



Rijksinstituut voor Volksgezondheid
en Milieu

*Ministerie van Volksgezondheid,
Welzijn en Sport*

Milieubelasting van de voedselconsumptie in Nederland

RIVM Rapport 2016-0074

E. de Valk | A. Hollander | M. Zijp



Rijksinstituut voor Volksgezondheid
en Milieu
*Ministerie van Volksgezondheid,
Welzijn en Sport*

Milieubelasting van de voedselconsumptie in Nederland

RIVM Rapport 2016-0074

Colofon

© RIVM 2016

Delen uit deze publicatie mogen worden overgenomen op voorwaarde van bronvermelding: Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM), de titel van de publicatie en het jaar van uitgave.

E. de Valk (auteur), RIVM
A. Hollander (auteur), RIVM
M. Zijp (auteur), RIVM

Contact:
Anne Hollander
Centrum Duurzaamheid, Milieu en Gezondheid\Milieu-effecten en
Ecosystemen
anne.hollander@rivm.nl

Michiel Zijp
Centrum Duurzaamheid, Milieu en Gezondheid\Duurzaamheid
Drinkwater en Bodem
michiel.zijp@rivm.nl

Dit onderzoek werd verricht in opdracht van het ministerie van
Infrastructuur en Milieu

Dit is een uitgave van:
**Rijksinstituut voor Volksgezondheid
en Milieu**
Postbus 1 | 3720 BA Bilthoven
Nederland
www.rivm.nl

Publiekssamenvatting

Milieubelasting van de voedselconsumptie in Nederland

Een duurzaam voedselsysteem voorziet in de voedingsbehoefte van alle mensen, nu en in de toekomst, en beschermt tegelijkertijd de ecologische systemen op aarde. Het huidige voedselsysteem is niet duurzaam. Vooral vlees (voornamelijk rundvlees) maar ook zuivel en kaas vormen de grootste milieubelasting. De milieubelasting is ook relatief hoog voor gewassen uit de glastuinbouw. Groente- en fruitgewassen die in Nederland in de vollegrond worden geteeld, hebben een relatief lage milieubelasting. Ook die van brood en graanproducten is relatief laag.

Dit blijkt uit de eerste resultaten van een analyse van de milieubelasting van het huidige Nederlandse voedselconsumptiepatroon door het RIVM. Hierbij is naar zes milieuthema's gekeken: klimaatverandering, landgebruik, waterverbruik, verzuring, vermesting en bodemuitputting. De analyse is gebaseerd op een database met gegevens over de milieubelasting van een breed scala aan voedselproducten die het RIVM momenteel aan het bouwen is. Deze database is via de Voedselconsumptiepeiling (VCP) gekoppeld aan ons consumptiepatroon. Hiermee is het mogelijk om de milieudruk van producten per thema te bepalen en in kaart te brengen wat voor effect veranderingen hebben, bijvoorbeeld in productieprocessen of consumptiepatronen.

Van de in Nederland geconsumeerde producten wordt gemiddeld 20 procent verspild. Voedselverliezen treden op in de gehele productie- en distributieketen van producten. Die bestaat uit de teelt van gewassen, de verwerking ervan in fabrieken, het transport naar Nederland, de opslag en koeling, de supermarkt (houdbaarheidsdata) en de consument. De verspilling vindt op alle onderdelen plaats, maar is het grootst bij de consument.

Een duurzamer Nederlands voedselsysteem kan bereikt worden door de productieprocessen te verduurzamen, en verliezen in de keten te verminderen. Aan de consumentenkant kan erop worden ingezet voedselverspilling te verminderen en het voedselconsumptiepatroon te veranderen door minder en anders te eten. Een verschuiving van dierlijke naar plantaardige voedselproducten is het meest effectief voor bijna alle milieuaspecten.

Kernwoorden: LCA, voeding, duurzaamheid, milieu.

Synopsis

Environmental impact of the food consumption in the Netherlands

A sustainable food system supplies food to all people, now and in the future, and protects the ecological systems on Earth. The current food system is not sustainable. Particularly meat (beef meat), but also dairy and cheese cause high environmental impact, followed by dairy and cheese. Vegetables and fruits grown in The Netherlands in the open ground cause relatively little environmental pressure. The pressure caused by vegetable and fruit crops from heated greenhouses is significantly higher. The environmental impact of bread and cereal products is relatively low.

These results follow from an analysis on the environmental impact of the current Dutch food consumption pattern done by RIVM. The focus was on six environmental issues: climate change, land use, water use, acidification, eutrophication and soil depletion. The analysis was based on a database with information on the environmental impact of many food products that RIVM is currently constructing. This database is via the 'Food consumption surveys' of RIVM (VCP) coupled to our consumption pattern. In this way, it is possible to assess the environmental pressure of products per theme and to map the effects of possible changes in for example production processes or consumption patterns.

Waste of food amounts to, on average, 20 percent for the products consumed in The Netherlands. Wasting of food occurs throughout the whole production and supply chain of products, but is largest at the consumer's side.

A more sustainable Dutch food system can be achieved by making production processes more sustainable as well as by reducing food losses throughout the life cycle of products. At the consumer's side, focus should be on reducing food waste and changing food consumption patterns: eat less and eat differently. Concerning the second issue, a shift from animal to vegetable food products will be most effective for almost all environmental impacts.

Keywords: LCA, food, sustainability, environment

Inhoudsopgave

Samenvatting — 9

DEEL A – Hoofdrapport — 13

1 Inleiding — 15

1.1 Achtergrond: Een duurzaam voedselsysteem — 15

1.2 Doelstellingen en opdracht — 17

1.3 Leeswijzer — 19

2 Opzet van het onderzoek — 21

2.1 Meten van milieubelasting — 21

2.2 LCA als onderzoeksmethode — 21

2.3 Reikwijdte van de huidige LCA-studie — 22

2.4 Keuze van milieu-indicatoren en beoordelingsmethode (LCIA) — 23

2.5 De Voedselconsumptiepeiling (VCP) — 25

2.6 Selectie van voedselproducten voor dit onderzoek — 25

3 Milieubelasting voedselconsumptie Nederland — 29

3.1 Inleiding — 29

3.2 Milieubelasting per productgroep en per milieu-effectcategorie — 29

3.3 Totale milieubelasting van de voedselconsumptie door de Nederlandse bevolking — 33

3.4 Gemiddelde milieubelasting van de Nederlandse voedselconsumptie per persoon — 36

4 Beschouwing — 39

4.1 Discussie — 39

4.1.1 Methodische onzekerheden — 39

4.1.2 Duurzame voedselconsumptie in een breder perspectief — 40

4.1.3 Het inzetten van de analyse als nulmeting — 41

4.1.4 Bevindingen uit het huidige onderzoek — 41

4.2 Conclusies — 43

DEEL B – Achtergrondrapport — 45

1 Leeswijzer — 47

2 Voedselconsumptiepeilingen — 49

3 Selectie van voedingsmiddelen voor de nulmeting — 51

4 Operationalisering van LCA — 53

4.1 Vaststelling doel en reikwijdte — 53

4.2 Inventarisatie — 54

4.3 Effectbeoordeling — 55

4.4 Interpretatie — 58

5 Milieubelasting Productgroep Fruit — 61

5.1 Introductie — 61

5.2 Resultaten — 62

5.3 Conclusies — 68

6 Milieubelasting Productgroep Groente — 69

6.1 Introductie — 69

6.2 Resultaten — 70

6.3 Conclusies — 78

7 Milieubelasting Productgroep Zuivel — 81

7.1 Introductie — 81

7.2 Resultaten — 82

7.3 Conclusies — 88

8 Milieubelasting Productgroep Vlees — 91

8.1 Introductie — 91

8.2 Resultaten — 92

8.3 Conclusies — 98

9 Milieubelasting Productgroep Brood — 101

9.1 Introductie — 101

9.2 Resultaten — 102

9.3 Conclusies — 107

10 Milieubelasting Productgroep Vis — 109

10.1 Introductie — 109

10.2 Resultaten — 110

10.3 Conclusies — 116

11 Cijfers en Tabellen — 117

11.1 Fruit — 117

11.2 Groenten — 118

11.3 Zuivel — 119

11.4 Vlees — 120

11.5 Brood — 122

11.6 Vis — 122

12 Literatuur — 123

Samenvatting

Een duurzaam voedselsysteem is een systeem dat voorziet in de voedsel- en voedingsmiddelenbehoefte van zowel huidige als toekomstige generaties, waarbij ook de ecologische systemen op aarde worden beschermd. Het huidige voedselsysteem is niet duurzaam. Op wereldschaal is de voedselproductie verantwoordelijk voor ongeveer 25% van de totale broeikasgasemissies en voor 60% van het verlies aan biodiversiteit. Voor verduurzaming van het voedselsysteem is een rol weggelegd voor zowel de spelers in de productie- en aanvoerketen, als de consument en het beleid. Overheden hebben de taak de verschillende stakeholders in de voedselketen te verbinden om gezonde en duurzame voeding bij de bevolking te bevorderen, maar ook om de duurzaamheid van ons voedselconsumptiepatroon te meten en te monitoren (USDA, 2015).

In opdracht van het ministerie van IenM heeft het RIVM in samenwerking met Blonk Consultants een methode ontwikkeld om de belasting van de Nederlandse voedselconsumptie op een zestal milieuaspecten (klimaatverandering, landgebruik, waterverbruik, verzuring, vermesting, bodemuitputting) kwantitatief te kunnen bepalen en in de toekomst te kunnen monitoren. Daarnaast is deze methode toegepast in een meting naar de milieubelasting van het huidige Nederlandse voedselconsumptiepatroon op die zes milieuaspecten.

Gekozen is om in deze studie de methode van de levenscyclusanalyse (LCA = Life Cycle Assessment) toe te passen, in combinatie met de Voedselconsumptiepeiling (VCP). De LCA-methode richt zich specifiek op de milieubelasting die veroorzaakt wordt in alle fasen in de levenscyclus van producten. De VCP geeft een gedetailleerd beeld van het voedselconsumptiepatroon in Nederland. In het onderzoek zijn de volgende milieuaspecten in beschouwing genomen: klimaatverandering, landgebruik, verzuring, eutrofiëring (van het mariene en zoetwatermilieu), waterverbruik en bodemuitputting.

Er zijn 168 voedingsproducten geselecteerd, die naar inschatting samen zorgen voor 80% van de milieubelasting van de Nederlandse voedselconsumptie. De geselecteerde voedingsmiddelen zijn te groeperen in een aantal productgroepen: groente, fruit, brood, vlees, vis, zuivel en kaas, dranken, suiker(goed) en banket, pasta, rijst en couscous, eieren, vet, noten en zaden, en overige producten. In 2014-2015 was het niet mogelijk om voor alle 168 geselecteerde producten een LCA-studie uit te voeren.

Op dit moment zijn gegevens voorhanden voor de productgroepen groente, fruit, brood, zuivel en kaas, vlees en vis.

Voor de milieuaspecten CO₂/klimaatverandering, landgebruik, waterverbruik, eutrofiëring/vermesting van zoet en marien water, en verzuring is de milieubelasting kwantitatief bepaald met het levenscyclus-impactmodel ReCiPe. Per productgroep is de milieubelasting per kilogram product vermenigvuldigd met de actuele totale Nederlandse consumptie die is vastgesteld middels de VCP. Voor de effectcategorie 'bodemdegradatie' was nog geen kwantitatieve maat voorhanden in

ReCiPe of andere LCIA (Life Cycle Impact Assessment)-methoden. Een belangrijke reden hiervoor is dat data over bodemgesteldheid niet op wereldwijde schaal beschikbaar zijn. Op basis van de wel beschikbare gegevens heeft het RIVM in 2015 een kwalitatieve en semi kwantitatieve maat voor het fosforverlies uit bodems, wat een eerste indicator is voor bodemdegradatie, bij de teelt van acht typen gewassen ontwikkeld. Met deze indicator kan per land en per gewas aangegeven worden of fosfuitputting in de bodem een mogelijk probleem is (Hollander et al., 2015).

Voor alle beschouwde milieuaspecten veroorzaakt de productgroep vlees de grootste milieubelasting. De mate van milieubelasting van verschillende soorten vlees wordt voornamelijk bepaald door de conversieratio van veevoer naar vlees en de uiteindelijke hoeveelheid consumptievlees per dier. Hierdoor zijn lamsvlees en rundvlees doorgaans meer milieubelastend dan varkensvlees en kippenvlees. Voor het aspect van waterverbruik is na vlees, fruit de grootste belaster. Bij de overige vijf milieuaspecten veroorzaakt de productgroep zuivel en kaas de op een na grootste belasting van het milieu. De impact van fruit, groente en brood is relatief laag voor de milieuaspecten klimaatverandering, vermesting, verzuring en landgebruik.

Voor het aspect van bodemdegradatie als gevolg van de Nederlandse voedselconsumptie wordt de teelt van bananen in Ecuador, Costa Rica en Columbia aangemerkt als potentieel significant, evenals de productie van veevoer en tarwe in diverse gebieden in Afrika, Midden- en Zuid-Amerika, Azië en Oost- en Zuid-Europa.

De milieubelasting van de verschillende productgroepen is ook uitgewerkt naar de verschillende fasen in de levenscyclus van een product. Uit de analyse daarvan (beschreven in Deel B van dit rapport) blijkt dat voor alle producten en milieuaspecten geldt dat de productiefase het grootste aandeel heeft in de totale milieubelasting van een product. Voor groente en fruit geldt dat de milieubelasting relatief laag is voor die gewassen die in Nederland in de volle grond worden geteeld. Groente en fruit dat wordt geteeld in de verwarmde glastuinbouw, heeft door het gebruik van aardgas een relatief hogere milieubelasting in de categorie klimaatverandering. Wanneer overzees (gekoeld) transport plaatsvindt, scoren groente en fruit slechter op de milieuaspecten klimaatverandering en verzuring. De milieu-impact van brood is relatief laag voor de meeste milieuaspecten. Bij de teelt van graan kan echter bodemdegradatie in sommige delen van de wereld wel een rol spelen.

Voor de milieuaspecten klimaatverandering en landgebruik beschikken we over schattingen van de belasting in alle productgroepen uit een eerdere studie. Voor die milieuaspecten was het dus mogelijk een eerste inschatting te geven van de belasting van het totale gemiddelde Nederlandse voedingspatroon. Als we de totale jaarlijkse milieubelasting door voedselconsumptie in Nederland onderverdelen naar leeftijdscategorie en geslacht, blijkt dat volwassenen in de leeftijd van 19-69 jaar per persoon de grootste bijdrage aan klimaatverandering en landgebruik hebben. Verschillen in milieubelasting tussen mannen en vrouwen wordt voornamelijk veroorzaakt door de hogere energie-inname per dag bij mannen. De productgroepen vlees, zuivel en

dranken hebben een relatief grote bijdrage aan klimaatverandering en landgebruik.

Vermijdbare verspilling van voedsel bedraagt voor de in Nederland geconsumeerde producten gemiddeld ongeveer 20% over de hele keten. Voedselverliezen treden op gedurende alle fasen van de levenscyclus van producten, maar zijn het grootst in de consumentenfase. Reductie van de verspilling zal leiden tot een evenredige reductie in de milieubelasting van ons voedsel; er hoeft dan immers minder geproduceerd, getransporteerd en verwerkt te worden.

Hoewel in deze studie niet alle duurzaamheidsindicatoren meegewogen zijn en hoewel het voedselsysteem eigenlijk integraal beschouwd zou moeten worden in plaats van product voor product, geeft de huidige studie wel een goede indicatie van de 'hotspots' in de milieubelasting die ons voedingssysteem veroorzaakt. Het globale beeld dat uit deze studie duidelijk naar voren komt – de vlees- en zuivelconsumptie levert het overgrote deel van de milieubelasting van de Nederlandse voedselconsumptie – komt overeen met eerdere duurzaamheidsanalyses op dit vlak (Westhoek et al., 2013; WRR, 2014).

Het is voor het eerst dat zoveel milieuaspecten van voedselconsumptie naast elkaar beoordeeld zijn voor Nederland. De beschikbare data zijn allemaal opgenomen in een overzichtelijke database, zodat verdere analyse naar toekomstige trends, het nader bestuderen van een bepaald type milieuschade en/of het uitwerken van scenario's mogelijk is. Wij beschouwen dit als een waardevolle aanvulling op de aanwezige kennis rond de duurzaamheid van de Nederlandse voedselconsumptie.

De beschreven methode kan in de toekomst gebruikt worden om trends in de duurzaamheid van het Nederlandse voedselconsumptiepatroon te monitoren. Hiertoe is het wel zaak dat er eenduidigheid in de methodiek blijft bestaan. In 2016 wordt een nieuwe versie van de gebruikte ReCiPe-methode uitgebracht. Toekomstige berekeningen aan de milieubelasting van de Nederlandse voedselconsumptie zullen met die versie worden berekend, terwijl voor de huidige studie nog gebruik is gemaakt van ReCiPe 1.0. Om in de toekomst de analyses te kunnen vergelijken met deze studie, zal de 2015-analyse te zijner tijd herhaald worden met het nieuwe ReCiPe-model.

DEEL A – Hoofdrapport

1 Inleiding

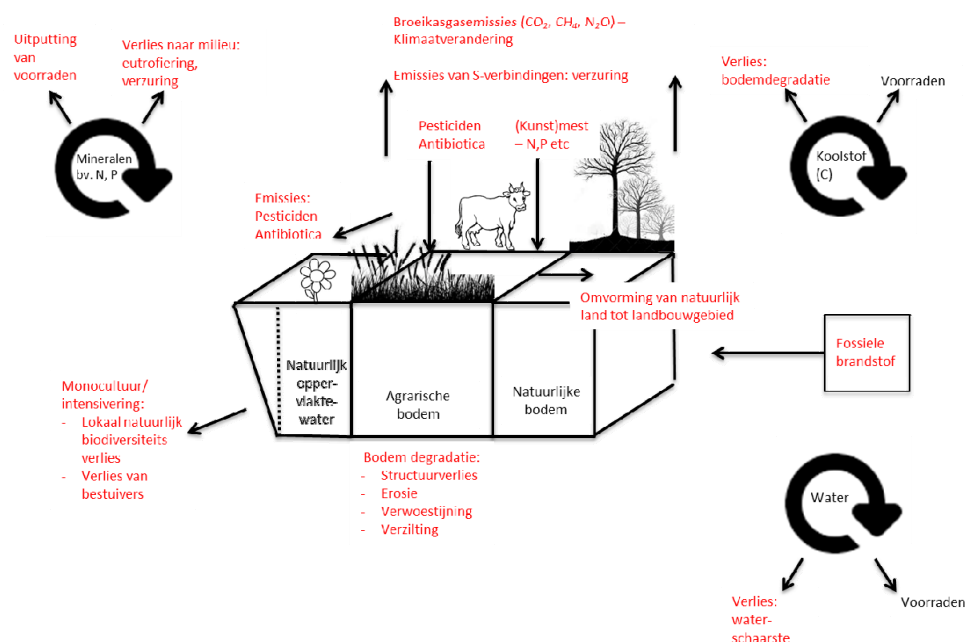
1.1 Achtergrond: een duurzaam voedselsysteem

Met onze huidige leefstijl is het beslag op de aarde en haar natuurlijke bronnen vier- tot vijfmaal zo hoog als het niveau dat men duurzaam acht. Vier van de negen 'planetary boundaries' worden op dit moment overschreden ten gevolge van de huidige menselijke activiteit op aarde (Rockstrom 2009; Steffen, 2015). Het voedselsysteem levert hier een belangrijke bijdrage aan. Op wereldschaal is het voedselsysteem verantwoordelijk voor ongeveer 25% van de broeikasgasemissies en voor 60% van het verlies aan biodiversiteit (Kotakorpi et al., 2013; Røpke, 2009).

Een duurzaam voedselsysteem is een systeem dat voorziet in de voedsel- en voedingsmiddelenbehoefte van zowel huidige als toekomstige generaties, waarbij ook de ecologische systemen op aarde worden beschermd. De FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations) definieert duurzame voedingspatronen als:

"diets protective and respectful of biodiversity and ecosystems, culturally acceptable, accessible, economically fair and affordable; nutritionally adequate, safe and healthy; while optimizing natural and human resources"- (FAO, 2010).

In Nederland wordt jaarlijks ongeveer 20 miljard kilogram aan voedsel geconsumeerd (Bosatlas van het Voedsel; 2014; CBS 2014). Voedingsmiddelen doorlopen vaak vele productie- en verwerkingsstappen tot het moment van consumptie. Elke stap in de levenscyclus die ons voedsel doorloopt, van landbouwproductie tot uiteindelijke bereiding in de keuken of verwerking als afval, legt beslag op het milieu. De grootste milieubelasting (op een breed scala aan milieuaspecten) wordt over het algemeen veroorzaakt in de productiefase van de levenscyclus. Een overzicht van de milieuaspecten die gepaard gaan met de productie van voedsel, is gegeven in Figuur 1.



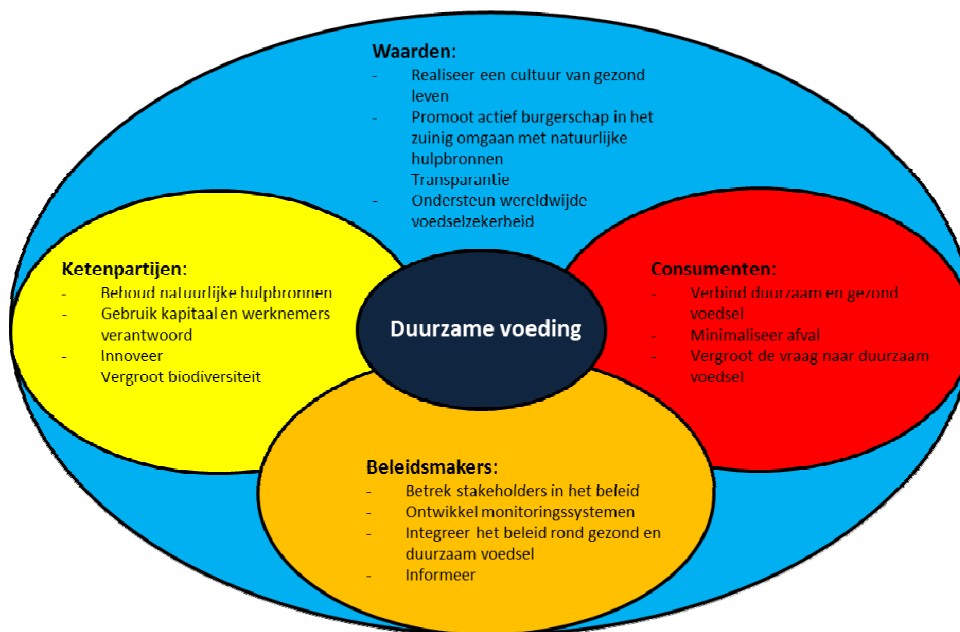
Figuur 1. Overzicht van de milieuaspecten die gepaard gaan met het huidige voedselproductiesysteem.

De uitdaging die wij als maatschappij hebben, is een consumptiepatroon te ontwikkelen dat past binnen de mogelijkheden die onze omgeving biedt en dat houdbaar is in de toekomst (ministerie van LNV, 2009).

Zowel nationaal als internationaal neemt de aandacht voor de duurzaamheid van ons voedselsysteem toe. De United States Department of Agriculture (USDA) schetst bijvoorbeeld drie groepen van spelers die invloed hebben op het creëren van een duurzamer voedselsysteem:

1) de deelnemers in de productie- en aanvoerketen, 2) de consument en 3) het beleid (zie Figuur 2). Om te komen tot een duurzaam voedselsysteem, moeten zij samen de waarden uitdragen van gezond en veilig voedsel voor iedereen, in een transparant voedselsysteem (USDA, 2015).

Voor overheden ligt hierbij onder andere een rol in het verbinden van de verschillende stakeholders in de voedselketen, het bevorderen van gezonde en duurzame voeding bij de bevolking, maar ook in het meten en monitoren van de duurzaamheid van ons voedselconsumptiepatroon.



Figuur 2. Elementen voor een duurzame voedselconsumptie. Naar USDA, 2015.

De milieubelasting van voedselconsumptie meten: LCA

Voor de beoordeling van de milieubelasting van producten wordt voor bepaalde milieuaspecten vaak gebruikgemaakt van de levenscyclusanalyse. Milieugerichte levenscyclusanalyse (LCA) is een methode voor het in kaart brengen van de invloed van producten en productieprocessen op het milieu. Daarvoor worden gegevens over emissies en grondstoffengebruik gedurende de hele levenscyclus van een product of activiteit verzameld. Van de winning van grondstoffen via productie en (her)gebruik tot en met afvalverwerking. Of, met andere woorden, van de wieg tot het graf.

Vervolgens wordt berekend wat de impact op het milieu is van alle emissies en grondstoffengebruik in de levenscyclus van het product. Het resultaat van een LCA is dus een soort milieuprofiel: een 'scorelijst' met milieueffecten. Aan het milieuprofiel is te zien welke milieueffecten de belangrijkste rol spelen in de levenscyclus van een product of dienst en welke onderdelen in de levenscyclus daar de grootste bijdrage aan leveren.

In dit rapport zal de focus liggen op de milieuaspecten die gepaard gaan met het voedselconsumptiepatroon in Nederland. Niet alle milieuaspecten die gekoppeld zijn aan de voedselketen (zie Figuur 1) kunnen met een LCA beschreven worden. In dit rapport ligt de focus op de aspecten klimaatverandering, landgebruik, waterverbruik, verzuring, vermist en bodemuitputting. De andere in Figuur 1 genoemde milieueffecten, alsook sociale en economische aspecten, worden in dit onderzoek dus buiten beschouwing gelaten.

1.2 Doelstellingen en opdracht

Het ministerie van Infrastructuur en Milieu (IenM) wil inzicht krijgen in de milieubelasting van de voedselconsumptie in Nederland, en deze ook in de toekomst kunnen monitoren. In 2013 heeft het RIVM in

samenwerking met Blonk Consultants, in opdracht van het ministerie van Economische Zaken, een LCA-onderzoek uitgevoerd naar de milieubelasting van voedselconsumptie in Nederland (Temme et al., 2015). In die analyse is de milieubelasting berekend voor de milieueffectcategorieën klimaatverandering, het gebruik van fossiele brandstoffen en landgebruik.

Vervolgens heeft het RIVM in opdracht van en samen met het ministerie van IenM, eind 2013 een workshop georganiseerd, waarbij diverse experts op het gebied van LCA en voeding aanwezig waren: Ton Schouten, Ton Breure, Michiel Rutgers en Frank Swartjes (RIVM/DMG), Dico Fraters (RIVM/MIL). Tijdens deze workshop is besproken of de drie bovengenoemde effectcategorieën voldoende zijn om betrouwbare en houdbare uitspraken te kunnen doen over de milieubelasting van de Nederlandse voedselconsumptie. Uit de workshop kwam naar voren dat een bredere set milieueffectcategorieën wenselijk is om de milieuproblematiek rond voedselconsumptie te kunnen beschrijven. Naast de bovengenoemde categorieën zou ook aandacht geschonken moeten worden aan de aspecten waterverbruik, verzuring, vermisting en bodemuitputting. De workshop was de start van het onderzoekstraject, waarvan in dit rapport de eerste resultaten gepresenteerd worden.

Als vervolg op de workshop heeft het RIVM in 2014 van het ministerie van IenM het verzoek gekregen hen te ondersteunen in de ontwikkeling van een methode om de milieubelasting van de Nederlandse voedselconsumptie te bepalen, waarbij alle uit de workshop geselecteerde milieuaspecten in beschouwing moeten worden genomen. De methode zou transparant en stabiel moeten zijn. Ook moet deze herhaaldelijk toegepast kunnen worden over de tijd, zodat eventuele toekomstige verschuivingen in het voedselproductiesysteem en in de consumptie van voedsel in kaart kunnen worden gebracht.

De opdracht bestond uit de volgende onderdelen:

1. Onderzoek naar het opnemen van bodemuitputting als aanvullende milieu-indicator in een LCA.
2. Het beschrijven van een methode om de milieubelasting van de Nederlandse voedselconsumptie voor wat betreft de geselecteerde milieuaspecten in kaart te brengen.
3. Het verzamelen van beschikbare data over de milieubelasting van de diverse voedselproducten en over de consumptie van voedselproducten in Nederland.
4. Het uitvoeren van een nulmeting op basis van deze data.

Producten

De opdracht heeft geresulteerd in een aantal producten:

- Een briefrapport en publicatie over de rol van bodemverschraling in een LCA.
- Een beschrijving van de meetmethode en uitvoering van de nulmeting (dit rapport).
- Een database met LCA-data voor een grote groep voedselproducten die deels publiekelijk toegankelijk is via Agrifootprint (Scholten et al., 2014).

1.3 Leeswijzer

Het rapport is opgebouwd uit twee delen. Deel A behandelt de context van de milieubelasting van de Nederlandse voedselconsumptie, de vraagstelling voor het huidige onderzoek, en beschrijft globaal de onderzoeksopzet. Vervolgens worden de belangrijkste resultaten beschreven. Daarbij wordt de berekende totale milieubelasting van verschillende voedselproducten gegeven, gekoppeld aan de huidige Nederlandse consumptie van die producten. De resultaten geven dus een beeld van de milieubelasting van het Nederlandse voedselconsumptiepatroon, opgedeeld naar verschillende milieuaspecten, en naar leeftijdscategorie en geslacht.

Deel B van het rapport kan gezien worden als technisch achtergronddocument. De onderdelen van de onderzoeksmethoden en de nulmeting worden er in meer details uitgewerkt. Er wordt een beschrijving gegeven van de Voedselconsumptiepeiling (VCP) en hoe die gebruikt is om de totale Nederlandse voedselinname te bepalen. De methode waarmee de meest geconsumeerde en milieubelastende voedingsmiddelen zijn geselecteerd voor onderzoek in de LCA-studies, wordt omschreven. Ingegaan wordt op de wijze hoe de LCA-studies, die ten grondslag liggen aan dit onderzoek, zijn opgezet, inclusief de gedane aannamen, onzekerheden en keuzes die daarbij zijn gemaakt. De resultaten van de LCA-studies worden vervolgens per categorie van voedselproducten getoond. Hierbij is de milieubelasting voor de verschillende milieueffectcategorieën per kilogram product bepaald. De VCP en de resultaten van de LCA-studies in Deel B dienen als basis voor de in Deel A getoonde resultaten.

2 Opzet van het onderzoek

2.1 Meten van milieubelasting

Het ministerie van Infrastructuur en Milieu heeft drie criteria opgesteld waaraan de nulmeting en de onderzoeksmethodologie dient te voldoen. De criteria waarborgen dat de metingen voor het bepalen van de milieubelasting reproduceerbaar zijn en dat geen belangrijke aspecten van de voedselketen buiten beschouwing gelaten worden:

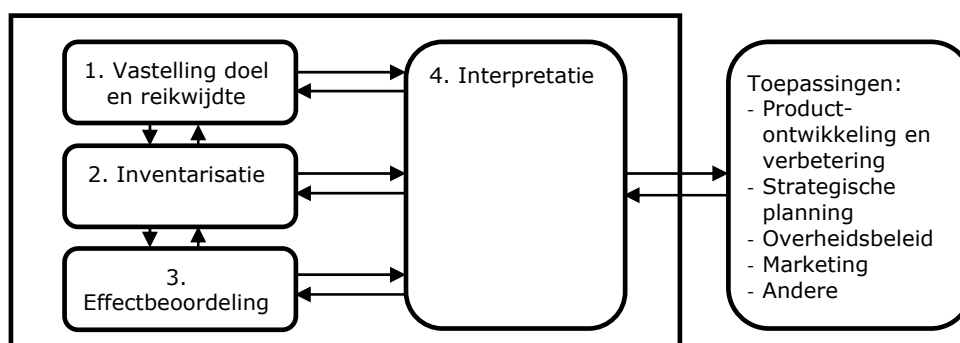
- De metingen geven een beeld van de milieubelasting in en buiten Nederland als gevolg van de Nederlandse consumptie voor de milieuaspecten klimaatverandering, landgebruik, waterverbruik, verzuring, vermisting en bodemuitputting.
- De metingen houden rekening met het levenscyclusdenken.
- De onderzoeksmethodologie is transparant en herhaalbaar.

Op basis van de gestelde criteria is ervoor gekozen om de levenscyclusanalysemethode toe te passen, in combinatie met de Voedselconsumptiepeiling (VCP). De LCA-methode richt zich specifiek op de milieubelasting die veroorzaakt wordt in alle fasen in de waardeketen van producten (paragraaf 2.2 t/m 2.4). De VCP geeft een gedetailleerd beeld van het voedselconsumptiepatroon in Nederland (paragraaf 2.5). Een uitgebreidere beschrijving van de toegepaste LCA-methode, de VCP en de methode voor het meten van de milieubelasting van voedselconsumptie in Nederland is gegeven in Deel B van dit rapport. Tot slot wordt in dit hoofdstuk uitleg gegeven voor de selectie van voedselproducten die beschouwd zijn in dit onderzoek (paragraaf 2.6).

2.2 LCA als onderzoeksmethode

Levenscyclusanalyse (LCA) is een methode om de milieubelasting van een product of dienst te bepalen. LCA neemt hierbij de hele productketen in ogenschouw: winning van grondstoffen, productie, transport, gebruik en afvalverwerking. De Internationale Organisatie voor Standaardisatie (ISO) heeft een standaardprocedure voor LCA vastgelegd (zie Figuur 3) in de ISO-14040 en 14044-series¹. Deze procedure bestaat uit vier stappen of fasen. Deze zijn hieronder beschreven.

¹ <http://www.iso.org/iso/iso14000>, bezocht op 18-12-'15



Figuur 3. De vier verschillende fasen van een LCA, zoals vastgelegd in de ISO 14040 en 14044-series.

1. *Vaststelling doel en reikwijdte (Engels: Goal and Scope)*. Expliciete beschrijving van het doel van de LCA en hoe de resultaten dienen te worden gecommuniceerd. Hierbij wordt de functionele eenheid, de gekozen milieueffectcategorieën en een set van afbakeningen/randvoorwaarden van het onderzoek beschreven.
2. *Inventarisatie (Engels: Life Cycle Inventory, LCI)*. Alle milieugegevens uit de levenscyclus van het product worden geïdentificeerd en opgeslagen. Het resultaat is een inventaris (of ingreep tabel) van alle emissies en materiaalgebruiken in de levenscyclus.
3. *Effectbeoordeling (Engels: Life Cycle Impact Assessment, LCIA)*. Karakterisatie en groepering van de ingreep tabel om tot effectscores per milieuaspect te komen. De lijst met effectscores voor elke effectcategorie geeft samen het milieuprofiel van het product.
4. *Interpretatie*. Analyse van het verkregen milieuprofiel, waarbij bijvoorbeeld gekeken wordt welke fasen in de levenscyclus van een product de meeste impact hebben op bepaalde milieuaspecten (hotspot analyse). Ook is een vergelijking tussen producten mogelijk.

2.3 Reikwijdte van de huidige LCA-studie

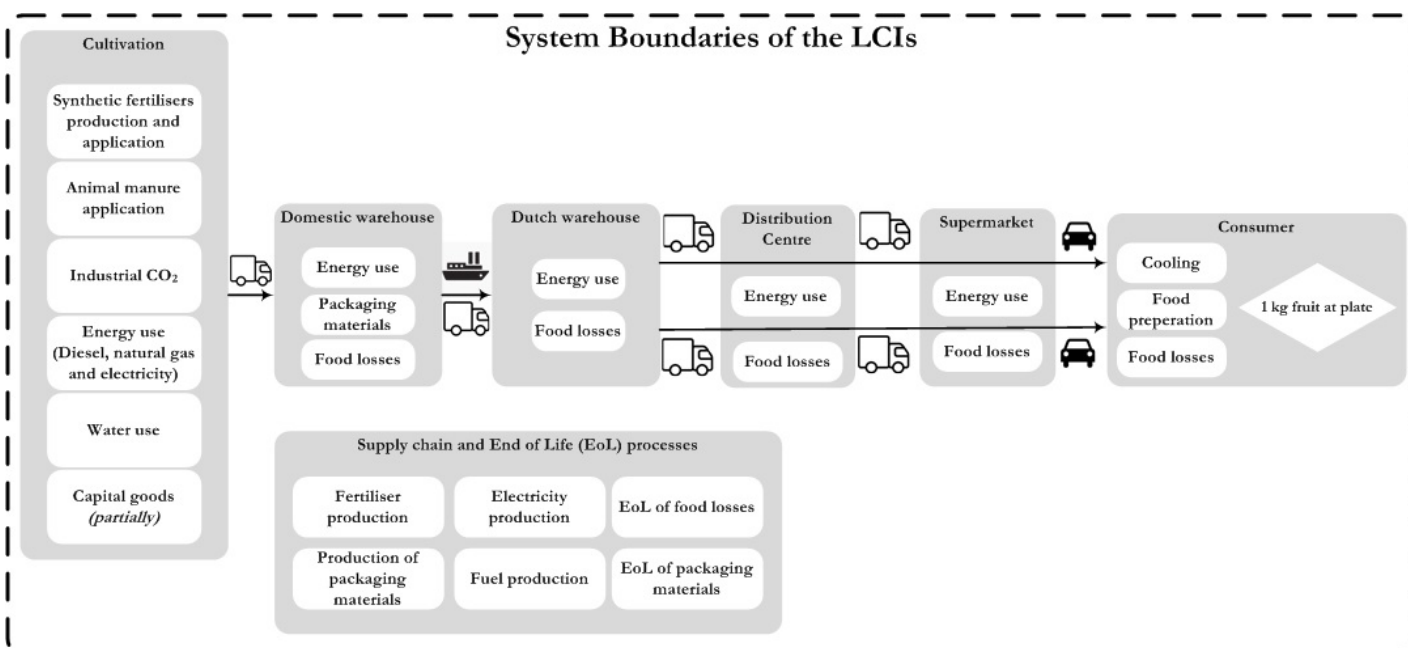
Het opstellen van lifecycle inventories (LCI's) ofwel de inventarisaties van alle materiaal- en emissiestromen is uitgevoerd voor de verschillende producten, in samenwerking met Blonk Consultants. Voor deze basisinventarisatie is uitgegaan van de beschrijving van 1 kg van een product 'op het bord' van de consument. Per productgroep zijn de resultaten van de LCA apart beschreven, met inbegrip van de gehanteerde methoden en aannamen. De data zijn opgeslagen in een database in het LCA-softwareprogramma SimaPro². Een uitgebreidere beschrijving hierover is te vinden in Deel B (Hoofdstuk 4) van dit rapport.

In Figuur 4 zijn de stappen in de levenscyclus van voedingsmiddelen weergegeven die in de inventarisatie zijn meegenomen. De levenscyclus start met de productiefase van alle ingrediënten die nodig zijn voor het produceren van het product. Dus in het geval van vlees en zuivel ook de

² www.simapro.com, bezocht op 18-12-'15

productie van het veevoer, en als er sprake is van verpakking ook de productie van verpakkingsmateriaal. Vervolgens worden transport, opslag en distributie beschouwd, met auto, boot, trein en vliegtuig. De derde fase is de retailfase, de verhandeling van de producten in de supermarkt, en de vierde fase is de fase bij de consument (bewaren en bereiden).

Afval (verspilling en verlies) is in alle fasen van de levenscyclus meegenomen. Dit is zo gedaan dat alle verliezen die in de verschillende levenscyclusstappen optreden, bijgeteld worden bij de oorspronkelijke hoeveelheid die geproduceerd moet worden om uiteindelijk 1 kg 'op het bord' te verkrijgen. Bijvoorbeeld: aangenomen wordt dat in supermarkten 5% verlies/verspilling van een product optreedt. Om uiteindelijk 1 kg bij de consument op het bord te krijgen, heeft dus 1,05 kg van dat product geproduceerd en getransporteerd moeten worden. Eenzelfde type berekening is uitgevoerd voor de verliezen in de productiefase, distributiefase en consumentenfase. Als in de toekomst de verliescijfers wijzigen, zullen deze cijfers aangepast worden in de LCI's en dus de LCA-resultaten van de milieubelasting beïnvloeden.



Figuur 4. Overzicht van de stappen in de levenscyclus van voedingsmiddelen, die in de inventarisatie zijn meegenomen (in Engels; Kuling et al., 2015).

2.4 Keuze van milieu-indicatoren en beoordelingsmethoden (LCIA)

De mate van milieubelasting veroorzaakt door de gebruikte materialen/grondstoffen en geleverde emissies, zoals verzameld in de LCI's, wordt bepaald in de effectbeoordelingsfase (of impact assessment, LCIA). Hierbij wordt een milieuprofiel van een product geschetst, waarbij gekeken wordt naar verschillende typen milieueffecten.

Het selecteren van de juiste set effectcategorieën die het milieuprofiel opmaken, is hierbij van belang. Op basis van de expertworkshop die het RIVM in november 2013 heeft georganiseerd, is een selectie van

effectcategorieën gemaakt. Idealiter zou voor het beschouwen van de milieubelasting van voedselproducten ook gekeken moeten worden naar pesticidegebruik en het effect daarvan (ecotoxiciteit en humane toxiciteit) via het milieu op het ecosysteem en de mens. Aangezien gegevens over pesticidegebruik in het buitenland ontbreken, is dit milieueffect buiten beschouwing gelaten. In Tabel 1 zijn de meegenomen effectcategorieën weergegeven.

De meeste effectcategorieën zijn goed gedefinieerd binnen de bestaande LCA-beoordelingsmethoden. De uitzondering hierop is de effectcategorie 'bodemdegradatie', waarvoor een eerste beoordelingsmodel op screeningniveau is ontworpen (Hollander et al., 2015). Voor de overige effectcategorieën is in de huidige studie het ReCiPe-model gebruikt als effectbeoordelingsmodel. ReCiPe is zowel binnen Nederland als in Europa een veelgebruikte LCIA-methode. In opdracht van het ministerie van Infrastructuur en Milieu is deze methode in 2008 ontwikkeld door een samenwerkingsverband tussen RIVM, Radboud Universiteit Nijmegen, Leiden Universiteit en Pre Consultants (Goedkoop et al., 2008).

Begin 2016 wordt een geheel herziene versie van de methode, genaamd ReCiPe 2.0, uitgebracht. De ontwikkeling hiervan is mede gefinancierd door het ministerie van IenM. Toekomstige berekeningen aan de milieu-impact van de Nederlandse voedselconsumptie zullen met die versie worden berekend, terwijl voor de huidige studie nog gebruik is gemaakt van ReCiPe 1.0. Om in de toekomst de analyses te kunnen vergelijken met deze studie, zal de 2015-analyse in 2016 nog eens herhaald worden met het LCIA-beoordelingsmodel ReCiPe 2.0.

Tabel 1. Effectcategorieën, geselecteerd tijdens expertworkshop (RIVM, november 2013), die relevant geacht worden voor het bepalen van de milieubelasting van voedselproducten.

Effectcategorie	Eenheid
Klimaatverandering	kg CO ₂ equivalent
Landgebruik	m ² *jaar
Verzuring	kg SO ₂ equivalent
Eutrofiëring - marien	kg N equivalent
Eutrofiëring – zoet water	kg P equivalent
Waternutrientgebruik	m ³
Bodemdegradatie	Kg P/ha/jaar

Zoals aangegeven, bestaat voor de effectcategorie 'bodemdegradatie' nog geen kwantitatieve maat in ReCiPe of andere LCIA-methoden. Een belangrijke reden hiervoor is dat data over bodemgesteldheid niet op wereldwijde schaal voorhanden zijn. Op basis van de wel beschikbare gegevens heeft het RIVM in 2015 een kwalitatieve en semikwantitatieve maat voor het fosforverlies uit bodems ontwikkeld bij de teelt van acht typen gewassen. Deze maat dient als eerste indicator om per land en per gewas aan te geven of fosfuitputting in de bodem een mogelijk probleem is (Hollander et al., 2015). Een meer uitgebreide beschrijving van de indicator voor bodemdegradatie en de andere effectcategorieën wordt gegeven in Deel B (paragraaf 4.3) van dit rapport.

2.5 De Voedselconsumptiepeiling (VCP)

In opdracht van het ministerie van Volksgezondheid, Welzijn en Sport worden sinds 1987 periodiek gegevens verzameld over de voedselconsumptie en de voedingstoestand van de Nederlandse bevolking. Sinds 2003 wordt dit uitgevoerd door het RIVM. De gegevens dragen bij aan het ontwikkelen en evalueren van beleid voor veilig en gezond voedsel³.

In de VCP noteren de deelnemers op twee niet-aaneengesloten, onafhankelijke dagen wat zij in een periode van 24 uur consumeren. Voor de huidige studie wordt de meest recente VCP voor de periode 2007-2010 gebruikt. Binnen deze VCP werden personen van 7-69 jaar gevolgd. Aanvullend is in 2005-2006 een VCP-kinderen (2-6 jaar) uitgevoerd en in 2010-2012 een VCP-ouderen (70 jaar en ouder). Momenteel loopt er een VCP van 2012 tot 2017 die de consumptie van personen tussen de 1 en 79 jaar in kaart brengt. Die VCP kan worden gebruikt bij de update van deze studie in 2018.

