

University of Groningen

## Ecologische voetafdruk - Betekenis en bruikbaarheid

Postma, A.P.

**IMPORTANT NOTE: You are advised to consult the publisher's version (publisher's PDF) if you wish to cite from it. Please check the document version below.**

*Document Version*

Publisher's PDF, also known as Version of record

*Publication date:*

2000

[Link to publication in University of Groningen/UMCG research database](#)

*Citation for published version (APA):*

Postma, A. P. (2000). Ecologische voetafdruk - Betekenis en bruikbaarheid.

**Copyright**

Other than for strictly personal use, it is not permitted to download or to forward/distribute the text or part of it without the consent of the author(s) and/or copyright holder(s), unless the work is under an open content license (like Creative Commons).

**Take-down policy**

If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

Downloaded from the University of Groningen/UMCG research database (Pure): <http://www.rug.nl/research/portal>. For technical reasons the number of authors shown on this cover page is limited to 10 maximum.

RUG

Ψ

$\bar{E}$

$t'$

℘

$N_2$

\$

©

ℋ

△

%

Σ

ω

⊥

№

[k]

ë

∠

§

## Ecologische voetafdruk

Betekenis en bruikbaarheid

A.P. Postma

**EC 116**

**2000**



# Ecologische voetafdruk

## Betekenis en bruikbaarheid

A.P. Postma

Groningen, 2000

Wetenschapswinkel voor Economie RuG

Coördinator: drs. F.J. Sijtsma

Vragensteller: Centrum voor Internationale samenwerking, COS - Groningen

Begeleidend docent: dr. B.W. Lensink

Secretariaat: Janna J. Mesker / Betty Sijtsma

Adres:

Wetenschapswinkel voor Economie

Postbus 800

9700 AV GRONINGEN

Tel. 050-363 3754 / 7182

Fax 050-363 3720

E-mail: [wewi@eco.rug.nl](mailto:wewi@eco.rug.nl)

Internet: <http://www.eco.rug.nl/wewi>

CIP-GEGEVENS KONINKLIJKE BIBLIOTHEEK, DEN HAAG

Ecologische voetafdruk – Betekenis en bruikbaarheid

A.P. Postma

Groningen: Wetenschapswinkel voor Economie (Publicaties van de Wetenschapswinkel voor Economie EC 116)

- Met lit. opgave

ISBN 90-5803-013-X

NUGI 689

Copyright 2000 Wetenschapswinkel voor Economie, *Rijksuniversiteit Groningen*, Groningen

Niets in deze uitgave mag worden vermenigvuldigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie of op welke andere wijze ook zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de uitgever.

All rights reserved. No part of this publication may be reproduced in any form, by print or photoprint, microfilm or any other means, without written permission by the publishers.

Druk: Universiteitsdrukkerij *Rijksuniversiteit Groningen*

## **Voorwoord**

Dit onderzoek naar de betekenis en de bruikbaarheid van de ecologische voetafdruk is geschreven als eindscriptie voor mijn opleiding Algemene Economie aan de Rijksuniversiteit Groningen. Voor publicatie is het onderzoek nog op enkele plaatsen bewerkt.

Van deze plaats wil ik graag mijn scriptiebegeleiders drs. F.J. Sijtsma en dr. B.W. Lensink bedanken voor hun nuttige correcties en aanwijzingen. Verder hebben Mathis Wackernagel, J. Juffermans van de Kleine Aarde en drs. W. Nijlunsing van het Van Hall instituut mij voorzien van belangrijke informatie.

Allard Postma,

Groningen / Den Haag, 1999 - 2000



<b>VOORWOORD</b> .....	<b>III</b>
<b>1. INLEIDING</b> .....	<b>1</b>
<b>2. DUURZAAMHEID EN INDICATOREN VAN DUURZAAMHEID</b> .....	<b>3</b>
2.1 DE ONTWIKKELING VAN DUURZAAMHEID EN DUURZAME ONTWIKKELING .....	3
2.2 INDICATOREN VOOR DUURZAME ONTWIKKELING .....	4
2.3 MILIEUGEBRUIKSRUIMTE EN RUIMTEBESLAG .....	4
2.4 DE TOEREKENING VAN RUIMTEBESLAG .....	6
<b>3. DE ECOLOGISCHE VOETAFDRIJK: ONTWIKKELING VAN HET CONCEPT</b> .....	<b>7</b>
3.1 DE SAMENSTELLING VAN DE ECOLOGISCHE VOETAFDRIJK .....	8
3.2 DE BOODSCHAP VAN DE VOETAFDRIJK .....	9
3.3 EERSTE VERNIEUWING VAN HET CONCEPT: THE ECOLOGICAL FOOTPRINTS OF NATIONS .....	10
3.4 TWEEDE VERNIEUWING VAN HET CONCEPT: THE EVALUATION OF A CATCHMENT AREA .....	12
<b>4. DE VOETAFDRIJK: WAT MOETEN WE ERMEE?</b> .....	<b>15</b>
4.1 KANTTEKENINGEN BIJ DE VOETAFDRIJK .....	15
4.2 DE UITBREIDINGEN VAN HET VOETAFDRIJKCONCEPT.....	17
4.3 DE KOOLSTOF CYCLUS EN HET BROEIKASEFFECT IN DE ECOLOGISCHE VOETAFDRIJK.....	17
4.4 DE BRUIKBAARHEID VAN DE VOETAFDRIJK VOOR BELEID.....	20
4.5 DE TOEPASBAARHEID VAN DE VOETAFDRIJK OP LAGERE SCHAALNIVEAUS .....	21
4.6 HET VERVOLG VAN DIT ONDERZOEK.....	23
<b>5. DE TOEGEVOEGDE WAARDE VAN DE ECOLOGISCHE VOETAFDRIJK</b> .....	<b>25</b>
5.1 VERKLARING VAN DE VARIATIE IN VOETAFDRIJKEN: DE METHODE .....	25
5.2 DE UITKOMSTEN VOOR DE GEHELE STEEKPROEF .....	27
5.3 DE RUIMTELIJKE EFFICIËNTIE VAN LANDEN .....	30
5.4 CONCLUSIES .....	31
<b>6. MOGELIJKE VERFIJNING VAN HET VOETAFDRIJKCONCEPT</b> .....	<b>33</b>
6.1 DE PRODUCTIEVOETAFDRIJK .....	33
6.2 DE CONSUMPTIEVOETAFDRIJK GECORRIGEERD VOOR VERSCHILLEN IN PRODUCTIVITEIT .....	36
6.3 DE CONSEQUENTIES VAN DE HERBEREKENINGEN .....	39
6.4 CONCLUSIES .....	40
<b>7. CONCLUSIES</b> .....	<b>43</b>
<b>8. GERAADPLEEGDE LITERATUUR</b> .....	<b>47</b>
<b>BIJLAGE</b> .....	<b>49</b>
<b>PUBLICATIES VAN DE WETENSCHAPSWINKEL VOOR ECONOMIE (SINDS 1996)</b> .....	<b>54</b>





## 1. Inleiding

Productie wordt in het algemeen uitgedrukt in monetaire eenheden. Om berekeningen over de economie te maken worden alle soorten productie onder één noemer gebracht door ze uit te drukken in geld. De welvaart van landen wordt afgelezen aan het nationaal inkomen per hoofd en economische groei wordt vaak dan ook als belangrijkste doelstelling voor nationaal beleid gezien. Economische groei gaat echter veelal gepaard met een grotere belasting van het leefmilieu. Het is immers een bekend feit dat wij de aarde vervuilen met onder andere CFK's (drijfgassen die de ozonlaag aantasten), SO<sub>x</sub> en NO<sub>x</sub> (die de kwaliteit van onze grond en ons regenwater verminderen) en CO<sub>2</sub> (broeikas effect). Het uitdrukken van economische activiteit in geld doet nauwelijks recht aan deze zogenaamde externe effecten. Dit zijn effecten die wel de welvaart of het welzijn beïnvloeden, maar niet tot uitdrukking komen in prijzen. Milieubeleid wordt vaak los gezien van economisch beleid: de beslissingen over economische groei en uitstoot van schadelijke stoffen worden afzonderlijk van elkaar gemaakt, waarbij men in het algemeen weinig bereid is economische groei op te offeren voor een schoner milieu.

### *De ecologische voetafdruk*

In een poging om de invloed van het menselijk handelen op de aarde tot uitdrukking te brengen, introduceerden Mathis Wackernagel en William Rees in hun boek 'Our Ecological Footprint: Reducing Human Impact on the Earth' (1996) een nieuwe indicator voor duurzame groei: de ecologische voetafdruk. De ecologische voetafdruk berekent het beslag dat de consumptie van een bepaald persoon of een bepaald land legt op de beschikbare ruimte op onze planeet. De voetafdruk is in recente jaren in verschillende onderzoeken toegepast en wordt bovendien als beleidsinstrument ingezet.

Dit onderzoek heeft tot doel de betekenis en de bruikbaarheid van de ecologische voetafdruk op verschillende terreinen in kaart te brengen. In hoofdstuk 2 worden de begrippen duurzaamheid en duurzame ontwikkeling kort geïntroduceerd. Ook wordt kennis gemaakt met het concept van milieugebruiksruimte als indicator voor duurzaam beleid. In hoofdstuk 3 wordt de betekenis van de ecologische voetafdruk ontleed. Zowel de originele publicatie van Wackernagel en Rees als twee recentere studies worden hierbij gehanteerd. In hoofdstuk 4 worden kanttekeningen bij de ecologische voetafdruk geplaatst op gebied van berekening, analyse en toepasbaarheid. Ten aanzien van de bruikbaarheid worden enige vragen gesteld, die in de rest van het onderzoek aan bod komen. In hoofdstuk 5 wordt met behulp van een econometrische schatting bekeken in hoeverre de voetafdruk

nieuwe inzichten toevoegt aan het duurzaamheidsdebat. In hoofdstuk 6 worden twee alternatieve weergaven van de voetafdruk gepresenteerd, die worden gebruikt om na te gaan in hoeverre een andere berekening van de voetafdruk nuttig of wenselijk is. De conclusies van het onderzoek staan in hoofdstuk 7.

## 2. Duurzaamheid en indicatoren van duurzaamheid

Voor een discussie over indicatoren van duurzaam beleid is het van belang dat de begrippen ‘duurzaamheid’ en ‘duurzame ontwikkeling’ gedefinieerd worden. In de eerste paragraaf wordt de ontwikkeling van beide begrippen in een historisch kader geplaatst. Vervolgens wordt getoond welke indicatoren gebruikt worden om duurzaamheid te meten. Tenslotte wordt aandacht besteed aan het begrip ‘milieugebruiksruimte’ in het kader van duurzame ontwikkeling. Op dit begrip is de ecologische voetafdruk gestoeld.

### 2.1 De ontwikkeling van duurzaamheid en duurzame ontwikkeling

Het begrip ‘duurzaamheid’ wordt gebruikt ter aanduiding van activiteiten, processen en structuren die voor onbepaalde tijd moeten kunnen doorgaan of voortbestaan. De geschiedenis van dit begrip gaat in ieder geval terug tot de jaren zeventig en ontwikkelt zich in twee richtingen (Achterberg, 1994).

In 1972 publiceerde de Club van Rome, een internationale groep van industriëlen en wetenschappers die zich zorgen maakten om de toestand van de wereld, het rapport ‘Limits to Growth’. Men constateerde dat onze planeet een beperkte mogelijkheid heeft om de exponentieel groeiende wereldbevolking van voedsel en energie te voorzien en tegelijkertijd de veroorzaakte vervuiling te absorberen. Met andere woorden, het draagvermogen (*carrying capacity*) van de aarde is beperkt. De Club van Rome pleitte voor het tot stand brengen van een wereldomvattende evenwichtssituatie, waarbij de aarde voor toekomstige generaties behouden blijft. Dit is een statische opvatting van duurzaamheid, waarbij de nadruk ligt op fysieke grenzen.

De andere, meer dynamische invalshoek werd uiteengezet op de Conferentie over het Menselijk Leefmilieu, gehouden in Stockholm 1972. In deze meer dynamische opvatting kwam de nadruk te liggen op ontwikkeling. Volgens de deelnemers is onderontwikkeling de oorzaak van de problemen van ontwikkelingslanden. Ontwikkelingslanden zouden zich voornamelijk op ontwikkeling moeten richten, rekening houdend met hun prioriteiten en de noodzaak het milieu te beschermen. Ontwikkelde landen moeten proberen de kloof tussen arm en rijk te dichten.

Het begrip ‘duurzame ontwikkeling’ werd geïntroduceerd door het rapport ‘World Conservation Strategy’ uit 1980. Ontwikkeling wordt hier gekoppeld aan duurzaamheid, in dit geval het behoud (*conservation*) van levende hulpbronnen.

Wijdverbreide bekendheid kreeg het begrip ‘duurzame ontwikkeling’ door het rapport ‘Our Common Future’, gepubliceerd in 1987 door de *World Commission on Environment and Development* (WCED), onder voorzitterschap van Gro Harlem Brundtland. De Commissie steunt bij haar onderzoek op twee uitgangspunten: het gelijkheidsprincipe, dat wil zeggen het principe dat elke wereldbewoner

evenveel recht heeft op de natuurlijke rijkdommen van de aarde, en een mondiaal perspectief. Op grond van het gelijkheidsprincipe concludeert de Commissie dat de rijke landen een onevenredig groot deel van de hulpbronnen van de aarde verbruiken. Daarom rust met name op de rijke landen de verantwoordelijkheid om duurzaam beleid te realiseren. Verder is een mondiaal perspectief noodzakelijk omdat de wereld gekenmerkt wordt door grote interdependenties op het gebied van economie en milieu.

## **2.2 Indicatoren voor duurzame ontwikkeling**

Om inzicht te krijgen in de vooruitgang op het gebied van duurzame ontwikkeling is het gebruik van indicatoren een onmisbaar hulpmiddel. Er is echter weinig overeenstemming over hoe duurzaamheid gemeten moet worden, zowel bij beeldvorming als in de wetenschappelijke discussie. De *Commission on Sustainable Development* van de Verenigde Naties (UNCSD) heeft in 1996 130 indicatoren voor duurzame ontwikkeling in kaart gebracht en ingedeeld. De indicatoren zijn onderverdeeld in sociale, economische, milieu- en institutionele indicatoren.

Bij de indeling wordt gebruik gemaakt van het zogenaamde ‘Drijvende kracht - Staat - Respons’ raamwerk. ‘Drijvende kracht’ staat voor de menselijke activiteiten die invloed hebben op duurzame ontwikkeling, ‘staatindicatoren’ beschrijven de huidige staat van duurzame ontwikkeling en ‘respons’ geeft beleidsopties en andere reacties op duurzame ontwikkeling aan. Een voorbeeld van een drijvende krachtindicator is ‘uitstoot van schadelijke gassen’. De bijbehorende staatindicator zou dan ‘concentratie giftige stoffen in atmosfeer’ kunnen zijn. Een responsindicator is dan ‘uitgaven voor bestrijding luchtvervuiling’. Ter illustratie zijn in tabel 2.1 enkele indicatoren uitgelicht.

De ecologische voetafdruk hanteert een ander uitgangspunt. Deze probeert namelijk met een indicator de duurzaamheid aan te geven. Met dien verstande dat een te grote voetafdruk per definitie niet duurzaam is, terwijl een kleine voetafdruk niet noodzakelijk duurzaam is.

## **2.3 Milieugebruiksruimte en ruimtebeslag**

‘Milieugebruiksruimte’ is een relatief nieuw concept dat als indicator voor duurzame ontwikkeling gebruikt kan worden. Gedefinieerd in het kader van duurzaam beleid is milieugebruiksruimte het deel van natuurlijke hulpbronnen waar een persoon of een land gebruik van mag maken, gegeven ecologische randvoorwaarden (Opschoor, 1994). De bovenstaande definitie heeft een normatief karakter. Milieugebruiksruimte kan echter ook in neutrale – positieve – zin gedefinieerd worden als dat deel van de natuurlijke hulpbronnen waar een persoon of land daadwerkelijk gebruik van maakt (eigen definitie van de auteur).

