Meel, eiwitconcentraat en eiwit-isolaat



Figuur 6.4: Broeikasgasemissie, in kg CO<sub>2</sub>eq/ ton product, van de teelt tot en met de processing.

Net als bij de conserven zijn de teelt en de processing belangrijke fasen in de levenscyclus voor de broeikasgasemissie. De teelt is verantwoordelijk voor gemiddeld 56% van de broeikasgasemissies en de processing voor 34%. Transport is met gemiddeld 10% van minder belang. De verschillen tussen de drie typen producten zijn echter wel groot. Eiwit-isolaten hebben een hogere broeikasgasemissie per ton product (gemiddeld 2875 kg CO<sub>2</sub>eq/ton) dan eiwitconcentraten (gemiddeld 1187 kg CO<sub>2</sub>eq/ton) en melen hebben van deze drie typen producten de laagste broeikasgasemissie per ton product (gemiddeld 812 kg CO<sub>2</sub>eq/ton). Dit heeft twee oorzaken. Allereerst is er voor eiwitconcentraat meer kilo peulvrucht nodig ten opzichte van meel en ditzelfde geldt voor eiwit-isolaat ten opzichte van eiwitconcentraat. Er moeten dus meer erwten geteeld worden om eiwitconcentraat te maken dan om meel te maken en er moeten meer erwten geteeld worden om eiwit-isolaat te maken dan om eiwitconcentraat te maken. Daarnaast vergen de processen om eiwitconcentraat en eiwit-isolaat te maken per ton eindproduct meer energie-input dan de processen om meel te maken. Met name voor de productie van eiwit-isolaat is meer energie nodig dan voor de productie van eiwitconcentraat.

Wanneer we deze producten zouden eten voor het eiwit, en dus de functionele eenheid veranderen van ton product naar ton eiwit verandert het beeld (zie figuur 6.5).



Figuur 6.5: Broeikasgasemissie, in kg CO<sub>2</sub>eq/ ton eiwit, van de teelt tot en met de processing.

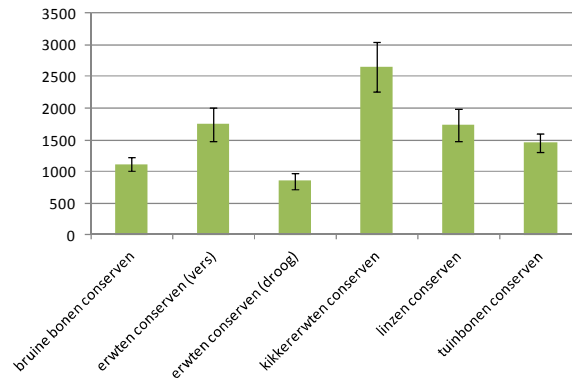
Op de broeikasgasemissie per ton eiwit scoren de eiwitconcentraten gemiddeld beter dan meel en eiwit-isolaten. Eiwitconcentraten hebben gemiddeld een broeikasgasemissie van 1988 kg CO<sub>2</sub>eq/ton eiwit, terwijl eiwit-isolaten en meel een gemiddelde broeikasgasemissie hebben van respectievelijk 3365 en 2505 kg CO<sub>2</sub>eq/ton eiwit. Opvallend is dat soja een relatief efficiënte bron van eiwitten is. Broeikasgasemissie per ton eiwit van sojaeiwit-isolaat komt in de buurt van veldbonenmeel en sojaeiwitconcentraat is de meest efficiënte bron van eiwitten wanneer we enkel kijken naar broeikasgasemissie (mits we geen rekening houden met landgebruikveranderingen<sup>6</sup>). Dit komt doordat het eiwitgehalte met zo'n 36% in sojabonen relatief hoog is, waardoor ook de eiwitgehalten van meel eiwitconcentraat en eiwit-isolaat van soja relatief hoog is.

### 6.3 Landgebruik

Ruimtebeslag geeft de mate van grondgebruik aan in m<sup>2</sup>/jaar. Dit ruimtebeslag heeft voornamelijk met de teelt te maken. Het kan in verschillende delen van de wereld zijn. Zo is het ruimtebeslag van soja ten behoeve van humane consumptie vooral in Noord-Amerika en Oost-Europa, het ruimtebeslag van bruine bonen in Nederland en het ruimtebeslag van erwten hoofdzakelijk in Europa. Ruimtebeslag is sterk afhankelijk van de opbrengst per hectare van het gewas.

<sup>6</sup> Ook wel 'land use change' genoemd

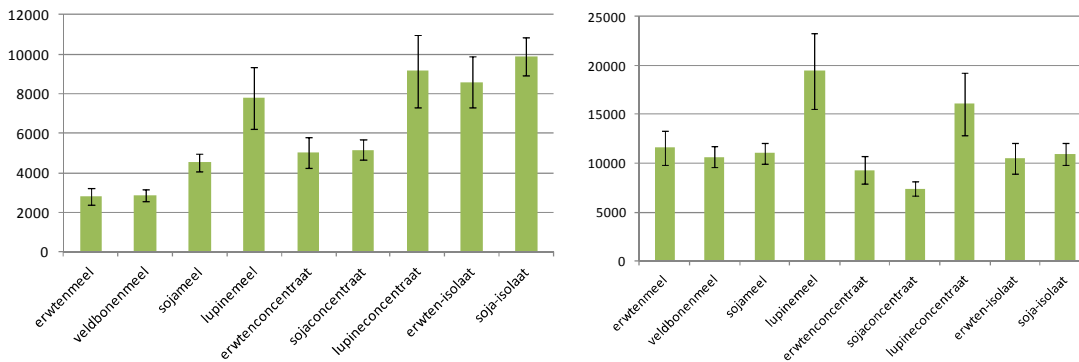
### 6.3.1 Conserveren



Figuur 6.6: Ruimtebeslag, in m<sup>2</sup>/ton product per jaar.

Het ruimtebeslag per ton product kent een redelijke variëteit voor de verschillende typen conserveren. Conserveren van erwten uit de droge teelt hebben met 850 m<sup>2</sup>/ton per jaar het laagste ruimtebeslag en conserveren van kikkererwten hebben met 2652 m<sup>2</sup>/ton per jaar het hoogste ruimtebeslag. Dit komt door het grote verschil in opbrengst per hectare tijdens de teelt. Droge erwten hebben een opbrengst van gemiddeld 4182 kg/ha en kikkererwten hebben een opbrengst van gemiddeld 1397 kg/ha. Dat betekent dat er voor de productie van één ton conserveren van erwten veel minder oppervlakte bezet wordt dan voor de productie van één ton conserveren van kikkererwten.

### 6.3.2 Meel, eiwitconcentraat en eiwit-isolaat



Figuur 6.7: Ruimtebeslag, in m<sup>2</sup>/ton product per jaar (links) en m<sup>2</sup>/ton eiwit per jaar (rechts), van de teelt tot en met de processing.

De resultaten voor ruimtebeslag per ton product van de melen, eiwitconcentraten en eiwit-isolaten laten een grote variatie zien. Veldbonenmeel heeft een relatief laag ruimtebeslag (2878 m<sup>2</sup>/ton per jaar). Dit komt door een relatief hoge opbrengst van gemiddelde zo'n 4880 kg/ha. Dit ruimtebeslag is laag in verhouding tot bijvoorbeeld lupinemeel met een ruimtebeslag van 7774 m<sup>2</sup>/ton per jaar en lupine met een opbrengst van zo'n 1894 kg/ha.