De VCP monitort zowel de voedselconsumptie binnens- als buitenshuis. De hoeveelheid weggegooid voedsel en het afval dat hierbij wordt veroorzaakt, is niet meegenomen. In dit onderzoek worden LCA-gegevens gebruikt om voor de hoeveelheid geconsumeerd voedsel de hoeveelheid afval te berekenen; zie voor uitleg hierover paragraaf 2.3.

2.6 Selectie van voedselproducten voor dit onderzoek

Het is niet haalbaar om alle voedingsmiddelen die op de Nederlandse markt zijn, te beoordelen, daarom is een selectie gemaakt op basis van de hoeveelheid consumptie van producten en hun milieubelasting. De meest recente resultaten van de VCP- en bestaande LCA-resultaten (Temme et al., 2014) zijn gebruikt om een inschatting te maken welke voedingsmiddelen de grootste milieubelasting veroorzaken. Hierbij is dus zowel gekeken naar hoeveel een voedingsmiddel geconsumeerd wordt, als naar de milieubelasting per eenheid van dat voedingsmiddel. Voor deze schatting is de milieubelasting van ongeveer 1600 producten, die in de VCP onderscheiden worden, via LCA-proxywaarden geanalyseerd voor wat betreft de milieueffectcategorieën CO₂-uitstoot (klimaatverandering) en landgebruik (Temme et al., 2015). De voedingsmiddelen die samen verantwoordelijk worden verondersteld voor 80% van de milieuschade in deze effectcategorieën, zijn meegenomen in het huidige, meer gedetailleerde onderzoek.

De analyse heeft 168 producten opgeleverd, die naar inschatting samen zorgen voor 80% van de milieubelasting van de Nederlandse voedselconsumptie, in ieder geval voor de genoemde milieueffectcategorieën. Deze voedingsmiddelen vormden de basis voor de meting in dit rapport. Meer details over de selectiemethode zijn opgenomen in Deel B van dit rapport.

De geselecteerde voedingsmiddelen zijn te groeperen in een aantal productgroepen: groente, fruit, brood, vlees, vis, zuivel en kaas,

³ www.rivm.nl/vcp, bezocht op 18-12-'15

dranken, suiker(goed) en banket, pasta, rijst en couscous, eieren, vet, noten en zaden, en overige producten. In 2014-2015 was het onderzoeksbudget niet toereikend om voor alle 168 geselecteerde producten (totale 80%) een gedetailleerde LCA-studie uit te voeren. In samenwerking met Blonk Consultants zijn in de periode 2014-2015 door het RIVM LCI's gemaakt voor de producten die vallen onder de productgroepen groente, fruit, brood, zuivel en kaas, vlees en vis. Productgroepen die nog niet gedetailleerd onderzocht zijn, zijn dranken, suiker(goed) en banket, pasta, rijst en couscous, eieren, vet, noten en zaden, en overige producten.

In Tabel 2 is een overzicht gegeven van de productgroepen, het aantal producten dat opgenomen is in de productgroep en het al dan niet aanwezig zijn van LCI-data. In de periode 2016-2017 worden de LCI's verzameld voor de resterende producten. Zodra die beschikbaar zijn, zal de huidige analyse worden herhaald en gerapporteerd voor de complete set aan producten. Op dat moment zal dan 80% van de milieubelasting van de Nederlandse voedselconsumptie en detail in beeld gebracht zijn voor alle genoemde milieuaspecten. Om een inschatting te kunnen maken van de milieubelasting van het totale Nederlandse consumptiepatroon, is echter een 100% dekking nodig. Om tot die schatting te komen van de milieubelasting van de totale Nederlandse voedselconsumptie, worden de uitkomsten, die 80% van de totale consumptie beslaan, lineair geëxtrapoleerd naar 100%.

Zoals gezegd, zijn op dit moment echter ook voor de 80% van de consumptie nog niet alle data uitgewerkt. Dezelfde proxies als voor de selectie van voedselproducten zijn gebruikt om toch iets te kunnen zeggen over de milieubelasting van het totale Nederlandse voedselconsumptiepatroon (zie de Figuren 6 tot en met 9). Deze proxies dekken echter alleen de milieuaspecten klimaatverandering en landgebruik. Uitspraken over de belasting op andere milieuaspecten van het totale Nederlandse voedselconsumptiepatroon volgen na het compleet maken van de LCI-data.

Tabel 2. Overzicht van de verschillende productgroepen en aantallen producten die in deze studie zijn beschouwd, met het aantal producten waarvoor reeds een LCI beschikbaar is, conform de eisen van deze studie.

Productgroep	Aantal producten selectie	Aantal producten in LCI-database	Opmerking
Fruit	9	9	
Groente	21	19	De 2 overige zijn combi's van uitgevoerde LCA's (bv. wortel en doperwtjes in glas)
Zuivel en kaas	21	20	Geen data voor smeerkaas
Vlees	29	29	
Vis	10	10	
Brood	10	3	Rest wordt uitgevoerd in periode 2016-2017
Dranken	28	-	Wordt uitgevoerd in 2016
Pasta, rijst, couscous	3	-	Wordt uitgevoerd in periode 2016-2017
Noten en zaden	3	-	Wordt uitgevoerd in periode 2016-2017
Suiker(goed) en banket	11	-	Wordt uitgevoerd in periode 2016-2017
Ei	1	1	
Vet	4	-	Wordt uitgevoerd in periode 2016-2017
Overige producten	18	-	Wordt uitgevoerd in periode 2016-2017

3 Milieubelasting voedselconsumptie Nederland

3.1 Inleiding

Voor productgroepen waarvoor LCI-gegevens beschikbaar zijn (zie Tabel 2) en voor de geselecteerde milieuaspecten waarvoor een beoordelingsmethode bestaat in ReCiPe, is de milieubelasting van de voedselconsumptie in Nederland kwantitatief bepaald. Dit is gedaan door eerst de milieubelasting per kilogram product te berekenen en vervolgens de milieubelasting per kilogram product te vermenigvuldigen met de actuele, totale Nederlandse consumptie die is vastgesteld middels de VCP.

3.2 Milieubelasting per productgroep en per milieu-effectcategorie

Figuur 5 geeft per productgroep de milieubelasting voor geselecteerde milieueffectcategorieën weer. De in deze paragraaf gepresenteerde resultaten zijn een extrapolatie van de berekende 80% van de milieubelasting uit Deel B, naar een schatting voor de totale milieubelasting (zie ook paragraaf 2.6).

Klimaatverandering

Aan het milieuaspect klimaatverandering draagt de Nederlandse vleesconsumptie jaarlijks voor 12 megaton CO₂-equivalenten bij, gevolgd door zuivel (inclusief kaas) met 7 megaton CO₂-equivalenten. De totale Nederlandse voedselconsumptie zorgt jaarlijks voor de uitstoot van 35 megaton CO₂-equivalenten. Ter vergelijking: de uitstoot aan broeikasgassen in Nederland in 2014 wordt geschat op 187 megaton⁴. De uitstoot van broeikasgassen voor de overige productgroepen ligt vele orden van grootte lager.

Verzuring

Verzuring wordt uitgedrukt in kg SO₂-equivalenten. De uitstoot hiervan door de Nederlandse vleesconsumptie is $2,6 \cdot 10^8$ kg SO₂-equivalenten per jaar en door de Nederlandse zuivelconsumptie (inclusief kaas) $1,4 \cdot 10^8$ in kg SO₂-equivalenten per jaar. De uitstoot vanuit mest is hiervoor in belangrijke mate verantwoordelijk. De overige productgroepen scoren beduidend lager.

Eutrofiëring

Ook voor de effecten eutrofiëring van het zoetwatermilieu (uitgedrukt in kg P-equivalenten) en het mariene milieu (uitgedrukt in kg N-equivalenten) veroorzaakt de veehouderij ten behoeve van de Nederlandse consumptie de grootste milieubelasting: de vleesconsumptie is verantwoordelijk voor respectievelijk $2,1 \cdot 10^6$ kg P-equivalenten en $1,1 \cdot 10^8$ kg N-equivalenten per jaar en de zuivelsector voor $8,6 \cdot 10^5$ kg P-equivalenten en $5,7 \cdot 10^7$ kg N-equivalenten per jaar.

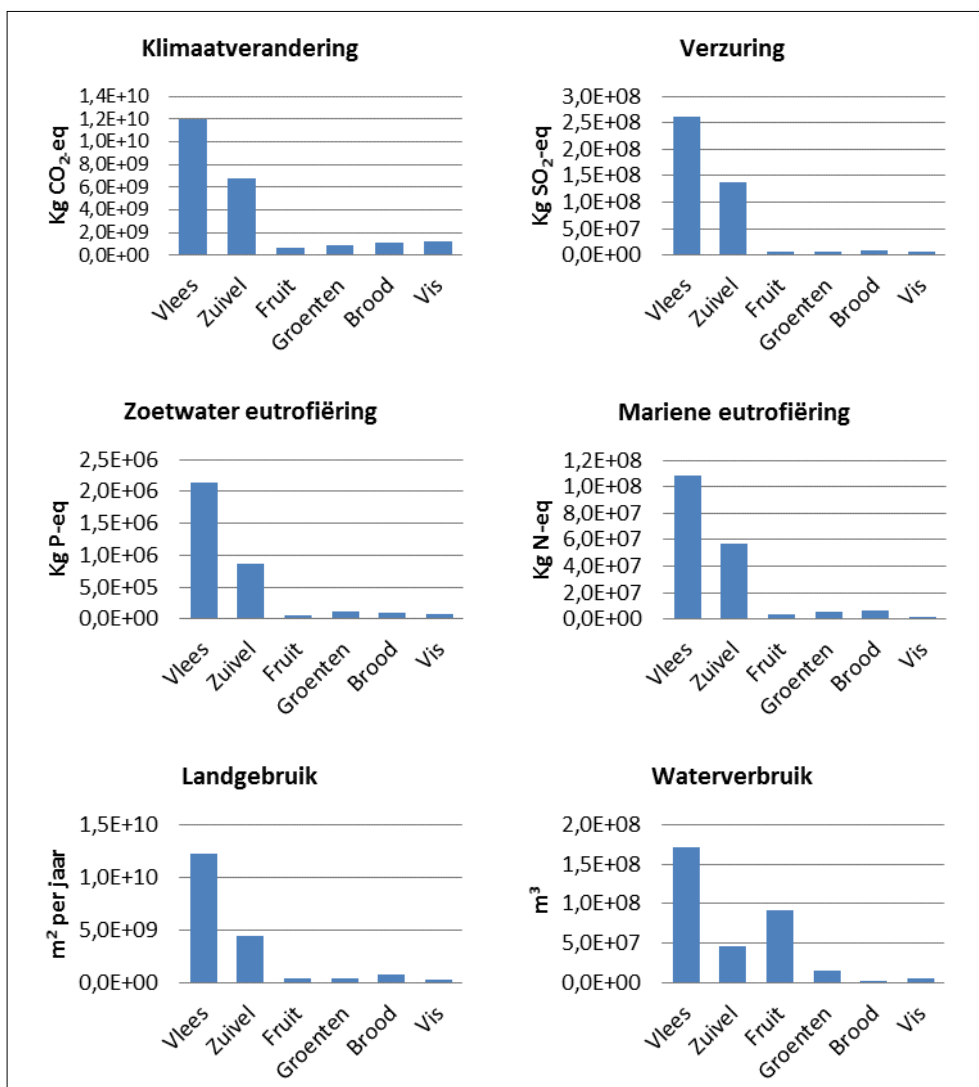
⁴ <http://www.compendiumvoordeleefomgeving.nl/indicatoren/nl0165-Broeikasgasemissies-in-Nederland.html?i=5-20>, bezocht op 14 december 2015

Landgebruik

Landgebruik is relatief hoog voor de productgroepen vlees en zuivel en kaas (respectievelijk $1,2 \cdot 10^{10} \text{ m}^2$ per jaar en $4,5 \cdot 10^9 \text{ m}^2$ per jaar op een totaal van $3,2 \cdot 10^{10} \text{ m}^2$ per jaar). Dit wordt veroorzaakt door het landoppervlak dat nodig is voor het houden van vee en de productie van veevoer.

Waterverbruik

Voor het aspect van waterverbruik is, na vlees (met $1,7 \cdot 10^8 \text{ m}^3$ per jaar), fruit de grootste verbruiker met $9,2 \cdot 10^7 \text{ m}^3$ per jaar. Hiervoor is de irrigatie van exotische fruitsoorten, zoals kiwi, mandarijn, sinaasappel en perzik, in belangrijke mate verantwoordelijk.



Figuur 5. Overzicht van de milieudruk als gevolg van de totale Nederlandse voedselconsumptie voor de verschillende beschouwde productgroepen. De categorie zuivel omvat ook kaas.

Uit Figuur 5 blijkt duidelijk dat voor alle beschouwde milieuaspecten de productgroep vlees het grootste effect veroorzaakt. Uit de analyse in Deel B van dit rapport blijkt dat de mate van milieubelasting van vlees in grote mate wordt bepaald door de conversieratio van veevoer naar vlees en de uiteindelijke hoeveelheid consumptievlees per dier. Hierdoor zijn lamsvlees en rundvlees doorgaans meer milieubelastend dan varkensvlees en kippenvlees. Voor het aspect van waterverbruik is na vlees, fruit de grootste belaster. Bij de overige vijf milieuaspecten veroorzaakt de productgroep zuivel en kaas de op een na grootste belasting van het milieu. De impact van fruit, groente, vis en brood is relatief laag voor de milieuaspecten klimaatverandering, vermisting, verzuring en landgebruik ten opzichte van de overige productgroepen.

Bodemdegradatie

Voor het aspect van bodemdegradatie (in dit geval fosfordepletie uit bodems) is geen kwantitatieve maat voorhanden. Wel kan aan de hand van het type product en herkomstland een inschatting gegeven worden van het al dan niet optreden van bodemdegradatie door de teelt van dat gewas op die plek. Deze 'rode vlag'-indicatie is gegeven in Tabel 3.

Bananen voor de Nederlandse consumptie worden voornamelijk gekweekt in Ecuador, Columbia en Costa Rica. Voor al deze drie landen is uit de analyse van Hollander et al. (2015) gekomen dat bananenteelt bodemverschraling kan veroorzaken. Veevoer voor de vleesproductie bedoeld voor Nederlandse consumptie is afkomstig uit alle delen van de wereld (zie de LCI-rapportage over vlees; Broekema et al., 2015). In veel landen in Afrika, Midden- en Zuid-Amerika, Azië en Oost- en Zuid-Europa leidt de teelt van tarwe, soja, suikerriet en mais, dat dient als veevoer, tot bodemverschraling (Hollander et al., 2015). Hetzelfde geldt in beperkte mate voor de visvoerproductie voor kweekvis en voor de tarweteelt voor de Nederlandse broodproductie (Kuling, 2015).

De studie van Hollander et al. (2015) over bodemuitputting richtte zich op acht gewassen, waarvoor teeltgegevens wereldwijd voorhanden waren. Een aantal gewassen uit de huidige studie zijn daarbij dus niet opgenomen, bijvoorbeeld sperziebonen uit Senegal en diverse exotische fruitsoorten: druiven uit Zuid-Afrika, Chili en Brazilië, kiwi's uit Nieuw-Zeeland en Chili, sinaasappels en mandarijnen uit Marokko en Spanje en ananas uit Costa Rica en Panama. Gezien de 'rode vlaggen' die deze landen krijgen voor bodemuitputting bij de teelt van andere gewassen, is het aannemelijk dat ook bij de genoemde teelten het probleem van bodemuitputting op kan treden.

Tabel 3. Overzicht van de onderzochte producten met bijbehorende productgroep en land van herkomst, die mogelijk bijdragen aan het milieuaspect van bodemuitputting (fosfordepletie).

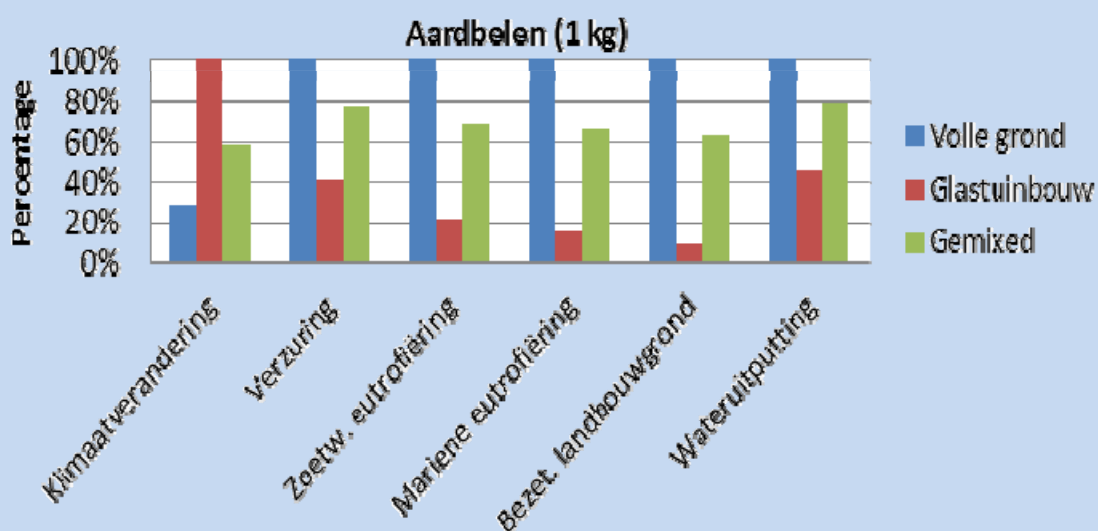
Productgroep	(Deel)product	Land van herkomst
Fruit	Banaan	Ecuador Colombia Costa Rica
Vlees Zuivel en kaas Vis (kweek)	Veevoer: Tarwe Suikerriet en -biet Koolzaad en oliepalm Soja Mais	Diverse landen in Afrika, Midden- en Zuid-Amerika, Azië, Zuid- en Oost-Europa
Brood	Tarwe	Diverse landen in Afrika, Midden- en Zuid-Amerika, Azië, Zuid- en Oost-Europa

De milieubelasting van de verschillende productgroepen is ook uitgewerkt naar de verschillende fasen in de levenscyclus van een product: productie, verwerking, transport, consumptie en end-of-life. De resultaten en een uitgebreide analyse daarvan worden gegeven in Deel B (Hoofdstuk 5 t/m 10) van dit rapport. Algemene conclusie is dat voor alle producten en milieuaspecten geldt dat de productiefase het grootste aandeel heeft in de totale milieubelasting van een product, gezien over de gehele levenscyclus.

Voor fruit is verder de overslag- en distributiefase van belang voor de aspecten van klimaatverandering en verzuring. Fruit dat in Nederland wordt geteeld, scoort duidelijk beter in deze categorieën, behalve bij verwarmde kasteelt (zie kader). Voor groente geldt dat de milieubelasting relatief laag is voor groenten die in Nederland in de vollegrond worden geteeld (seizoensgebonden groenten). De groenten die zijn gekweekt in de verwarmde glastuinbouw (zoals courgettes, komkommers en tomaten) hebben door het gebruik van aardgas een relatief hogere milieubelasting in de categorie klimaatverandering. De impact van vis en brood is in alle stappen van de levenscyclus relatief laag voor de milieuaspecten klimaatverandering, vermisting, verzuring en landgebruik ten opzichte van de overige productgroepen. Bij de teelt van graan kan echter bodemdegradatie in sommige delen van de wereld wel een rol spelen. Voor vis bestaat het risico van overbevissing, maar dat is in dit rapport niet nader onderzocht.

Aardbeien uitgelicht

De milieubelasting van het telen van aardbeien is opvallend groot voor de effectcategorie klimaatverandering in vergelijking met andere vruchten. De milieubelasting van aardbeien is bepaald op basis van de beschikbare aardbeien op de Nederlandse markt. Dit is een marktmix, bestaande uit aardbeien die in de glastuinbouw (beschermde en verwarmde) of op vollegrond zijn geproduceerd. De onderstaande figuur laat zien dat de keuze van de teeltmethode bepalend is voor de mate van milieubelasting. De teeltmethode hangt nauw samen met het seizoen waarin de aardbeien worden gegeten; vollegrond in de zomer en verwarmde glastuinbouw in de winter. De verschillen lopen op van ongeveer 40% voor waterverbruik tot 95% voor bezetting van landbouwgrond.



Verspilling van voedsel, zowel door de Nederlandse consument als in de voorafgaande levenscyclusfasen van de producten, zijn verdisconteerd in de totale milieubelasting. Er zijn kleine verschillen tussen de verschillende productgroepen (zie Deel B van dit rapport), maar gemiddeld is bij deze studie uitgegaan van de volgende voedselverliezen: 1% in de productiefase, 4% in de transport- en distributiefase, 5% in de supermarkt (Blonk Consultants, 2015) en 9% bij de consument (van de eetbare delen; Van Westerhoven & Steenhuizen, 2010). Dit betekent dat bijna 20% van het voedsel gedurende de levenscyclus vermijdbaar wordt verspild. Daarnaast zijn er nog onvermijdelijke verliezen in de keten, zoals schillen en botten die verwerkt worden tot veevoer, gelatine of die gecomposteerd worden.

3.3 Totale milieubelasting van de voedselconsumptie door de Nederlandse bevolking

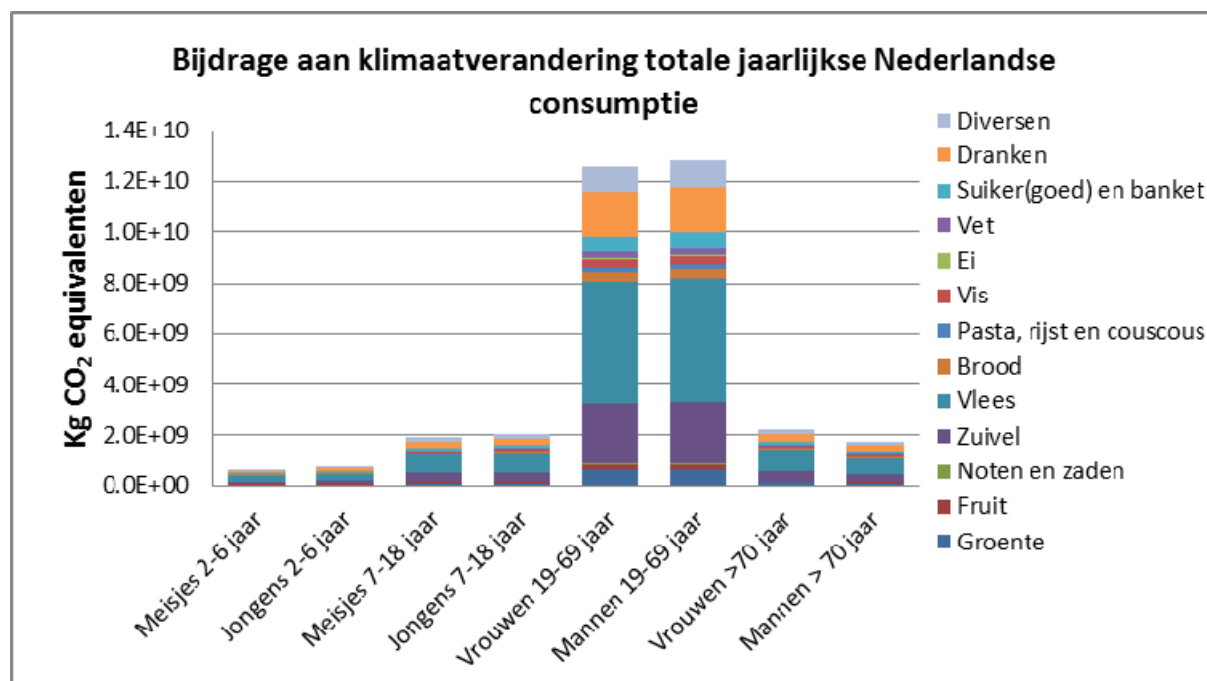
Voedselconsumptiegedrag is per persoon verschillend. Er zijn verschillen tussen de consumptiepatronen van mannen en vrouwen en tussen mensen uit verschillende leeftijdscategorieën. Naast de jaarlijkse milieubelasting van de totale Nederlandse voedselconsumptie, is daarom ook de milieubelasting van het jaarlijkse voedselpatroon per leeftijdscategorie en geslacht in Nederland geschetst. Omdat nog niet voor alle productgroepen LCI-data voorhanden zijn, is dit nu alleen

uitgewerkt voor die milieueffectcategorieën waarvoor alle productgroepen (proxy)gegevens beschikbaar zijn, te weten klimaatverandering (kg CO₂-equivalentenuitstoot) en landgebruik (Biesbroek et al., 2014; Temme et al., 2014). De in deze paragraaf gepresenteerde resultaten zijn wederom een extrapolatie van de berekende 80% van de milieubelasting uit Deel B, naar een schatting voor de totale (100%) milieubelasting.

De totale jaarlijkse milieubelasting door voedselconsumptie in Nederland in de effectcategorie klimaatverandering is gegeven in Figuur 6, onderverdeeld naar leeftijdscategorie en geslacht. Gemiddeld ligt de totale CO₂-eq-uitstoot ten behoeve van de voedselconsumptie in Nederland op $3,5 \cdot 10^{10}$ kg CO₂-eq per jaar. Dat is $2,1 \cdot 10^3$ kg CO₂-eq per persoon per jaar gemiddeld. Uit de figuur blijkt dat volwassenen in de leeftijd van 19-69 jaar gezamenlijk de grootste bijdrage aan klimaatverandering hebben, waarbij de belasting door mannen met ongeveer 2% iets hoger ligt dan die door vrouwen. Deze groep mensen vormt verreweg de grootste groep van de bevolking en kent per persoon ook de hoogste energie-inname per dag. De productgroepen vlees, zuivel en dranken hebben een relatief grote bijdrage aan klimaatverandering. Voor dranken, in tegenstelling tot veel andere productgroepen, is naast de productiefase ook de verpakkingsfase van significante invloed (Temme et al., 2014).

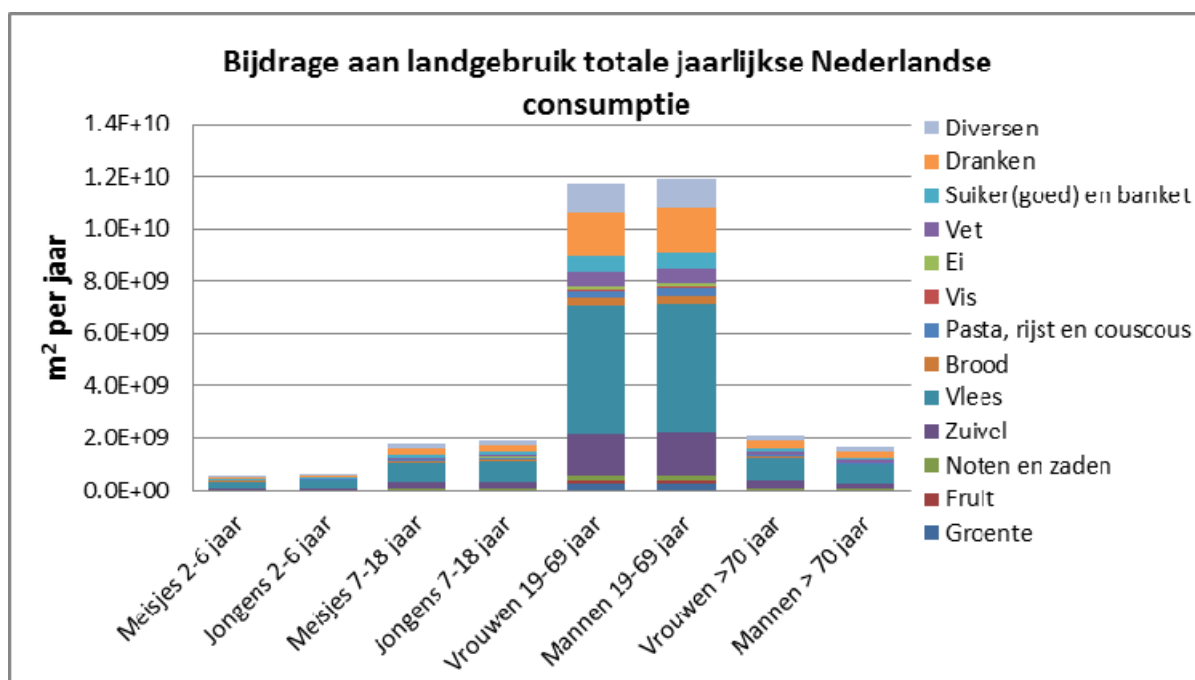
De groepen Nederlanders in de overige leeftijdscategorieën hebben een beduidend lagere bijdrage aan klimaatverandering. Dit is logisch, omdat het aantal mensen in de leeftijdscategorie veel lager is dan in de andere leeftijdscategorieën. Daarnaast speelt de lagere dagelijkse energie-inname van deze groepen een rol. In de leeftijdscategorie > 70 jaar scoren vrouwen hoger wat betreft klimaatverandering dan mannen. Dit in tegenstelling tot de andere leeftijdscategorieën. De reden hiervoor is het relatief grote aandeel vrouwen in deze leeftijdsgroep (vrouwen leven gemiddeld langer dan mannen).

Omdat we op dit moment nog niet de beschikking hebben over informatie over het voedselconsumptiepatroon van de leeftijdsgroepen < 7 jaar en > 70 jaar, kunnen we niet concluderen of er ook verschillen in eetpatronen zijn tussen de verschillende leeftijdsgroepen. En dus ook niet wat het effect is van die verschillen in eetpatroon op de milieubelasting (zie uitleg in Deel B, Hoofdstuk 2 van dit rapport). Deze informatie zal na het beschikbaar komen van de volgende VCP wel gegeven kunnen worden.



Figuur 6, De totale jaarlijkse milieubelasting door voedselconsumptie in Nederland in de effectcategorie klimaatverandering (in kg CO₂-equivalenten per jaar). Totale bijdrage aan klimaatverandering als gevolg van de huidige jaarlijkse voedselconsumptie van de hele Nederlandse bevolking: $3,5 \cdot 10^{10}$ kg CO₂-eq.

De totale jaarlijkse milieubelasting in de effectcategorie landgebruik per leeftijdscategorie en geslacht is gegeven in Figuur 7. Gemiddeld ligt het totale landgebruik ten behoeve van de voedselconsumptie in Nederland op $3,2 \cdot 10^{10}$ m² per jaar. Dat is $1,9 \cdot 10^3$ m² per persoon per jaar gemiddeld. Deze getallen komen redelijk goed overeen met schattingen die het PBL heeft gemaakt in 2013: zij ramen het jaarlijkse landgebruik ten behoeve van de Nederlandse voedselconsumptie op $2,5 \cdot 10^3$ m² (PBL, 2013). De uitkomsten voor de verdeling van het landgebruik over de verschillende leeftijds- en geslachtsgroepen is vergelijkbaar aan die voor klimaatverandering. Vlees, zuivel en dranken hebben een grote bijdrage in de totale milieubelasting.

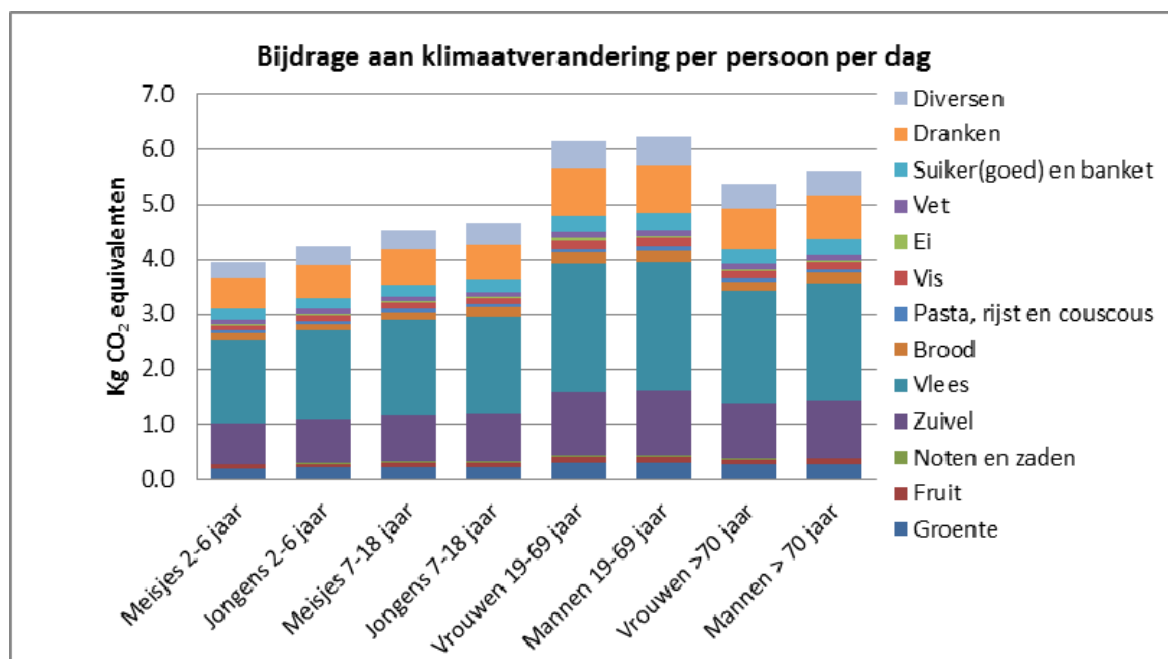


Figuur 7. De totale jaarlijkse milieubelasting in de effectcategorie landgebruik per leeftijdscategorie en geslacht. Totale bezetting van landbouwgrond per jaar als gevolg van de huidige jaarlijkse voedselconsumptie van de hele Nederlandse bevolking: $3,2 \cdot 10^{10} \text{ m}^2 \cdot \text{jaar}$.

3.4 Gemiddelde milieubelasting van de Nederlandse voedselconsumptie per persoon

Naast de milieubelasting van de totale Nederlandse voedselconsumptie, kan ook de milieubelasting van de gemiddelde dagelijkse voedselinname in Nederland in beeld gebracht worden. De in deze paragraaf gepresenteerde resultaten zijn wederom een extrapolatie van de berekende 80% van de milieubelasting uit Deel B, naar een schatting voor de totale milieubelasting (100%) van onze voedselconsumptie.

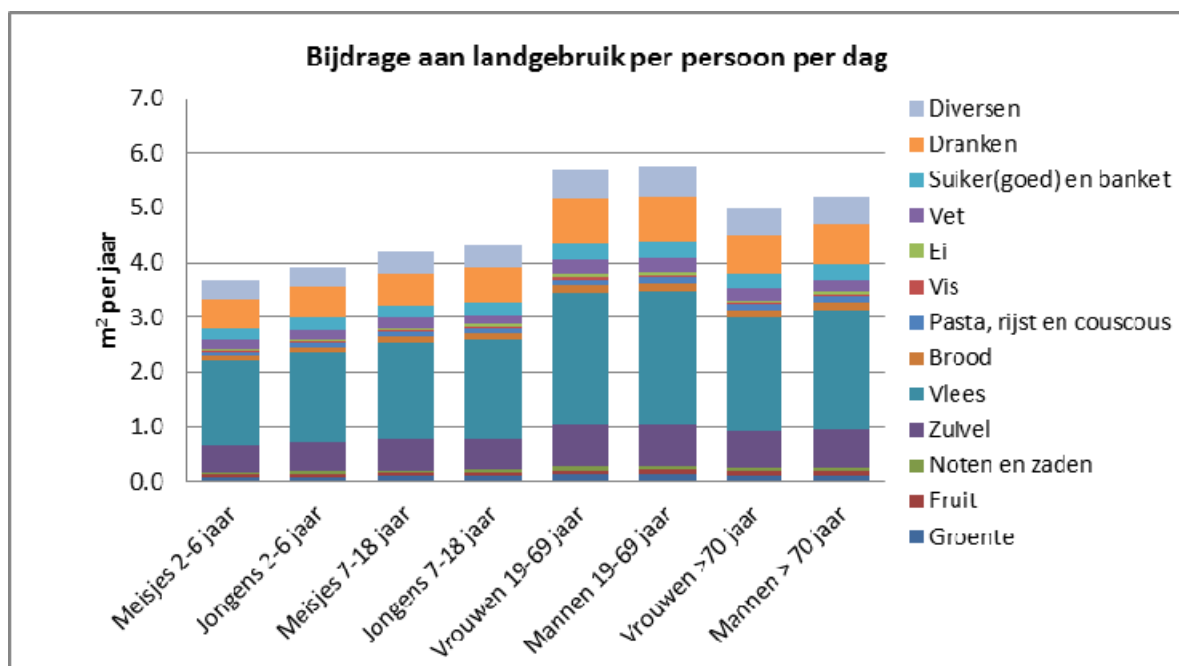
Figuur 8 geeft de bijdrage aan klimaatverandering op basis van de Nederlandse voedselconsumptie in kg CO₂-equivalenten per persoon per dag, onderverdeeld naar leeftijdscategorie en geslacht. Ten opzichte van Figuur 6 zijn hier dus de verschillen in aantallen mensen per leeftijdscategorie weggefilterd.



Figuur 8. Bijdrage aan klimaatverandering (in CO₂-eq per dag) van het gemiddelde Nederlandse voedselconsumptiepatroon per persoon per dag.

Hoewel de verschillen tussen de verschillende leeftijdscategorieën per individu minder groot zijn dan voor de totale bevolkingsgroepen, draagt nog steeds de man in de leeftijdscategorie 19-69 jaar het meest bij aan klimaatverandering (gemiddeld 6,2 kg CO₂-eq per persoon per dag). De bijdrage aan klimaatverandering van kinderen in de leeftijd 7-18 jaar (meisjes 4,5 kg CO₂-eq, jongens 4,6 kg CO₂-eq per persoon per dag) is ongeveer 25 percent lager dan bij volwassenen (19-69 jaar). De bijdrage aan klimaatverandering door het consumptiepatroon van ouderen (> 70 jaar) zit tussen die van jongeren (7-18 jaar) en volwassenen (19-69 jaar) in. Jonge kinderen (< 7 jaar) scoren nog lager. Die lagere impact in de hoogste en laagste leeftijdsgroep wordt in de huidige analyse slechts veroorzaakt door een lagere dagelijkse energie-inname ten opzichte van de groep 19-69 jaar. Na het vrijkomen van de volgende VCP-data (2017) kan ook rekening worden gehouden met verschil in dieet tussen de verschillende leeftijdsgroepen. In alle leeftijdsgroepen, en zowel voor mannen als vrouwen, levert de productgroep vlees de grootste bijdrage aan de klimaatverandering van de dagelijkse Nederlandse voedselconsumptie, gevolgd door zuivel en dranken.

Figuur 9 geeft het landgebruik als gevolg van de Nederlandse voedselconsumptie in m² per jaar, op basis van de voedselconsumptie per persoon per dag, onderverdeeld naar leeftijdscategorie en geslacht. Het beeld dat uit deze figuur naar voren komt is vergelijkbaar met dat voor klimaatverandering: volwassenen in de leeftijd 19-69 jaar veroorzaken de grootste bezetting van landbouwgrond, waarbij het aandeel van de man iets hoger ligt dan dat van de vrouw. Ook voor dit milieuaspect hebben de productgroepen vlees, zuivel en dranken de grootste bijdrage in de totale belasting.



Figuur 9. Bezetting van landbouwgrond (in m² per jaar) door de Nederlandse voedselconsumptie per persoon per dag.

4 Beschouwing

4.1 Discussie

In dit rapport is een overzicht gegeven van de berekende milieubelasting die veroorzaakt wordt door de jaarlijkse Nederlandse voedselconsumptie. Dit is gedaan zowel voor de jaarlijkse totale consumptie van de Nederlandse bevolking, als voor de gemiddelde voedselconsumptie in Nederland per persoon per dag. Een kwantitatieve indicatie van de milieubelasting is gegeven voor de milieuaspecten klimaatverandering, landgebruik, verzuring, eutrofiëring (mariene en zoetwatermilieu) en waterverbruik. Daarnaast is een kwalitatieve indicatie gegeven van de in Nederland geconsumeerde producten die mogelijk leiden tot bodemdegradatieproblemen elders in de wereld.

4.1.1 *Methodische onzekerheden*

De studie is uitgevoerd op basis van LCA, waarbij de levenscyclus van verschillende producten in kaart is gebracht. Benodigde invoergegevens voor het onderzoek waren de Nederlandse voedselconsumptiepatronen en inventarisaties van de milieubelasting voor voedselproducten. Die eerste zijn verkregen uit de Voedselconsumptiepeilingen (VCP) van het RIVM; de tweede uit door het RIVM en Blonk Consultants opgestelde inventarisaties (LCI's). Zowel in de gekozen methode (met de gekozen aannamen en randvoorwaarden) als in de gebruikte data bestaan onzekerheden die leiden tot onzekerheden in de uitkomsten van de studie.

Zo is bij de selectie van de onderzochte voedselproducten slechts uitgegaan van twee typen milieueffecten. Hoewel niet waarschijnlijk, zijn er mogelijk producten die op deze milieuaspecten relatief gunstig scoren, maar wel andere negatieve milieueffecten veroorzaken. Deze zijn dan buiten beschouwing gelaten. Echter, op basis van de beschikbare data was dit de beste wijze om tot een zo goed mogelijke selectie te komen. Daarnaast is het onvermijdelijk dat er onzekerheden bestaan in de gebruikte data rond voedselproductie, opslag en distributie, retail en consumptie. Het is onmogelijk om van alle ingrediënten in elk product de stromen in de gehele levenscyclus exact in kaart te brengen. Van belang zijn bijvoorbeeld de zogenaamde 'raw-to-cooked'-factoren die zijn toegepast in de 'life cycle inventories (LCI's)'. Deze factoren bepalen het aandeel van het klaargemaakte product ten opzichte van het verse product. Dit is een belangrijke parameter, aangezien een verandering in de factoren doorwerkt in alle levenscyclusfasen van een product en daarmee ook in de veroorzaakte milieuschade.

In deze studie is veel energie gestoken in het zo goed mogelijk bij elkaar brengen van alle beschikbare data en deze op een zo consistent mogelijke manier te analyseren. Om deze data up to date te houden, zouden per sector afspraken moeten worden gemaakt over het ontsluiten van data over gemiddelde productieprocessen van de producten die in Nederland worden geconsumeerd en trends in die productieprocessen, zoals het toepassen van nieuwe staltechnieken.

Voor het berekenen van de milieuschade in de verschillende fasen van de levenscyclus van producten is gebruikgemaakt van het 'life cycle impactmodel (LCIA)' ReCiPe. Dit is zowel in Nederland als in de rest van de wereld een veelgebruikt instrument. Keuze voor een ander impactmodel zou geleid kunnen hebben tot andere uitkomsten, hoewel de verschillen die in de verschillende methoden zijn aangetoond vaak minimaal zijn en de gehanteerde basismethoden vaak overlappen (EC, 2010).

Voor de bepaling van de voedselconsumptie is gebruikgemaakt van de Voedselconsumptiepeiling (VCP) van het RIVM. Hoewel deze het best beschikbare beeld geeft van wat de Nederlander eet en drinkt, zitten ook in deze data onzekerheden. Ten eerste dateren de meest recente uitslagen uit 2012 en zijn verschillen in het eetpatroon van de Nederlanders tussen 2012 en 2015 dus niet meegenomen. Ten tweede zitten er onzekerheden in de peiling zelf, in termen van invulnauwkeurigheid en de mate van onderrapportage. Ten derde hebben we voor deze studie de data, die voor de periode 2007-2010 alleen beschikbaar waren voor mensen tussen 7 en 69 jaar oud, moeten extrapoleren naar de overige leeftijdsgroepen. Dit is zo realistisch mogelijk gedaan, op basis van bevolkingsopbouw en hoeveelheid dagelijkse voedselinname van deze groepen, maar het blijft een aanname waarbij verschillen in eetpatronen tussen die leeftijdsgroepen genegeerd zijn.

4.1.2

Duurzame voedselconsumptie in een breder perspectief

Het Nederlandse voedselsysteem is complex en heeft een grote import- en exportfactor. Daardoor is het Nederlandse voedselconsumptiesysteem eigenlijk niet los te zien van het nog complexere mondiale voedselsysteem, met wereldwijde productstromen. Bovendien zijn verschillende voedselproducten eigenlijk niet los van elkaar te beschouwen: de productie van melk gaat gepaard met de productie van rundvlees, en de productie van sojabonen levert veevoer als bijproduct. Een ingreep op de ene plek in het voedselsysteem zal dus ook effect hebben elders in het systeem.

Met de gehanteerde LCA-methode is het niet mogelijk om het gehele voedselsysteem met haar onderlinge relaties integraal in kaart te brengen. Bovendien bestaan er meer milieugerelateerde duurzaamheidsindicatoren dan die in de bestaande LCIA-methoden worden meegenomen. Te denken valt hierbij aan aspecten als antibiotica-emissies naar het milieu als gevolg van gebruik in de veehouderij, lokaal biodiversiteitsverlies door grootschalige landbouwmethoden en ecosysteemschade door overbevissing op zee. Dit zijn slechts enkele voorbeelden die tot op heden niet kwantitatief te beschrijven zijn, maar wel degelijk van invloed zijn op de duurzaamheid van ons voedselsysteem. De wens is om deze milieuaspecten in de toekomst uit te werken en in te bedden in LCA-methodieken.