**Tabel 2.1: Enkele indicatoren voor duurzame ontwikkeling**

Drijvende kracht	Staat	Respons
<i>Sociale indicatoren</i>		
Alfabetisme	Gemiddelde opleiding	Uitgaven aan scholing
Werkloosheid	Armoede-index	-
<i>Economische indicatoren</i>		
Energie-uitgaven	Voorraden fossiele brandstoffen	-
Import kapitaalgoederen	Percentage milieuvriendelijke	Hulp bij ontwikkeling
<i>Milieu-indicatoren</i>		
Jaarlijkse opname grondwater	Grondwaterreserves	Behandeling afvalwater
Emissie CO2	Vervuiling in stedelijke gebieden	Uitgaven aan terugdringen uitstoot
<i>Institutionele indicatoren</i>		
-	-	Strategieën voor duurzame ontwikkeling
-	Wetenschappers per miljoen inwoners	Uitgaven aan R&D

Bron: UNCSD, pag. ix-xiii

Omdat alle productie ruimte nodig heeft, kan grond gezien worden als de basisvoorwaarde van alle natuurlijke hulpbronnen. Productie wordt zodoende begrensd door de beschikbare hectares grond. Als in de definitie van milieugebruiksruimte 'natuurlijke hulpbronnen' vervangen wordt door 'beschikbare grond', ontstaat het 'ruimtebeslag'. In het rapport 'Nederlands ruimtebeslag in het buitenland' wordt berekend hoeveel hectare grond de Nederlandse import beslaat (Marjono et al., CREM, 1996). Alle importstromen naar Nederland zijn in de berekeningen meegenomen, inclusief illegale drugsimport en buitenlands toerisme. De belangrijkste vormen van ruimtebeslag die buiten beschouwing zijn gebleven zijn buitenlandse baggeractiviteiten van Nederlandse bedrijven en de Nederlandse visserij. In dit rapport wordt dus gewerkt met een positieve invulling van het begrip 'ruimtebeslag'.

Volgens de berekeningen van het CREM (*Consultancy and Research for Environmental Management*) is het ruimtebeslag van de Nederlandse import 23 miljoen hectare. Ter vergelijking: het Nederlandse landoppervlak heeft een grootte van 3,4 miljoen hectare. De economische activiteiten die het grootste buitenlandse ruimtebeslag hebben zijn veevoeder (27%), oliehoudend zaad en oliën (21%), hout (17%), rund en rundproducten (10%), tropisch hout (8%), koffie, thee en cacao (5%) en granen (5%). De Nederlandse import is voor het grootste deel afkomstig uit Europa (50%), gevolgd door Zuid-Amerika (20%), Azië (14%), Noord- en Midden-Amerika (11%) en Afrika (5%).

Op grond van dit onderzoek zou geconcludeerd kunnen worden dat Nederland een buitenlands ruimtebeslag heeft dat zeven keer zo groot is als de eigen oppervlakte. De berekeningen van het CREM houden echter geen rekening met het feit dat Nederland voor een deel van de import slechts

een doorvoerhaven is. De consumptie van een aantal goederen vindt in het buitenland plaats, maar wordt aan Nederland toegerekend. Aan deze berekeningen mogen dus weinig conclusies worden verbonden.

#### **2.4 De toerekening van ruimtebeslag**

Milieuschade – of milieugebruik – kan op twee manieren doorberekend worden: per verdiende gulden of per uitgegeven gulden. Anders gezegd: is de producent of de consument verantwoordelijk voor de milieuschade die een bepaald goed met zich meebrengt? In Mexico wordt bijvoorbeeld op milieuvriendelijke, goedkope wijze olie gewonnen. Deze olie wordt voor een groot deel aan de Verenigde Staten doorverkocht. Wie is dan verantwoordelijk? De Mexicaanse producent die ervoor kiest om goedkoop olie te winnen of de Amerikaanse consument die de voorkeur geeft aan goedkope producten, zonder op de milieueffecten te letten?

Beide methoden hebben echter ook hun tekortkomingen. Als vervuiling aan de producent wordt toegerekend, wordt geen recht gedaan aan de druk die consumenten op de producenten uitoefenen om de prijs laag te houden. Een producent die graag milieuvriendelijk wil produceren loopt het risico zich door hogere kosten uit de markt te prijzen. Als de consument geen rekening wenst te houden met de productiewijze, maar alleen op de prijs let, is er voor een individuele producent nauwelijks keus. Als vervuiling daarentegen aan de consument wordt toegerekend, dan heeft een individuele producent geen prikkel om milieuvriendelijker te produceren. Milieuvriendelijker produceren tegen hogere kosten zal zijn winstmarge namelijk negatief beïnvloeden. Beide invalshoeken zijn dus in principe even nuttig en bruikbaar. Daarom zal in hoofdstuk zes de voetafdruk, die ruimtegebruik toerekent aan de consument, worden herberekend voor toerekening aan producenten.

### 3. De ecologische voetafdruk: ontwikkeling van het concept

#### *Wat meet de voetafdruk?*

Als men het ruimtebeslag van een land wil berekenen moet, zoals bleek in het voorgaande hoofdstuk, gekozen worden tussen een toerekening van milieugebruiksruimte aan producenten of aan consumenten. De ecologische voetafdruk is een indicator die alle ruimtegebruik toerekent aan de uiteindelijke consument. Als het ruimtebeslag van de consumptie van een land gedeeld wordt door het aantal inwoners, ontstaat de voetafdruk van een individuele inwoner. Als men deze vergelijkt met de beschikbare hoeveelheid vruchtbaar land per wereldbewoner<sup>1</sup>, wordt duidelijk hoe het ruimtebeslag in de wereld verdeeld is.

De ecologische voetafdruk berekent niet alleen het directe – feitelijke – ruimtebeslag. Er wordt ook vanuit gegaan dat een bepaald deel van de aarde gereserveerd moet worden om de vervuiling te absorberen. Als dat niet gebeurt, dan gaat dat ten koste van de leefbaarheid in de toekomst. In concreto stelt de voetafdruk dat alle CO<sub>2</sub>-uitstoot die ontstaat door de uitstoot van fossiele brandstoffen<sup>2</sup> geabsorbeerd moet worden. Dit kan gedaan worden door speciale ‘CO<sub>2</sub>-bossen’ aan te wijzen. Op de details van de koolstofcyclus wordt in paragraaf 4.1 ingegaan. De bossen die gereserveerd worden voor de absorptie van CO<sub>2</sub> vormen dus het indirecte – fictieve – ruimtebeslag van consumptie.

De ecologische voetafdruk is dus de som van het directe en het indirecte ruimtebeslag van consumptie. Hierdoor is het mogelijk dat de gemiddelde ecologische voetafdruk groter is dan de beschikbare hoeveelheid vruchtbaar land per wereldbewoner. In dat geval wordt niet alle CO<sub>2</sub> die vrijkomt door verbranding van fossiele brandstoffen geabsorbeerd en neemt de CO<sub>2</sub>-concentratie in de atmosfeer toe. Dit draagt bij aan het zogenaamde broeikaseffect en kan een toename van de gemiddelde temperatuur tot gevolg hebben. Een toename van de temperatuur kan het ecologische evenwicht verstoren, waardoor overstromingen, droogte en andere natuurrampen ten gevolge van meteorologische veranderingen kunnen ontstaan.

In het UNCSD-raamwerk is de ecologische voetafdruk een staatindicator die aangeeft wat het ruimtelijk beslag is van de menselijke consumptie. Een drijvende kracht achter de voetafdruk is zonder twijfel het inkomen per hoofd van de bevolking, vanwege de relatie tussen inkomen en consumptie. Wat precies het effect van het inkomen op de voetafdruk is, verschilt echter per land.

---

<sup>1</sup> Door Wackernagel en Rees ‘Eerlijk aardeaandeel’ genoemd. Zie verderop.

<sup>2</sup> Dat wil zeggen, alle inactieve koolstof die aan de koolstofcyclus wordt toegevoegd. De koolstof die in fossiele brandstof opgesloten ligt komt bij verbranding in de atmosfeer terecht. Deze koolstof was echter ‘inactief’ omdat het in de aardlagen verborgen lag. Bij verbranding van fossiele brandstoffen neemt de hoeveelheid actieve koolstof dus toe.



Verderop wordt nader op deze relatie tussen inkomen en voetafdruk ingegaan. Responsindicatoren zouden kunnen zijn ‘uitgaven aan beperking uitstoot CO<sub>2</sub>’ of ‘uitgaven aan publiciteitscampagnes voor milieuvriendelijke consumptie’.

### *Gebruik van de voetafdruk*

Wackernagel en Rees lijken de ecologische voetafdruk op twee manieren te gebruiken. Ten eerste om mensen proberen bewust te maken van de consequenties van hun consumptie. De voetafdruk is zo een normatieve grootheid: hoe kleiner hoe beter. Dit is hun primaire doelstelling (Wackernagel en Rees, 1996, blz. 150). Op deze wijze gebruikt is het vooral van belang de toegankelijkheid voor leken zo groot mogelijk te houden. Ten tweede proberen de auteurs de voetafdruk als positieve weergave van ruimtebeslag te gebruiken. De conclusies die zij uit deze berekeningen trekken worden gebruikt als argumenten voor voetafdrukverkleining. Voor deze toepassing moet echter veel zorgvuldigheid in acht worden genomen, wat mogelijk de berekening moeilijker en minder toegankelijk maakt.

Beide gebruiksdoeleinden zijn dus zowel complementair als strijdig. Om een overtuigend argument voor voetafdrukverkleining te kunnen houden, zijn nauwkeurige en al gauw ingewikkelde berekeningen nodig. Een dergelijke berekening zal echter ten koste gaan van de eenvoud. Hierdoor neemt de toegankelijkheid van de voetafdruk voor leken af.

### **3.1 De samenstelling van de ecologische voetafdruk**

Zoals boven beschreven is het concept van de ecologische voetafdruk gebaseerd op de idee dat voor elke vorm van consumptie een zekere hoeveelheid land nodig is, zowel voor productie als voor het afvoeren van de vervuiling. Bij de vervuiling wordt omwille van de eenvoud echter alleen de CO<sub>2</sub>-uitstoot meegenomen. Dit is een duidelijk voorbeeld van hoe het ene gebruiksdoel – de voetafdruk als publiciteitsinstrument – ondergeschikt wordt gemaakt aan het andere – een zo correct mogelijke weergave van het werkelijke ruimtebeslag.

Om alle berekeningen correct en helder te kunnen uitvoeren, wordt om de consumptie in categorieën opgedeeld. Binnen een categorie worden alle consumptie in componenten uitgesplitst. Deze worden vervolgens omgerekend in landverbruik.

Verschillende vormen van consumptie vergen verschillende soorten land. Voor het verbouwen van graan is bijvoorbeeld akkerland nodig, terwijl voor de productie van melk weiland gebruikt wordt. De consumptie- en landcategorieën worden vervolgens samengebracht in een matrix waaruit het totale ruimtegebruik afgelezen kan worden (zie tabel 3.1). Voor een meer gedetailleerde beschrijving van de samenstelling en berekening van de ecologische voetafdruk wordt de lezer verwezen naar de bijlage.

**Tabel 3.1: De consumptie-landgebruikmatrix voor de gemiddelde Canadees**

<i>Productief land (ha/per capita)</i>	<b>Energie</b>	<b>Gecons. land</b>	<b>Tuinen</b>	<b>Akker</b>	<b>Weide</b>	<b>Bosgrond</b>	<b>Totaal</b>
<b>Voedsel</b>	0,33	-	0,2	0,60	0,33	0,02	1,30
<b>Huisvesting</b>	0,41	0,08	0,002	-	-	0,40	0,89
<b>Transport</b>	0,79	0,10	-	-	-	-	0,89
<b>Cons. goed.</b>	0,52	0,01	-	0,06	0,13	0,17	0,89
<b>Diensten</b>	0,29	0,01	-	-	-	-	0,30
<b>Totaal</b>	2,34	0,20	0,02	0,66	0,46	0,59	<b>4,27</b>

(Bron: Wackernagel en Rees, 1996, blz. 82)

### 3.2 De boodschap van de voetafdruk

De grootte van de ecologische voetafdruk van de gemiddelde Canadees is in dezelfde orde van grootte als die van de gemiddelde westerling. Wackernagel en Rees berekenen voor Europa, Canada en de VS voetafdrukken van tussen de 3 en 5 hectare ecologisch productief land per persoon. Japan en Zuid-Korea komen uit op voetafdrukken tussen de 2 en 3 hectare.

Als iedere aardbewoner evenveel recht heeft op de aarde als een ander, zou iemands ecologische voetafdruk maximaal 1,5 hectare mogen bedragen. Wackernagel en Rees noemen dit het *fair earth share*, oftewel *eerlijk aardeaandeel*. Uit hun berekeningen concluderen zij dat de aarde te klein zou zijn als iedereen op dezelfde voet zou leven als de mensen in de geïndustrialiseerde landen. Wij danken onze levensstandaard, kortom, aan de lage levensstandaard elders in de wereld.

Aan de hand van de hoeveelheid ecologisch productief land dat beschikbaar is in ieder land berekenen Wackernagel en Rees vervolgens het *ecologisch tekort*. Het ecologisch tekort wordt gedefinieerd als de ratio van de hoeveelheid gebruikt land en de hoeveelheid beschikbaar land binnen de eigen landsgrenzen. Uit hun berekeningen blijkt dat alle geïndustrialiseerde landen, met uitzondering van Canada en Australië, importeurs zijn van ruimte. Ze zijn, met andere woorden, voor hun levensstandaard afhankelijk van ruimte die niet aan hen toebehoort.

Ook de wereld als geheel kampt met een ecologisch tekort. Dit is de belangrijkste conclusie van Wackernagel en Rees. Volgens hun berekeningen is er een globaal ecologisch tekort van 30%. Dit betekent, zoals al aangegeven in paragraaf 3.1, dat niet alle geactiveerde CO<sub>2</sub> geabsorbeerd wordt en dat de concentratie CO<sub>2</sub> in de atmosfeer toeneemt. Hierdoor kunnen klimatologische veranderingen optreden die het natuurlijk kapitaal van de aarde aantasten.

Wackernagel en Rees pleiten ervoor om de ecologische voetafdruk van ontwikkelde landen te verlagen. Een voetafdrukreductie rechtvaardigen zij vanuit drie oogpunten. Ten eerste vanuit ontwikkelingsoogpunt: ontwikkelingslanden kunnen de vrijgekomen ruimte gebruiken om hun eigen voetafdruk te vergroten. Ook uit oogpunt van billijkheid - ontwikkelde landen gebruiken meer ruimte

dan hen toekomt - is een kleinere voetafdruk wenselijk. Tenslotte heeft ook het milieu baat bij een verkleining, omdat de toename van de CO<sub>2</sub>-concentratie in de atmosfeer afneemt.

Het grootste onderdeel van de ecologische voetafdruk is het gebruik van energie. Dit omvat niet alleen direct energiegebruik, zoals elektriciteit, gas en fossiele brandstoffen, maar ook indirect gebruik. Een voorbeeld hiervan is de energie die nodig is voor transporten van goederen of het verwarmen van kassen. Verder wordt bijvoorbeeld voor de productie van vlees relatief veel ruimte gebruikt. De dieren moeten namelijk tot aan de slacht gevoed worden en daarvoor zijn grote hoeveelheden - veelal geïmporteerd - veevoeder voor nodig. Hieruit kan men, met behulp van gezond verstand, methoden afleiden om de ecologische voetafdruk te reduceren:

- beperking van de automobilititeit
- minder met het vliegtuig reizen
- energiezuinige huishoudelijke apparaten gebruiken
- energiebesparing door isolatie
- consumptie van vlees beperken
- consumptie geïmporteerde goederen beperken

Het accent ligt dus vooral op consumptiebeperking door ontwikkelde landen om de fysieke grenzen van de aarde. Hiermee geven de auteurs aan in dezelfde denkrichting te zitten als de Club van Rome. De voetafdruk is dan ook meer een indicator voor duurzaamheid dan voor duurzame ontwikkeling.

