

Een literatuuronderzoek naar verschillen in prestaties tussen biologische en gangbare landbouw

Energiegebruik en broeikasgasemissies in de biologische keten

bioKennis →



WAGENINGENUR

For quality of life

Energiegebruik en broeikasgasemissies in de biologische keten

Een literatuuronderzoek naar verschillen in prestaties tussen biologische en gangbare landbouw

M.P.J. van der Voort

© 2008 Wageningen, Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V.

Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden veeleelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand, of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen of enige andere manier zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van Praktijkonderzoek Plant & Omgeving.

Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V. is niet aansprakelijk voor eventuele schadelijke gevolgen die kunnen ontstaan bij gebruik van gegevens uit deze uitgave.

PPO Publicatienr. 32500744;

In Nederland vindt het meeste onderzoek voor biologische landbouw en voeding plaats in de, voornamelijk door het ministerie van LNV gefinancierde, cluster Biologische Landbouw. Aansturing hiervan gebeurt door Bioconnect, het kennisnetwerk voor de Biologische Landbouw en Voeding in Nederland (www.bioconnect.nl). Hoofduitvoerders van het onderzoek zijn de instituten van Wageningen UR en het Louis Bolk Instituut. Dit rapport is binnen deze context tot stand gekomen. De resultaten van de verschillende kennisprojecten vindt u op de website www.biokennis.nl. Voor vragen en/of opmerkingen over dit onderzoek aan biologische landbouw en voeding kunt u mailen naar: info@biokennis.nl. Heeft u suggesties voor onderzoek dan kunt u ook terecht bij de loketten van Bioconnect op www.bioconnect.nl of een mail naar info@bioconnect.nl.

Projectnummer: 32500744

Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V.

Akkerbouw, Groene ruimte en Vollegrondsgroenten

Adres : Edelhertweg 1, Lelystad
: Postbus 430, 8200 AK Lelystad
Tel. : 0320 - 29 11 11
Fax : 0320 - 23 04 79
E-mail : info.ppo@wur.nl
Internet : www.ppo.wur.nl

Inhoudsopgave

pagina

SAMENVATTING.....	5
1 INLEIDING	7
1.1 Aanleiding	7
1.2 Probleemstelling.....	7
1.3 Aanpak	7
2 THEORETISCH KADER	9
2.1 Indicatoren.....	9
2.1.1 Energieverbruik	9
2.1.2 CO ₂ -uitstoot (in equivalenten).....	9
2.1.3 Ruimtebeslag (Footprint).....	9
2.1.4 Voedselkilometers (Foodmiles).....	9
2.1.5 Carbon footprint	9
2.2 Methodes in de beoordeling van indicatoren.....	10
2.2.1 Life Cycle Assessment	10
2.2.2 Macro-economische benadering.....	10
2.2.3 Consumptieve allocatie	10
2.2.4 Conclusie methodes.....	10
3 AGRARISCHE BROEIKASGASEMISSIES.....	13
4 LITERATUURSTUDIE	15
4.1 LCA-methode.....	15
4.1.1 LCA of organic potatoes.....	15
4.1.2 LCA voor appels	16
4.1.3 Grain research & Development corporation.....	18
4.1.4 KU Leuven.....	20
4.1.5 Dutilh en Kramer	22
4.1.6 Carlsson-Kanyama	24
4.1.7 Energie in de varkensketen.....	25
4.1.8 ADAS Consulting Ltd.	26
4.2 Macro-economische allocatie	27
4.2.1 Externe kosten van agrarische productie in de UK	27
4.3 Consumptieve allocatie	28
4.3.1 RUG – Interfacultaire Vakgroep Energie en Milieukunde (IVEM)	28
4.3.2 Carlsson-Kanyama	31
4.4 Andere duurzaamheidsindicatoren.....	32
4.4.1 Ruimtebeslag	32
4.4.2 Voedselkilometers	32
4.4.3 Carbon footprint	33
4.5 Literatuur onderzoek DEFRA	34
5 CONCLUSIES OP BASIS VAN LITERATUUR	35
6 TOETSING IN DE PRAKTIJK.....	37

Samenvatting

Uit de onderliggende literatuurstudie is gebleken dat het niet eenduidig te stellen is of de biologische keten beter scoort als de gangbare keten. De literatuurbronnen zijn niet altijd met elkaar te vergelijken door de verschillende methodes voor de bepaling of indicatoren voor de duurzaamheid.

De primaire landbouw is verantwoordelijk voor ongeveer 10% van de totale Nederlandse broeikasgasemissies. Het agrofood-complex voor ongeveer 13%. Op het geheel aan uitstoot binnen de landbouw zijn de akkerbouw en vollegrondsgroenteteelt verantwoordelijk voor een klein deel van deze uitstoot. Glastuinbouw en veehouderij zijn de twee agrarische sectoren die een veel grotere bijdrage kennen in de uitstoot van broeikasgassen.

De literatuurstudie blijkt dat het bepalen van de prestatie van een gewas, dan wel product, sterk afhankelijk is van het soort product (gewas) of de keten. Ditzelfde geldt voor het aandeel primaire landbouw ten opzichte van de totale uitstoot aan broeikasgassen van de keten. Wel kan op basis van de literatuur een aantal stellingen benoemd worden, bijvoorbeeld dat lokale seizoensproducten veelal beter scoren als producten uit de kas en geïmporteerde producten. Dit betekent direct dat deze producten buiten het seizoen niet beschikbaar zijn. Bij deze producten geldt tevens dat de prestaties mede bepaald worden door de keten als geheel. In een aantal onderzoeken werd geconcludeerd dat grootschalige productie buiten de Europese Unie mogelijk beter kan scoren als lokale of regionale productie. Als er tijdens de teelt weinig inputs nodig zijn en het transport vindt efficiënt plaats, dan zou de keten wellicht beter kunnen scoren als een lokale productieketen.

Uit een aantal onderzoeken komt verder naar voren dat een efficiënte grootschalige keten beter presteert dan kleinschaligere ketens. Deze conclusie wordt door een aantal bronnen ook wel doorgetrokken naar de biologische sector. Door een lagere bezetting, dan wel beladingsgraad, in verwerking en transport zou de winst bij de teelt mogelijk te niet worden gedaan. Geen van de bronnen heeft daadwerkelijk onderscheid gemaakt tussen biologische en gangbare ketens op dit punt.

De onderzoeken die wel ingaan op de verschillen tussen biologisch en gangbare ketens zijn meer toegespitst op de externe effecten. Hierbij kan worden gedacht aan maatschappelijke kosten voor extra waterzuivering en gezondheidszorg waarvoor de gangbare landbouw verantwoordelijk is ten opzichte van de biologische landbouw.

Een ander aspect is het verschil tussen bewerkt en onbewerkt product. Onbewerkt product beperkt het energieverbruik en uitstoot van broeikasgassen door het lage aantal bewerkingen in de keten. Het percentage aan uitval en verlies in de keten is wel aanzienlijk hoger. Bewerkte producten worden vaak verwerkt en gekoeld of ingevroren. Hiermee neemt het energieverbruik en de uitstoot aan broeikasgassen toe. Het percentage aan uitval en verlies wordt aanzienlijk lager verondersteld. Het verschil tussen de ketens is onvoldoende duidelijk om hierover een uitspraak te kunnen doen.

Een aspect wat in elke keten voor extra energiegebruik en uitstoot aan broeikasgassen zorgt is verpakkingsmateriaal. De mate waarin het verpakkingsmateriaal bijdraagt aan het energieverbruik en de uitstoot aan broeikasgassen is sterk afhankelijk van materiaal en toepassing.

Een ander aspect hangt samen met de activiteiten van de consument. In veel onderzoeken stopt de keten bij de detailhandel. Uit onderzoeken die consumenten hebben meegenomen in de keten, blijkt dat consumenten veel invloed hebben op de prestatie van de keten als geheel. Het boodschappen doen met de auto kan mogelijk meer uitstoot aan broeikasgassen veroorzaken als al het eerdere vervoer in de keten. De veelal geringe hoeveelheid boodschappen zorgt ervoor dat de uitstoot per kilogram product hoog ligt. Het consumenten handelen is ook bepalend voor andere aspecten, zoals het uitvals- en verliespercentage in de keten.

1 Inleiding

1.1 Aanleiding

Qua energieprestaties is het nog niet duidelijk of alle biologische sectoren beter of zelfs even goed presteren als hun gangbare tegenhangers. Vanwege haar aard en intenties (regionaliteit, sluiten van kringlopen, intensieve aandacht voor bodembeheer) liggen er echter kansen voor de biologische landbouw om op dit gebied als voorloper en kraamkamer te fungeren. Wat betreft broeikasgassen komen er steeds meer aanwijzingen dat de sector nadrukkelijk wel beter presteert op het terrein van binding van CO₂. Voor beide aspecten is het van belang een tussenstand op te maken van de feitelijke prestaties en potenties van ketens in de biologische landbouw. Wordt er meer of minder energie verbruikt, wordt er meer of minder broeikasgas uitgestoten en vindt er meer CO₂-binding plaats? Met deze kennis kunnen betere keuzes worden gemaakt over de inrichting van de (biologische) voedselketen en de verschillende strategieën die daarvoor in aanmerking komen.

Om deze vragen te beantwoorden is een nadere analyse nodig van bestaande kennis en ervaring. Op basis hiervan kan kennis worden verspreid en kan ook vastgesteld worden wat de behoefte en noodzaak is van verder onderzoek en van overige maatregelen.

Voorgaande vragen waren onderwerp van studie in het 2006 uitgevoerde project 'energiegebruik en broeikasgasemissies in de biologische landbouw'. Dit project richtte zich op de analyse en synthese van de huidige beschikbare kennis op dit terrein. Het project heeft een deel van de gestelde vragen kunnen beantwoorden maar er zijn ook een aantal kennislacunes en vervolgvragen geïdentificeerd die om nader onderzoek vragen. De biologische keten is in de studie van 2006 niet meegenomen. In de onderliggende studie wordt daarom voornamelijk gekeken naar de aspecten en prestaties van de biologische keten op het gebied van energieverbruik en broeikasgasemissies.

1.2 Probleemstelling

Om betere keuzes te kunnen maken over de inrichting van de (biologische) voedselketen komen de volgende vragen aan de orde in het onderzoek:

- Wat is er in de nationale en internationale literatuur bekend over de prestaties van gangbare en biologische voedselketens wat betreft energieprestaties en broeikasgasproductie?
- Hoe relevant is het energiegebruik in de gangbare en biologische voedselketen (t.o.v. verbruik en emissie bij productie)?
- Zijn er verschillen te verwachten tussen biologische en gangbare voedselketens?
- Wat zijn de belangrijke factoren die energieverbruik en broeikasgas emissie in de voedselketen bepalen?

1.3 Aanpak

➤ Literatuuronderzoek ketens/energieverbruik en broeikasgasemissies

De literatuurstudie moet de grote lijnen zichtbaar maken op het gebied van bestaande voedselketens, zowel biologisch als gangbaar. Hierbij wordt gekeken naar grootte van de verschillende stromen, ketenopzet en andere relevante aspecten. Daarnaast wordt er in de literatuurstudie bekeken wat er reeds bekend is over energieverbruik in de verschillende voedselketens. Dit kan weer getoetst worden aan bestaande biologische en gangbare ketens.

➤ **Gegevens en aanbevelingen voor vervolgonderzoek**

Uit de behandelde literatuurbronnen zijn de gegevens over energiegebruik en broeikasgasemissies per kilogram product geïnventariseerd. De gegevens kunnen bij onderzoeken naar energiegebruik en broeikasgasemissies als richtwaarden worden gebruikt.

2 Theoretisch kader

2.1 Indicatoren

Op basis van de literatuurstudie komen een aantal indicatoren voor duurzaamheid naar voren.

1. Energieverbruik
2. CO₂-uitstoot (ook equivalenten)
3. Ruimtebeslag (footprint)
4. Voedselkilometers

Deze vier indicatoren, waaraan duurzaamheidsaspecten van de keten of landbouw worden beoordeeld, zijn de meest voorkomende. Een recent veelvuldig in het nieuwsgenoemde 'carbon footprint' kan hieraan als vijfde worden toegevoegd.

5. Carbon footprint

2.1.1 Energieverbruik

Het energieverbruik in de keten bestaat uit de energie die nodig is voor de processen die het product in de keten ondergaat. Het energieverbruik wordt uitgedrukt in MegaJoule per kilogram product.

2.1.2 CO₂-uitstoot (in equivalenten)

De CO₂-uitstoot in de keten bestaat uit de broeikasgassen die tijdens de processen in de keten wordt uitgestoten. De verschillende broeikasgassen worden tevens naar kilogram CO₂-equivalenten vertaald. Het type broeikasgas bepaald de uitstoot in CO₂-equivalenten. Bijvoorbeeld methaan (CH₄) is twintig maal sterker als CO₂. Dit verschil wordt door berekening in CO₂-equivalenten gecompenseerd.

2.1.3 Ruimtebeslag (Footprint)

Ruimtebeslag wordt ook wel footprint of voetafdruk genoemd. Onze voetafdruk/ruimtebeslag is een weergave van de oppervlakte land en water, welke nodig is om in onze levensstijl per individu, regio, gemeente, land of bedrijf te voorzien. Het is een geschatte oppervlakte land en water welke nodig is om te voorzien in alle natuurlijke bronnen welke worden geconsumeerd en het opnemen van afval (Ecologic).

2.1.4 Voedselkilometers (Foodmiles)

De term "Food miles" is voor het eerst benoemd, van SAFE Alliance tegenwoordig Sustain, in 1994. Het rapport benoemt de zorgen uit over de negatieve invloeden op milieu en socio-economisch vlak in relatie tot transport van voedselproducten. Voedselkilometers zijn de kilometers die zijn afgelegd door het voedselproduct van boerderij tot consument. Veelal worden voedselkilometers in kg/kilometer of ton/kilometer bepaald (Watkiss, 2005).

2.1.5 Carbon footprint

De Carbon Footprint is de mate waarin menselijk handelen invloed heeft op het milieu en dit in de hoeveelheid broeikasgas die wordt uitgestoten (carbonfootprint.com). De Carbon Footprint wordt uitgedrukt in CO₂-equivalenten. De Carbon Footprint is vergelijkbaar met de CO₂-uitstoot (par. 2.1.2), maar verschilt hiervan door het uitgangspunt. Bij de bepaling van de CO₂-uitstoot staat het product centraal, terwijl bij de Carbon Footprint de persoon (individu) centraal staat. De Carbon Footprint is wat dit betreft vergelijkbaar met de berekening van het ruimtebeslag. De definitie van Carbon Footprint is trouwens niet in alle gevallen helder, op basis van een aantal internetbronnen komen verschillende interpretaties naar voren.

