

De échte kosten van voedsel

-
Technische verdieping

Eric Seynaeve

24 mei 2022

Aangemaakt met LYX 2.3 en T_EX Live 2021.

Grafieken gemaakt met LibreOffice 7.2 en hier en daar opgesmukt met Inkscape 1.1.

Figuren zijn gemaakt met Gimp 2.10 en Inkscape 1.1.

Mindmap is gemaakt met Freeplane 1.9.

Gebruikte font is *Latin Modern Roman*.

Waar gegevens uit grafieken gehaald moesten worden, is gebruik gemaakt van WebPlotDigitizer (<https://automeris.io/WebPlotDigitizer/>).

Dit document is vrijgegeven onder CC BY-SA 4.0 . Een kopij van de licentie is te vinden op <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/legalcode.nl>.



Deze pdf is te vinden op

https://github.com/EricSeynaeve/landwijzer_werkstuk/raw/master/text/manuscript-tech-nl_print.pdf.



De broncode is te vinden op

https://github.com/EricSeynaeve/landwijzer_werkstuk.

Hier de quote of zo

Dankwoord

Nog een woordje van dank.

Inhoudsopgave

Dankwoord	v
Inhoudsopgave	vii
Lijst van figuren	xi
Lijst van tabellen	xiii
I Inleiding	1
1.1 De conceptie van dit werkstuk	3
1.2 Wat kan je van dit werkstuk verwachten	4
1.3 Voorstelling van de problematiek	4
1.3.1 De blik verruimen	5
1.3.2 Gebruik van een natuurlijk hulpmiddel	6
1.3.3 Indirecte kosten	7
1.3.4 Maatschappelijke kosten	8
1.3.5 Een sprong naar vandaag	10
II De doctoraatsthesis van Meino Smit	13
2 De voortuin	15
2.1 Wie is Meino Smit?	15
2.2 Waarom heeft ie dat doctoraat gedaan?	15
2.3 Wat kan je verwachten van deze bespreking?	16
3 De fundamenten: wat en hoe	17
3.1 Achtergrond	17
3.2 Productiefactoren	18
3.2.1 Grond	18
3.2.2 Kapitaal	18
3.2.3 Arbeid	19
3.3 Een paar definities	20
3.3.1 Landbouw	20
3.3.2 Kengetallen	20
3.3.3 Directe / indirecte productiefactoren	21
3.4 Efficiëntie van de landbouw	23
3.5 De bekende sectoren (output)	24
3.5.1 Akkerbouw	24
3.5.2 Veehouderij	24

3.5.3	Tuinbouw	24
3.6	De bekende sectoren (input)	24
3.6.1	Gebouwen	24
3.6.2	Trekkers en machines	25
3.6.3	Veevoer	25
3.6.4	Dierlijke mest	25
3.6.5	Kunstmest	25
3.6.6	Micronutriënten en sporenelementen	25
3.6.7	Bestrijdingsmiddelen	26
3.6.8	Diergeneesmiddelen	26
3.6.9	Zaaizaad, poot- en plantgoed	26
3.6.10	Elektronica	26
3.6.11	Dienstverlening	26
3.6.12	Mijnbouw	27
3.6.13	Transport en infrastructuur	28
4	Een vier gangen menu	29
4.1	Het aperitief: arbeid	29
4.1.1	Directe arbeid	29
4.1.2	Indirecte arbeid	30
4.2	Voorgerecht: landgebruik	31
4.2.1	Direct landgebruik	31
4.2.2	Indirect landgebruik	32
4.2.3	Arbeidsproductiviteit als ha/VTE	33
4.3	De hoofdschotel: energie	34
4.3.1	Energetische output	34
4.3.2	Energetische input	35
4.3.3	Energetische efficiëntie	35
4.4	Gewichtig dessert	39
4.4.1	Gewicht aan geproduceerde landbouwproducten	39
4.4.2	Arbeidsproductiviteit als ton/VTE	40
4.4.3	Opbrengsten in ton/ha	40
4.5	Een pousse-café: vergelijking met andere studies	41
5	Werken voor je externe kost	43
5.1	Kosten geïdentificeerd in de thesis	43
5.1.1	Kosten van de bekende sectoren	43
5.1.2	Andere aangehaalde externe kosten	49
5.2	De waarde van een kosten bepalen	49
5.2.1	Alles bestaat al	49
5.2.2	Er zijn meerdere bronnen te vinden	49
5.2.3	Waarden omvormen naar iets bruikbaars	50
5.2.4	Combineren van bronnen	50
5.2.5	Fragmentarisch beschikbare gegevens	50
5.2.6	Via een omweg tot de waarde komen	50
5.2.7	Naar beste vermogen inschattingen doen	51
5.2.8	De handdoek in de ring gooien	53
5.3	Impact van de externe kosten op de kost van de landbouw	53
5.3.1	Impact besproken bij kengetallen	53
5.3.2	De economische impact van externe kosten	54

6 Dromen over de toekomst	57
6.1 Een foute kosten/baten	57
6.2 Kan het anders?	57
7 De achtertuin	63
III 1 calorie op het bord, 10 calorieën olie?	65
8 Wie zoekt, die vindt	67
9 Landbouw in de jaren '70 (VK)	71
9.1 Energiebalans	71
9.2 Berekenen van de energie	73
9.2.1 Berekenen van de output	73
9.2.2 Berekenen van de input	74
10 Landbouw tot de jaren '70 (VSA)	77
10.1 Energiebalans	77
10.2 Berekenen van de energie	80
11 Landbouwsystemen vergeleken	83
11.1 Introductie	83
11.2 Impact van een hoge efficiëntie op de cultuur	84
11.3 Impact van het aandeel aan spierkracht	85
11.4 EROEI van verschillende systemen	87
11.5 Hoeveelheid grond is er nodig?	88
11.6 Welke systemen zijn onrealistisch?	90
11.7 Voorwaarden voor een postindustrieel landbouwsysteem	90
12 Kosten van de voedselketen	91
12.1 De verborgen energie van een boterham	91
12.2 Energiestromen in het VK van 1968	92
12.3 Energiestroom in de VSA tot de jaren '70	94
IV Een economische bril	97
13 „True Cost Accounting” door Eosta	99
13.1 Helikopter overzicht	99
13.2 Bestudeerde teelten	100
14 De resultaten	101
14.1 Vergelijking van Eosta met een fictieve niet-biologische concurrent .	101
14.2 Bekken kentallen	102
14.2.1 Economische waarde	102
14.2.2 Hatsjje - gezondheid	102
14.2.3 Bodem komt en gaat	103
14.2.4 Een regenboog aan water	103
14.2.5 Klimaat oftewel draaien aan de verwarming	103
14.3 Inschatting van impact als de piloot uitgebreid wordt	103