### **3.3 Eerste vernieuwing van het concept: The Ecological Footprints of Nations**

In het rapport 'The Ecological Footprints of Nations' (Wackernagel et al., 1997) borduren de schrijvers voort op het concept van de ecologische voetafdruk zoals die in de originele publicatie van 1996 verscheen. De analyse is echter op een paar punten gewijzigd, waardoor de uitkomsten verschillen van de vorige publicatie. In vergelijking met de originele voetafdruk zijn drie belangrijke wijzigingen aangebracht:

- 1) ecologisch productieve zeeruimte is toegevoegd aan de berekening
- 2) de verschillende soorten landverbruik zijn met *equivalentiefactoren* omgerekend in *bio-massa* en vergeleken met de aanwezige *bio-capaciteit* in een land
- 3) bij berekening van de bio-capaciteit van een land is gebruik gemaakt van lokale productiviteiten

ad 1. In de originele berekeningen van de voetafdruk werd voorbijgegaan aan het feit dat een deel van onze consumptie van de zee afkomstig is. Om dit te ondervangen is de zee aan de landcategorieën,

waar onze consumptie van afkomstig is, toegevoegd. Ook bij de berekening van de aanwezige bio-capaciteit (zie ad 3) is rekening gehouden met zeeruimte.

ad 2. De originele voetafdruk gaf een ruimtebeslag in hectare aan. In de nieuwe berekening wordt het ruimtebeslag in de verschillende categorieën met behulp van equivalentiefactoren<sup>3</sup> gecorrigeerd voor het feit dat bepaalde soorten land productiever zijn - meer bio-massa opleveren - dan andere. Een hectare vruchtbaar land is bijvoorbeeld productiever - levert meer bio-massa op - dan een hectare bos of zee en heeft dus een hogere equivalentiefactor. De equivalentiefactoren lijken zo te zijn gekozen dat het totaal aantal beschikbare hectares in de wereld gelijk blijft; alleen de verdeling in categorieën verandert. Op deze nieuwe manier worden alle hectares land gelijknamig gemaakt; ze hebben exact dezelfde productiviteit. De equivalentiefactoren zijn berekend aan de hand van cijfers van de FAO (*Food and Agriculture Organization*) van de Verenigde Naties. De voor de consumptie in een bepaald land benodigde ruimte wordt vergeleken met de in het land aanwezige bio-capaciteit (zie ad. 3).

ad 3. De in een land aanwezige bio-capaciteit wordt op dezelfde wijze berekend als de gebruikte biomassa, met één verschil, namelijk dat gebruik wordt gemaakt van lokale productiviteiten<sup>4</sup>. Deze worden vermenigvuldigd met de aanwezige ruimte. Dit is, zoals boven is uitgelegd, het product van de aanwezige hectare van de verschillende soorten land en de equivalentiefactoren. In tabel 3.2 staat een voorbeeld.

Op de boven beschreven wijze zijn de originele voetafdrukken herberekend. De resultaten van de herberekening staan in tabel 3.3 weergegeven. De nieuwe berekening heeft slechts tot kleine verschuivingen op de ranglijst geleid. De Verenigde Staten stijgen van 3 naar 1 en IJsland zakt van 1 naar 6. De toevoeging van zeeruimte heeft ertoe geleid dat de grootte van de voetafdrukken en de beschikbare ecologische capaciteit toenemen. Zo bedroeg de voetafdruk van Nederland in de originele berekening 3,3 hectare en in de nieuwe berekening 5,3. De ecologische ondercapaciteit van de wereld als geheel valt bij de herberekening hoger uit: 35% tegen 30%. Het eerlijk aardeaandeel, tenslotte, is herberekend op 2,1 hectare per persoon, vanwege de toevoeging van zeeruimte.

---

<sup>3</sup> Het concept 'equivalentiefactoren' wordt niet nader uitgelegd in het EF of Nations rapport. Hier wordt de uitleg van het concept in het rapport 'Evaluating the Sustainability of a Catchment Area' (Wackernagel et al., 1998) gevolgd.

<sup>4</sup> De productiviteiten voor vruchtbaar land en weiland zijn berekend door de totale opbrengst te delen door het aantal gebruikte hectare. De productiviteit van bossen is ontleend aan de FAO. Voor ontbossing is gecorrigeerd. De productiviteit van zeeruimte, tenslotte, is op 1 gezet. Dit om alle wereldbewoners hetzelfde aandeel in de zeeën te geven.

**Tabel 3.2: Vergelijking voetafdruk Nederland met aanwezige bio-capaciteit**

<i>DEMAND</i>				<i>SUPPLY</i>			
<b>FOOTPRINT (per capita)</b>				<b>EXISTING BIO-CAPACITY (per capita)</b>			
<b>Category</b>	<i>total</i>	<i>equivalence</i>	<i>Equivalent</i>	<b>Category</b>	<i>yield</i>	<i>National</i>	<i>yield adjusted</i>
		<i>factor</i>	<i>total</i>		<i>factor</i>	<i>Area</i>	<i>equiv. area</i>
	[ha/cap]	[ - ]	[ha/cap]			[ha/cap]	[ha/cap]
<b>Fossil energy</b>	2,4	1,1	<b>2,7</b>	<b>CO2 absorption land</b>		0,00	<b>0,00</b>
<b>Built-up area</b>	0,1	2,8	<b>0,3</b>	<b>Built-up area</b>	2,91	0,04	<b>0,29</b>
<b>Arable land</b>	0,4	2,8	<b>1,0</b>	<b>arable land</b>	2,91	0,04	<b>0,31</b>
<b>Pasture</b>	1,4	0,5	<b>0,8</b>	<b>Pasture</b>	24,92	0,09	<b>1,25</b>
<b>Forest</b>	0,4	1,1	<b>0,5</b>	<b>Forest</b>	3,61	0,02	<b>0,09</b>
<b>Sea</b>	0,4	0,2	<b>0,1</b>	<b>sea</b>	1,00	0,18	<b>0,04</b>
				TOTAL existing		0,4	2,0
<b>TOTAL USED</b>	5,1		<b>5,3</b>	<b>TOTAL AVAILABLE (minus 12% for bio-diversity)</b>			<b>1,7</b>

### 3.4 Tweede vernieuwing van het concept: The Evaluation of a Catchment Area

Eind 1998 voltooide Mathis Wackernagel in samenwerking met Lillemor Lewan en Carina Borgström Hansson van de Universiteit van Lund (Zweden) het artikel 'Evaluating the Sustainability of a Catchment Area: The Ecological Footprint Concept Applied to Malmöhus County and the Kävlinge Watershed, Southern Sweden' (Wackernagel et al., 1998). Deze studie verschilt vooral qua schaalniveau met de vorige. Als onderwerp van studie zijn de regio Malmöhus in Zuid-Zweden en Kävlinge waterscheiding gebruikt. Malmöhus is een dichtbevolkte regio waar zich het meest vruchtbare land van Zweden bevindt. De Kävlinge waterscheiding is een plattelandsgebied met een lagere bevolkingsdichtheid. De toepassing van de voetafdruk op regionaal niveau heeft enkele aanpassingen met zich meegebracht.

De analyse geschiedt in op dezelfde wijze als in de 'The Ecological Footprints of Nations'. De aanwezige bio-capaciteit wordt vergeleken met het ruimteverbruik door de bevolking. In het eerste deel van het onderzoek is de voetafdruk voor Zweden met behulp van Zweedse gegevens herberekend. Deze wordt geschat op 7,2 hectare, wat 1,3 hectare meer is dan in The Ecological Footprints of Nations, waarvoor cijfers van de Verenigde Naties gebruikt zijn. Er wordt aangenomen dat de voetafdruk van bewoners van beide onderzochte regio's niet noemenswaardig verschilt van de voetafdruk van Zweden

**Tabel 3.3: De voetafdrukken van de 52 onderzochte landen in ha. per persoon<sup>5</sup>**

Country	Footprint	Available capacity	Ecol. deficit (if negative)
United States	10,3	6,7	-3,6
Australia	9,0	14,0	5,0
Canada	7,7	9,6	1,9
New Zealand	7,6	20,4	12,8
Iceland	7,4	21,7	14,3
Singapore	6,9	0,1	-6,8
Norway	6,2	6,3	0,1
Finland	6,0	8,6	2,6
Russian Federation	6,0	3,7	-2,3
Denmark	5,9	5,2	-0,7
Ireland	5,9	6,5	0,6
Sweden	5,9	7,0	1,1
Germany	5,3	1,9	-3,4
Netherlands	5,3	1,7	-3,6
United Kingdom	5,2	1,7	-3,5
Hong Kong	5,1	0,0	-5,1
Belgium	5,0	1,2	-3,8
Switzerland	5,0	1,8	-3,2
Czech Rep	4,5	4,0	-0,5
Japan	4,3	0,9	-3,4
Italy	4,2	1,3	-2,9
Austria	4,1	3,1	-1,0
France	4,1	4,2	0,1
Greece	4,1	1,5	-2,6
Poland, Rep	4,1	2,0	-2,1
Argentina	3,9	4,6	0,7
Portugal	3,8	2,9	-0,9
Spain	3,8	2,2	-1,6
Venezuela	3,8	2,7	-1,1
Israel	3,4	0,3	-3,1
Korea, Rep	3,4	0,5	-2,9
Malaysia	3,3	3,7	0,4
South Africa	3,2	1,3	-1,9
Brazil	3,1	6,7	3,6
Hungary	3,1	2,1	-1,0
Thailand	2,8	1,2	-1,6
Mexico	2,6	1,4	-1,2
Chile	2,5	3,2	0,7
Costa Rica	2,5	2,5	0,0
Turkey	2,1	1,3	-0,8
Colombia	2,0	4,1	2,1
Jordan	1,9	0,1	-1,8
Peru	1,6	7,7	6,1
Nigeria	1,5	0,6	-0,9
Philippines	1,5	0,9	-0,6
Indonesia	1,4	2,6	1,2
China	1,2	0,8	-0,4
Egypt	1,2	0,2	-1,0
Ethiopia	0,8	0,5	-0,3
India	0,8	0,5	-0,3
Pakistan	0,8	0,5	-0,3
Bangladesh	0,5	0,3	-0,2
WORLD	2,8	2,1	-0,7

<sup>5</sup> De getallen in de tabel zijn afkomstig van de spreadsheet die bij het rapport gevoegd zat. Deze getallen verschillen van de figuren in het rapport die per abuis de uitkomsten van de originele berekening van de voetafdruk laten zien.

als geheel. Bij de herberekening van de voetafdruk is ook rekening gehouden met de verschillen in koolstofgehalte tussen vaste, vloeibare en gasvormige fossiele brandstoffen.

In het tweede deel van de studie wordt de aanwezige bio-capaciteit berekend en vergeleken met de voetafdruk. Voor de berekening is gebruikt gemaakt van lokale productiviteit. Een verdere uitbreiding is het reserveren voor ruimte voor watervoorziening en de berekening van het ruimtebeslag van fosfor- en stikstofvervuiling. Uit de analyse volgt dat de regio Malmöhus een bio-capaciteit herbergt die 35% van de voetafdruk van de bewoners bedraagt. Voor de minder dichtbevolkte Kävlinge waterscheiding is de aanwezige bio-capaciteit vrijwel gelijk aan het ruimtebeslag volgens de voetafdruk.

De voetafdruk wordt steeds vaker gebruikt voor regionale metingen. In het kader van de Lokale Agenda 21 zijn ook enkele gemeenten begonnen met het berekenen van hun ecologische voetafdruk. Er zijn projecten bekend in Scandinavië en in München. Ook de Nederlandse gemeenten Den Bosch, Den Haag, Bergen op Zoom en Zoetermeer hebben een voetafdrukproject opgestart. In het volgende hoofdstuk wordt verder ingegaan op de zin en onzin van het gebruik van de voetafdruk op lagere schaalniveaus.

## 4. De voetafdruk: wat moeten we ermee?

De ecologische voetafdruk maakt twee reeds langer bekende feiten op een geheel nieuwe wijze aanschouwelijk: namelijk dat de ontwikkelde landen veel rijker zijn dan ontwikkelingslanden en zodoende een groot deel van de aarde en haar hulpbronnen voor zich opeisen. De voetafdruk kan door zijn toegankelijkheid - hoewel de berekening vanwege de grote gegevensbehoefte beter aan computers overgelaten kan worden - dienen als instrument om mensen bewust te maken van de consequenties van hun consumptie.

De vorige hoofdstukken lieten zien hoe de voetafdruk wordt berekend en hoe de bedenkers het concept hanteren. In dit hoofdstuk wordt op verschillende punten onderzocht wat de waarde is van het voetafdrukconcept. In de eerste paragraaf worden kanttekeningen geplaatst bij het voetafdrukconcept van Wackernagel en Rees. De uitbreidingen van het voetafdrukconcept komen in de tweede paragraaf aan de orde. Vervolgens wordt de voor de ecologische voetafdruk zo belangrijke koolstofcyclus nader beschouwd. Paragraaf vier gaat in op de bruikbaarheid van de ecologische voetafdruk voor beleidsvorming. De toepasbaarheid van de voetafdruk op lagere ruimtelijke schaalniveaus is het onderwerp van paragraaf vijf. Het hoofdstuk wordt afgesloten met vragen van kwantitatieve aard die in de volgende hoofdstukken verder uitgewerkt zullen worden.

### 4.1 Kanttekeningen bij de voetafdruk

#### *Ongelijknamige grootheden*

Bij de ecologische voetafdruk worden twee ongelijknamige grootheden opgeteld. Aan de ene kant staat direct (feitelijk) ruimtebeslag, in de vorm van bebouwing, akkerland, weiland en bosgrond en aan de andere kant indirect (fictief) ruimtebeslag in de vorm van energieland. Het is merkwaardig dat deze twee verschillende vormen van ruimtebeslag zomaar onder één noemer worden gebracht. Er kan namelijk overlap tussen de beide categorieën plaatsvinden, waardoor het mogelijk is dat de ecologische voetafdruk van de mensheid als geheel de beschikbare vruchtbare grond overschrijdt. De CO<sub>2</sub>-concentratie in de atmosfeer neemt dan toe. Voor de toegankelijkheid van de voetafdruk is dit nadelig. In folders waarin het voetafdrukconcept uitgelegd wordt aan leken, wordt de berekening dan ook buiten beschouwing gelaten.

*Kleine voetafdruk niet synoniem met milieuvriendelijk, en ook niet met duurzaamheid in sociale zin.*



De voetafdruk kan tot op zekere hoogte als indicator voor duurzaamheid – dat wil zeggen, als indicator voor een consumptieniveau dat het voortbestaan van de mensheid bedreigt – gebruikt worden, maar onmogelijk als indicator voor milieuvriendelijkheid, hoewel dit in sommige gevallen wel zo wordt gepresenteerd. De voetafdruk houdt van alle vormen van milieuvervuiling slechts rekening met CO<sub>2</sub>-uitstoot. Industrieën met een hoge uitstoot aan giftige gassen, maar met een efficiënt grondgebruik worden door de voetafdruk dus als milieuvriendelijk aangemerkt. Verder heeft de voetafdruk uiteraard ook geen betekenis voor het in beeld brengen van de sociale aspecten van duurzaamheid. Immers andere belangrijke aspecten die vaak onder duurzaamheid worden geschaard zoals diervriendelijkheid en mensenrechten zijn niet meegenomen in de voetafdruk. (Iemand die een product koopt met een ‘kleine voetafdruk’ is dus niet verzekerd van een product dat aan de eisen van milieuvriendelijkheid doet.)

#### *Voetafdruk vooral normatief gebruikt*

De bovengenoemde bezwaren maken duidelijk dat de auteurs de voetafdruk meer als normatieve dan als objectieve indicator zien. Als de voetafdruk gecorrigeerd wordt voor de ruimte die nodig is om andere soorten milieuvervuiling te absorberen of voor de mogelijke ‘overlap’ tussen feitelijk en fictief ruimtebeslag, wordt de berekening nog ingewikkelder en het concept ontoegankelijker. Dit lijkt niet te sporen met de primaire bedoeling van de schrijvers, namelijk het afgeven van een ecologische boodschap. De exacte berekening van het menselijke ruimtebeslag is voor hen van secundair belang.

#### *Het inzetten van bosgrond tegen CO<sub>2</sub>-toename*

Het ‘gebruik’ van extra bosgrond om de CO<sub>2</sub>-uitstoot te compenseren, zoals de schrijvers voorstaan, is een weinig realistische beleids optie. Hoewel dit zeker zijn merites heeft – zie ook paragraaf 4.2 – is het draagvlak gering. In het algemeen wordt meer gekozen voor het stimuleren van alternatieve soorten van energie, zoals wind- en zonne-energie, of het belasten van CO<sub>2</sub>-uitstoot<sup>6</sup>. Het indirecte deel van de voetafdruk is, kortom, een fictief ruimtebeslag dat waarschijnlijk nooit in werkelijk ruimtebeslag omgezet zal worden.