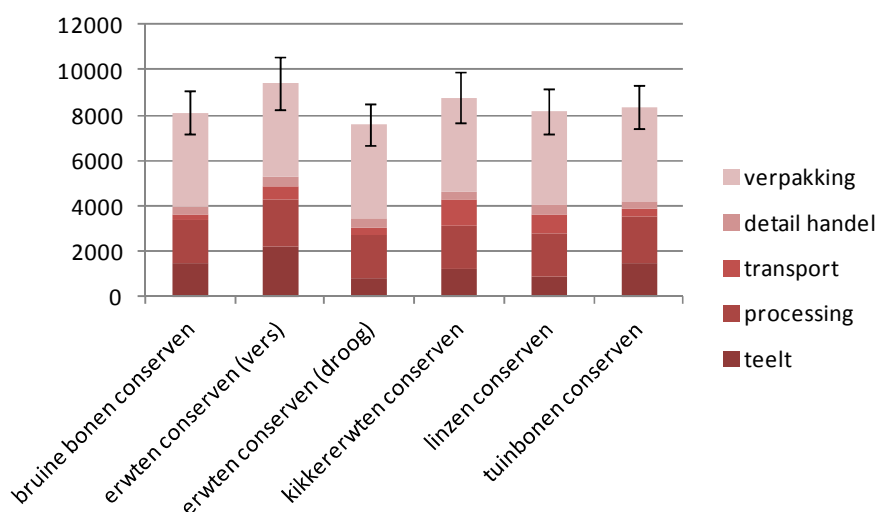
Onder invloed van de verschillende eiwitgehalten verandert het beeld wanneer we ruimtebeslag bekijken per ton eiwit. Per ton eiwit heeft eiwitconcentraat van sojabonen het laagste ruimtebeslag. Zoals eerder gezegd is soja een relatief efficiënte bron van eiwitten. Ondanks dat lupine ook een relatief hoog eiwitgehalte heeft (32%) is de opbrengst dermate laag dat lupine de meest inefficiënte bron van eiwitten

blijft vanuit oogpunt van ruimtebeslag. Het verschil met de overige producten wordt hooguit kleiner. Lupine wordt in Australië, het belangrijkste herkomstland, echter veel geteeld onder teeltoomstandigheden en op grond waar andere teelten moeilijk gedijen. Ook wordt lupine wel gebruikt om zijn grondverbeterende eigenschappen. Deze positieve eigenschappen worden niet uitgedrukt in deze milieu-indicator.

## 6.4 Fossiel energiegebruik

Fossiel energiegebruik betreft verschillende bronnen zoals diesel, stookolie, elektriciteit, gas en stoom. Bij groundbewerking tijdens de teelt wordt diesel gebruikt, bij de processing wordt hoofdzakelijk elektriciteit en gas gebruikt en bij transport wordt bijvoorbeeld diesel gebruikt voor vrachtwagentransport, stookolie voor watertransport en kerosine voor vliegtransport.

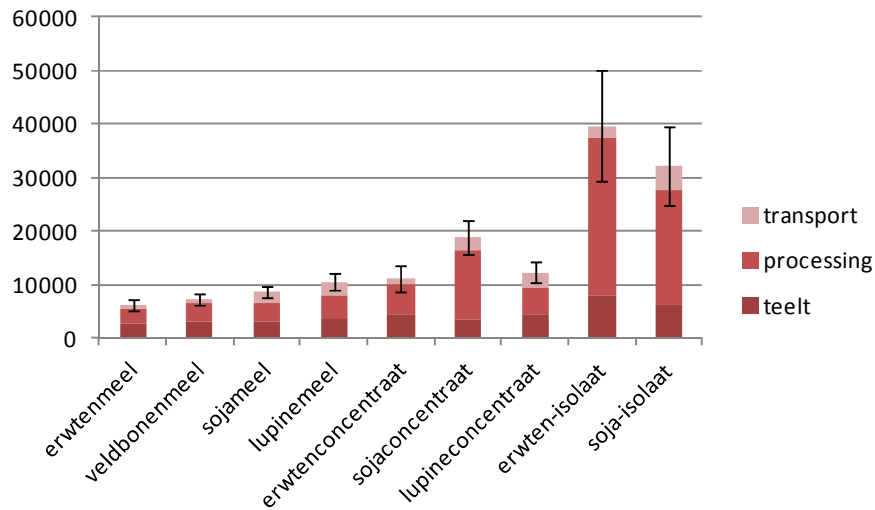
### 6.4.1 Conserven



Figuur 6.8: Fossiel energiegebruik, in MJ/ ton product, van de teelt tot en met de supermarkt.

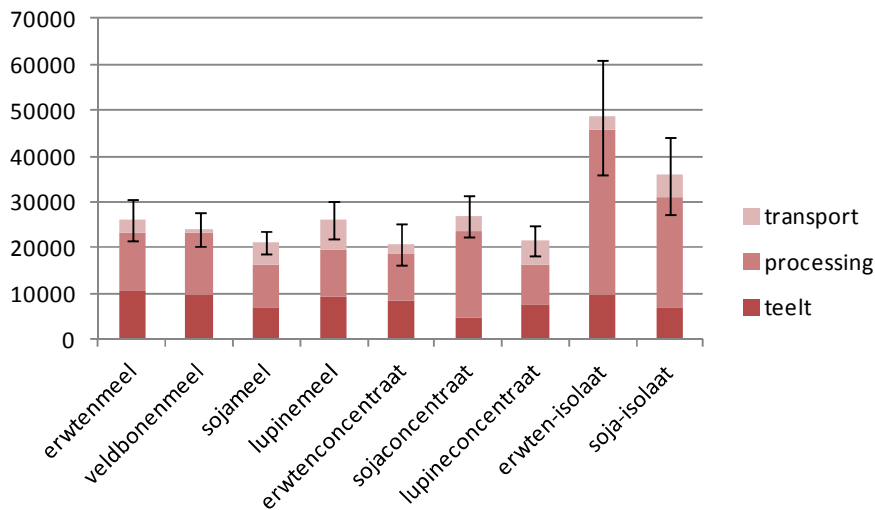
Beslag op fossiele energiebronnen voor de productie van de verpakking heeft voor conserven het grootste effect, gemiddeld zo'n 50%. Naast de verpakking is de processing verantwoordelijk voor zo'n 23% van het energiegebruik, gevolgd door de teelt (16%) en transport (7%). De verkoop in de supermarkt heeft de minste bijdrage met gemiddeld zo'n 4% van het totale energiegebruik. De spreiding tussen de verschillende typen conserven is niet groot, maar wordt veroorzaakt door variaties in de hoeveelheid peulvruchten nodig voor één ton conserven en verschillen in transportafstanden tussen de teelt en de processing.

## 6.4.2 Meel, eiwitconcentraat en eiwit-isolaat



Figuur 6.9: Fossiel energiegebruik, in MJ/ ton product, van de teelt tot en met de processing.

De fase van processing is het onderdeel van de levenscyclus met de grootste impact op fossiel energiegebruik, gemiddeld zo'n 53%. Processing wordt gevolgd door de teeltfase en de transportfase met respectievelijk 32% en 15% van het totale energiegebruik. De spreiding tussen de typen producten is redelijk groot. Melen hebben een gemiddeld energiegebruik van 8.184 MJ/ton product, terwijl eiwitconcentraten met 14.126 en eiwit-isolaten met 35.941 MJ/ton product hoger liggen. Dit wordt met name veroorzaakt doordat de energie-input tijdens de processingfase hoger is voor eiwitconcentraten en eiwit-isolaten. Bovendien telt ook de teeltfase en de transportfase harder mee omdat er meer peulvruchten nodig zijn per ton product voor eiwitconcentraten en nog meer voor eiwit-isolaten. Eiwitconcentraat van lupine scoort relatief goed. Dit komt vooral door allocatie, omdat de coproducten ook een relatief hoge waarde hebben, wordt een aanzienlijk deel van de milieu-impact toegeschreven aan bijvoorbeeld de koolhydraatfractie van lupine.