15 De methode	105
15.1 Economische waarde	105
15.2 Gezondheid	105
15.2.1 Veiligheid van de werknemer	105
15.2.2 Gezondheid van de consument	106
15.3 Bodem	106
15.4 Water	107
15.5 Klimaat	107
15.6 Persoonlijke reflecties	107
V Uitsmijters	109
16 Samenvatting en dromen	111
16.1 Samenvatting	111
16.2 Indirecte kosten	112
16.3 Bepalen van de kosten	114
16.4 Droom voor een duurzaamheidsindicator	115
A Een aantal technische begrippen	121
A.1 Korte samenvatting van een aantal wetenschappelijke begrippen	121
A.1.1 Joule of calorie?	121
A.1.2 Maar toch hectare en ton?	121
A.1.3 Kilo, mega, giga, oh nee	121
A.2 Broeikasgassen	122
A.3 Opgeslagen energie	122
A.4 EROEI	122
A.5 Water in alle kleuren van de regenboog	123
A.5.1 Blauw water	123
A.5.2 Groen water	123
A.5.3 De watercyclus	124
A.5.4 Grijs water	124
A.5.5 Zwart water, zwaar water en licht water	125
A.5.6 Koe 42 heeft dorst	125
A.5.7 ... en noten hebben een probleem	125
A.5.8 Kritiek en bedenkingen rond de watervoetafdruk	126
B Gaat technologie de wereld redden?	129
B.1 Externe kosten van elektronica	129
B.2 Hernieuwbare energie	130
Bibliografie	135

Lijst van figuren

1.1	Ontmoet Umbalio	5
1.2	Umbalio in haar omgeving	5
1.3	Umbalio en de omgeving van haar omgeving	6
1.4	Umbalio is de grond aan het klaarmaken met een stok	7
1.5	En aan de boom daar hing een tak	8
1.6	Umbalio vindt een hak uit	9
1.7	Umbalio heeft Gornan nodig om een hak te maken	9
1.8	Meer technologie vraagt meer input	10
1.9	De start van milieuvervuiling	10
1.10	Umbalio als moderne boerin	10
1.11	De complexiteit van de landbouw groeit	11
1.12	Het onvolledige, vervuilde, plaatje	12
3.1	De klassieke manier om naar input te kijken	21
3.2	Een meer volledig plaatje om de input te bepalen	22
4.1	Klassiek beeld van arbeid	29
4.2	Een meer reëel beeld van de arbeid	30
4.3	Klassiek beeld van landgebruik	31
4.4	Landbouwareaal per inwoner	32
4.5	Totaal aan gebruikte grond	32
4.6	Totaal landbouwareaal per inwoner	32
4.7	Arbeidsproductiviteit	33
4.8	Arbeidsproductiviteit op verschillende manieren bekijken	34
4.9	Energetische output	34
4.10	Energetische output per sector	35
4.11	Energetische input	36
4.12	Totaalplaatje van energie	36
4.13	Energetische waarde/ha	37
4.14	Energetische waarde/VTE	39
4.15	Gewicht geproduceerde landbouwproducten	39
4.16	Output in gewicht per sector	40
4.17	Arbeidsproductiviteit in ton/VTE	40
4.18	Opbrengsten per landoppervlak	41
5.1	Verdeling van het aandeel mijnbouw	51
6.1	Gedroomde arbeid	59
6.2	Gedroomd landgebruik	59
6.3	Gedroomde output in gewicht	60
6.4	Gedroomde energie	60
6.5	Gedroomde energetische verhouding	61

8.1 Energetische input/output verhouding van verschillende landbouw systemen	68
9.1 Totale energieconsumptie landbouw	71
9.2 Gebruik van kunstmest en verhoging van de output.	72
10.1 Opdeling van energieverbruik landbouw	78
11.1 Vergelijking van energie <i>inefficiëntie</i> landbouwsystemen	84
11.2 Spierkracht t.o.v. energetische efficiëntie	85
11.3 Spierkracht t.o.v. energetische efficiëntie voor rijst en mais	86
11.4 Efficiëntie van een gemend bedrijf in functie van het aandeel dieren.	87
11.5 Input versus output van verschillende landbouwsystemen.	89
12.1 Energieverdeling voor het maken van brood.	91
12.2 Energiestromen in de voedselketen (VK)	93
12.3 Energetische input in de voedselketen (VSA)	95
14.1 Vergelijking van Eosta met een fictieve niet-biologische concurrent. .	101
14.2 Vergelijking van de „True Value” van Eosta met een fictieve niet-biologische concurrent.	102
15.1 Waterverbruik van de bekenden producten	107
15.2 CO ₂ emissies van de bekenden producten	108
16.1 Overzicht kosten	113
16.2 Kosten in de voedselketen	114
16.3 Elementen die een kost bepalen	115
16.4 Factoren die een rol spelen bij kosten	116
16.5 Duurzaamheidsbloem	117
A.1 Schema van energieverlies in de olieketen	123
A.2 Deel van de watercyclus.	124
A.3 Blauwe versus grijze watervoetafdruk	126
B.1 De EROEI van een aantal energiebronnen	131
B.2 Energieverbruik per persoon en per jaar	132

Lijst van tabellen

5.1	Algemene bronnen van kengetallen	44
5.2	Externe kosten van de bekeken sectoren	46
5.3	Overzicht van de effecten van indirecte kosten	53
5.4	Voorbeelden van de economische waarde van maatschappelijke kosten	55
6.1	Verschuivingen nodig in voeding	58
13.1	Teelten bestudeerd door Eosta	100
1	Voorstel van facetten om mee te nemen in een duurzaamheidsindicator	118

Deel I

Inleiding

Hallo beste lezer. Bedankt om dit verdiepend werkstuk eens vast te nemen. Laat het je meenemen op een ontdekkingsreis over wat allemaal nodig is om aan landbouw te doen en inspireren voor een rechtvaardiging van je prijs.

1.1 De conceptie van dit werkstuk

Dit werkstuk is een kind van Landwijzer opleiding tot biodynamische landbouwer. Wat was de drijfveer om die opleiding te beginnen en vervolgens dit thema te kiezen?

De reden om die opleiding te starten was vanuit een bezorgdheid rond de stand van zaken met onze Aarde. Noem het een mid-live crisis, maar ik wou zo rond mijn 45^e echt iets goed realiseren. Zo iets waarvan je kunt zeggen: „de wereld is er nu een beetje beter aan toe”.

Maar waarom landbouw terwijl ik helemaal met informatica bezig was? Dat is een proces dat al een tijd aan de gang is.

Het is allemaal begonnen nadat ik in aanraking gekomen ben met de Transitie¹ beweging. Van hieruit is permacultuur op mijn pad gekomen en zo is de interesse gegroeid in de landbouw. Vooral het voorbeeld van Ferme du Bec² inspireert: een project met schoonheid, permacultuur, verbetering van de natuur en ook nog eens commercieel leefbaar.

Landbouw is natuurlijk super belangrijk. Een smartphone kunnen we eigenlijk allemaal wel missen, maar voeding nooit. Lees maar eens „Collapse” van Jared Diamond. Daarin stelt hij dat een maatschappij niet kan blijven bestaan als de natuur vernietigd wordt. En gezien het nauwe verband tussen natuur en landbouw....

Velen proberen de impact van de landbouw op de wereld te beperken. Maar kunnen we met behulp van landbouw de toegediende schade niet genezen in plaats van gelukkig te zijn minder schade te berokkenen? Dat is mijn missie geworden.

En dan nu, waarom dit specifieke onderwerp? Dat is gegroeid tijdens het inwerken in de permacultuur.