---

<sup>6</sup> Een recent voorbeeld van het laatste zijn de verhandelbare emissierechten, waarbij men het recht op een bepaalde uitstoot van schadelijke gassen kan kopen. Op deze manier wordt getracht de externe milieu-effecten van productie te internaliseren, dat wil zeggen in de besluitvorming van de producenten te laten meewegen.

## 4.2 De uitbreidingen van het voetafdrukconcept

### *Zeeruimte*

De toevoeging van zeeruimte aan de berekeningen is een belangrijke uitbreiding van de originele voetafdruk. De zee is voor velen immers een belangrijke bron van voedsel en inkomen.

### *Equivalentiefactoren*

De equivalentiefactoren zijn toegevoegd om de landcategorieën 'op een meer betekenisvolle manier op te kunnen tellen' (The Ecological Footprints of Nations, blz. 7). In de praktijk wordt echter een volstrekt duidelijk begrip als 'hectare grond' ingewikkeld omgerekend met behulp van een minder transparant begrip als 'bio-massa', met als resultaat iets dat verder een 'bio-hectare' genoemd zal worden. De toegankelijkheid van de voetafdruk wordt zodoende minder. Bovendien is voor het aantal aanwezige hectare duidelijk vast te stellen wat het maximum is. De aanwezige bio-massa in een land kan echter vergroot worden door land met een lage ecologische productiviteit - zoals bos of weiland - om te zetten in vruchtbaar land. In de praktijk is dit zonder veel problemen mogelijk, maar het is de vraag of het in bredere ecologische zin wenselijk is.

### *Lokale productiviteiten*

Het gebruik van lokale productiviteiten is een verbetering ten opzichte van het origineel. Deze worden echter slechts bij de berekening van de aanwezige ecologische capaciteit gebruikt en niet voor berekening van de voetafdruk. Een hoge bio-productiviteit uit zich zodoende niet in een kleinere voetafdruk, maar in een lager ecologisch tekort. Omdat met name de voetafdrukken van landen onderling vergeleken worden, zou het in principe beter zijn om de voetafdruk met behulp van lokale productiviteiten te berekenen. Hiervoor moet echter van elke vorm van consumptie de oorsprong achterhaald worden en met behulp van de productiviteit van het land van herkomst het ruimtebeslag berekend worden, hetgeen veel informatie en berekeningen vergt. Een gulden middenweg kan zijn om de consumptie die in eigen land geproduceerd is met lokale productiviteit om te rekenen in ruimtebeslag en voor de import die geconsumeerd wordt de wereldproductiviteit te gebruiken. Deze methode zal voor de herberekening van de voetafdruk in paragraaf 6.2 gebruikt worden.

## 4.3 De koolstofcyclus en het broeikaseffect in de ecologische voetafdruk

Voor een goede analyse van de ecologische voetafdruk is enige kennis van de koolstofcyclus van groot belang. Koolstofdioxide (CO<sub>2</sub>) is een product dat in de natuur op verschillende wijzen geproduceerd en geabsorbeerd wordt. Kort gezegd ademen mensen en dieren zuurstof (O<sub>2</sub>) in en CO<sub>2</sub> uit, terwijl planten via fotosynthese CO<sub>2</sub> omzetten in O<sub>2</sub>. Historisch gezien zijn er verschillende bronnen (*sources*) en afvoeren (*sinks*) van CO<sub>2</sub>. Bronnen leveren een netto toename op van CO<sub>2</sub> en afvoeren een netto afname. Bij een afvoer wordt de koolstof (C) in een vaste vorm opgeslagen en kan dus voorlopig niet in de atmosfeer terecht komen. Op lange termijn – duizenden jaren – zal alle door verbranding geactiveerde koolstof weer inactief worden gemaakt, maar op de korte termijn kan een toename van CO<sub>2</sub> in de atmosfeer wel degelijk effecten hebben.

Volgens schattingen zijn de belangrijkste bronnen en afvoeren (Beran, 1995, blz. VII):

- De oceaan (netto afvoer van 2,0; met een mogelijke afwijking van +/- 0,8 Gigaton C per jaar)
- Ontbossing van tropisch regenwoud (netto bron van 1,6; +/- 1,0 Gigaton C per jaar)
- Aangroei van noordelijk bos (netto afvoer van 0,5; +/- 0,5 Gigaton C per jaar)
- Verandering landgebruik (netto bron van 1,1; +/- 1,2 Gigaton C per jaar)

Per jaar vindt er een emissie van ongeveer 6 Gigaton koolstof plaats door de verbranding van fossiele brandstoffen.

Uit het bovenstaande rijtje blijkt dat er nog steeds een grote onzekerheid bestaat over hoe de koolstofcyclus precies werkt. Als namelijk alle bronnen, inclusief emissie van CO<sub>2</sub> door verbranding van fossiele brandstoffen, en afvoeren bij elkaar opgeteld worden, zou de concentratie van CO<sub>2</sub> in de atmosfeer sneller moeten toenemen dan daadwerkelijk het geval is. Dit wordt in biologische literatuur het *missing carbon* probleem genoemd (Goudriaan, 1995, blz. 7). De toename van CO<sub>2</sub> in de atmosfeer zorgt er blijkbaar dus voor dat bepaalde afvoeren sterker gaan werken. De veronderstelling van de makers van de ecologische voetafdruk dat alle uitstoot van CO<sub>2</sub> door verbranding van fossiele brandstoffen gecompenseerd moet worden door een evenredige hoeveelheid bos, lijkt dus te eenvoudig.

De afvoer van CO<sub>2</sub> in de biosfeer kan met beter beheer echter wel degelijk vergroot worden, maar de mogelijkheden hiervoor zijn beperkt. Verder moet niet alleen de afvoerfunctie van bossen verbeterd worden, maar ook worden gezorgd dat er minder CO<sub>2</sub> vrijkomt uit de reservoirs. Er zijn vier categorieën van bosbeheer die de mogelijkheden voor opslag van CO<sub>2</sub> vergroten (Dixon en Krankina, 1995, blz. 163-165):

1. Handhaving van bestaande koolstofreservoirs in bossen, bijvoorbeeld door geleidelijke ontbossing of natuurbescherming.
2. Bestaande koolstofreservoirs uitbreiden. Veel bossen halen niet hun maximale opslagcapaciteit, omdat ze niet beschermd worden.
3. Het scheppen van nieuwe koolstofreservoirs. Land dat niet meer geschikt is voor landbouw kan weer bebost worden.
4. Brandstoffen op houtbasis gebruiken in plaats van fossiele brandstoffen. Beter beheer van bossen kan mogelijk 5-15% van de huidige CO<sub>2</sub>-emissie door verbranding van fossiele brandstoffen absorberen.

Het bovenstaande laat onverlet dat er de laatste decennia door menselijk handelen een sterke toename van de concentratie van CO<sub>2</sub> in de atmosfeer heeft plaatsgevonden (zie bijvoorbeeld Crutzen en Graedel, 1995). De effecten hiervan op ons klimaat zijn echter voor een groot deel onzeker, omdat met vele andere factoren rekening gehouden moet worden. Crutzen en Graedel doen de volgende voorspellingen, voornamelijk op basis van gegevens van het IPCC (*Intergovernmental Panel on Climate Change*):

**Vrijwel zeker:** De concentratie van broeikasgassen in de atmosfeer blijft stijgen door menselijk handelen, zoals verbranding van fossiele brandstoffen en agrarische activiteiten. Als gevolg hiervan zal de gemiddelde temperatuur op aarde toenemen.

**Waarschijnlijk:** Tegen het midden van de volgende eeuw is de gemiddelde temperatuur op aarde 1 tot 3 graden Celsius hoger dan nu. Verdamping van (zee)water neemt toe en daarmee stijgt ook de gemiddelde neerslag. De zeespiegel stijgt in de komende 50 jaar tussen de 10 en 30 centimeter.

**Onzeker:** Een warmer en natter klimaat vergroot de kans op orkanen.

Er zijn echter ook wetenschappers die de heersende mening op dit gebied niet delen. In zijn boek "The Manic Sun" publiceert wetenschapsjournalist Nigel Calder het werk van drie Deense onderzoekers van het Deens Meteorologisch Instituut, Eigil Friis-Christensen, Henril Svensmark en Knud Lassen. Zij trachten de stijging van de mondiale temperaturen in de twintigste eeuw te verklaren door het grillige gedrag van de zon. Ook vinden zij dat het IPCC onvoldoende rekening houdt met de effecten van kosmische straling, bewolking en bodemstof. De Denen trekken de volgende conclusies uit hun onderzoek:

- De zon verandert in de loop van decennia het klimaat van de aarde.

- Volgens de ‘zonneverwachtingen’ wordt het in de komende eeuw koeler. Dit effect heft het broeikas effect mogelijk op.
- Door de mens gemaakte broeikasgassen verwarmen de aarde niet voldoende om een waarneembaar effect te hebben.
- De meteorologie van wolken wordt onvoldoende begrepen om de invloed van de mens te kunnen inschatten.

(Calder, blz. 181-182)

Hoe het ook zij, ook het broeikas effect is sterk vereenvoudigd in de ecologische voetafdruk. De stelling dat elke toename van CO<sub>2</sub> in de atmosfeer ecologische risico's oplevert en dus niet duurzaam is, is met onzekerheid omgeven. Omdat de schadelijkheid van CO<sub>2</sub>-uitstoot de belangrijkste veronderstelling is van het concept van de ecologische voetafdruk, doet dit afbreuk aan de bruikbaarheid als indicator voor duurzaamheid.

#### **4.4 De bruikbaarheid van de voetafdruk voor beleid**

Wackernagel en Rees pleiten er vanuit ontwikkelingsoogpunt voor om een beleid te voeren dat de voetafdruk van ontwikkelde landen verkleint. Ontwikkelingslanden hebben dan de ‘ruimte’ om hun eigen voetafdruk te vergroten. Deze ruimte is echter nu ook al voorhanden. Een groot deel van de voetafdruk bevat immers indirect - en dus fictief - ruimtebeslag. Het feit dat ontwikkelingslanden een kleine voetafdruk hebben wordt niet veroorzaakt door de grote voetafdruk van ontwikkelde landen. Eventuele ruimteproblemen ontstaan eerder door productie met een lage productiviteit per hectare (zie ook paragraaf 6.2). De ruimte om te groeien bestaat in veel gevallen wel degelijk, al gaat dat gepaard met ecologische risico's (Wackernagel en Rees, blz. 149). Het is echter zeer onwaarschijnlijk dat ontwikkelingslanden om deze reden af zullen zien van een economische politiek die hun voetafdruk zal vergroten. Andersom komt er ook geen ruimte ‘vrij’ als ontwikkelde landen hun voetafdruk verkleinen.

Ten tweede valt het begrip *ecologisch tekort* te noemen. Wackernagel en Rees zijn van mening dat iedere aardbewoner, ongeacht zijn woonplaats, recht heeft op een even groot stuk van de aarde, maar houden bij de berekening van het ecologisch tekort wel rekening met de omvang van landen. Het is in principe interessant om te bekijken hoe het ruimtebeslag van een bepaald land zich verhoudt tot de oppervlakte van dat land, maar als men rekening houdt met het ‘eerlijke’ aandeel van de aarde, heeft het nauwelijks beleidsrelevantie. Toch gebruiken Wackernagel en Rees het begrip ecologisch tekort om de ‘quasi-parasitaire’ relatie tussen de geïndustrialiseerde landen en de ontwikkelingslanden te

illustreeren. Een land als Canada, dat een grote voetafdruk heeft, is een netto-exporteur van ruimte, maar dat impliceert niet dat de Canadees meer recht heeft op een grotere voetafdruk dan bijvoorbeeld een Nederlander.

Verder is het reduceren van de voetafdruk volgens Wackernagel en Rees noodzakelijk, maar hierbij blijken bij nadere analyse ongewenste bijeffecten op te treden. Bij de onderstaande bedenkingen wordt afgezien van de vraag of voetafdrukreductie politiek haalbaar is. Ten eerste kan de reductie van de voetafdruk van ontwikkelde landen een negatieve invloed hebben op het inkomen van ontwikkelingslanden. Voor veel ontwikkelingslanden is export van primaire goederen de voornaamste bron van inkomsten. Doordat deze goederen over grote afstanden vervoerd moeten worden, hebben zij een grote voetafdruk. Als consumenten in ontwikkelde landen om deze reden minder export uit de Derde Wereld gaan kopen, kan dat dus een negatief effect op ontwikkeling hebben, in plaats van het positieve effect dat door Wackernagel en Rees voorspeld wordt. Ook een daling van het inkomen van ontwikkelde landen - als mogelijk gevolg van voetafdrukreductie - kan ontwikkelingslanden mogelijk treffen<sup>7</sup>. Ten tweede zijn de economische consequenties met name groot voor landen die afhankelijk zijn van handel. Nederland is hier een goed voorbeeld van. Als de mobiliteit afneemt en vooral lokale producten geconsumeerd zullen worden, is dat een beweging in de richting van autarkie. Nederland heeft echter een zeer beperkte ruimte, waardoor autarkie praktisch onmogelijk is. Overigens is het in theorie mogelijk dat juist door handel de totale voetafdruk verkleind wordt<sup>8</sup>.

#### **4.5 De toepasbaarheid van de voetafdruk op lagere schaalniveaus**

Het nut van de toepassing van de voetafdruk op regionaal en gemeentelijk niveau, zoals geschetst in het vorige hoofdstuk, is twijfelachtig te noemen. Dat het ecologisch tekort van een dichtbevolkte regio groter is dan dat van een dunbevolkte regio is, zoals de Zweedse studie aantoont, hoeft geen verbazing te wekken. Dichtbevolkte gebieden, zoals steden, leunen per definitie op dunbevolkte gebieden als het platteland voor hun voedselvoorziening. Het heeft dan ook weinig zin om de totale voetafdruk van dergelijke gebieden te gaan vergelijken met de aanwezige bio-capaciteit.

De bewering van de schrijvers dat de voetafdruk goed gebruikt kan worden voor duurzame planning op lokaal niveau (Wackernagel et al., 1998, pag. 13) is navenant dubieus. De productie van het grootste deel van de consumptie, en dus ook de bijbehorende vervuiling, van dichtbevolkte regio's

---

<sup>7</sup> Jan Juffermans van 'De Kleine Aarde' stelt voor om als compensatie aan Derde Wereld landen 'huur' te betalen voor de CO<sub>2</sub>-absorptiecapaciteit die wij gebruiken. In de praktijk lijkt het echter onmogelijk om betaling af te dwingen, waardoor Derde Wereldlanden voor betaling afhankelijk zijn van de goedwillendheid van ontwikkelde landen.

<sup>8</sup> Afgeleid van de theorie van het comparatieve voordeel, zoals die in de negentiende eeuw door Ricardo opgesteld werd. Als de productie van bepaalde goederen geconcentreerd wordt, ontstaat specialisatie. Doordat ieder land verbouwt wat hij *relatief* het meest efficiënt kan doen, wordt de wereldproductie efficiënter, hetgeen de extra energie die nodig is voor transport op zou kunnen heffen. Naast specialisatie kunnen door concentratie van activiteiten ook schaalvoordelen optreden die het effect nog versterken.

en steden vindt buiten het eigen gebied plaats. Een verkleining van de voetafdruk van de gemiddelde bewoner hoeft dan ook niet bij te dragen aan de duurzaamheid van de eigen regio.

Verder zullen berekeningen van voetafdruk van verschillende steden naar verwachting geen opzienbarende resultaten opleveren. De voetafdruk is namelijk een weergave van het gemiddelde consumptiepatroon van de inwoners van een land en het is niet waarschijnlijk dat het consumptiepatroon van de gemiddelde Amsterdammer bijvoorbeeld sterk afwijkt van dat van de gemiddelde Rotterdammer. Wackernagel et al. namen voor hun Zweedse studie dit ook als gegeven aan.

Tenslotte is de voetafdruk op regionaal en lokaal niveau van weinig waarde als beleidsinstrument. Weliswaar kunnen gemeenten en provincies met behulp van de voetafdrukmethode hun inwoners laten zien dat hun consumptiepatroon niet duurzaam is, maar de mogelijkheden om bij te sturen zijn zeer beperkt. Op nationaal niveau bestaan betere mogelijkheden om met het heffen van milieubelastingen en het verlenen van subsidies de voetafdruk te verkleinen. Het concept van de ecologische voetafdruk komt op nationaal beleidsniveau dan ook beter tot zijn recht.