Figuur 6.10: Fossiel energiegebruik, in MJ/ ton eiwit, van de teelt tot en met de processing.

Per ton eiwit wordt de variatie tussen de verschillende typen producten iets kleiner. De reden hiervoor is dat melen een lager eiwitgehalte hebben dan eiwitconcentraten en eiwitconcentraten een lager eiwitgehalte hebben dan eiwit-isolaten. Daardoor komt het de energiegebruik per ton eiwit dicht bij elkaar te liggen. Desondanks is het energiegebruik van de eiwit-isolaten hoger dan van de eiwitconcentraten en melen.

## 6.5 Gewasbescherming

Gewasbeschermingsmiddelen kunnen toxische effecten hebben op de flora en fauna in de omgeving waarin ze toegepast worden. Het beoordelen van de milieueffecten van gewasbeschermingsmiddelen is echter geen eenvoudige klus. Gewasbeschermingsmiddelen bevatten een bepaalde hoeveelheid actieve stof. De toxiciteit van deze actieve stof verschilt sterk zodat het in beeld brengen van de hoeveelheid actieve stof die gebruikt wordt slechts beperkt inzicht geeft in de (verschillen) in toxische effecten. Daarnaast bleek het niet eenvoudig om daadwerkelijk gebruikte hoeveelheden gewasbeschermingsmiddelen en actieve stof te verkrijgen voor de teelt van de verschillende peulvruchten. De kwaliteit van data tussen de peulvruchten en tussen de landen verschilt sterk.

Op verschillende niveaus worden lijsten bijgehouden van gewasbeschermingsmiddelen die verboden zijn of die bij voorkeur niet gebruikt dienen te worden. In Nederland hebben Milieudefensie en Stichting Natuur en Milieu een dergelijke lijst samengesteld (zie tabel 6.1). Ook op Europees niveau bestaat er een zwarte lijst, “the List of Lists”, opgesteld door Pesticide Action Network UK (2009). Zij publiceerden een lange lijst van middelen die verboden of gelimiteerd in gebruik worden.

*Tabel 6.1: Zwarte lijst van gewasbeschermingsmiddelen opgesteld door Milieudefensie en Stichting Natuur en Milieu (www.weetwatjeet.nl, 2011):*

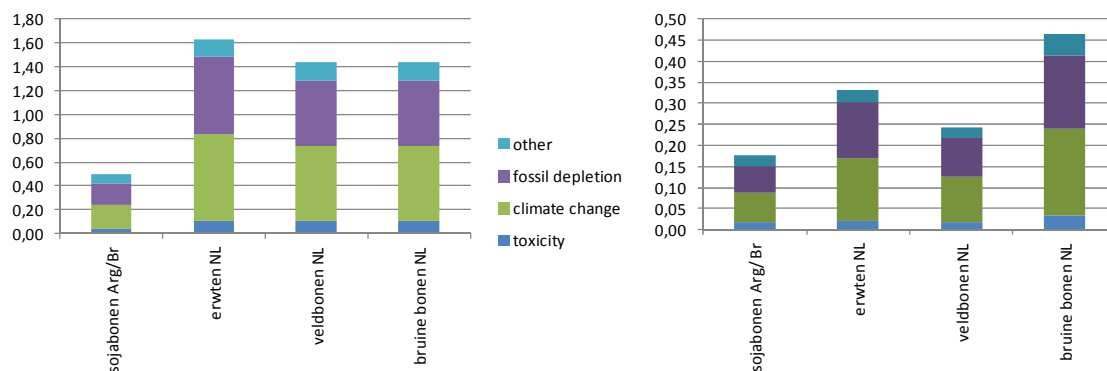
methamidofos	captan	Linuron	imidacloprid
iprodion	maneb	Deltamethrin	metam natrium
chloorpyrifos	dicofol	Amitrole	carbendazijn

Voor een aantal peulvruchten zijn gegevens beschikbaar over gebruikte gewasbeschermingsmiddelen, maar ontbreken de gebruikte hoeveelheden. Er kunnen geen conclusies getrokken worden wat betreft toxiciteit. Er kan hooguit geconcludeerd worden dat er wel of geen middelen gebruikt worden die op een zwarte lijst staan.

Op basis van gewasbeschermingsmiddelen gebruikt tijdens de teelt van sojabonen en erwten in Noord-Amerika, gepubliceerd door The National Agricultural Statistics Service, kan geconcludeerd worden dat er bij de teelt van soja meer middelen worden gebruikt die op een zwarte lijst staan dan bij de teelt van erwten. Ondanks dat er in Zuid-Amerika (GMO-soja) en Europa (erwten) waarschijnlijk andere middelen worden gebruikt omdat de pesticiden en de omstandigheden anders zijn dan in Noord-Amerika zou geconcludeerd kunnen worden dat er voor soja meer ongewenste middelen worden gebruikt dan voor erwten.

Voor een aantal peulvruchten zijn gebruikscijfers gevonden van gewasbeschermingsmiddelen tijdens de teelt: sojabonen (Argentinië en Brazilië), bruine bonen (Nederland), erwten (Nederland) en veldbonen (Nederland). Met behulp van LCA-software Simapro kan van het gebruik van deze gewasbeschermingsmiddelen de milieu-impact berekend worden. De milieu-impact is berekend met behulp van de ReCiPe-methode op basis van de midpoint score op 17 impact categorieën zoals broeikasgasemissie, toxiciteit en gebruik van fossiele energie. Met behulp van karakterisatie- en wegingsfactoren wordt op basis van de midpoint scores een endpoint score berekend (Pt). De drie

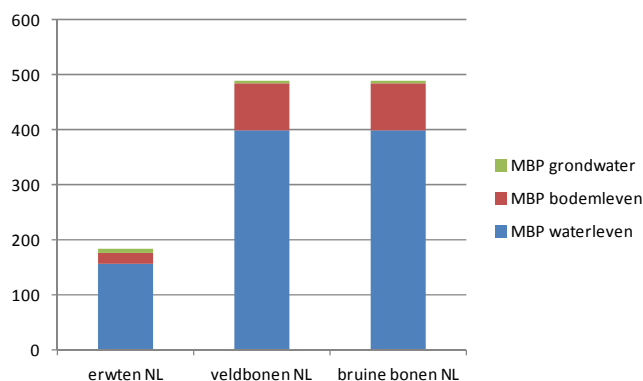
genoemde impact categorieën zijn de belangrijkste impact categorieën bij het gebruik van gewasbeschermingsmiddelen, zoals te zien is in figuur 6.11.



Figuur 6.11: ReCiPe-score, in Pt/ha (links) en Pt/ton (rechts), voor de teelt van sojabonen, erwten, veldbonen en bruine bonen waarbij onderscheid wordt gemaakt tussen Pt als gevolg van midpoint score op toxicity, climate change, fossil depletion en other.

De resultaten laten zien dat de toxiciteit van gewasbeschermingsmiddelen niet de grootste milieu-impact heeft. De fossiele energie die gebruikt wordt tijdens de productie van de middelen en de emissie van broeikasgassen die ontstaat door de productie en verbranding van deze fossiele energie zorgt voor 75%-85% van de milieu-impact. Toxiciteit zorgt voor 7%-9% van de totale milieu-impact. Ondanks dat met behulp van de ReCiPe-methode de toxiciteit van gewasbeschermingsmiddelen een relatief beperkt milieuprobleem lijkt, kan deze op lokaal niveau (dus op en om de locatie van gebruik) voor problemen zorgen.