2.2 Methodes in de beoordeling van indicatoren

De duurzaamheidsindicatoren zijn medebepalend geweest voor de indeling van de literatuurstudie. De literatuur wordt behandeld per duurzaamheidsindicator. Dit moet de onderlinge conclusies beter vergelijkbaar maken.

2.2.1 Life Cycle Assessment

De Life Cycle Assessment methode (ook wel LCA-methode) is ontwikkeld om de milieutechnische impact van producten, zowel productie als consumptie, te bepalen. De LCA-methode is inmiddels vastgelegd in de ISO 14040:2006. Deze ISO-norm is opgesteld in antwoord op het toenemende milieu- en klimaat bewust zijn en als aanvulling op de ISO 14001. De LCA-methode wordt ook wel de 'wieg tot graf'-benadering genoemd. Belangrijk bij de LCA-methode is de afbakening van de keten. Figuur 1 geeft een voorbeeld van een afbakening (systeemgrens) volgens de LCA-methode. De activiteiten, die al dan niet worden meegenomen in de berekening, zijn bepalend voor het resultaat. In vergelijking van de conclusies uit onderzoeken is de systeemgrens een belangrijk element.

2.2.2 Macro-economische benadering

Een aantal studies is gebaseerd op macro-economische principes. De methoden zijn veelal kostprijs gebaseerd en gaan in op vervangings-, substitutie-, schoonmaakkosten en verlies aan inkomsten. Er wordt in dergelijke studies vooral gekeken naar kosten die buiten de agrarische keten liggen. De kosten die voor rekening van de maatschappij komen, bijvoorbeeld de kosten van files of de kosten van vervuiling. De kosten van effecten liggen buiten de agrarische keten en markten van producten en worden door de gehele maatschappij gedragen. Het berekenen van kosten van de effecten helpt bij het volledig in kaart brengen van de consequentie ervan (Tegtmeier, 2004).

2.2.3 Consumptieve allocatie

De Interfacultaire Vakgroep voor Energie en Milieukunde (IVEM) van de Rijksuniversiteit Groningen heeft voor haar onderzoeken met betrekking tot het huishoudelijke energiegebruik het Energie Analyse Programma (EAP) ontwikkeld. Met het EAP wordt het energiebeslag voor specifieke producten als wel het energiebeslag voor het gehele huishoudelijke consumptiepakket bepaald. Deze methode wordt gemakshalve hier consumptieve allocatie genoemd. Reden hiervoor is dat in het EAP het consumptiepakket van het huishouden centraal staat (Gerbens-Leens, 2000).

De consumptieve allocatie is een combinatie van een LCA-methode en een input-output analyse. In het EAP is een database opgenomen met hierin het energieverbruik en de broeikasgasemissies van verschillende sectoren in de verschillende stadia van de levenscyclus (Kramer, 1999).

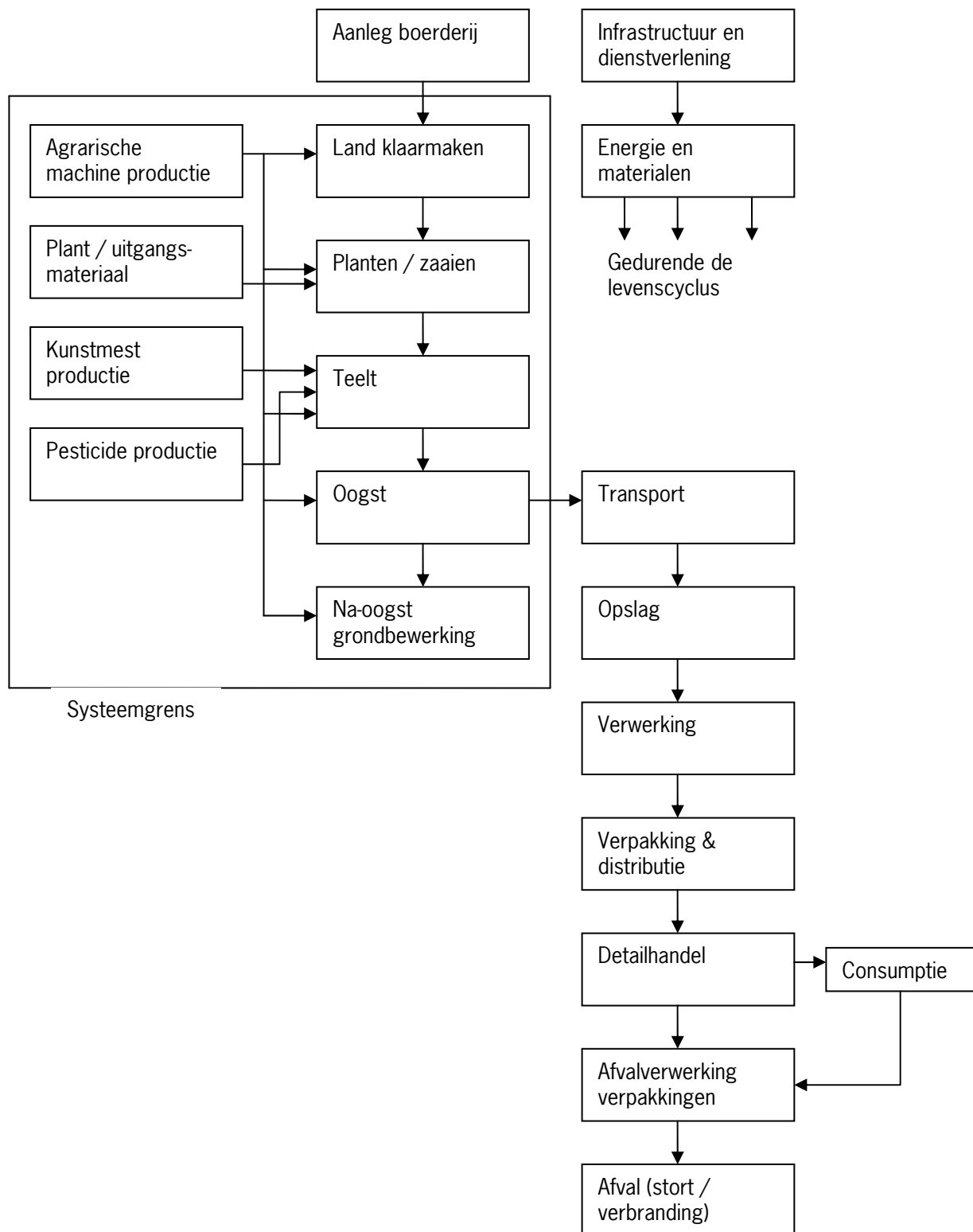
2.2.4 Conclusie methodes

Alle berekeningswijzen zijn gericht op het bepalen van de duurzaamheid in relatie tot klimaat en milieu. De LCA-methode is een cijfermatige benadering waarin het product en de activiteiten in de keten centraal staan.

De macro-economische benadering is gericht op het bepalen van externe effecten (o.a. milieukosten) die niet in de productprijs worden verwerkt. Het effect van gebruik van pesticiden kan in een LCA-methode worden meegenomen, maar externe effecten zoals hogere gezondheidsklachten en meer waterzuiveringscapaciteit, zijn kosten die niet in het proces en hiermee niet in de prijs van het product zijn opgenomen. De macro-economische benadering beoordeelt vooral de effecten (kosten) die optreden buiten het proces en/of keten. De consumptieve allocatie is gebaseerd op LCA-methodes, maar de uitkomsten zijn gerelateerd aan de consumptie door huishoudens.

Door de verschillende berekeningswijzen zijn studies onderling moeilijk vergelijkbaar. De literatuurbronnen zullen daarom per berekeningswijzen worden behandeld.

Hieronder is een voorbeeld keten opgenomen. De systeemgrens van het onderzoek bepaald welke activiteiten in de keten worden meegenomen. In het onderstaande voorbeeld vallen alleen de activiteiten in de primaire productie binnen de systeemgrens. Meer over systeemgrenzen wordt in paragraaf 2.2.1 Life Cycle Assessment toegelicht.



Figuur 1.: Voorbeeld van afbakening van de keten volgens de LCA-methode

3 Agrarische broeikasgasemissies

De emissie van uit de agrarische sectoren betreft alleen de broeikasgassen CO₂, CH₄ en N₂O. De emissie van CO₂ is gerelateerd aan het energiegebruik en, in aflopend belang, afkomstig uit glastuinbouw, de voedings- en genotsmiddelenindustrie, de toelevering en distributie en de overige primaire agrarische sectoren. De veehouderij, vooral de rundveestal, is de belangrijkste bron van methaanemissies. 80% van de methaanemissie is afkomstig van dieren en 20% daarvan is toe te schrijven aan methaanemissie uit mestopslagen bij langdurige opslag. De emissie van lachgas wordt veroorzaakt door de toediening van stikstofhoudende mest op landbouwgronden (gras- en akkerland). Dit betreft dierlijke en kunstmest. De emissie van methaan en lachgas staan niet op zichzelf maar hebben onderling relaties via de koolstof-stikstofhuishouding (C/N-cyclus), waarbij tevens nitraat en ammoniak een rol spelen.

Bij broeikasgasemissies is onderscheid te maken tussen directe en indirecte emissies. Directe emissies zijn volledig toe te schrijven aan de productieprocessen van een sector. Indirecte emissies zijn emissies die optreden bij de producten van productiemiddelen (elektriciteit, kunstmest e.d.) door derden (Opel, 2001). De directe emissie van het agrocomplex (exclusief de agrologistiek) bedraagt momenteel circa 32 Mton CO₂-equivalenten. Dit is 13% van de nationale broeikasgasemissies. Daarvan neemt de doelgroep Land en tuinbouw (primaire agrarische sectoren) met 25,6 Mton CO₂-equivalenten 80% voor haar rekening. De overige broeikasgasemissies worden veroorzaakt door de voedings- en genotmiddelenindustrie (VGI) en de toelevering en distributie (Opel, 2001).

Tabel 1.: Emissie in 1990 en 1997 in Mton CO₂-equivalenten

	1990	1997
CO ₂ primaire landbouw	8,6*	8,2*
CH ₄ primaire landbouw	10,6	9,4
N ₂ O primaire landbouw	6,9	8,0
Totaal primaire landbouw	26,2	25,6
CO ₂ VGI	4,1**	4,5
CO ₂ toelevering en distributie	1,6**	1,7
Agrobusiness-complex	32	32
Totaal Nederland	224*	242,9*
%- aandeel primaire landbouw	11,7	10,5
%-aandeel agrobusiness-complex	14	13

* - temperatuur gecorrigeerd

** - schatting

Bron: Opel, 2001

Voor de keten, de VGI, toelevering en distributie, wordt vooral CO₂ als broeikasgas meegenomen. In de onderstaande tabel wordt inzichtelijk gemaakt hoe de verhoudingen binnen het agrocomplex liggen.

Tabel 2.: Geraamde directe CO₂-emissie van het agrocomplex

Sector	1990	1997
Glastuinbouw	7,0	6,6
Overige primaire agrarische sectoren	1,6	1,6
VGI	4,1	4,5
Toelevering en distributie	1,6	1,7
Totaal emissie CO₂	14,3	14,4

Bron: Oprel, 2001

Tabel 3.: Benadering van directe broeikasgasemissies in tonnen CO₂-equivalenten voor CO₂, methaan en lachgas op primaire land- en tuinbouwbedrijven, naar (hoofd)bedrijfstype, gemiddeld per bedrijf over 1997

	Emissie methaan	Emissie lachgas	Emissie CO₂	Totaal emissie per bedrijf	Totaalemissie per sector in Mton CO₂-eq.
Boomkwekerij	-	14	11	25	0,1
Fruitteelt	-	32	8	40	0,1
Opengrondsgroenten	-	37	11	48	0,1
Akkerbouw	-	85	11	96	1,1
Bloembollen	-	35	97	132	0,3
Paddestoelen	-	-	132	132	0,1
Gecomb. bedrijven	83	74	17	174	1,7
Hokdierbedrijven	116	29	30	175	1,5
Ov. Tuinbouw	-	64	160	224	0,1
Graasdierbedrijven	173	131	11	315	13,9
Glasbloemen	-	3	699	702	3,7
Glasgroenten	-	4	930	934	2,9
Alle bedrijven	103	88	90	280	
Totaal	9,4	8,0	8,2		25,6

Bron: Oprel, 2001

Uit de bovenstaande cijfers blijkt dat het agrocomplex (de teelt, verwerking en transport) 32 Mton CO₂-equivalenten uitstoot. De uitstoot maakt 13% uit van de totale Nederlandse uitstoot aan broeikasgasemissies. De primaire landbouw neemt hierin het grootste deel voor haar rekening. Het hoge aandeel van de primaire landbouw is grotendeels toe te schrijven aan de (kunst)mest gerelateerde uitstoot van lachgas en methaan. Uit de directe CO₂-emissies blijkt dat vooral de glastuinbouw en de voedings- en genotsmiddelenindustrie verantwoordelijk zijn voor de CO₂-emissies.

In de primaire landbouw zijn de graasdierbedrijven verantwoordelijk voor de grootste uitstoot aan broeikasgassen. Hierna volgen glastuinbouw, veehouderij en open teelten.