Op gemeentelijk niveau kan het berekenen van een 'productievoetafdruk' van meer waarde zijn. Gemeenten kunnen namelijk direct invloed uitoefenen op de productie binnen de gemeentegrenzen, bijvoorbeeld door het beleid op het gebied van ruimtelijke ordening en het verstrekken van hinderwetvergunningen. Ook is de vervuiling die veroorzaakt wordt door productie in de eigen omgeving in veel gevallen meer voelbaar dan vervuiling veroorzaakt door consumptie. Op het concept van de productievoetafdruk wordt in hoofdstuk 6 verder ingegaan.

Toch is ook in dit geval twijfelachtig of het berekenen van de voetafdruk belangrijke nieuwe inzichten oplevert. Kan het een gemeente aangerekend worden als een vervuilende industrie die van nationaal belang is binnen de gemeentegrenzen huist? Vergelijkingen tussen gemeenten zijn dus moeilijk. Al met al lijkt het niet gerechtvaardigd om veel heil te verwachten van voetafdrukberekeningen op regionaal of lokaal niveau.

Een toepassing van de voetafdruk die zinvoller lijkt, is het computerprogramma ontwikkeld door het Van Hall instituut te Leeuwarden<sup>9</sup>. Met het invoeren van gegevens over de eigen consumptie kan de gebruiker zijn persoonlijke voetafdruk berekenen. Hoewel het programma nog niet perfect werkt, geeft het een goed beeld van de ruimtelijke consequenties van de eigen consumptie en de gebruiker kan zijn consumptiepatroon eventueel hierop aanpassen.

---

<sup>9</sup> Beschikbaar op <http://www.vhall.nl/bca/pgsim/>.

#### 4.6 Het vervolg van dit onderzoek

De grote vraag is wat de ecologische voetafdruk toevoegt aan het duurzaamheidsdebat. Levert de voetafdruk inzichten op die conventionele indicatoren niet kunnen brengen? Heeft een grote voetafdruk niet dezelfde betekenis als een hoog gemiddeld inkomen of zijn er ook landen die een hoog inkomen en een relatief kleine voetafdruk weten te combineren? Deze vraag wordt kwantitatief onderzocht in hoofdstuk 5.

Een andere vraag is of en in hoeverre het concept van de voetafdruk verbeterd kan worden door veranderingen in de berekening. Dit is het onderwerp van hoofdstuk 6. Wackernagel en Rees hebben bij hun berekening van het ruimtebeslag van landen ervoor gekozen om de gemiddelde wereldproductiviteit per hectare van een bepaalde grondsoort te gebruiken. Verder hebben zij gekozen om het ruimtebeslag toe te rekenen aan de consument. In paragraaf 2.4 is reeds aangegeven dat milieugebruiksruimte ook via de productiezijde berekend kan worden. Wackernagel en Rees kozen voor de consumptiebenadering, maar dat neemt niet weg dat ook ‘productievoetafdrukken’ hun waarde hebben: het is een kwestie van invalshoek. In paragraaf 6.1 worden de productievoetafdrukken van 52 landen berekend.

Het gebruik van mondiale gemiddelden op het gebied van productiviteit per hectare kan het beeld in het nadeel van ontwikkelde landen vertekenen. Stel dat Nederland twee keer zoveel liter melk per hectare kan produceren als de rest van de wereld. Neem verder aan dat in Nederland slechts Nederlandse melk wordt geconsumeerd. De (consumptie)voetafdruk geeft dan een twee keer zo groot ruimtebeslag van de Nederlandse melkconsumptie aan dan in werkelijkheid het geval is<sup>10</sup>. Het is redelijk om aan te nemen dat de gemiddelde productiviteit in ontwikkelde landen door een betere technologie hoger is dan in ontwikkelingslanden. Ook drijven ontwikkelde landen veel handel onderling. Een groot deel van de consumptie in ontwikkelde landen is dus geproduceerd met een productiviteit die hoger is dan het mondiale gemiddelde. In paragraaf 6.2 worden de ecologische (consumptie)voetafdrukken herberekend door correcties op het gebied van productiviteit.

---

<sup>10</sup> In een gesprek met Mathis Wackernagel gaf deze toe dat dit het geval is. Hij bracht hier tegenin dat het in zijn ogen onredelijk was dat iemand in een ontwikkelingsland voor hetzelfde product een hoger ruimtegebruik toegerekend krijgt dan iemand in een ontwikkeld land, hiermee aangevend dat de voetafdruk voor hem meer normatief dan objectief van aard is.





## 5. De toegevoegde waarde van de ecologische voetafdruk

Het lijkt geen twijfel dat er een zekere relatie bestaat tussen de omvang van de ecologische voetafdruk en de hoogte van het inkomen per hoofd van de bevolking. Het is echter niet a priori duidelijk hoeveel van de variatie in de grootte van voetafdrukken van landen verklaard wordt door het inkomen en het welvaartsniveau. Als de verklarende waarde hoog is, betekent dat dat het consumptiepatroon van landen weinig verschilt. Voor een bepaald land geldt: een hoog inkomen leidt tot een evenredig hoog ruimtebeslag. In dit geval zou de voetafdruk weinig toevoegen aan het duurzaamheidsdebat, omdat geen nieuwe inzichten gecreëerd worden. Als er echter een groot onverklaard deel in de variatie is, is er een verschil in ruimtebeslag tussen landen met een vergelijkbaar welvaartsniveau. Door deze landen te vergelijken kunnen dan nieuwe inzichten verkregen worden.

In de volgende paragraaf wordt geprobeerd een zo groot mogelijk deel van de variatie in voetafdrukken tussen landen te verklaren uit diverse variabelen, waaronder het inkomen. De cijfers zijn afkomstig uit *The Ecological Footprints of Nations* (Wackernagel et al., 1997), *Statistical Yearbook 1993* (Verenigde Naties, 1995), *Wereld Bank (CD-ROM)* en de gegevens van Barro en Lee (verkrijgbaar op het internet). Alle gegevens zijn van het jaar 1993. Vervolgens wordt onderzocht wat voor conclusies uit het onverklaarde deel van de variatie getrokken kunnen worden.

### 5.1 Verklaring van de variatie in voetafdrukken: de methode

Om de variatie in voetafdrukken te verklaren is het allereerst nodig om in kaart te brengen welke variabelen mogelijk van invloed zijn op de omvang van de voetafdruk. Zoals in hoofdstuk 4 bleek, kan men de voetafdruk in twee onderdelen opsplitsen: de voetafdruk die ontstaat uit directe consumptie van goederen en diensten en de voetafdruk die ontstaat uit energiegebruik. Dit energiegebruik kan direct zijn, in de vorm van bijvoorbeeld autorijden, gas- en elektriciteitsverbruik, of indirect in de vorm van energiegebruik dat besloten ligt in producten, zoals bijvoorbeeld energie gebruikt voor transport of het productieproces. Alle variabelen die invloed hebben op consumptie en energieverbruik kunnen in principe verklarende waarde hebben voor de voetafdruk en dienen in de berekening te worden meegenomen. De volgende variabelen zijn meegenomen in de test:

- Het Bruto Binnenlands Product (BBP). Dit is een maatstaf voor het inkomen per hoofd van de bevolking. Een land met een hoger gemiddeld inkomen zou een hogere gemiddelde consumptie kunnen hebben. Dit zou weer een grotere voetafdruk kunnen betekenen.

- Het aantal auto's per 1000 inwoners (AUTOS). Dit is bij uitstek een indicator van welvaart. Welvaart zou positief samen kunnen hangen met de grootte van de voetafdruk. Auto's zullen ook een hoger energiegebruik tot gevolg hebben, wat ook tot uiting komt in een grotere voetafdruk.
- Het aantal televisies per 1000 inwoners (TVS). Dit is eveneens een maatstaf voor welvaart.
- Het aandeel van de handel in het BBP (TRADE). Producten die uit het buitenland geïmporteerd worden hebben een grotere voetafdruk dan lokaal geproduceerde goederen. Meer handel met het buitenland kan zodoende een grotere voetafdruk tot gevolg hebben.
- De politieke stabiliteit (POL). Hiervoor worden de statistieken van Barro en Lee (1987) gebruikt, die op diverse internetpagina's te vinden zijn.
- Dummy's (waarde 0 in geval van 'niet' of 1 in geval van 'wel') voor bevolkingsdichtheid en mate van isolatie (DUM). Landen met een extreem lage bevolkingsdichtheid kunnen een grotere voetafdruk hebben, omdat goederen over een grotere afstand getransporteerd moeten worden. Ook het energieverbruik door particulier vervoer kan hoger zijn. Landen met een extreem hoge bevolkingsdichtheid zullen gedwongen zijn veel goederen uit het buitenland te importeren, met een grotere voetafdruk tot gevolg. Ditzelfde geldt voor landen die geïsoleerd liggen. Hier is als maatstaf voor genomen dat een land geen buurlanden op land mag hebben.

Allereerst is onderzocht wat de verklarende waarde van iedere variabele afzonderlijk is voor de hoogte van de voetafdruk. Dit komt neer op het volgende model:

$$(1) EF = \alpha BBP + C$$

De constante term is toegevoegd met de gedachte dat een mens - om in leven te blijven - altijd een zekere voetafdruk nodig heeft. Alle mogelijke modellen met één verklarende variabele zijn op deze manier geschat.

Vervolgens is geprobeerd om met meerdere variabelen een zo groot mogelijk deel van de variatie in voetafdrukken te verklaren. Daarvoor is het onderstaande model gebruikt:

$$(2) EF = \alpha BBP + \beta AUTOS + \gamma TVS + \delta TRADE + \varepsilon POL + \phi DUM + C$$

Het programma (SPSS) is zodanig ingesteld dat de variabelen één voor één toegevoegd worden aan het model. Als een variabele niet voldoet aan vooraf ingestelde criteria wat betreft de significantie van die variabele voor het model, dan wordt deze verwijderd. Op deze manier wordt de verklarende waarde van het geschatte model geoptimaliseerd, terwijl alle variabelen van het model aan significantiecriteria voldoen.

De bovenstaande tests zijn eerst uitgevoerd op de gehele steekproef van 52 landen. Vervolgens is deze groep naar inkomen in drieën gesplitst (laag, middel en hoog) en zijn de tests voor de drie verzamelingen apart opnieuw uitgevoerd.

## 5.2 De uitkomsten voor de gehele steekproef

In tabel 5.1 staan de uitkomsten van de schatting van model (1) voor alle genoemde variabelen. Vijf van de zes variabelen vertonen een duidelijke correlatie met de voetafdruk. Voor vier van de vijf is het zelfs een sterk verband. De variabele TRADE kan weinig variatie verklaren, maar heeft wellicht meer waarde als complementaire variabele. Opvallend is verder dat TVS als welvaartsindicator duidelijk meer verklarende waarde heeft dan AUTOS en BBP, maar alle uitkomsten zijn bijzonder hoog.

**Tabel 5.1: De schatting van het model met één variabele voor de gehele steekproef**

Variabele	Verklaarde variatie ( $R^2$ )
<b>BBP</b>	51,4%
<b>AUTOS</b>	58,7%
<b>TVS</b>	70,8%
<b>TRADE</b>	3,1%
<b>POL</b>	35,1%
<b>DUM</b>	24,8%

Uit de tweede berekening volgt de schatting van het best verklarende model, onder voorwaarde dat alle variabelen aan vooraf vastgestelde significantiecriteria moeten voldoen:

$$(3) EF = \alpha TVS + \beta DUM + \gamma TRADE + C,$$

De uitkomsten van de regressie staan in tabel 5.2. In de kolom coëfficiënten staan de getallen die in het model voor respectievelijk  $C$ ,  $\alpha$ ,  $\beta$  en  $\gamma$  in vergelijking (3). De laatste kolom geeft de significantie van de variabelen weer. Hier is de hypothese getest dat de coëfficiënt van de onafhankelijke – te voorspellen – variabele niet significant van nul afwijkt, dat wil zeggen geen invloed heeft op het afhankelijke variabele. Een lage uitkomst is dus gewenst, omdat dat aangeeft dat de coëfficiënt significant afwijkt van nul en dus wel degelijk invloed heeft op de onafhankelijke variabele. De t-waarde is een manier om significantie te meten.

**Tabel 5.2: Het best verklarende model voor de ecologische voetafdruk (gehele steekproef)**

<i>Variabele</i>	<b>Coëfficiënt</b>	<b>Standaardfout</b>	<b>t-waarde</b>	<b>Significantie</b>
<b>Constante</b>	0,619	0,319	1,938	0,058
<b>TVS (per 1000 inw.)</b>	0,008781	0,001	11,818	0,000
<b>DUM</b>	1,117	0,240	4,657	0,000
<b>TRADE (%BBP)</b>	0,006700	0,003	2,053	0,046
<b>R<sup>2</sup></b>	<b>90,2%</b>			

Het model met de hoogste verklarende waarde ziet er intuïtief goed uit. De grootte van de voetafdruk wordt in dit model verklaard door een variabele die de materiële welvaart aangeeft (TVS), een dummy variabele voor de geografische situatie van een land (DUM) en een variabele die aangeeft hoe intensief handel met het buitenland gedreven wordt (TRADE). Alle drie variabele hebben, volgens verwachting, een positieve coëfficiënt. Het rekenmodel ziet er dus als volgt uit:

$$(4) EF = 0,008781 TVS + 1,117 DUM + 0,006700 TRADE + 0,619$$

Concluderend kan worden gesteld dat de ecologische voetafdruk van een land met name wordt bepaald door welvaart en het daaruit voortvloeiende consumptiepatroon. Gebleken is dat de variabele TVS, wat consumptie aangeeft, een veel hogere verklarende waarde heeft dan de variabele BBP, die inkomen aangeeft. Met andere woorden: een hoog inkomen leidt niet noodzakelijk tot een consumptiepatroon dat een grote voetafdruk tot gevolg heeft, hoewel de invloed van inkomen op het consumptiepatroon hoog is.

Een kleiner deel van de variatie wordt verklaard door de geografische situatie van een land en de handel met het buitenland. Een geïsoleerd gelegen land met een extreme bevolkingsdichtheid dat veel handel drijft zal pas een grote voetafdruk hebben als de welvaart voldoende hoog is. Deze variabelen zijn als het ware een aanvulling op de welvaartsindicator en kunnen het verschil in voetafdrukken tussen landen met een vergelijkbare welvaart verklaren.

Het grootste deel van de verschillen in voetafdrukken van landen kan dus verklaard worden uit een beperkt aantal reeds beschikbare variabelen. De welvaartsindicator TVS verklaart alleen al 70,8% van de variatie. Een hoog welvaartsniveau leidt dus vrijwel zeker tot een grote voetafdruk. In dit opzicht voegt de voetafdruk dus weinig toe. De vraag is dan of de voetafdruk wellicht toch nieuwe inzichten geeft. In de komende paragraaf wordt dit onderzocht.