Om op lokaal niveau te kijken naar de toxiciteit is de ReCiPe-methode niet specifiek genoeg. Er ontbreken onder andere veel actieve stoffen in de lijst van factoren die meegewogen worden. Ten behoeve van een verdere evaluatie van de toxiciteit van gewasbeschermingsmiddelen is de Milieumeetlat voor gewasbeschermingsmiddelen gebruikt ([www.milieumeetlat.nl](http://www.milieumeetlat.nl)). De Milieumeetlat is specifiek wat betreft het aantal middelen dat is geanalyseerd en de toxiciteit van deze middelen. Echter ook deze lijst is niet volledig en een aantal buitenlandse middelen staat er niet (meer) in. De Milieumeetlat drukt de toxiciteit van gewasbeschermingsmiddelen uit in milieubelastingpunten (MBP) en maakt daarbij onderscheid tussen belasting voor waterleven, bodemleven en grondwater. Figuur 6.12 toont het resultaat in MBP van het gebruik van gewasbeschermingsmiddelen tijdens de teelt van erwten, veldbonen en bruine bonen in Nederland.



Figuur 6.12: Milieubelasting, in milieubelastingpunten (MBP) per hectare, van het gebruik van gewasbeschermingsmiddelen tijdens de teelt van erwten, veldbonen en bruine bonen in Nederland.

Op lokaal niveau is de milieubelasting door de toxiciteit van gewasbeschermingsmiddelen tijdens de teelt van veldbonen en bruine bonen dus groter dan voor erwten. Het effect op grondwater is te verwaarlozen in relatie tot het effect op waterleven en bodemleven.

Zoals eerder benoemd is de variatie in toxiciteit tussen verschillende actieve stoffen groot. Tabel 6.2 laat zien dat de milieubelasting voor waterleven, bodemleven en grondwater erg uiteen kan lopen voor verschillende actieve stoffen die gebruikt worden in de Nederlandse peulvruchtenteelt.

*Tabel 6.2: Milieubelasting, in MBP per kg actieve stof, van een aantal actieve stoffen die gebruikt worden in de teelt van peulvruchten in Nederland.*

<b>Actieve stof</b>	<b>MBP waterleven</b>	<b>MBP bodemleven</b>	<b>MBP grondwater</b>
Clomazone	0	39	0
Aclonifen	125	20	0
Bentazon	0	4	25
Iprodion	2	0	0
Deltamethrin	6817	40	0
Linuron	710	164	0

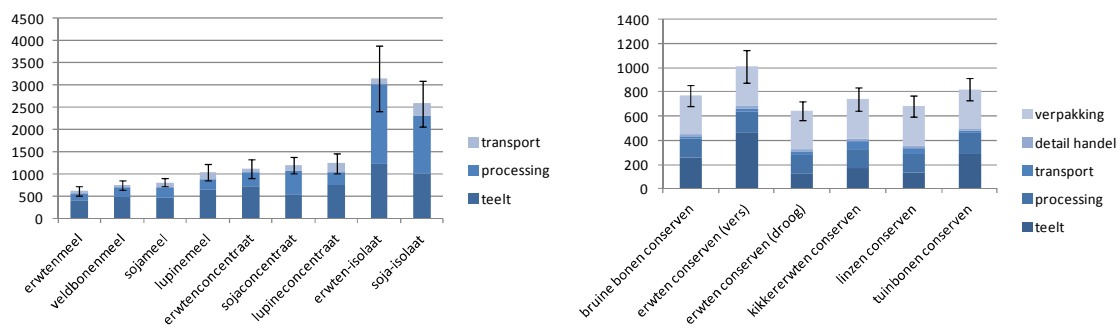


## 7 Conclusie en Discussie

### 7.1 Per ton product

#### 7.1.1 Broeikasgasemissie

Conserven van droge erwten hebben een lagere broeikasgasemissie vergeleken met verse erwten, al zijn de verschillen niet groot. De belangrijkste fasen in de levenscyclus zijn de verpakking, de teelt en de verwerking tot conserven.



Van de verwerkte peulvruchten heeft erwtenmeel de laagste broeikasgasemissie per ton product en eiwit-isolaat van erwten de hoogste. De belangrijkste fasen in de levenscyclus zijn de teelt en de processing. Gemiddeld genomen hebben melen een lagere broeikasgasemissie dan eiwitconcentraten en hebben eiwitconcentraten een lagere broeikasgasemissie dan eiwit-isolaten. Dit komt enerzijds doordat er meer peulvruchten nodig zijn voor eiwit-isolaten, gevolgd door eiwitconcentraten en als laatste melen. Anderzijds doordat er meer energie nodig is voor de verwerking tot eiwitconcentraten en eiwit-isolaten.

Tijdens de verwerking van sojabonen tot eiwitconcentraat en eiwit-isolaat worden chemicaliën gebruikt zoals hexaan en ethanol. Deze zijn meegenomen in de resultaten voor broeikasemissie, maar hebben nauwelijks een bijdrage aan de totale broeikasgasemissie van een product. In deze studie is het thema toxiciteit niet meegenomen als milieu-indicator<sup>7</sup>.

#### 7.1.2 Landgebruik

De variatie in resultaten voor de milieu-indicator landgebruik is groot en wordt sterk beïnvloed door de opbrengst per hectare van de peulvruchten. Conserven van droge erwten hebben het kleinste landgebruik en conserven van kikkererwten hebben het grootste ruimtebeslag. De oorzaak hiervan is met name een groot verschil in opbrengst per hectare.

Gemiddeld hebben melen een lager landgebruik dan eiwitconcentraten en hebben eiwitconcentraten een lager ruimtebeslag dan eiwit-isolaten. Dit komt doordat er meer peulvruchten nodig zijn voor een ton eindproduct waardoor er meer oppervlakte land bewerkt moet worden voor de teelt. Veldbonenmeel heeft het kleinste landgebruik en eiwitconcentraat van lupine het grootste.

<sup>7</sup> Een snelle analyse van "soybean meal, at oil mill, US" met behulp van de ReCiPe-methode laat zien dat de milieu-impact als gevolg van broeikasgasemissie, fossiel energiegebruik en landgebruik 98% van de totale endscore (Pt) vertegenwoordigt. Humane toxiciteit en ecotoxiciteit zorgt voor slechts 0,3% van de endscore.

Er dient echter te worden opgemerkt dat de teelt van lupine in Australië op grond gebeurt waar nauwelijks andere gewassen geteeld kunnen worden door de lage kwaliteit van de grond (organisch materiaal, nutriënten enz.) en de relatief slechte teeltomstandigheden (o.a. warm, droog). Bovendien wordt lupine in Australië onder andere geteeld om de grondkwaliteit te verbeteren. De grondverbeterende eigenschappen van onder andere lupine en het feit dat teelten zoals lupine wel groeien onder deze omstandigheden waar andere teelten dat niet doen worden niet uitgedrukt in de milieu-indicator landgebruik, waardoor je dit niet terugziet in deze resultaten.

### 7.1.3 Fossiel energiegebruik

De productie van de verpakking, in dit geval blik, heeft het grootste effect op het fossiele energiegebruik, gevolgd door de processingfase, de teelt en het transport. De variatie tussen de verschillende conserven is klein, maar wordt hoofdzakelijk veroorzaakt door verschillen in groundbewerking en verschillen in transportafstanden.