Een eerste zaadje was de documentaire „A Farm for the Future” van Rebecca Hosking [Hos09]. Hierin vermeld ze, na een sandwich uit zijn plasticen doodskist gehaald te hebben, dat er om 1 calorie van de sandwich in je mond te kunnen steken, er in het totaal 10 calorieën olie nodig zijn. Dat is een stelling die regelmatig terugkomt bij de permacultuur.

Ook zijn er andere stellingen die je regelmatig terug vindt: „15 000 l water nodig voor 1 kg rundvlees” of nog „2 700 l water nodig voor 1 T-shirt”.

Met mijn wetenschappelijke achtergrond ben ik dan gepraktijkeld. Waar komen die cijfers vandaan? Wat betekenen ze? Worden ze niet misbruikt?

Anderzijds groeide in deze zoektocht ook het besef dat biologische voeding niet duur is. Het is de huidige gangbare voeding die gewoon te goedkoop is. Waarom? Omdat er veel kosten zijn die niet doorgerekend worden (bv. verlies aan biodiversiteit, gezondheidsimpact van pesticiden,...).

Maar welke kosten zijn er eigenlijk allemaal in de landbouw (gangbaar én biologisch)? Hoe worden die berekend? Hebben ze een grote impact of niet? De wetenschapper in mij wilt dit weten, vandaar dat ik een drang voelde hier eens in te duiken.

¹<https://transitionnetwork.org/>

²<https://www.fermedubec.com/>

Een inzicht in deze materie zal later helpen om de prijzen van mijn producten te verklaren en te rechtvaardigen.

En dát is dan de aanleiding tot dit werkstuk.

1.2 Wat kan je van dit werkstuk verwachten

Mijn hoop is dat je, als je dit werkstuk doorgenomen hebt, het volgende ervaren hebt:

- een verwondering over de kosten die meespelen in de landbouw. Bij mij gingen er in ieder geval lampjes van verwondering branden.
- dat er niet één manier is om zaken te vergelijken. Je kunt kijken met een economische bril, een energetische bril, een ecologische bril,.... Het zal nooit volledig zijn, maar elke andere kijk leidt tot andere inzichten.
- dat achter de échte kost komen geen eenvoudige materie is. Er is niet één methode die alles omvat³.
- een samenkommen van puzzelstukjes waardoor je een vollediger inzicht krijgt in de al dan niet verborgen kosten.
- inzicht in de veranderingen die nodig zijn als alle kosten in rekening gebracht worden.

Dit zal gebeuren aan de hand van een literatuurstudie. Dat klinkt een prima alternatief is voor het tellen van schapen op een slapeloze nacht. Hopelijk is het gelukt om de stijl luchtig te houden.

Door de beperkte tijd die aan dit werkstuk besteed kan worden, zal hij zeker niet volledig zijn. Een aantal geselecteerde werken zullen besproken worden. Deze zullen een goed beeld schetsen van verschillende invalshoeken in het bepalen van de kosten van de landbouw.

Ook heb ik niet de achtergrond om een diepgaande analyse te doen van die werken. Dat is voer voor specialisten die jaren op het terrein thuis zijn. Dus stel je je vragen bij bepaalde aangehaalde stellingen of cijfers, is het tijd om de oorspronkelijke werken erbij te nemen en na te pluizen op details. Of om de aangehaalde specialisten op te zoeken.

1.3 Voorstelling van de problematiek

Elke menselijke activiteit heeft impact, of het nu in de landbouw is, het onderwijs of een andere sector. Deze impact kan een verbruik van energie, investering van tijd, gebruik van land, consumptie van water,... zijn. Je kunt aan die impact een kost toekennen in energie (joules), tijd (uren),....

Deze kost is ofwel rechtstreeks aan de activiteit toe te kennen, een directe kost, ofwel wordt gemaakt via afhankelijkheden die nodig zijn voor de activiteit, een indirecte kost. Bijvoorbeeld voor de aanmaak van machines moeten grondstoffen gedolven worden, wordt water gebruikt,.... .

³Je kunt de titel gerust „click-bait” noemen want het doet uitschijnen dat je nu eens alle kosten gaat zien. Niets is echter minder waar.

Maatschappelijke kosten zijn kosten die door de maatschappij gedragen worden. Denk bijvoorbeeld aan milieuvervuiling.

Sommige kosten die gemaakt worden, worden niet in de prijs van een product of dienst doorgerekend. Dat zijn externe kosten. Deze kunnen geïnternaliseerd worden door ze ofwel rechtstreeks door te rekenen ofwel te innen via heffingen.

Een voorbeeld maakt deze droge uitleg veel duidelijker.

Laten we Umbalio introduceren. Umbalio is een boerin die ons gaat helpen het concept van kosten duidelijk te maken⁴.

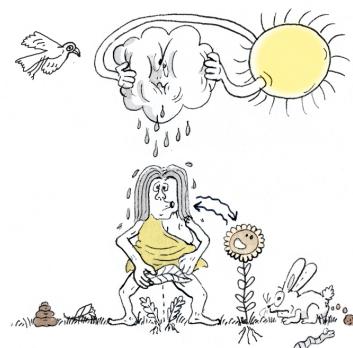
1.3.1 De blik verruimen

We ontmoeten Umbalio in figuur 1.1.



Figuur 1.1: Ontmoet Umbalio

Je ziet dat zij een beetje op zichzelf staat. Maar dat klopt natuurlijk niet. Zij heeft relaties met haar omgeving (figuur 1.2).



Figuur 1.2: Umbalio in haar omgeving

Hier is het plaatje al wat vollediger. Umbalio geniet van het zonlicht en de regen. Zij ademt zuurstof in en koolstofdioxide en waterdamp uit. Ze eet bladeren en vlees. Ze voedt haar omgeving met urine en uitwerpseLEN. Zo kunnen we natuurlijk nog een heel aantal directe relaties met de omgeving bedenken.

Je kunt een stap verder gaan en kijken wat de relaties zijn van de zaken die Umbalio consumeert en produceert (figuur 1.3).

⁴Voor de geschiedkundigen en andere geleerden onder ons: dit is een volledig fictief verhaal waarbij een aantal geschiedkundige, geologische en andere feiten compleet genegeerd worden. Gelieve dit even door de vingers te zien. De rest van dit werkstuk zal minder fantasierijk zijn.



Figuur 1.3: Umbalio en de omgeving van haar omgeving

De bladeren komen van een boom. Het vlees van een konijn.

De uitwerpselen worden door een mestkever gebruikt voor haar larven. Door de urine groeien de planten op die plaats een beetje beter.

Nog een stap verder maken de bomen in het bos ook gebruik van dezelfde zon en water. De wortels hebben symbiose met mycorrhiza. Regenwormen zetten afval om in compost. Bomen nemen koolstofdioxide op en geven zuurstof af.

Zo kun je blijven verder gaan en merken dat alles met alles verbonden is.

Dit gaat natuurlijk te ver. We zouden dan verdrinken in de hoeveelheid relaties. Deze zijn interessant voor een ecoloog maar we zoeken nu enkel relaties waar we als mens invloed op uitoefenen. Vandaar dat we alle „eenvoudige” natuurlijke relaties niet gaan beschouwen.