Zodra men wil komen tot duidelijke handelingsperspectieven voor het verduurzamen van de Nederlandse voedselconsumptie, kunnen bovengenoemde aspecten dus ook in beschouwing worden genomen. Maar met die aspecten in het achterhoofd, geeft de huidige studie wel een goede indicatie van de 'hotspots' in de milieubelasting die ons

voedingssysteem veroorzaakt, zowel per product als per levenscyclusfase voor een brede set aan milieuaspecten. Het globale beeld dat uit deze studie duidelijk naar voren komt – de vlees- en zuivelconsumptie, levert het overgrote deel van de milieubelasting van de Nederlandse voedselconsumptie – komt overeen met veel eerdere duurzaamheidsanalyses op dit vlak (Westhoek et al., 2013; WRR, 2014).

Aan de consumentenkant van het voedselsysteem kan ingezet worden op een drietal punten: het verminderen van voedselverspilling, het verminderen van de totale energie-inname en het veranderen van de typen producten die men consumeert. Bij het laatstgenoemde punt is een verschuiving van dierlijke naar plantaardige voedselproducten het meest effectief voor bijna alle milieuaspecten.

In productie-, verwerkings- en distributiefasen van de levenscyclus van voedsel kan ingezet worden op vermindering van de productie (dan wel door minder overconsumptie, dan wel door verliezen in de keten te verminderen) en op het verduurzamen van productieprocessen.

Het is voor het eerst dat voor de Nederlandse voedselconsumptie zoveel milieuaspecten van voedsel naast elkaar beoordeeld zijn. De beschikbare data zijn allemaal opgenomen in een overzichtelijke database, zodat verdere analyse naar toekomstige trends, het nader bestuderen van een bepaald type milieuschade en/of het uitwerken van scenario's mogelijk is. Wij beschouwen dit als een waardevolle aanvulling op de reeds aanwezige kennis rond de duurzaamheid van de Nederlandse voedselconsumptie.

4.1.3 *Het inzetten van de analyse als nulmeting*

De methode die hierboven is beschreven, kan worden gebruikt om trends in milieubelasting van de Nederlandse voedselconsumptie te laten zien. De huidige analyse kan worden gezien als nulmeting. Als nieuwe voedselconsumptiedata beschikbaar komen (verwachting is 2017), dan kan met deze methode getoond worden hoe verschuivingen in de voedselconsumptiepatronen zorgen voor meer of minder milieubelasting. Datzelfde geldt voor veranderingen in verspilling en innovaties in de productieketens. Bij het volgende analysemoment zal echter de nulmeting ook herberekend moeten worden. Er zullen namelijk data beschikbaar zijn voor meer producten dan bij de onderhavige studie én er zal tegen die tijd een update zijn gelanceerd van ReCiPe, de LCIA-methode die we voor deze analyse gebruiken. Ook kan het voorkomen dat andere uitgangspunten voor bijvoorbeeld allocatie moeten worden gekozen om in lijn te blijven met afspraken die momenteel in Europees verband voor verschillende productgroepen worden gemaakt. Kortom, om geen trendbreuk te krijgen, moet de nulmeting bij de volgende analyse opnieuw worden uitgevoerd met dezelfde uitgangspunten en basisdata als de vervolgmeting. Bij het opstellen van de analyse en de bijbehorende database is hier rekening mee gehouden.

4.1.4 *Bevindingen uit het huidige onderzoek*

Voor de geselecteerde milieuaspecten (CO₂/klimaatverandering, landgebruik, waterverbruik, eutrofiëring/vermesting van zoet en marienwater, en verzuring) is de milieubelasting van voedselconsumptie in Nederland kwantitatief bepaald. Dit is onderverdeeld naar

verschillende productgroepen en berekend door de milieu-impact per kilogram product te vermenigvuldigen met de actuele totale Nederlandse consumptie vastgesteld in de VCP. Voor het aspect van bodemdegradatie (in dit geval fosfordepletie uit bodems) was geen kwantitatieve maat voorhanden. Wel is aan de hand van het type product en herkomstland een inschatting gegeven van het al dan niet optreden van bodemdegradatie door de teelt van een specifiek gewas in een specifiek land.

Voor alle beschouwde milieuaspecten veroorzaakt de productgroep vlees de grootste milieuschade. Uit de analyse in Deel B van dit rapport blijkt dat de milieubelasting van vlees in grote mate wordt bepaald door de conversieratio van veevoer naar vlees, de uiteindelijke hoeveelheid consumptievlees per dier en de broeikasgasemissies door verandering in landgebruik. Hierdoor zijn lamsvlees en rundvlees doorgaans meer milieubelastend dan varkensvlees en kippenvlees. Voor het aspect van waterverbruik is na vlees, fruit de grootste belaster. Bij de overige vijf milieuaspecten veroorzaakt de productgroep zuivel en kaas de op een na grootste belasting van het milieu. De impact van fruit, groente, vis en brood is relatief laag voor de milieuaspecten klimaatverandering, vermisting, verzuring en landgebruik ten opzichte van de overige productgroepen.

Voor het aspect van bodemdegradatie als gevolg van de Nederlandse voedselconsumptie wordt de teelt van bananen in Ecuador, Costa Rica en Columbia aangemerkt als potentieel schadelijk, evenals de productie van veevoer en tarwe in diverse gebieden in Afrika, Midden- en Zuid-Amerika, Azië en Oost- en Zuid Europa.

De milieubelasting van de verschillende productgroepen is ook uitgewerkt naar de verschillende fasen in de levenscyclus van een product. Uit de analyse daarvan (beschreven in Deel B van dit rapport) blijkt dat voor alle producten en milieuaspecten geldt dat de productiefase het grootste aandeel heeft in de totale milieubelasting van een product. Voor groente en fruit geldt dat de milieubelasting relatief laag is voor die gewassen die in Nederland in de vollegrond worden geteeld. De milieu-impact van brood is relatief laag voor de meeste milieuaspecten. Bij de teelt van graan kan echter bodemdegradatie in sommige delen van de wereld wel een rol spelen.

Als we de totale jaarlijkse milieubelasting door voedselconsumptie in Nederland onderverdelen naar leeftijdscategorie en geslacht, blijkt dat volwassenen in de leeftijd van 19-69 jaar gezamenlijk en per persoon de grootste bijdrage aan klimaatverandering hebben. Hierbij ligt de milieubelasting door mannen met ongeveer 2% iets hoger dan die door vrouwen. Deze groep mensen vormt verreweg de grootste groep van de bevolking en kent per persoon ook de hoogste energie-inname per dag. De productgroepen vlees, zuivel en dranken hebben voor de mensen in deze leeftijdscategorie een relatief grote bijdrage aan klimaatverandering.

Vermijdbare verspilling van voedsel bedraagt voor de in Nederland geconsumeerde producten gemiddeld ongeveer 20%. Voedselverliezen treden op gedurende alle fasen van de levenscyclus van producten, maar zijn het grootst in de consumentenfase. Reductie van de verspilling zal leiden tot een evenredige reductie in de milieubelasting van ons voedsel; er hoeft dan immers minder geproduceerd, getransporteerd en verwerkt te worden.

4.2 Conclusies

- Voor alle beschouwde milieuaspecten (CO₂/klimaatverandering, landgebruik, waterverbruik, eutrofiëring/vermesting van zoet en marien water, en verzuring) veroorzaakt de productgroep vlees in de tot nu toe beoordeelde productgroepen per kg product de grootste milieuschade.
- Voor het aspect van waterverbruik is na vlees, fruit de grootste belaster. Bij de overige vijf milieuaspecten veroorzaakt de productgroep zuivel en kaas de op een na grootste belasting van het milieu per kg product.
- De impact van fruit, groente, vis en brood is relatief laag voor de milieuaspecten klimaatverandering, vermesting, verzuring en landgebruik.
- Voor alle producten en milieuaspecten geldt dat de productiefase het grootste aandeel heeft in de totale milieubelasting van een product.
- Voor groente en fruit geldt dat de milieubelasting relatief laag is voor die gewassen die in Nederland in de vollegrond worden geteeld. Groente en fruit dat wordt gekweekt in de verwarmde glastuinbouw heeft door het gebruik van aardgas een relatief hogere milieubelasting in de categorie klimaatverandering, maar gaat wel gepaard met minder uitstoot van eutrofiërende stoffen en met minder land- en watergebruik ten opzichte van teelt op de volle grond.
- Omdat nog niet alle LCI-data gereed zijn, zijn nog niet gedetailleerde uitspraken te doen over de milieubelasting van de totale Nederlandse voedselconsumptie. Op basis van proxies uit een eerdere studie zijn wel ruwe schattingen over de milieubelasting van de totale Nederlandse consumptie voorhanden voor de milieuaspecten klimaatverandering en landgebruik. De totale bezetting van landbouwgrond per jaar als gevolg van de huidige jaarlijkse voedselconsumptie van de hele Nederlandse bevolking bedraagt $3,2 \cdot 10^{10} \text{ m}^2 \cdot \text{jaar}$. De totale bijdrage aan klimaatverandering als gevolg van de huidige jaarlijkse voedselconsumptie van de hele Nederlandse bevolking bedraagt $3,5 \cdot 10^{10} \text{ kg CO}_2\text{-eq}$.
- De productgroepen vlees, zuivel en dranken leveren in het gemiddelde dagelijkse consumptiepatroon van de Nederlander de grootste bijdrage aan de impactcategorie klimaatverandering.
- Vermijdbare verspilling van voedsel bedraagt voor de in Nederland geconsumeerde producten gemiddeld ongeveer 20%. Voedselverliezen treden op gedurende alle fasen van de levenscyclus van producten, maar zijn het grootst in de consumentenfase.

- Aan de consumentenkant van het voedselsysteem kan ingezet worden op een tweetal punten: het verminderen van voedselverspilling en het veranderen van het Nederlandse voedselconsumptiepatroon (minder eten en anders eten). Bij het laatstgenoemde punt is een verschuiving van dierlijke naar plantaardige voedselproducten het meest effectief voor bijna alle milieuaspecten.
- In productie-, verwerkings- en distributiefasen van de levenscyclus van voedsel kan ingezet worden op vermindering van de productie (ofwel door minder overconsumptie, ofwel door verliezen in de keten te verminderen) en op het verduurzamen van productieprocessen.
- De verandering van milieubelasting door verandering in consumptiepatroon, verspilling en productieprocessen kan met deze analysemethode worden weergegeven. Deze studie kan worden gezien als nulmeting. Echter, bij een volgende meting zal ook de huidige nulmeting moeten worden herberekend om eenzelfde vergelijkingsbasis te creëren en daardoor trendbreuken te voorkomen. De analyse en bijbehorende database is zo opgesteld dat deze eenvoudig te herberekenen is.

DEEL B – Achtergrondrapport

1 Leeswijzer

Deel B van dit rapport kan gezien worden als technisch achtergronddocument bij het hoofdrapport – Deel A. In de komende hoofdstukken worden de onderdelen van de onderzoeksmethoden en de nulmeting in meer details uitgewerkt.

Onderzoeksmethoden

In Hoofdstuk 2 tot en met 4 worden de verschillende methoden besproken waarop de nulmeting is gebaseerd. Hoofdstuk 2 beschrijft hoe de Voedselconsumptiepeiling (VCP) is gebruikt om de dagelijkse en jaarlijkse voedselinname te bepalen per geslacht en leeftijdsgroep. Deze gegevens zijn in combinatie met de uitkomsten van de LCA-studies gebruikt om de totale milieubelasting van de Nederlandse voedselconsumptie te berekenen. Hoofdstuk 3 legt uit hoe op basis van de VCP- en LCA-proxywaarden een selectie van voedingsmiddelen is gemaakt die in het LCA-onderzoek zijn inbegrepen. Hoofdstuk 4 specificeert de opzet van de LCA-studies die ten grondslag liggen aan dit onderzoek. Naast een beschrijving van de beschouwde milieu-indicatoren en de wijze van effectbeoordeling, wordt er ingegaan op de gedane aannamen, onzekerheden en keuzes.

Nulmeting: LCA-studies per productgroep

In Hoofdstuk 5 tot en met 10 worden de uitkomsten van de LCA-studies naar de geselecteerde voedingsmiddelen getoond. De voedingsmiddelen zijn gegroepeerd naar productgroep. Dit zijn achtereenvolgens: fruit, groente, zuivel, vlees, brood en vis. Voor elke productgroep is de milieubelasting van 1 kg product bepaald en geanalyseerd. Daarnaast wordt per productgroep de milieubelasting geschetst van de totale Nederlandse consumptie. Cijfers en tabellen van de onderzoeksresultaten worden aan het eind van elk hoofdstuk gepresenteerd. De uitkomsten van de LCA-studies dienden als basis voor de in Deel A getoonde resultaten.

Cijfers en tabellen

In hoofdstuk 11 zijn de numerieke uitkomsten van de LCA-studies in tabellen weergegeven. Voor elke productgroep zijn per product en per effectcategorie de LCA-scores in tabellen opgenomen.

2 Voedselconsumptiepeilingen

De Voedselconsumptiepeilingen (VCP) verzamelen gegevens over hoeveel en weke voedselproducten Nederlanders consumeren. Deelnemers aan de VCP noteren op twee niet-aaneengesloten, onafhankelijke dagen wat zij in een periode van 24 uur eten. De VCP worden periodiek uitgevoerd voor vastgestelde leeftijdsgroepen.

De VCP Basis 2007-2010 is de meest recent afgeronde VCP voor de leeftijdscategorie 7-69 jaar. Aanvullend is in 2005-2006 een VCP-kinderen (2-6 jaar) uitgevoerd en in 2010-2012 een VCP-ouderen (70 jaar en ouder). Momenteel loopt er een VCP van 2012 tot 2017 die de consumptie van personen tussen de 1 en 79 jaar in kaart brengt. Die VCP kan worden gebruikt bij de update van deze studie in 2018.

Dagelijkse voedselconsumptie per leeftijdsgroep

Op dit moment zijn er voor de periode 2007-2010 dus geen VCP-gegevens beschikbaar voor alle leeftijdsgroepen. Er is daarom gekozen om de meest recente VCP als uitgangspunt te nemen voor dit onderzoek: VCP-Kinderen 2005-2006, VCP Basis 2007-2010 en de VCP-Ouderen 2010-2012. In Tabel 4 is de dagelijkse voedselconsumptie per geslacht en leeftijdsgroep weergegeven. De bevolkingsgegevens in Tabel 5 zijn vervolgens gebruikt om de totale dagelijkse en jaarlijkse voedselinname per geslacht en leeftijdsgroep in Nederland te berekenen.

Tabel 4. Gemiddelde (berekende) dagelijkse voedselinname in grammen voor mannen en vrouwen in verschillende leeftijdsgroepen.

Leeftijd	Consumptie (g/dag)		Bron
	Mannen	Vrouwen	
2-6 jaar	2124	1991	Ocké et al., 2008
7-18 jaar	2336	2282	van Rossum et al., 2011
19-69 jaar	3122	3091	van Rossum et al., 2011
>70 jaar	2816	2699	Ocké et al., 2013

Tabel 5. Aantal Nederlanders per geslacht en leeftijdsgroep (bron: CBS, 2015).

Leeftijd	Man	Vrouw
2-6 jaar	468100	445949
7-18 jaar	1210770	1155767
19-69 jaar	5656850	5623769
>70 jaar	859870	1133383

Samenstelling voedselinname voor alle leeftijdsgroepen

De informatie die binnen de VCP Basis 2007-2010 is verzameld, bestaat uit een lijst van voedselproducten, inclusief de mate van consumptie ervan in grammen per dag. Door de verschillende voedselproducten te categoriseren volgens het Nederlandse Voedingstoffen Bestand (NEVO), is het mogelijk om de uitkomsten van de VCP op individueel productniveau te clusteren tot productgroepen. Op deze manier kan het aandeel van elke productgroep in de dagelijkse voedselconsumptie worden bepaald. In Tabel 6 is dit weergegeven voor een groep

deelnemers van de VCP Basis 2007-2010. Dit consumptiepatroon is gebruikt om de dagelijkse voedselinname voor een persoon binnen elk van de leeftijdsgroepen te berekenen. In de update van deze studie zal er gerekend worden met de consumptiepatronen die horen bij elk van de leeftijdsgroepen.

Tabel 6. Percentuele bijdrage van verschillende productgroepen aan de dagelijkse voedselinname (VCP 9-69 jaar; Van Rossum CTM et al., 2011).

Productgroep	Aandeel
Aardappelen	3,0%
Groenten	3,9%
Peulvruchten	0,1%
Fruit, noten en zaden	3,6%
Zuivel	12,1%
Vlees	3,4%
Granen	6,6%
Vis	0,5%
Ei	0,4%
Vet	0,8%
Suiker en suikergoed	1,6%
Taart en koek	1,5%
Dranken – niet alcoholisch	53,2%
Dranken – alcoholisch	5,9%
Specerijen en sauzen	1,0%
Soep	1,9%
Diversen	0,6%

Onderrapportage binnen de VCP

Het onderzoek van Temme et al. (2014) rapporteert dat er binnen de VCP een geschatte onderrapportage bestaat van ongeveer 15% in energie-inname. In dit onderzoek is de onderrapportage gecompenseerd door de VCP gerapporteerde dagelijkse voedselinname met 15% te verhogen.

3 Selectie van voedingsmiddelen voor de nulmeting

De VCP onderscheidt ongeveer 1600 verschillende producten. Een LCA uitvoeren voor zoveel producten is onwerkbaar, dus is er een selectie gemaakt. Deze selectie is gebaseerd op de volgende drie observaties:

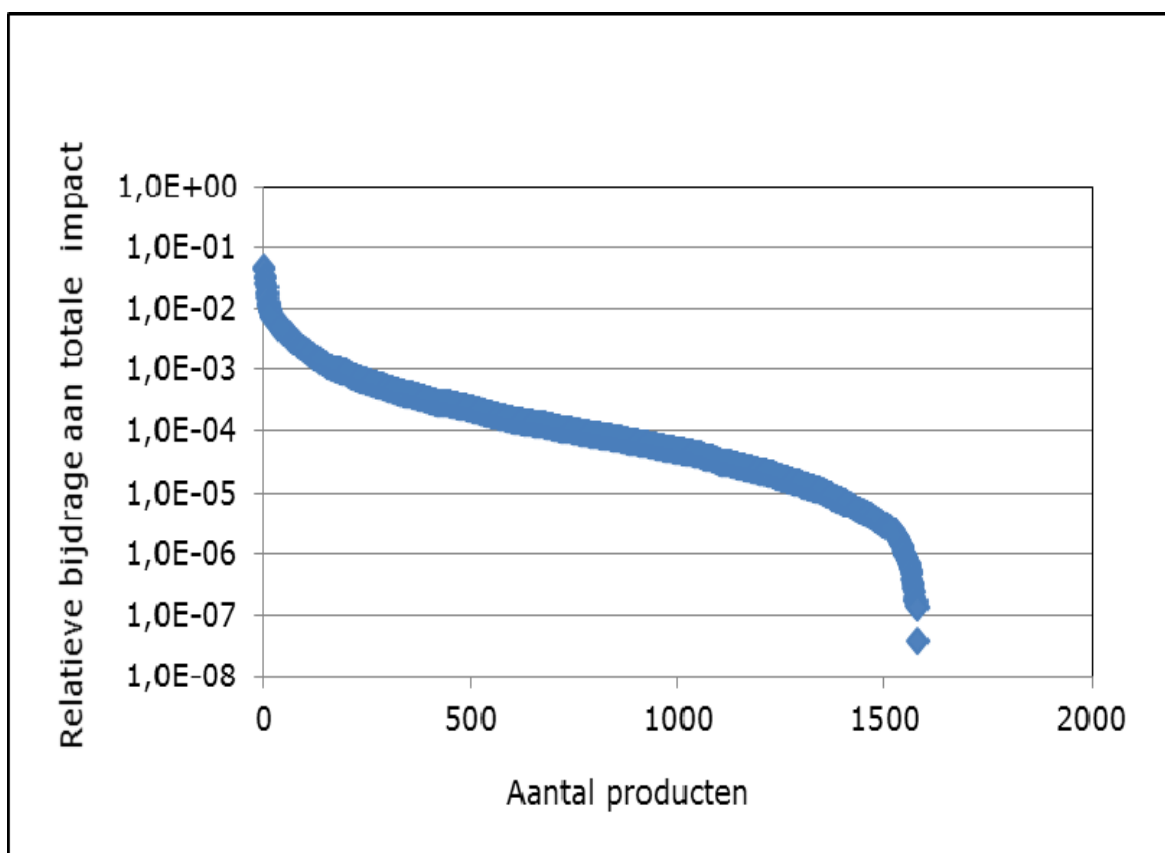
- Er zijn producten met vergelijkbare productie, gebruik en afvalfasen. De LCA voor een product kan worden gebruikt voor vergelijkbare producten.
- De impact van een product is het product van de geconsumeerde hoeveelheid (kg) en de impact per kilogram product.
- Over het algemeen geldt dat een kleine selectie verantwoordelijk is voor een groot deel van de impact. Dit is ook wel bekend als het Pareto-principe.

Gebaseerd op deze drie observaties is de volgende selectieprocedure gevolgd:

- Bekende schattingen van emissies van broeikasgassen en van landgebruik tijdens de levenscyclus van een grote groep producten zijn op basis van recepten en vergelijkbaarheid geëxtrapoleerd naar alle producten van de VCP. Bijvoorbeeld, voor bonen en wortels in blik zijn schattingen gebruikt voor gekookte bonen en gekookte wortels en een factor voor het inblikken.
- De producten worden vervolgens geordend van de hoogste tot de laagste impact (consumptie x impact) op vier manieren: per impactcategorie én per geometrisch gemiddelde van de genormaliseerde impacts.
- Voor alle vier de rangordes zijn de producten geselecteerd die samen 80% van de impact bepalen.
- Om een representatief product in elke subcategorie van de VCP te hebben, zijn extra producten geselecteerd, zoals sojamelk, quorn en kant-en-klaar aardappelpuree.
- Producten met een vergelijkbaar productie-, consumptie- en afvalproces zijn gecombineerd, bijvoorbeeld droge en zoete witte wijn en verschillende typen margarine.

De relatieve bijdragen aan de totale impact van alle 1600 producten zijn weergegeven in Figuur 10. De hoogste bijdrage is 4.8 % van de totale impact door één product. Deze selectieprocedure resulteerde in:

- Een proxy voor de impact van alle producten in de VCP.
- Een selectie van 168 producten die samen het grootste deel (meer dan 80%) van de impact van de Nederlandse voedselconsumptie bepalen, met producten uit alle productcategorieën van het Nederlandse Voedingstoffen Bestand (NEVO).



Figuur 10. De relatieve bijdrage aan de totale impact van alle 1600 producten die worden onderscheiden in de VCP, bepaald op basis van het gemiddelde van de vier manieren van ordenen van impact.

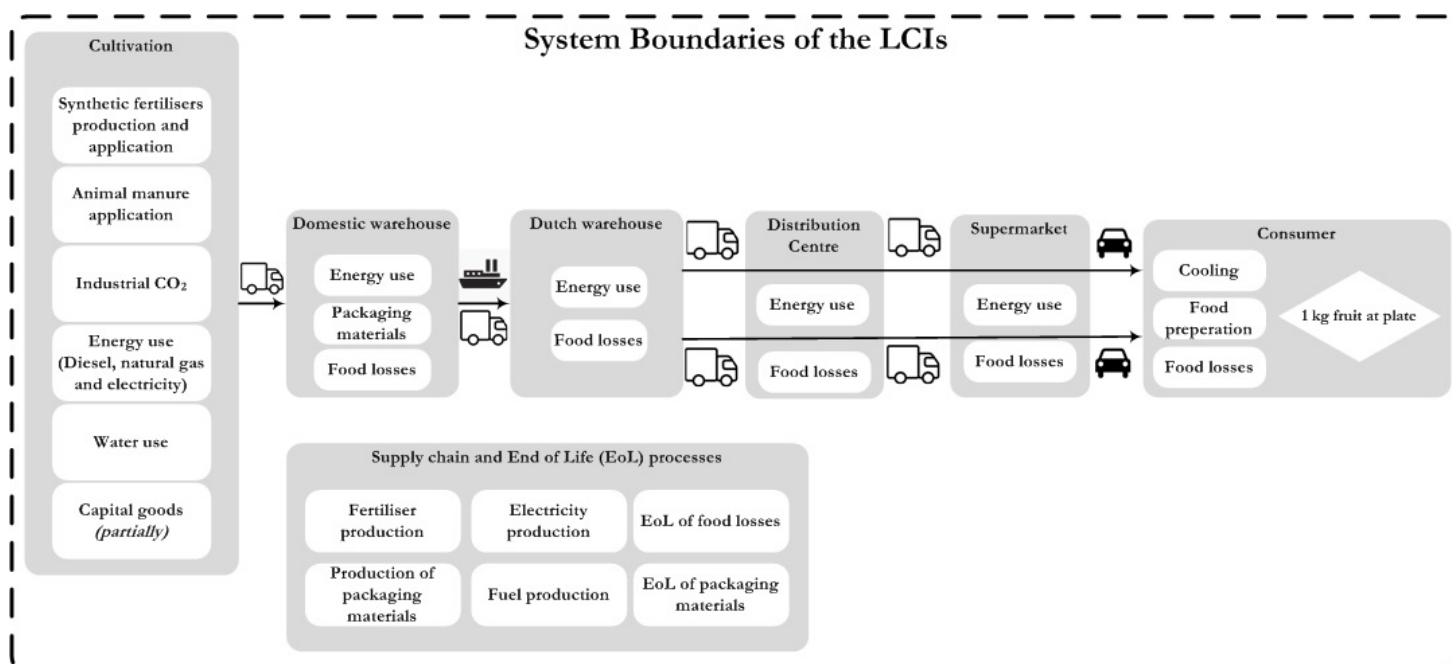
4 Operationalisering van LCA

Levenscyclusanalyse is een methode om de milieubelasting van een product of dienst te bepalen. LCA neemt hierbij de hele productketen in ogenschouw. In de ISO-14040 en -14044-series zijn vier stappen vastgesteld voor het uitvoeren van een LCA-onderzoek: vaststelling doel en reikwijdte, inventarisatie, effectbeoordeling en interpretatie. In dit hoofdstuk worden deze stappen voor dit LCA-onderzoek gespecificeerd.

4.1 Vaststelling doel en reikwijdte

Het LCA-onderzoek dient om de beleidsvorming met betrekking tot de milieubelasting van voedselconsumptie in Nederland te ondersteunen. Het onderzoek geeft inzicht in de milieubelasting van voedselconsumptie voor de periode 2007-2010. De onderzoeksresultaten zijn niet bedoeld voor het publiekelijk vergelijken van producten.

De functionele eenheid binnen LCA-onderzoek specificeert dat producten worden beoordeeld op basis van een bepaalde hoeveelheid geleverde prestatie. De functionele eenheid in dit onderzoek is 1 kilogram voedingsmiddel. In Figuur 10 zijn de stappen in de levenscyclus van voedingsmiddelen weergegeven die in het onderzoek zijn meegenomen. In het geval dat een proces meerdere productstromen heeft, zal de milieubelasting over deze producten worden verdeeld. In dit onderzoek gebeurt deze verdeling of allocatie op basis van de economische waarde van de producten, conform afspraken in de sector bv in de PAS2050 (BSI, 2012), met uitzondering van melkproducten waarvoor allocatie is gebaseerd op fysiologisch allocatie, conform internationale afspraken (JRC, 2015).



Figuur 10. Overzicht van de stappen in de levenscyclus van voedingsmiddelen die in de inventarisatie zijn meegenomen (in Engels; Kuling et al., 2015).

Beperkingen van de LCI en het LCA-onderzoek

De volgende processen zijn niet inbegrepen in dit LCA-onderzoek:

- *Gewasrotatie*. De invloed hiervan wordt verondersteld minimaal te zijn. Het belangrijkste aspect van gewasrotatie is de toepassing van dierlijke mest ter verbetering van bodemvruchtbaarheid. Dit aspect is meegenomen in het proces van de bemestingsmethode.
- *Seizoensgebondenheid*. Dit aspect is niet meegenomen, vanwege de opbouw en het detailniveau van de LCI's. De ontwikkeling van gedetailleerdere LCI's kan dit oplossen.
- *Toxiciteit effectbeoordelingscategorieën*. De productie en het gebruik van pesticiden zijn niet gemodelleerd, vanwege het gebrek aan onderzoeksgegevens van voldoende kwaliteit. Pesticidegebruik levert de belangrijkste bijdrage in de effectcategorie humane toxiciteit.
- *Kwaliteitsniveaus van fruit*. Er is geen onderscheid gemaakt tussen fruit van verschillende kwaliteitsniveaus. Dit zou anders een significant effect op de gekozen economische allocatie hebben.
- *Categorie 1 & 2 materiaal en afval*. Deze materialen komen vrij bij het slachtproces. Er wordt geen economische waarde toegekend aan de producten en daardoor ook geen milieubelasting. Momenteel zijn er discussies of de verwerking van deze materialen voor energieproductie moeten worden meegeteld als vermeden emissies.
- *Verandering in albedo*. Landgebruik kan leiden tot veranderingen in albedo. Dit heeft significant invloed in termen van broeikasgasemissies. Dit effect wordt typisch niet meegenomen in agrarische LCA-studies.
- *Consumptiemix*. Er zijn geen nationale gegevens over de herkomstlanden van het verkochte fruit in Nederland. Het aanbod van fruit op de markt is daarom gebaseerd op binnenlandse productie en import. Export is hierbij buiten beschouwing gelaten.
- *Regionalisering*. Karakterisatiefactoren voor effectcategorieën met een lokaal effect, zoals verzuring, zijn niet inbegrepen in de effectbeoordeling. Dit is alleen mogelijk wanneer dit toegevoegd wordt aan de LCIA-methode.
- *Dataverscheidenheid*. Het gebruik van verschillende databronnen voor het testen van onzekerheid was niet mogelijk vanwege het beperkte aanbod van onderzoeksgegevens.

4.2 Inventarisatie

Voor het uitvoeren van een LCA zijn, voor elke stap in de levenscyclus, productie- en milieugegevens nodig. Een groot deel van die gegevens is beschikbaar in speciale milieudatabases. Hierin zijn vele productie- en verwerkingsprocessen opgeslagen met specifieke informatie over grondstofverbruik en uitstoot van schadelijke stoffen. In een LCA-onderzoek worden de processen die in de betreffende levenscyclus voorkomen, uitgelicht. Voor iedere levenscyclus is dat een unieke combinatie van processen. Ook de mate waarin een proces nodig is verschilt per levenscyclus. Voor de processen die niet in deze databases staan of waarvan de kwaliteit niet voldoende is, moeten additionele

milieugegevens worden verzameld. Het kan zijn dat de gegevens zijn gerapporteerd in een andere databron of nieuw ontwikkeld dienen te worden. In Tabel 7 is beschreven welke (LCI-)databronnen in dit onderzoek zijn gebruikt.

Tabel 7. De LCI databronnen die voor het LCA onderzoek zijn gebruikt.

LCI databron	Referentie
Agri-footprint	www.agri-footprint.com
Ecoinvent v3	www.ecoinvent.org
Blonk Consultants	Kuling et al., 2015; Broekema et al., 2015
LCI proxy waarden	Temme et al., 2014

In de LCI's voor de productgroepen fruit en groenten zijn steeds de twee tot drie voornaamste herkomstlanden meegenomen. Hiermee is de totale consumptie in Nederland steeds voor minimaal 70% gedekt.

4.3 Effectbeoordeling

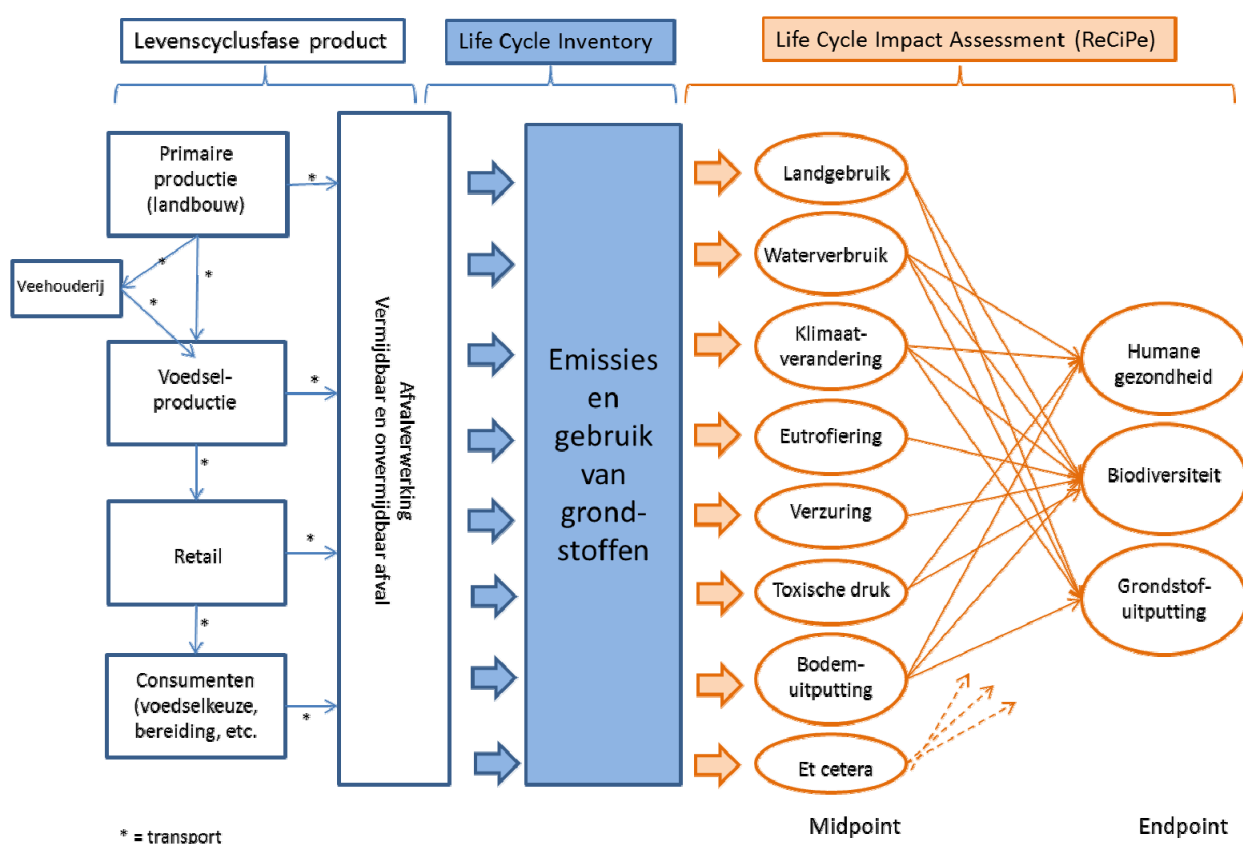
De mate van milieubelasting door voedselconsumptie in Nederland wordt geïllustreerd door de milieuprofielen van de onderzochte voedingsmiddelen. Het selecteren van de juiste set effectcategorieën die samen het milieuprofiel vormen, is hierbij van belang. In november 2013 heeft het RIVM in opdracht van het ministerie van IenM een workshop georganiseerd met voedingexperts en beleidsmakers om te bepalen welke effectcategorieën nodig zijn om de milieubelasting van voedselconsumptie goed te kunnen beoordelen. Tabel 8 geeft de effectcategorieën weer die op basis van de workshop zijn geselecteerd. Deze effectcategorieën zijn goed gedefinieerd binnen de bestaande LCA-effectbeoordelingsmethoden. De uitzondering hierop is de effectcategorie bodemdegradatie waarvoor een nieuw beoordelingsmodel is ontworpen (Hollander et al., 2015).

Tabel 8. Effectcategorieën, geselecteerd tijdens expertworkshop (RIVM, november 2013) voor het bepalen van de milieubelasting van voedselproducten.

Effectcategorie	Eenheid
Klimaatverandering	kg CO ₂ equivalent
Landgebruik	m ² *jaar
Verzuring	kg SO ₂ equivalent
Eutrofiëring – marien	kg N equivalent
Eutrofiëring – zoet water	kg P equivalent
Waterdepletie	m ³
Bodemdegradatie	kg P/ha/jaar

Voor deze studie wordt bij de bepaling van de verschillende milieu-impacts gebruikgemaakt van het LCIA-impactmodel ReCiPe. Hieronder worden de wijzen waarop de verschillende milieu-impacts worden berekend in ReCiPe kort beschreven. Gedetailleerde informatie over berekeningswijzen is te vinden in Goedkoop et al. (2008). In Figuur 11 is schematisch weergegeven hoe een product via de levenscyclusbenadering wordt geanalyseerd en hoe de LCI wordt vertaald naar milieubelasting in ReCiPe, zowel op midpoint als op endpoint-niveau. Met midpoint wordt bedoeld ergens halverwege de oorzaak-effectketen, dit is voor klimaatverandering bijvoorbeeld het ioniserende effect van verschillende broeikasgassen. Met endpoint wordt

bedoeld het uiteindelijke effect dat men wil voorkomen. In een LCA is dat vaak de impact op de menselijke gezondheid, biodiversiteit en beschikbaarheid van grondstoffen. Klimaatverandering wordt voor een endpoint-resultaat dus vertaald naar de impact op menselijke gezondheid en biodiversiteit. Resultaten uitdrukken als endpoint maakt interpreteren makkelijker: er hoeven minder verschillende zaken te worden afgewogen. Aan de andere kant brengt de vertaling van midpoint naar endpoint veel methodische onzekerheid met zich mee. Vandaar dat in deze studie niet verder wordt gerekend dan het midpoint-niveau.



Figuur 11. Visualisatie van LCA: over een keten worden data van emissies en grondstoffengebruik verzameld en deze worden middels een LCIA-methode vertaald naar impacts op midpoint- of endpoint-niveau.

Klimaatverandering

Met de impactcategorie klimaatverandering wordt bedoeld op de opwarming van de aarde als gevolg van menselijke activiteit via de uitstoot van broeikasgassen. Als maat voor klimaatverandering op midpoint-niveau wordt de hoeveelheid uitgestoten CO₂-equivalenten gedurende de levenscyclus van een product genomen. De emissies van andere broeikasgassen dan CO₂ (zoals methaan CH₄) worden omgerekend naar de hoeveelheid CO₂ die dezelfde impact zou hebben op de verandering van de temperatuur. Voor de bepaling van deze CO₂-equivalenten worden de omrekenwaarden van het IPCC gebruikt.

Landgebruik

De impactcategorie landgebruik reflecteert de schade aan ecosystemen door de effecten van gebruik en transformatie van grond. Er wordt onderscheid gemaakt in twee mechanismen: 1) het gebruik van een zeker oppervlak land gedurende een bepaalde periode, 2) de transformatie van een zeker oppervlak land om het geschikt te maken voor een (productie)proces.

Beide mechanismen kunnen worden gecombineerd indien landgebruik volgt op landtransformatie. Soms gebeurt het landgebruik echter op land dat al getransformeerd is, dan geldt alleen het eerste mechanisme. In het geval van landtransformatie is de hoogte van de impact op ecosystemen afhankelijk van het type landgebruik, zowel voor als na de transformatie. In ReCiPe is een set met archetypische landgebruikstransformaties opgenomen.

Terrestrische verzuring

Atmosferische depositie van anorganische stoffen zoals sulfaten, nitraten en fosfaten veroorzaken een verandering van de zuurgraad van de bodem. Bijna alle plantensoorten kennen een optimale zuurgraad, en afwijking van die optimale zuurgraad is schadelijk voor de soort. In deze impactcategorie wordt de schade als gevolg van verzuring van de bodem door menselijke activiteit beschreven. De belangrijkste verzurende emissies zijn NO_x , NH_3 , and SO_2 (Udo de Haes et al., 2002; Hayashi et al., 2004). De verspreiding van verzurende emissies op de bodem in ReCiPe zijn berekend met een atmosferisch depositiemodel (EUTREND; Van Jaarsveld, 1995) in combinatie met een dynamisch bodemverzuringsmodel (SMART2; Kros, 2002). De emissies van de verschillende verzurende stoffen worden omgerekend naar SO_2 -equivalenten.

Aquatische eutrofiëring (marien en zoet water)

Aquatische eutrofiëring (of vermessing) wordt gedefinieerd als de verrijking van de wateromgeving met nutriënten (stikstof N en fosfor P). Eutrofiëring van water als gevolg van menselijke activiteit bepaalt in belangrijke mate de ecologische waterkwaliteit. Door de lange transportafstanden van nutriënten, zowel door de lucht als via rivieren, speelt eutrofiering zowel in zoetwater als in marien water. In ReCiPe is het CARMEN-model (Potting et al., 2005) gebruikt voor de bepaling van de emissiefluxen van N- en P-verbindingen die terechtkomen in zoet, dan wel zout water. Het model berekent het transport vanuit landbouw, en atmosferische depositie via grondwater en afspoeling, en directe emissies vanuit waterzuiveringsinstallaties naar het oppervlaktewater. Relevante emissies die meegenomen worden in het model zijn fosfor- en stikstofverbindingen die geëmitteerd worden naar bodem en water en ammoniak (NH_3) en stikstofoxide (NO_x) geëmitteerd naar lucht. In ReCiPe wordt als midpoint-indicator voor zoetwater eutrofiëring de hoeveelheid P toegevoegd aan het water gebruikt, terwijl voor mariene eutrofiëring de hoeveelheid N toegevoegd aan het water dient als maat.

Waterdepletie

Waterdepletie wordt in ReCiPe uitgedrukt in de hoeveelheid geconsumeerd water. Dat wil zeggen, het water dat is verdampt, naar andere stroomgebieden of de zee is verplaatst, of dat is toegevoegd aan

een product. Het geconsumeerde water is dus het water dat niet meer beschikbaar is in het originele stroomgebied (Falkenmark et al., 2004). Waterververbruik wordt uitgedrukt in m³ water. (NB. In de nieuwe versie van ReCiPe, die in 2016 beschikbaar komt, wordt de indicator 'waterdepletie' vervangen door de indicator 'waterververbruik'. Bij de berekening van deze nieuwe indicator wordt een combinatie gemaakt tussen de daadwerkelijke hoeveelheid geconsumeerd water en de waterbeschikbaarheid op een bepaalde locatie. Zo wordt op locatiespecifieke wijze een betere afspiegeling gegeven van de milieuschade die optreedt door waterververbruik. Het gebruik van water in bijvoorbeeld de Sahel heeft namelijk een veel grotere impact dan het gebruik van dezelfde hoeveelheid water in Nederland. In een volgende meting van de Nederlandse voedselconsumptie zal deze nieuwe berekeningswijze toegepast worden en zal ook de huidige nulmeting volgens het nieuwe algoritme herhaald worden.)

Bodemdegradatie

Bodemdegradatie (achteruitgang van de bodemkwaliteit) is een groeiend probleem, vooral in delen van Afrika en Zuid-Amerika. Deze indicator maakt echter geen deel uit van de indicatoren die ReCiPe behandelt. Bij het RIVM is, op basis van de beschikbare data, een eerste concept voor een indicator voor bodemuitputting (met fosfor P als marker) ontwikkeld (Hollander et al., 2015).

P-verlies uit de bodem is gekozen als indicator voor nutriëntverlies uit de bodem, omdat deze makkelijker te definiëren is dan N en beide in veel gevallen gelijk op zullen lopen (interne communicatie RIVM). De indicator beschrijft de hoeveelheid P-verlies uit de bodem per jaar bij de teelt van een zeker gewas. De aanname is dat bodemuitputting alleen plaatsvindt in gebieden in de wereld waar on- of slechtbemeste landbouw voorkomt. De gebieden in de wereld waar deze landbouw plaatsvindt, zijn geselecteerd op basis van FAO-data in de Mapspam database (IIASA GAEZ project; Nachtergaele et al., 2012). Voor negen veel geteelde gewassen is bepaald waar in de wereld deze verbouwd worden en wat de gemiddelde jaarlijkse opbrengst is. Voor elk van deze gewassen is de gemiddelde hoeveelheid P per kg bepaald en door vermenigvuldiging van beide is een schatting gemaakt van de hoeveelheid P verwijderd per ha op jaarbasis. Dit is gedaan op gridniveau van 0,5 x 0,5 graad en vervolgens geaggregeerd naar landniveau. Op basis van de herkomst van een product wordt hierdoor een indicatie gegeven van de hoeveelheid verloren P uit de bodem op jaarbasis.

4.4 Interpretatie

In de interpretatiefase wordt het milieuprofiel van het product of dienst geanalyseerd en uiteindelijk getoetst aan de onderzoeksvraag. Er zijn drie belangrijke stappen die gelden in de interpretatiefase: datakwaliteitsbeoordeling, gevoeligheidsanalyse en de contributieanalyse. Uitvoering van deze stappen geeft informatie over de robuustheid van de resultaten en conclusies van een LCA-onderzoek.