Groter is de variatie in fossiel energiegebruik bij de verwerkte producten. Gemiddeld hebben melen een lager fossiel energiegebruik dan eiwitconcentraten en hebben eiwitconcentraten een lager fossiel energiegebruik dan eiwit-isolaten. Dit komt met name doordat er meer energie-input nodig is voor de productie van eiwitconcentraten en eiwit-isolaten. Daarnaast doordat er meer peulvruchten nodig zijn voor een ton eindproduct waardoor er meer peulvruchten geteeld moeten worden.

## 7.2 Per ton eiwit

De verschillen in de milieu-impact (broeikasgasemissie, energiegebruik en landgebruik) tussen melen, eiwitconcentraten en eiwit-isolaten worden kleiner wanneer de resultaten per ton eiwit worden berekend. Bekijken we de resultaten voor broeikasgasemissie en ruimtebeslag dan scoort eiwitconcentraat van sojabonen relatief goed ten opzichte van de overige eiwitconcentraten en eiwit-isolaat van sojabonen beter dan eiwit-isolaat van lupine. Hieruit kan worden afgeleid dat sojabonen een relatief efficiënte bron zijn van eiwit. In deze berekeningen is echter geen rekening gehouden met potentiële landgebruikveranderingen (LULUC) die plaatsvinden voor de teelt van soja. Waarbij het overigens ook de vraag is hoe en in welke mate landgebruikverandering aan sojabonenteelt moet worden toegerekend. De methodiek voorstellen hiervoor verschillen zeer sterk (Ponsioen, 2010).

## 7.3 Gewasbeschermingsmiddelen

Het is niet eenvoudig gebleken om daadwerkelijke gebruikscijfers van gewasbeschermingsmiddelen te verkrijgen voor de verschillende peulvruchten in de verschillende teeltlanden. Er zijn verschillende wijzen waarop in beeld gebracht kan worden wat de milieu-impact is van gebruik van gewasbeschermingsmiddelen. De eerste is de check of de gebruikte middelen voorkomen op een zwarte lijst zoals is opgesteld door Stichting Milieukeur en Milieudefensie in Nederland of zoals The List of Lists opgesteld door The Pesticide Action Network in Groot-Brittannië. Daarnaast kan wanneer er daadwerkelijke gebruikscijfers bekend zijn de milieu-impact worden berekend met behulp van LCA-software zoals Simapro. De databases die deze LCA-software gebruiken zijn echter niet heel gedetailleerd voor gewasbeschermingsmiddelen en bovendien blijkt uit de resultaten dat effecten op het broeikas effect en fossiel energiegebruik een hogere weging krijgt dan toxiciteit, terwijl toxiciteit lokaal toch voor problemen kan zorgen. De conclusie die getrokken kan worden is dat de milieu-impact van gebruik van gewasbeschermingsmiddelen een lokaal issue is wat op lokaal niveau bekeken moet worden. De Milieumeetlat biedt hier een handvat voor. Uit de resultaten kunnen we concluderen dat de milieu-impact van het gebruik van gewasbeschermingsmiddelen voor bruine bonen en veldbonen groter is dan voor erwten.

Toelatingseisen van nieuwe gewasbeschermingsmiddelen zijn belangrijk in het terugbrengen van de milieu-impact. Nieuwe middelen hebben vaak een kleinere milieu-impact. Voor de relatief kleine teelten in Nederland wordt toelating vaak niet aangevraagd door de fabrikant van gewasbeschermingsmiddelen. Peulvruchten worden in Nederland niet op grote schaal geteeld waardoor we in Nederland waarschijnlijk niet de nieuwste en beste middelen gebruiken. Mogelijk is de milieu-impact van het gebruik van gewasbeschermingsmiddelen voor kleinschalige teelten van peulvruchten in Nederland dus groter dan in de omliggende Europese landen waar deze teelten op een grotere schaal plaats vinden.

## 7.4 Onzekerheden in de resultaten

De gebruikte data hebben een grote invloed op de resultaten. Voor deze analyse zijn de data voor een groot gedeelte afkomstig van experts uit de industrie. Wanneer geen recente en betrouwbare literatuurbronnen of publieke databases beschikbaar waren is met behulp van deze experts een goede inschatting gemaakt. Met name op het gebied van, energiegebruik tijdens de processingfase en prijzen ten behoeve van allocatie is veel gebruik gemaakt van hun kennis en ervaring.

Daarnaast is de markt van grote invloed op de producten die geproduceerd worden en of deze producten (met name de coproducten) worden verkocht als component van humane voeding of veevoeding. Dit heeft namelijk invloed op de verkoopprijs en dus ook op de allocatie van milieu-impacts. Het verschil in prijs ontstaat doordat voor gebruik in humane voeding extra kosten gemaakt worden voor verdere verwerking, verpakking en controles. Voor veevoeding is dat niet nodig en zijn de kosten lager.

De mate van onzekerheid is in de resultaten weergegeven met behulp van een onzekerheidsmarge. Het resultaat ligt naar alle waarschijnlijkheid binnen deze marge.

## 7.5 Nutritionele aspecten

Peulvruchten bevatten waardevolle voedingsstoffen die een zeer goede bijdrage kunnen leveren aan een gezond en gevarieerd voedingspatroon. Omdat in Nederland peulvruchten nauwelijks worden geconsumeerd is deze bijdrage momenteel gering. Peulvruchten zijn rijk aan eiwit en de essentiële aminozuren zijn in peulvruchten in grote mate aanwezig, maar niet in dezelfde verhouding als in vlees. Combinatie met andere plantaardige eiwitbronnen (graan) verhoogt de kwaliteit van het eiwit en kan dan worden vergeleken met dierlijke eiwitten. Wanneer peulvruchten in significante mate wordt geconsumeerd binnen een verantwoord en gevarieerd voedingspatroon kan het bijdragen aan het voorkomen en het beheersen van verschillende chronische ziekten (hart en vaatziekten, gewichtsbeheersing, diabetes, verschillende vormen van kanker). Omdat peulvruchten meer dan 20 En% eiwit bevat, kan de voedingsclaim 'eiwitrijk' worden gebruikt. Sommige peulvruchten zijn een bron van voedingsvezel, eiwit, kalium, fosfor, vitamine B1 en foliumzuur, waarvoor een voedingsclaim kan worden gebruikt. Bij vermelding van dergelijke voedingsclaims dienen de regels van de Verordening voedings- en gezondheidsclaims (1924/2006) gehanteerd te worden.

## 7.6 Milieu en nutritionele aspecten van peulvruchtproducten in perspectief

In dit rapport zijn de milieueffecten van verschillende peulvruchten en de daaruit verkregen eiwithoudende producten in kaart gebracht. De aanleiding hiervan was de toepassing van peulvruchten in de transitie van dierlijk eiwit naar plantaardig eiwit in de humane consumptie. De vraag of de peulvrucht op productniveau of op het niveau van een maaltijdcomponent een relatief gunstig milieuprofiel heeft ten

opzichte van dierlijke maaltijdcomponenten is niet eenvoudig te beantwoorden omdat vleesvervangers uit vele (vaak bewerkte) ingrediënten worden samengesteld. Bovendien hebben dierlijke eiwitbronnen (rundvlees, varkensvlees, kippenvlees, kaar, zuivel enz.) verschillende milieueffecten en nutritionele eigenschappen.