We hebben het volgende geleerd:

- een organisme (bv. een persoon) is verbonden met andere organismen en processen.
- deze zijn op hun beurt weer verbonden met nog andere organismen en processen. Zo kunnen we onze blik blijven verruimen.

1.3.2 Gebruik van een natuurlijk hulpmiddel

Umbalio wilt natuurlijk iets doen. Voedsel verbouwen. Oh ja, nog vergeten te zeggen: Umbalio leeft in de prehistorie. Om de grond klaar te maken gebruikt ze een stok die ze in het bos gevonden heeft. Laten we dit even schetsen in figuur 1.4.

Nu gebruikt Umbalio iets dat niet van haar eigen lichaam is: de stok. Hiermee maakt ze grond klaar om planten te telen.

Deze eet ze dan voor een deel zelf op, voor een deel deelt ze die met haar clan. Maar beiden gedeelten komen uit de grond door haar arbeid en de natuurlijke wonder van boeren. Dus moeten we beiden meerekenen als oogst.

De stok komt niet zomaar uit het niets want een boom heeft die gemaakt. Moeten we die boom mee bekijken in de relaties, zoals in figuur 1.5?

Dit hoeft niet omdat voor de groei van de boom geen menselijke tussenkomst was, enkel een goddelijke.

De tijd die Umbalio in het produceren van het eten moet steken is niet enkel de tijd die ze op het land spendeert. Je moet ook de tijd meerekenen die ze steekt in het zoeken van een juiste stok. Deze tijd moet gespreid worden over de telten waarvoor de stok gebruikt wordt.

We hebben een paar nieuwe zaken geleerd:



Figuur 1.4: Umbalio is de grond aan het klaarmaken met een stok

- een deel van de oogst kan gebruikt worden voor eigen behoeften. Maar het blijft nog altijd deel van de oogst.
- de tijd die nodig is om een oogst te hebben is niet enkel de tijd doorgebracht op het land, maar ook in het voorbereiden van de hulpmiddelen.
- de tijd doorgebracht in het voorbereiden van de hulpmiddelen moet je spreiden over de teelten waarvoor het hulpmiddel ingezet wordt.

1.3.3 Indirecte kosten

We zijn een aantal jaren verder en Umbalio heeft een uitvinding gedaan: een hak met stenen kop. Hierdoor kan ze zowel de grond sneller klaar maken als onkruid sneller weg halen en hij gaat ook nog eens langer mee. Dat zorgt ervoor dat ze meer kan telen en er dus meer voedsel beschikbaar komt. Dat is weergegeven in figuur 1.6.

Je ziet dat door de grotere oogst, het deel dat Umbalio zelf gebruikt relatief minder geworden is.

De hak is gemaakt van een stok en een stuk silex (we zitten nog altijd in de prehistorie!). Om de silex in de juiste vorm te krijgen, heeft Umbalio hulp nodig van Gornan, de expert silex kappen van haar clan. Dit is een extra relatie die we in rekening moeten brengen zoals in figuur 1.7.

Net zoals voorheen moeten we een deel van tijd die Umbalio gestoken heeft in het maken van de hak meenemen om het aantal uren werk voor de oogst in kaart te brengen.

Er is wel nog een nieuwe factor bijgekomen: de tijd die Gornan gestoken heeft in het klaarmaken van de stenen kop, inclusief een deel van de tijd die hij nodig had om te leren stenen te hakken.

Zolang deze indirecte kost niet in rekening gebracht wordt, is het een externe kost. Wordt hij wel doorgerekend, wordt hij geïnternaliseerd.

We zien nog iets speciaals. Gornan eet een deel van de oogst van Umbalio zodat hij energie heeft om de hak te maken! Maar nog altijd gaat er nu meer oogst over zijn voor de rest van de clan.



Figuur 1.5: En aan de boom daar hing een tak ...

Weer hebben we nieuwe dingen geleerd:

- met hulpmiddel verhoogt de efficiëntie van de boer.
- de indirecte kost (tijd of voedsel) die nodig is om hulpmiddelen te vervaardigen moet je in rekening brengen.
- als het systeem efficiënter wordt, wordt de discussie of geconsumeerde oogst meegeteld moeten worden of niet, minder relevant.

1.3.4 Maatschappelijke kosten

We nemen nu een sprong in de tijd tot het bronzen tijdperk. Een achter-achterkleindochter van Umbadio (die toevallig ook Umbadio noemt) gebruikt een verbeeterde hak met bronzen kop. Deze is klaargemaakt door Borjan, een achter-achterkleinzoon van Gornan.

Om brons te maken, heeft Borjan nood aan koper en tin ertsen die gedolven worden door Kalian en Mapran in een bovengrondse mijn. Ook heeft hij nood aan klei om een oven te maken en hout om te stoken.

Kalian en Mapran hebben op hun beurt nood aan scheppen en houwelen. Voor het transport van de ertsen naar Borjan gebruiken ze een draagsysteem gemaakt uit twijgen manden en hout.

Een klassieke manier om ernaar te kijken zie je in figuur 1.8. Ziet het er niet fantastisch uit, de technologie die de mens kan ontwikkelen?

Hiermee kan je zien dat de indirecte kosten voor het verbouwen van het voedsel toegenomen zijn. Er zijn meer mensen bezig met het maken van werktuigen.

Maar niet alles is zo rooskleurig. Zelfs in de prehistorie was er al impact op het milieu. Dus in werkelijkheid is het eerder als in figuur 1.9.

De metallurgie van Borjan zorgt voor vervuiling door roet, CO₂ uitstoot, Hij verbruikt hout waardoor de bossen in de buurt uitgedund worden.



Figuur 1.6: Umbalio vindt een hak uit



Figuur 1.7: Umbalio heeft Gornan nodig om een hak te maken

De mijn van Kalian en Mapran zorgt voor kaalslag op de omgeving en steenafval. De natuur zal deze schade uiteindelijk herstellen maar dat zal zeer langzaam gaan omdat de vruchtbaarheid terug opgebouwd moet worden.

Dit zijn indirecte kosten die de hele clan benadelen en dus door allen, de maatschappij, gedragen worden. Deze kunnen extern zijn, dus niet doorgerekend, of geïnternaliseerd worden, dus in de prijs van het product meegerekend.

We hebben weer heel wat inzichten bijgekregen:

- hoe technologischer de zaken worden, hoe meer je nodig hebt om de hoofdtaak te kunnen vervullen.
- transportlijnen vragen meestal ook technologie.
- bepaalde indirecte kosten worden door de maatschappij gedragen.



Figuur 1.8: Meer technologie vraagt meer input



Figuur 1.9: De start van milieuvervuiling

1.3.5 Een sprong naar vandaag

Ken je dansles video's? Eerst tonen ze de basis danspassen, dan opeens, boem, worden ingewikkelde figuren aangeleerd waar je mond van openvalt. Wel, we doen nu ook zo'n reuzensprong door naar de situatie van vandaag te kijken.