4 Literatuurstudie

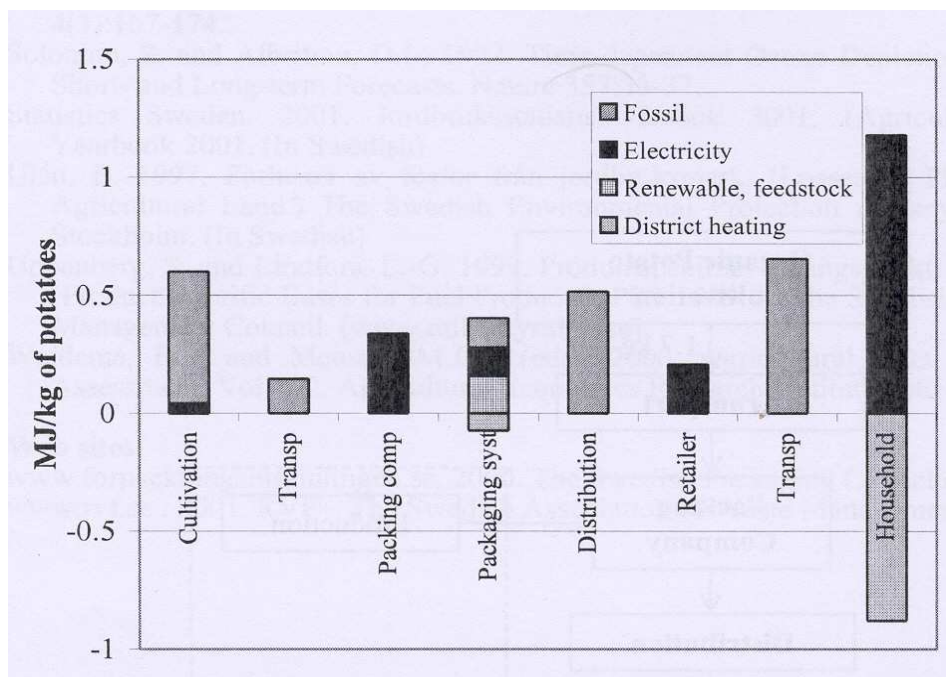
De literatuurstudie is ingedeeld op basis van methoden welke zijn gebruikt in de beoordeelde literatuur. Hiermee wordt geprobeerd resultaten uit onderzoek, welke ook vergelijkbaar zijn, te bundelen. In hoofdstuk 2 zijn de verschillende methodes kort belicht. Aanvullend is gekeken naar duurzaamheidsindicatoren die in verschillende studies worden gehanteerd, maar gebaseerd zijn op één enkel aspect. Dit zijn ruimtebeslag (foot print) en voedselkilometers (food miles). Als laatste worden de conclusies uit een Engelse literatuurstudie in opdracht van de DEFRA benoemd.

4.1 LCA-methode

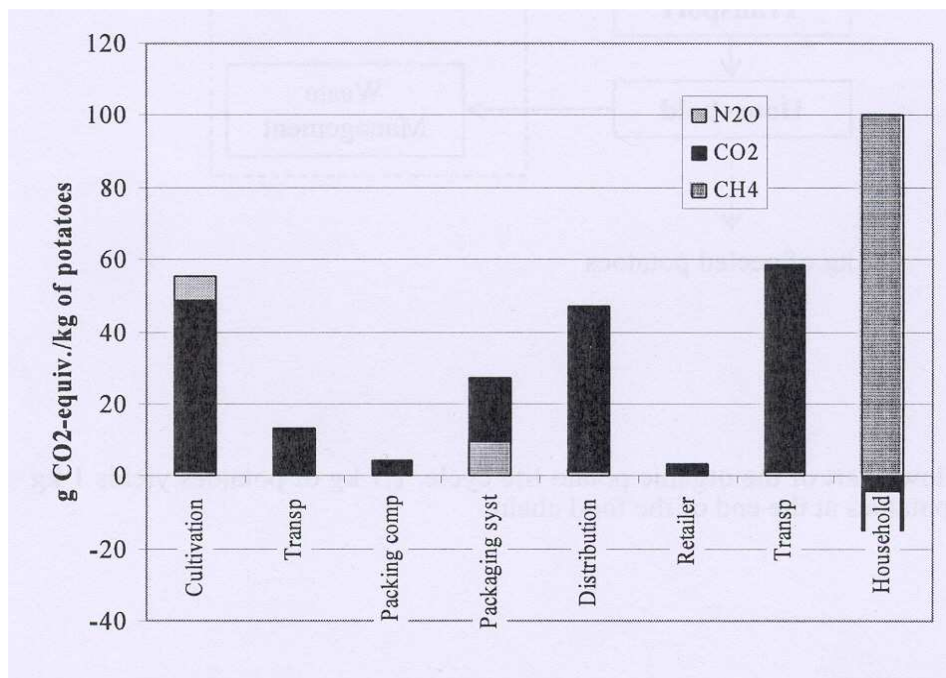
4.1.1 LCA of organic potatoes

In de studie “Environmental Life Cycle Assessment (LCA) of Organic Potatoes” (Mattsson et al., 2003) wordt op basis van de LCA-methode de keten voor biologisch geteelde aardappels beoordeeld op milieutechnische impact. De keten start bij de productie van agrarische input (uitgangsmateriaal, mest, etc.), de teelt, het sorteren en verpakken, distributie en de huishoudelijke stap. De totale energiebehoefte van biologische geschilde aardappels was 3.1 MJ/kg, waarvan 20% voor rekening komt van de teelt. Kunstmest, welke wordt gebruikt voor de teelt van uitgangsmateriaal, is goed voor 6% van de totale energiebehoefte.

De teelt bleek in dit onderzoek bijna geheel verantwoordelijk voor methaan en lachgas emissies. Ander punt wat naar voren kwam was dat de teelt, de productie van verpakkingsmateriaal en de ‘huishoudelijke fase’ de belangrijkste bijdragen leverden aan broeikasgasemissies. De belangrijkste verbeteringen zijn volgens de onderzoekers te vinden in de volgende punten. Beperking van nitraatemissies die leiden tot eutroficatie en verzuring en beperking van uitval van aardappels door slechte kwaliteit. De onderzoekers stellen dat de opbrengsten voor biologische aardappels maar 60% van gangbaar zijn. Er wordt daarom aangeraden om de opbrengsten te laten stijgen, wat een positieve uitwerking heeft op de energie en CO₂-balans. De onderstaande grafieken zijn overgenomen uit het onderzoek.



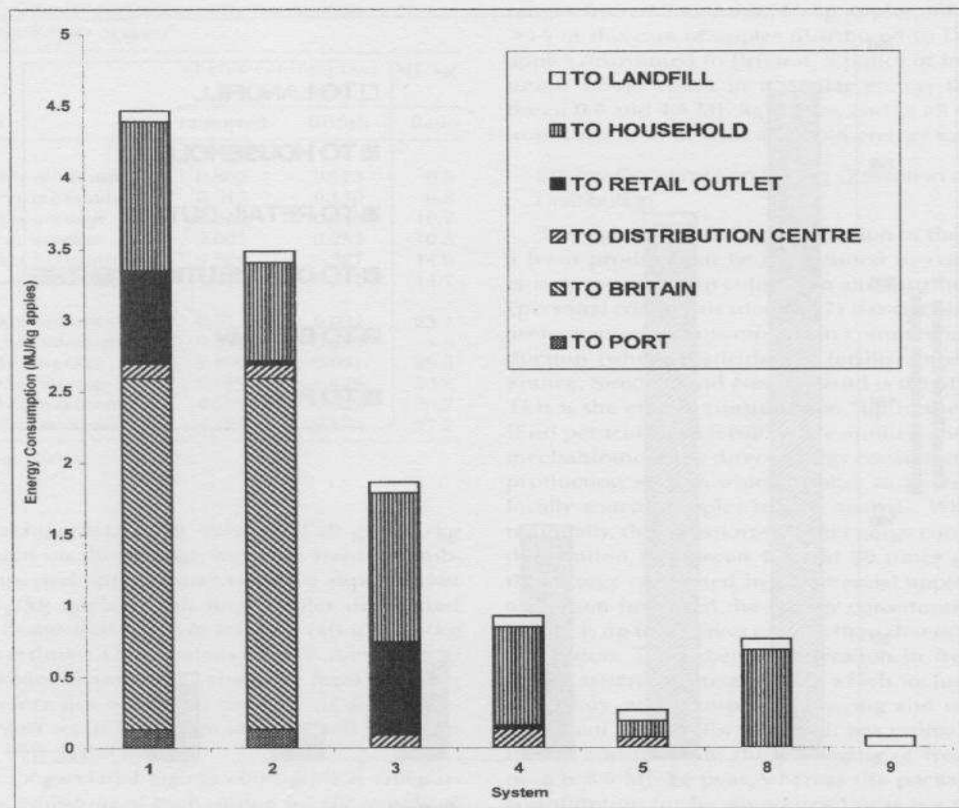
Figuur 2.: MJ per kg biologische aardappels



Figuur 3.: gram CO₂-equivalenten per kilogram biologische aardappels

4.1.2 LCA voor appels

In de studie "An Environmental Assessment of Food Supply Chains: A Case Study on Dessert Apples" (Jones, 2002) wordt de keten van tafelappels beoordeeld. De LCA studie start na boerderij tot aan de Britse consument thuis. De teelt van de appels wordt niet beoordeeld. De studie laat daardoor vooral zien wat de invloed van transport is op de energiegebruik en CO₂-uitstoot per kg appels. Dit voor een negental opties. Deze opties zijn weer te verdelen in vier groepen van herkomst, namelijk geïmporteerd uit de USA, Britse productie, lokale productie en afzet en thuisteelt.



KEY	
System	Description of supply chain
1	Imported from the USA, marketed at a supermarket, shopping trip of 3 km in a medium sized car
2	Imported from the USA, marketed at a street market, shopping trip of 2 km in a medium sized car
3	UK sourced, marketed at a supermarket, shopping trip of 3 km in a medium sized car
4	UK sourced, marketed at a street market, shopping trip of 2 km in a medium sized car
5	Sourced locally, home delivery
8	Sourced locally, picked up in a journey of 2 km in a medium sized car
9	Homegrown

Figure 4. Average transport energy consumption for apple distribution to Brixton. Based upon Jones (2002).

Figuur 4.: 9 verschillende ketens voor appels en de verdeling naar energieconsumptie (Jones, 2002)

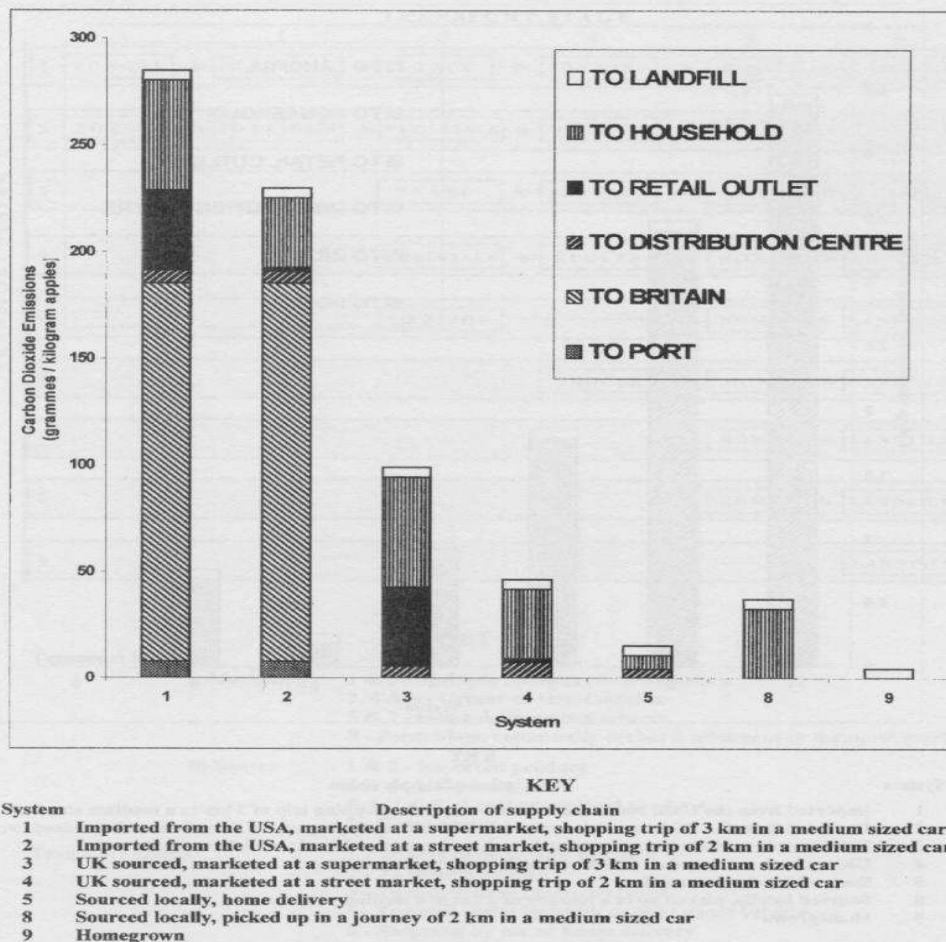


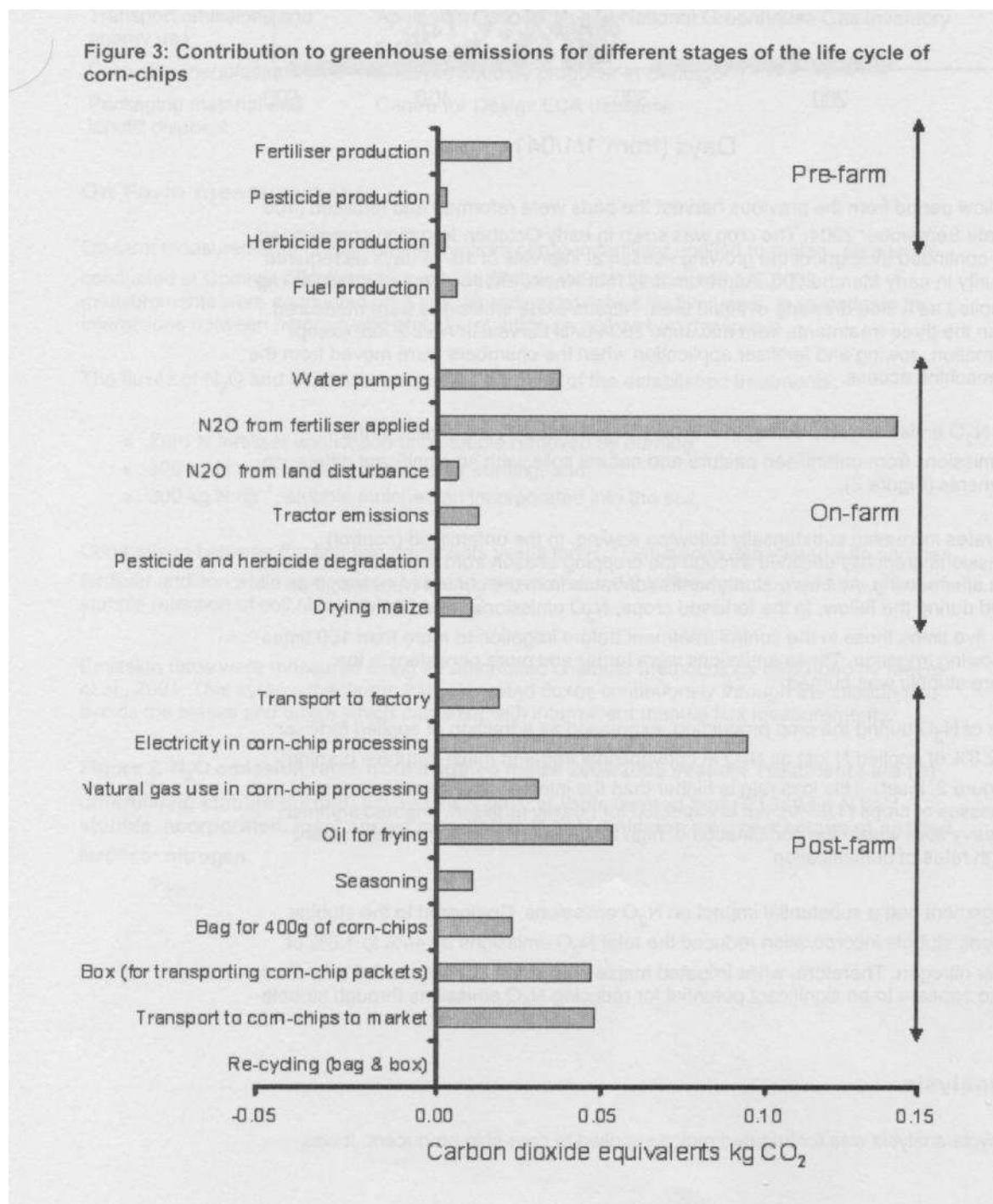
Figure 5. Average carbon dioxide emissions for apples distributed to Brixton. Based upon Jones (2002).