Beoordeling datakwaliteit

Het beoordelen van de datakwaliteit van LCI-gegevens heeft drie hoofddoelen: het communiceren van de datakwaliteit naar andere gebruikers, het kritisch beoordelen van de datakwaliteit en het verzekeren van de bruikbaarheid van de LCI-gegevens in LCA. De procedure voor het beoordelen van de datakwaliteit van LCI-gegevens is gebaseerd op het scoren van een set criteria (JRC-IES, 2010):

- Technologische representativiteit (TeR)
- Geografische representativiteit (GR)
- Tijd-gerelateerde representativiteit (TiR)
- Compleetheid (C)
- Parameter onzekerheid (P)
- Methodologische geschiktheid en consistentie (M)

Elk proces binnen de LCI wordt gescoord van 1 (hoogste kwaliteit) tot 5 (laagste kwaliteit). Het uiteindelijke oordeel is het gemiddelde van de scores op de criteria. Een overzicht van de datakwaliteitsscores is gegeven voor elke productgroep. Zie hiervoor hoofdstuk 5 tot en met 10.

Gevoeligheidsanalyse

De gevoeligheidsanalyse toetst de invloed van methodologische keuzes op de resultaten. Door doelbewust verschillen aan te brengen in de gemaakte keuzes kan de invloed hiervan op de resultaten worden bepaald. Voor de LCA-studies in dit onderzoek is een gedeeltelijke gevoeligheidsanalyse uitgevoerd. Binnen het LCAimpactmodel ReCiPe zijn drie verschillende scenario's gedefinieerd, die elk een groep van aannamen en keuzes vertegenwoordigen (Goedkoop et al., 2009):

- Individualist (I) – korte termijn, technologisch optimisme
- Hiërarchisch (H) – gangbare beleidsprincipes
- Egalitair (E) – voorzorg perspectief, lange termijn

Toepassing van de verschillende effectbeoordelingsscenario's leidde in dit onderzoek niet tot significante verschillen in de resultaten van de LCA-studies.

Contributieanalyse

In een contributieanalyse wordt de bijdrage berekend van specifieke processen aan de uiteindelijke LCA-resultaten. Op deze manier is het mogelijk na te gaan welke processen hierin bepalend zijn en of deze processen adequaat zijn gemodelleerd. Contributieanalyses zijn uitgevoerd binnen elke productgroep voor de voedingsmiddelen met een significante of opvallende milieubelasting.

5 Milieubelasting Productgroep Fruit

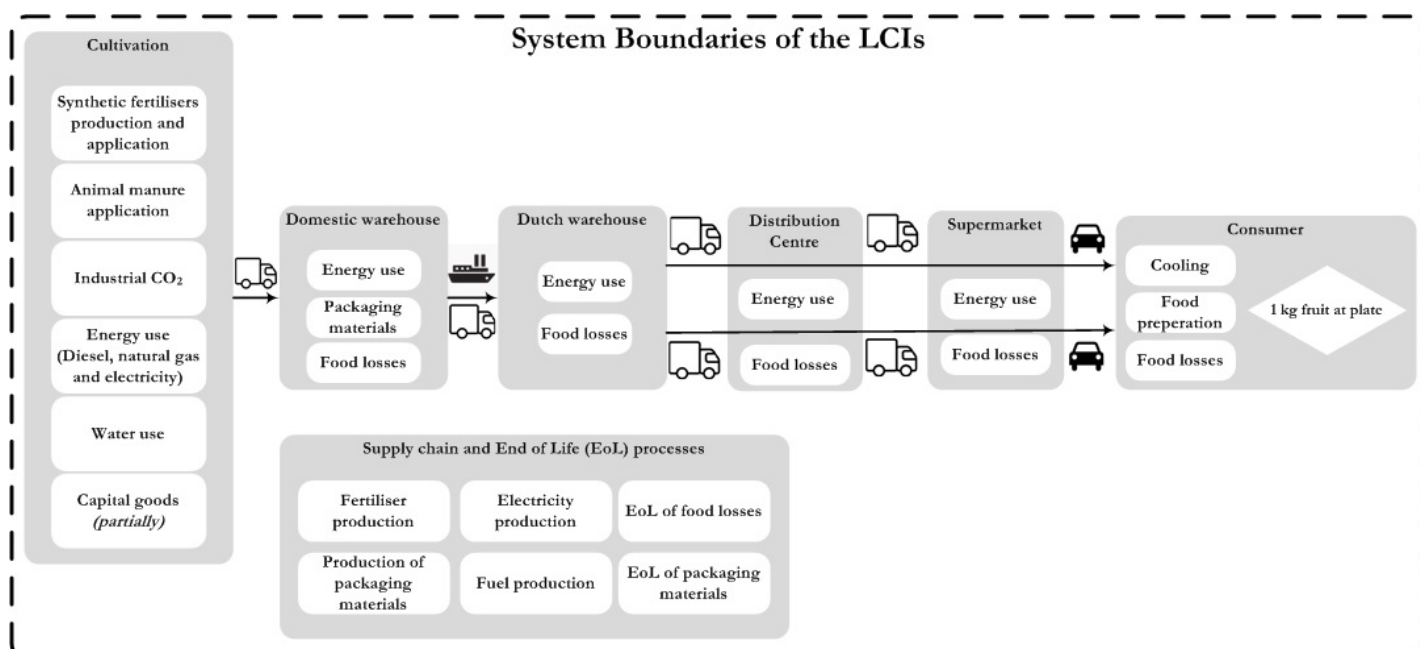
5.1 Introductie

In de productgroep fruit zijn de volgende producten geselecteerd:

- Appels
- Bananen
- Druiven
- Kiwi's
- Mandarijnen
- Sinaasappels
- Perziken
- Ananassen
- Aardbeien

Levenscyclus van fruit

In Figuur 12 is de levenscyclus van fruit geïllustreerd en zijn de systeemgrenzen van het LCA-onderzoek van fruit weergegeven. Tijdens de teeltfase wordt het fruit opgekweekt en geoogst. In de verpakkingsfase wordt de oogst naar de lokale overslag getransporteerd en verpakt. Het verpakte fruit wordt vanuit binnen- en buitenland getransporteerd naar overslag in Nederland. Vanuit de overslag wordt het fruit naar het distributiecentrum gebracht, waar het gekoeld wordt bewaard. Bepaalde typen vruchten, zoals bananen en kiwi's, worden hier ook door middel van ethyleen gerijpt. De supermarkten ontvangen het fruit van de distributiecentra. Hier wordt het geconditioneerd bewaard, geëtaleerd voor verkoop en verkocht. In de consumentenfase wordt het gekochte fruit al dan niet gekoeld bewaard om vervolgens klaargemaakt te worden voor consumptie (Kuling et al., 2015).



Figuur 12. De levenscyclus van fruit met de systeemgrenzen als aangehouden in dit onderzoek (in Engels; Kuling et al., 2015).

Voedselverliezen

Tijdens de levenscyclus gaat er fruit verloren. Deze voedselverliezen zijn in de LCA-studie meegenomen (Kuling et al., 2015). Hieronder zijn deze weergegeven:

- Verlies van fruit tijdens de teelt is aangenomen te zijn verwerkt in de uiteindelijke oogstcijfers;
- 1% verlies voor transport van de oogst naar lokale overslag;
- 1% verlies voor transport naar lokale overslag naar Nederlandse overslag en 2% voor zacht fruit (aardbeien, druiven, perziken);
- 1% verlies voor transport naar en de activiteiten bij het distributiecentrum;
- 5% verlies bij de supermarkt;
- 9% eetbare verliezen in de consumptiefase;
- 5% (aardbeien) tot 50% (ananas) niet-eetbare verliezen in de consumptiefase.

5.2 Resultaten

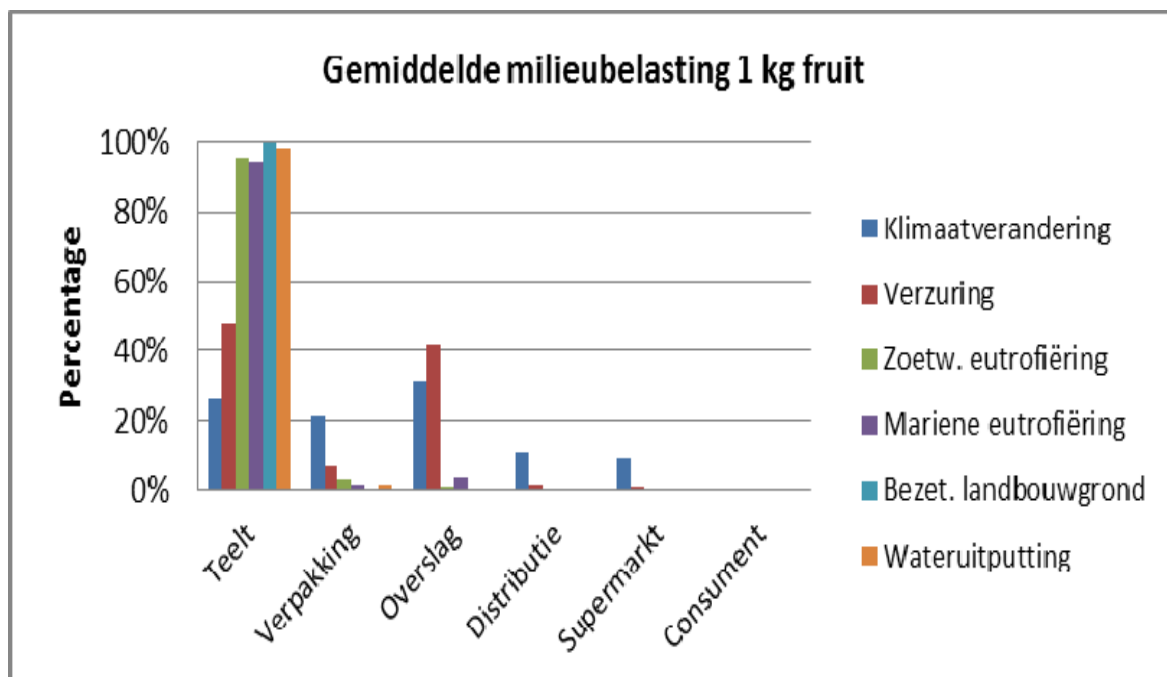
De resultaten voor productgroep fruit worden in drie delen gepresenteerd: toetsing aan de impactcategorie bodemdegradatie, uitkomsten van het LCA-onderzoek naar één kilogram van de verschillende fruitsoorten en tot slot de milieubelasting van de daadwerkelijke fruitconsumptie in Nederland.

Toetsing bodemdegradatie

Binnen de productgroep 'fruit' is alleen de teelt van bananen direct meegenomen in de studie naar bodemvershraling. Bananen voor de Nederlandse consumptie worden voornamelijk gekweekt in Ecuador, Columbia en Costa Rica. Voor al deze drie landen blijkt dat bananenteelt bodemvershraling kan veroorzaken. Andere fruitsoorten zijn niet expliciet onderzocht. Andere in Nederland veel geconsumeerde exotische fruitsoorten komen echter veelal uit landen die aangemerkt worden met een 'rode vlag' voor bodemvershraling bij de teelt van wel onderzochte gewassen. De in Nederland geconsumeerde druiven komen voornamelijk uit Zuid-Afrika, Chili en Brazilië, kiwi's uit Nieuw-Zeeland en Chili, sinaasappels en mandarijnen uit Argentinië, Marokko en Spanje, perziken uit Chili en Spanje en ananas uit Costa Rica en Panama. Gezien de 'rode vlaggen' die deze landen krijgen voor bodemvershraling bij de teelt van andere gewassen, is het aannemelijk dat ook bij de genoemde fruitteelten in die landen het probleem van bodemvershraling op kan treden.

Milieubelasting 1 kg fruit

In de onderstaande figuren worden de onderzoeksresultaten van de productgroep fruit gepresenteerd. In Figuur 13 is de milieubelasting van de productgroep fruit weergegeven. Per effectcategorie is de gemiddelde milieubelasting van 1 kg fruit (gemiddelde van de geselecteerde vruchten) percentueel verdeeld over de verschillende levenscyclusfasen. In Figuur 15 en Figuur 16 zijn voor de effectcategorieën klimaatverandering en verzuring een uitsplitsing gemaakt naar fruitsoort. Voor elke vrucht wordt per levenscyclusfase de bijdrage aan klimaatverandering (kg CO₂-equivalenten) of verzuring (kg SO₂-equivalenten) weergegeven.



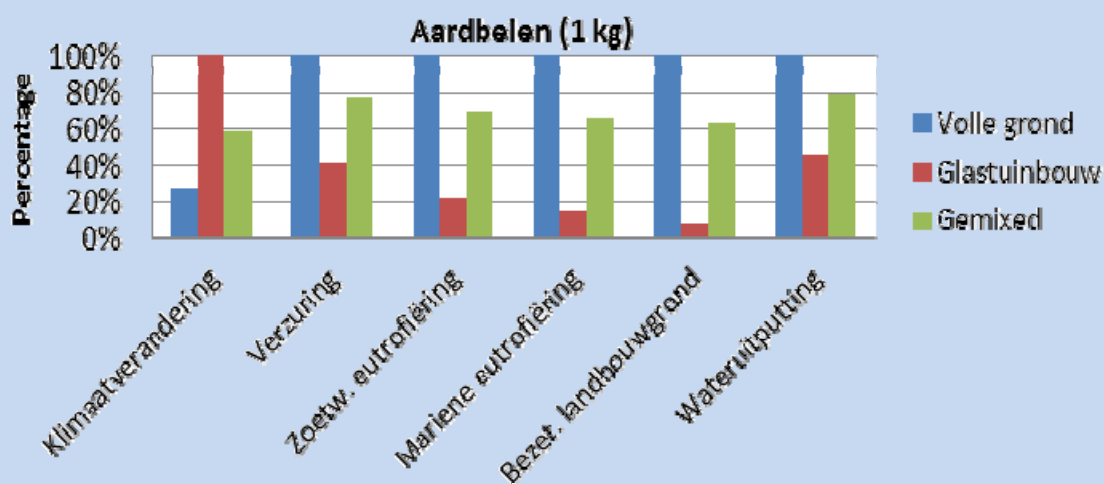
Figuur 13. Gemiddelde milieubelasting van 1kg fruit verdeeld over de levenscyclustfasen.

Teeltfase

Uit Figuur 13 blijkt duidelijk dat voor alle effectcategorieën de teeltfase de meeste milieubelasting veroorzaakt in de levenscyclus van fruit. In deze fase worden de meeste natuurlijke en technische hulpbronnen gebruikt voor het voorbereiden van het land, de kweek van de vruchten en de uiteindelijke oogst. Het grote aandeel in de totale milieubelasting is hiervan het gevolg.

Aardbeien uitgelicht

De milieubelasting van het telen van aardbeien is opvallend groot voor de effectcategorie klimaatverandering, in vergelijking met andere vruchten. De milieubelasting van aardbeien is bepaald op basis van de beschikbare aardbeien op de Nederlandse markt. Dit is een marktmix, bestaande uit aardbeien die in de glastuinbouw (beschermde en verwarmde) of op volle grond zijn geproduceerd. De onderstaande figuur laat zien dat de keuze van de teeltmethode bepalend is voor de mate van milieubelasting. De teeltmethode hangt nauw samen met het seizoen waarin de aardbeien worden gegeten; vollegrond in de zomer en verwarmde glastuinbouw in de winter. De verschillen lopen op van ongeveer 40% voor waterverbruik tot 95% voor bezetting van landbouwgrond.

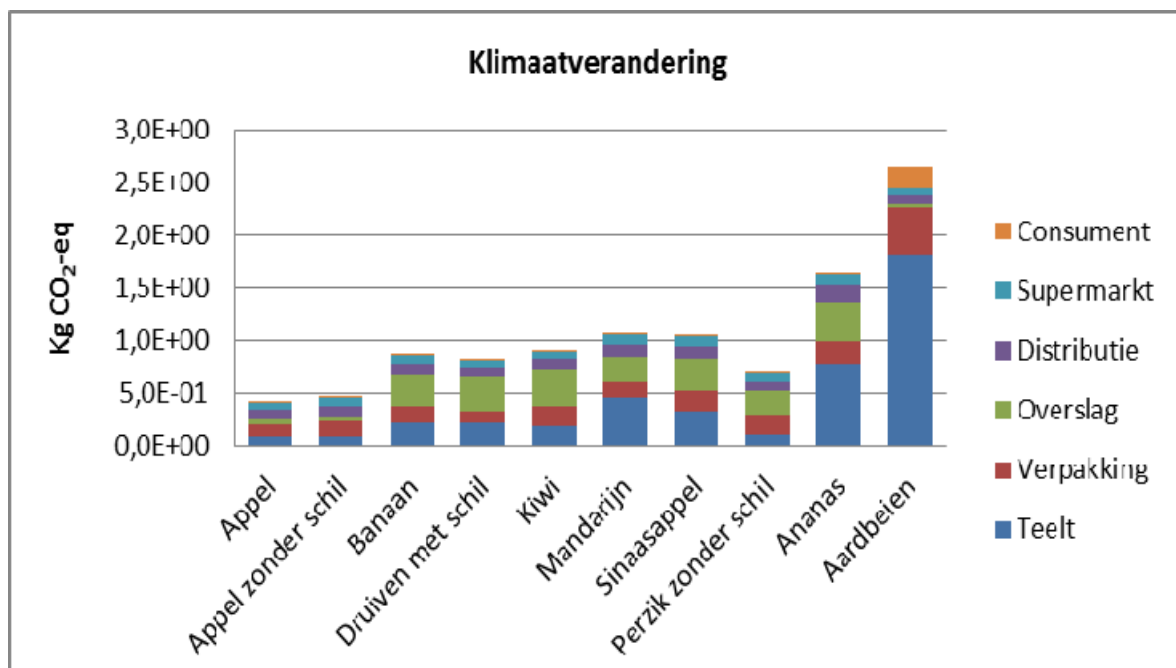


Overslagfase

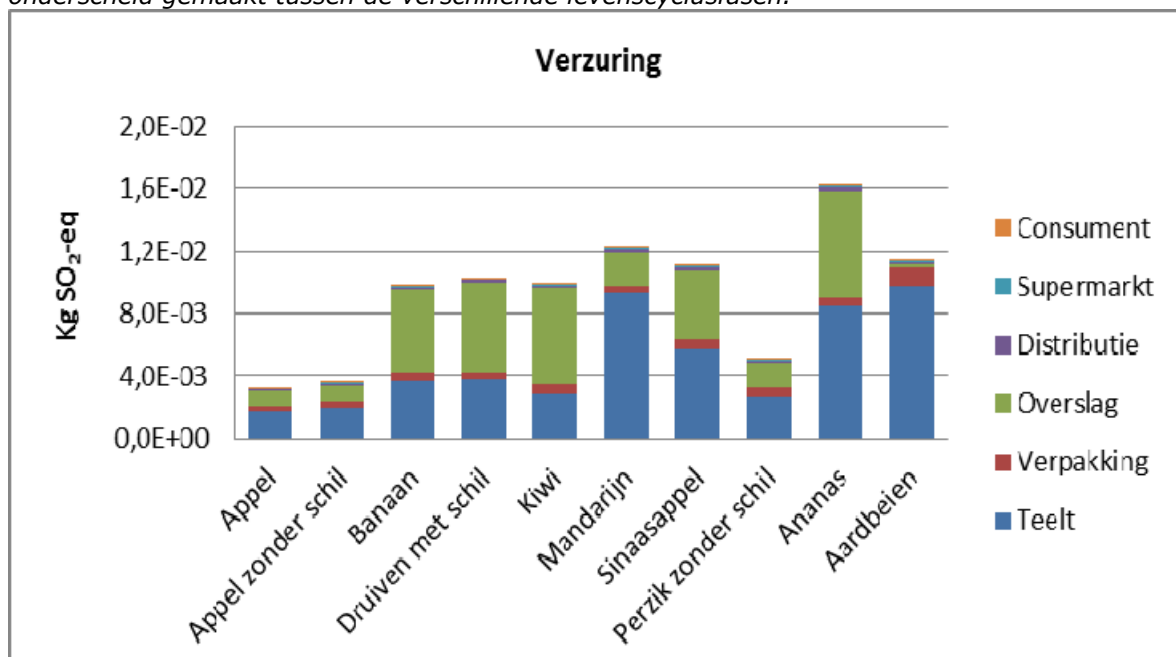
In Figuur 14 en Figuur 15 is te zien dat voor beide categorieën de teelt en overslagfase significant zijn. In de categorie klimaatverandering valt tevens op dat aardbeien een significant grotere milieubelasting hebben ten opzichte van de andere vruchten (Zie kader 'Aardbeien uitgelicht'). In de overslagfase is de effectcategorie verzuring significant. Dit komt door het stoken van brandstof door zeetransport. In Figuur 15 is te zien dat vooral de zuidelijke vruchten die via de zee worden getransporteerd hiervoor verantwoordelijk zijn, zoals banaan, druiven, kiwi, sinaasappel en ananas. Het stoken van brandstof is in deze fase ook de oorzaak van de bijdrage in de categorie klimaatverandering.

Consumentenfase

De consumentenfase lijkt niet mee te wegen ten opzichte van de totale milieubelasting in Figuur 13. Dit betekent niet dat de consument nauwelijks invloed heeft op de impact van een product. Namelijk, de hoeveelheid van het product dat wordt weggegooid, bepaalt hoeveel er moet worden geproduceerd per kg consumptie. Met andere woorden, met een voedselverlies van 10% moet voor de consumptie van 1 kg product, 1.1 kg product worden ingekocht, getransporteerd, geteeld, et cetera.



Figuur 14. Bijdrage van 1 kg fruit per fruitsoort aan 'klimaatverandering'. Er is onderscheid gemaakt tussen de verschillende levenscyclusfasen.

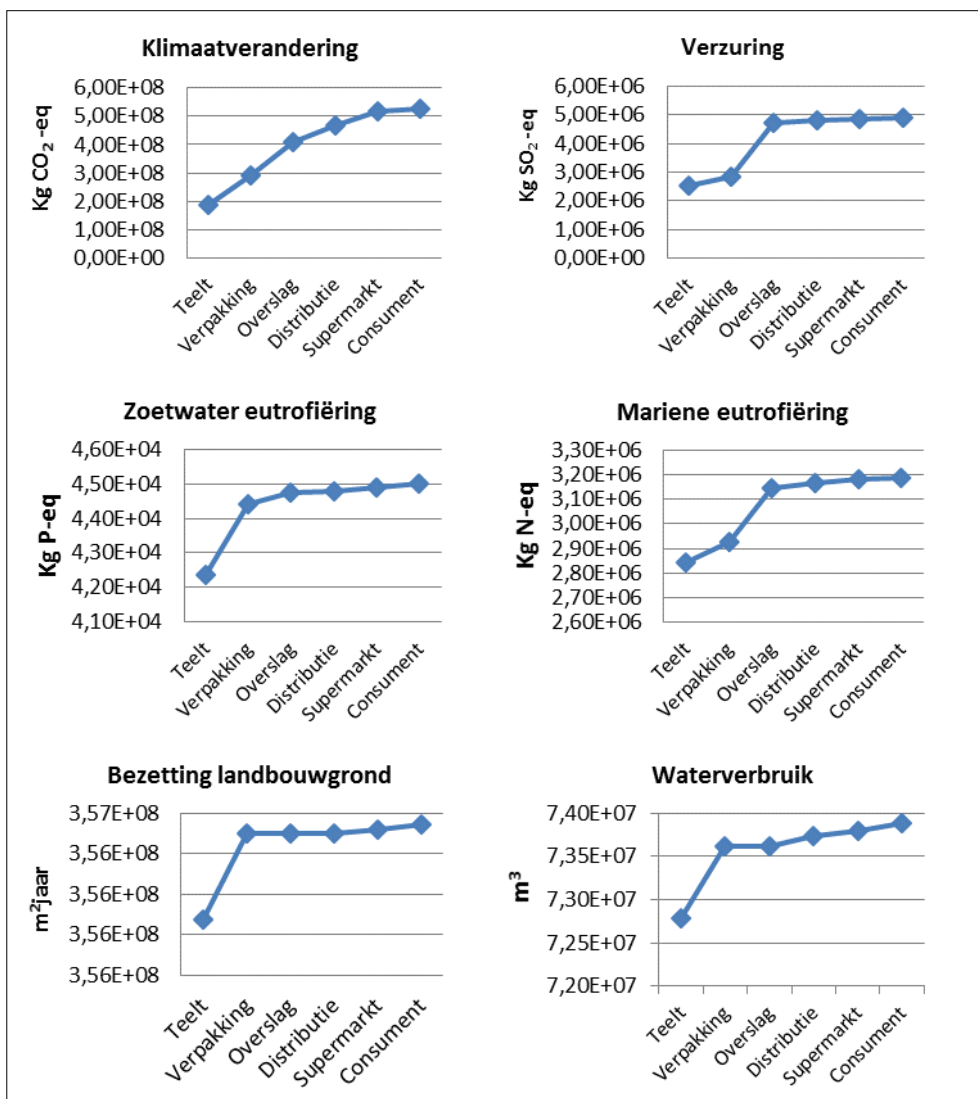


Figuur 15. Bijdrage van 1 kg fruit per fruitsoort aan 'verzuring'. Er is onderscheid gemaakt tussen de verschillende levenscyclusfasen.

Milieubelasting fruitconsumptie in Nederland

In de onderstaande grafieken van figuur 16 is de totale milieubelasting van de fruitconsumptie in Nederland gepresenteerd. Hiertoe is de milieubelasting per kg fruit vermenigvuldigd met de daadwerkelijke consumptie in Nederland. Deze berekeningen zijn op basis van de VCP gemaakt. De grafieken geven per effectcategorie de cumulatieve milieubelasting weer gedurende de levenscyclus van fruit. Er is te zien

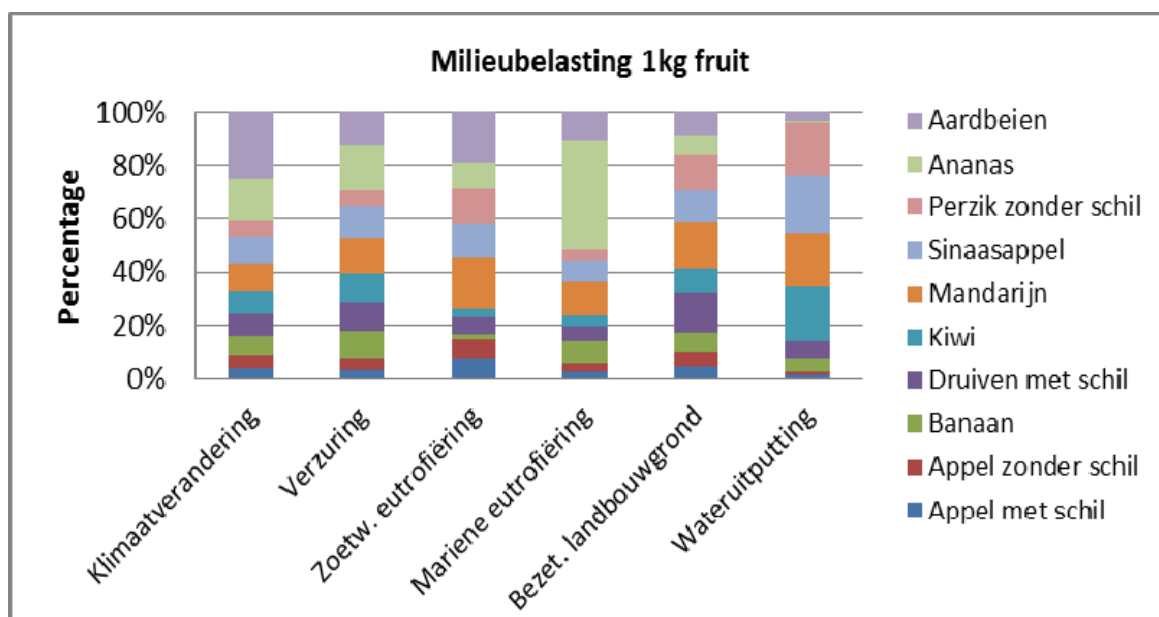
dat de teeltfase de grootste bijdragen levert aan de totale milieubelasting van fruitconsumptie.



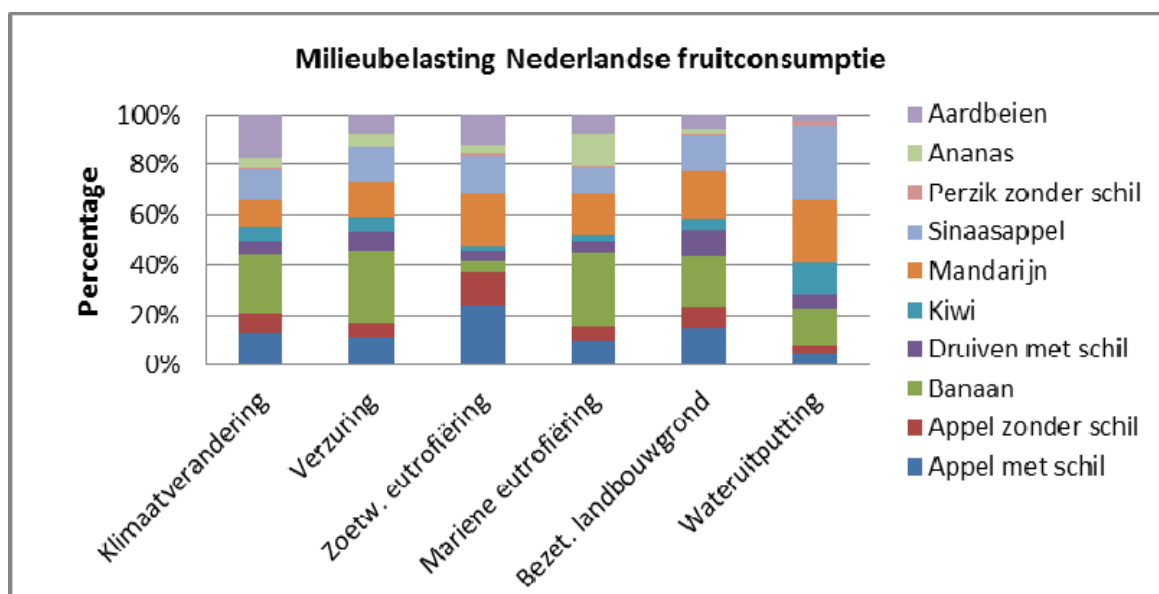
Figuur 16. Cumulatieve milieubelasting Nederlandse fruitconsumptie per effectcategorie.

Milieubelasting Nederlandse fruitconsumptie

In de onderstaande figuren wordt per effectcategorie de relatieve milieubelasting van een fruitsoort ten opzichte van de totale milieubelasting van fruit weergegeven. In Figuur 17 is dit de milieubelasting per 1 kilogram fruit en in Figuur 18 is dit de milieubelasting per totale hoeveelheid geconsumeerd fruit in Nederland. Door de figuren te vergelijken, wordt het duidelijk dat de mate van fruitconsumptie een belangrijke invloed heeft op de relatieve verdeling van milieubelasting in de effectcategorieën. Er zijn een aantal vruchten in Nederland die veel meer worden gegeten ten opzichte van de andere geselecteerde vruchten. Dit zijn voornamelijk appels, bananen, mandarijnen en sinaasappels.



Figuur 17. Aandeel milieubelasting 1 kg fruit per effectcategorie.



Figuur 18. Aandeel milieubelasting geconsumeerd fruit per effectcategorie.

Datakwaliteit

Het resultaat van de datakwaliteitsbeoordeling van de LCI's in de productgroep fruit is in Tabel 9 weergegeven. Elk proces binnen de LCI wordt op de onderstaande criteria gescoord, van 1 (hoogste kwaliteit) tot 5 (laagste kwaliteit). Het uiteindelijke oordeel is het gemiddelde van de scores (Data Quality Rating, DQR) op de criteria:

- Technologische representativiteit (TeR)
- Geografische representativiteit (GR)
- Tijd-gerelateerde representativiteit (TiR)
- Compleetheid (C)
- Parameter onzekerheid (P)
- Methodologische geschiktheid en consistentie (M)

Tabel 9. Datakwaliteitsbeoordeling van de LCI's in de productgroep fruit.

Product	TeR	GR	TiR	C	P	M	DQR
Appel met schil	2	2	3	2	2	2	2,2
Appel zonder schil	2	2	3	2	2	2	2,2
Banaan	2	3	3	2	2	2	2,3
Druiven met schil	2	3	3	2	2	2	2,3
Kiwi	2	3	3	2	2	2	2,3
Mandarijn	2	3	3	2	3	2	2,5
Sinaasappel	2	3	3	2	2	2	2,3
Perzik zonder schil	2	2	3	2	2	2	2,2
Ananas	2	3	3	2	4	2	2,7
Aardbeien	2	2	3	2	2	2	2,2

5.3

Conclusies

- De teeltfase veroorzaakt de grootste milieubelasting in de levenscyclus van fruit.
- De teeltmethode heeft een grote invloed op de uiteindelijke milieubelasting van vruchten. Deze invloed hoeft niet evenredig te zijn over alle effectcategorieën.
- Vruchten die typisch in het zuidelijk halfrond worden geproduceerd, hebben een relatief grotere bijdrage aan de effectcategorie verzuring. De hoofdoorzaak hiervoor is het stoken van brandstof door zeetransport. Voorbeelden zijn bananen, druiven, kiwi's, sinaasappels en ananassen.
- Binnen de productgroep 'fruit' is alleen de teelt van bananen direct meegenomen in de studie naar bodemverschraling. Bananen voor de Nederlandse consumptie worden voornamelijk gekweekt in Ecuador, Columbia en Costa Rica. Voor al deze drie landen blijkt dat bananenteelt bodemverschraling kan veroorzaken.
- De milieubelasting van fruitconsumptie in Nederland wordt voor het merendeel bepaald door de hoge consumptie van enkele vruchten, zoals appels, bananen, mandarijnen en sinaasappels.
- Pesticideproductie en -gebruik zijn niet in het LCA-onderzoek meegenomen. Er zijn voorsnog te weinig onderzoeksgegevens van voldoende kwaliteit beschikbaar over pesticidegebruik buiten Nederland. Pesticides bepalen in belangrijke mate de milieubelasting in de effectcategorie toxiciteit.

6 Milieubelasting Productgroep Groente

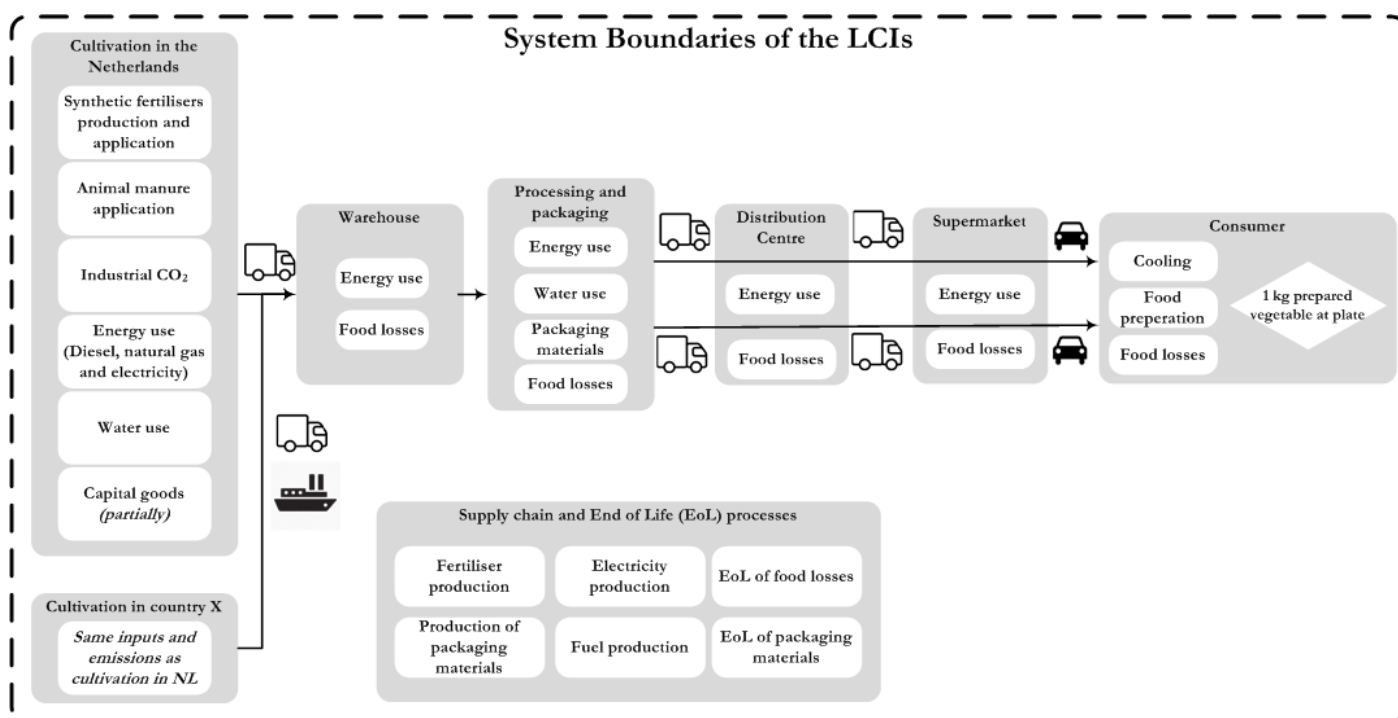
6.1 Introductie

In de productgroep groente zijn de volgende producten geselecteerd. De meeste groenten worden gekookt, tenzij anders is aangegeven:

- Komkommer – rauw
- Sperziebonen in blik
- Bevroren sperziebonen
- Broccoli
- Tomaten – rauw, gekookt
- Courgette
- Bloemkool
- Bevroren doperwten
- Witlof
- Bevroren spinazie
- Boerenkool
- Sla – rauw
- Aardappelen
- Wortels
- Uien

Levenscyclus van groente

In Figuur 19 is de levenscyclus van groente geïllustreerd en zijn de systeemgrenzen van het LCA-onderzoek naar de productgroep groente weergegeven. Tijdens de teeltfase worden de groenten opgekweekt en geoogst. De binnenlandse en buitenlandse oogst wordt vervolgens naar overslag in Nederland getransporteerd. Vanuit de overslag worden de groenten naar de verwerkings- en verpakkingsfase gebracht. Het sorteren, snijden en wassen vindt in deze stap plaats. Afhankelijk van het type groente worden hiernaast ook andere bewerkingen toegepast, zoals schillen, invriezen, verwarmen en blancheren. Na het verpakken worden de groenten naar het distributiecentrum getransporteerd en gekoeld bewaard. De supermarkten ontvangen de groenten van de distributiecentra en worden er geconditioneerd bewaard en geëtaleerd voor verkoop. In de consumentenfase worden de gekochte groenten al dan niet gekoeld bewaard om vervolgens klaargemaakt te worden voor consumptie (Kuling en Scholten, 2015).



Figuur 19. De levenscyclus van groente met de systeemgrenzen als aangehouden in dit onderzoek (in Engels; Kuling en Scholten, 2015).

Voedselverliezen

Tijdens de levenscyclus gaat er groente verloren. Deze voedselverliezen zijn in de LCA-studie meegenomen (Kuling en Scholten, 2015).

Hieronder zijn deze weergegeven:

- Verlies van groente in de teeltfase is aangenomen te zijn verwerkt in de uiteindelijke oogstcijfers;
- 1% verlies voor transport van binnenlandse oogst naar overslag en 2% voor transport van geïmporteerde oogst;
- 1% verlies tijdens overslag, verwerking en verpakking. Een percentage van 5% is aangenomen voor bonen verpakt in glas en blik. Een percentage van 10% is aangenomen voor geschraapte wortels, gepelde aardappelen en in een zak verpakte salade;
- 1% verlies voor transport naar en de activiteiten bij het distributiecentrum;
- 5% verlies bij de supermarkt;
- In de consumptiefase zijn de niet-eetbare verliezen wel, en de eetbare verliezen niet meegenomen.

6.2 Resultaten

De resultaten voor de productgroep groente worden in drie delen gepresenteerd: toetsing aan de impactcategorie bodemdegradatie, uitkomsten van het LCA-onderzoek naar één kilogram van de verschillende groentesoorten en tot slot de milieubelasting van de daadwerkelijke groenteconsumptie in Nederland.

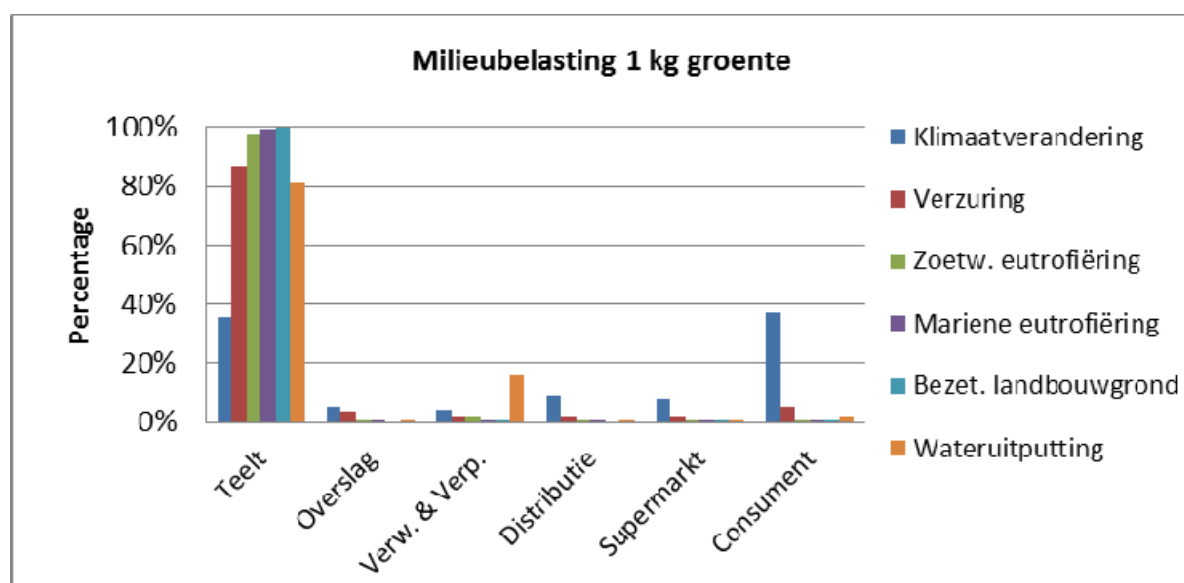
Toetsing bodemdegradatie

In de studie van Hollander et al. (2015) zijn geen groentegewassen geanalyseerd op hun invloed op bodemverschraling. De in Nederland geconsumeerde groenten zijn voornamelijk afkomstig uit Nederland zelf

of uit andere delen van Europa (voornamelijk België, Frankrijk en Spanje). De enige uitzondering hierop is de productgroep sperziebonen, die voor de Nederlandse consumptie voor 16% uit Marokko en voor 7% uit Kenia komt. Deze landen krijgen bij de teelt van de wel onderzochte gewassen vaak wel een 'rode vlag'-indicatie voor wat betreft bodemvershraling (Kenia bij alle acht onderzochte gewassen, Marokko bij vijf van de acht), waardoor het aannemelijk is dat bodemvershraling bij de teelt van sperziebonen in deze landen ook optreedt.

LCA-resultaten 1 kg groente

In de onderstaande figuren worden de onderzoeksresultaten van de productgroep groente gepresenteerd. In Figuur 20 is de milieubelasting van de productgroep groente weergegeven. Per effectcategorie is de gemiddelde milieubelasting van 1 kg groente (gemiddelde van de geselecteerde groenten) percentueel verdeeld over de verschillende levenscyclusfasen. In Figuur 21 tot en met Figuur 26 is voor alle effectcategorieën een uitsplitsing gemaakt naar groentesoort. Voor elke groente wordt per levenscyclusfase de bijdrage aan de betreffende effectcategorie weergegeven.



Figuur 20. Gemiddelde milieubelasting van 1 kg groente, verdeeld over de levenscyclusfasen.

Teeltfase

Uit Figuur 20 blijkt duidelijk dat voor alle effectcategorieën de teeltfase de meeste milieubelasting veroorzaakt in de levenscyclus van groente. In deze fase zijn de meeste natuurlijke en technische hulpbronnen nodig voor de bereiding van de grond, de kweek van de groenten en de uiteindelijke oogst. Het grote aandeel in de totale milieubelasting is hiervan het gevolg. In de categorie klimaatverandering zijn de groenten die in de aardgas verwarmde glastuinbouw worden gekweekt, relatief het meest belastend. Dit zijn courgettes, komkommers en tomaten (zie Figuur 21). Hiernaast zijn er een aantal groenten welke een relatief grote belasting hebben in verschillende effectcategorieën, zoals sperziebonen, broccoli, bloemkool en doperwtten. Afgezien van de categorie bezetting landbouwgrond, is de hoofdoorzaak voor deze

uitschieters het gebruik van diesel door landbouwmachines en het gebruik van bepaalde typen en hoeveelheden kunstmest (Figuur 21 tot en met Figuur 24 en Figuur 26).