Peulvruchten hebben goede voedingseigenschappen en dragen in een gevarieerd voedingspatroon bij aan een volwaardige nutriëntenvoorziening en bevorderen de gezondheid. In combinatie met graan leveren peulvruchten bovendien volwaardig eiwit. Omdat op dit moment de consumptie van peulvruchten in Nederland erg laag is, dragen de gunstige nutritionele eigenschappen nauwelijks bij aan een verantwoord voedingspatroon.

Als peulvruchten en vlees puur als eiwitcomponent van de maaltijd worden gegeten, zouden deze producten op eiwitbasis met elkaar vergeleken kunnen worden. Deze vergelijking is echter niet helemaal juist, omdat deze producten meer nutriënten bevatten dan alleen eiwitten en in verschillende hoeveelheden. Als per nutriënt de milieueffecten naast elkaar worden gezet zal het beeld iedere keer weer veranderen en valt er geen conclusie te trekken. De opname van meer peulvruchten (en minder dierlijke producten) in onze voeding zal bovendien naar alle waarschijnlijkheid een effect hebben op de gehele samenstelling van ons voedingspatroon. Dat betekent dat peulvruchten niet één op één vergeleken kunnen worden met bijvoorbeeld rundvlees, kip of varken. Om het milieueffect van peulvruchten als maaltijdcomponent te beoordelen is dus onderzoek nodig op maaltijd- of voedingsniveau waarin reële gelijkwaardige menu's opgebouwd met en zonder peulvruchten.

Door de lage opbrengsten van peulvruchten (kg/ha) komen de milieueffecten soms minder gunstig naar voren. Bovendien zijn enkele positieve aspecten van de teelt van peulvruchten niet meegenomen in de thema's broeikasgasemissie, fossiel energiegebruik, landgebruik en gebruik van gewasbeschermingsmiddelen. Door het stikstofbindende vermogen van peulvruchten wordt de bodemvruchtbaarheid verbeterd en zijn in vervolgteelten minder meststoffen nodig. Dit geldt met name voor grond die arm is aan voedingsstoffen. Sommige peulvruchtensorten kunnen op minder vruchtbare grond geteeld worden waar andere gewassen slecht gedijen. Als het gaat om mondiale voedselzekerheid is dit aspect van belang. Doordat afgelopen decennia niet of nauwelijks is geïnvesteerd in plantenveredeling en teeltkundig onderzoek liggen hier wat betreft milieuaspecten voor peulvruchten nog kansen; namelijk door verhoging van de opbrengst per hectare.

## 8 Referenties

- Anonymous, 2010, Life cycle Impact of Soybean Production and Soy Industrial Products. Omni Tech International.
- Bindraban P.S. et.al. , 2009, GM-related sustainability: agro-ecological impacts, risks and opportunities of soy production in Argentina and Brazil
- Bjornsson H., 2007, Fertilization of Nootka lupin (*Lupinus nootkatensis*) for biomass production and carbon sequestration. Agricultural University of Iceland, Iceland.
- Blonk H., Kool A., Luske B., 2008, Milieueffecten van Nederlandse consumptie van eiwitrijke producten: gevolgen van vervanging van dierlijke eiwitten anno 2008. Blonk Milieu Advies, Gouda.
- Blonk H., Ponsioen T., Kool A., Marinussen M., 2011, The Agri-Footprint Method: Methodological LCA-framework, assumptions and applied data. Blonk Milieu Advies, Gouda.
- Blonk H., 2007, Broeikaseffect en duurzame grondstoffen als thema voor het Zeeuwse MKB; ontwikkeling van een aanpak. Blonk Milieu Advies, Gouda.
- Blonk H., Kool A., Luske B., Ponsioen T., Scholten J., 2010, Berekening van broeikasgasemissies door de productie van tuinbouwproducten. Blonk Milieu Advies, Gouda.
- Broekema R., Blonk H., 2009, Milieukundige vergelijking van vleesvervangers. Blonk Milieu Advies, Gouda.
- Broekema R., Blonk H., 2010, Milieueffecten van sperziebonen en spinazie; een vergelijking tussen vers, conserven en diepvries. Vanaf de teelt tot op het bord. Blonk Milieu Advies, Gouda.
- Sevenster M., 2007, Environmental indices for the Dutch packaging tax. CE Delft, Delft.
- Cash D. , Lockerman R. , Bowman H., Welt L., 1996, Growing lentils in Montana, Montana State University.
- Dalgaard R., J. Schmidt N. Halberg P. Christensen M. Thrane and W.A. Pengue, 2008, LCA of Soybean Meal. In: International Journal of LCA, vol. 13, pag. 240 – 254.
- ERS 2011, website Economic Research Service of USDA [www.ers.usda.gov](http://www.ers.usda.gov) visited on 9 June 2011
- EU, 1999, European emission guidelines, EU solvents directive 1999/13.
- Glencross B., Curnow J., Hawkins W., 2003, Assessment of the nutritional variability of lupins as an aquaculture feed ingredient., Western Australian Marine Research Laboratories.
- International Energy Agency, 2010 edition, CO<sub>2</sub>-emissions from fuel combustion.
- KWIN: Schreuder R., Leeuwen van M., Spruijt J., Voort van der M., Asperen van P., Hendrik-Goossens V., 2009, Kwantitatieve informatie akkerbouw en vollegrondsgroenteteelt 2009. Praktijkonderzoek Plant en Omgeving, Wageningen Universiteit en Research centre.
- Mahler R.L., 2005, Northern Idaho Fertilizer Guide - Chickpeas, University of Idaho.

Muehlbauer F.J., Tullu, A., 1997, New crop fact sheet: *Pisum sativum* L. (peas)

NEVO: Jansen van der Vliet M., Westerbrink S., 2011, Nederlands voedingsstoffenbestand 2011. RIVM/ Voedingscentrum, Den Haag.

Parkhomenko S., 2004, International competitiveness of soybean, rapeseed and palm oil production in major producing regions (Sonderheft 267). Braunschweig : Federal Agricultural Research Centre (FAL), 2004.

Pesticide Action Network, 2009, The List of Lists – 3rd edition 2009.

Plancquaert Ph., Field pea., Institut Technique des Cereales et des Fourrages (ITCF), Paris, France.

Ponsioen, T. and H. Blonk (2010). Allocating greenhouse gas emissions from land conversion. VII International Conference on Life Cycle Assessment in the Agri-food Sector, Bari September 22-24, 2010.

Pradhan, A., D.S. Shrestha, A. McAloon, W. Yee, M. Haas and J.A. Duffield 2011, Energy life-cycle assessment of soybean biodiesel revisited. In: American Society of Agricultural and Biological Engineers, vol 54(3): 1031 – 1039.

Whole Food Catalog, 2011: <http://wholefoodcatalog.info/>

Schmidt J. H., 2007, Life cycle assessment of rapeseed oil and palm oil. Ph.D. thesis, Part 3: Life cycle inventory of rapeseed oil and palm oil. Department of Development and Planning, Aalborg University, Aalborg.