Figuur 5.: 9 verschillende ketens voor appels en de verdeling naar broeikasgasemissies (Jones, 2002)

De studie laat zien wat de invloed is van de verschillende transportstadia. Doo dat de teelt niet is meegenomen is alleen niet te bepalen of deze een positieve of negatieve bijdrage levert aan de verschillende opties.

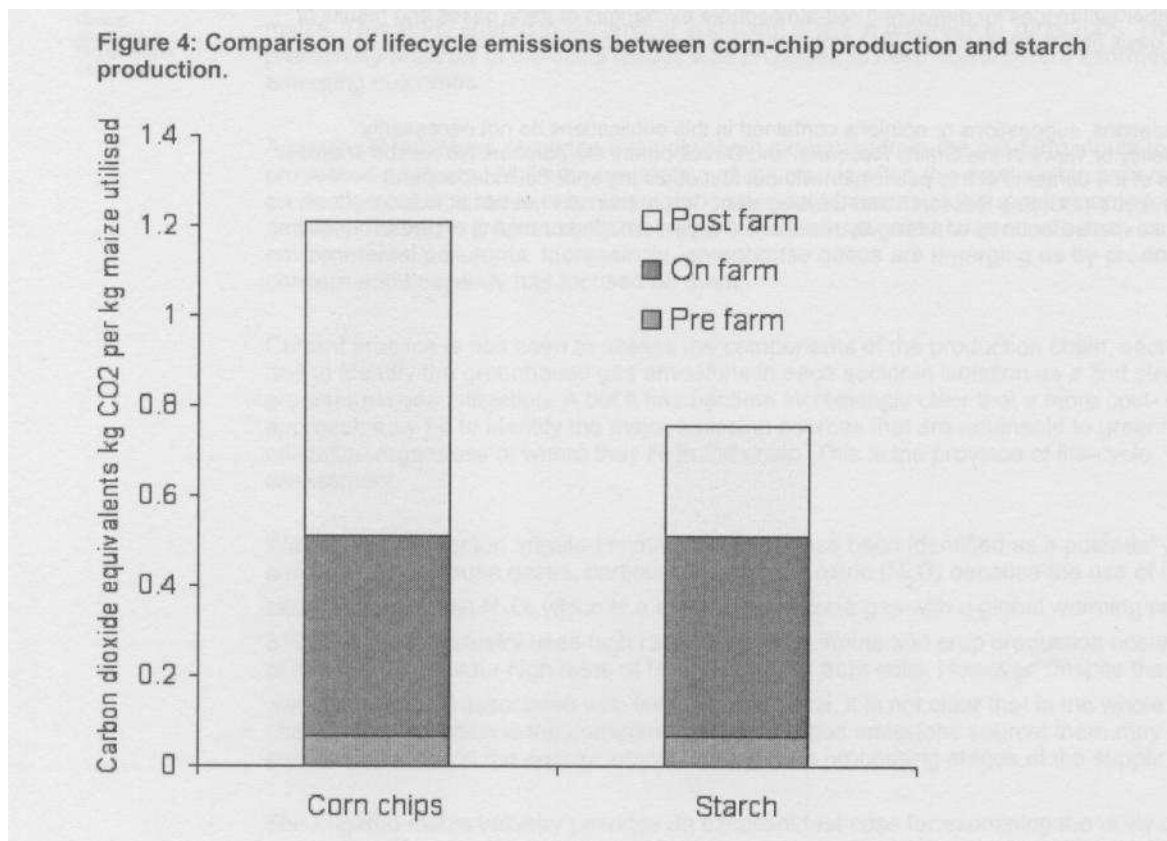
4.1.3 Grain research & Development corporation

In het onderzoek "Life cycle assessment of greenhouse gas emissions from agriculture in relation to marketing and regional development" (Beer, 2005) wordt de Australische maïsproductie voor maïschijs beoordeeld. Doel van de studie is om te beoordelen welke invloed de verschillende activiteiten in de keten hebben op de CO₂-uitstoot. In de studie worden meegenomen de teelt van maïs, de productie van kunstmest en bestrijdingsmiddelen en de productie van benodigde apparatuur. Verder worden het transport, de verwerking, verpakking en aflevering en de afvalverwerking meegenomen. De consumptie en hiermee samenhangende activiteiten worden dus buiten beschouwing gelaten. De studie laat een volgend beeld zien van de broeikasgasemissies.



Figuur 6.: Bijdrage aan broeikasgasemissie per productiestadium van maïs chips (Beer, 2005)

Naast de beoordeling van de broeikasgasemissies voor de maïs chips, is ook gekeken naar de zetmeelproductie vanuit maïs. De vergelijking van beide laat een volgend beeld zien.



Figuur 7.: Vergelijking van broeikasgasemissie gedurende de productie van maïschips of zetmeel (Beer, 2005)

4.1.4 KU Leuven

In het onderzoek "Energy Lifecycle Inputs in Food Systems: A Comparison of Local versus Mainstream Cases" van de KU Leuven, welke in mei 2007 werd gepubliceerd, worden energiegebruik en CO₂-emissies per systeem beoordeeld. Dit betreft het lokale voedselsysteem (LFS) en de 'mainstream' voedselsysteem (MFS). Het MFS zou gelijk gesteld kunnen worden aan de supermarktketen. Onder het lokale systeem worden de volgende systemen verstaan; boerenmarkten, boerderijverkoop of abonnementen. De studie richt zich op de keten na de boerderij en tot aan de consument. Productie door de teler of veehouder blijft buitenbeschouwing, net als alle activiteiten van de consument thuis. Uit de studie blijkt dat 'mainstream' iets beter scoort dan lokale systemen. De onderstaande tabellen zijn uit de studie overgenomen.

Tabel 4.: Vergelijking energiegebruik (in kg MJ) per product voor een lokale en grootschalige retail systemen

Food item	Local food systems			Mainstream food systems		
	Transport	Processing & Storage	Total	Transport	Processing & Storage	Total
	MJ/kg	MJ/kg	MJ/kg	MJ/kg	MJ/kg	MJ/kg
Beef	3.90	0.99	4.89	0.34	0.99	1.33
Potatoes	2.74	0.00	2.74	1.07	Negligible	1.07
Cabbage lettuce	2.43	0.45	2.88	1.07	0.46	1.53
Tomatoes	2.72	0.11	2.83	1.07	0.10	1.17
Carrots	3.19	0.23	3.42	1.07	0.21	1.28
Apples	0.50	0.84	1.34	0.54	0.56	1.08
Gouda cheese	21.27	15.90	37.17	6.06	27.40	33.46
Average	5.25	2.65	7.90	1.60	4.25	5.85

Bron: Van Hauwermeiren, 2007

Tabel 5.: Vergelijking broeikasgasemissie (in kg CO₂) per product voor een lokale en grootschalige retail systemen

Food item	Local food systems			Mainstream food systems		
	Transport	Processing & Storage	Total	Transport	Processing & Storage	Total
	g CO ₂ /kg	g CO ₂ /kg	g CO ₂ /kg	g CO ₂ /kg	g CO ₂ /kg	g CO ₂ /kg
Beef	285.73	56.74	342.47	25.01	56.74	81.75
Potatoes	200.05	0.00	200.05	78.53	Negligible	78.53
Cabbage lettuce	177.33	21.79	199.12	78.53	22.08	100.61
Tomatoes	198.70	5.19	203.89	78.53	4.73	83.26
Carrots	233.40	11.33	244.73	78.53	10.09	88.62
Apples	36.69	40.72	77.41	39.77	27.02	66.79
Gouda cheese	1557.14	841.71	2398.85	443.56	1398.10	1832.66
Average	384.15	139.64	523.79	117.49	215.68	333.17

Bron: Van Hauwermeiren, 2007

Op basis van de studie concluderen de onderzoekers dat het lokale voedselsysteem (LFS) enigszins hoger scoort op energieverbruik en broeikasgasemissies als het mainstream voedselsysteem (MFS). Maar beide systemen kennen een substantieel energieverbruik, dan wel broeikasgasemissie. Op basis van de studie zijn algemene en voor beide systemen aanbevelingen opgesteld.

- Het LFS kan worden geoptimaliseerd door beperking van transportbewegingen en opslagduur, optimalisering opslag en vervoer (o.a. bezetting).
- Door de schaal presteert het MFS goed. Het MFS zou zich kunnen verbeteren door vermindering van transportafstanden en opslagduur.
- De consument die per auto boodschappen doet heeft een grote impact op het totale energieverbruik en broeikasgas-emissie. Dit is mede afhankelijk van de afstand en de hoeveelheid goederen. Het energieverbruik en broeikasgas-emissie door autogebruik van consumenten voor boodschappen doen, kan meer bedragen dan alle andere activiteiten in de keten.
- Daarnaast zouden consumenten invloed kunnen hebben door de keuze van seizoensgebonden producten, die ook lokaal en van openteelt afkomstig zijn. Producten van verwarmde kassen kunnen gemiddeld 9 tot 21 keer grotere energiebehoefte hebben als producten van openteelt of onverwarmde kassen. Seizoensgroenten kennen veelal ook een kleinere transportafstand. De import van producten kan tot 97 keer grotere energiebehoefte kennen als lokaal geteelde producten. Waarbij luchtvracht de grootste energiebehoefte kent.

4.1.5 Dutilh en Kramer

In een artikel "Energy consumption in the Food Chain" van Dutilh en Kramer is gekeken naar het energiegebruik in verschillende schakels van de voedselketen. Op basis van een LCA aanpak is gekeken naar de keten van landbouw tot en met consument. Productie van bijvoorbeeld pesticiden en kunstmest is niet meegenomen, ook afvalverwerking na consumptie niet.

Conclusie is dat alle voedselcategorieën een brede variatie aan energiebehoefte laten zien. De schrijvers concluderen dat dit wordt veroorzaakt door drie belangrijke elementen.

- *Het seizoen van consumptie*
Dit bepaald mede de opslag, transport en/of productie onder glas.
- *Schaal van bereiding*
Dit bepaald mede het energieverbruik tijdens be- en verwerking en materiaal verliezen
- *Consumenten gedrag*
Dit bepaald mede de keuze, opslag en bereiding van voedsel

Keuzes op elk van deze drie elementen bepalen de verbeteringsopties. Als voorbeeld wordt gegeven dat consumptie van vollegrondsgroenten uit de regio en consumptie van vollegrondsgroenten in plaats van vlees leidt tot een lager energiegebruik in de keten. Verder concluderen de schrijvers dat er, voor reguliere voedselproducten, een relatie is tussen de marktprijs en de energiebehoefte. Voor voedselproducten met een emotionele component gaat dit niet op.

In het artikel van Dutilh en Kramer (2000) worden een aantal tabellen gegeven over de energiebehoefte in verschillende stadia van de keten. De onderstaande tabellen zijn uit dit artikel overgenomen.

Tabel 6.: Energiebehoefte voor een aantal verse producten van Nederlandse dierlijke en plantaardige oorsprong

Product	Energiebehoefte (MJ kg ⁻¹)
Groenten	1-4
Fruit	2-5
Aardappels	1
Eieren	20
Melk	10
Boter/kaas	50-60
Vis ^a	20-40
Vlees (pluimvee, varken, rund)	30-70

^a gebaseerd op de energiebehoefte voor vissen, niet viskwekerij

Bron: Dutilh, 2000

Op basis van onder andere de bovenstaande tabel concluderen Dutilh en Kramer dat dierlijke productie ongeveer een factor 10 meer energiebehoefte kent. Er wordt gesteld dat vis de laagste energiebehoefte kent gevolgd door pluimvee, varkens en rundvee. Waarbij rundvee de hoogste energiebehoefte kent. Voedselproducten uit de glastuinbouw kennen een energiebehoefte oplopend tot 40 MJ per kg product. Dit wordt vooral veroorzaakt door de verwarming van de kas in Noord-Europese landen.

Tabel 7.: Geschatte energiebehoefte voor transport

	Spoor	Water (rivier)	Water (zee)	Weg	Lucht
Energiebehoefte (MJ kg ⁻¹ 1000km ⁻¹)	0,8	0,5	0,1	2-8 ^a	10

^a afhankelijk van vrachtwagengrootte

Bron: Dutilh, 2000

Dutilh en Kramer concluderen dat consumenten jaarrond seizoensgebonden producten vragen. Hierdoor moeten deze producten uit verschillende regio's betrokken worden. Deze beschikbaarheid jaarrond maakt transport van de producten noodzakelijk. De bovenstaande tabel geeft een beeld van de energiebehoefte die hiermee samenhangt.

Tabel 8.: Energiebehoefte enige product conditioneringstechnieken, zoals gebruik door Unilever (1996 data)

	Energiebehoefte (MJ kg⁻¹ eindproduct)
Blancheren, pasteuriseren, steriliseren	5-10
Invriezen	5
Drogen	0-15 ^a

^a varieert van nihil m.b.v. zon drogen tot ongeveer 15 MJ/kg voor hete lucht droging

Bron: Dutilh, 2000

De onderzoekers concluderen dat in de voedselindustrie een brede range aan verwerkingsmethoden bestaat. Ze stellen dat vooral de conserveringsstap veel energie vergt. In de bovenstaande tabel zijn de gegevens van de onderzoekers weergegeven. Naast conservering is ook de keuze van de verpakking van belang. De onderstaande tabel geeft de door de onderzoekers gehanteerde waarden weer.