**Tabel 5.3: Het verschil tussen de voorspelde en de werkelijke voetafdruk\***

Rang	Land	EV (ha/cap)	Voorspelde EV	Voorspelde – echte EV
1	Japan	4,3	7,2	2,9
2	Hongarije	3,1	4,7	1,6
3	Chili	2,5	4,0	1,5
4	Oostenrijk	4,1	5,3	1,2
5	Indonesië	1,4	2,6	1,2
6	Peru	1,6	2,8	1,2
7	Filippijnen	1,5	2,6	1,1
8	Tsjechië	4,5	5,5	1,0
9	Egypte	1,2	2,1	0,9
10	Verenigd Koninkrijk	5,2	5,9	0,7
11	Spanje	3,8	4,4	0,6
12	Brazilië	3,1	3,7	0,6
13	Finland	6,0	6,6	0,6
14	Duitsland	5,3	5,8	0,5
15	België	5,0	5,5	0,5
16	Italië	4,2	4,6	0,4
17	Frankrijk	4,1	4,5	0,4
18	Zweden	5,9	6,3	0,4
19	Bangladesh	0,5	0,9	0,4
20	Jordanië	1,9	2,2	0,3
21	India	0,8	1,1	0,3
22	Turkije	2,1	2,4	0,3
23	Nederland	5,3	5,5	0,2
24	Pakistan	0,8	1,0	0,2
25	Israël	3,4	3,5	0,1
26	Canada	7,7	7,8	0,1
27	Ethiopië	0,8	0,8	0,0
28	Hong Kong	6,1	6,0	-0,1
29	Costa Rica	2,5	2,4	-0,1
30	China	1,2	1,1	-0,1
31	Colombia	2,0	1,9	-0,1
32	Nigeria	1,5	1,4	-0,1
33	Denemarken	5,9	5,7	-0,2
34	Maleisië	3,3	3,0	-0,3
35	Noorwegen	6,2	5,9	-0,3
36	Zwitserland	5,0	4,6	-0,4
37	Nieuw Zeeland	7,6	7,1	-0,5
38	Mexico	2,6	2,1	-0,5
39	Zuid-Korea	3,4	2,9	-0,5
40	Rusland	6,0	5,4	-0,6
41	Polen	4,1	3,5	-0,6
42	Thailand	2,8	2,1	-0,7
43	Ierland	5,9	5,2	-0,7
44	Portugal	3,8	2,7	-1,1
45	Argentinië	3,9	2,7	-1,2
46	IJsland	7,4	6,1	-1,3
47	Griekenland	4,1	2,7	-1,4
48	Venezuela	3,8	2,4	-1,4
49	Zuid-Afrika	3,2	1,8	-1,4
50	Australië	9,0	7,3	-1,7
51	Verenigde Staten	10,3	7,9	-2,4

\* Singapore is wegens gebrek aan gegevens niet meegenomen.

### 5.3 De ruimtelijke efficiëntie van landen

In de voorgaande paragraaf werd duidelijk dat een simpel model het overgrote deel van de variatie in voetafdrukken kan verklaren. De vraag is of de voetafdruk mogelijk toch nieuwe inzichten geeft. Met andere woorden: zijn er ook landen die een hoog nationaal inkomen en welvaartsniveau combineren met een *relatief* kleine voetafdruk? Dat wordt in deze paragraaf onderzocht. Voor de landen in de steekproef is met behulp van model (3) geschat wat hun voetafdruk zou moeten zijn, gezien hun welvaart, geografische ligging en omvang van de handel. De resultaten staan in tabel 5.3. Opvallend is dat Japan met een straatlengte voorsprong de kleinste voetafdruk heeft in relatie tot de door het model geschatte voetafdruk. De rij wordt gesloten door de Verenigde Staten, die ook al de hoogste absolute voetafdruk hadden. Nederland staat op de 23<sup>e</sup> plaats, met een iets lagere voetafdruk dan door het model wordt voorspeld.

Uit tabel 5.3 kan men - met enige voorzichtigheid; het gaat per slot van rekening om een schatting - concluderen dat Japan in vergelijking met de Verenigde Staten er veel beter in slaagt een hoog welvaartsniveau met een kleine voetafdruk te combineren. Het is van belang om te weten wat de exacte verschillen in de totstandkoming van de voetafdruk zijn tussen landen. Voor dit doel worden in tabel 5.4 drie landen (Japan, de Verenigde Staten en Nederland) op een aantal punten vergeleken.

Opvallend is het grote verschil in de gebruikte hectare energieland. De gemiddelde Japanse consument gebruikt slechts 1,9 hectare energieland tegen 2,7 voor de gemiddelde Nederlander en maar liefst 5,2 voor de gemiddelde Amerikaan. Japan verbruikt verder veel zeeruimte in vergelijking met de andere landen. Hierdoor is het verbruik van vruchtbaar land en weiland lager.

Het grote onderscheid tussen Amerikanen en Japanners dat het verschil in voetafdruk verklaart, is mogelijk de matigheid waarmee de gemiddelde Japanner leeft. De Japanner reist veel met het openbaar vervoer, terwijl de Amerikaan een notoire autogebruiker is. Bovendien wordt in de Verenigde Staten veel met het vliegtuig gereisd. Ook qua eetgedrag is er een groot verschil: de Japanner leeft meer van de zee en de Amerikaan meer van het land. De gemiddelde Amerikaan eet ook meer vlees. In totaal gebruikt de Japanner voor zijn voedsel (vruchtbaar land + weiland + zee) dan ook minder ruimte dan de Amerikaan. Getuige het verschil in landgebruik in de categorieën bos en energieland, het aantal televisies en het aantal auto's maakt de Amerikaan ook meer gebruik van duurzame – niet in de ecologische zin van het woord – consumptiegoederen. Tenslotte heeft de Amerikaan voor zaken als wonen en infrastructuur veel meer ruimte nodig dan de Japanner, hetgeen resulteert in een enorme hoeveelheid bebouwd land per persoon.

Onduidelijk blijft echter of dit het gevolg is van een geografische noodzaak. Zijn Japanners zuinig met ruimte omdat ze er weinig van hebben, of omgekeerd, gebruiken Amerikanen gewoon hun overvloed aan land voor een grote voetafdruk? Of is het zo dat individuele keuzes hieraan ten grondslag liggen?

**Tabel 5.4: Een vergelijking tussen Japan, Verenigde Staten en Nederland**

<i>Land</i>	<b>Japan</b>	<b>Verenigde Staten</b>	<b>Nederland</b>
<b>Ecologische voetafdruk (ha/cap)</b>	4,3	10,3	5,3
<b>Energieland (ha/cap)</b>	1,9	5,2	2,7
<b>Bebouwd land (ha/cap)</b>	0,1	1,7	0,3
<b>Vruchtbaar land (ha/cap)</b>	0,6	1,2	1,0
<b>Weiland (ha/cap)</b>	0,3	1,0	0,8
<b>Bos (ha/cap)</b>	0,5	1,1	0,5
<b>Zee (ha/cap)</b>	0,8	0,2	0,1
<b>BBP per hoofd (\$)</b>	33.648	24.270	20.231
<b>Televisies per 1000 inwoners</b>	614	815	488
<b>Handel (%BBP)</b>	16,3	21,9	95,4
<b>Geïsoleerde ligging</b>	JA	NEE	NEE
<b>Auto's per 1000 inwoners</b>	330	567	376

#### 5.4 Conclusies

Uit de berekeningen in dit hoofdstuk kunnen enige interessante conclusies getrokken worden. Het blijkt dat de omvang van de ecologische voetafdruk goed voorspeld kan worden uit andere indicatoren. Dit wijst erop dat de voetafdruk weinig nieuws toevoegt aan het duurzaamheidsdebat: hoge welvaart leidt tot een grote voetafdruk. Er blijft echter ook een deel van de variatie onverklaard. Uit dit onverklaarde deel kunnen echter toch nog interessante waarnemingen worden gedaan, zoals bleek uit paragraaf 5.3. Weinigen zullen beweren dat Japanners een lagere welvaart genieten dan westerse landen, maar hun voetafdruk is wél lager. De Japanners lijken zich met minder CO<sub>2</sub>-uitstoot en minder land voor voedsel te redden. Dit gegeven kan gebruikt worden voor toekomstig onderzoek.





## 6. Mogelijke verfijningen van het voetafdrukconcept

De ecologische voetafdruk berekent het milieubeslag van landen op basis van hun consumptie met behulp van de gemiddelde wereldproductiviteit van verschillende soorten land. Deze invulling van het voetafdrukconcept roept echter met name twee bezwaren op, die al eerder in paragraaf 4.4 genoemd werden.

Ten eerste wordt de verantwoordelijkheid voor milieubeslag volledig bij de consument gelegd. Zoals eerder werd opgemerkt paragraaf 2.4 komt deze verantwoordelijkheid echter ook voor de rekening van het producerende land. In paragraaf 6.1 wordt deze invalshoek gebruikt om de berekeningen van Rees en Wackernagel in ‘The Ecological Footprints of Nations’ om te rekenen in productievoetafdrukken.

Ten tweede doet de voetafdruk geen recht aan verschillen tussen landen op het gebied van productiviteit. ‘The Ecological Footprints of Nations’ komt maar ten dele tegemoet aan dit bezwaar en daarom worden in paragraaf 6.2 de voetafdrukken gecorrigeerd voor productiviteitsverschillen.

In paragraaf 6.3 worden uit de herberekeningen conclusies getrokken voor het functioneren van de ecologische voetafdruk als indicator voor duurzame ontwikkeling.

### 6.1 De productievoetafdruk

Het is om meerdere redenen interessant om van landen de productievoetafdruk te berekenen. Hierboven is al genoemd dat de verantwoordelijkheid voor de belasting van het milieu ook vanuit de producerende landen bekeken kan worden. Hoe verandert de voetafdruk van een bepaald land als deze wordt omgezet in een productievoetafdruk? Een tweede reden kan zijn dat de productie in een bepaald land of een bepaalde regio vaak beter beheerst kan worden dan de consumptie. Dit is ook het uitgangspunt bij onderhandelingen over de reductie van CO<sub>2</sub>-uitstoot. Een derde reden is dat het bij de berekening van de productievoetafdruk eenvoudiger is om rekening te houden met verschillen in productiviteit dan bij de consumptievoetafdruk. Alle producten worden in het binnenland gefabriceerd en alleen bij de import van zogenaamde inputs en halffabricaten hoeft de gemiddelde wereldproductiviteit gebruikt te worden. De productievoetafdruk geeft dus een correctere weergave van het milieubeslag, omdat verschillen in productiviteit beter tot uiting komen, zij het vanuit een totaal andere invalshoek.

De uitkomsten van de herberekening staan in tabel 6.1. De voetafdruk is hier berekend op de wijze van de originele voetafdruk, dat wil zeggen zonder gebruik van equivalentiefactoren. Ook bij deze benadering staan de ontwikkelde landen op de hoogste plaatsen, maar er zijn ook opvallende

verschillen aan te wijzen. De eerste drie landen, Australië, Canada en IJsland, zijn landen met grote ecologische reserves. In het geval van IJsland vooral vanwege de grote zeeruimte die het tot haar beschikking heeft.

**Tabel 6.1: Uitkomsten van de productievoetafdrukanalyse**

Land	Productievoetafdruk (ha/cap)	Beschikbare ruimte (ha/cap)	Ecologisch tekort, indien negatief (ha/cap)
Australië	22,3	38,2	15,9
Canada	16,6	12,7	-3,9
IJsland	10,2	102,8	92,6
Ver. Staten	9,7	3,9	-5,8
Finland	8,1	4,8	-3,3
Nieuw Zeeland	8,0	46,0	38,0
Zweden	6,9	3,4	-3,5
Rusland	6,8	4,6	-2,2
Argentinië	5,3	6,7	1,4
Denemarken	5,3	8,7	3,4
Singapore	5,1	0,0	-5,1
Zuid-Afrika	5,0	3,5	-1,5
Noorwegen	4,7	15,7	11,0
Ierland	4,4	4,7	0,3
België	4,1	0,3	-3,8
Nederland	4,1	0,4	-3,7
Chili	4,0	7,0	3,0
Duitsland	4,0	0,4	-3,6
Griekenland	4,0	2,3	-1,7
Hong Kong	4,0	0,0	-4,0
Polen	3,9	0,7	-3,2
Nigeria	3,7	1,1	-2,6
Spanje	3,7	1,9	-1,8
Ver. Koninkrijk	3,7	1,2	-2,5
Venezuela	3,6	2,6	-1,0
Japan	3,5	1,1	-2,4
Hongarije	3,4	0,7	-2,7
Mexico	3,4	2,4	-1,0
Oostenrijk	3,2	0,8	-2,4
Brazilië	3,0	4,6	1,6
Frankrijk	3,0	2,5	-0,5
Tsjechië	3,0	0,6	-2,4
Italië	2,9	0,7	-2,2
Portugal	2,9	5,9	3,0
Zwitserland	2,8	0,4	-2,4
Zuid-Korea	2,7	0,4	-2,3
Israël	2,6	0,3	-2,3
Ethiopië	2,4	1,2	-1,2
Maleisië	2,4	1,8	-0,6
Turkije	2,1	1,0	-1,1
Thailand	2,0	0,6	-1,4
Colombia	1,9	3,0	1,1
Peru	1,9	5,7	3,8
Costa Rica	1,8	3,5	1,7
Jordanië	1,6	0,3	-1,3
China	1,4	3,2	1,8
Filippijnen	1,3	1,1	-0,2
India	0,9	0,4	-0,5
Indonesië	0,9	1,7	0,8
Pakistan	0,8	0,3	-0,5
Egypte	0,7	0,2	-0,5
Bangladesh	0,5	0,1	-0,4

(Eigen berekeningen op basis van de spreadsheets geleverd bij 'The Ecological Footprints of Nations'.)

Ook landen als Nieuw Zeeland, Argentinië, Denemarken (zeer ruimte bij Groenland) hebben veel ruimte voor productie.

In het algemeen valt op dat landen met veel ruimte per persoon meestal een hogere productievoetafdruk hebben. Met andere woorden: de beschikbare ruimte wordt meestal ook gebruikt. De ecologische tekorten die deze landen hebben zijn meestal te wijten aan het gebruik van fossiele brandstoffen. Fossiele brandstoffen worden bij deze benadering beschouwd als noodzakelijk voor het productieproces. Deze uitkomst is interessant gezien de vraag die in paragraaf 5.4 werd gesteld, of het verschil in voetafdrukken tussen de Verenigde Staten en Japan het resultaat was van geografische factoren of van individuele keuzes. Geografische factoren lijken vooralsnog een belangrijkere rol te spelen, zeker als het gaat om productievoetafdrukken.

Veel ontwikkelingslanden, zoals Ethiopië, Nigeria, India, Pakistan en Bangladesh, kampen met een ruimtetekort binnen hun grenzen, hetgeen het moeilijk maakt om de productie te vergroten. De landen kunnen zich slechts ontwikkelen als de beschikbare ruimte zo efficiënt mogelijk wordt benut. Dit kan bijvoorbeeld geschieden door verbetering van de bio-productiviteit, waardoor de productievoetafdruk verlaagd wordt en ruimte vrijkomt voor uitbreiding van de productie. Een tweede manier is industrialisatie. Voor een land als Zuid-Korea heeft dit goed gewerkt, maar het is mogelijk dat grootscheepse industrialisatie van ontwikkelingslanden ernstige gevolgen heeft voor globale duurzaamheid.

De wijze van produceren in ontwikkelingslanden is de moeite waard om verder te onderzoeken. Zo had Nigeria in 1993 3,7 hectare per persoon nodig om gemiddeld \$300 per jaar te verdienen. De gemiddelde Engelsman verdiende met dezelfde ruimte \$16.192. Het lijkt dus vooral een kwestie van technologie te zijn, en de middelen die nodig zijn om die technologie te ontwikkelen of aan te schaffen, die de verschillen in productiviteit tussen ontwikkelde en ontwikkelingslanden verklaart.

## **6.2 De consumptievoetafdruk gecorrigeerd voor verschillen in productiviteit**

De berekening van de conventionele (consumptie-) voetafdruk houdt geen rekening met verschillen in productiviteit per hectare grond tussen landen. Alleen bij de berekening van de aanwezige bio-massa worden lokale productiviteiten gebruikt, waardoor het ecologisch tekort wel gecorrigeerd is voor eventuele verschillen.

Het is echter niet geheel correct om de ecologische tekorten van landen te vergelijken (zie ook paragraaf 4.4). Het lijkt dus een goed idee om de voetafdruk te corrigeren voor verschillen in productiviteit.

In de praktijk is dit echter niet eenvoudig, omdat geïmporteerde goederen met een andere productiviteit geproduceerd zijn. Bij de berekeningen in deze paragraaf is de volgende methode

gebruikt. De consumptie van in het eigen land geproduceerde goederen (Productie – Export) is met behulp van de eigen productiviteit omgerekend in ruimtebeslag. Voor de omrekening van de consumptie van geïmporteerde goederen is de wereldproductiviteit gebruikt. De resultaten van de omrekening staan in tabel 6.2. In tegenstelling tot de berekening van de productievoetafdruk, is nu de bio-massamethode gebruikt om ruimtebeslag te berekenen.