Umbalio (ja, ja, de achter-achter-achter-...-achter-kleindochter van) rijdt nu rond in een tractor om het land te bewerken (figuur 1.10). Gezellig, niet? Omdat ze gelooft in de „Groene Revolutie” doet ze aan de bij ons gangbare landbouw. Hierdoor kan ze meer produceren per uur dat ze op het veld werkt.



Figuur 1.10: Umbalio als moderne boerin

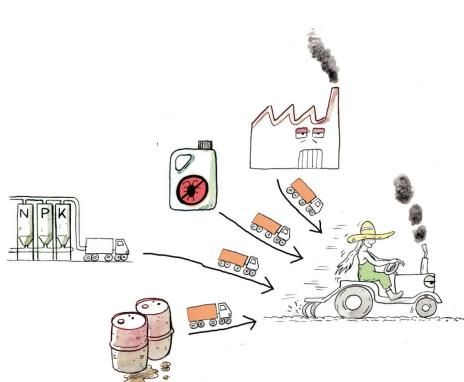
Maar om zo aan landbouw te kunnen doen, heeft ze wel wat nodig zoals brandstof, kunstmest en bestrijdingsmiddelen (figuur 1.11a). De tractor en eg zijn in een fabriek gemaakt, dus die relatie moet er ook bij.

Nog een stap verder (figuur 1.11b) heb je ijzererts nodig. En bouwmateriaal om de fabriek te maken. De fabriek zelf gebruikt ook energie. Kunstmest wordt van gas gemaakt. Bestrijdingsmiddelen hebben voor de productie fossiele brandstoffen nodig.

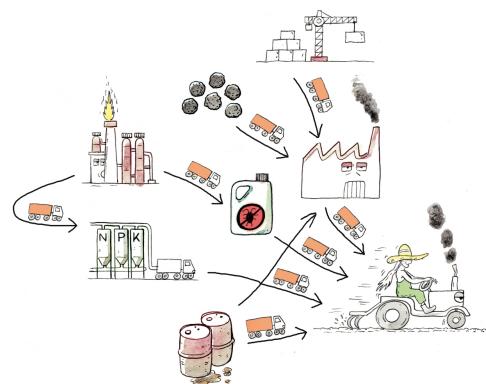
Maar dit allemaal ontstaat ook niet op een natuurlijke manier (figuur 1.11c). Je hebt olievelden en boorplatformen nodig. Raffinaderijen moeten ruwe olie bruikbaar maken. Mijnen zorgen voor grondstoffen. Zo goed als alles heeft fossiele brandstoffen nodig. En om de kring te sluiten zijn er voor de bouw en onderhoud van de olievelden en boorplatformen ook nog eens fabrieken en grondstoffen nodig.

Bij veel relaties komt transport kijken. Overal zijn er mensen bezig om de relatie mogelijk te maken.

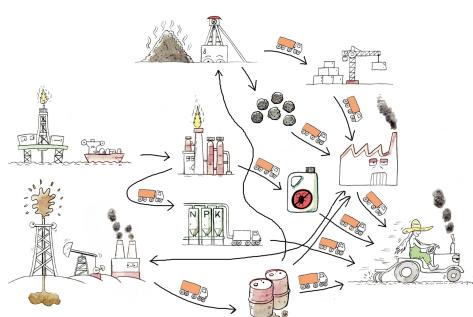
Je merkt het, er is een heel kluwen aan afhankelijkheden nodig om ervoor te zorgen dat Umbadio eten kan produceren. Als er ergens iets hapert, rammelt het langs alle kanten.



(a) Wat Umbadio nodig heeft om te boeren...



(b) ... is meer dan je denkt.



(c) Zelfs veel meer!!

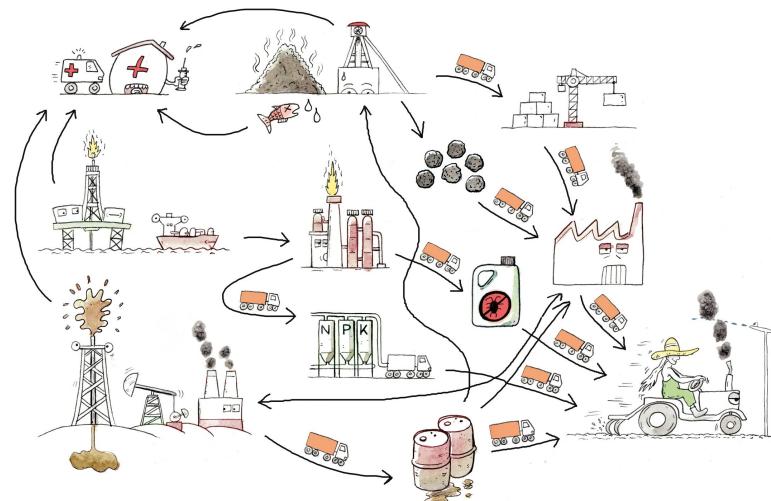
Figuur 1.11: De complexiteit van de landbouw groeit

In heel dit kluwen hebben we ook maatschappelijke kosten zoals vervuilde water, CO₂, NO_x, ... (figuur 1.12). Er zijn medische kosten. Er is afval. Er is nood aan irrigatie. En dan vergeten we nog heel wat factoren.

We zien duidelijk wat we al eerder opgemerkt hebben. Hoe technologischer je oplossing wordt, hoe meer je nodig hebt om je hoofdtaak (bij ons: het verbouwen van voedsel) uit te kunnen voeren.

Je kunt je dan ook af vragen of het allemaal wel een vooruitgang is want:

- er zijn meer indirecte kosten.
- er zijn meer maatschappelijke kosten. Wanneer en door wie worden die betaald?
- je systeem wordt kwetsbaarder aan storingen.



Figuur 1.12: Het onvolledige, vervuilde, plaatje

- op een bepaald moment loop je het risico dat de maatschappelijke kosten zwaarder gaan doorwegen dan de voordelen die de maatschappij uit de hoofdtaak haalt.

Nadat de producten de boerderij verlaten hebben worden deze meestal nog verwerkt tot bijvoorbeeld meel, confituur, conserven, Zoiets was vroeger minder want voeding werd toen rauw gegeten of na eenvoudige bereidingen. Nu komen er nieuwe sectoren op de proppen zoals verwerking en distributie.

In al deze sectoren worden kosten gemaakt die nodig zijn om eten op ons bord te brengen.

Deel II

De doctoraatsthesis van Meino Smit

Hoofdstuk 2

De voortuin

Welkom in het huis van de indirecte kosten van de Nederlandse landbouw. Met dank aan de architect Meino Smit is hier een sterk gebouw neergezet.

2.1 Wie is Meino Smit?

Hij is een biologische akkerbouwer sinds 1996.

Hiervoor was hij werkzaam rond duurzaamheid in waterbeheer na in 1975 afgestuurd te zijn aan de Landbouwhogeschool Wageningen met een focus op hydrologie.

In 2018 heeft Meino Smit met succes zijn doctoraatsthesiss verdedigd over de duurzaamheid van de Nederlands landbouw, onder begeleiding van Prof. dr. ir. Jan Douwe van der Ploeg [Smi18]. Hij heeft hiervoor een aantal kengetallen bekeken vanaf 1950, het moment dat de industrialisatie van de landbouw grote opmars begon te maken, tot 2015. Dit brengt de overgang in kaart van een vrij traditionele vorm van landbouw tot de hedendaagse industriële landbouw.