Overslagfase

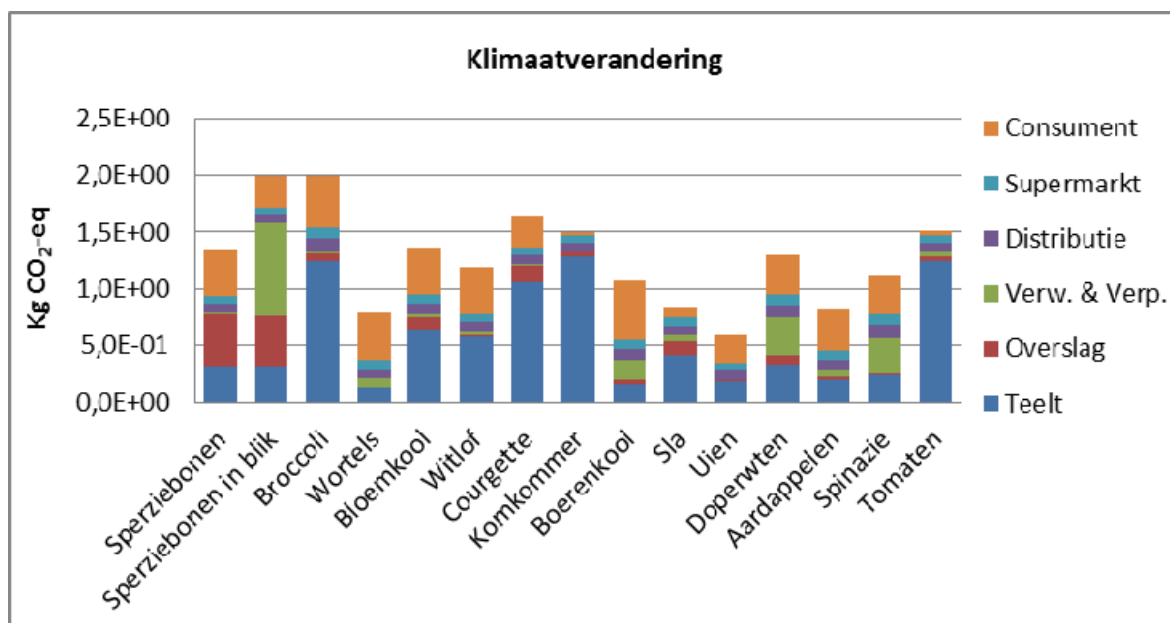
In Figuur 21 is te zien dat de in de overslagfase geleverde sperziebonen een opvallend grote bijdrage leveren aan de categorie klimaatverandering. Een klein deel van de sperziebonen wordt met het vliegtuig vanuit Kenia naar Nederland getransporteerd. In termen van CO₂-equivalenten per km is deze vorm van transport een van de meest belastende. Het brandstofgebruik voor het transport van sperziebonen vanuit het buitenland is ook de oorzaak van het relatief grotere effect in de categorie verzuring (zie Figuur 22).

Verwerkings- en verpakkingsfase

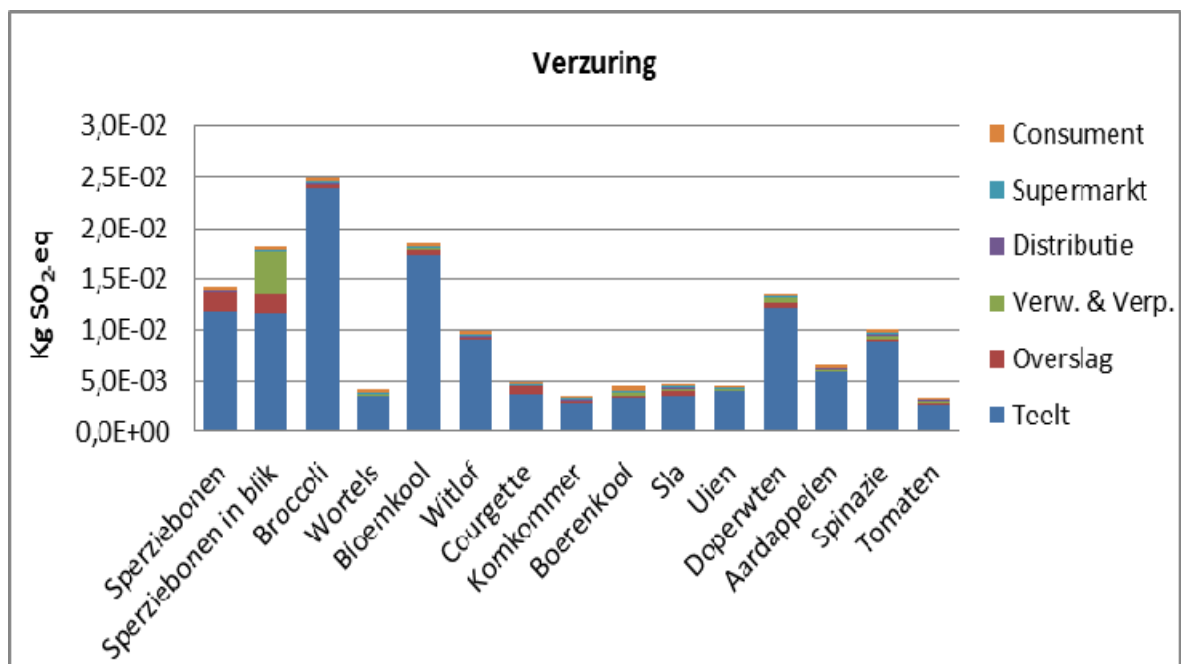
In Figuur 21 en Figuur 22 is te zien dat de verwerkings- en verpakkingsfase een opvallende bijdrage heeft in de categorie klimaatverandering en verzuring. Dit is het gevolg van het gebruik van energie in de verwerking van groenten. Hiervan zijn het verhitten en invriezen het meest belastend. Sperziebonen, doperwten, boerenkool en spinazie zijn hier voorbeelden van. Sperziebonen in blik hebben een relatief hogere belasting door de productie van chroomstaal dat nodig is voor het inblikken. Het wassen en spoelen van de groenten leidt tot de belasting in de categorie wateruitputting (zie Figuur 26).

Consumentenfase

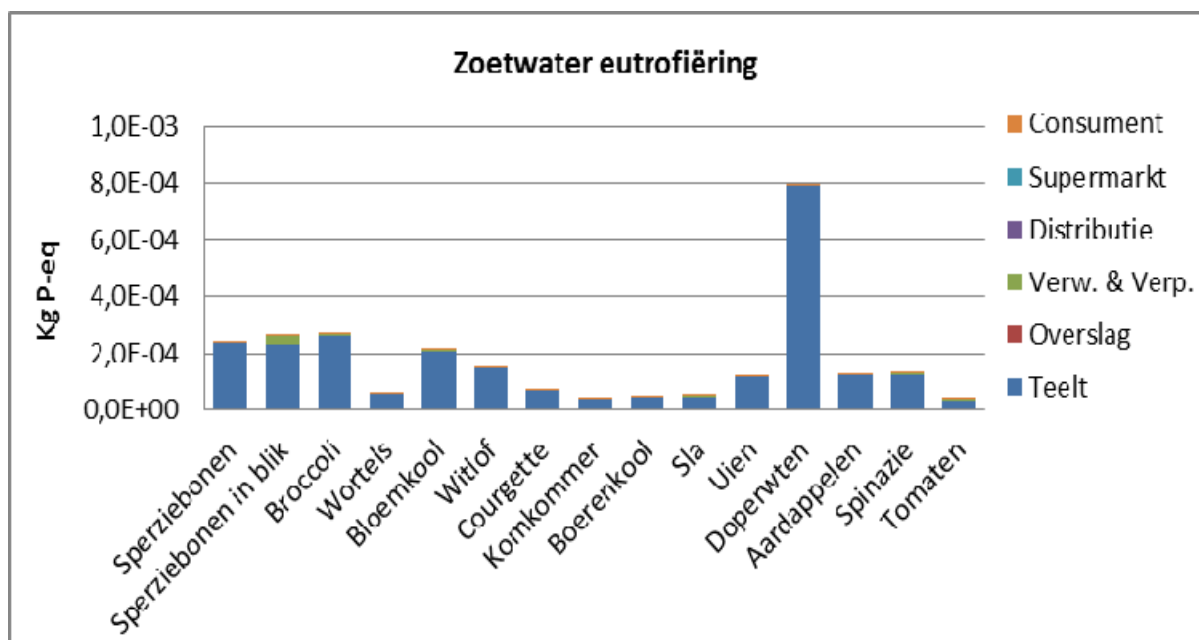
In Figuur 21 is duidelijk te zien dat de consumentenfase significant bijdraagt aan de milieubelasting in de categorie klimaatverandering. Dit wordt veroorzaakt door het energiegebruik tijdens het koken van de groenten.



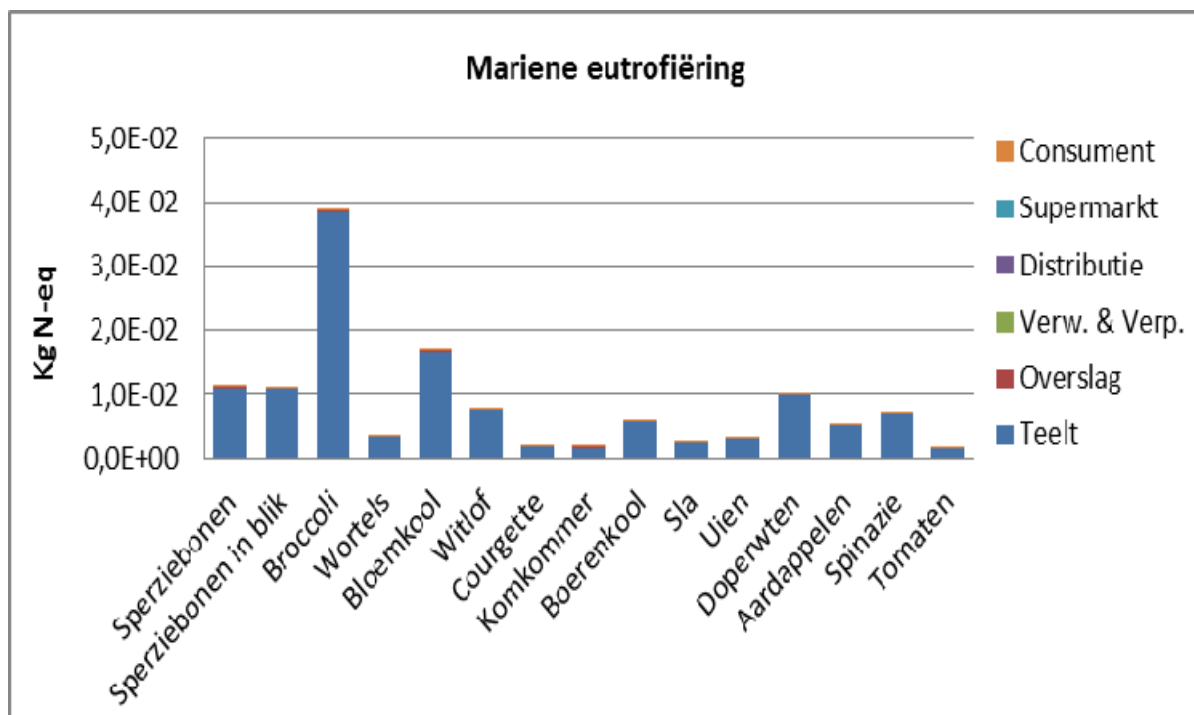
Figuur 21. Bijdrage 1 kg groente aan 'klimaatverandering'. Er is onderscheid gemaakt tussen de verschillende levenscyclusfasen.



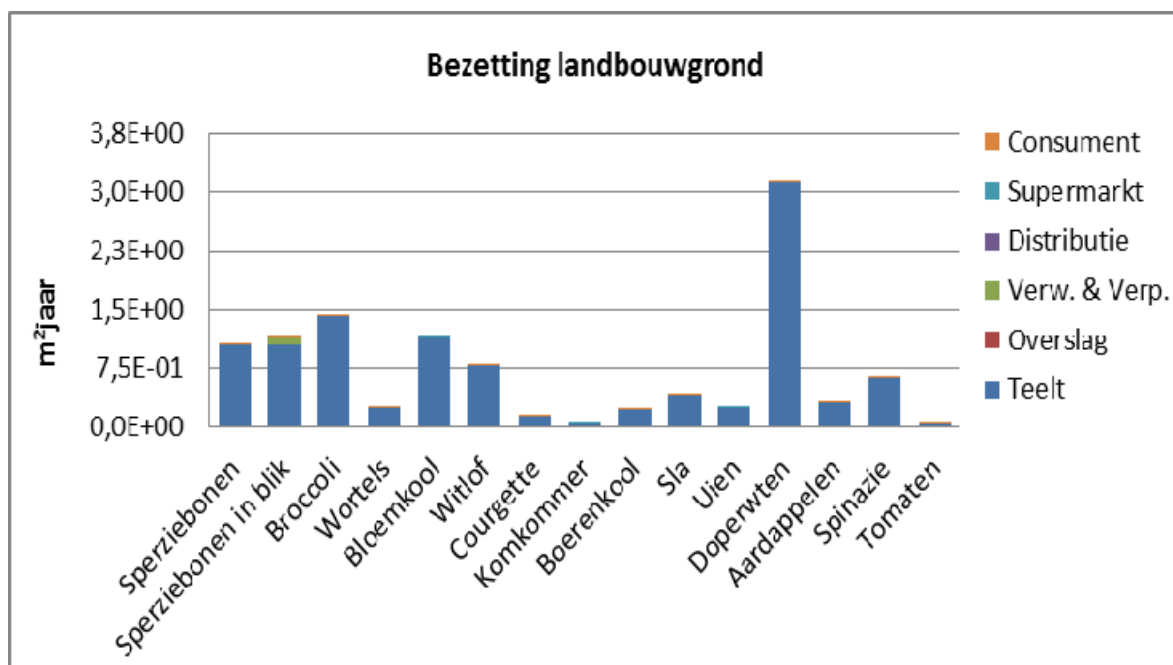
Figuur 22. Bijdrage 1 kg groente aan 'verzuring'. Er is onderscheid gemaakt tussen de verschillende levenscyclusfasen.



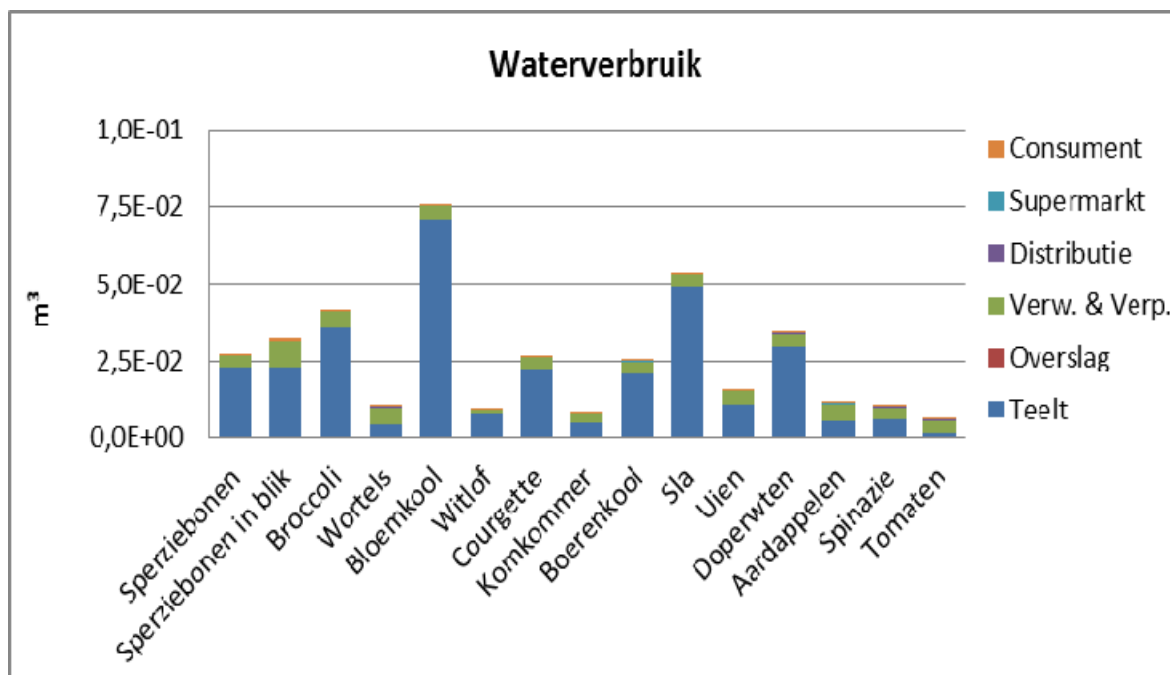
Figuur 23. Bijdragen 1 kg groente aan 'zoetwater eutrofiëring'. Er is onderscheid gemaakt tussen de verschillende levenscyclusfasen.



Figuur 24. Bijdrage 1 kg groente aan 'mariene eutrofiëring'. Er is onderscheid gemaakt tussen de verschillende levenscyclusfasen.



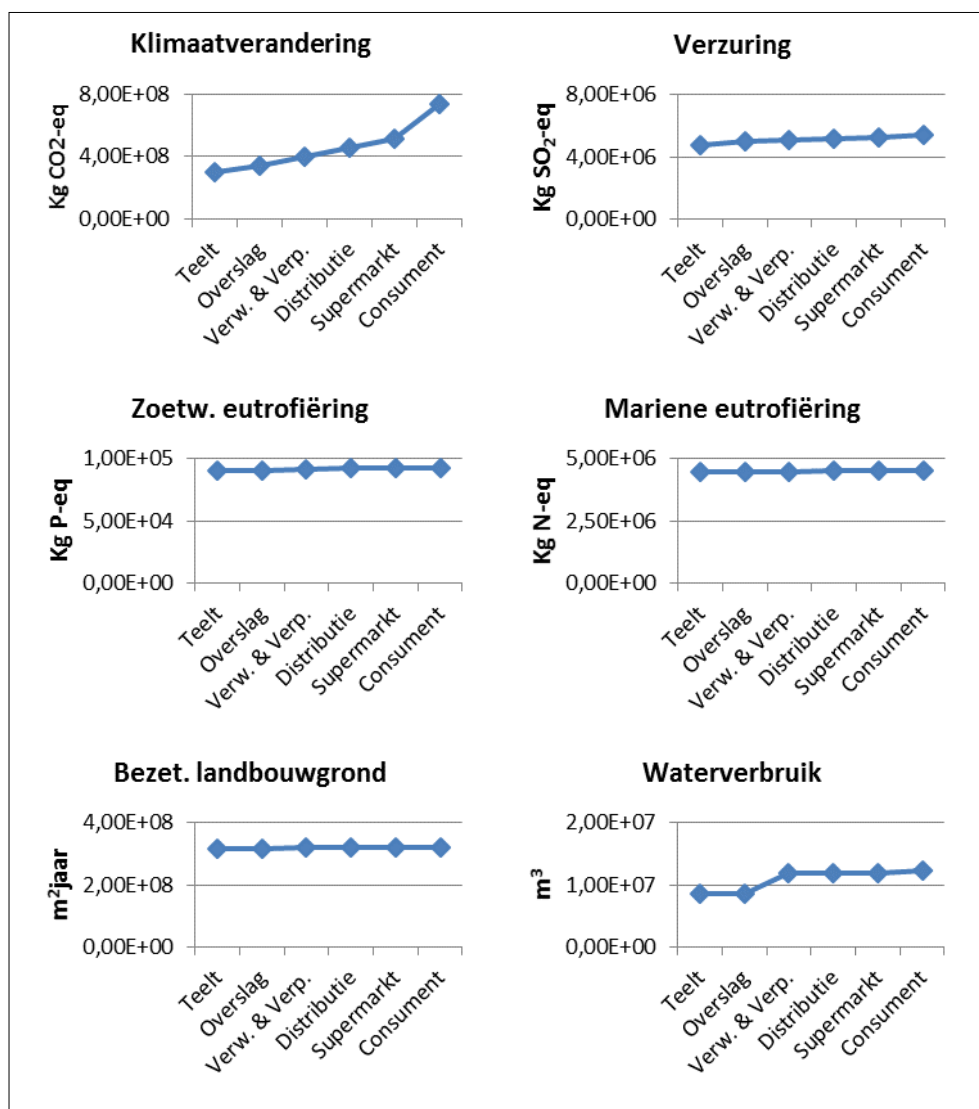
Figuur 25. Bijdrage 1 kg groente aan 'bezetting landbouwgrond'. Er is onderscheid gemaakt tussen de verschillende levenscyclusfasen.



Figuur 26. Bijdrage 1 kg groente aan 'waterverbruik'. Er is onderscheid gemaakt tussen de verschillende levenscyclusfasen.

Milieubelasting groenteconsumptie in Nederland

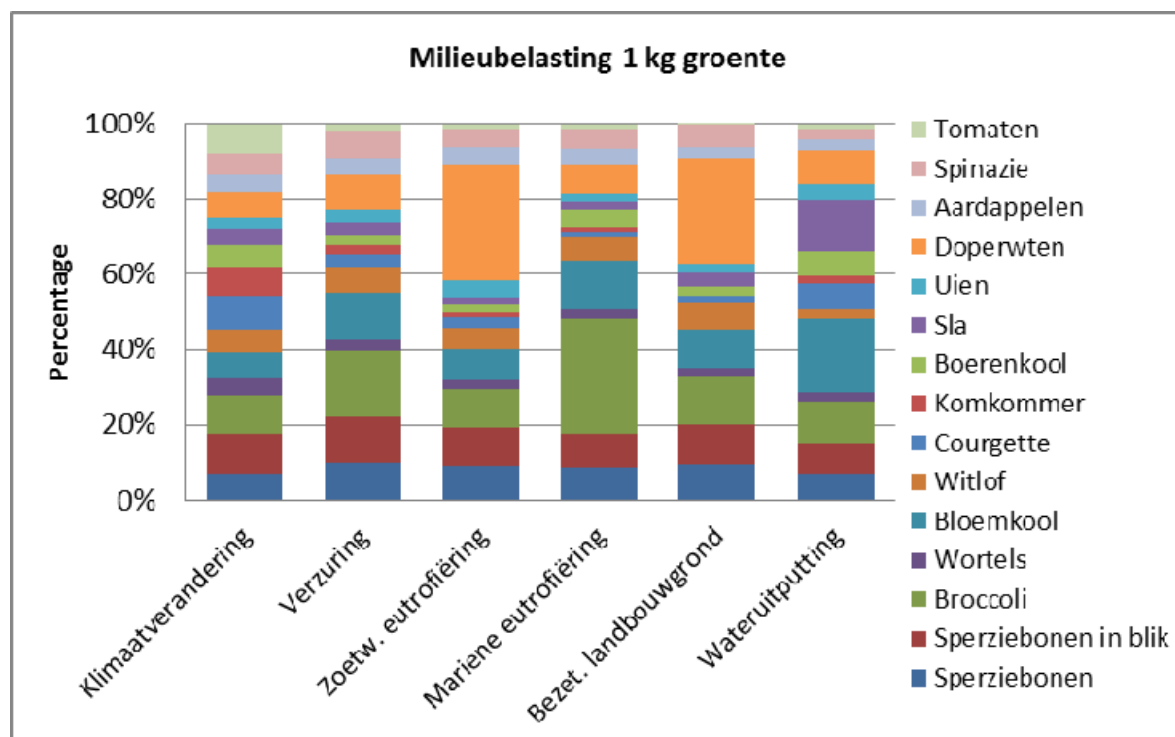
In de onderstaande grafieken van figuur 27 is de totale milieubelasting van groenteconsumptie in Nederland gepresenteerd. Hiertoe is de milieubelasting per kg groente vermenigvuldigd met de daadwerkelijke consumptie in Nederland. Deze berekeningen zijn op basis van de VCP gemaakt. De grafieken geven per effectcategorie de cumulatieve milieubelasting weer gedurende de levenscyclus van groente. Er is duidelijk te zien dat de teeltfase de grootste bijdragen levert aan de totale milieubelasting van groenteconsumptie.



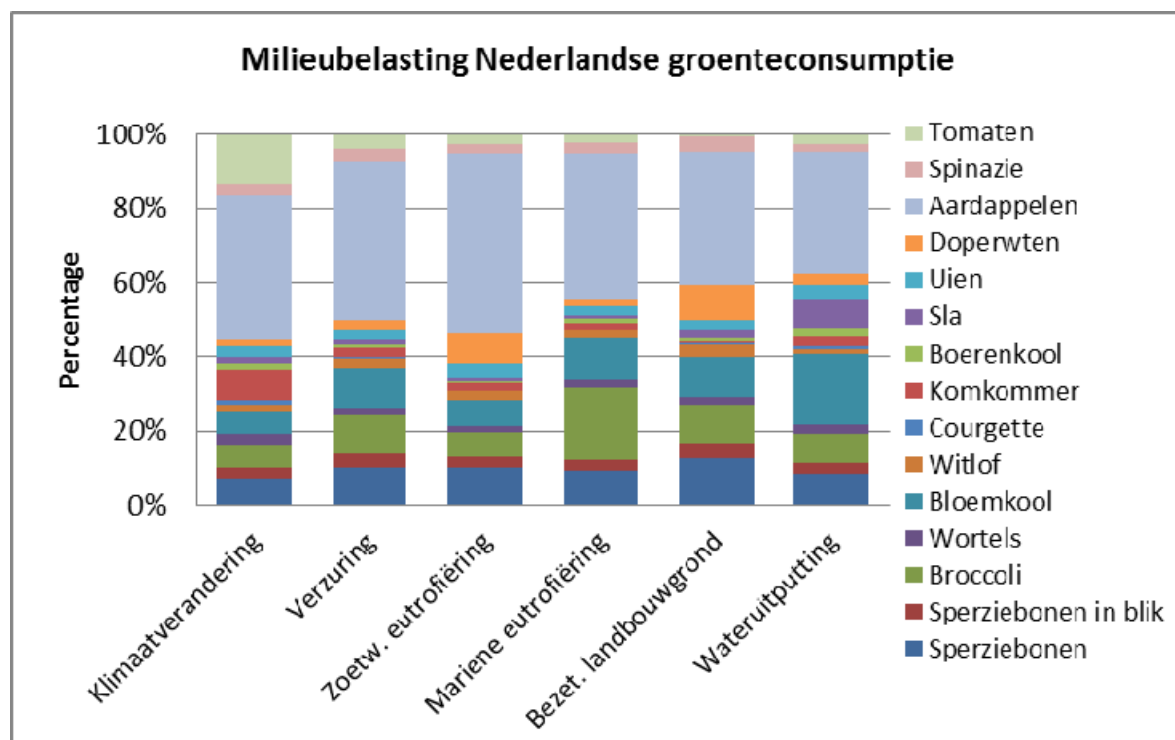
Figuur 27. Cumulatieve milieubelasting Nederlandse groenteconsumptie per effectcategorie.

Milieubelasting Nederlandse groenteconsumptie

In de onderstaande figuren wordt per effectcategorie de relatieve milieubelasting van een groentesoort ten opzichte van de totale milieubelasting van groente weergegeven. In Figuur 28 is dit de milieubelasting per 1 kilogram groente en in Figuur 29 is dit de milieubelasting per totale hoeveelheid geconsumeerde groente in Nederland. Uit de figuren wordt duidelijk dat de mate van groenteconsumptie een belangrijke invloed heeft op de relatieve verdeling van milieubelasting in de effectcategorieën. Er zijn een aantal groenten in Nederland die veel meer worden gegeten ten opzichte van de andere geselecteerde groenten. Dit zijn voornamelijk aardappelen, wortels en broccoli.



Figuur 28. Aandeel milieubelasting 1 kg groente per effectcategorie.



Figuur 29. Aandeel milieubelasting geconsumeerde groente per effectcategorie.

Datakwaliteit

Het resultaat van de datakwaliteitsbeoordeling van de LCI's in de productgroep groente is in Tabel 10 weergegeven. Elk proces binnen de LCI wordt op de onderstaande criteria gescoord, van 1 (hoogste

kwaliteit) tot 5 (laagste kwaliteit). Het uiteindelijke oordeel is het gemiddelde van de scores (Data Quality Rating, DQR) op de criteria:

- Technologische representativiteit (TeR)
- Geografische representativiteit (GR)
- Tijd-gerelateerde representativiteit (TiR)
- Compleetheid (C)
- Parameter onzekerheid (P)
- Methodologische geschiktheid en consistentie (M)

Tabel 10. Datakwaliteitsbeoordeling van de LCI's in de productgroep groente.

Product	TeR	GR	TiR	C	P	M	DQR
Boerenkool	2	3	2	2	3	3	2,5
Broccoli	2	3	2	2	3	3	2,5
Wortel	2	3	2	2	3	3	2,5
Bloemkool	2	3	2	2	3	3	2,5
Komkommer met schil	3	3	2	3	4	3	3,0
Komkommer zonder schil	3	3	2	3	4	3	3,0
Sperziebonen in blik	2	3	2	2	3	3	2,5
Sperziebonen uit diepvries	2	3	2	2	3	3	2,5
Sperziebonen	2	3	2	2	3	3	2,5
Kropsla	2	3	2	2	3	3	2,5
Sla gemiddeld	2	4	2	2	3	3	2,7
Uien	2	3	2	2	3	3	2,5
Doperwten uit diepvries	2	3	2	2	3	3	2,5
Aardappelen zonder schil	2	3	2	2	3	3	2,5
Spinazie uit diepvries	2	3	2	2	3	3	2,5
Tomaat gekookt	3	3	2	3	4	3	3,0
Tomaat rauw	3	3	2	3	4	3	3,0
Courgette	3	3	2	3	4	3	3,0
Witlof	2	3	2	2	3	3	2,5

6.3

Conclusies

- De teeltfase veroorzaakt de grootste milieubelasting in de levenscyclus van groente.
- De groenten die zijn gekweekt in de verwarmde glastuinbouw hebben door het gebruik van aardgas een relatief hogere milieubelasting in de categorie klimaatverandering. Dit zijn courgettes, komkommers, tomaten en sla.
- De milieubelasting van groenten die op volle grond zijn gekweekt, wordt voor het overgrote deel bepaald door de mate van het gebruik van kunstmest en diesel voor de landbouwmachines.
- Groenten die worden geteeld met behulp van kalkmeststoffen, hebben een significant hogere bijdrage in de effectcategorie wateruitputting. De oorzaak hiervan is het watergebruik tijdens het mijnen en het verwerken van de delfstoffen. Dit is duidelijk te zien bij bloemkool en sla.
- De in Nederland geconsumeerde groenten zijn voornamelijk afkomstig uit Nederland zelf of uit andere delen van Europa (voornamelijk België, Frankrijk en Spanje), waar bodemverschraling over het algemeen geen groot probleem is.
- De productgroep sperziebonen komt voor de Nederlandse consumptie voor 16% uit Marokko en voor 7% uit Kenia. Hoewel

bonen niet expliciet geanalyseerd zijn op hun effect op bodemverschraling, krijgen deze landen bij de teelt van de wel onderzochte gewassen vaak wel een 'rode vlag'-indicatie voor wat betreft bodemverschraling.

- Het importeren van groenten via vliegtuigen is een van de meest intensieve vormen van transport. Het brandstofgebruik veroorzaakt een relatief groot effect in de effectcategorie klimaatverandering en verzuring. Dit geldt voor sperziebonen.
- In de verwerkings- en verpakkingsfase is het effect in de categorie klimaatverandering significant door het energieverbruik van de groenteverwerking. De meest belastende stappen zijn het verhitten en invriezen van groenten. Daarnaast heeft het inblikken van groenten door het benodigde chroomstaal ook een significant effect.
- Het koken van groenten in de consumentenfase heeft een significante bijdrage aan de effectcategorie klimaatverandering.
- De milieubelasting van groenteconsumptie in Nederland wordt voor een groot deel bepaald door de hoge consumptie van enkele groenten, zoals aardappelen, wortels en broccoli.
- Pesticideproductie en -gebruik zijn niet in het LCA-onderzoek meegenomen. Er zijn voornamelijk te weinig onderzoeksgegevens van voldoende kwaliteit beschikbaar over pesticidegebruik binnen en buiten Nederland. Pesticides bepalen in belangrijke mate de milieubelasting in de effectcategorie toxiciteit.

■

7 Milieubelasting Productgroep Zuivel

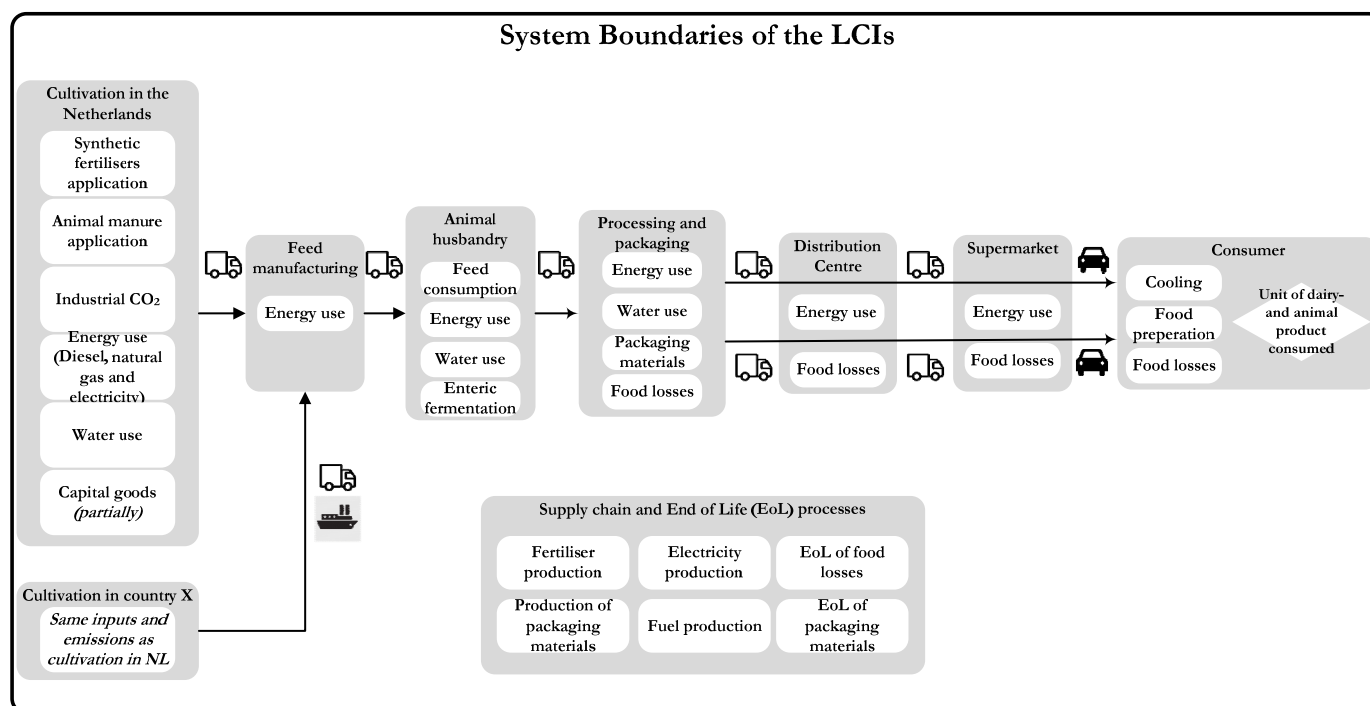
7.1 Introductie

In de productgroep zuivel zijn de volgende zuivelproducten geselecteerd:

- Boter
- Kaas
- Geitenkaas
- Volle kwark
- Vanille roomijs
- Optimel
- Yoghurt
- Vanille vla
- Karnemelk
- Melk

Levenscyclus van zuivel

In Figuur 30 is de levenscyclus van zuivel geïllustreerd en zijn de systeemgrenzen van het LCA-onderzoek naar de productgroep zuivel weergegeven. In de melkveehouderijfase wordt het vee gefokt en gehouden voor de productie van melk. Een deel van het voer wordt geïmporteerd, terwijl het ruwvoer op de melkveehouderij wordt geproduceerd. De melk wordt vervolgens getransporteerd naar de verwerker waar de zuivelproducten worden gemaakt. De zuivelproducten worden bij de verwerker verpakt en getransporteerd naar de distributiecentra. De supermarkten ontvangen het zuivel van de distributiecentra, waar het geconditioneerd wordt bewaard, geëtaled voor verkoop en verkocht. In de consumentenfase wordt het gekochte zuivel al dan niet gekoeld bewaard om vervolgens te worden geconsumeerd (Broekema et al., 2015).



Figuur 30. De levenscyclus van zuivel met de systeemgrenzen als aangehouden in dit onderzoek (in Engels; Broekema et al., 2015).

Voedselverliezen

Tijdens de levenscyclus gaat er voedsel verloren. Deze voedselverliezen zijn in de LCA-studie meegenomen (Broekema et al., 2015). Hieronder zijn deze weergegeven:

- Verlies tijdens het (vee)telen is aangenomen te zijn verwerkt in de uiteindelijke oogstcijfers;
- Verlies tijdens de verwerking zijn variabel door verschillen in gebruikte recepten;
- 0,7% verlies tijdens het snijden van kaas;
- 1% verlies voor transport naar en de activiteiten bij het distributiecentrum;
- 5% verlies bij de supermarkt;
- 5% eetbare verliezen in de consumptiefase.

7.2 Resultaten

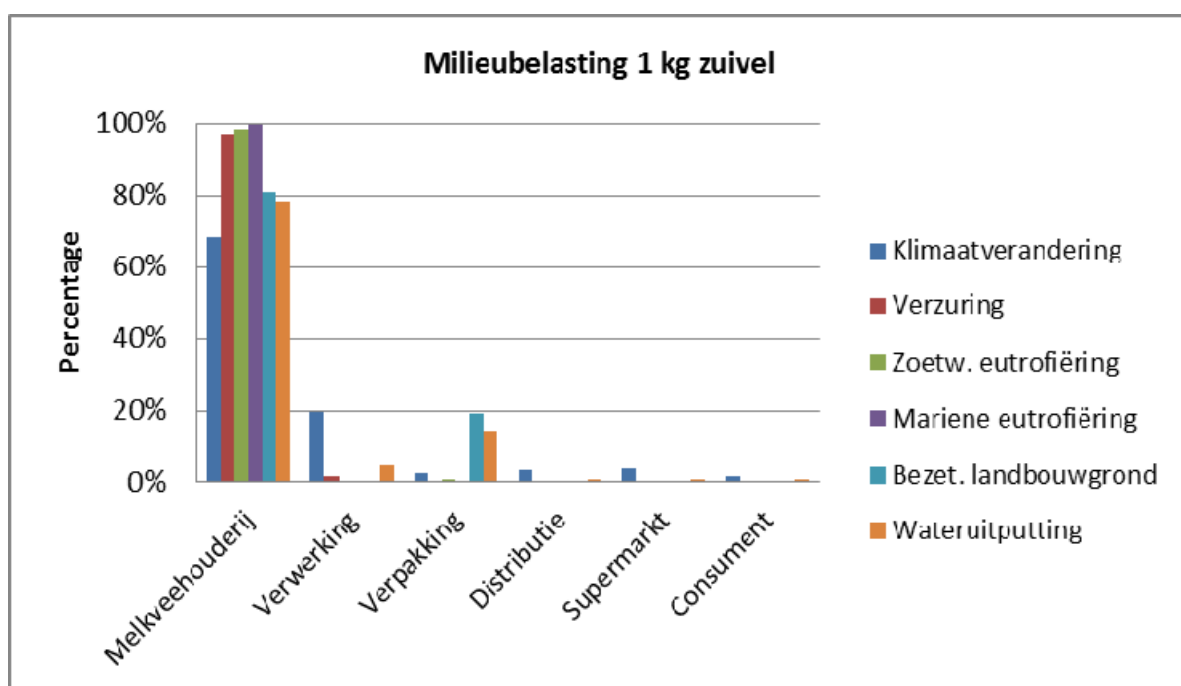
De resultaten voor de productgroep zuivel worden in drie delen gepresenteerd: toetsing aan de impactcategorie bodemdegradatie, uitkomsten van het LCA-onderzoek naar één kilogram van de verschillende zuivelsoorten en ten slotte de milieubelasting van de daadwerkelijke zuivelconsumptie in Nederland.

Toetsing bodemdegradatie

Veevoer voor de vlees- en zuivelproductie bedoeld voor Nederlandse consumptie, is afkomstig uit alle delen van de wereld (zie de LCI-rapportage over vlees; Broekema et al., 2015). In veel landen in Afrika, Midden- en Zuid-Amerika, Azië en Oost- en Zuid-Europa leidt de teelt van tarwe, soja, suikerriet en mais, dat direct geteeld wordt als veevoer of waarvan de bijproducten dienen als veevoer, tot bodemverschraling (Hollander et al., 2015).

LCA-resultaten 1 kg zuivel

In de onderstaande figuren worden de onderzoeksresultaten van de productgroep zuivel gepresenteerd. In Figuur 31 is de milieubelasting van de productgroep zuivel weergegeven. Per effectcategorie is de gemiddelde milieubelasting van 1 kg zuivel (gemiddelde van de geselecteerde zuivelproducten) percentueel verdeeld over de verschillende levenscyclusfasen. In de onderstaande figuren Figuur 32 tot en met Figuur 34 is voor de effectcategorieën klimaatverandering, bezetting landbouwgrond en waterverbruik een uitsplitsing gemaakt naar het type zuivel. Voor elk type zuivel is per levenscyclusfase de bijdrage aan de betreffende effectcategorie weergegeven.



Figuur 31. Gemiddelde milieubelasting van 1kg zuivel, verdeeld over de levenscyclusfasen.

Melkveehouderijfase

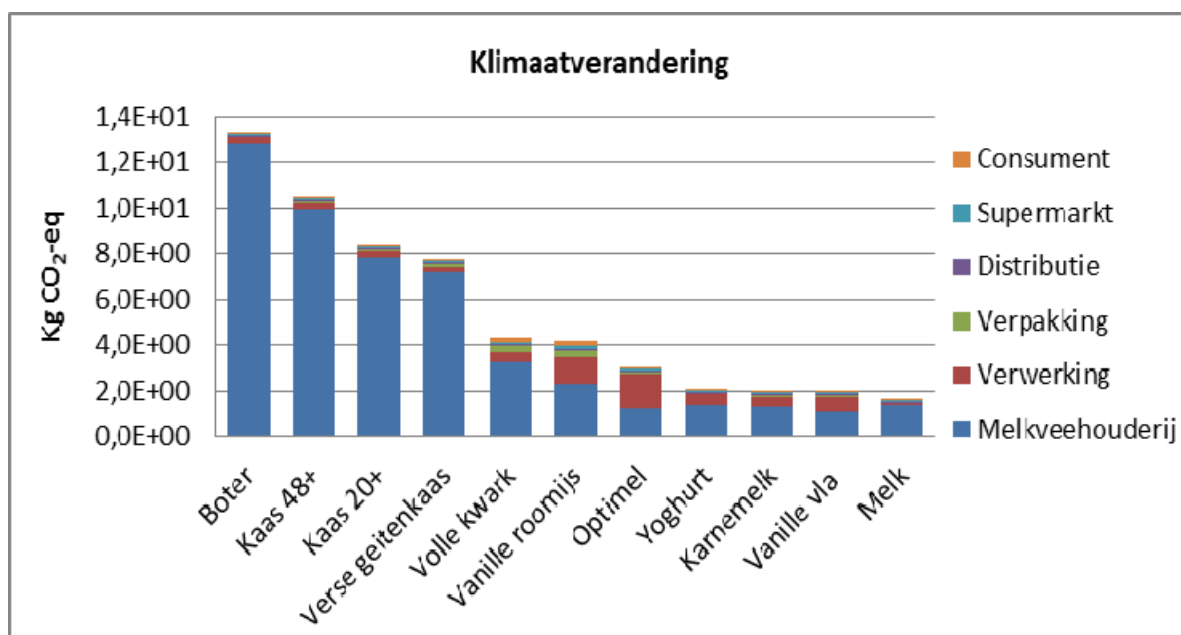
Uit Figuur 31 blijkt duidelijk dat voor alle effectcategorieën de melkveehouderijfase de meeste milieubelasting veroorzaakt in de levenscyclus van zuivel. In deze fase worden de meeste natuurlijke en technische hulpbronnen gebruikt voor het fokken, voeden en houden van het vee. Het grote aandeel in de totale milieubelasting is hiervan het gevolg. Het verschil in milieubelasting tussen de zuivelproducten volgt voornamelijk uit de hoeveelheid melk die nodig is voor de productie ervan. Boter en kaas zijn hier duidelijke voorbeelden van. In de categorie klimaatverandering wordt de milieubelasting voornamelijk veroorzaakt door de teelt van het veevoer, inclusief de verandering in landgebruik, mestmanagement en methaanemissies door pensfermentatie. In de overige effectcategorieën, waaronder bezetting landbouwgrond en waterverbruik, valt geitenkaas op. De hoofdreden hiervoor is het verschil in de samenstelling van het veevoer en de daarmee gepaard gaande milieubelasting. De uitschieter in de categorie waterverbruik komt door de toevoeging van suikerrietmelasse in het veevoer, die een relatief grote waterbehoefte in de teelt heeft.