**Tabel 6.2: De consumptievoetafdruk gecorrigeerd voor verschillen in productiviteit**

Land	Gecorrigeerde voetafdruk (ha/cap)	Beschikbare ruimte (ha/cap)	Ecologisch tekort, indien negatief (ha/cap)
Australië	10,5	14,0	3,5
IJsland	9,9	21,7	11,8
Verenigde Staten	9,7	6,7	-3,0
Canada	8,7	9,6	0,9
Singapore	7,6	0,1	-7,5
Rusland	6,9	3,7	-3,2
Hong Kong	6,7	0,0	-6,7
Denemarken	6,2	5,2	-1,0
Nederland	6,0	1,7	-4,3
België	5,7	1,2	-4,5
Nieuw Zeeland	5,5	20,4	14,9
Noorwegen	5,5	6,3	0,8
Finland	5,3	8,6	3,3
Zweden	4,9	7,0	2,1
Argentinië	4,9	4,6	-0,3
Zuid-Afrika	4,9	1,3	-3,6
Duitsland	4,6	1,9	-2,7
Verenigd Koninkrijk	4,5	1,7	-2,8
Ierland	4,4	6,5	2,1
Griekenland	4,1	1,5	-2,6
Venezuela	4,1	2,7	-1,4
Japan	4,1	0,9	-3,2
Zwitserland	4,1	1,8	-2,3
Spanje	4,0	2,2	-1,8
Polen	3,9	2,0	-1,9
Italië	3,7	1,3	-2,4
Nigeria	3,6	0,6	-3,0
Oostenrijk	3,5	3,1	-0,4
Portugal	3,4	2,9	-0,5
Zuid-Korea	3,3	0,5	-2,8
Israël	3,3	0,3	-3,0
Hongarije	3,2	2,1	-1,1
Mexico	3,1	1,4	-1,7
Frankrijk	3,1	4,2	1,1
Tsjechië	3,1	4,0	0,9
Maleisië	3,1	3,7	0,6
Brazilië	2,9	6,7	3,8
Thailand	2,9	1,2	-1,7
Chili	2,8	3,2	0,4
Jordanië	2,4	0,1	-2,3
Peru	2,3	7,7	5,4
Turkije	2,2	1,3	-0,9
Colombia	2,0	4,1	2,1
Costa Rica	2,0	2,5	0,5
Ethiopië	1,7	0,5	-1,2
China	1,6	0,8	-0,8
Filipijnen	1,4	0,9	-0,5
India	0,9	0,5	-0,4
Indonesië	0,9	2,6	1,7
Egypte	0,9	0,2	-0,7
Pakistan	0,8	0,5	-0,3
Bangladesh	0,5	0,3	-0,2

(Eigen berekeningen op basis van spreadsheets geleverd bij 'The Ecological Footprints of Nations')

Kijkend naar de resultaten is vooral de eerste plaats van Australië opvallend. Deze wordt vooral veroorzaakt door de relatief lage productiviteit van dat land. De hoge plaatsen van kleine staten als Hong Kong, Singapore, Denemarken, België en Nederland worden vooral veroorzaakt door het feit dat de goederen die deze landen met een hoge productiviteit fabriceren vooral voor de export bestemd zijn. Andere landen ‘profiteren’ zodoende van hun efficiënte productie.

Dit geeft ook meteen een zwak punt aan van de gecorrigeerde voetafdruk. Het lijkt niet ‘eerlijk’ dat andere landen op de boven beschreven manier profiteren van de hoge productiviteit van andere landen. Anderzijds is dit wel een betere afspiegeling van de werkelijkheid, als tenminste de consumptievoetafdruk als uitgangspunt wordt genomen.

Verder blijkt ook bij deze benadering dat de in paragraaf 6.1 genoemde ontwikkelingslanden Ethiopië, Nigeria, India, Pakistan en Bangladesh kampen met een ruimtetekort, met alle additionele ontwikkelingsproblemen van dien.

### 6.3 De consequenties van de herberekeningen

Oppervlakkig bezien geven de twee boven gepresenteerde benaderingen van de voetafdruk slechts kleine verschuivingen te zien. Nader beschouwd blijken er echter wel degelijk substantiële veranderingen in de verdeling van het mondiale ruimtebeslag op te treden. Deze staan weergegeven in tabel 6.3.

De belangrijkste conclusie is dat bij de herberekeningen het aandeel van de ontwikkelde landen in het totale mondiale ruimtebeslag afneemt, terwijl dat van de ontwikkelingslanden toeneemt. De oorzaak ligt in het feit dat bij zowel de productievoetafdruk als de gecorrigeerde voetafdruk gebruik wordt gemaakt van lokale productiviteit. Doordat ontwikkelde landen doorgaans betere technologie tot hun beschikking hebben, halen zij een hogere opbrengt per hectare dan ontwikkelingslanden.

**Tabel 6.3: Percentages aandeel in mondiaal ruimtebeslag**

<i>Benadering / Categorie</i>	<b>Landen met laag inkomen (&lt;\$2.000)</b>	<b>Landen met middelhoog inkomen (\$2.000 - \$15.000)</b>	<b>Landen met hoog inkomen (&gt;\$15.000)</b>
<b>EF of Nations-benadering</b>	34,7%	19,1%	46,1%
<b>Productievoetafdruk-benadering</b>	38,1%	18,8%	43,1%
<b>Gecorrigeerde voetafdrukbenadering</b>	39,8%	19,0%	41,2%



Waarschijnlijk is het aandeel van de ontwikkelde landen nog iets te hoog omdat met twee factoren geen rekening is gehouden. Ten eerste handelen ontwikkelde landen vooral met andere ontwikkelde landen. Dit wil zeggen dat de import van ontwikkelde landen vaak uit goederen bestaat die efficiënt geproduceerd zijn. In de gecorrigeerde voetafdruk wordt alle import echter tegen de gemiddelde wereldproductiviteit omgerekend. Ten tweede is wegens gebrek aan gegevens bij de gecorrigeerde voetafdruk geen rekening gehouden bij efficiëntieverschillen in het opwekken van energie, zoals bijvoorbeeld elektriciteit. Redelijkerwijs is echter wel te verwachten dat er in de praktijk substantiële verschillen bestaan.

Dit laat uiteraard onverlet dat de ontwikkelde landen een onevenredig groot deel van de schaarse middelen van de aarde, zoals ruimte, gebruiken. De mate waarin dit het geval is, is echter niet duidelijk. In ieder geval is het sterk afhankelijk van de benadering die bij de berekening ervan gebruikt wordt.

#### **6.4 Conclusies**

Het berekenen van voetafdrukken volgens een andere methode levert een aantal interessante conclusies op. Ten eerste is het berekenen van productievoetafdrukken een goed alternatief. Zo worden landen, regio's of gemeenten op deze manier verantwoordelijk gehouden voor hun eigen productie, waarop zij meer invloed kunnen uitoefenen dan op de productie van geïmporteerde goederen. Met name op lager niveau – zoals reeds gezegd in paragraaf 4.5 – is dit een belangrijke overweging. Het constateren van een grote voetafdruk heeft weinig zin als de instrumenten om deze te verkleinen ontbreken. Tevens is de berekening eenvoudiger en billijker. Er kan namelijk beter rekening gehouden worden met verschillen in productiviteit, zodat alleen bij de import van inputs en halffabricaten ingewikkelde berekeningen nodig zijn.

Het nadeel van deze methode is echter dat zij niet strookt met de bedoeling van de makers om mensen bewust te maken. Dit kan het beste door ze op de consequenties van hun consumptie te wijzen in plaats van op de gemiddelde productie per hoofd van de bevolking, waar zij persoonlijk weinig mee van doen hebben. Bij het gebruik van de voetafdruk bij beleidsbepaling is de productievoetafdruk te verkiezen boven de consumptievoetafdruk. Voor publiciteitscampagnes op het gebied van het milieu is de consumptievoetafdruk de beste keus.

Door te corrigeren voor lokale productiviteit wordt de consumptievoetafdruk waarheidsgetrouwer weergegeven. Hoewel nog maar voor een deel van de productiviteitsverschillen kon worden gecorrigeerd, bleek in paragraaf 6.3 dat de mondiale verdeling van ruimte anders wordt weergegeven.

Het nadeel van deze methode is echter dat de berekening ingewikkelder wordt. Ook is de export van 'efficiënt' geproduceerde goederen een onaantrekkelijk aspect, omdat die niet billijk lijkt. Hierboven is gesteld dat de consumptievoetafdruk het beste gebruikt kan worden voor bewustmaking van consumenten. In dat kader is het waarschijnlijk zaak om de berekening zo eenvoudig en transparant mogelijk te houden en dus af te zien van deze correctie.



## 7. Conclusies

### *Betekenis*

De ecologische voetafdruk geeft het ruimtebeslag van de menselijke consumptie weer. Zodoende wordt aanschouwelijk gemaakt dat de aarde beperkte mogelijkheden heeft wat betreft de productie van goederen en de absorptie van afvalstoffen. Bij de wijze waarop het ruimtebeslag wordt berekend kunnen echter vraagtekens gezet worden.

De schrijvers stellen als doel om de CO<sub>2</sub>-concentratie in de atmosfeer constant te houden. Voor dit doel reserveren zij grote stukken aarde voor de absorptie van geactiveerde koolstof. Aan deze benadering kleven echter een aantal nadelen.

Ten eerste kan in de berekening van Wackernagel en Rees overlap plaatsvinden tussen verschillende landcategorieën. Land dat als bosruimte wordt aangemerkt, kan bijvoorbeeld wel degelijk bijdragen aan de absorptie van CO<sub>2</sub>, ook al is een groot deel van de bomen voor de kap bestemd.

Ten tweede stellen Wackernagel en Rees de koolstofcyclus erg eenvoudig voor. Het is de vraag wat voor gevolgen een toename van CO<sub>2</sub> in de atmosfeer heeft en of iedere toename wel kan worden geduid als “niet duurzaam”.

Ten derde houdt de berekening van de voetafdruk geen of weinig rekening met productiviteitsverschillen tussen landen (per hectare). Hiervoor kan echter gecorrigeerd worden. De verdeling van de aarde – het ruimtegebruik van verschillende landen – zoals de voetafdruk aangeeft, blijkt afhankelijk van de gekozen berekeningsmethode. Onverlet blijft echter dat ontwikkelde landen een groot deel van de beschikbare ruimte opeisen.

### *Bruikbaarheid*

De voetafdruk kan op twee verschillende manieren gebruikt worden. Ten eerste als publicitair instrument door mensen te wijzen op de milieuconsequenties van hun consumptie. Ten tweede als objectieve indicator voor het menselijk ruimtebeslag, die iets zegt over de duurzaamheid en – hieruit voortvloeiend – als instrument voor beleidsvorming. De twee mogelijke toepassingen van de voetafdruk staan echter op gespannen voet met elkaar. De voetafdruk als publicitair instrument moet vooral toegankelijk zijn voor het grote publiek. Hiervoor dienen het concept en de berekening zo simpel mogelijk gehouden te worden, hetgeen ten koste gaat van de nauwkeurigheid die voor het gebruik van de voetafdruk als indicator en beleidsinstrument van belang is.

De makers van de voetafdruk zijn vooral uit op de eerstgenoemde toepassing (Wackernagel en Rees, blz. 150). Om deze reden hebben zij ervoor gekozen om veel vereenvoudigingen toe te laten, onder andere op het gebied van andere soorten vervuiling en het gebruik van de gemiddelde wereldproductiviteit en de koolstofcyclus. De voetafdruk wordt zodoende minder nauwkeurig en verliest dan ook aan waarde als objectieve indicator van ruimtebeslag.

Voor de bruikbaarheid van een nieuwe indicator is de toegevoegde waarde ten opzichte van andere (bestaande) indicatoren van belang. In dit onderzoek is aangetoond dat de ecologische voetafdruk voor de meeste landen slechts weinig toevoegt: de omvang van de voetafdruk van een land wordt (zie hoofdstuk 5) voor een groot deel verklaard door het welvaartsniveau. Toch zijn er landen aan te wijzen die een relatief hoge welvaart combineren met een relatief kleine voetafdruk. Nadere analyse van dergelijke vergelijkingen kunnen helpen bij het zoeken naar manieren om het ruimtebeslag te verminderen, terwijl de welvaart intact blijft.

De voetafdruk kan op verschillende manieren weergegeven en berekend worden: (1) als consumptievoetafdruk van landen of regio's (de manier van Wackernagel en Rees), (2) als consumptievoetafdruk van individuen (Van Hall instituut, zie par. 4.5), (3) als productievoetafdruk (dit rapport), of (4) als gecorrigeerde consumptievoetafdruk (dit rapport). De beste vormgeving is afhankelijk van het gestelde doel. Als het doel is mensen bewust te maken van de consequenties van hun consumptie, is de 'eenvoudige' consumptievoetafdruk ((1) en(2)) zowel op regionaal, nationaal als op individueel niveau de beste keus. Als beleidsinstrument is een productievoetafdruk (3) wellicht geschikter, voornamelijk omdat de beleidsmakers dan meer invloed hebben op de omvang van een dergelijke voetafdruk. Dit geldt vooral op lagere schaalniveaus<sup>11</sup>. Als de voetafdruk moet dienen als objectieve weergave van het menselijke ruimtebeslag, is een zo gedetailleerd mogelijke berekening wenselijk. Hiervoor zou de gecorrigeerde consumptievoetafdruk kunnen dienen (4), hoewel nog veel meer correcties denkbaar en wenselijk zijn. Ook een – gecorrigeerde – productievoetafdruk zou hier echter geschikt voor kunnen zijn, omdat duurzaamheid een mondiale aangelegenheid is en de toerekening aan landen dus minder belangrijk wordt. Bij de bruikbaarheid van het voetafdrukconcept moet dus goed rekening gehouden worden met het gestelde doel.

De onderstaande tabel geeft de bevindingen over de bruikbaarheid van de voetafdruk samengevat weer.

---

<sup>11</sup> Het gebruik van de consumptievoetafdruk (1) op regionaal en gemeentelijk niveau is van twijfelachtig nut (paragraaf 4.4).

**Tabel 7.1: Bruikbaarheid van de ecologische voetafdruk:**

<i>Vorm</i>	<i>Toepassing</i>	
	<b>Publiciteit</b>	<b>Indicator</b>
<b>Consumptievoetafdruk (oude en nieuwe berekening)</b>	+	0/-
<b>Individuele voetafdruk</b>	+ / +++	-
<b>Productievoetafdruk</b>	-	0/+
<b>Gecorrigeerde consumptievoetafdruk</b>	-	0

(++ = zeer goed bruikbaar, + = goed bruikbaar, 0 = redelijk bruikbaar, - = matig bruikbaar, -- = niet bruikbaar)



## 8. Geraadpleegde literatuur

Achterberg, Wouter, "Samenleving en Duurzaamheid; Een inleiding in de milieufilosofie", Van Gorcum & Comp B.V., Assen, 1994.

Beran, M.A. (ed.), "Carbon sequestration in the Biosphere; Processes and Prospects", NATO Scientific Affairs Division, Springer Verlag Heidelberg, 1995.

Cradel, Nigel, "The Manic Sun: weather theories confounded", Pilkington Press Ltd, Northamptonshire, 1997.

Crutzen, Paul J. en Graedel, Thomas E., "Atmosphere, climate and change", Scientific American Library, New York, 1995.

Dixon, Robert K. en Krankina, Olga N., "Can the Terrestrial Biosphere Be Managed to Conserve and Sequester Carbon?", gepubliceerd in M.A. Beran (1995).

Goudriaan, J., "Global Carbon Cycle and Carbon Sequestration", gepubliceerd in M.A. Beran (1995).

Marjono, H. et al., "Nederlands ruimtebeslag in het buitenland", Consultancy and Research for Environmental Management (CREM) en The Netherlands Committee for IUCN/The World Conservation Union, maart 1996.

McDonald, Frank et al., "The Ecological Footprint of Cities; A series of public debates organised by The International Institute for the Urban Development", The International Institute for the Urban Development, Delft, 1998.

Mulder, Henk, "Back to our future; Physical constraints on sustainable development paths in an energy-based backcasting approach", proefschrift *Rijksuniversiteit Groningen*, 1995.

Schultink, Rina, "Lokale Agenda 21; Beleid en indicatoren voor duurzaamheid", *Rijksuniversiteit Groningen*, Wetenschapswinkel voor Economie, november 1997.



Sijtsma et al., “Duurzame ontwikkeling in het Waddengebied; Een methode voor het afwegen van economie, natuur, milieu en landschap”, Rijksuniversiteit Groningen, Wetenschapswinkel voor Economie, februari 1998.