2.2 Waarom heeft ie dat doctoraat gedaan?

In de inleiding van zijn doctoraat vermeld hij:

De aanleiding voor het uitvoeren van dit onderzoek is dat ik mij al lange tijd afvraag hoe duurzaam de landbouw in Nederland eigenlijk is. Er worden steeds zwaardere machines gebruikt en steeds meer van allerlei hulpmiddelen. In de landbouwbladen staat dat de landbouw de laatste jaren duurzamer is geworden. Is dat echt zo of komt het omdat dit wordt afgemeten aan een bepaald criterium of aan een te beperkt aantal criteria?

Het is dus duidelijk dat zijn insteek anders is dan in mijn verdiepend werkstuk. Hij kijkt eerder naar de duurzaamheid van de Nederlandse landbouw. Ik ben op zoek naar de externe kosten, hoe ze te berekenen en wat de impact is als men ze in rekening brengt.

Om de duurzaamheid te kunnen meten, heeft Meino Smit de evolutie van een aantal kengetallen in kaart gebracht. Hiervoor is hij diep in de archieven gedoken en zodoende kosten bepaald. In zijn werk geeft hij aan hoe deze bepaald zijn en wat de beperkingen en onzekerheden zijn.

Een belangrijke opmerking is dat Meino Smit de Nederlandse landbouw vergeleken heeft over de tijd heen, maar geen onderscheid gemaakt heeft tussen industriële en kleinschalige, gangbare en biologische landbouw. Dus alle cijfers gelden

voor de landbouw in het algemeen. Gezien het huidige overwicht van de gangbare industriële landbouw weegt dit systeem het meest door bij recente cijfers.

2.3 Wat kan je verwachten van deze bespreking?

Aangezien de insteek van Meino's doctoraatsthesis en dit verdiepend werkstuk anders is, is dit geen samenvatting van zijn werk. De focus is hier op het opsporen van de kosten die hij bespreekt en hoe hij ze berekend heeft.

Ook is de diepgang verschillend doordat we een ander doelpubliek voor ogen hebben. Meino Smit heeft geschreven voor een meer academisch publiek. Ik probeer een meer populair werk te schrijven. Daarom zal ik voor de leesbaarheid details weg laten. Diegenen die hunkeren naar die details, verwijs ik naar het werk zelf.

Ik noem het werk van Meino Smit een dijk van een huis waar we op bezoek gaan. Op dit moment staan we nog voor het huis en bewonderen we op de architectuur. Laten we naar binnen gaan. De rondleiding is als volgt ingedeeld:

1. eerst bestuderen we de fundamenten waarop zijn werk gefundeerd is (hoofdstukken 1 t.e.m. 4).
2. vervolgens brengen we tijd door in het hart van het huis: de keuken (de presentatie van de gegevens). Hier wordt een vier gangen menu voorgeshoteld met ingrediënten uit hoofdstukken 5 t.e.m. 10.
3. koken is werken, gebruik makend van dingen die je van anderen geleerd hebt (de externe kosten en hoe ze te bepalen). Dus is de volgende halte de werkkamer. Er wordt gewerkt vanuit hoofdstukken 5 t.e.m. 10, hoofdstuk 12 en een deel van hoofdstuk 13.
4. dromen over de toekomst doen we op de slaapkamer (zijn voorstel rond een duurzame landbouw in 2040). We hebben tegen dan gezien dat de druk van de landbouw op de wereld zeer groot is. De droom gaat over hoe de wereld eruit zou kunnen zien als we die kosten willen verlagen. Gedroomd wordt er van voornamelijk hoofdstuk 14 met een deel van hoofdstuk 15 en 13.
5. vanuit de achtertuin blikken we terug en mijmeren we nog wat na.

Een opmerkzame lezer zal merken dat hoofdstuk 11 („Landbouwkundige aspecten”) niet meegenomen wordt. Niet omdat deze niet interessant is, verre van, maar dit onderwerp wijkt teveel af van het onderwerp van mijn verdiepend werkstuk.

Eventuele foute interpretaties of overnames in cijfermateriaal zijn mogelijk en komen door mijn eigen tekortkomingen. Zie het oorspronkelijke werk voor de juiste versie. Alvast mijn welgemeende verontschuldigingen aan Meino Smit hiervoor.

Hoofdstuk 3

De fundamenten: wat en hoe

Vooraleer je zo'n dijk van een huis kunt neerzetten, moeten er natuurlijk goede fundamenten bestaan. Het is niet meteen het meest aantrekkelijke deel van een bouwwerk, maar wel super belangrijk om goed te hebben zodat alles blijft recht staan. Ook bij ferme tegenwind.

3.1 Achtergrond

Voor een duurzame maatschappij is het belangrijk dat landbouw, samen andere economische sectoren, de grenzen van de natuur niet overschrijdt. Er mag uit de natuur niet meer opgenomen worden dan er aangevuld kan worden. De natuur kan ook wonderlijke dingen doen met ons afval, maar er mag niet meer afval geproduceerd worden dan dat zij kan verwerken.

We merken echter dat deze grenzen overschreden zijn, zowel in opname als vervuiling. Waar de landbouw vroeger meer energie produceerde dan erin gestopt werd, is door er berekend dat er nu wereldwijd meer energie in de landbouw gestopt wordt dan dat er uit gehaald wordt¹. Dus qua energie gebruik heeft de landbouw een grens overschreden, los van de aard van die energie zelf (herbruikbaar of niet).

Het overschrijden van grenzen veroorzaakt negatieve effecten:

- verlies aan diversiteit. Dit is niet enkel biodiversiteit maar ook een cultu-rele diversiteit die vroeger tot uiting kwam in lokale gewassen, machines, klederdracht en architectuur.
- impact op het milieu. Bijvoorbeeld het broeikaseffect of erosie.
- verhoogde afhankelijkheid van externe input. Dit maakt het systeem zowel fysiek als geopolitiek fragiel. Het eerste uit zich in paniek door één vastge-lopen containerschip in het Suez kanaal, het tweede door autoloze zondagen als olie producerende landen de prijs kunstmatig opdrijven.
- uitputting van grondstoffen en fossiele brandstoffen.
- verlies aan een verbondenheid met de boer, de grond en de natuur. De verbondenheid is vervangen door een anonieme voedselproductie die afstand creëert.

¹Het gaat bijvoorbeeld over een oogst van 13 miljard ton aan biomassa (240 EJ) tegenover een gebruik van 390 EJ aan fossiele energie [Smi18, p. 34]

Doordat de grenzen niet erkend worden, is er het gevoel dat de groei kan blijven duren. Deze situatie is echter maar kortstondig en enkel mogelijk door het verbruiken van fossiele brandstoffen.

We zouden kunnen zeggen dat de landbouw teveel is doorgeshoten naar het economische waar resultaten op korte termijn belangrijker zijn dan effecten op lange termijn. Dit heeft de visie op landbouw verengt. Zoals Meino Smit vermeld [Smi18, p. 18]:

De productie van voedsel is van oorsprong niet het enige doel van de landbouw. Het in stand houden van de bodemvruchtbaarheid en daarmee het bieden van bestaanszekerheid aan de plattelandsbevolking was/is ook een doelstelling van landbouw. Het gaat ook om betrokkenheid bij het gebied en binding aan de grond.