Verwerkingsfase

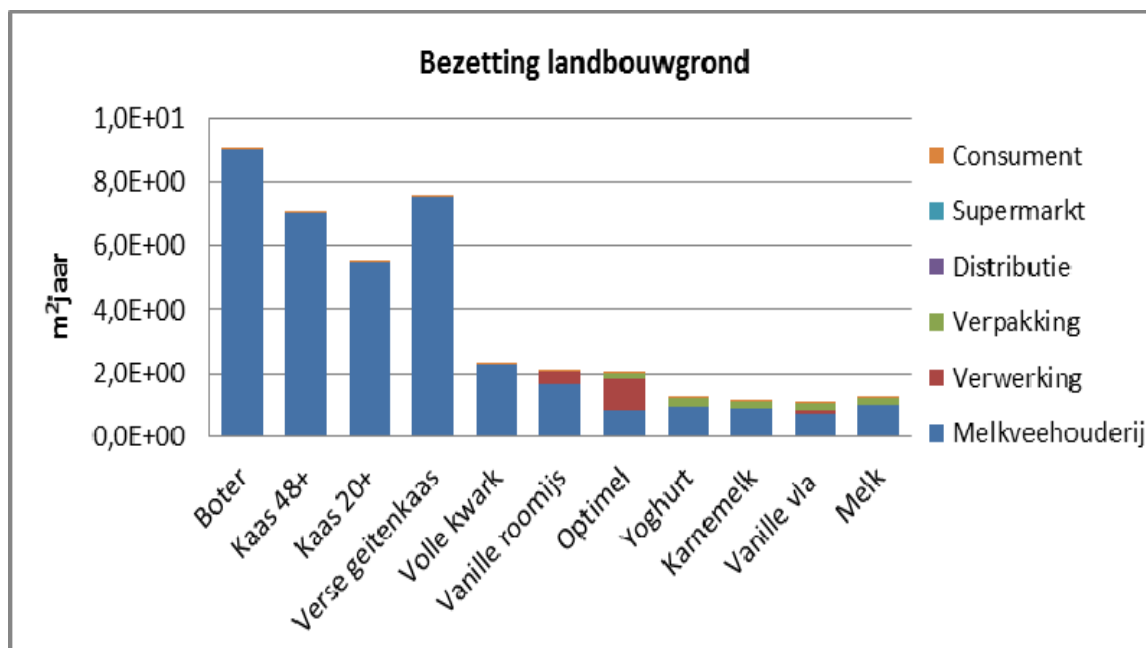
In Figuur 32 is te zien dat de verwerkingsfase van roomijs, vla en yoghurt relevant zijn voor de milieubelasting in de categorie klimaatverandering. Dit wordt veroorzaakt door het brandstofgebruik bij de productie van de benodigde elektriciteit en processtoom. In de categorie bezetting landbouwgrond (Figuur 33) en waterverbruik (Figuur 34) hebben roomijs, yoghurt met fruit en vla een relatief grotere milieubelasting. Dit komt door het gebruik van boter in de productie van ijs, het gebruik van maïszetmeel in de productie van vla en de teelt van vruchten in de productie van vruchtenyoghurt. Opvallend is daarnaast de productie van Optimel. Vanwege het gebruik van zoetstoffen in Optimel is de milieubelasting in alle effectcategorieën groter dan andere yoghurtproducten.

Verpakkingsfase

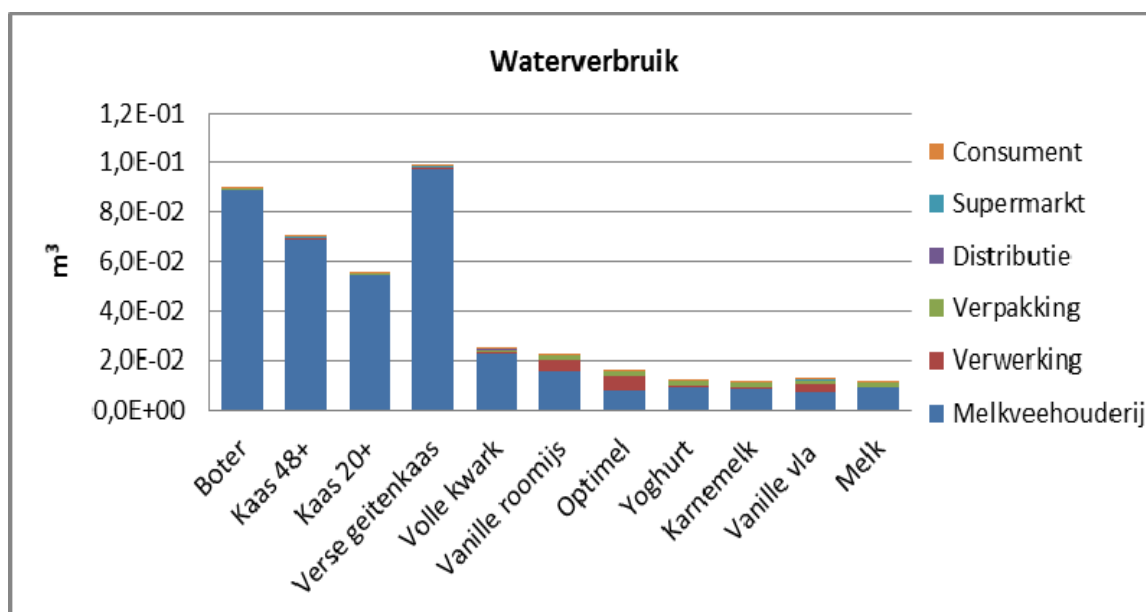
Uit Figuur 33 en Figuur 34 blijkt dat de verpakkingsfasen van yoghurt, vla en melk relevant is in de categorieën bezetting landbouwgrond en waterverbruik. De hoofdreden hiervoor is het gebruik van (gelamineerd) papier en proceswater in de productie van drankkartonnen.



Figuur 32. Bijdrage 1 kg zuivel aan 'klimaatverandering'. Er is onderscheid gemaakt tussen de verschillende levenscyclusfasen.



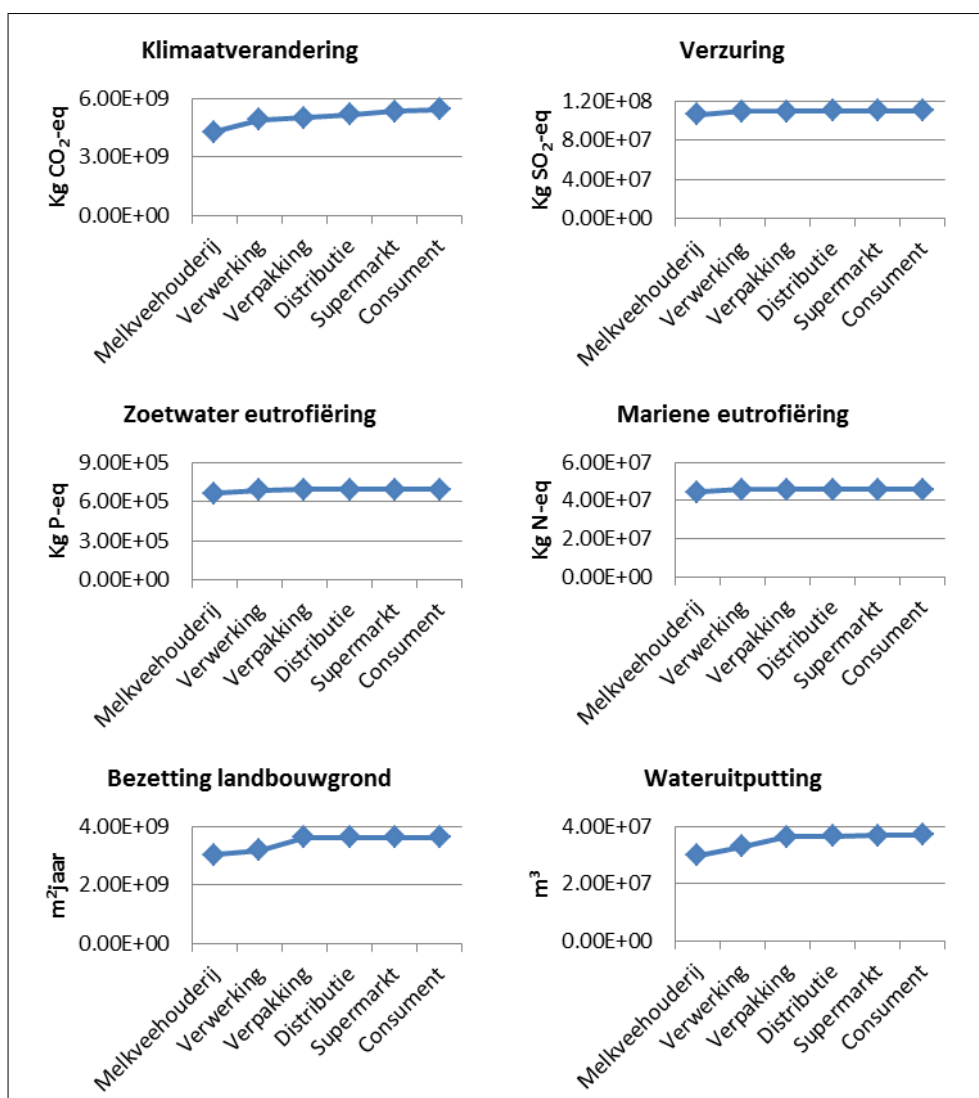
Figuur 33: Bijdrage 1 kg zuivel aan 'bezetting landbouwgrond'. Er is onderscheid gemaakt tussen de verschillende levenscyclusfasen.



Figuur 34. Bijdrage 1 kg zuivel aan 'waterverbruik'. Er is onderscheid gemaakt tussen de verschillende levenscyclusfasen.

Milieubelasting zuivelconsumptie in Nederland

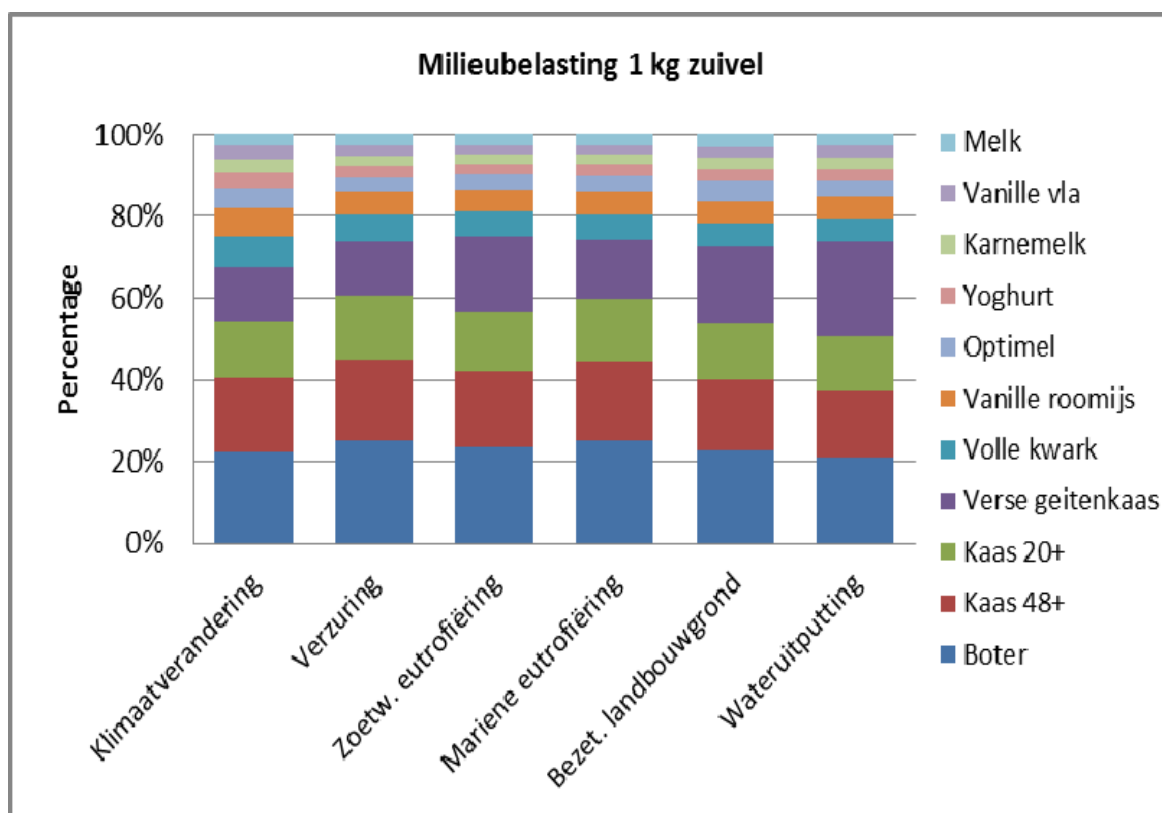
In de onderstaande grafieken van figuur 35 is de totale milieubelasting van zuivelconsumptie in Nederland gepresenteerd. Hiertoe is de milieubelasting per kg zuivel vermenigvuldigd met de daadwerkelijke consumptie in Nederland. Deze berekeningen zijn op basis van de VCP gemaakt. De grafieken geven per effectcategorie de cumulatieve milieubelasting weer gedurende de levenscyclus van zuivel. Er is duidelijk te zien dat de melkveehouderijfase de grootste bijdragen levert aan de totale milieubelasting van zuivelconsumptie in Nederland.



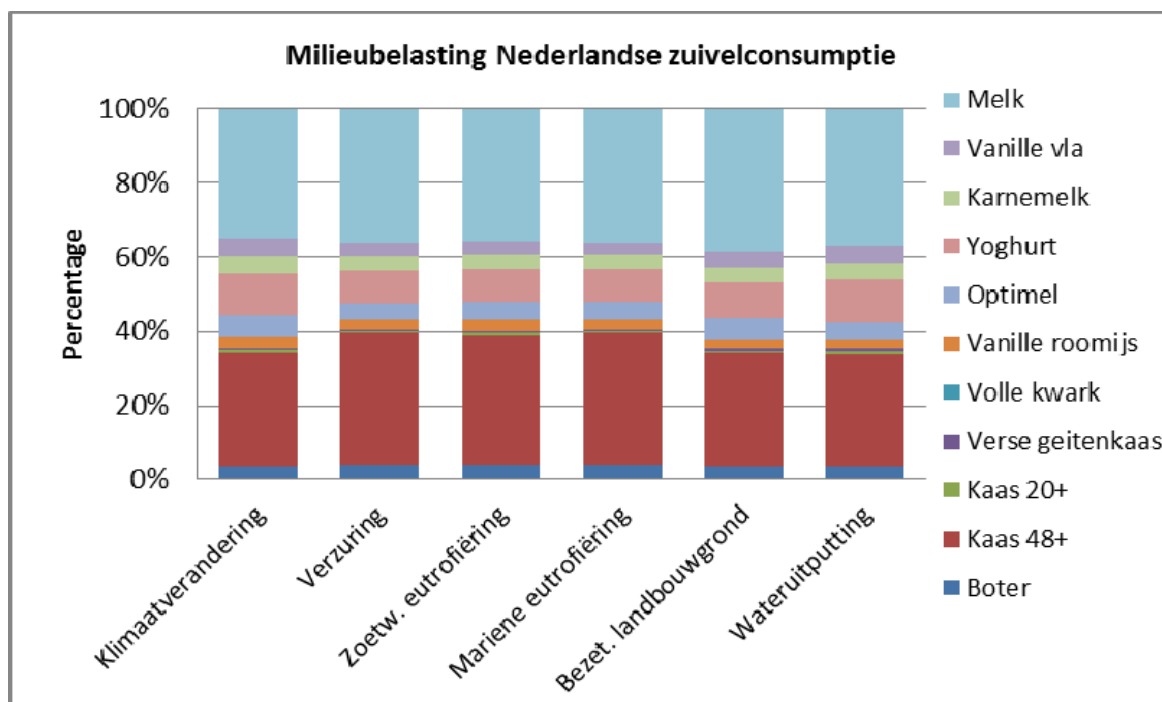
Figuur 35: Cumulatieve milieubelasting Nederlandse zuivelconsumptie per effectcategorie.

Milieubelasting Nederlandse zuivelconsumptie

In de onderstaande figuren wordt per effectcategorie de relatieve milieubelasting van een zuivelproduct ten opzichte van de totale milieubelasting van zuivel weergegeven. In Figuur 35 is dit de milieubelasting per 1 kilogram zuivelproduct en in Figuur 38 is dit de milieubelasting per totale hoeveelheid geconsumeerd zuivel in Nederland. Uit de figuren wordt duidelijk dat de mate van zuivelconsumptie een belangrijke invloed heeft op de relatieve verdeling van milieubelasting in de effectcategorieën. Er zijn een aantal typen zuivelproducten in Nederland die veel meer worden gegeten ten opzichte van de andere geselecteerde zuivelproducten. Dit zijn voornamelijk 48+ kaas en (halfvolle) melk.



Figuur 37. Aandeel milieubelasting 1 kg zuivel per effectcategorie.



Figuur 36. Aandeel milieubelasting geconsumeerde zuivel per effectcategorie.

Datakwaliteit

Het resultaat van de datakwaliteitsbeoordeling van de LCI's in de productgroep zuivel is in Tabel 11 weergegeven. Elk proces binnen de LCI wordt op de onderstaande criteria gescoord, van 1 (hoogste kwaliteit) tot 5 (laagste kwaliteit). Het uiteindelijke oordeel is het gemiddelde van de scores (Data Quality Rating, DQR) op de criteria:

- Technologische representativiteit (TeR)
- Geografische representativiteit (GR)
- Tijd-gerelateerde representativiteit (TiR)
- Compleetheid (C)
- Parameter onzekerheid (P)
- Methodologische geschiktheid en consistentie (M)

Tabel 11. Datakwaliteitsbeoordeling van de LCI's in de productgroep zuivel.

Product	TeR	GR	TiR	C	P	M	DQR
Boter gezouten	3	2	2	3	4	3	2,8
Boter ongezoeten	3	2	2	3	4	3	2,8
Karnemelk	3	2	2	3	4	3	2,8
Kaas 20+	3	2	2	3	3	3	2,7
Kaas Edam 40+	3	2	2	3	3	3	2,7
Verse geitenkaas	3	2	2	3	3	3	2,7
Kaas Gouda 48+ gemiddeld	3	2	2	3	3	3	2,7
Kaas Old Amsterdam 48+	3	2	2	3	3	3	2,7
Volle vanillevla overige smaken	3	3	3	3	3	3	3,0
Volle vanillevla	3	3	3	3	3	3	3,0
Volle kwark	3	3	3	3	3	3	3,0
Vanilleroomijs	3	3	3	3	3	3	3,0
Halfvolle melk	3	2	2	3	2	3	2,5
Magere melk	3	2	2	3	2	3	2,5
Volle melk	3	2	2	3	2	3	2,5
Yoghurt drank Optimel met zoetstof	3	3	3	3	4	3	3,2
Volle yoghurt	3	2	2	3	3	3	2,7
Halfvolle yoghurt	3	2	2	3	3	3	2,7
Magere yoghurt	3	2	2	3	3	3	2,7
Magere yoghurt met fruit	3	2	2	3	3	3	2,7

7.3

Conclusies

- De melkveehouderijfase veroorzaakt de grootste milieubelasting in de levenscyclus van zuivel.
- De milieubelasting van koeienmelkproducten wordt in grote mate bepaald door de hoeveelheid melk die nodig is in de productie ervan. Er is veel meer melk nodig voor de productie van boter en kaas, dan voor die van yoghurt en vla.
- De samenstelling van veevoer heeft een grote invloed op het uiteindelijke milieuprofiel. De milieubelasting van geitenkaas is vergelijkbaar met kaas van de koe, ondanks dat er significant minder geitenmelk voor de productie ervan nodig is.
- Veevoer voor de vlees- en zuivelproductie bedoeld voor Nederlandse consumptie is gedeeltelijk afkomstig Afrika, Midden- en Zuid-Amerika, Azië en Oost- en Zuid-Europa. Daar leidt de teelt van tarwe, soja, suikerriet en mais, dat direct geteeld wordt

als veevoer of waarvan de bijproducten dienen als veevoer, vaak tot bodemverschraling.

- In de teelt van veevoer wordt een belangrijk deel van de broeikasgasemissies veroorzaakt door veranderingen in landgebruik, waaronder ontbossing.
- De verwerking van kwark, roomijs, yoghurt en vla is relatief gezien energie-intensiever dan de verwerking van boter en kaas.
- Het gebruik van zoetstoffen gaat gepaard met een significante milieubelasting. Een kanttekening hierbij is het gebrek aan specifieke data; de milieubelasting van sucralose is gebaseerd op de milieubelasting van suiker maal een prijs verschil factor.
- In de verpakkingsfase hebben drankkartonnen een relatief grotere milieubelasting dan andere verpakkingen. Voorbeelden zijn yoghurt, vla en melk.
- De milieubelasting van zuivelconsumptie in Nederland wordt voor een groot deel bepaald door de hoge consumptie van enkele producten, zoals 48+ kaas en (halfvolle) melk.

8 Milieubelasting Productgroep Vlees

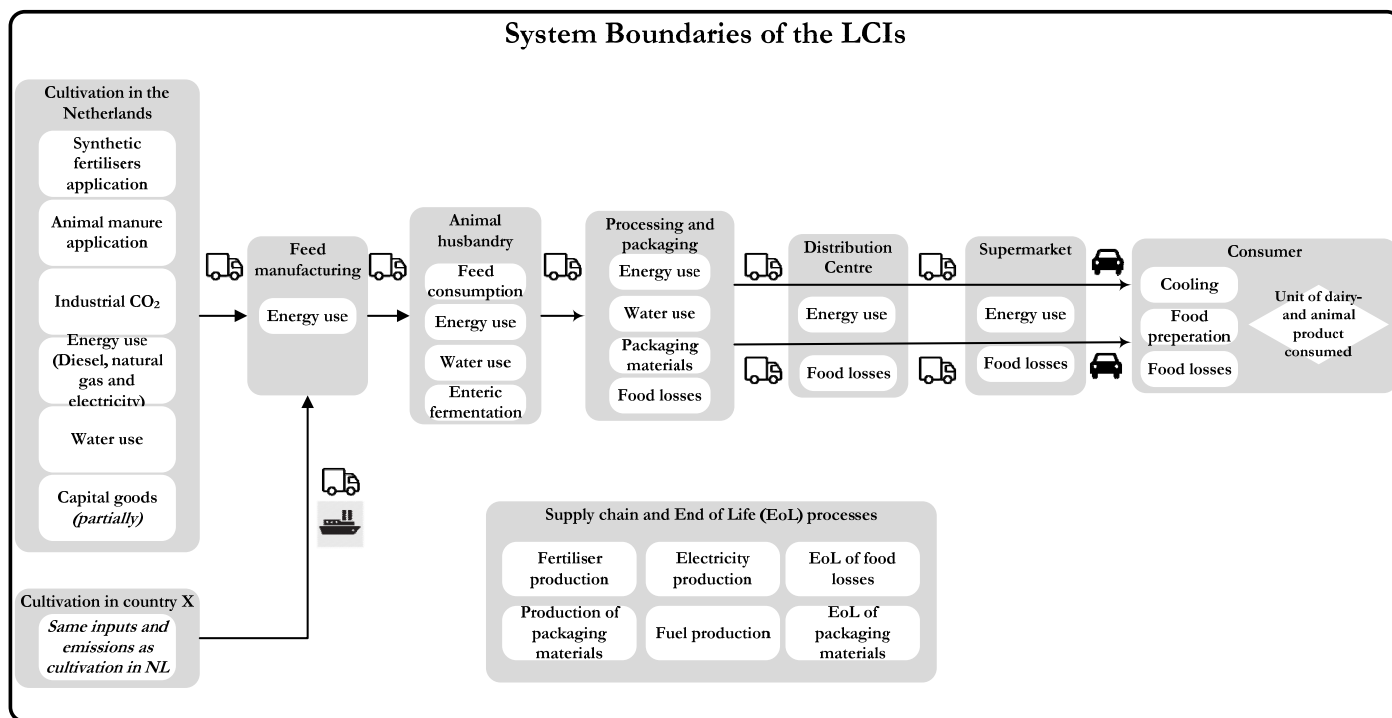
8.1 Introductie

In de productgroep vlees zijn dertig producten onderscheiden. Vanwege het grote aantal producten in deze categorie is ervoor gekozen om alleen de representatieve producten te illustreren in de figuren. Deze producten zijn onderstaand weergegeven:

- Lamsvlees
- Runderbiefstuk
- Gehakt – rund, half-om-half
- Runderrookworst
- Filet americain
- Kippenvlees
- Varkensvlees
- Worstbeleg – varken
- Ham / ontbijtspek
- Kroket
- Gebraden-gehaktbeleg
- Frikandel
- Boterhamworst
- Kippenei
- Smeerleverworst

Levenscyclus van vlees

In Figuur 39 is de levenscyclus van vlees geïllustreerd en zijn de systeemgrenzen van het LCA-onderzoek naar de productgroep vlees weergegeven. In de veeteeltfase wordt het vee gefokt en gehouden voor de slacht. Een deel van het slachtvee is afkomstig uit de melkveehouderij. Een deel van het veevoer wordt geïmporteerd, terwijl het ruwvoer op de melkveehouderij wordt geproduceerd. Het slachtvee wordt vervolgens naar het slachthuis getransporteerd voor de productie van vlees. Het vlees wordt bij de verwerker direct verpakt of eerst gebruikt in de productie van vleesproducten en dan verpakt. Het vlees wordt van de verwerker naar het distributiecentrum getransporteerd, waar het gekoeld of ingevroren wordt. De supermarkten ontvangen het vlees van de distributiecentra, waar het geconditioneerd wordt bewaard, geëtaled voor verkoop en verkocht. In de consumentenfase wordt het gekochte vlees al dan niet gekoeld of ingevroren bewaard om vervolgens bereid te worden voor consumptie (Broekema et al., 2015).



Figuur 37. De levenscyclus van vlees met de systeemgrenzen als aangehouden in dit onderzoek (in Engels; Broekema et al., 2015).

Voedselverliezen

Tijdens de levenscyclus gaat er voedsel verloren. Deze voedselverliezen zijn in de LCA-studie meegenomen (Broekema et al., 2015). Hieronder zijn deze weergegeven:

- Verlies tijdens het (vee)telen is aangenomen te zijn verwerkt in de uiteindelijke oogstcijfers;
- Verlies tijdens de verwerking zijn variabel door verschillen in gebruikte recepten;
- 1% verlies voor transport naar en de activiteiten bij het distributiecentrum;
- 5% verlies bij de supermarkt;
- Eetbaar verlies van 2% voor eieren en 6% voor vlees in de consumptiefase.

8.2 Resultaten

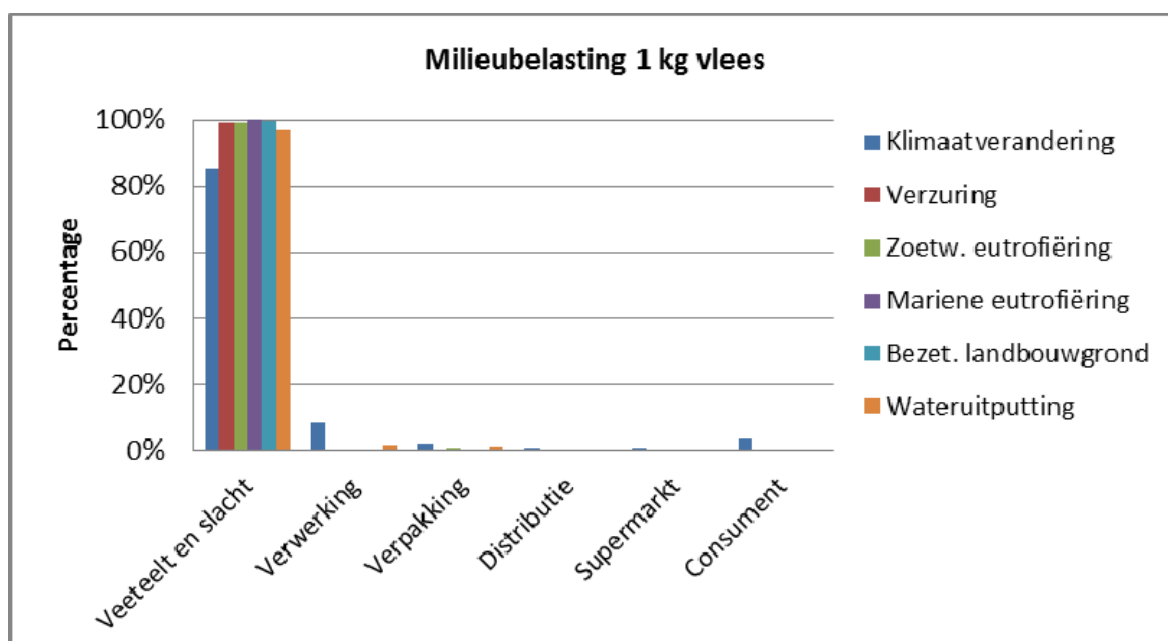
De resultaten voor de productgroep vlees worden in drie delen gepresenteerd: toetsing aan de impactcategorie bodemdegradatie, uitkomsten van het LCA-onderzoek naar één kilogram vlees en tot slot de milieubelasting van de daadwerkelijke vleesconsumptie in Nederland.

Toetsing bodemdegradatie

Veevoer voor de vlees- en zuivelproductie bedoeld voor Nederlandse consumptie is afkomstig uit alle delen van de wereld (zie de LCI-rapportage over vlees; Broekema et al., 2015). In veel landen in Afrika, Midden- en Zuid-Amerika, Azië en Oost- en Zuid-Europa leidt de teelt van tarwe, soja, suikerriet en mais, dat direct geteeld wordt als veevoer of waarvan de bijproducten dienen als veevoer, tot bodemverschraving (Hollander et al., 2015).

LCA-resultaten 1 kg vlees

In de onderstaande figuren worden de onderzoeksresultaten van de productgroep vlees gepresenteerd. In Figuur 38 is de milieubelasting van de productgroep vlees weergegeven. Per effectcategorie is de gemiddelde milieubelasting van 1 kg vlees (gemiddelde van de geselecteerde vleesproducten) percentueel verdeeld over de verschillende levenscyclusfasen. In de onderstaande figuren Figuur 39 tot en met Figuur 41 is voor de effectcategorieën klimaatverandering, bezetting landbouwgrond en waterverbruik een uitsplitsing gemaakt naar het type product. Voor elk type product is per levenscyclusfase de bijdrage aan de betreffende effectcategorie weergegeven.



Figuur 38. Gemiddelde milieubelasting van 1kg vlees, verdeeld over de levenscyclusfasen.

Veeteelt- en slachtfase

Uit Figuur 38 blijkt duidelijk dat de veeteelt- en slachtfase de meeste milieubelasting veroorzaakt in de levenscyclus van vlees. In deze fase worden de meeste natuurlijke en technische hulpbronnen gebruikt voor het fokken, voeden en houden van het vee. Het grote aandeel in de totale milieubelasting is hiervan het gevolg. Het relatieve verschil in milieubelasting tussen de producten wordt voornamelijk bepaald door het soort vee en veevoer dat wordt gebruikt. De hoofdredenen hiervoor zijn de verschillen in de milieubelasting van de teelt van veevoer (waaronder verandering in landgebruik, zoals ontbossing), de conversie van voeding naar vlees en de hoeveelheid vlees per dier. Lamsvlees en rundvlees zijn hierdoor significant meer milieubelastend dan varkensvlees en kippenvlees. Lamsvlees valt extra op vanwege de relatief hoge voerconversieratio in combinatie met een relatief laag aandeel vlees per schaap. Hiernaast geldt dat het aandeel van vlees in het eindproduct bepalend is voor de mate van milieubelasting. Bijvoorbeeld, verwerkte vleesproducten hebben door de toevoeging van plantaardige ingrediënten doorgaans een relatief lagere milieubelasting. In de categorie waterverbruik zijn de rundvleesproducten opvallend. Dit

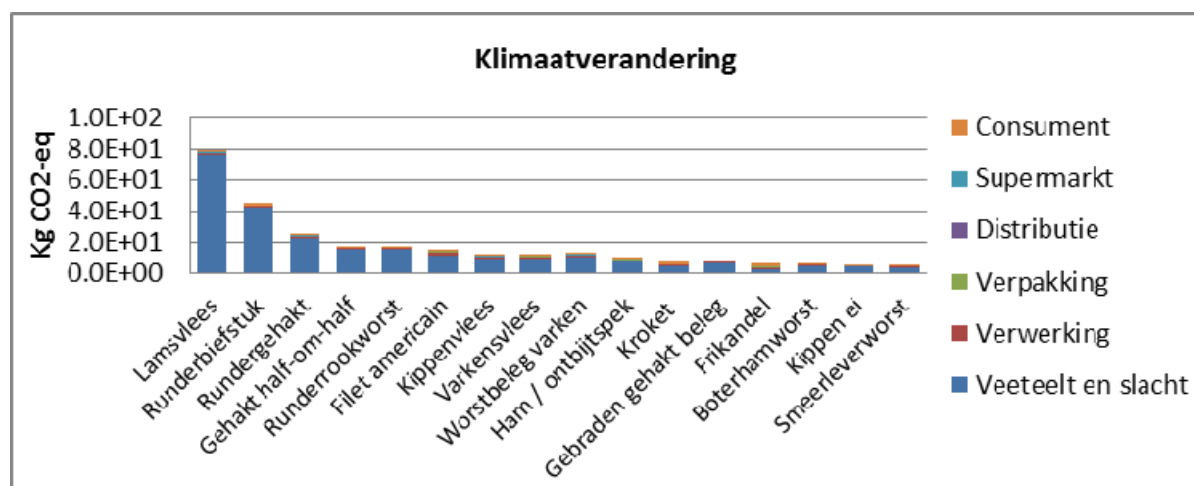
wordt veroorzaakt door de teelt van voedergewassen, zoals haver, mais en suikerriet, en de relatief hogere consumptie ervan.

Verwerkingsfase

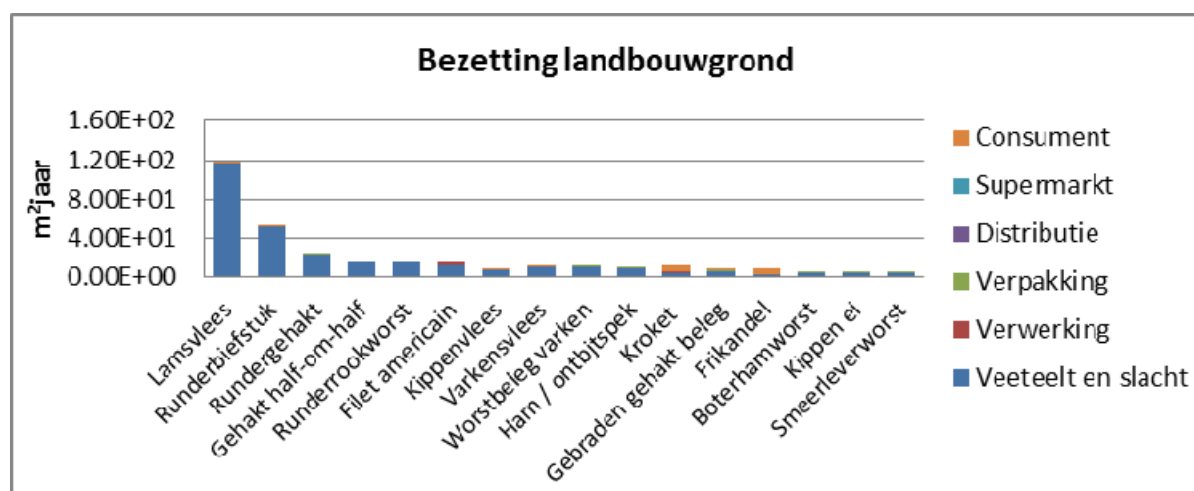
In Figuur 41 is te zien dat de verwerkingsfase van filet americain en kroket opvallend bijdragen aan de milieubelasting in de categorie waterverbruik. Dit is het gevolg van de toevoeging van zonnebloemolie en het watergebruik in de teelt van de zonnebloemen.

Consumentenfase

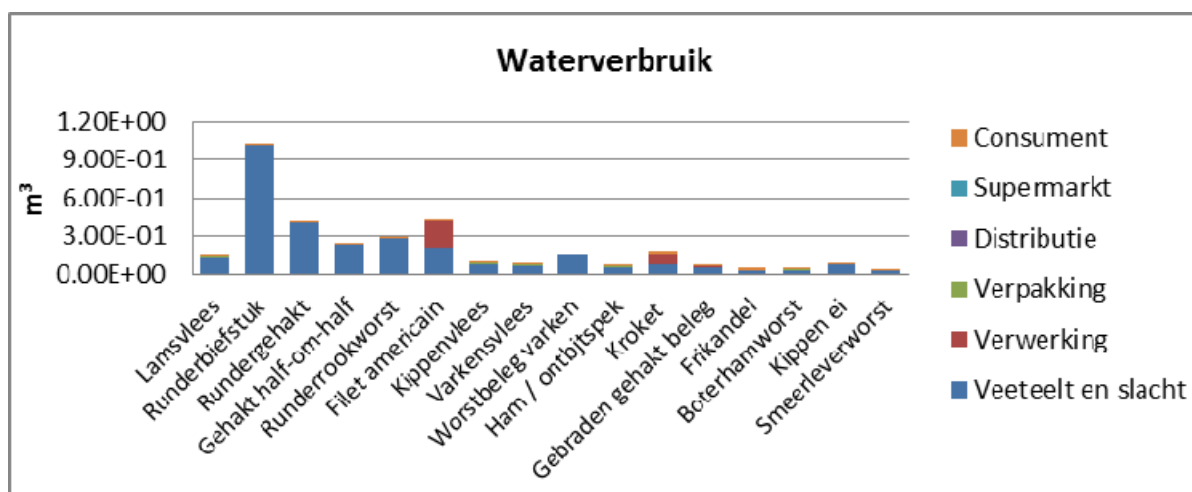
Uit Figuur 41 blijkt dat de consumentenfase relevant is voor de categorie klimaatverandering. De verschillende producten worden in deze fase bereid voor consumptie door te bakken, braden en frituren. Frituren heeft een relatief hogere milieubelasting, vanwege de consumptie van zonnebloemolie, zoals voor kroket en frikandel. Het gebruik van zonnebloemolie veroorzaakt ook de uitschieters in de categorie bezetting landbouwgrond (zie Figuur 40) door het grondgebruik in de teelt van zonnebloemen.



Figuur 39. Bijdrage 1 kg vlees aan "klimaatverandering". Er is onderscheid gemaakt tussen de verschillende levenscyclusfasen.



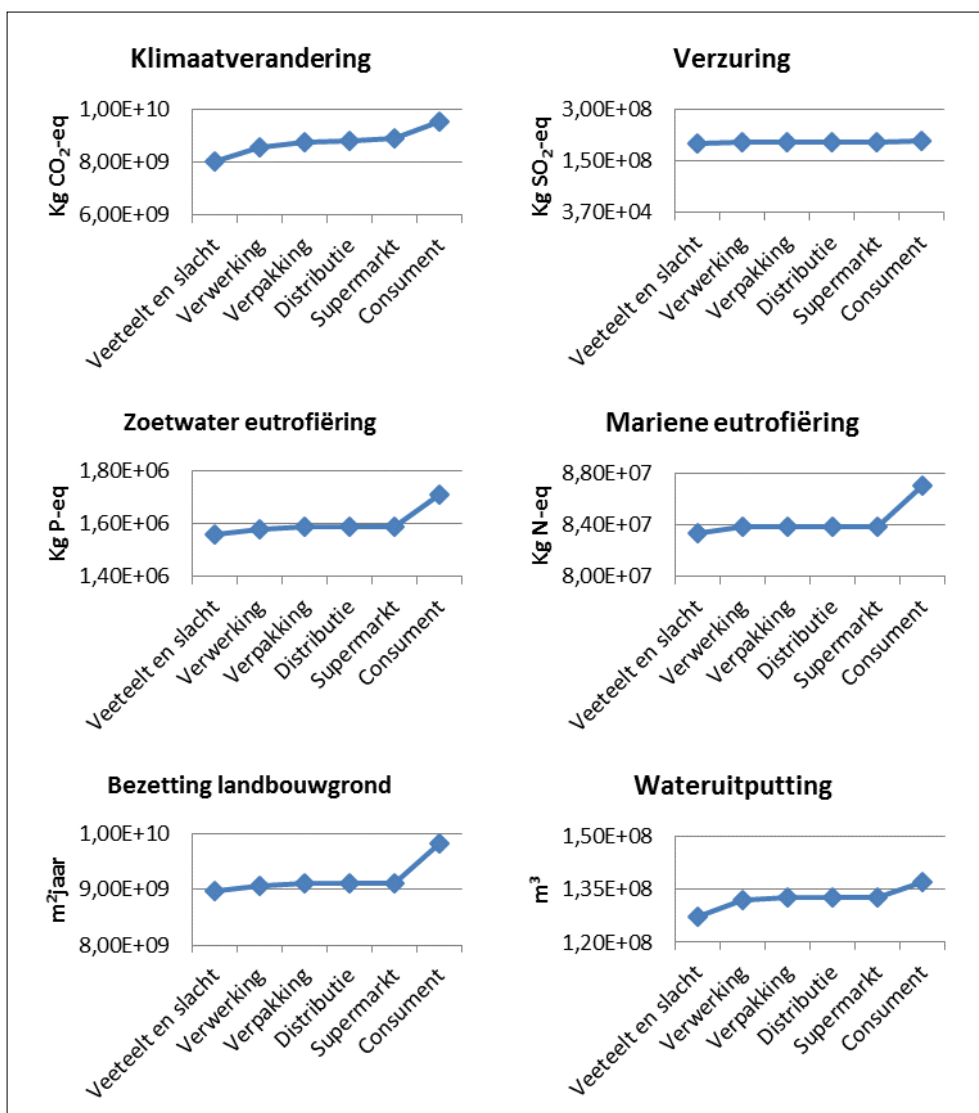
Figuur 40. Bijdrage 1 kg vlees aan 'bezetting landbouwgrond'. Er is onderscheid gemaakt tussen de verschillende levenscyclusfasen.



Figuur 41. Bijdrage 1 kg vlees aan 'waterverbruik'. Er is onderscheid gemaakt tussen de verschillende levenscyclusfasen.

Milieubelasting vleesconsumptie in Nederland

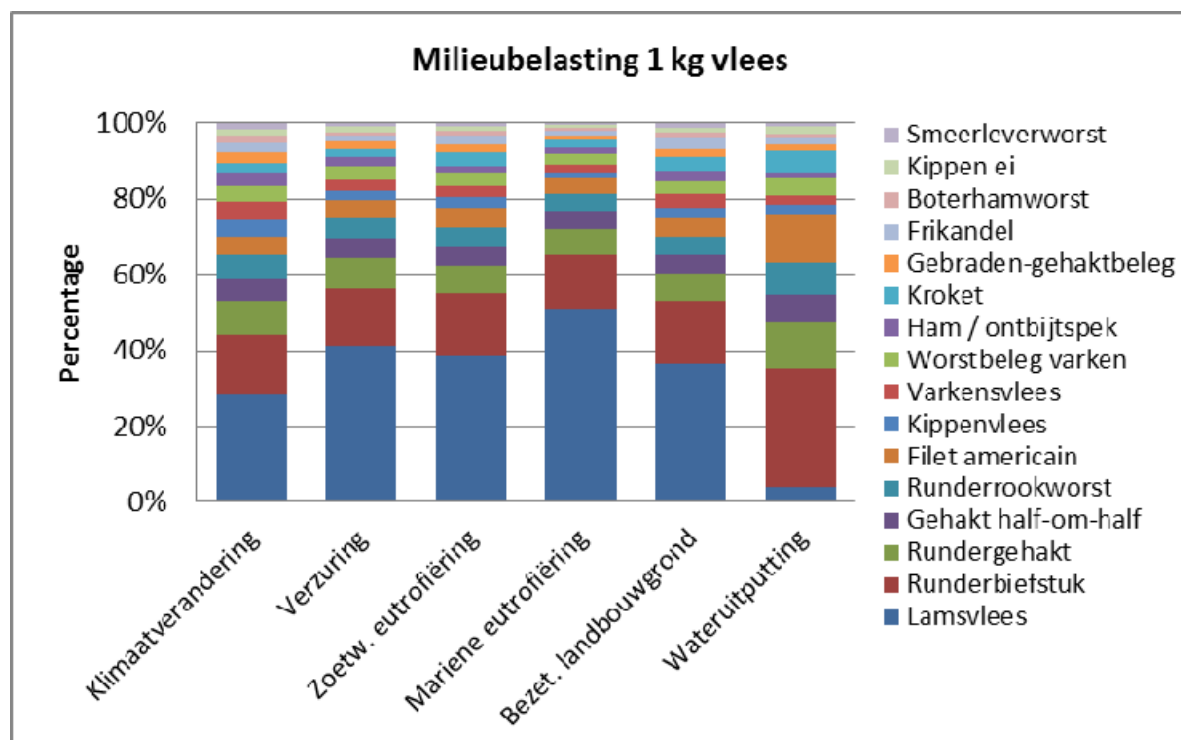
In de onderstaande grafieken van Figuur 42 is de totale milieubelasting van vleesconsumptie in Nederland gepresenteerd. Hiertoe is de milieubelasting per kg vlees vermenigvuldigd met de daadwerkelijke consumptie in Nederland. Deze berekeningen zijn op basis van de VCP gemaakt. De grafieken geven per effectcategorie de cumulatieve milieubelasting weer gedurende de levenscyclus van vlees. Er is duidelijk te zien dat de teeltfase de grootste bijdragen levert aan de totale milieubelasting van vleesconsumptie in Nederland.