United Nations, “Statistical Yearbook 1993”, Department of International Economic and Social Affairs, Lake Success N.Y.: United Nations, 1995.

United Nations Commission on Sustainable Development, “Indicators of Sustainable Development Framework and Methodologies”, United Nations, New York, 1996.

Wackernagel et al., “Evaluating the Sustainability of a Catchment Area: The Ecological Footprint Concept Applied to Malmö County and the Kävlinge Watershed, Southern Sweden”, *Ambio*, december 1998.

Wackernagel et al., “The Ecological Footprints of Nations”, Centro de Estudios para la Sustentabilidad (Centre for Sustainability Studies), Universidad Anáhuac de Xalapa, Mexico, maart 1997.

Wackernagel, Mathis en Rees, William, “Our Ecological Footprint; Reducing Human Impact on the Earth”, New Society Publishers, Gabriola Island, Canada, 1996.

World Commission on Environment and Development, “Our Common Future”, Oxford University Press, Oxford, 1987.

**Overige media:**

Barro en Lee data set verkrijgbaar o.a. op: <http://www.nuff.ox.ac.uk/Economics/Growth/barlee.htm>

Webpagina Van Hall Instituut over de Ecologische Voetafdruk: <http://www.vhall.nl/bca/pgsim/>

World Bank CD-ROM

## Bijlage

Het concept van de ecologische voetafdruk is gebaseerd op de idee dat voor elke vorm van consumptie een zekere hoeveelheid land nodig is, zowel voor productie als voor het afvoeren van de vervuiling. Bij de vervuiling wordt omwille van de eenvoud echter alleen de CO<sub>2</sub>-uitstoot meegenomen. Om alle berekeningen correct en helder te kunnen uitvoeren, wordt om de consumptie in categorieën opgedeeld. Binnen een categorie worden alle consumptie in componenten uitgesplitst. Deze worden vervolgens omgerekend in landverbruik. De consumptie categorieën zijn:

1. voedsel
2. huisvesting
3. transport
4. consumptiegoederen
5. diensten

(Wackernagel en Rees, 1996, blz. 67)

Bij de berekening van het landverbruik voor de genoemde categorieën moet in principe rekening gehouden worden met alle materialen en energie die gebruikt zijn om een bepaald product te fabriceren, transporteren en na gebruik te verwerken. Om deze berekeningen te doen zijn echter veel gegevens nodig en wordt men al gauw genoodzaakt gemiddelden te gebruiken voor productiviteiten.

Om het verbruik van land overzichtelijk te maken wordt ook het land in categorieën ondergebracht. Wackernagel en Rees delen de landcategorieën naar functie (zie tabel 9.1).

**Tabel 1 (Bijlage): Land- en grondgebruikscategorieën**

1. Energieland	a. land dat benodigd is voor de absorptie van vrijkomende CO <sub>2</sub> (fossiele brandstoffen)
2. Geconsumeerd land	b. bebouwd land (steden)
3. Land in huidig gebruik	c. tuinen
	d. akkerland
	e. weideland
4. Beperkt beschikbaar land	f. aangelegde bosgrond
	g. ongerepte bosgrond
	h. niet productieve gebieden

(Bron: Wackernagel en Rees, 1996, blz. 68)

De laatste twee categorieën beslaan stukken land die niet toegankelijk zijn voor menselijk gebruik en worden daarom ook niet meegenomen in de berekeningen voor de ecologische voetafdruk. Zo is een bepaald deel van de aarde noodzakelijk voor de productie van zuurstof en het handhaven van de biodiversiteit. Dit is het onder 'g' aangeduide deel en daaronder vallen bijvoorbeeld de regenwouden. In overeenstemming met het Brundtlandrapport bedraagt dit deel 12% van de ecologisch productieve grond. Gebieden die niet voor menselijk gebruik geschikt zijn, zoals woestijnen en ijskappen, vallen onder categorie 'h'.

#### *De absorptie van CO<sub>2</sub>*

Ook energieverbruik wordt bij de ecologische voetafdruk omgerekend naar hectare land. De eerste stap is het omzetten van alle energieverbruik in joules. Er zijn verschillende soorten energie die elk een verschillende ruimtelijke productiviteit (gigajoules per hectare per jaar) hebben. De berekeningen van Wackernagel en Rees voor de productiviteit van energiebronnen staan in tabel 3.2.

Voor waterkracht, zonne-energie, aardwarmte en windenergie bestaat het ruimtelijk beslag slechts uit de ruimte die nodig is voor de winning ervan, omdat bij gebruik geen afvalstoffen vrijkomen. Voor fossiele brandstoffen is dat wel het geval - bij verbranding komt CO<sub>2</sub> vrij - en daarom is daar een afwijkende berekening voor gebruikt. Wackernagel en Rees beschrijven drie methoden om het gebruik van fossiele brandstof om te rekenen in ruimtebeslag: de ethanolbenadering, de CO<sub>2</sub>-absorptiebenadering en de vervanging van biomassa benadering (Wackernagel en Rees, 1996, blz. 72).

**Tabel 2 (Bijlage): Productiviteit van verschillende energiebronnen**

<i>Energiebron</i>	<b>Productiviteit (gigajoules per hectare per jaar)</b>	<b>Voetafdruk voor 100 gigajoules per jaar (in hectare)</b>
<b>Fossiele brandstof (CO<sub>2</sub>-absorptiebenadering)</b>	80	1,25
<b>Waterkracht</b>	1.000	0,1
<b>Zonne-energie</b>	tot 40.000	0,0025
<b>Aardwarmte</b>	1.000	0,1
<b>Windenergie</b>	12.500	0,008

(Bron: Wackernagel en Rees, 1996, blz. 69)

De eerste methode, de ethanolbenadering, berekent de landoppervlakte die nodig is om een biologisch substituuut voor fossiele brandstoffen te produceren. Deze benadering gaat uit van de gedachte dat een

duurzame economie een duurzaam aanbod van energie nodig heeft. De economie mag dus niet afhankelijk zijn van niet-reproduceerbare fossiele brandstof. Bovendien is het bij een brandstof die bestaat uit koolwaterstoffen beter om koolstof te gebruiken die zich al in de eco-cyclus bevindt in plaats van inactieve koolstof uit de aarde te halen die bij gebruik als extra CO<sub>2</sub> in de atmosfeer komt. De meest optimistische schattingen komen uit op een productiviteit van 80 gigajoules per jaar per hectare vruchtbaar land.

De tweede methode schat hoeveel land nodig is om de huidige uitstoot van CO<sub>2</sub> ten gevolge van het gebruik van fossiele brandstof op te nemen. De gedachte hierachter is dat men niet kan toestaan dat CO<sub>2</sub> zich ophoopt in de atmosfeer om klimatologische veranderingen te voorkomen. Wackernagel en Rees stellen dat een gemiddeld bos ongeveer 1,8 ton koolstof per hectare per jaar kan absorberen. Dat betekent dat een gemiddelde hectare bos de CO<sub>2</sub>-emissie van de consumptie van 100 gigajoules fossiele brandstoffen kan opnemen.

De derde methode probeert het landoppervlak te schatten dat nodig is om het geconsumeerde 'natuurlijke kapitaal' weer op te bouwen. In feite komt deze methode erop neer dat alles wat geconsumeerd is vervangen moet worden. Niet-reproduceerbaar natuurlijk kapitaal wordt vervangen door een equivalent aan reproduceerbaar natuurlijk kapitaal. Volgens de berekeningen van Wackernagel en Rees kan een gemiddelde hectare bos ongeveer 80 gigajoules biomassa-energie produceren. Als de fossiele brandstofvoorraden opgebruikt zijn, valt deze methode logischerwijs samen met de eerste.

Wackernagel en Rees kiezen voor de tweede benadering, omdat die het kleinste ruimtebeslag voor het gebruik van fossiele brandstof geeft. Dit is een behoedzaam uitgangspunt dat een kleinere reductie in de consumptie van fossiele brandstof ten behoeve van de duurzaamheid impliceert.

#### *De berekening*

In deze paragraaf wordt uitgegaan van de 'basis' ecologische voetafdruk, zoals die werd beschreven in het boek van Wackernagel en Rees. Inmiddels is een nieuw rapport verschenen, 'The Ecological Footprints of Nations', waarin de berekening op een aantal punten is veranderd. Zie hiervoor paragraaf 3.4.

Om de ecologische voetafdruk van een bepaald persoon of land te berekenen dient men het totale ruimtebeslag op alle soorten land voor iedere vorm van consumptie te berekenen. Elke consumptie levert een voetafdrukcomponent op en de som van alle componenten is de totale voetafdruk. De

berekening van voetafdrukcomponenten geschiedt in twee fasen (Wackernagel et al., 1998). Ten eerste wordt de consumptie van primaire producten omgerekend in hectare. Hiervoor wordt de gemiddelde wereldproductiviteit per hectare gebruikt<sup>12</sup>. Bij het gebruik van nationale data moeten productiecijfers gecorrigeerd worden voor import en export. De voetafdrukcomponent voor appels ziet er, bijvoorbeeld, als volgt uit:

$$\frac{\text{Productie}_{\text{appels}} + \text{Imp}_{\text{appels}} - \text{Exp}_{\text{appels}}}{\text{Bevolking} \times \text{Productiviteit}_{\text{appels}}} = \frac{\text{Schijnbare consumptie}_{\text{appels}}}{\text{Bevolking}} = \frac{\text{Voetafdrukcomponent}_{\text{appels}}}{\text{Bevolking}}$$

In de bovenstaande berekening is sprake van schijnbare consumptie (*apparent consumption*), omdat een deel van de primaire producten in verwerkte vorm geëxporteerd wordt. Op dezelfde manier vindt uiteraard ook import plaats. Appels kunnen worden omgezet in appelmoes, kaas in melk en hout in meubelen. In de tweede fase van de berekening wordt een handelsbalans van verwerkte goederen opgesteld. Voor de netto-import van appelmoes wordt de volgende berekening gebruikt:

$$\frac{\text{Imp}_{\text{appelmoes}} - \text{Exp}_{\text{appelmoes}}}{\text{Bevolking} \times \text{Productiviteit}_{\text{appels}}} = \text{Voetafdrukcomponent}_{\text{appels in appelmoes}}^{13}$$

In de formule is C de conversiefactor. Als voor een liter appelmoes bijvoorbeeld vijf kilo appels nodig zijn, dan is de conversiefactor vijf. De bovenstaande berekening dient uiteraard voor alle ingrediënten van een eindproduct gevolgd te worden. De energie die gebruikt wordt bij de fabricage, het telen of het transport van een product wordt meestal apart berekend in de energiebalans. Hierin wordt het totale energieverbruik van een land omgerekend in land. Dit is eenvoudiger dan het berekenen van energieverbruik per eenheid product en levert op geaggregeerd niveau dezelfde resultaten op<sup>14</sup>.

Het resultaat kan weergegeven worden in een zogenaamde consumptie-landgebruikmatrix. De onderstaande tabel is hier een voorbeeld van.

---

<sup>12</sup> Volgens schattingen van de Food and Agriculture Organization (FAO) van de Verenigde Naties.

<sup>13</sup> Dit is een correctie van de auteur. In de oorspronkelijke beschrijving van de berekening stond het equivalent van 'Voetafdrukcomponent (appelmoes)' te lezen, maar dit lijkt een correctere weergave.

<sup>14</sup> Als men de totale voetafdruk van een bepaald product wil berekenen, moet men natuurlijk wel het gemiddeld energieverbruik per eenheid product berekenen.

**Tabel 3 (Bijlage): De consumptie-landgebruikmatrix voor de gemiddelde Canadees**

<i>Productief land (ha/per capita)</i>	<b>Energie</b>	<b>Gecons. land</b>	<b>Tuinen</b>	<b>Akker</b>	<b>Weide</b>	<b>Bosgrond</b>	<b>Totaal</b>
<b>Voedsel</b>	0,33	-	0,2	0,60	0,33	0,02	1,30
<b>Huisvesting</b>	0,41	0,08	0,002	-	-	0,40	0,89
<b>Transport</b>	0,79	0,10	-	-	-	-	0,89
<b>Cons. goed.</b>	0,52	0,01	-	0,06	0,13	0,17	0,89
<b>Diensten</b>	0,29	0,01	-	-	-	-	0,30
<b>Totaal</b>	2,34	0,20	0,02	0,66	0,46	0,59	4,27

(Bron: Wackernagel en Rees, 1996, blz. 82)

De ecologische voetafdruk van de gemiddelde Canadees bedraagt dus 4,27 hectare. Hiervan is 2,34 hectare nodig om de uitstoot van CO<sub>2</sub> te absorberen

## Publicaties van de Wetenschapswinkel voor Economie (sinds 1996)

- EC 95 J. Stelwagen, J. Bosgra, Kindercentrum aan de top, onderzoek naar schaalgrootte van een kindercentrum binnen een koepelorganisatie, 1996.
- EC 96 E. Beumers, Beslissende (f)actoren voor hennepsteelt, onderzoek naar het achterwege blijven van hennepsteelt voor de papierindustrie in de Veenkolonien, 1997.
- EC 97 M. Antonides, Het meten van de mate van milieuvriendelijkheid van bedrijfstakken, 1996.
- EC 98-I K.J. Driessen, Internationale uitbesteding door de KLM, 1997.
- EC 98-II A.M.S. den Ouden, H.B.G. Gelling, Economische betekenis van een groeiend Schiphol voor bedrijven, 1997.
- EC 99 M.B.W. Hazewinkel, R.T. Postma, Financiering Monumentenzorg - Onderhoud versus restauratie, 1997.
- EC 100 R. Enting, Subsidieverdeling voor het stads- en streekvervoer: doelstellingsbewust?, 1997.
- EC 101 R. Schultink, Lokale Agenda 21, Beleid en indicatoren voor duurzaamheid, 1997.
- EC 102 drs. F.J. Sijtsma, drs. D. Strijker, M.L.A.W. Hoefsloot, Duurzame ontwikkeling in het Waddengebied - Een methode voor het afwegen van economie, natuur, milieu en landschap, 1998.
- EC 103 drs. M.J.H. van Onna, Kwaliteitsmeting in de economische wetenschap - Een goede econoom is meer dan een goede onderzoeker, 1998.
- EC 104 A. Heine, M. Maatman, Maatschappelijk Verantwoord Ondernemen - Een analyse van de jaarverslagen van de 25 grootste Nederlandse ondernemingen, 1998.
- EC 105 R. Hilgenga, Kennisvergroting in het Roemeense midden- en kleinbedrijf - De rol van de ontwikkelingsprogramma's van de Europese Unie, 1998.
- EC 105 ing. K. Bettels, drs. F.J. Sijtsma, Het Emssperrwerk - Een evaluatie op duurzaamheid van een waterkering in de Ems, 1998.
- EC 107 J.W. Boven, Markt voor natuurvoeding: een Supermarkt? - De toekomstige ontwikkeling van het netwerk van biologische voedingsmiddelen, 1998.
- EC 108 J. Idema., Stock Markets in Transition Economies - The Case of the Tallinn Stock Exchange, Estonia, 1998.
- EC 109 P.A.M. Lohle, Arbeidspool. Een (arbeidsmarkt)instrument om flexibiliteit en bestaande zekerheid te combineren, 1999.
- EC 110 A.P. Postma, drs. F.J. Sijtsma, drs.T.M. Stelder en drs. D. Strijker, De concurrentie-kracht van Weststellingwerf. Een economische-ruimtelijk perspectief, 1999.
- EC 111 R. de Veer, Bank Stability in Transition Economics, Case Study Estonia, 1999.
- EC 112 R.J. Suhlman, m.m.v. drs. F.J. Sijtsma, Financiering van monumentale kerken – Verkenning van de effecten van overheidsbeleid, 1999.
- EC 113 H. Dijk, Ware Woorden of Schone Schijn? – De betrouwbaarheid van uitspraken over Maatschappelijk Verantwoord Ondernemen, 1999.
- EC 114 W. Dijkstra, Water zonder Grenzen – Internationalisering van de Nederlandse watersector, 1999.
- EC 115 R.P. Brouwer en O.P. Smid, Magnesiumproductie in de Eemsmond – Vorming van clusters van bedrijvigheid rondom magnesiumproductie
- EC 116 A.P. Postma, Ecologische voetafdruk – Betekenis en bruikbaarheid, 2000