Tabel 9.: Energiebehoefte voor de productie van verpakkingsmaterialen

	Totale energie inhoud (MJ kg⁻¹)	Hergebruik potentieel (MJ kg⁻¹)
Papier/karton		
Nieuw	45	18
Gerecycled (75%)	35	18
Glas		
Nieuw	13	
Gerecycled (100%)	10	
Staal		
Nieuw	35	
Gerecycled (100%)	20	
Aluminium		
Nieuw	195	
Gerecycled (50%)	100	
Plastic	85	45

NB: Het spreekt voor zich dat voor bepaalde hoeveelheden voedsel verschillende hoeveelheden aan verpakkingsmateriaal noodzakelijk zijn, afhankelijk van het type verpakkingsmateriaal welke wordt gebruikt

Bron: Dutilh, 2000

Tabel 10.: Gemiddelde energiebehoefte voor koelen/vriezen zoals geanalyseerd door Unilever in 1996-1997

	Energiebehoefte (MJ⁻¹ week⁻¹)
Distributie	0.01
Winkel	1-10
Thuis	2-5

De brede range in energiebehoefte voor winkel en thuis wordt vooral veroorzaakt door de grote variëteit tussen koel en vrieskasten, welke varieert van goed geïsoleerd tot open varianten.

Bron: Dutilh, 2000

Een element wat niet in de tabellen is opgenomen is de energie, welke wordt gebruikt voor het winkelen. Gemiddeld in Nederland zorgt het winkelen voor een extra 1-2 MJ kg⁻¹. Dit als gevolg van het feit dat 47%

van alle Nederlandse consumenten met de auto boodschappen doet, hiervoor 6 km aflegt, en 20 kg aan producten aanschaft per koopmoment (Dutilh, 2000).

4.1.6 Carlsson-Kanyama

In het artikel "Climate change and dietary choices how can emissions of greenhouse gases from food consumption be reduced?" van Carlsson-Kanyama worden, op basis van de LCA-methode, een aantal gewassen en varkensvlees beoordeeld op de uitstoot van broeikasgassen in CO₂-equivalenten gedurende de verschillende stadia. De keten is de landbouw inclusief kunstmestproductie tot en met de detailhandel. De resultaten zijn gebaseerd op gangbare teelt, maar laten zien welke bijdrage de verschillende stappen in de keten leveren en dat dit sterk verschilt per gewas/product. De gegevens worden vooral gebruikt om verschillende voedselpatronen ten opzichte van elkaar te vergelijken.

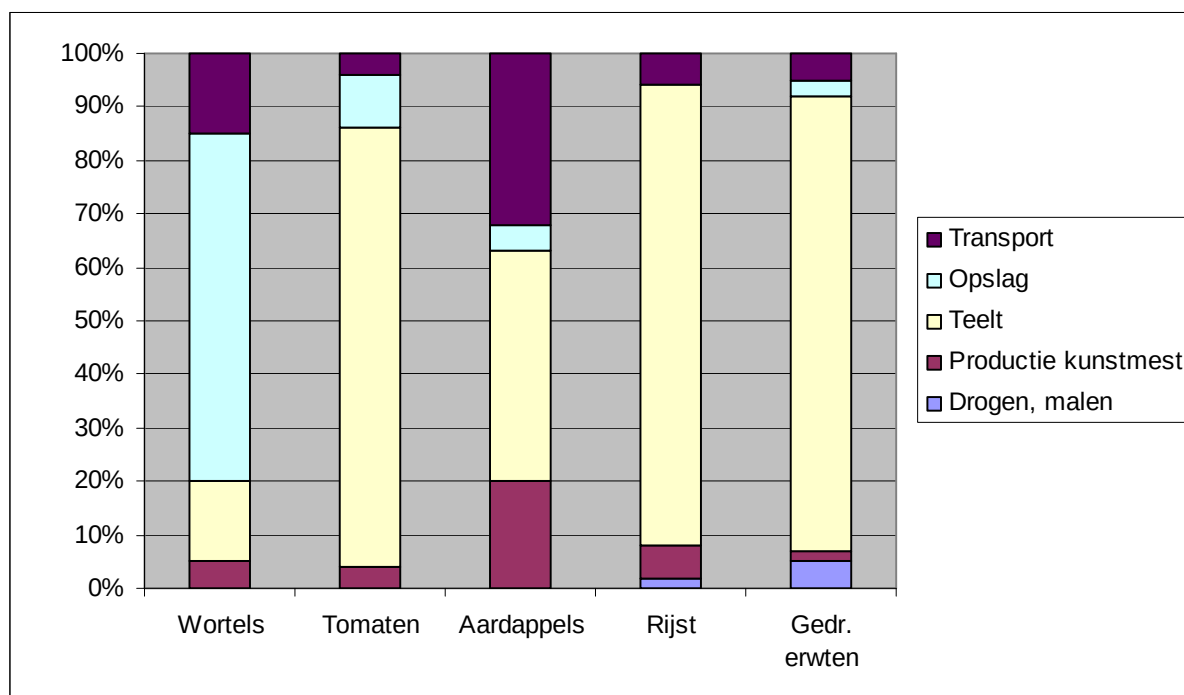
Tabel 11: Emissies van broeikasgassen in CO₂-equivalenten met een 20-jarig tijdsperspectief and energie behoefte in MJ gedurende de levenscyclus van wortels, tomaten, aardappels, varkensvlees, rijst, gedroogde erwten geconsumeerd in Zweden. In g CO₂-equivalenten per kg and MJ per kg. Alle emissies worden verondersteld gelijktijdig plaats te vinden.

	Wortels	Tomaten	Aardappels	Varkensvlees	Rijst	Gedr. erwten
g CO ₂ eq. per kg	500	3.300	170	6.100	6.400	680
MJ per kg	2,9	42	1,8	32	9,8	3,2

Bron: Carlsson-Kanyama, 1998

Uit de tabel blijkt dat uitstoot in CO₂-equivalenten en energiebehoefte in de productie, verwerking en distributie van het product naar de consument (keten) niet gelijk op gaat. De verschillen tussen de producten kent een grote variatie. Vooral de groente producten kennen een lager energiegebruik en broeikasgas emissie. De groentes (wortels, aardappels en erwten) worden verondersteld in Zweden (Land van consumptie) te worden geteeld.

In het onderstaande figuur wordt de opbouw van de broeikasgasuitstoot verder uitgewerkt. Hieruit blijkt welke stappen in de keten het meest bijdragen aan de broeikasgasemissies. De elementen die bijdragen aan de broeikasgasuitstoot verschilt per gewas/product.



Figuur 8: Verdeling van broeikasgassen gedurende de levenscyclus van wortels, tomaten, aardappels, rijst en gedroogde erwten. In CO₂-eq. met een 20-jarig tijdsperspectief. Alle emissies worden verondersteld gelijktijdig plaats te vinden (Carlsson-Kanyama, 1998)

4.1.7 Energie in de varkensketen

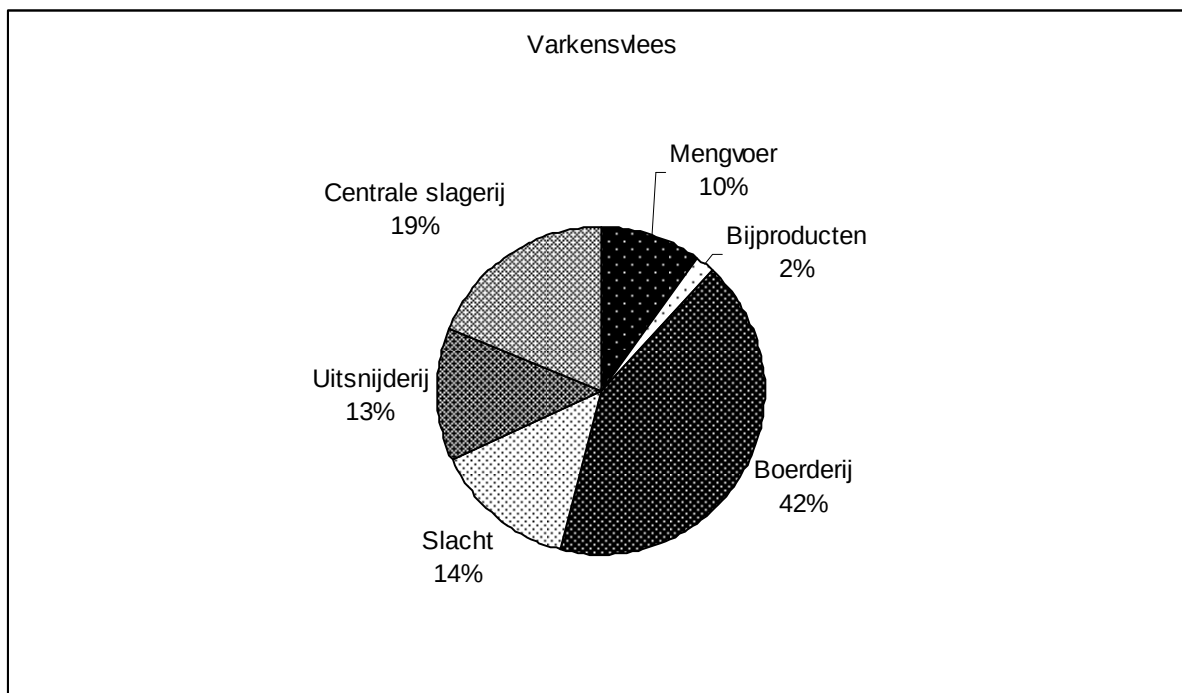
In een studie van Hendrix Meat Group, Vion Food Group, Wageningen UR (LEI/ASG) en financiers AKK en SenterNovem is beoordeeld hoe het energiegebruik in de varkensvleesverwerkende industrie is. In de studie is ook alleen naar het energiegebruik gekeken en niet naar de CO₂-uitstoot. De bepaling van het energiegebruik is gedaan op basis van de LCA-methodiek. Het energiegebruik per kilogram varkensvlees kwam op 16,8 MJ. De onderstaande tabel geeft een verdeling per keten schakel in MJ per kg varkensvlees. In de berekeningen voor het energiegebruik in de keten is steeds uitgegaan van een maximale afzet van varkensvlees als vers vlees in de detailhandel. Er is geen rekening gehouden met vleeswaren of bewerkte producten, welke ook in de detailhandel verkrijgbaar zijn.

Tabel 12.: Energiegebruik per schakel (MJ per kg varkensvlees) en verdeling in de kolom (%)

Fase	Verbruik	Aandeel
Mengvoer – aanvoer grondstoffen	0,18	1,1%
Mengvoer – proces	1,53	9,1%
Bijproducten – transport	0,29	1,7%
Mengvoer – transport	0,47	2,8%
Boerderij	6,63	39,4%
Aanvoer slachtvarkens	0,26	1,6%
Slachterijen	2,05	12,2%
Aanvoer naar uitsnijderij	0,23	1,4%
Uitsnijderij	1,88	11,2%
Aanvoer naar centrale slagerij	0,22	1,3%
Centrale slagerij	3,06	18,2%
Totaal	16,80	100,0%

Bron: Kramer, 2006

Op basis van de cijfers kan een volgende procentuele verdeling over de keten worden gemaakt.



Figuur 9.: Verdeling van het energiegebruik in de varkenskolom (Kramer, 2006)

In de studie wordt gerekend met een energiegebruik van 16,8 MJ/kg vlees. Hierbij is geen rekening gehouden met de teelt van veevoedergrondstoffen, noch met het transport hiervan naar Nederland. In de studie wordt geconcludeerd dat wanneer op basis van literatuurbronnen het mengvoer wel zou moeten worden meegenomen dit op 26,7 MJ/kg vlees komt.

Elektriciteit is een belangrijke energiedrager, vrijwel in alle schakels belangrijker dan gas. Alleen in de varkenshouderij heeft aardgas een groter aandeel; dit is ook te verklaren uit de behoefte aan ruimteverwarming voor de dieren. Logistiek heeft het kleinste aandeel.

4.1.8 ADAS Consulting Ltd.

In een studie van ADAS Consulting Ltd. "Energy use in organic farming systems" wordt in een modelmatige berekening een vergelijking gemaakt tussen biologische en gangbare landbouw met betrekking tot energiebehoefte. Op basis van de data in het rapport moet worden opgemerkt dat voor biologische landbouw geen (productie van) kunstmest en pesticiden worden meegenomen in de berekeningen. Dit geldt tevens voor de hierbij behorende indirecte posten als productie van hieraan gerelateerde machines. Er wordt geen post voor bijvoorbeeld toediening van dierlijke mest opgenomen met de hieraan gerelateerde indirecte energiebehoefte. Wel wordt voor biologische peen benoemd dat het branden van onkruid ervoor zorgt dat deze slechter scoort als gangbare peen per kg product. Het is niet helemaal te herleiden welke posten wel en niet zijn meegenomen. Deze studie is wel opgenomen onder de noemer LCA-studies. Door de zeer beknopt beschreven aanpak is de studie niet met zekerheid als LCA-studie te benoemen. De aanpak kent wel overeenkomsten, maar een duidelijke systeemafbakening is niet gemaakt.

De modelberekeningen zijn gedaan voor de gewassen: wintertarwe, aardappels en enkele groentes. Voor wintertarwe en aardappels bleek de indirecte energiebehoefte van kunstmest- en gewasbeschermingsmiddelenproductie en het transport hiervan, verantwoordelijk voor 50% van de totale energie input. Dit op basis van energiebehoefte per hectare. Voor de groentes zou dit zelfs 80% zijn. In de berekeningen zou biologisch geteelde producten gemiddeld een 50% lager energiegebruik kennen. Dit voordeel wordt deels tenietgedaan door de lagere opbrengst per hectare, ondanks dit zou biologische teelt op basis van de modelmatige berekeningen alsnog beter scoren.

Op basis van een aantal scenario's is de energiebehoefte (transport) in de keten van biologische en gangbaar product bepaald. In de studie wordt aangenomen dat de biologische en gangbare energiebehoefte duidelijk van elkaar verschillen door de kleinere schaal van de biologische landbouw. Er wordt aanbevolen om transport van biologisch product te groeperen naar de verwerkingspunten of om

biologisch product direct lokaal te verkopen. Dit zou een besparing van 40% op de transport energiekosten opleveren. Daarnaast kwam uit de scenario's naar voren dat import van biologisch product uit Noord-Europa naar het Britse 'Midland' een extra 44% energiegebruik oplevert. Voor import van biologisch product uit Zuid-Europa zou dit een extra 352% aan energiegebruik opleveren.