## 9 Bijlage

### 9.1 Teeltdata

#### 9.1.1 Opbrengst

		Netto opbrengst peulvrucht	Drogestof	Eiwitgehalte	Referenties
		ton/ha	%	%	
bruine bonen (droog)	Nederland	3100	84	20	KWIN, 2009; expert; Whole Food Catalog
erwten (droog)	Nederland	4900	84	21	KWIN, 2009; expert; Nevo, 2011
erwten (droog)	Frankrijk	4269	84	21	FAO, 2005-2009; expert; Nevo, 2011
erwten (droog)	UK	3376	84	21	FAO, 2005-2009; expert; Nevo, 2011
erwten (vers)	Nederland	6500	24	4	FAO, 2005-2009; Muehlbauer,1997; Nevo, 2011
erwten (vers)	België	7000	24	4	FAO, 2005-2009; Muehlbauer,1997; Nevo, 2011
erwten (vers)	Frankrijk	4750	24	4	FAO, 2005-2009; Muehlbauer,1997; Nevo, 2011
kikkererwten (droog)	Turkije	1089	86	21	FAO, 2005-2009; Nevo 2011, Nevo 2011
kikkererwten (droog)	Rusland	1610	86	21	FAO, 2005-2009; Nevo 2011, Nevo 2011
kikkererwten (droog)	Canada	1491	86	21	FAO, 2005-2009; Nevo 2011, Nevo 2011
linzen (droog)	China	1947	86	25	FAO, 2005-2009; Nevo 2011, Nevo 2011
linzen (droog)	Canada	1412	86	25	FAO, 2005-2009; Nevo 2011, Nevo 2011
linzen (droog)	Turkije	1248	86	25	FAO, 2005-2009; Nevo 2011, Nevo 2011
tuinbonen (vers)	Nederland	6500	24	5	KWIN, 2009; Muehlbauer,1997; Muehlbauer,1997
veldbonen (droog)	Nederland	5900	84	26	KWIN, 2009; expert; Whole Food Catalog
veldbonen (droog)	Frankrijk	4920	84	26	FAO, 2005-2009; expert; Whole Food Catalog
veldbonen (droog)	UK	3815	84	26	FAO, 2005-2009; expert; Whole Food Catalog
sojabonen (droog)	Canada	2810	86	36	FAO, 2005-2009; Parkhomenko, 2004; Whole Food Catalog
sojabonen (droog)	Oost-Europa	2300	86	32	FAO, 2005-2009; Parkhomenko, 2004; Whole Food Catalog
lupine (droog)	Australië	1144	91	32	FAO, 2005-2009; Glencross, 2003; Glencross, 2003
lupine (droog)	Duitsland	2644	91	32	FAO, 2005-2009; Glencross, 2003; Glencross, 2003

## 9.1.2 Meststoffen

		Totaal N stikstoffixatie*	Stikstof- gift kunstmest (overig)	Fosfaat- gift kunstmest	Kalium-gift kunstmest	Referenties kunstmestgift
		kg N/ha	kg N/ha	kg P2O5/ha	kg K2O/ha	
bruine bonen (droog)	Nederland	29	105	119	84	Expert; KWIN, 2009
erwten (droog)	Nederland	120	0	119	84	KWIN, 2009
erwten (droog)	Frankrijk	105	0	125	0	Plancquaert
erwten (droog)	UK	83	0	25	40	Plancquaert
erwten (vers)	Nederland	3	159	144	99	KWIN, 2009
erwten (vers)	België	3	158	50	70	Berekend; FAO, 2002
erwten (vers)	Frankrijk	0	187	85	180	Berekend; FAO, 2002
kikkererwten (droog)	Turkije	26	0	30	45	Mahler, 2005
kikkererwten (droog)	Rusland	38	0	30	45	Mahler, 2005
kikkererwten (droog)	Canada	35	0	30	45	Mahler, 2005
linzen (droog)	China	59	0	34	51	Cash, 1996
linzen (droog)	Canada	43	0	34	51	Cash, 1996
linzen (droog)	Turkije	38	0	34	51	Cash, 1996
tuinbonen (vers)	Nederland	9	100	144	249	KWIN, 2009
veldbonen (droog)	Nederland	159	0	119	93	KWIN, 2009
veldbonen (droog)	Frankrijk	133	0	119	93	KWIN, 2009
veldbonen (droog)	UK	103	0	119	93	KWIN, 2009
sojabonen (droog)	Canada	96	4	30	28	ERS, 2011
sojabonen (droog)	Oost-Europa	72	4	30	28	ERS, 2011
lupine (droog)	Australië	37	10	30	40	Blonk, 2007
lupine (droog)	Duitsland	92	20	42	100	Bjornsson, 2007

\* fractie aanwezige N door stikstofbinding = 60%+(-0,33%\*N mest)



### 9.1.3 Energiegebruik

		Diesel verbruik	Droging t.b.v. droge teelt, elektriciteit*	Droging t.b.v. droge teelt, gas**
		liter/ha	kWh/ton	m3/ton
bruine bonen (droog)	Nederland	100	65	11,9
erwten (droog)	Nederland	100	65	11,9
erwten (droog)	Frankrijk	100	65	11,9
erwten (droog)	UK	100	65	11,9
erwten (vers)	Nederland	100	0	0
erwten (vers)	Belgie	100	0	0
erwten (vers)	Frankrijk	100	0	0
kikkererwten (droog)	Turkije	100	1	0,2
kikkererwten (droog)	Rusland	100	1	0,2
kikkererwten (droog)	Canada	100	1	0,2
linzen (droog)	China	100	20	3,7
linzen (droog)	Canada	100	20	3,7
linzen (droog)	Turkije	100	20	3,7
tuinbonen (vers)	Nederland	100	0	0
veldbonen (droog)	Nederland	100	65	11,9
veldbonen (droog)	Frankrijk	100	65	11,9
veldbonen (droog)	UK	100	65	11,9
sojabonen (droog)	Canada	100	40	7,3
sojabonen (droog)	Oost-Europa	100	40	7,3
lupine (droog)	Australie	100	0	0
lupine (droog)	Duitsland	100	0	0

\* iedere % droge stof kost 10 kWh om te drogen tot 90% DS (inschatting o.b.v. meerdere literatuurbronnen)

\*\* iedere % droge stof kost 1,83 m3 om te drogen tot 90% DS (inschatting o.b.v. meerdere literatuurbronnen)

	eenheid	kg CO <sub>2</sub> eq/eenheid	MJ// eenheid	
diesel	liter	3,61	48,5	Blonk, 2011, Agrifootprint
gas	m3	1,89	33,4	Blonk, 2011, Agrifootprint
olie	liter	3,59	46,3	Blonk, 2011, Agrifootprint
hexaan	kg	0,898	59,64	Hexane, at plant RER, Ecolnvent version 2.1
ethanol	kg	1,24	46,2	Ethanol from Ethylene RER, Ecolnvent version 2.1
elektriciteit Nederland	kWh	542	10	IEA 2008 + 150 voor achtergrondemissies
elektriciteit België	kWh	399	10	IEA 2008 + 150 voor achtergrondemissies
elektriciteit Frankrijk	kWh	233	10	IEA 2008 + 150 voor achtergrondemissies
elektriciteit UK	kWh	637	10	IEA 2008 + 150 voor achtergrondemissies
elektriciteit Duitsland	kWh	591	10	IEA 2008 + 150 voor achtergrondemissies
elektriciteit Argentinië	kWh	516	10	IEA 2008 + 150 voor achtergrondemissies
elektriciteit Hongarije	kWh	331	10	IEA 2008 + 150 voor achtergrondemissies
elektriciteit Turkije	kWh	645	10	IEA 2008 + 150 voor achtergrondemissies
elektriciteit China	kWh	895	10	IEA 2008 + 150 voor achtergrondemissies
elektriciteit Canada	kWh	331	10	IEA 2008 + 150 voor achtergrondemissies
elektriciteit Rusland	kWh	476	10	IEA 2008 + 150 voor achtergrondemissies
elektriciteit Australië	kWh	1033	10	IEA 2008 + 150 voor achtergrondemissies

## 9.2 Processingdata

Zie 8.1.3 voor emissiefactoren van energieverbruik.