Maar we schatten de natuur en zijn functies niet meer naar waarde. Daardoor worden de kosten om de negatieve effecten te voorkomen, of in tweede instantie: weg te werken, niet doorgerekend.

Zelfs als je die kosten niet meeneemt, wordt de economische groei echter negatief beïnvloed wanneer de kosten groter zijn dan de baten!

3.2 Productiefactoren

Landbouwsystemen maken deel uit van het economische systeem. Productiefactoren (grond, kapitaal en arbeid) spelen dus een rol. Voor een duurzaam systeem is het uiteraard belangrijk deze in te zetten binnen de grenzen van de natuur!

Alhoewel Meino Smit dit niet aanhaalt, is kennis ook een belangrijk factor in dit verhaal. Door kennis kun je het gebruik van productiefactoren beïnvloeden. Een paar voorbeelden uit de agro-ecologie: grondgebruik door combinatieteelten, arbeid door niet-kerende grondbewerkingen, kapitaal door eigen zadenteelt. In mijn visie moeten we, om een duurzame landbouw te kunnen hebben, onze kennis sterk vergroten.

Laten we even kijken wat speciaal is aan deze productie factoren.

3.2.1 Grond

Dit is een belangrijke productiefactor voor de landbouw. Je hebt nu eenmaal grond nodig om aan landbouw te kunnen doen, ook voor niet grondgebonden landbouw! Bij dat laatste is het grondgebruik voornamelijk indirect, waar we later dieper op ingaan.

De totale hoeveelheid grond kan je in een land niet veranderen. Wel kan je de functie ervan aanpassen door bijvoorbeeld natuurgebieden toe te kennen aan de landbouw of omgekeerd.

3.2.2 Kapitaal

Dit zijn goederen die gebruikt worden om andere goederen te produceren, inclusief zaken zoals grondstoffen (zaad, ijzererts, tractor, schuur, ...) en energie (olie, gas, ...).

Je hebt kapitaal dat verbruikt wordt bij de productie van goederen (zaad, ijzererts, gas, olie, ...). Ander kapitaal kun je meermaals gebruiken voor de productie van goederen (tractor, schuur, ...).

Twee vormen van kapitaal, grondstof en energie, zijn innig met elkaar verbon-
den:

- Je hebt enerzijds energie nodig om grondstoffen te delven en in een nuttige vorm beschikbaar te maken (bv. brandstof om olie op te pompen, steenkool om zuiver ijzer te krijgen uit ijzererts, . . .).
- Anderzijds zijn er ook grondstoffen nodig voor het produceren van energie (staal voor boorplatformen, beton voor hoogovens, . . .).
- Als het laaghangende fruit bij het delven van een grondstof op is, zijn er zowel meer energie als grondstoffen nodig om eenzelfde hoeveelheid grondstof te produceren. Maar hierdoor zijn er nog meer energie en grondstoffen nodig waardoor de totale hoeveelheid gevraagde grondstoffen en energie nog sneller toenemen. Op een bepaald moment gaat een verhoging van de productie teveel grondstoffen en energie vragen om economisch te rechtvaardigen zijn.

Er zijn een aantal factoren in onze maatschappij die het gebruik van grondstoffen en energie versneld de hoogte in jagen:

1. de invoerlijnen worden steeds langer. Waar vroeger een ploeg gemaakt werd door de smid van het dorp, kwam een ploeg later uit een fabriek een paar honderd kilometer verderop. Deze afstand is steeds vergroot naar het buitenland of zelfs een ander werelddeel. Een fabriek vraagt echter meer grondstoffen en energie dan een smidse. Als er over grotere afstanden getransporteerd moet worden, verhoogt het verbruik van energie en grondstoffen.
2. de hoeveelheden grondstof en energie voor het maken van hetzelfde product stijgen naarmate de complexiteit ervan toeneemt. Denk bijvoorbeeld aan een moderne tractor die veel meer staal, kunststoffen en elektronica vraagt dan een tractor van pakweg 50 jaar geleden.
3. de zaken gaan steeds minder lang mee. Hoewel een vermindering van de kwaliteit meestal als oorzaak aangehaald wordt, spelen bijvoorbeeld ook wettelijke eisen mee die zorgen dat bijvoorbeeld een schuur door een verstrengde milieuwetgeving moet vervangen worden in plaats van hersteld of simpelweg uitgebreid.
4. zowel de bevolking als de consumptie nemen toe.

Hierdoor zitten we in een steeds versnellende cyclus van verbruik.

3.2.3 Arbeid

Een evolutie die al heel lang bezig is, is dat arbeid vervangen wordt door kapitaal. Wel zien we dat hierbij het volgende gebeurd:

- verschuiven van arbeid en grond naar het buitenland. Dit wordt later in meer detail uitgewerkt.
- verhoging van het energie gebruik.
- verhoging van het grondstoffen gebruik.

- verhoging van het gebruik in hulpstoffen. Dit kan zelfs zo ver gaan dat het gebruik van productiefactoren in de hulpprocessen groter kan worden dan die voor het eigenlijke hoofdproces (zie ook paragraaf 1.3.5 op pagina 10)

Op welke basis ook beslist wordt om arbeid te vervangen door kapitaal (wetgevend, economisch, technisch, . . .), het belangrijkste blijft om rekening houden met de grenzen van het natuurlijke systeem. Als dat niet gebeurd, wordt de schade op lange termijn zo groot dat andere overwegingen er niet meer toe doen.

Oh ja, zoals het onze soort siert wordt enkel menselijke arbeid al arbeid beschouwd. Paarden en ossen worden onder kapitaal gecatalogeerd. Dus het vervangen van menselijke spierkracht door trekkraft van deze dieren valt dus ook onder de vervanging van arbeid door kapitaal.

3.3 Een paar definities

Om te zorgen dat we over hetzelfde praten, heeft Meino een aantal zaken scherp gesteld. Iets minder spannend om te lezen, maar toch belangrijk om de neuzen in dezelfde richting te houden.

3.3.1 Landbouw

Landbouw is in technische zin het beïnvloeden van de plantaardige en dierlijke productie door middel van bepaalde cultuurmaatregelen.

Landbouw is in economische zin het inzetten van arbeid en kapitaal in de natuur met als doel de natuur er toe te brengen om meer voor de mens nuttige planten en dieren voort te brengen dan de natuur zou doen als ze aan zichzelf zou worden overgelaten [Smi18, p. 42].

Meino Smit laat niet-voedingsglastuinbouw buiten beschouwing. Dit zijn teelten van bijvoorbeeld kamerplanten en sierbloemen.

Visserij wordt klassiek buiten de landbouw gerekend. Hier gebeurd dat ook. Maar een kleine teaser: we zullen bij andere studies zien dat visserij een sector is die energetisch nog veel minder efficiënt is dan veehouderij.

Ook houdt Meino Smit geen rekening met bosbouw.