Tabel 13.: Energiegebruik door transport van boerderij naar distributie centra

Transport energy from farm/grower to distribution centre			
Scenario	Energy (in MJ)	Energy (in MJ/ton)	Difference to scenario 1
1 Conventional or organic produce from a large unit	12000	600	-
2 Organic produce to a co-operative shipping point	12567	628	+5%
3 Organic produce transported direct to a nearby packing centre	7513	376	-37%
4 Conventional or organic produce collected by nearby packer	6800	340	-43%
5 Organic produce imported from northern Europe	17240	862	+44%
6 Organic produce imported from southern Europe	54240	2712	+352%
7 Local organic producer supplying a local Wholesale for local shops	6944	347	-42%

Bron: Energy use in organic farming systems, 2000

4.2 Macro-economische allocatie

4.2.1 Externe kosten van agrarische productie in de UK

In het artikel "Farm costs and food miles: an assessment of the full cost of the UK weekly food basket" van Pretty et al. worden, naast teeltkosten, de externe kosten (van negatieve externe effecten) berekend. De externe kosten zijn kosten die in andere studies niet worden meegenomen. Dit betreft voordelen (benefits) van landbouw (recreatie, biodiversiteit, waterhuishouding, waarde voor het landschap en lokale economie) en nadelen (waterzuivering door pesticiden/mestgebruik, gezondheidszorgkosten door pesticiden gebruik, monitoring en verlies aan biodiversiteit). De negatieve externe effecten worden veelal niet in de productprijs opgenomen. In de studie zijn de volgende negatieve externe effecten meegenomen; pesticiden in water, nitraat- en fosfaat emissies naar bodem, eutroficatie van oppervlakte water, broeikasgasemissies, bodem erosie, verlaging organisch stofgehalte in bodems, verlies aan biodiversiteit en landschappelijke waarden, negatieve effecten van pesticiden op de volksgezondheid en de negatieve effecten van micro-organismen en BSE op de volksgezondheid. De biologische en gangbare landbouw worden op basis van deze externe effecten met elkaar vergeleken. Naast externe effecten van landbouw is ook gekeken naar externe effecten van vervoer (nationaal, internationaal en van consumenten), kosten van afvalverwerking en kosten van landbouwsubsidies. De som van de kosten die met de externe effecten samenhangen komt voor de UK op 97.545 miljoen pond op jaarbasis.

Tabel 14.: Opsomming van de onderdelen waaruit de volledige kosten van de UK boodschappenmand (gemiddeld 1999-2001)

	Annual costs (£ M yr ⁻¹)	Costs per person (pence person ⁻¹ wk ⁻¹)	Proportion of total externalities (%)
Agricultural externalities	1514	81.2 ^a	18.8
Domestic road transport (from farm to shop)	2348	75.7	29.2
Sea, internal water and air transport for imports	17	0.005	<0.01
Shopping (from shop to home)	1276	41.1	15.8
Waste disposed to landfill	7	0.002	<0.01
Total externalities	5162	198	
Government subsidies	2883	93	
Price paid for food basket (including eating out)	89,500	2479	
Full cost of food basket (total externalities and subsidies)	8045	291	
Full cost (including externalities and subsidies)	97,545	2770	

^a – The agricultural costs per person are not simply annual costs divided by population, as account has been taken of imports and exports to and from the UK

Bron: Pretty, 2005

De conclusie van het artikel is dat de externe kosten in de UK rond de £2,91 per persoon per week liggen. Dit is 11,7% van de prijs van de levensmiddelen.

Op basis van de overgenomen tabel worden een aantal opties voor vermijding van de externe effecten doorgerekend. Een vergelijking van de externe kosten van biologische en gangbare landbouw, wordt geconcludeerd dat omschakeling naar 100% biologische landbouw een besparing van GBP 1.129 miljoen oplevert ten opzichte van gangbare landbouw. Dit betreft de kosten van 12 plantaardige en dierlijke producten.

Andere kosten zoals transport in de keten en transport van consumenten van en naar de supermarkt kennen een grotere maatschappelijke kostenpost. De externe kosten van landbouw worden op 18,8% van de totale externe kosten geschat. Het vervoer in de keten op 29,2% en het vervoer door consumenten op 15,8%. Ook hiervoor zijn alternatieven doorgerekend. Zoals een volledig lokaal voedselsysteem, het vermijden van internationaal goederenvervoer, winkelen per fiets, lopend, met de bus of middels een thuisbezorgservice. De drie posten (landbouw, goederenvervoer en vervoer door consumenten) zijn de belangrijkste. Maatregelen in de keten zouden op basis van deze conclusies vooral op het vlak van vermindering van goederenvervoer en consumentenvervoer liggen.

4.3 Consumptieve allocatie

4.3.1 Interfacultaire Vakgroep Energie en Milieukunde (IVEM)

In een reeks studies van het IVEM (Rijksuniversiteit Groningen) worden twee indicatoren voor duurzaamheid gehanteerd. Namelijk het energiegebruik en ruimtebeslag van levensmiddelen door consumenten.

Energiegebruik van consumenten is op te splitsen in direct en indirect energieverbruik. Het directe energieverbruik bestaat uit gebruik van bijvoorbeeld gas en elektriciteit. Indirect energieverbruik wordt gevormd door energieverbruik in de keten (landbouw, industrie en handel) om goederen en diensten aan een huishouden te leveren (Gerbens-Leenes, 2000).

Uit onderzoek is gebleken dat voeding een belangrijk aandeel heeft in het energiebeslag; circa 20%. Dit energiebeslag is deels direct (circa 1/3 deel) en deels indirect (circa 2/3 deel). Diverse onderzoeken zijn specifiek gericht op het bepalen en beoordelen van het energiebeslag van voeding. Hieruit blijkt ondermeer

dat de manier van voedselbereiding en de keuze van levensmiddelen een belangrijke invloed heeft op het directe en indirecte energiegebruik ten behoeve van voeding (Gerbens-Leenes, 2000).

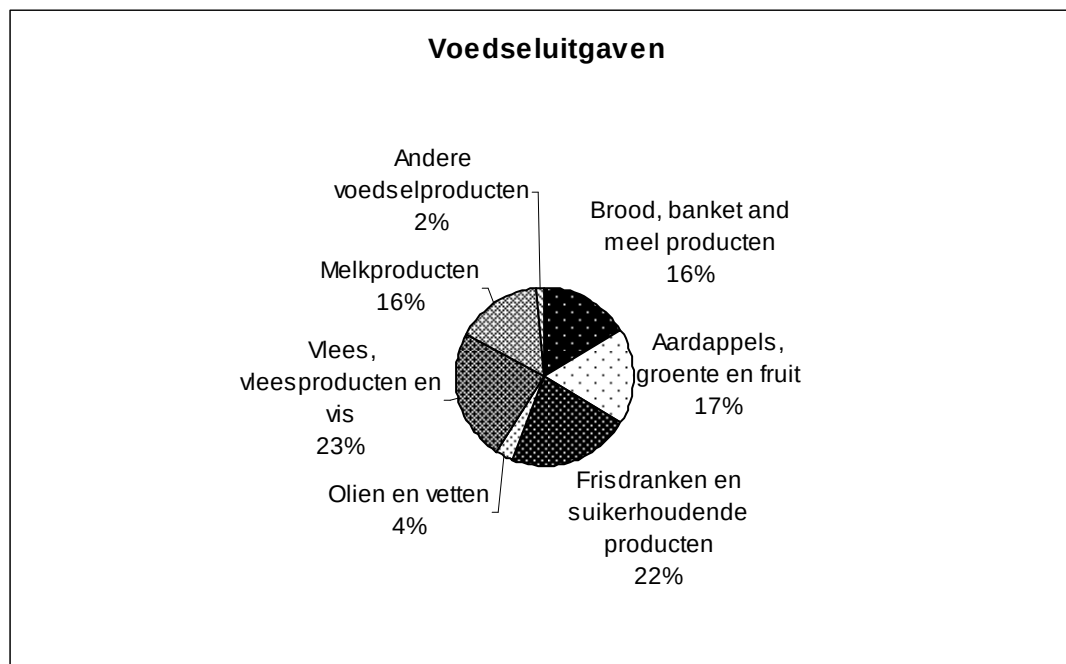
Belangrijk aandachtspunt voor de IVEM studies is dat er gebruik is gemaakt van het Energie Analyse Programma (EAP) model. De methodiek van het model is een samenvoeging van twee methodes, een procesanalyse van het totale primaire energieverbruik van consumptieve bestedingen en een input-outputanalyse. Door de benadering vanuit de consumptie kant, ontstaat een verschil met andere systemen die veelal LCA-technieken gebruiken. De consumptie van de consument bepaalt het energieverbruik en de CO₂-emissie.

In de IVEM studie 'Energie voedt' (1995) wordt ten aanzien van aardappelen, groenten en fruit een aantal conclusies getrokken ten aanzien van de energie consumptie in de keten. In het rapport worden een viertal kenmerken beschreven die van invloed zijn op het energiebeslag van aardappelen, groenten en fruit. De vier kenmerken zijn seizoen, land van herkomst, teeltwijze en eventuele industriële verwerking.

Producten die in 'het seizoen' worden geconsumeerd hebben een lager energiebeslag. Producten die buiten het seizoen worden geconsumeerd zullen of in de kas geteeld moeten worden of geïmporteerd moeten worden. De teelt van groente of fruit in de kas kost ongeveer 6 maal zoveel energie als vollegrondsteelten. De herkomst heeft ook grote invloed op het energiebeslag. In het rapport wordt geconcludeerd dat producten uit Europa ongeveer 35% extra energiebeslag opleveren, producten uit Zuid-Amerika en Azië 60% en producten uit Noord-Amerika en Afrika 65%.

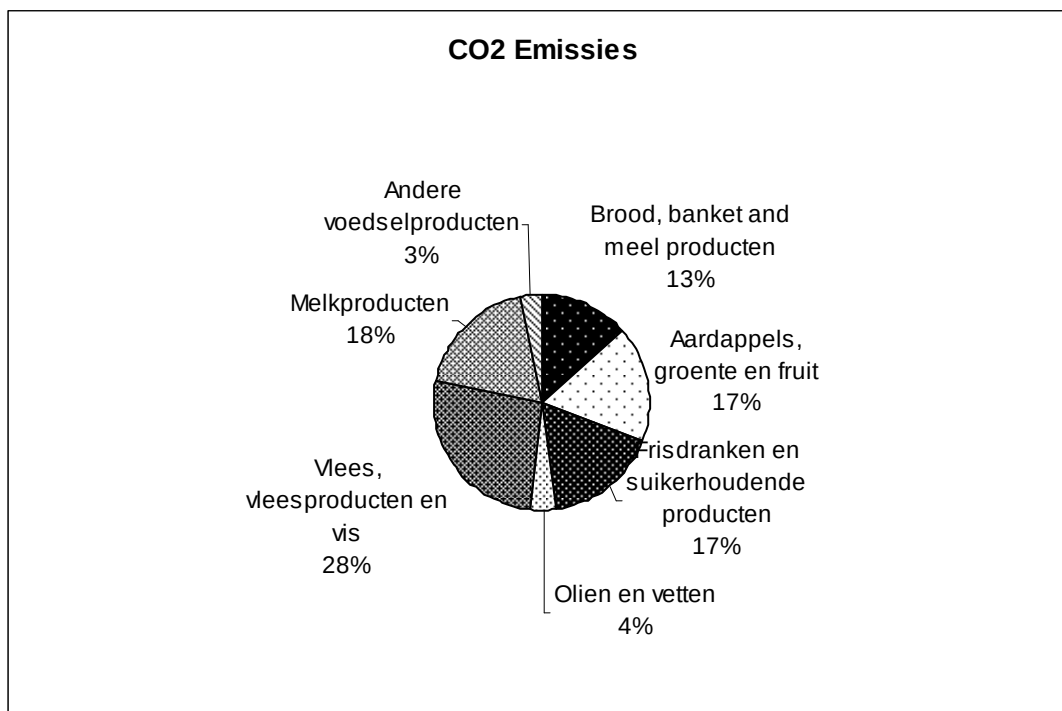
Naast verschil in teeltwijze (kas of vollegrond) werd ook gekeken naar verschillen tussen biologisch en gangbaar. De conclusie was dat biologische aardappels, groenten en fruit een 5% hoger energiebeslag hebben als gangbaar geteelde producten. Dit verschil werd vooral toegeschreven aan de kleinere partijen (in-efficiency) van biologische producten in transportbewegingen en handel. Wel wordt hierbij aangetekend dat er de nodige aannames gemaakt zijn in de beoordeling tussen biologisch en gangbare producten, waardoor het mogelijk is dat biologisch en gangbaar nagenoeg gelijk scoren.

Laatste kenmerk is industriële verwerking. De mate van verwerking (behandeling) en de verpakking zijn hierbij van invloed op het energiebeslag. Diepvriesgroenten kennen een hoger energiebeslag per eenheid als geconserveerde groenten. Het soort verpakking heeft verder nog invloed op het energiebeslag. Groente in blik heeft het laagste energiebeslag, gevolgd door de glazen statiegeldpot en de glazen wegwerppot. De studie 'Greenhouse gas emissions related to Dutch food consumption' laat de volgende waarden zien.