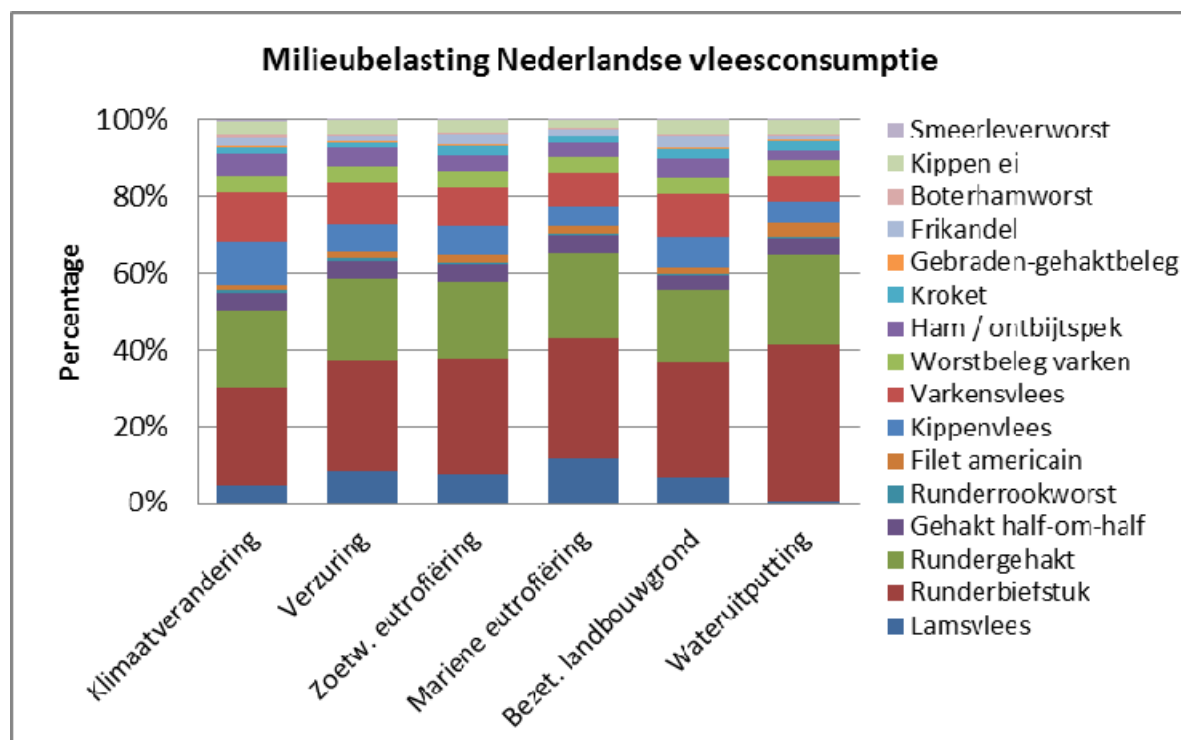
Figuur 42. Cumulatieve milieubelasting Nederlandse vleesconsumptie per effectcategorie.

Milieubelasting Nederlandse vleesconsumptie

In de onderstaande figuren wordt per effectcategorie de relatieve milieubelasting van een vleesproduct ten opzichte van de totale milieubelasting van vlees weergegeven. In Figuur 43 is dit de milieubelasting per 1 kilogram vlees en in Figuur 44 is dit de milieubelasting per totale hoeveelheid geconsumeerd vlees in Nederland. Uit de figuren wordt duidelijk dat de mate van vleesconsumptie een belangrijke invloed heeft op de relatieve verdeling van milieubelasting in de effectcategorieën. Er is bijvoorbeeld een significante verschuiving op te merken in de verdeling van relatieve milieubelasting van lamsvlees, rundergehakt, kipfilet, kroket en ei.



Figuur 43. Aandeel milieubelasting 1 kg vlees per effectcategorie.



Figuur 44. Aandeel milieubelasting geconsumeerd vlees per effectcategorie.

Datakwaliteit

Het resultaat van de datakwaliteitsbeoordeling van de LCI's in de productgroep vlees is in Tabel 12 weergegeven. Elk proces binnen de LCI wordt op de onderstaande criteria gescoord, van 1 (hoogste

kwaliteit) tot 5 (laagste kwaliteit). Het uiteindelijke oordeel is het gemiddelde van de scores (Data Quality Rating, DQR) op de criteria:

- Technologische representativiteit (TeR)
- Geografische representativiteit (GR)
- Tijd-gerelateerde representativiteit (TiR)
- Compleetheid (C)
- Parameter onzekerheid (P)
- Methodologische geschiktheid en consistentie (M)

Tabel 12. Datakwaliteitsbeoordeling van de LCI's in de productgroep vlees.

Product	TeR	GR	TiR	C	P	M	DQR
Ontbijtspek	3	3	3	3	3	3	3,0
Runderbaklappen	3	3	3	3	3	3	3,0
Runder rosbeef	3	3	3	3	3	3	3,0
Runderbiefstuk	3	3	3	3	3	3	3,0
Runderrookvlees	3	3	3	3	3	3	3,0
Filet americain	3	3	3	3	3	3	3,0
Kipfilet	3	3	3	3	2	3	2,8
Kip met vel	3	3	3	3	2	3	2,8
Kroket	3	3	3	3	4	3	3,2
Gekookt kippenei	3	2	2	3	2	3	2,5
Achterham	3	3	3	3	3	3	3,0
Schouderham	3	3	3	3	3	3	3,0
Hamburger	3	3	3	3	3	3	3,0
Lamsvlees	3	3	2	3	2	3	2,7
Smeerleverworst	3	3	3	3	3	3	3,0
Rundergehakt	3	3	3	3	3	3	3,0
Gehakt half-om-half	3	3	3	3	3	3	3,0
Gebraden-gehaktbeleg	3	3	3	3	3	3	3,0
Varkensvlees < 5% vet	3	2	2	3	2	3	2,5
Varkensvlees 5-14% vet	3	2	2	3	2	3	2,5
Varkenskarbonade schouder	3	2	2	3	2	3	2,5
Cervelaatworst	3	3	3	3	3	3	3,0
Kipfiletbeleg	3	3	3	3	3	3	3,0
Gekookte worst	3	3	3	3	3	3	3,0
Frikandel	3	3	3	3	4	3	3,2
Knakworst	3	3	3	3	3	3	3,0
Boterhamworst	3	3	3	3	3	3	3,0
Varkensbraadworst	3	3	3	3	3	3	3,0
Ossenworst	3	3	3	3	3	3	3,0
Runderrookworst	3	3	3	3	3	3	3,0

8.3

Conclusies

- De veeteelt- en slachtfase veroorzaken de grootste milieubelasting in de levenscyclus van vlees.
- De mate van milieubelasting van vlees wordt in grote mate bepaald door de conversieratio van veevoer naar vlees en de uiteindelijke hoeveelheid vlees per dier. Hierdoor zijn lamsvlees en rundvlees doorgaans meer milieubelastend dan varkensvlees en kippenvlees.

- De samenstelling van veevoer heeft een grote invloed op het uiteindelijke milieuprofiel.
- Veevoer voor de vlees- en zuivelproductie bedoeld voor Nederlandse consumptie is gedeeltelijk afkomstig Afrika, Midden- en Zuid-Amerika, Azië en Oost- en Zuid-Europa. Daar leidt de teelt van tarwe, soja, suikerriet en mais, dat direct geteeld wordt als veevoer of waarvan de bijproducten dienen als veevoer, vaak tot bodemverschraling.
- In de teelt van veevoer (soja) wordt een belangrijk deel van de broeikasgasemissies veroorzaakt door veranderingen in landgebruik, waaronder ontbossing.
- Het aandeel van vlees in vleesproducten is bepalend voor de mate van milieubelasting. Toegevoegde plantaardige ingrediënten hebben ten opzichte van dierlijke producten doorgaans een lagere milieubelasting.
- Bereiding van vleesproducten door middel van frituren is vanwege de consumptie van frituurolie relatief meer milieubelastend dan bakken en braden.
- De milieubelasting van vleesconsumptie in Nederland wordt voor een groot deel bepaald door de hoge consumptie van enkele producten, zoals rundvlees (biefstuk en baklappen), rundergehakt en kipfilet.

9 Milieubelasting Productgroep Brood

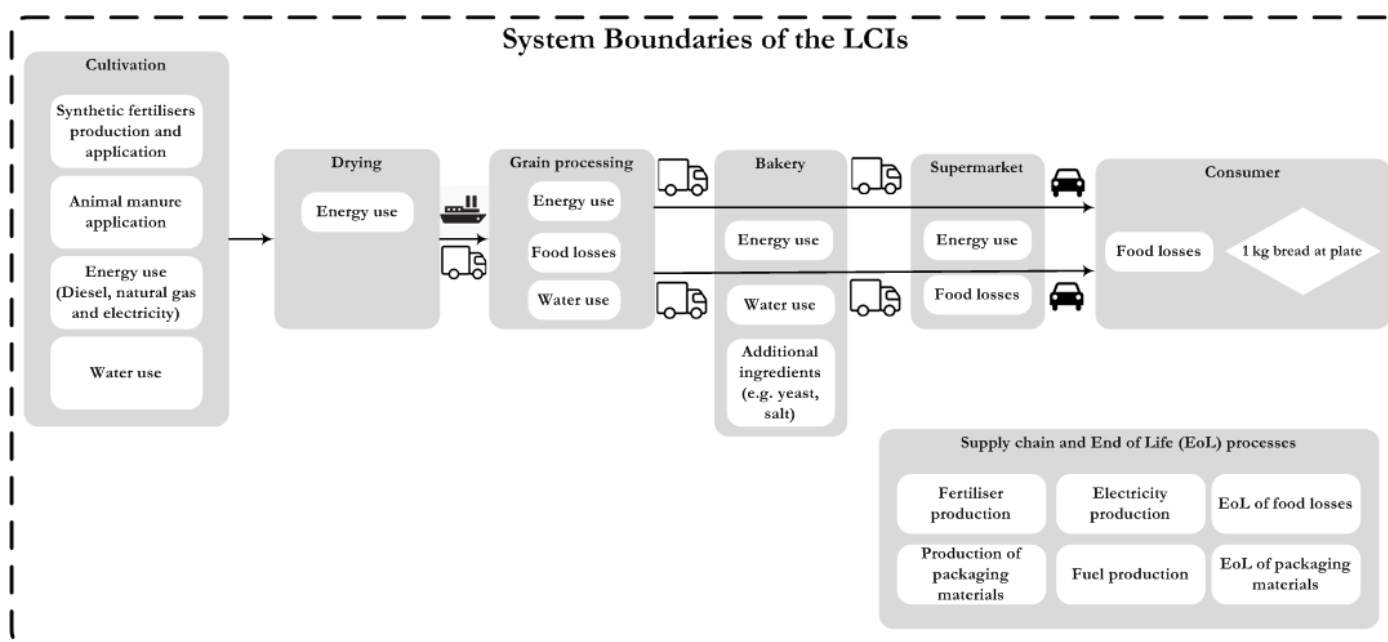
9.1 Introductie

In de productgroep brood zijn de volgende producten onderscheiden:

- Wit tarwebrood
- Volkoren tarwebrood
- Stokbrood wit

Levenscyclus van brood

In Figuur 45 is de levenscyclus van brood geïllustreerd en zijn de systeemgrenzen van het LCA-onderzoek naar productgroep brood weergegeven. Tijdens de teeltfase wordt het graan geteeld, geoogst en gedroogd. De binnenlandse en buitenlandse oogst wordt vervolgens naar de maalderijen in Nederland getransporteerd, waar de granen worden gemalen. Vanuit maalderijen wordt het meel naar de bakkerijen gebracht, waar het uiteindelijke brood wordt geproduceerd en wordt verpakt. De supermarkten ontvangen het verpakte brood van de broodbakkerijen ter verkoop. In de consumentenfase wordt het gekochte brood vervolgens geconsumeerd (Kuling, 2015).



Figuur 45. De levenscyclus van brood met de systeemgrenzen als aangehouden in dit onderzoek (in Engels; Kuling, 2015).

Voedselverliezen

Tijdens de levenscyclus gaat er voedsel verloren. Deze voedselverliezen zijn in de LCA-studie meegenomen (Kuling, 2015). Hieronder zijn deze weergegeven:

- Verlies in de teeltfase is aangenomen te zijn verwerkt in de uiteindelijke oogstcijfers;
- Verliezen in de droogfase, maalderijfase en de bakkerijfase zijn aangenomen te zijn verwerkt in de verschillende recepturen van brood;

- 5% verlies bij de supermarkt;
- 10% verlies van brood in de consumptiefase. Er is aangenomen dat brood geen niet-eetbare delen heeft.

9.2 Resultaten

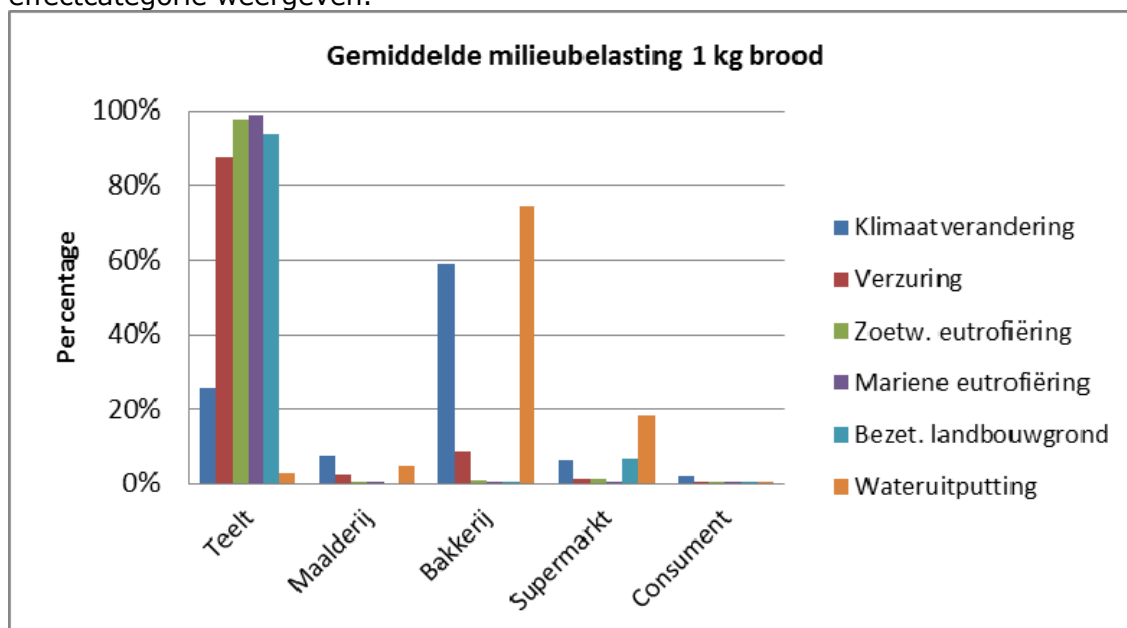
De resultaten voor de productgroep brood worden in drie delen gepresenteerd: toetsing aan de impactcategorie bodemdegradatie, uitkomsten van het LCA-onderzoek naar één kilogram brood en tot slot de milieubelasting van de daadwerkelijke broodconsumptie in Nederland.

Toetsing bodemdegradatie

Tarwe bedoeld voor Nederlandse broodconsumptie is afkomstig uit alle delen van de wereld (zie de LCI-rapportage over brood; Kuling, 2015), met name Oost-Europa, Azië en Noord-Amerika. In een aantal van die gebieden leidt de teelt van tarwe tot bodemvershraling (Hollander et al., 2015).

LCA resultaten 1 kg brood

In de onderstaande figuren worden de onderzoeksresultaten van de productgroep brood gepresenteerd. In Figuur 46 is de milieubelasting van de productgroep brood weergegeven. Per effectcategorie is de gemiddelde milieubelasting van 1 kg brood (gemiddelde van de geselecteerde broodproducten) procentueel verdeeld over de verschillende levenscyclusfasen. In de onderstaande figuren Figuur 47 tot en met Figuur 48 is voor de effectcategorieën klimaatverandering en waterverbruik een uitsplitsing gemaakt naar het type product. Voor elk type product is per levenscyclusfase de bijdrage aan de betreffende effectcategorie weergegeven.



Figuur 46. Gemiddelde milieubelasting van 1kg brood, verdeeld over de levenscyclusfasen.

Teeltfase

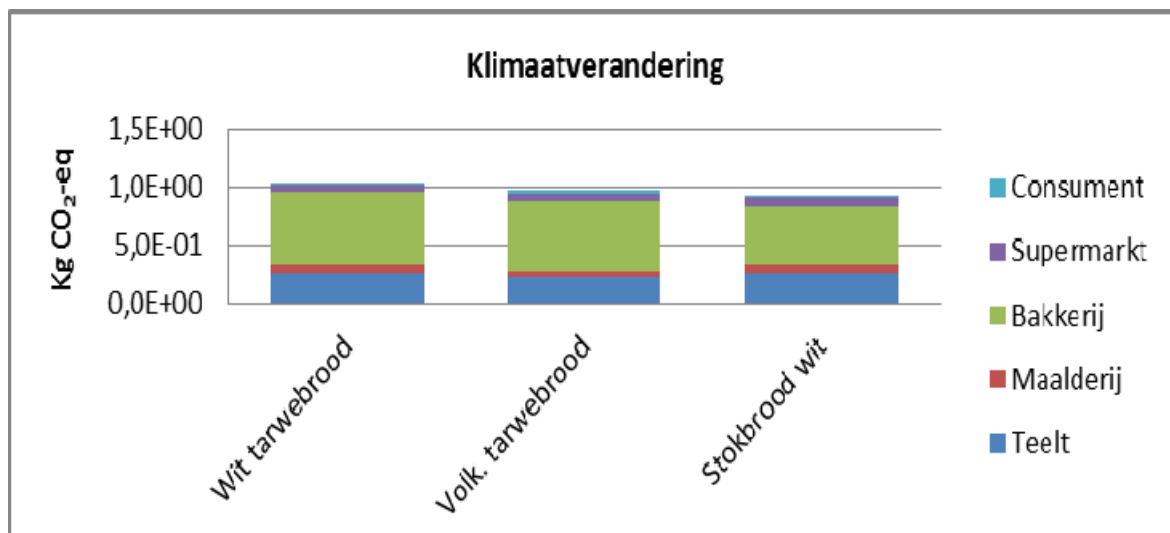
Uit Figuur 46 blijkt duidelijk dat de teeltfase het overgrote deel van de milieubelasting veroorzaakt in de levenscyclus van brood. In deze fase worden er veel natuurlijke en technische hulpbronnen gebruikt voor het telen en oogsten van granen. Dit leidt tot de grote milieubelasting in de meeste effectcategorieën. De milieuprofielen van de geselecteerde producten zijn vergelijkbaar. Alle producten zijn op tarwe gebaseerd, met het verschil dat er meer graan nodig is voor de productie van tarwemeel dan voor dezelfde hoeveelheid volkorenmeel.

Bakkerijfase

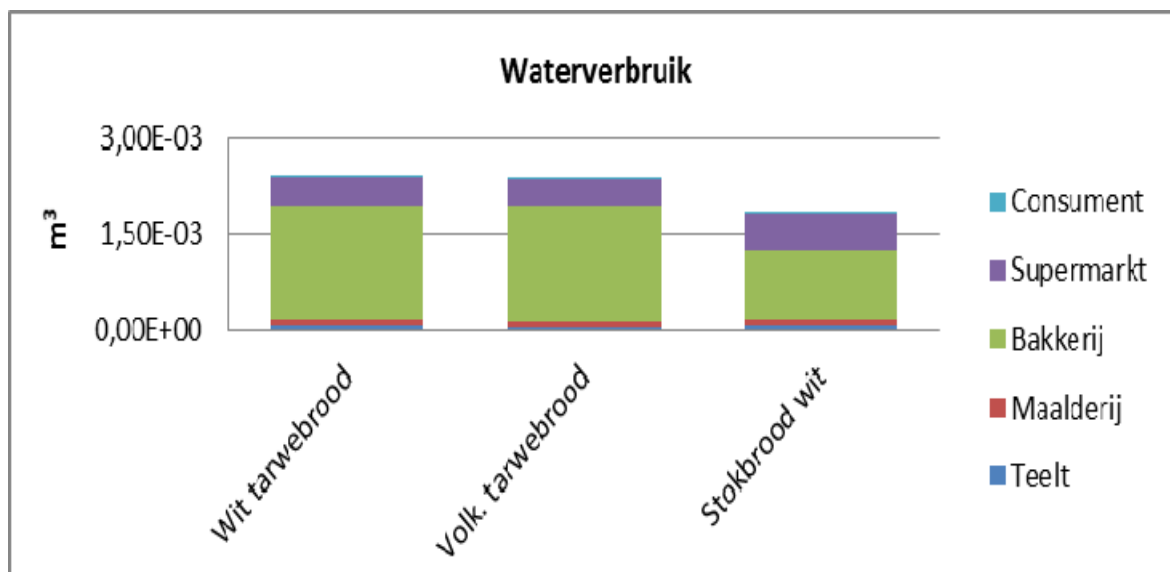
In Figuur 47 en Figuur 48 is te zien dat de bakkerijfase significant bijdraagt aan de milieubelasting in de categorieën klimaatverandering en waterverbruik. De relatief grote uitstoot van broeikasgassen is het gevolg van het gebruik van elektriciteit en warmte voor het bereiden, rijzen en bakken van het deeg tot brood. Het gebruik van water in het maken van deeg en in het rijsp proces leidt tot de relatief grote milieubelasting in de categorie wateruitputting.

Supermarktfase

Figuur 48 laat zien dat de supermarktfase opvallende bijdraagt aan de categorie waterverbruik. Dit is het gevolg van het verpakken van het brood. Voor het maken van het papieren verpakkingsmateriaal is water nodig.



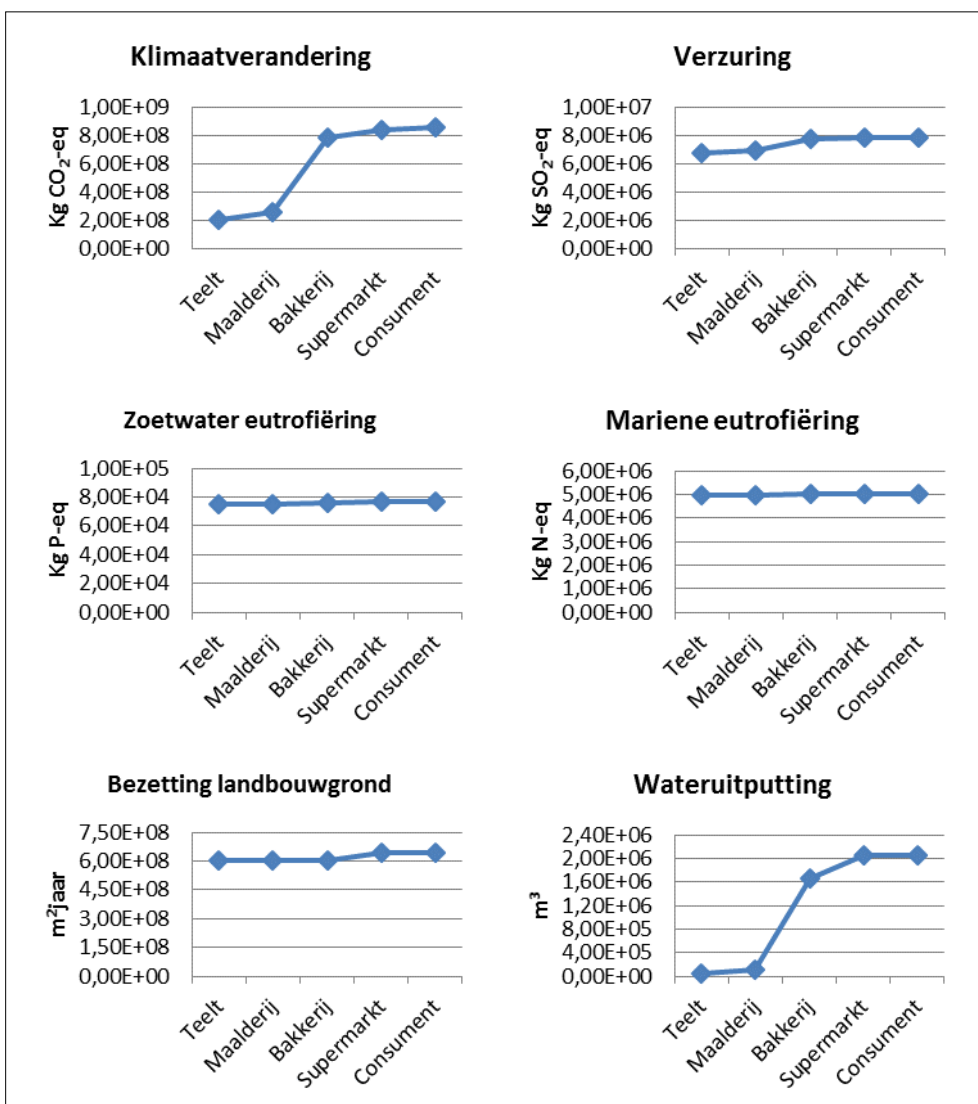
Figuur 47. Bijdrage 1 kg brood aan 'klimaatverandering'. Er is onderscheid gemaakt tussen de verschillende levenscyclusfasen.



Figuur 48. Bijdrage 1 kg brood aan 'waterverbruik'. Er is onderscheid gemaakt de verschillende levenscyclusfasen.

Milieubelasting broodconsumptie in Nederland

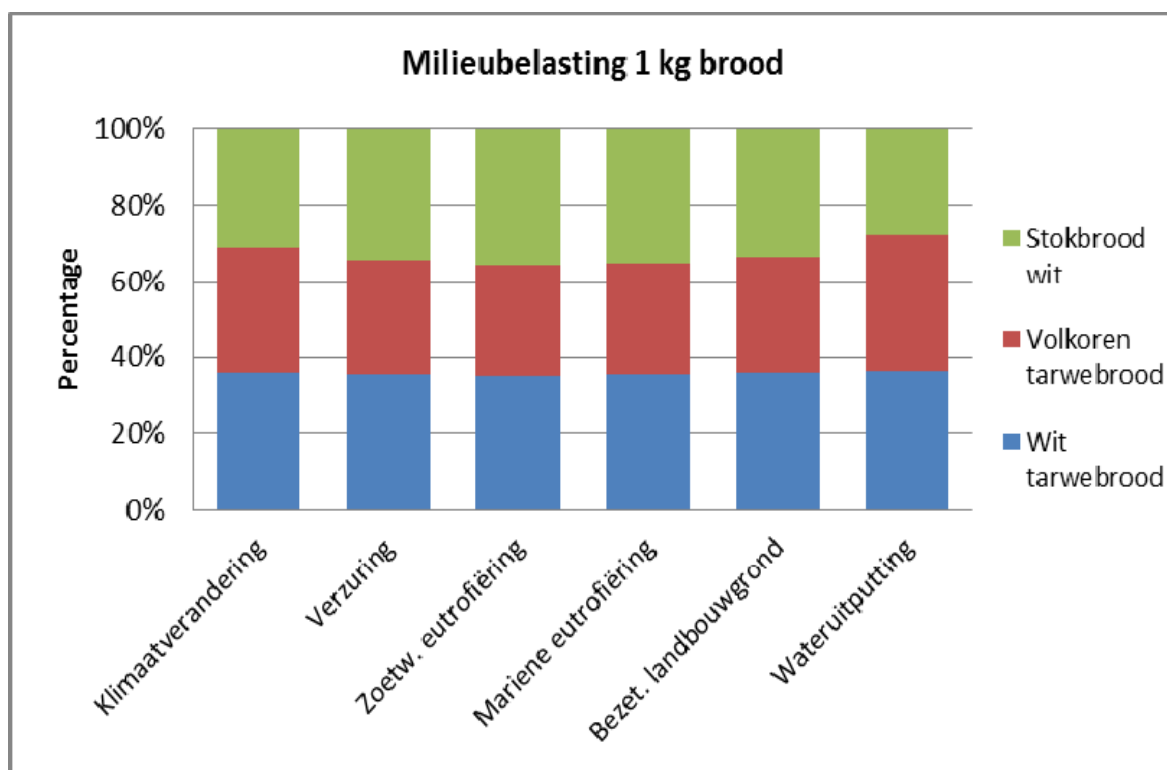
In de onderstaande grafieken van Figuur 49 is de totale milieubelasting van broodconsumptie in Nederland gepresenteerd. Hiertoe is de milieubelasting per kg brood vermenigvuldigd met de daadwerkelijke broodconsumptie in Nederland. Deze berekeningen zijn op basis van de VCP gemaakt. De grafieken geven per effectcategorie de cumulatieve milieubelasting weer gedurende de levenscyclus van brood. In de figuren is te zien dat de teeltfase en de bakkerijfase de grootste bijdragen levert aan de totale milieubelasting van broodconsumptie in Nederland.



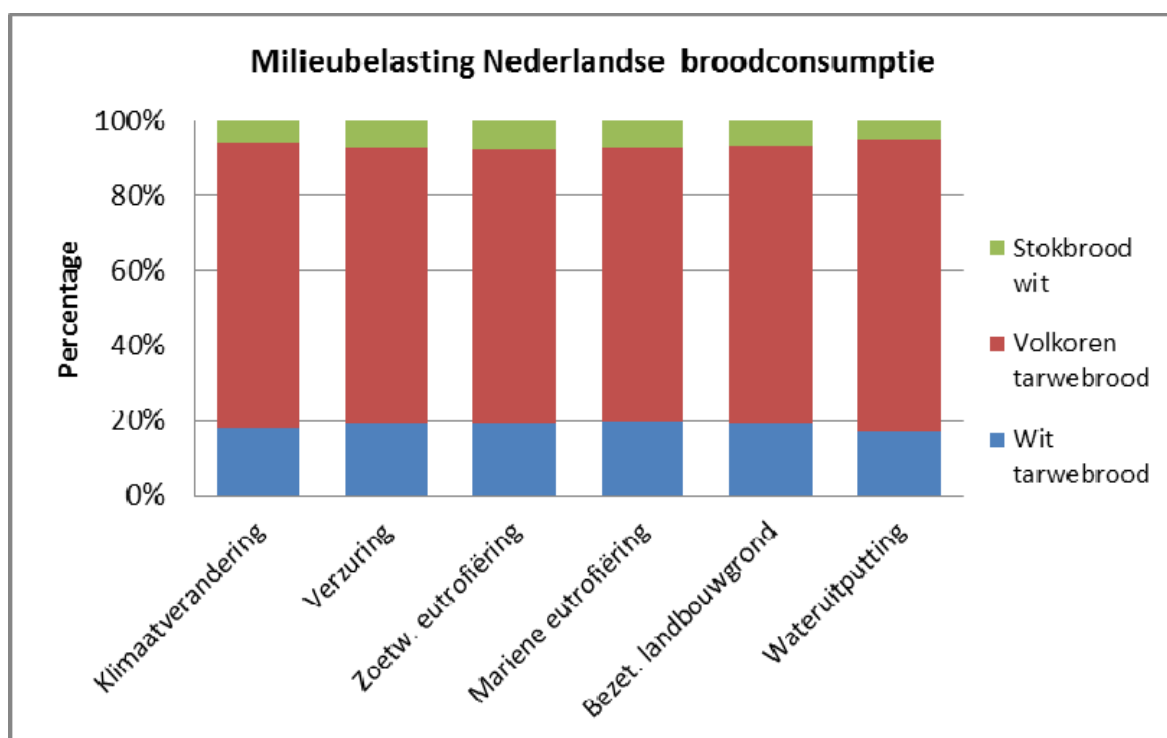
Figuur 49. Cumulatieve milieubelasting Nederlandse broodconsumptie per effectcategorie.

Milieubelasting Nederlandse broodconsumptie

In de onderstaande figuren wordt per effectcategorie de relatieve milieubelasting van een broodsoort ten opzichte van de totale milieubelasting van brood weergegeven. In Figuur 50 is dit de milieubelasting per 1 kilogram brood en in Figuur 51 is dit de milieubelasting per totale hoeveelheid geconsumeerd brood in Nederland. Uit de figuren wordt duidelijk dat de mate van broodconsumptie een belangrijke invloed heeft op de relatieve verdeling van milieubelasting in de effectcategorieën. Volkoren tarwebrood wordt bijvoorbeeld veel meer gegeten ten opzichte van de andere geselecteerde broodproducten.



Figuur 50. Aandeel milieubelasting 1 kg brood per effectcategorie.



Figuur 51. Aandeel milieubelasting geconsumeerd brood per effectcategorie.

Datakwaliteit

Het resultaat van de datakwaliteitsbeoordeling van de LCI's in de productgroep brood is in Tabel 13 weergegeven. Elk proces binnen de LCI wordt op de onderstaande criteria gescoord, van 1 (hoogste kwaliteit) tot 5 (laagste kwaliteit). Het uiteindelijke oordeel is het gemiddelde van de scores (Data Quality Rating, DQR) op de criteria:

- Technologische representativiteit (TeR)
- Geografische representativiteit (GR)
- Tijd-gerelateerde representativiteit (TiR)
- Compleetheid (C)
- Parameter onzekerheid (P)
- Methodologische geschiktheid en consistentie (M)

Tabel 13. Datakwaliteitsbeoordeling van de LCI's in de productgroep brood.

Product	TeR	GR	TiR	C	P	M	DQR
Wit tarwebrood	2	3	3	2	3	2	2,5
Volkoren tarwebrood	2	3	3	2	3	2	2,5
Stokbrood wit	2	3	3	2	3	2	2,5

9.3**Conclusies**

- De teeltfase van tarwe veroorzaakt het overgrote deel van de milieubelasting in de levenscyclus van brood.
- Tarwe bedoeld voor Nederlandse broodconsumptie is afkomstig uit alle delen van de wereld, met name Oost-Europa, Azië en Noord-Amerika. In een aantal van die gebieden leidt de teelt van tarwe tot bodemvershraling.
- De milieuprofielen van de geselecteerde broodproducten zijn vergelijkbaar. De producten zijn op tarwe gebaseerd en worden met dezelfde technieken geproduceerd.
- Het bereiden, laten rijzen en bakken van brood is een relatief energie- en waterintensief proces.
- De productie van het papieren verpakkingsmateriaal heeft een significante invloed op de totale milieubelasting in de effectcategorie waterverbruik.
- De milieubelasting van broodconsumptie in Nederland wordt voor een groot deel bepaald door de hoge consumptie van volkoren tarwebrood.

10 Milieubelasting Productgroep Vis

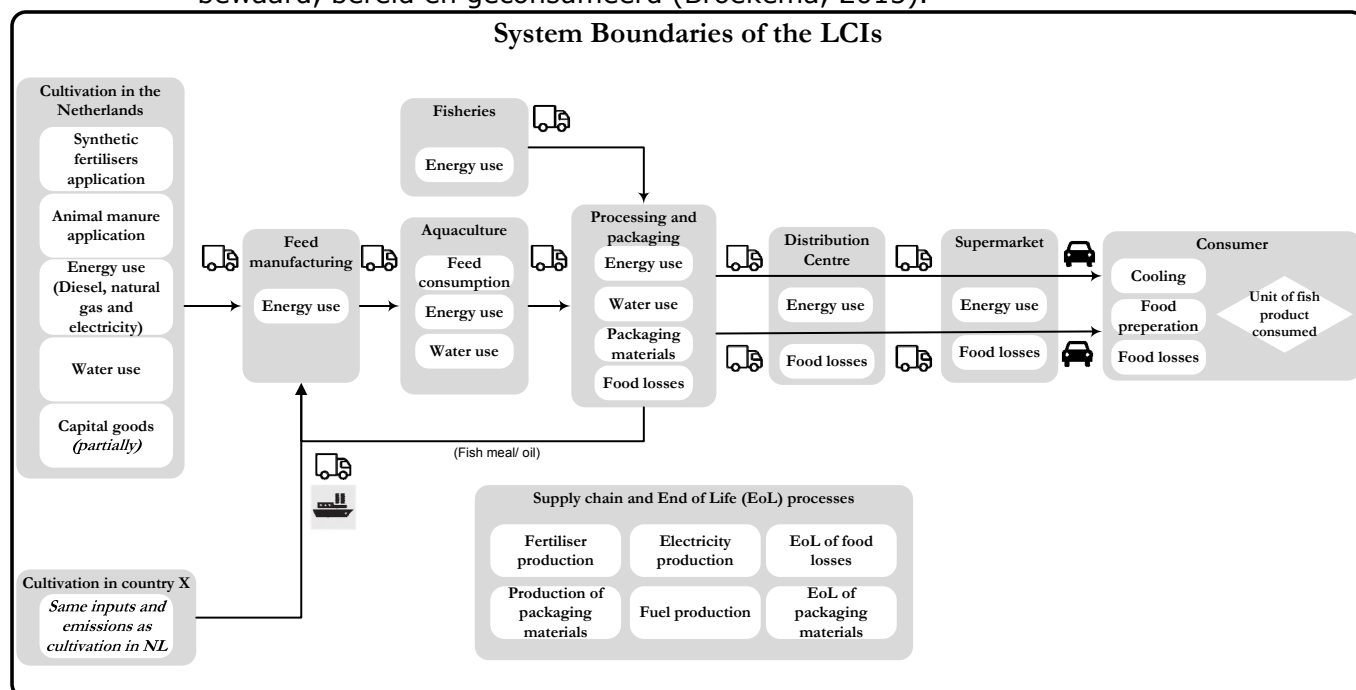
10.1 Introductie

In de productgroep vis zijn de volgende producten onderscheiden:

- Tilapiafilet
- Tonijn in blik
- Pangasiusfilet
- Koolvis
- Lekkerbek
- Kabeljauwfilet
- Zalm – kweek
- Zalm – wild
- Haring

Levenscyclus van vis

In Figuur 52 is de levenscyclus van vis geïllustreerd en zijn de systeemgrenzen van het LCA-onderzoek naar de productgroep vis weergegeven. In de visserij worden de vissen gevangen en in de aquacultuur worden de vissen gekweekt tot ze klaar zijn voor de oogst. Het benodigde visvoer voor in de kweek wordt gemaakt van zowel binnenlandse als buitenlandse producten. Vanuit de visserij en de aquacultuur worden de vissen getransporteerd voor verwerking en verpakking. Tijdens de verwerking worden de vissen ontdaan van ingewanden, schoongemaakt en verder verwerkt. De distributiecentra ontvangen de visproducten vervolgens en transporteren ze naar de supermarkten, waar het geconditioneerd wordt bewaard en verkocht. In de consumentenfase wordt de gekochte vis eventueel geconditioneerd bewaard, bereid en geconsumeerd (Broekema, 2015).



Figuur 52. De levenscyclus van vis met de systeemgrenzen als aangehouden in dit onderzoek (in Engels; Broekema, 2015).

Voedselverliezen

Tijdens de levenscyclus gaat er voedsel verloren. Deze voedselverliezen zijn in de LCA-studie meegenomen (Broekema, 2015). Hieronder zijn deze weergegeven:

- Verlies tijdens de visvangst en kweek is aangenomen te zijn opgenomen in de opbrengst van de verwerkingsfase;
- 5% verlies bij de supermarkt;
- 1% verlies van eetbare delen in de consumptiefase.

10.2 Resultaten

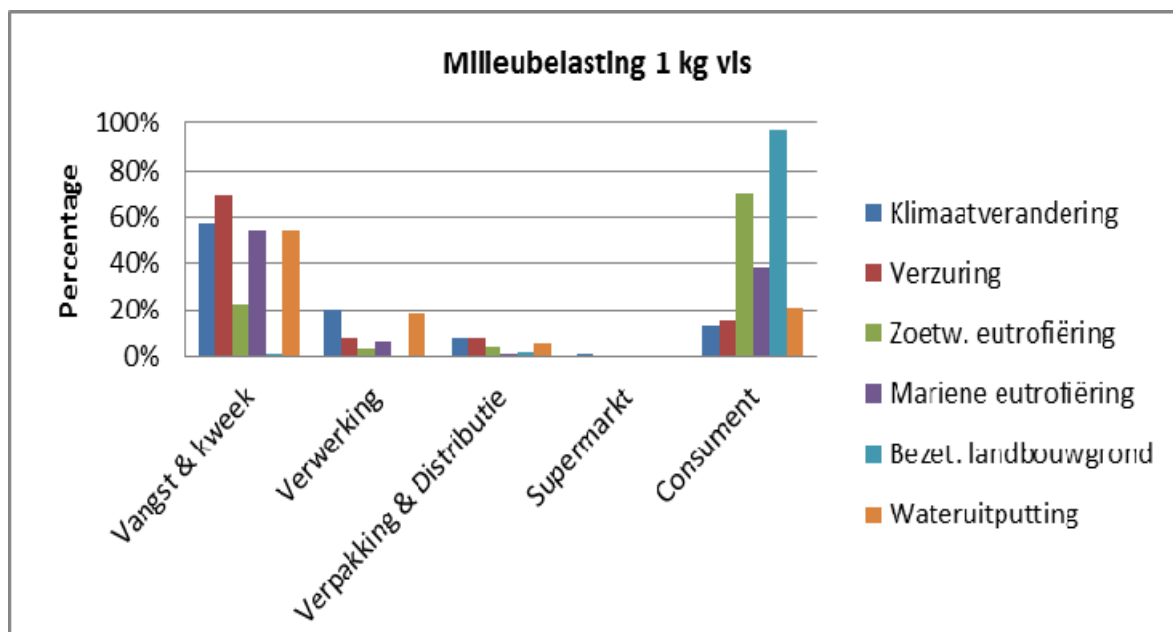
De resultaten voor de productgroep vis worden in drie delen gepresenteerd: toetsing aan de impactcategorie bodemdegradatie, uitkomsten van het LCA-onderzoek naar één kilogram vis en tot slot de milieubelasting van de daadwerkelijke visconsumptie in Nederland.

Toetsing bodemdegradatie

Alleen de teelt van visvoer op land voor kweekvis heeft een impact op de bodem. Hiertoe worden veelal bijproducten van de soja, rijst en tarweteelt toegepast, meest afkomstig uit China, Brazilië en Argentinië. In deze landen treedt bodemvershraling bij de genoemde teelten op. Uitputting van bodems ten behoeve van de visconsumptie speelt echter een marginale rol door de geringe hoeveelheden ten opzichte van de veevoerteelt.

LCA-resultaten 1 kg vis

In de onderstaande figuren worden de onderzoeksresultaten van de productgroep vis gepresenteerd. In Figuur 53 is de milieubelasting van de productgroep vis weergegeven. Per effectcategorie is de gemiddelde milieubelasting van 1 kg vis (gemiddelde van de geselecteerde visproducten) percentueel verdeeld over de verschillende levenscyclusfasen. In Figuur 54 tot en met Figuur 57 is voor de effectcategorieën klimaatverandering, zoetwater eutrofiëring, bezetting landbouwgrond en waterverbruik een uitsplitsing gemaakt naar het type product. Voor elk product is per levenscyclusfase de bijdrage aan de betreffende effectcategorie weergegeven.



Figuur 53. Gemiddelde milieubelasting van 1 kg vis, verdeeld over de levenscyclusfasen.

Vangst en kweekfase

Uit Figuur 52 blijkt duidelijk dat de visserij en aquacultuur een groot deel van de milieubelasting veroorzaakt in de levenscyclus van vis. In de visserij en de aquacultuur worden energie en grondstoffen gebruikt voor het vangen en het kweken van de vissen. Dit veroorzaakt het grote aandeel in de totale milieubelasting. Hierin is een tweedeling te zien tussen de vissen uit de visserij en de aquacultuur. Dit is bijvoorbeeld te zien in de categorieën zoetwater eutrofiëring, bezetting landbouwgrond en waterverbruik (Figuur 55 tot en met Figuur 57). Deze verschillen worden bepaald doordat in de aquacultuur de vissen worden gekweekt met behulp van visvoer. De productie van de plantaardige bestanddelen zoals soja, mais, palmolie en rijst, is de hoofdoorzaak van de relatief hogere milieubelasting in deze categorieën.

Verwerkingsfase

In Figuur 55 en Figuur 57 is te zien dat de verwerkingsfase van tonijn in blik opvallend bijdraagt aan de categorieën zoetwater eutrofiëring en waterverbruik. Dit is in hoofdzaak het gevolg van het gebruik van natriumhydroxide en water bij het inblikken van tonijn.