### 9.2.1 Energieverbruik meel, eiwitconcentraat en eiwit-isolaat

Proces	Elektriciteit	Gas	Olie	Ingenschap op basis van:
	<b>(kWh/ton IN)</b> (3,6 MJ/kWh)	<b>(m3/ton IN)</b> (31,65 MJ/m3)	<b>(l/ton IN)</b> (36 MJ/l)	
Erwtenmeel	209		11,5	25% minder dan sojameel en lupinemeel, olie blijft hetzelfde
Veldbonen meel	209		11,5	25% minder dan sojameel en lupinemeel, olie blijft hetzelfde
Sojameel (volvet)	278		11,5	expert
Lupinemeel	278		11,5	expert
Erwtenconcentraat	209		11,5	expert
Sojaconcentraat	282	22,7	11,5	elektriciteit en olie o.b.v. sojameel en extra gas voor drogen
Lupineconcentraat	278		11,5	expert
Erwten isolaat	278	116	40	elektriciteit o.b.v. sojameel en lupinemeel; gas berekend o.b.v. expert en olie o.b.v. natte maling maïs.
Soja isolaat	282	116	40	elektriciteit o.b.v. sojameel en lupinemeel; gas berekend o.b.v. expert en olie o.b.v. natte maling maïs.

### 9.2.2 Energieverbruik conserven

Proces	Elektriciteit	Gas	Blik	Ingenschap op basis van:
	<b>(kWh/ton OUT)</b> (3,6 MJ/kWh)	<b>(m3/ton OUT)</b> (31,65 MJ/m3)	<b>Kg/ ton OUT</b>	
Bruine bonen	90,9	57,09	165	Expert: Bij droge oogst is het verbruik +/- 5-10 % lager dan bij verse oogst
Erwten (vers)	97,7	61,37	165	Expert: Bij droge oogst is het verbruik +/- 5-10 % lager dan bij verse oogst
Erwten (droog)	90,9	57,09	165	Expert: Bij droge oogst is het verbruik +/- 5-10 % lager dan bij verse oogst
Kikkererwten	90,9	57,09	165	Expert: Bij droge oogst is het verbruik +/- 5-10 % lager dan bij verse oogst
Linzen	90,9	57,09	165	Expert: Bij droge oogst is het verbruik +/- 5-10 % lager dan bij verse oogst
Tuinbonen (vers)	97,7	61,37	165	Expert: Bij droge oogst is het verbruik +/- 5-10 % lager dan bij verse oogst

	kg CO2eq/kg	MJ/kg	
Blik	1,96	25,2	Ecolnvent, Stainless steel in combi met CE 2004 en A/2+B/2; berekeningen obv Sevenster, 2007

## 9.3 Transportdata

		Transport vrachtwagen	Transport rail	Transport binnenvaart	Transport zeeschip
		<i>km</i>	<i>km</i>	<i>km</i>	<i>km</i>
bruine bonen (droog)	Nederland	100	0	0	0
erwten (droog)	Nederland	100	0	0	0
erwten (droog)	Frankrijk	450	0	0	0
erwten (droog)	UK	500	50	0	0
erwten (vers)	Nederland	100	0	0	0
erwten (vers)	België	200	0	0	0
erwten (vers)	Frankrijk	450	0	0	0
kikkererwten (droog)	Turkije	2500	0	0	0
kikkererwten (droog)	Rusland	500	2000	0	0
kikkererwten (droog)	Canada	200	500	0	6000
linzen (droog)	China	500	0	0	10000
linzen (droog)	Canada	200	500	0	6000
linzen (droog)	Turkije	2500	0	0	0
tuinbonen (vers)	Nederland	100	0	0	0
veldbonen (droog)	Nederland	100	0	0	0
veldbonen (droog)	Frankrijk	450	0	0	0
veldbonen (droog)	UK	500	50	0	0
sojabonen (droog)	Canada	200	500	0	6000
sojabonen (droog)	Oost-Europa	1150	0	0	0
lupine (droog)	Australië	500	0	0	18000
lupine (droog)	Duitsland	400	0	0	0

	kg CO2eq/tkm	MJ/tkm	
regulier wegtransport	0,1	1,7	Transport, lorry >16t fleet average, Ecolnvent version 2.1
binnenvaart transport	0,05	0,6	Transport, barge RER, Ecolnvent version 2.1
trein transport	0,05	0,7	Transport, freight rail, diesel US, Ecolnvent version 2.1
zeetransport	0,01	0,2	Transport, transoceanic freight ship OSE, Ecolnvent version 2.1

## 9.4 Energieverbruik in de detailhandel

gasverbruik	0,0016	m3/kg conserven
elektriciteitsverbruik	0,0308	kWh/kg conserven

Op basis van:

Voor conserven gaat het niet om energieverbruik t.b.v. koeling maar om het overige energieverbruik voor verlichting en verwarming van de winkel. Er is gebruik gemaakt van de SenterNovem databank, waaruit een energieverbruik (exclusief koeling en bereiding van producten) volgt van 138,9 kWh voor gasverbruik en 310 kWh elektriciteitsverbruik per vierkant meter winkeloppervlakte. Wanneer we aannemen (bij een schaphoogte van 2 meter) dat er 10 % van het volume gebruikt wordt, komt dit neer op 0,0044 kWh per liter per dag elektriciteit en 0,000225 m<sup>3</sup> gas per liter per dag. Er wordt rekening gehouden met het extra volume van de verpakking, waarvoor geschat wordt dat deze 20% toevoegt aan het totale volume per kg

conserven. Verder is er een inschatting gemaakt van de tijd die een product in de supermarkt doorbrengt (ongeveer 7 dagen).

## 9.5 Prijzen ten behoeve van allocatie

Prijzen ten behoeve van allocatie zijn samengesteld op basis van scenario's van verkoop van de coproducten voor humane consumptie en veevoeding. De scenario's en de prijzen zijn opgesteld met behulp van experts uit de peulvruchtenindustrie. Prijzen tussen haakjes zijn verhoudingsgewijs weergegeven. De prijzen voor sojamelasse en okara zijn gebaseerd op aankooprijzen van de producten via internethandelaren. Hier zijn verder geen literatuurbronnen voor gevonden.

Coproduct	Humaan	Prijs €/ ton	Vee	Prijs €/ ton
Erwtenmeel	100%	450	0%	
Erwtenhullen	80%	300	20%	125
Veldbonen meel	100%	550	0%	
Veldbonen hullen	5%	200	95%	125
Sojabonenmeel	100%	900	0%	
Sojahullen	100%	180	0%	
Lupinemeel	100%	(2,5)	0%	
Lupinehullen	50%	(1)	50%	(0,5)

Coproduct	Humaan	Prijs €/ ton	Vee	Prijs €/ ton
Erwtenconcentraat	100%	1800	0%	
Erwtensetmeel	0%	300	100%	125
Erwtenhullen	50%	300	50%	125
Sojaconcentraat	100%	1600	0%	
Sojaolie		505		505
Sojahullen	100%	180	0%	
Sojamelasse	100%	1340	0%	
Lupineconcentraat	100%	(2)	0%	
Lupinezetmeel	50%	(2)	50%	(1,5)
Lupinehullen	50%	(1)	50%	(0,5)

Coproduct	Humaan	Prijs €/ ton	Vee	Prijs €/ ton
Erwten isolaat	100%	2800	0%	
Erwtensetmeel	100%	600	0%	125
Erwtenhullen	50%	300	50%	125
Soja isolaat	100%	3250	0%	
Sojaolie		505		505
Sojahullen	100%	180	0%	
Soja extraction residue (okara)	100%	1765	0%	