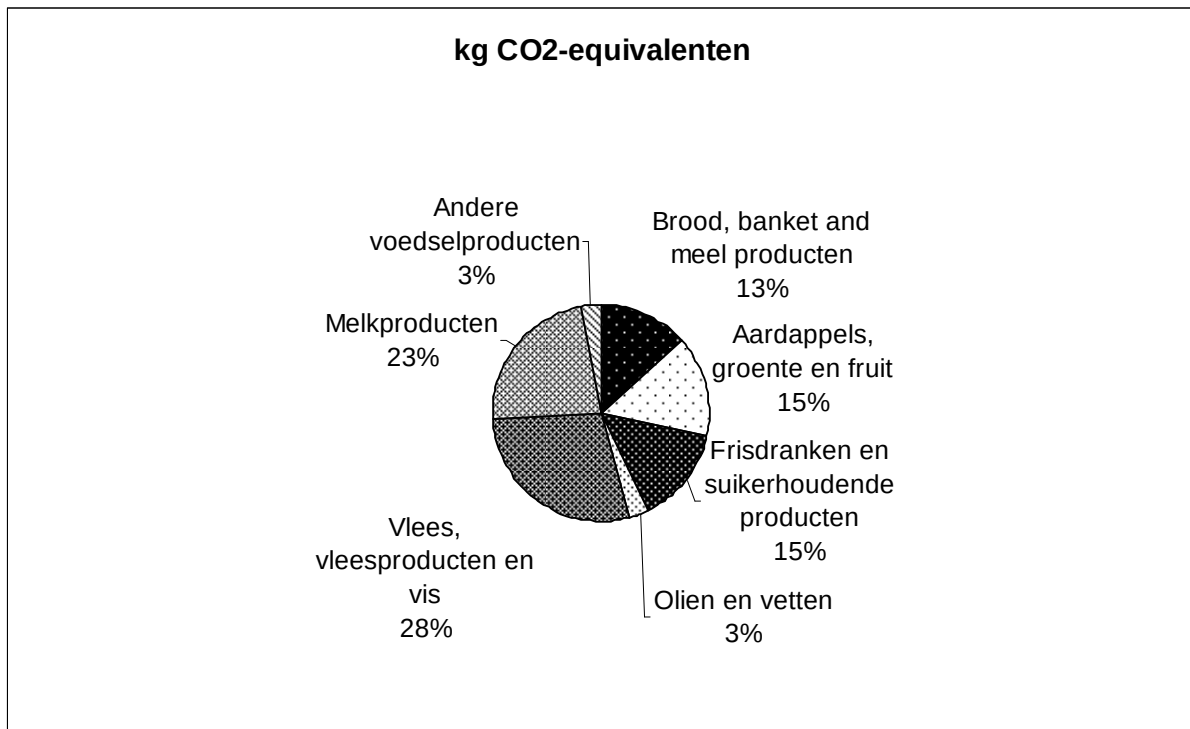
Figuur 10.: Verdeling van consumentenbestedingen aan voedsel in Nederland over 7 productgroepen (Kramer, 1999)

Aan de bovenstaande uitgaven zijn CO₂-emissie waarden toegekend. Toekenning van deze waarden per voedselproduct laat voor de voedselgroepen een volgend beeld zien met betrekking tot de CO₂-emissie.



Figuur 11.: Bijdrage aan CO₂-emissies per productgroep gerelateerd aan de Nederlandse consumentenbestedingen aan voedsel (Kramer, 1999)

Naast CO₂-emissies zijn ook de CH₄-emissie en de N₂O-emissie op vergelijkbare wijze bepaald. Gezamenlijk met de CO₂-emissie geeft dit een totaal beeld van de verdeling van de totale uitstoot aan CO₂-equivalenten per voedselgroep in de Nederlandse besteding (consumptie).



Figuur 12.: Bijdrage in broeikasgasemissie per productgroep gerelateerd aan de Nederlandse consumentenbestedingen aan voedsel (Kramer, 1999)

De studie 'Greenhouse gas emissions related to Dutch food consumption' geeft een beeld van de CO₂-emissie op basis van consumentenbestedingen. Nadeel van deze aanpak is dat het geen zicht geeft op waar de emissie plaatsvindt. Dit kan in Nederland zijn, maar ook in het buitenland. De methode geeft wel een goed beeld van de invloed van veranderingen in voedselconsumptiepatronen.

4.3.2 Carlsson-Kanyama

In een Zweeds-Nederlandse studie "Household Metabolism in the Five Cities" van Carlsson-Kanyama naar direct en indirect energieverbruik is gekeken naar energieconsumptie per huishouden. In de studie is gebruik gemaakt van het EAP-model van het IVEM. De uitkomsten zijn in deze studie, net als bij de IVEM studies gebaseerd op de bestedingen van huishoudens (consumenten). De consumptiegegevens van Zweedse consumenten zijn als uitgangspunt genomen. Voedselconsumptie maakt 32% van het indirecte energieverbruik van een gemiddeld Zweeds huishouden uit. Andere grote indirecte energieconsumptie elementen zijn recreatie en vervoer, met beide 16%. Op basis van deze studie blijkt de energie welke wordt verbruikt in de voedselketen een groot deel van totale indirecte energieconsumptie van huishoudens. Verder blijkt uit de studie dat het consumptiepatroon van het betreffende huishouden in grote mate bepaald hoe hoog het energieverbruik is. De sterke relatie tussen de uitgaven en energieverbruik wordt onderstreept. Een hoog uitgavenpatroon door een hoog inkomen wordt vertaald in een hoog energieverbruik.

Tabel 15.: Indirecte energiebehoefte van een gemiddeld huishouden in Stockholm

Categorie	Uitgaven (€ 1.000,-)	Energie (GJ)	Energie intensiteit (MJ / €)
Voedsel	4,45	45,59	10,2
Wonen	4,84	11,53	2,4
Huishoudelijke apparaten	1,21	10,64	8,8
Kleding en schoenen	1,75	14,89	8,5
Hygiëne	1,09	8,86	8,1
Opleiding	0,91	7,42	8,2
Recreatie	2,44	24,72	10,1
Vervoer	1,71	15,76	9,2
Anders	1,08	1,95	1,8
Totaal indirect	19,47	141,37	

Bron: Carlsson-Kanyama, 2002

4.4 Andere duurzaamheidsindicatoren

4.4.1 Ruimtebeslag

Ruimtebeslag wordt ook wel footprint of voetafdruk genoemd. Onze voetafdruk/ruimtebeslag is een weergave van de oppervlakte land en water, welke nodig is om in onze levensstijl per individu, regio, gemeente, land of bedrijf mogelijk te maken. Het is een geschatte oppervlakte land en water welke nodig is om te voorzien in alle natuurlijke bronnen welke worden geconsumeerd en het opnemen van afval (Ecologic).

In het RIVM rapport “Ruimtebeslag van Nederlanders, 1995-2030” wordt gesteld het ruimtebeslag van mensen een belangrijke vorm van milieudruk op ecosystemen is. In het rapport wordt op basis van twee scenario’s beschreven hoe de ontwikkeling van het ruimtebeslag van Nederlanders zich in de toekomst zal ontwikkelen. In beide scenario’s is een lichte toename in het ruimtebeslag te verwachten van circa 10,7 naar 12,3 of 13,2 miljoen ha afhankelijk van het scenario. De stijging van het ruimtebeslag zal verder geheel op het buitenland worden afgewenteld. De stijging van het ruimtebeslag voor de komende 30 jaar is circa 17%. Dit is lager als de 26% van de afgelopen jaren. De stijging wordt vooral veroorzaakt door de toenemende vraag naar hout. Productiviteitsstijgingen zijn niet te verwachten van de natuurlijke systemen die hiervoor de bron zijn. De productiviteitsstijging in de landbouw is redelijk in balans met de extra vraag naar landbouw producten.

In het LNV rapport “Duurzaamheid met beleid” wordt het ruimtebeslag van de landbouw gerelateerd aan het beperkte economische belang van de sector. In het rapport wordt ook geconcludeerd dat juist de intensievere landbouwvormen, zoals glastuinbouw en intensieve veehouderij, een lager ruimtebeslag kennen en een hogere economische waarde. Wel wordt voor beide intensieve sectoren aangetekend dat zij negatieve externe effecten geven, bijvoorbeeld licht- en milieuemissies.

In het artikel “Good Food?” en “Voting with your trolley” in The Economist wordt gekeken naar aankoop keuzes van biologisch, fair trade en lokaal voedsel en het effect dat de bewuste consument hiermee bereikt. In het artikel wordt gesteld dat de aankoop van biologisch product de zorgt voor een groter ruimtebeslag. De productie van de biologische landbouw ligt lager en heeft hierdoor meer ruimte nodig.

4.4.2 Voedselkilometers

In het rapport “Food miles – Still on the road to ruin?” wordt op basis van een aantal stellingen geconcludeerd dat de toename van voedselkilometers een slechte ontwikkeling is. Hierbij wordt op basis van de Engelse situatie geconcludeerd dat de hoeveelheid voedsel en de afstand die het voedsel aflegt over de jaren heen is toegenomen. Transport heeft een aantal belangrijke negatieve effecten. Transport leidt tot

een hoog energieverbruik en is verantwoordelijk voor een aanzienlijk deel van de CO₂-uitstoot. Andere indirecte effecten van transport zijn de effecten op de volksgezondheid en de verkeersdrukte. In het rapport worden een aantal alternatieve distributie opties benoemd, zoals boerenmarkten, de groenteabonnementen en boederijwinkels.

Tabel 16.: Tonnage en vervoersafstand van voedsel 1978-1998 in de UK

Jaar	Hoeveeheid (in milj. Ton)	Gemiddelde afstand (km)
1978	287	82
1983	264	89
1988	302	100
1993	300	119
1998	346	123

Bron: Food miles – Still on the road to ruin?, 1999

In de het rapport “The validity of Food Miles as an indicator of sustainable development” wordt inzicht gegeven in de mogelijkheid om de transportkilometers te gebruiken als duurzaamheidsindicator. De conclusie is dat voedselkilometers als enige maatstaf niet geschikt is als duurzaamheidsindicator. Wel wordt verder geconcludeerd dat de beschikbare gegevens een nuttige indicator kunnen vormen en dat voedselkilometers een toenemend belang en impact kennen. In het Verenigd Koninkrijk maakt voedseltransport 25% van het vrachtvervoer uit. De hiermee samenhangende uitstoot is daarmee zeer aanzienlijk. Een andere conclusie was dat luchtvervoer het meest vervuילend is, maar ook de vervoersvorm is die het sterkste groeit. Wanneer sociale en economische kosten o.a. kosten van files worden meegenomen, zijn de directe kosten in de UK van voedsel gerelateerd vrachtvervoer 9 miljard pond. De werkelijke kilometers en de CO₂-emissie zijn op basis van de gevonden data door onderzoekers geschat en weergegeven in de onderstaande tabel.

Tabel 17.: Type vervoer naar geschat % CO₂-emissie en geschat % productkilometers in de UK

	Geschat % CO ₂ -emissies	Geschat % voertuigkilometers
zwaar vrachtvervoer binnen UK	33%	19%
autokilometers	13%	48%
zwaar vrachtvervoer buiten UK	12%	7%
Zeevaart	12%	0.04%
zwaar vrachtvervoer van buiten naar UK	12%	5%
Internationale luchtvracht	11%	0.1%
licht vrachtvervoer binnen UK	6%	16%
licht vrachtvervoer buiten UK	2%	5%

Bron: Watkiss, 2005

In het rapport “Duurzame landbouw in beeld” van het taskforce Agrologistiek worden de transportbewegingen van agrarische producten vooral toegeschreven aan glastuinbouw en veehouderij. Een kwart van al het binnenlandse goederentransport hangt samen met het agrocomplex. In het wegverkeer is dit een derde deel (één op de drie vrachtwagens). Agrologistiek concludeert dat de omvang van het transport enigszins afneemt. Dit onder invloed van de afname van activiteiten in de veehouderij.

In het artikel “Good Food?” en “Voting with your trolley” in The Economist wordt gekeken naar aankoop keuzes van biologisch, fair trade en lokaal voedsel en het effect dat de bewuste consument hiermee bereikt. De keuze voor lokaal geproduceerd voedsel heeft mogelijk een grote tegenstrijdigheid met de intentie om voedselkilometers te verminderen. Gesteld wordt dat ongeveer de helft van de voedselkilometers voor rekening komt van de voertuigkilometers van huis naar de winkel. Het speciaal naar een boederijwinkel of een vergelijkbaar lokaal concept rijden, zorgt voor een toename de kilometers naar de winkel (verkooppunt).

4.4.3 Carbon footprint

Met of dankzij een aantal (voornamelijk Britse) supermarkten en levensmiddelenproducenten is er een

toenemende aandacht voor de 'carbon footprint'. De 'Carbon Footprint' komt voor een deel overeen met de 'ecological footprint' (ruimtebeslag). De 'Carbon Footprint' is de maat waarmee de effecten van menselijk handelen op het milieu in kaart wordt gebracht, dit vooral voor uitstoot aan broeikasgassen gemeten in CO₂-equivalenten.

A carbon footprint is the total amount of CO₂ and other greenhouse gases emitted over the full life cycle of a product or service. There are a number of more specific definitions available, and a comprehensive review of definitions can be found in ISA-UK research report 07-01. A carbon footprint is usually expressed as grams of CO₂ equivalents, which accounts for the different global warming effects of different greenhouse gases (Parliamentary Office of Science and Technology POST, 2006). The carbon footprint is calculated using the Life Cycle Assessment (LCA) method. This established method has been standardised under ISO 14044 (Wikipedia)

4.5 Literatuur onderzoek DEFRA

In een onderzoeksrapport van de Manchester Business School voor het Engelse Department for Environmenta, Food and Rural Affairs (DEFRA), wordt gerapporteerd welke elementen in voedsel productie en consumptie de grootste bijdrage leveren aan klimaatverandering. Conclusie van het DEFRA onderzoek is dat de resultaten van de beoordeelde studies zo ver uit elkaar liggen dat er geen eenduidige conclusies te trekken zijn. Een aantal deel conclusies welke in het rapport worden gemaakt zijn de volgende.

- Biologisch vs. Gangbaar
Er zijn elementen waarop de biologische landbouw beter scoort als de gangbare. Maar er zijn ook problemen binnen de biologische landbouw. Vooral de nutriëntenproblematiek en de broeikasgasuitstoot. In het rapport wordt daarom geconcludeerd dat er geen uitspraak te maken is over de meest wenselijk vorm van landbouw in relatie tot klimaatverandering.
- Lokaal vs. Internationaal
Er is geen eenduidig bewijs dat lokaal geteeld voedsel klimaatvriendelijker is, als producten welke op de wereldmarkt worden ingekocht. Het transport aandeel kan teniet worden gedaan door teeltaspecten, vb. de waterbehoefte van bepaalde gewassen.
- Vers vs. Gekoeld vs. Geconserveerd
De energiebehoefte van gekoeld product maakt dat het product een hogere klimaatimpact heeft. Daar tegenover staat dat uitval van product wordt gereduceerd ten opzichte van vers. Het gekoelde transport in combinatie met grotere transportafstanden kan wel leiden tot groter impact op het klimaat.
- Rol van transport in de levenscyclus
De rol van transport van product in de keten wordt mogelijk overschaduwd door het winkelen met de auto. Het boodschappen doen met de auto leidt veelal tot een hogere emissie per product, als het transport in de keten. Wel wordt gesteld dat luchttransport een grote impact kent. Producten die per vliegtuig worden vervoerd, maken maar een klein deel uit van het totale voedselaanbod.
- Rol van verpakkingen
De invloed van verpakking op het klimaat is zeker groot te noemen. Het kwantificeren van de impact is lastig, omdat het vooral afhankelijk is van afvalmanagement en –recycling.