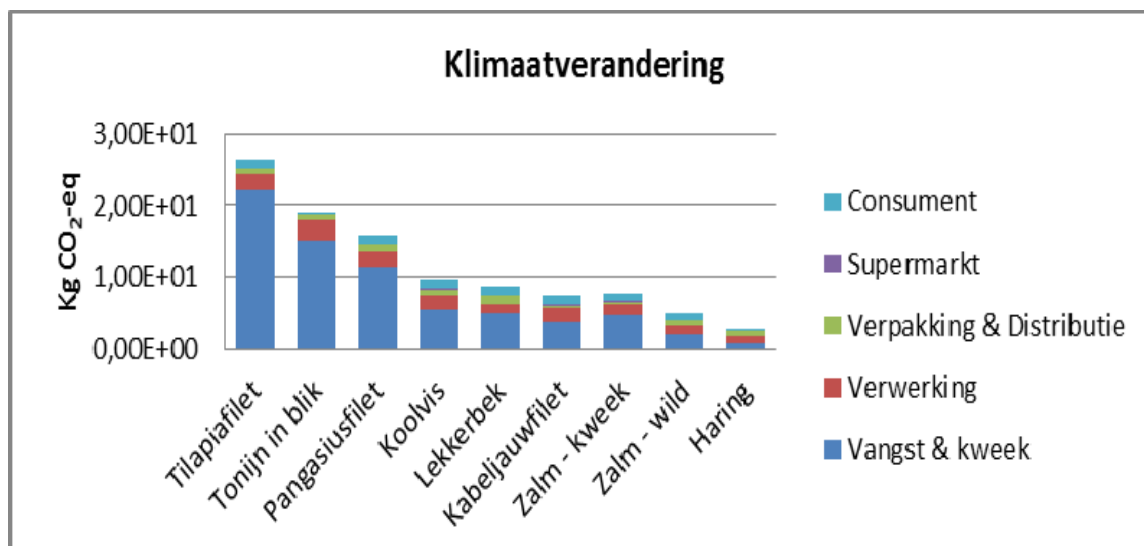
Verpakkings- en distributiefase

Figuur 56 laat zien dat de verpakkings- en distributiefase van lekkerbek een opvallende bijdrage heeft aan de categorie bezetting landbouwgrond. Dit wordt veroorzaakt door het gebruik van olie bij het maken van het beslag en het frituren van de vis.

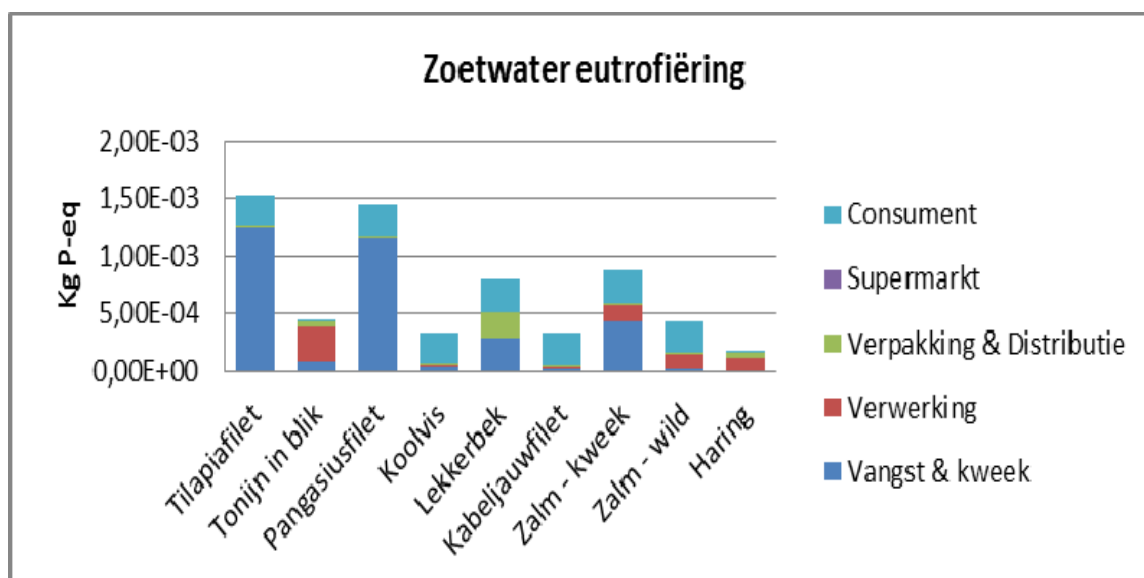
Consumentenfase

In de consumentenfase hebben de vissen die niet gebakken of gekookt worden (tonijn en blik en haring) een significant lagere milieubelasting, dan de vissen die wel gebakken worden. De oorzaak hiervan is het gebruik en de productie van zonnebloemolie die als bakmiddel dient. Dit

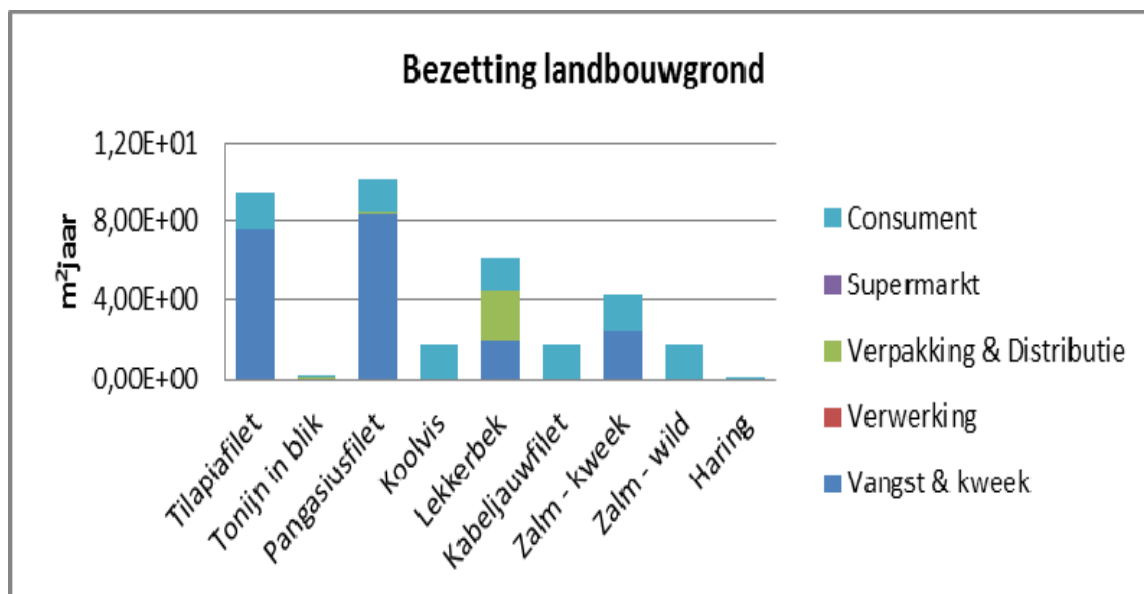
verschil is duidelijk te zien voor de categorieën zoetwater eutrofiëring (zie Figuur 55) en bezetting landbouwgrond (zie Figuur 56).



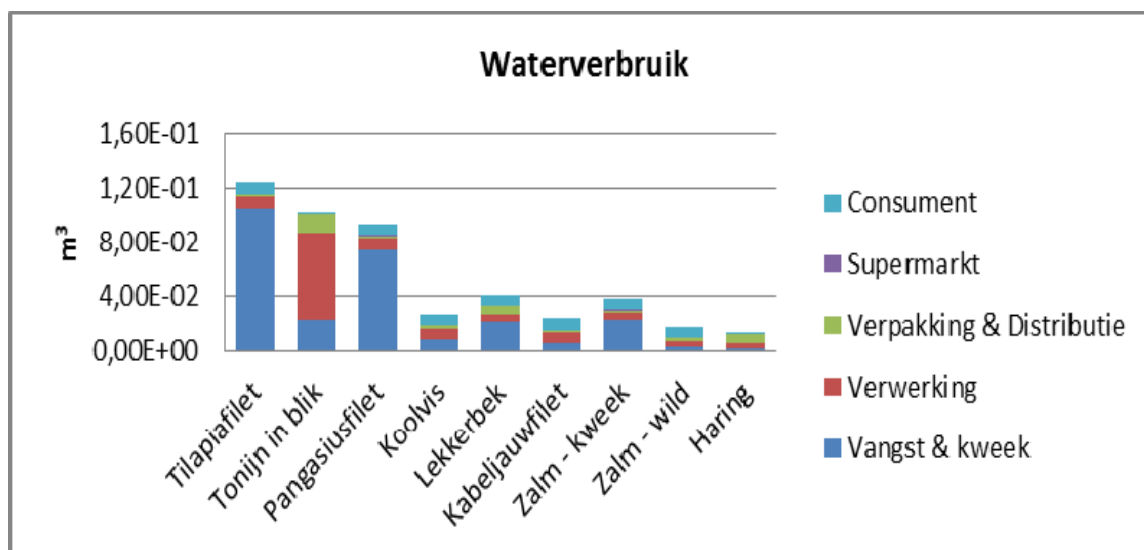
Figuur 54. Bijdrage 1 kg vis aan 'klimaatverandering'. Er is onderscheid gemaakt tussen de verschillende levenscyclusfasen.



Figuur 55: Bijdrage 1 kg vis aan 'zoetwater eutrofiëring'. Er is onderscheid gemaakt tussen de verschillende levenscyclusfasen.



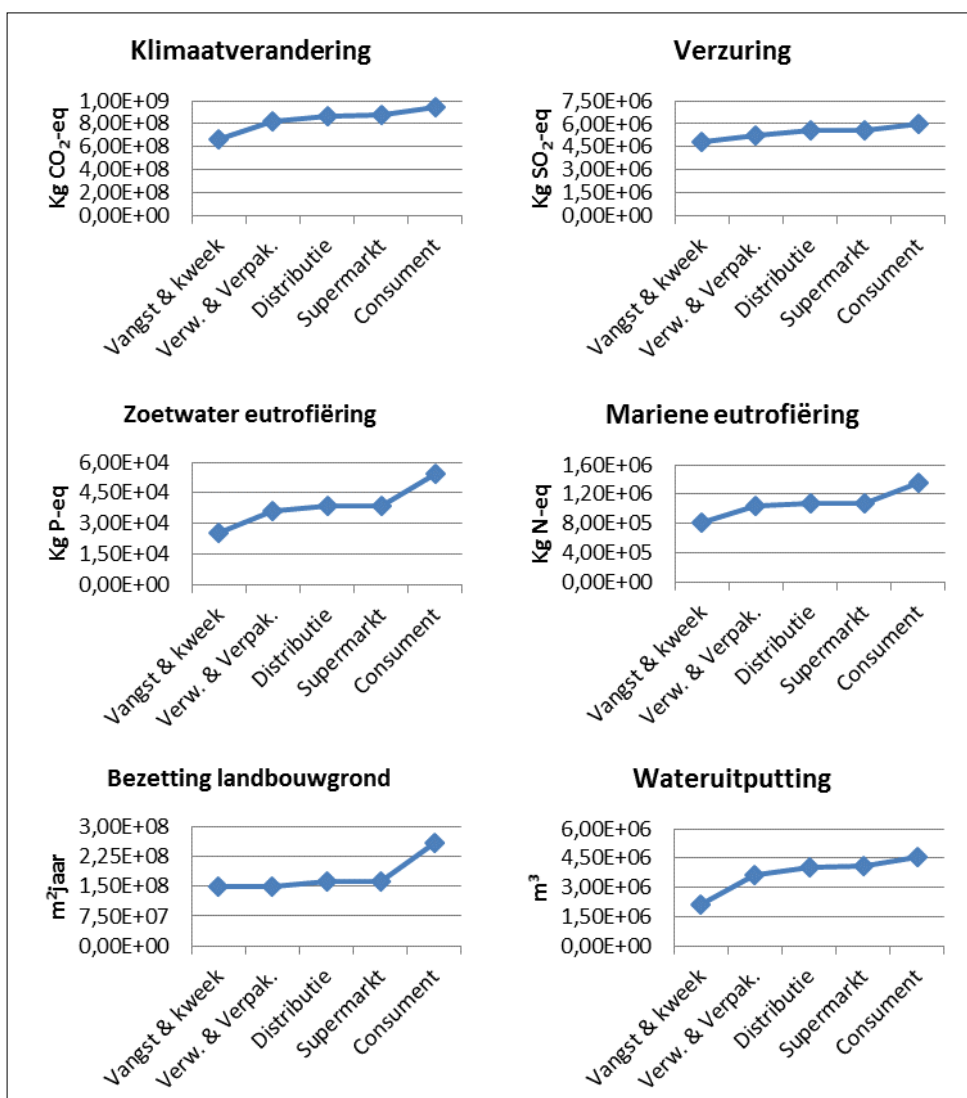
Figuur 56: Bijdrage 1 kg vis aan 'bezetting landbouwgrond'. Er is onderscheid gemaakt tussen de verschillende levenscyclusfasen.



Figuur 57: Bijdrage 1 kg vis aan 'waterverbruik'. Er is onderscheid gemaakt tussen de verschillende levenscyclusfasen.

Milieubelasting visconsumptie in Nederland

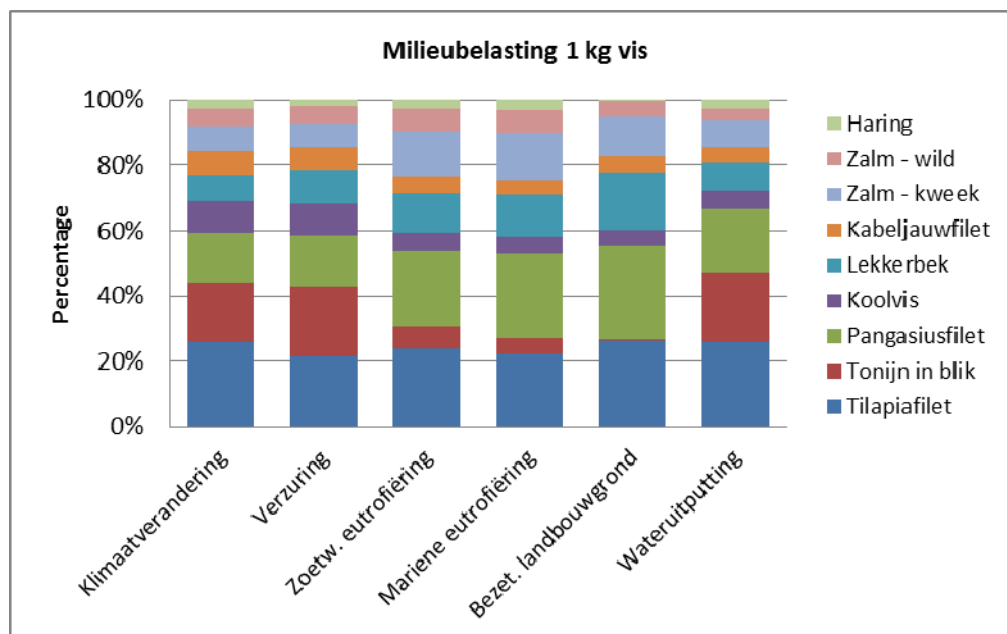
In de onderstaande grafieken van figuur 58 is de totale milieubelasting van visconsumptie in Nederland gepresenteerd. Hiertoe is de milieubelasting per kg vis vermenigvuldigd met de daadwerkelijke visconsumptie in Nederland. Deze berekeningen zijn gemaakt op basis van de VCP. De grafieken geven per effectcategorie de cumulatieve milieubelasting weer gedurende de levenscyclus van vis. In de figuren is te zien dat de visserij, de aquacultuur en de consumentenfase de grootste bijdragen leveren aan de totale milieubelasting van visconsumptie in Nederland.



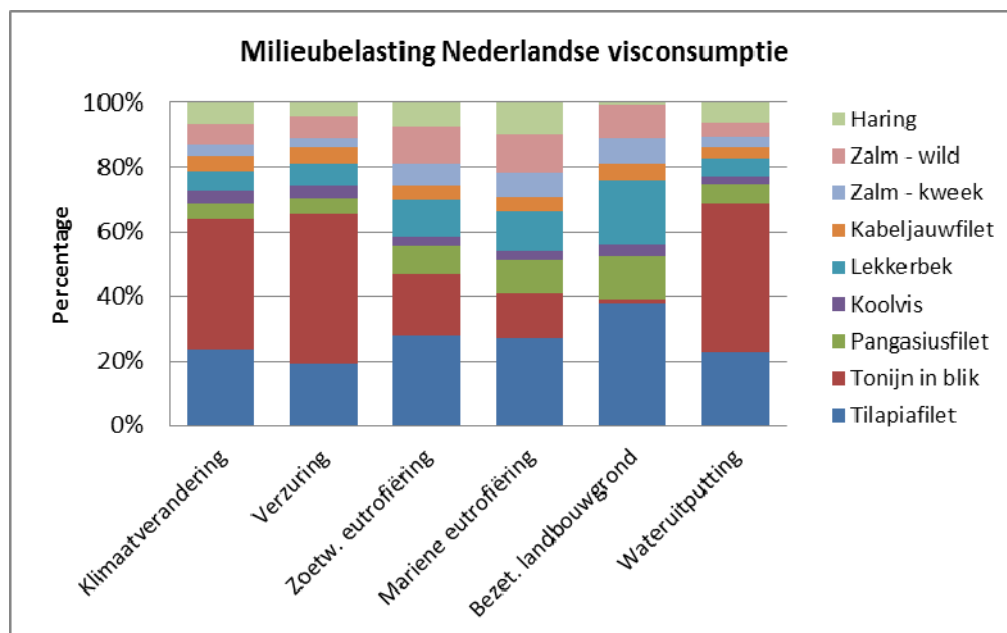
Figuur 58. Cumulatieve milieubelasting Nederlandse visconsumptie per effectcategorie.

Milieubelasting Nederlandse visconsumptie

In de onderstaande figuren wordt per effectcategorie de relatieve milieubelasting van een visproduct ten opzichte van de totale milieubelasting van vis weergegeven. In Figuur 59 is dit de milieubelasting per 1 kilogram vis en in Figuur 60 is dit de milieubelasting per totale hoeveelheid geconsumeerde vis in Nederland. Uit de figuren wordt duidelijk dat de mate van visconsumptie invloed heeft op de relatieve verdeling van milieubelasting in de effectcategorieën. Er is bijvoorbeeld een verschuiving op te merken in de verdeling van relatieve milieubelasting voor tonijn in blik, tilapiafilet en zalm.



Figuur 59. Aandeel milieubelasting 1 kg vis per effectcategorie.



Figuur 60. Aandeel milieubelasting geconsumeerde vis per effectcategorie.

Datakwaliteit

Het resultaat van de datakwaliteitsbeoordeling van de LCI's in de productgroep vis is in Tabel 14 weergegeven. Elk proces binnen de LCI wordt op de onderstaande criteria gescoord, van 1 (hoogste kwaliteit) tot 5 (laagste kwaliteit). Het uiteindelijke oordeel is het gemiddelde van de scores (Data Quality Rating, DQR) op de criteria:

- Technologische representativiteit (TeR)
- Geografische representativiteit (GR)
- Tijd-gerelateerde representativiteit (TiR)
- Compleetheid (C)
- Parameter onzekerheid (P)

- Methodologische geschiktheid en consistentie (M)

Tabel 14. Datakwaliteitsbeoordeling van de LCI's in de productgroep vis.

Product	TeR	GR	TiR	C	P	M	DQR
Koolvis	2	3	5	2	3	2	2,8
Kabeljauwfilet	2	3	5	2	2	2	2,7
Haring	2	3	5	2	2	2	2,7
Lekkerbek	2	3	5	2	2	2	2,7
Pangasiusfilet	2	3	3	2	2	2	2,3
Zalm – kweek	2	3	3	2	2	2	2,3
Zalm - wild	2	3	5	2	3	2	2,8
Tilapiafilet	2	3	3	2	2	2	2,3
Tonijn in blik	2	3	5	2	4	2	3,0

10.3

Conclusies

- De visserij, aquacultuur en consumentenfase veroorzaken samen de meeste milieubelasting in de levenscyclus van vis.
- De milieubelasting van vissen uit de visserij is significant verschillend met die van vissen uit de aquacultuur. De hoofdreden hiervoor is de productie van de benodigde plantaardige bestanddelen in het visvoer voor aquacultuur. Dit is het duidelijkst te zien voor zoetwater eutrofiëring, bezetting landbouwgrond en waterverbruik.
- In de teelt van visvoer (soja) wordt een belangrijk deel van de broeikasgasemissies veroorzaakt door veranderingen in landgebruik, zoals ontbossing.
- Uitputting van bodems ten behoeve van de visconsumptie speelt een marginale rol. Ten opzichte van de veevoerteelt is er een geringe hoeveelheid visvoerteelt op land.
- Het gebruik van diesel voor het opereren van de vissersschepen veroorzaakt een relatief grote bijdragen aan klimaatverandering.
- In het verwerken van tonijn tot tonijn in blik wordt er natriumhydroxide gebruikt, wat een relatief grote bijdrage levert aan zoetwater eutrofiëring en waterverbruik.
- Er is een significant verschil in vissen die voor de bereiding worden gebakken en die niet worden gebakken. De zonnebloemolie die voor de bereiding wordt gebruikt, leidt tot een significante bijdrage aan de milieubelasting in alle effectcategorieën.
- De milieubelasting van visconsumptie in Nederland wordt voor een groot deel bepaald door de hoge consumptie van enkele vissen, zoals tonijn, tilapia en zalm.

11 Cijfers en Tabellen

11.1 Fruit

Tabel 15. Overzicht milieubelasting individueel fruit per 1 kg (1).

Effectcategorie	Eenheid	Appel met schil	Appel zonder schil	Banaan	Druiven met schil	Kiwi
Klimaatverandering	kg CO ₂ -eq	4,13E-01	4,65E-01	8,74E-01	8,25E-01	9,07E-01
Verzuring	kg SO ₂ -eq	3,21E-03	3,61E-03	9,80E-03	1,03E-02	9,93E-03
Zoetw. eutrofiëring	kg P-eq	6,40E-05	7,20E-05	1,33E-05	5,68E-05	2,62E-05
Mariene eutrofiëring	kg N-eq	1,69E-03	1,90E-03	6,21E-03	3,38E-03	2,63E-03
Bezet. landbouwgrond	m ² jaar	3,18E-01	3,58E-01	5,13E-01	1,01E+00	6,24E-01
Waterverbruik	m ³	2,19E-02	2,47E-02	7,51E-02	1,20E-01	3,30E-01

Tabel 16. Overzicht milieubelasting individueel fruit per 1 kg (2).

Effectcategorie	Eenheid	Mandarijn	Sinaasappel	Perzik zonder schil	Ananas	Aardbeien
Klimaatverandering	kg CO ₂ -eq	1,06E+00	1,05E+00	6,88E-01	1,64E+00	2,65E+00
Verzuring	kg SO ₂ -eq	1,22E-02	1,11E-02	5,12E-03	1,63E-02	1,14E-02
Zoetw. eutrofiëring	kg P-eq	1,72E-04	1,09E-04	1,15E-04	9,28E-05	1,66E-04
Mariene eutrofiëring	kg N-eq	8,56E-03	5,01E-03	2,80E-03	2,74E-02	6,78E-03
Bezet. landbouwgrond	m ² jaar	1,19E+00	8,08E-01	9,11E-01	4,88E-01	6,10E-01
Waterverbruik	m ³	3,26E-01	3,61E-01	3,19E-01	1,65E-02	5,04E-02

11.2 Groenten

Tabel 17. Overzicht milieubelasting individuele groenten per 1kg (1).

Effectcategorie	Eenheid	Sperziebonen	Sperziebonen in blik	Broccoli	Wortels	Bloemkool	Witlof
Klimaatverandering	kg CO ₂ -eq	1,34E+00	1,99E+00	1,99E+00	7,91E-01	1,35E+00	1,18E+00
Verzuring	kg SO ₂ -eq	1,43E-02	1,82E-02	2,49E-02	4,23E-03	1,85E-02	9,87E-03
Zoetw. eutrofiëring	kg P-eq	2,38E-04	2,64E-04	2,64E-04	6,06E-05	2,11E-04	1,49E-04
Mariene eutrofiëring	kg N-eq	1,11E-02	1,10E-02	3,85E-02	3,30E-03	1,67E-02	7,71E-03
Bezet. landbouwgrond	m ² jaar	1,06E+00	1,14E+00	1,43E+00	2,48E-01	1,14E+00	7,96E-01
Waterverbruik	m ³	2,74E-02	3,21E-02	4,18E-02	1,05E-02	7,62E-02	9,69E-03

Tabel 18. Overzicht milieubelasting individuele groenten per 1 kg (2).

Effectcategorie	Eenheid	Courgette	Komkommer	Boerenkool	Sla, gemiddeld	Kropsla	Uien
Klimaatverandering	kg CO ₂ -eq	1,64E+00	1,49E+00	1,07E+00	8,36E-01	8,54E-01	5,90E-01
Verzuring	kg SO ₂ -eq	4,94E-03	3,31E-03	4,53E-03	4,51E-03	4,99E-03	4,53E-03
Zoetw. eutrofiëring	kg P-eq	7,11E-05	3,79E-05	4,91E-05	5,01E-05	5,33E-05	1,16E-04
Mariene eutrofiëring	kg N-eq	1,92E-03	1,69E-03	5,57E-03	2,40E-03	2,72E-03	3,04E-03
Bezet. landbouwgrond	m ² jaar	1,55E-01	4,19E-02	2,41E-01	4,07E-01	4,63E-01	2,65E-01
Waterverbruik	m ³	2,65E-02	8,11E-03	2,56E-02	5,35E-02	6,04E-02	1,55E-02

Tabel 19. Overzicht milieubelasting individuele groenten per 1 kg (3).

Effectcategorie	Eenheid	Doperwten	Aardappelen	Spinazie	Tomaten, rauw	Tomaten, gekookt
Klimaatverandering	kg CO ₂ -eq	1,29E+00	8,15E-01	1,11E+00	1,51E+00	1,76E+00
Verzuring	kg SO ₂ -eq	1,37E-02	6,59E-03	1,00E-02	3,26E-03	3,47E-03
Zoetw. eutrofiëring	kg P-eq	7,94E-04	1,25E-04	1,29E-04	3,80E-05	3,81E-05
Mariene eutrofiëring	kg N-eq	1,00E-02	4,99E-03	6,85E-03	1,56E-03	1,57E-03
Bezet. landbouwgrond	m ² jaar	3,11E+00	3,23E-01	6,34E-01	3,90E-02	3,90E-02
Waterverbruik	m ³	3,45E-02	1,14E-02	1,06E-02	5,66E-03	5,93E-03

11.3 Zuivel

Tabel 20. Overzicht milieubelasting individuele zuivelproducten per 1 kg (1).

Effectcategorie	Eenheid	Boter (alle)	Amsterdammer 48+	Goudse 48+	Edammer 40+	Kaas 20+	Geitenkaas, vers
Klimaatverandering	kg CO ₂ -eq	1,32E+01	1,05E+01	1,05E+01	8,87E+00	8,40E+00	7,73E+00
Verzuring	kg SO ₂ -eq	3,19E-01	2,47E-01	2,47E-01	2,07E-01	1,95E-01	1,70E-01
Zoetw. eutrofiëring	kg P-eq	1,97E-03	1,53E-03	1,53E-03	1,28E-03	1,21E-03	1,55E-03
Mariene eutrofiëring	kg N-eq	1,33E-01	1,03E-01	1,03E-01	8,61E-02	8,13E-02	7,49E-02
Bezet. landbouwgrond	m ² jaar	9,03E+00	6,99E+00	6,99E+00	5,85E+00	5,52E+00	7,52E+00
Waternverbruik	m ³	8,97E-02	6,97E-02	6,97E-02	5,84E-02	5,52E-02	9,83E-02

Tabel 21. Overzicht milieubelasting individuele zuivelproducten per 1 kg (2).

Effectcategorie	Eenheid	Kwark (v)	IJs, room-/vanille-	Optimel	Vla, vanille- (v)	Vla, overige smaken (v)	Yoghurt (v)
Klimaatverandering	kg CO ₂ -eq	4,35E+00	4,17E+00	2,99E+00	1,97E+00	1,94E+00	2,07E+00
Verzuring	kg SO ₂ -eq	8,17E-02	7,12E-02	4,32E-02	2,85E-02	2,80E-02	3,50E-02
Zoetw. eutrofiëring	kg P-eq	5,09E-04	4,47E-04	3,23E-04	1,79E-04	2,04E-04	2,14E-04
Mariene eutrofiëring	kg N-eq	3,35E-02	2,92E-02	2,04E-02	1,16E-02	1,15E-02	1,43E-02
Bezet. landbouwgrond	m ² jaar	2,28E+00	2,06E+00	2,01E+00	1,04E+00	1,16E+00	1,19E+00
Waternverbruik	m ³	2,45E-02	2,22E-02	1,60E-02	1,26E-02	1,38E-02	1,22E-02

Tabel 22. Overzicht milieubelasting individuele zuivelproducten per 1 kg (3).

	Eenheid	Yoghurt (hv)	Yoghurt (m)	Yoghurt, vruchten (m)	Karnemelk	Melk (v)	Melk (hv)	Effectcat egorie
Klimaatverandering	kg CO ₂ -eq	2,02E+00	1,97E+00	1,93E+00	1,97E+00	1,63E+00	1,58E+00	1,53E+00
Verzuring	kg SO ₂ -eq	3,38E-02	3,26E-02	2,88E-02	3,26E-02	3,48E-02	3,35E-02	3,23E-02
Zoetw. eutrofiëring	kg P-eq	2,07E-04	1,99E-04	1,85E-04	1,99E-04	2,15E-04	2,08E-04	2,00E-04
Mariene eutrofiëring	kg N-eq	1,38E-02	1,33E-02	1,23E-02	1,33E-02	1,44E-02	1,39E-02	1,34E-02
Bezet. landbouwgrond	m ² jaar	1,16E+00	1,12E+00	1,10E+00	1,12E+00	1,20E+00	1,17E+00	1,13E+00

	Eenheid	Yoghurt (hv)	Yoghurt (m)	Yoghurt, vruchten (m)	Karnemelk	Melk (v)	Melk (hv)	Effectcategorie
WATERVERBRUIK	m ³	1,19E-02	1,15E-02	2,56E-02	1,16E-02	1,16E-02	1,13E-02	1,09E-02

11.4 Vlees

Tabel 23. Overzicht milieubelasting individuele vleesproducten per 1 kg (1).

Effectcategorie	Eenheid	Lamsvlees > 10 g vet	Runderbakkappen	Runderbiefstuk	Hamburger	Gehakt, rund	Runderrosbief
Klimaatverandering	kg CO ₂ -eq	7,92E+01	4,56E+01	4,47E+01	2,46E+01	2,43E+01	2,38E+01
Verzuring	kg SO ₂ -eq	3,01E+00	1,11E+00	1,11E+00	5,85E-01	5,84E-01	5,83E-01
Zoetw. eutrofiëring	kg P-eq	2,26E-02	9,55E-03	9,55E-03	4,52E-03	4,41E-03	4,47E-03
Mariene eutrofiëring	kg N-eq	1,83E+00	5,00E-01	5,00E-01	2,51E-01	2,50E-01	2,51E-01
Bezet. landbouwgrond	m ² jaar	1,18E+02	5,37E+01	5,37E+01	2,42E+01	2,35E+01	2,38E+01
WATERVERBRUIK	m ³	1,40E-01	1,03E+00	1,03E+00	4,09E-01	4,12E-01	4,32E-01

Tabel 24. Overzicht milieubelasting individuele vleesproducten per 1 kg (2).

Effectcategorie	Eenheid	Runderrookvlees	Worst, ossen-	Gehakt, half-om-half	Worst, rook/rund-	Varkensbraadworst
Klimaatverandering	kg CO ₂ -eq	2,13E+01	1,86E+01	1,72E+01	1,64E+01	1,46E+01
Verzuring	kg SO ₂ -eq	5,19E-01	4,51E-01	3,83E-01	3,99E-01	2,94E-01
Zoetw. eutrofiëring	kg P-eq	3,92E-03	3,40E-03	2,85E-03	3,02E-03	2,27E-03
Mariene eutrofiëring	kg N-eq	2,23E-01	1,93E-01	1,54E-01	1,71E-01	1,12E-01
Bezet. landbouwgrond	m ² jaar	2,09E+01	1,82E+01	1,61E+01	1,61E+01	1,34E+01
WATERVERBRUIK	m ³	3,67E-01	3,18E-01	2,37E-01	2,81E-01	1,57E-01

Tabel 25. Overzicht milieubelasting individuele vleesproducten per 1 kg (3).

Effectcategorie	Eenheid	Filet americain	Kip met vel	Varkensvlees < 5 g vet	Varkensvlees 5-14 g vet	Varkenskarbonade, schouder	Worst, gekookte
Klimaatverandering	kg CO ₂ -eq	1,42E+01	1,28E+01	1,27E+01	1,27E+01	1,27E+01	1,20E+01
Verzuring	kg SO ₂ -eq	3,32E-01	1,74E-01	2,28E-01	2,28E-01	2,28E-01	2,62E-01
Zoetw. eutrofiëring	kg P-eq	3,12E-03	1,52E-03	1,72E-03	1,72E-03	1,72E-03	1,94E-03
Mariene eutrofiëring	kg N-eq	1,47E-01	5,18E-02	7,46E-02	7,46E-02	7,46E-02	1,03E-01
Bezet. landbouwgrond	m ² jaar	1,56E+01	9,05E+00	1,14E+01	1,14E+01	1,14E+01	1,11E+01
Waterverbruik	m ³	4,24E-01	9,25E-02	7,85E-02	7,85E-02	7,85E-02	1,54E-01

Tabel 26. Overzicht milieubelasting individuele vleesproducten per 1 kg (4).

Effectcategorie	Eenheid	Worst, cervelaat-	Kipfilet bereid	Worst, knak-	Ham, schouder-	Spek, ontbijt-	Ham, achter-	Kipfilet, beleg	Kroket
Klimaatverandering	kg CO ₂ -eq	1,20E+01	1,19E+01	1,14E+01	9,22E+00	9,22E+00	9,22E+00	9,15E+00	7,95E+00
Verzuring	kg SO ₂ -eq	2,59E-01	1,64E-01	2,50E-01	1,76E-01	1,76E-01	1,76E-01	1,34E-01	1,47E-01
Zoetw. eutrofiëring	kg P-eq	1,91E-03	1,43E-03	1,90E-03	1,24E-03	1,24E-03	1,24E-03	1,09E-03	2,15E-03
Mariene eutrofiëring	kg N-eq	1,01E-01	4,88E-02	1,00E-01	5,59E-02	5,59E-02	5,59E-02	3,76E-02	7,14E-02
Bezet. landbouwgrond	m ² jaar	1,11E+01	8,53E+00	1,05E+01	8,42E+00	8,42E+00	8,42E+00	6,63E+00	1,25E+01
Waterverbruik	m ³	1,49E-01	8,67E-02	1,59E-01	5,80E-02	5,76E-02	5,76E-02	7,17E-02	1,81E-01

Tabel 27. Overzicht milieubelasting individuele vleesproducten per 1 kg (5).

Effectcategorie	Eenheid	Gehakt (gebraden beleg)	Frikandel	Worst, boterham-	Ei, gekookt	Worst, smeerlever-
Klimaatverandering	kg CO ₂ -eq	7,53E+00	6,55E+00	5,72E+00	4,91E+00	4,38E+00
Verzuring	kg SO ₂ -eq	1,43E-01	8,66E-02	9,80E-02	1,07E-01	7,57E-02
Zoetw. eutrofiëring	kg P-eq	1,04E-03	1,47E-03	7,01E-04	7,24E-04	5,30E-04
Mariene eutrofiëring	kg N-eq	4,94E-02	3,59E-02	3,11E-02	2,64E-02	2,40E-02
Bezet. landbouwgrond	m ² jaar	6,62E+00	9,47E+00	4,67E+00	4,67E+00	3,60E+00
Waterverbruik	m ³	6,01E-02	5,48E-02	3,36E-02	7,09E-02	2,68E-02

11.5 Brood

Tabel 28. Overzicht milieubelasting individuele broodproducten per 1 kg.

Effectcategorie	Eenheid	Tarwebrood, wit	Tarwebrood, volkoren	Stokbrood, wit
Klimaatverandering	kg CO ₂ -eq	1,05E+00	9,75E-01	9,12E-01
Verzuring	kg SO ₂ -eq	1,01E-02	8,62E-03	9,82E-03
Zoetw. eutrofiëring	kg P-eq	1,00E-04	8,41E-05	1,02E-04
Mariene eutrofiëring	kg N-eq	6,56E-03	5,51E-03	6,54E-03
Bezet. landbouwgrond	m ² jaar	8,41E-01	7,14E-01	7,88E-01
Waterverbruik	m ³	2,40E-03	2,39E-03	1,84E-03

11.6 Vis

Tabel 29. Overzicht milieubelasting individuele visproducten per 1 kg (1).

Effectcategorie	Eenheid	Tilapiafilet	Tonijn in blik	Pangasiusfilet	Koolvis	Lekkerbek
Klimaatverandering	kg CO ₂ -eq	2,63E+01	1,87E+01	1,58E+01	9,62E+00	8,60E+00
Verzuring	kg SO ₂ -eq	1,37E-01	1,36E-01	9,80E-02	6,41E-02	6,18E-02
Zoetw. eutrofiëring	kg P-eq	1,53E-03	4,32E-04	1,45E-03	3,42E-04	7,92E-04
Mariene eutrofiëring	kg N-eq	3,63E-02	7,62E-03	4,21E-02	8,53E-03	2,05E-02
Bezet. landbouwgrond	m ² jaar	9,38E+00	9,70E-02	1,02E+01	1,81E+00	6,21E+00
Waterverbruik	m ³	1,24E-01	1,02E-01	9,31E-02	2,69E-02	4,07E-02

Tabel 30. Overzicht milieubelasting individuele visproducten per 1 kg (2).

Effectcategorie	Eenheid	Kabeljauwfilet	Zalm, kweek	Zalm, wild	Haring
Klimaatverandering	kg CO ₂ -eq	7,44E+00	7,70E+00	5,16E+00	2,90E+00
Verzuring	kg SO ₂ -eq	4,63E-02	4,64E-02	3,47E-02	1,16E-02
Zoetw. eutrofiëring	kg P-eq	3,29E-04	8,74E-04	4,36E-04	1,59E-04
Mariene eutrofiëring	kg N-eq	7,48E-03	2,32E-02	1,12E-02	5,08E-03
Bezet. landbouwgrond	m ² jaar	1,81E+00	4,23E+00	1,80E+00	5,77E-02
Waterverbruik	m ³	2,32E-02	3,75E-02	1,78E-02	1,25E-02

12 Literatuur

- Biesbroek, S., Bueno-de-Mesquita, H.B., Peeters P.H., Verschuren, W.M., van der Schouw, Y.T., Kramer GF, et al. 2014. Reducing our environmental footprint and improving our health: greenhouse gas emission and land use of usual diet and mortality in EPIC-NL: a prospective cohort study. *Environmental Health* 2014, 13:27.
- Bosatlas van het voedsel, 2014. Noordhoff Atlasproducties, Amsterdam.
- Broekema, R., Kuling, L., Scholten, J., 2015. Life Cycle Inventories of dairy and animal products consumed in the Netherlands. Guidance document. Blonk Consultants, Gouda.
- BSI, 2012, PAS 2050-1: 2012 Assessment of life cycle greenhouse gas emissions from horticultural products.
- CBS, 2014. <http://www.cbs.nl/nl-NL/menu/themas/inkomen-bestedingen/publicaties/artikelen/archief/2014/default.htm>.
- EC, 2010. ILCD Handbook. General Guide for Life Cycle Assessment. European Commission - Joint Research Center, Ispra, Italy. doi:10.2788/94987.
- Falkenmark, M. and Rockstrom, J. (2004). Balancing Water for Humans and Nature. The New Approach in Ecohydrology, Earthscan, London.
- FAO, 2010. Definition of Sustainable Diets. Report of the International Scientific Symposium: Biodiversity and Sustainable Diets United Against Hunger, Rome, 3-5 November 2010. Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- Goedkoop, M.J., Heijungs, R., Huijbregts, M., De Schryver, A., Struijs J., Van Zelm, R., ReCiPe 2008, A life cycle impact assessment method which comprises harmonised category indicators at the midpoint and the endpoint level; First edition Report I: Characterisation; 6 January 2009, <http://www.lcia-recipe.net>
- Hayashi, K., Okazaki M., Itsubo, N., Inaba, A. (2004) Development of damage function of acidification for terrestrial ecosystems based on the effect of aluminum toxicity on net primary production. *Int J LCA* 9:13-22.
- Hollander, A., Zijp, M., Van Wijnen, H., 2015. A spatially explicit LCA-indicator for P-depletion in agricultural soils. RIVM report 2015-0198.
- JRC, 2015, Baseline Approaches for the Cross-Cutting Issues of the Cattle Related Product Environmental Footprint Pilots in the Context of the Pilot Phase.
- JRC-IES, 2010. ILCD Handbook - General guide for life cycle assessment - provisions and action steps. doi:10.2788/94987
- Kotakorpi, E., Lähteenoja, S., Lettenmeier, M., Leismann, M., 2013. Household MIPS - Natural resource consumption of Finnish households and its reduction. The Finnish Environment 43en/2008. SYKE Finnish Environment Institute.
- Kros, J., 2002. Evaluation of biogeochemical models at local and regional scale. PhD thesis. Wageningen University, Wageningen, The Netherlands.

- Kuling, L., 2015. Bread LCI's. Blonk Consultants, Gouda.
- Ministerie van LNV, 2009. Nota Duurzaam Voedsel. Naar een duurzame consumptie en productie van ons voedsel.
- Nachtergaele, F., Van Velthuijzen, H., Verelst, L., Wiberg, D., 2012. Harmonized World Soil Database, version 1.2. FAO/IIASA/ISRIC/ISS-CAS/JRC, Rome (Italy) – Laxenburg (Austria). (<http://www.iiasa.ac.at/Research/LUC/GAEZ/index.htm>).
- Ocké, M.C., van Rossum, C.T.M., Fransen, H.P., Buurma, E.M., De Boer, E.J., Brants, H.A.M., et al Dutch National Food Consumption Survey – Young Children 2005/2006. RIVM rapport 350070001. Bilthoven, RIVM 2008.
- Ocké, M.C., Buurma-Rethans, E.J.M., De Boer, E.J., Wilson-van den Hooven, C., Etemad-Ghameshlou, Z., Drijvers, J.J.M.M., Van Rossum CTM. Dutch National Food Consumption Survey-Older adults 2010-2012. RIVM rapport 050413001/2013. Bilthoven, RIVM 2013.
- PBL. De macht van het menu. Opgaven en kansen voor duurzaam en gezond voedsel. Den Haag, PBL 2013.
- Potting, J., Beusen, A., Øllgaard, H., Hansen, O.C., De Haan, B., Hauschild, M. (2005). Aquatic eutrophication. In: Potting, J., Hauschild, M. (eds.). Technical background for spatial differentiation in life cycle impact assessment. Danish Environmental Protection Agency, Copenhagen.
- Rockström, J., Steffen, W., Noone, K., Persson, A., Stuart, F., Lambin, E., et al, 2009. Planetary boundaries: Exploring the safe operating space for humanity. Ecology and Society 14, 32. <http://www.ecologyandsociety.org/vol14/iss2/art32/>.
- Røpke, I., 2009. Theories of practice – New inspiration for ecological economic studies on consumption. Ecological Economics 68, 2490-2497.
- Steffen, W., Richardson, K., Rockström, J., Cornell, S.J., Fetze, R. I., Bennett, E.M., et al., 2015. Planetary boundaries: Guiding human development on a changing planet. Science 347 (6223). DOI: 10.1126/science.1259855.
- Scholten, J., Durlinger, B., Tyszler, M., Broekema, R., Van Zeis, T. W.-J., Blonk, H., 2014. Agri footprint; Methodology and basic principles. Version 1.0. Blonk Agrifootprint BV, Gouda. <http://agri-footprint.com/methodology/methodology-report.html>.
- Temme, E.H., Toxopeus, I.B., Kramer, G.F., Brosens, M.C., Drijvers, J.M., Tyszler, M., Ocké M.C., 2015. Greenhouse gas emission of diets in the Netherlands and associations with food, energy and macronutrient intakes. Public Health Nutr 18 (13): 2433-45.
- Udo de Haes, H.A., Finnveden, G., Goedkoop, M.J., Hauschild, M., Hertwich, E.G., Hofstetter, P., et al, 2002. Lifecycle impact assessment: striving towards best practice; SETAC: Pensacola (FL), USA.
- USDA, 2015. <http://www.health.gov/dietaryguidelines/2015-scientific-report/PDFs/Scientific-Report-of-the-2015-Dietary-Guidelines-Advisory-Committee.pdf>.
- Van Jaarsveld, J.A., 1995. Modelling the long-term atmospheric behaviour of pollutants on various spatial scales. PhD thesis. University of Utrecht, Utrecht, The Netherlands.

- Van Rossum, C.T.M., Fransen, H.P., Verkaik-Kloosterman, J., Buurma-Rethans, E.J.M., Ocké, M.C. Diet of children and adults aged 7 to 69 years. RIVM Rapport 350050006. Bilthoven, RIVM 2011.
- Van Westerhoven, S., Steenhuizen, F., 2010. Bepaling voedselverliezen bij huishoudens en bedrijfscatering in Nederland. Amsterdam: CREM.
- Westhoek, H., Rood T., Van Eerdt, M., Van Gelder, M., Van Grinsven, H., Reudink, M., Van Zeijts, H., 2013. De macht van het menu. Opgaven en kansen voor duurzaam en gezond voedsel. PBL, Den Haag.
- WRR, 2014. Naar een voedselbeleid. WRR-rapport 93. Wetenschappelijke raad voor het overheidsbeleid. Amsterdam University Press.

RIVM

De zorg voor morgen begint vandaag