5 Conclusies op basis van literatuur

In de internationale literatuur zijn verschillende publicaties die betrekking hebben op energieverbruik en broeikasgasemissies. De verschillende studies gebruiken verschillende methodes om energieverbruik en broeikasgasemissies in kaart te brengen. Hierdoor zijn niet alle gegevens even goed met elkaar te vergelijken. Verder zijn er vooral in de UK en Zweden studies uitgevoerd op dit thema. Nederlandse data voor energiebehoefte en broeikasgasemissies zijn zeer beperkt. Alleen het IVM heeft op basis van consumentenbestedingen studies uitgevoerd. Het doen van uitspraken over de agrarische keten in Nederland is daarom een stap te ver. Wel worden een aantal conclusies door meerdere studies ondersteund.

Onderstaand zullen toch een aantal conclusies op basis van de literatuur worden geformuleerd.

- **Het energieverbruik en de CO₂-emissie van een keten verschilt sterk per gewas/product.**
De energiebehoefte en/of CO₂-emissie wordt sterk bepaald door de aard van het gewas en be- en verwerkingsprocessen in de keten.
- **Het aandeel van de verschillende ketenschakels in energiebehoefte en CO₂-emissie verschilt sterk per gewas/product.**
Naast gewas/product wordt de invloed van de energiebehoefte en CO₂-emissie mede bepaald door onder andere de bewerkingen en transportafstanden;
- **Lokale seizoensproducten scoren beter als import/kasproducten**
In meerdere studies wordt geconcludeerd dat seizoensgebonden producten (die ook in het betreffende seizoen worden geconsumeerd) beter scoren dan jaarrond beschikbaarheid. Jaarrond beschikbaarheid leidt veelal tot grote transportafstanden of teelt onder glas (verwarmd).
- **Kleinschalig versus grootschalig**
In een aantal studies is (deels specifiek) gekeken naar de schaalgrootte van de productie en verwerking. In een aantal studies werd geconcludeerd dat door minder optimale bezetting de biologische landbouw slechter scoort. Dit werd veroorzaakt door kleinschaligheid van de biologische landbouw waardoor vrachtwagen niet 'vol' reden. Verder wordt algemeen gesteld dat kleinschalige systemen niet per definitie beter scoren. De consumenten kilometers worden gezien als belangrijke doorslaggevende factor;
- **Bewerkt versus onbewerkt**
In de literatuur wordt aandacht besteed aan de invloed van bewerkingen (conserveren, pasteuriseren, etc.) op de energiebehoefte en CO₂-uitstoot. Belangrijkste onbekende factor is het uitvalpercentage. Door beperkte kwaliteit of bewaarbaarheid kan een vers product veel uitval kennen. Hoeveel voedsel/product uiteindelijk niet wordt gegeten maar uitvalt, is niet bekend. Of bijvoorbeeld diepgevroren daarom beter scoort is onvoldoende bekend. Het gekoelde transport ten opzichte van ongekoeld, is een andere factor die hierop van invloed is;
- **Verpakking**
Naast bewerking geldt verpakking ook als belangrijke post in veel studies. Veel energie en CO₂-uitstoot hangt samenhangen met de productie van verpakkingsmateriaal.
- **Kilometers van consumenten**
Meerdere studies geven aan dat de energieconsumptie en CO₂-uitstoot van consumenten die van en naar de winkel rijden gelijk of een nog grotere energiebehoefte en CO₂-uitstoot geven als de andere schakels in keten. Dit wordt vooral veroorzaakt door de grote uitstoot per kilogramproduct. Dit is vooral afhankelijk van de vervoersmethode, afstand, reistype en hoeveelheid goederen (aankopen).

De relevantie van energieverbruik en broeikasgasemissies in de keten is sterk afhankelijk van het product. In hoeverre de keten een groter aandeel heeft in het energieverbruik en de broeikasgasemissies hangt sterk af van het product, de handelingen (bewerkingen) in de keten, de het soort keten en de systeemgrenzen. Het aandeel van de keten in het energieverbruik en de broeikasgasemissies zegt nog niets over de totale

score van de keten. Een aantal LCA-studies laat zien dat tussen productgroepen grotere verschillen zijn. Op basis van productgroepen is makkelijker een oordeel te geven. Vollegrondsgroentes (incl. aardappels, scoren beter als glasgroenten, glasgroentes scoren beter als vlees producten. Verschil in prestaties tussen biologisch en gangbaar in de keten op energieverbruik en broeikasgasemissies is onduidelijk. De ketens zijn veelal gelijk, onderling onderscheid is dus beperkt. Wel werd in een aantal studies genoemd dat biologische producten waarschijnlijk meer kilometers vervoer kennen. Dit wordt in de studies toegeschreven aan de minder optimale bezettings-/beladingsgraad, omdat biologische producten niet in aanraking mogen komen met gangbare producten. Maar in geen van de studies was hiernaar onderzoek gedaan en werd dit als aanname of opmerking meegenomen.

6 Toetsing in de praktijk

6.1 Gegevens

Als voorbereiding op praktijkonderzoek is beoordeeld welke resultaten uit de literatuur bekend zijn. Deze resultaten bieden hiermee een richtlijn voor toekomstige onderzoeken door bedrijven of ketens naar energiegebruik en broeikasgasemissies.

Tabel 18.: Energiegebruik en broeikasgasemissies per kilogram product

Product	Bio	Energie	CO ₂ -uitstoot	Bron
Aardappels	Geschild	Ja	3,1 MJ/kg	Mattson, 2003
Aardappels	Geschild	Ja	4 MJ/kg	Foster, 2006
Aardappels			1,8 MJ/kg	Carlsson-Kanyama, 1998
Aardappels	Lokaal		2,74 MJ/kg	Van Hauwermeier, 2007
Aardappels	Grootschalig		1,07 MJ/kg	Van Hauwermeier, 2007
Appels	Lokaal		5,95 MJ/kg	Foster, 2006
Appels	Grootschalig		7,52 MJ/kg	Foster, 2006
Appels	Lokaal		1,34 MJ/kg	Van Hauwermeier, 2007
Appels	Grootschalig		1,08 MJ/kg	Van Hauwermeier, 2007
Brood	Grootschalig		11,7 MJ/kg	Foster, 2006
Eieren			14 MJ/kg	Foster, 2006
Goudse kaas	Lokaal		37,17 MJ/kg	Van Hauwermeier, 2007
Goudse kaas	Grootschalig		33,46 MJ/kg	Van Hauwermeier, 2007
Gedr. Erwten			3,2 MJ/kg	Carlsson-Kanyama, 1998
Ijsbergsla	Lokaal		2,88 MJ/kg	Van Hauwermeier, 2007
Ijsbergsla	Grootschalig		1,53 MJ/kg	Van Hauwermeier, 2007
Kippenvlees			12 MJ/kg	Foster, 2006
Kippenvlees	Ja		16 MJ/kg	Foster, 2006
Maïs chips			1.200 g. CO ₂ -eq./kg	Beer, 2005
Maïs zetmeel			800 g. CO ₂ -eq./kg	Beer, 2005
Rijst			9,8 MJ/kg	Carlsson-Kanyama, 1998
Rundvlees	Lokaal		4,59 MJ/kg	Van Hauwermeier, 2007
Rundvlees	Grootschalig		1,33 MJ/kg	Van Hauwermeier, 2007
Rundvlees			44 MJ/kg	Foster, 2006
Schapenvlees			23 MJ/kg	17.400 g. CO ₂ -eq./kg
Schapenvlees	Ja		18 MJ/kg	10.100 g. CO ₂ -eq./kg
Tomaten	Lokaal		2,83 MJ/kg	204 g. CO ₂ -eq./kg
Tomaten	Grootschalig		1,17 MJ/kg	83 g. CO ₂ -eq./kg
Tomaten			42 MJ/kg	3.300 g. CO ₂ -eq./kg
Varkensvlees			32 MJ/kg	6.100 g. CO ₂ -eq./kg
Varkensvlees			37,7MJ/kg	5.000 g. CO ₂ -eq./kg
Varkensvlees			43 MJ/kg	Kramer, 2006
Wortels	Lokaal		3,42 MJ/kg	245 g. CO ₂ -eq./kg
Wortels	Grootschalig		1,28 MJ/kg	89 g. CO ₂ -eq./kg
Wortels			2,9 MJ/kg	500 g. CO ₂ -eq./kg

Voor de bovenstaande gegevens zijn verschillende uitgangspunten gehanteerd. Een aantal van de bovengenoemde cijfers bevat bijvoorbeeld de consument en het hiermee samenhangend energiegebruik en de broeikasgasemissies. De systeemgrenzen zijn medebepalend voor de genoemde resultaten. Dit maakt de vergelijkbaarheid niet altijd even eenvoudig. De gegevens sluiten ook aan op de conclusie dat dierlijke

producten meer energie vragen en broeikasgassen uitstoten als plantaardige producten.

6.2 Aanbevelingen voor vervolg onderzoek

Uit de conclusies komen een aantal elementen naar voren die meer inzicht vereisen. Allereerst de invloed van de consument. Uit de conclusies blijkt dat het handelen van de consument, vooral het boodschappen doen met de auto, aanzienlijke invloed heeft op de presentaties van de keten. Dit kan waarschijnlijk beoordeeld worden in combinatie met een ander element, namelijk de prestaties in kleinschalige en grootschalige ketens. Biologische landbouw is gericht op regionale ketens en verkoopconcepten (zoals internet- en boerderijwinkels). Een vervolg onderzoek zou daarom de prestaties van het supermarktkanaal ten opzichte van webwinkels met bezorging aan huis kunnen beoordelen. Dit voor een aantal gelijke biologische producten. Binnen de biologische landbouw heeft het supermarktkanaal de afgelopen jaren het grootste aandeel (EKO-monitor). Als derde kanaal kunnen de biologische speciaal zaken in het onderzoek worden opgenomen.

Literatuur

- Beer, Tom, Meyer, Mick, Grant, Tim, Life cycle assessment of greenhouse gas emissions from agriculture in relation to marketing and regional development, CSIRO atmospheric research, aug 2005
- Brouwer, F.M., Bont, C.J.A.M. de Bont, Leneman, H., Meulen, H.A.B. van der, Duurzame landbouw in beeld, Taskforce Agrologistiek, Den Haag, 2004
- Carlsson-Kanyama, Annika, Karlsson, Rebecka, Moll, Henri, Kok, Rixt, Wadeskog, Anders, Household Metabolism in the Five Cities, Swedish National Report-Stockholm, Environmental Strategies Research Group/FOI, Stockholm, Sweden, IVEM, University of Groningen, The Netherlands, Statistics Sweden, FMS-report 177, September 2002
- Carlsson-Kanyama, Annika, Climate change and dietary choices, How can emission sof greenhouse gases from food consumption be reduced?, Food Policy, vol. 23, no. ¾, p 277-293, 1998
- Duurzaamheid met beleid, Eindrapport van de werkgroep Heroriëntatie Landbouwbeleid, Interdepartementaal Beleidsonderzoek, Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit, juni 2002
- Dutilh, Chris E., Kramer, Klaas J., Energy Consumption in the Food Chain, Comparing alternative options in food production and consumption, Ambio, vol. 29 no. 2, March 2000, p 98-101
- Carlsson-Kanyama, Annika, Climate change and dietary choices, how can emissions of greenhouse gases from food consumption be reduced?, Food Policy, Vol. 23., no 3/4, pp. 277-293, 1998
- Elzenga, J.G., Ros, J.P.M., Bouwman, A.F., Het ruimtebeslag van Nederlanders, 1995-2030, Achtergrondsdocument bij de MV5, RIVM, Rapport 408129010, december 2000
- Energy use in organic farming systems, ADAS Consulting Ltd., Norfolk, Final project report for Ministry of Agriculture, Fisheries and Food (MAFF), March 2000
- Food miles – Still on the road to ruin?, An assessment of the debate over the unnecessary transport of food, five years on from the food miles report, Sustain, October 1999
- Foster, C., Green, K., Bleda, M., Dewick, P., Evans, B., Flynn, A., Mylan, J., Environmental Impacts of Food Production and Consumption: A report to the Department for Environment, Food and Rural Affairs, Manchester Business School, Defra, London, December 2006
- Gerbens-Leenes, P.W., Groen Kookboek, Milieubewust koken met een laag energie- en landgebruik, IVEM-onderzoeksrapport 103a, Groningen, mei 2000
- Good food? And Voting with your trolley, The Economist. December 9th, 2006
- Hauwermeiren, Annelies van, Coene, Hannelore, Engelen, Gert, Mathijs, Erik, Energy Lifecycle inputs in Food Systems: A Comparison of Local versus Mainstream Cases, Journal of Environmental Policy & Planning, Vol. 9, no. 1, March 2007, p. 31-51
- Jones, Andy, An Environmental Assessment of Food Supply Chains: A Case Study on Dessert Apples, Environmental Management, Vol. 30, no. 4, p 560-576
- Kramer, K.J., Moll, H.C., Energie Voedt, Nadere analyses van het indirecte energieverbruik van voeding, IVEM Interfacultaire Vakgroep Energie en Milieukunde, IVEM-onderzoeksrapport 77, Groningen, april 1995
- Kramer, Klaas Jan, Moll, Henri C., Nonhebel, Sanderine, Wilting, Harry C., Greenhouse gas emissions related to Dutch food consumption, Center for Energy and Environmental Studies, University of Groningen, Elsevier Energy Policy nr. 27, p. 203-216, 1999
- Mattsson, Berit, Wallén, Erika, Environmental Life Cycle Assessment (LCA) of Organic Potatoes, Acta Hort. 619, ISHS 2003, p. 427-435
- Oprel, L., Boomaerts, A.C.M.M., Eminent emittent, Een verkenning naar de verwachte broeikasgasemissies van agrosectoren in het licht van het instrument emissieplafonnering, Expertisecentrum LNV, maart 2001
- Pretty, J.N., Ball, A.S., Lang, T., Morison, J.I.L., Farm costs and food miles: An assessment of the full cost of the UK weekly food basket, Elsevier Food Policy, 2005
- Tegtmeyer, Erin M., Duffy, Michael D., External Costs of Agricultural Production in the United States, Iowa State University, Department of Economics, International Journal of Agricultural Sustainability,

vol. 2, no. 1, 2004

- Watkiss, Paul, Smith, Alison, Tweddle, Geoff, KcKinnon, Prof. Alan, Browne, Prof. Mike, Hunt, Alistair, Treleven, Colin, Nash, Prof Chris, Cross, Sam, The Validity of Food Miles as an Indicator of Sustainable Development: Final report produced for DEFRA; report number ED50254, AEA Technology Environment, Oxon