3.3.2 Kengetallen

Meino Smit bekijkt duurzaamheid met het oog op het produceren van goederen en diensten met zo weinig mogelijk energie, grondstoffen en landgebruik en het veroorzaken van zo weinig mogelijk negatieve effecten op de omgeving.

Om de duurzaamheid te berekenen gebruikt hij een aantal kengetallen. Deze worden hier summier geïntroduceerd. Ze komen uitgebreid aan bod in hoofdstuk 4.

De kengetallen worden van 1950 t.e.m. 2015 elke 5 jaar berekend. Voor 4 jaartallen zijn meer gedetailleerde gegevens gepresenteerd: 1950, 1980, 2010 en 2015.

3.3.2.1 Output

De output van de landbouw is bepaald aan de hand van de geleverde landbouwproducten, tot aan de uitgang van de boerderij. De verdere verwerking en distributie is niet in rekening gebracht. De thesis gaat dus puur over de landbouw sector. We zullen in andere delen van dit verdiepend werkstuk zien dat de landbouw in

de energie verbruik van de volledige voedselketen (van grond tot mond) maar een beperkt aandeel heeft.

Voor de gewichtswaarde is het tonnage genomen. De energiewaarde is bepaald aan de hand van de voedingswaarde van de producten.

Output van de niet-voedingsglastuinbouw, visserij en bosbouw is niet meege rekend.

3.3.2.2 Input

De input in energie is bepaald aan de hand van de benodigde energie in het volledige productieproces. Hierbij is onderscheid gemaakt tussen directe en indirecte energetische input. Hierbij wordt gekeken naar het gebruik van fossiele brandstoffen en duurzame energie. De zonlicht die gebruikt wordt voor de fotosynthese en de energie inherent aan menselijke arbeid worden hier niet beschouwd.

Voor de input zijn geen geografische grenzen genomen.

3.3.2.3 Arbeid

Hierbij is gekeken naar het aantal voltijds equivalenten die tewerkgesteld is voor de Nederlandse landbouw. Dit is zowel een direct deel als een indirect deel.

3.3.2.4 Landgebruik

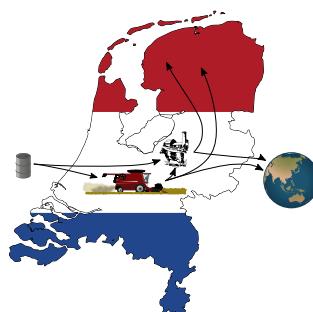
De hoeveelheid grond die nodig is voor Nederland om aan landbouw te kunnen doen. Ook dit bevat een direct deel en een indirect deel.

3.3.3 Directe / indirecte productiefactoren

Een belangrijke stellingname in het werk van Meino Smit is het beschouwen van indirecte productiefactoren, naast de directe productiefactoren.

Directe productiefactoren

Directe productiefactoren zijn diegenen die rechtstreeks in de Nederlandse landbouw gebruikt worden.



Figuur 3.1: De klassieke manier om naar input te kijken: enkel directe productiefactoren worden meegenomen

We kunnen bij de verschillende productiefactoren volgende directe delen onderscheiden, schematisch voorgesteld in figuur 3.1:

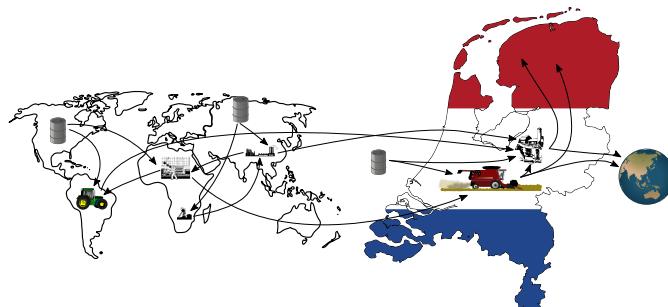
Grond directe landgebruik is het areaal landbouwgrond in Nederland zelf.

Arbeid	directe arbeid is het aantal mensen dat rechtstreeks werkzaam is op de Nederlandse land- en tuinbouwbedrijven.
Kapitaal	directe energiegebruik zijn de fossiele brandstoffen die direct in de landbouw gebruikt worden.

Indirecte productiefactoren

Indirecte productiefactoren zijn veel moeilijker te bepalen. Ze zijn op een of andere manier nodig om landbouw te kunnen bedrijven, maar zijn veel minder zichtbaar. Indirecte productiefactoren leiden tot externe kosten voor de landbouw.

De indirecte productiefactoren kunnen zowel uit Nederland als uit het buitenland afkomstig zijn.



Figuur 3.2: Een meer volledig plaatje om de input van de Nederlandse landbouw te bepalen.

We kunnen bij de verschillende productiefactoren volgende indirecte delen onderscheiden, schematisch voorgesteld in figuur 3.2:

Grond	indirecte landgebruik is land dat gebruik wordt voor de Nederlandse landbouw maar niet direct gekoppeld is aan een perceel Nederlandse landbouwgrond. Hmm, om dat duidelijk te maken zijn voorbeelden hier wel op hun plaats: <ul style="list-style-type: none"> • Braziliaanse grond gebruikt om soja te telen. Deze soja wordt dan gebruikt voor krachtvoer van een Nederlandse koe. • Deel van ijzermijn waarvan het ijzer wordt gebruikt om een tractor te maken van een Nederlandse boer. • Deel van fabriek waar kunstmest gemaakt wordt die op een Nederlandse akker uitgereden wordt.
Arbeid	indirecte arbeid zijn de mensen werkzaam bij de input van de landbouw. Dat zijn bij de voorbeelden van hierboven: <ul style="list-style-type: none"> • Braziliaanse boeren die de soja uit het vorige voorbeeld telen. • Een deel van de werknemers van de bovenstaande ijzermijn. • Een deel van de werknemers van de bovenstaande kunstmest fabriek.
Kapitaal	indirecte energieverbruik is de energie die nodig is om productiefactoren die in de Nederlandse landbouw gebruikt worden te produceren, transporteren en distribueren. Terug de voorbeelden om dit bevatlijker te maken:

- brandstof die gebruikt wordt door bovenstaande Braziliaanse boeren.
- een deel van de energie gebruikt in bovenstaande ijzermijn.
- een deel van de energie en fossiele brandstoffen die gebruikt worden in bovenstaande kunstmest fabriek. De fossiele brandstoffen worden hier apart genomen want deze zijn nodig als grondstof van kunstmest.

Indirect grondstoffenverbruik wordt niet behandeld.

Zoals je merkt, moeten de waarden van de indirecte productiefactoren gekoppeld worden aan de input die nodig is voor de Nederlandse landbouw. Van de volledige productie van, bijvoorbeeld een ijzererts mijn, wordt maar een deel gebruikt voor de Nederlandse landbouw. Deze inschatting is een moeilijke oefening waar meestal grote onzekerheden mee gepaard gaan.

Een extra complicatie is dat het aandeel van de niet-voedingsglastuinbouw afgesplitst moet worden van de gegevens. Als dit niet direct kan, worden de waarden voor glastuinbouw opgedeeld aan de hand van de verhouding in het oppervlakte tussen voedings- en niet-voedingsglastuinbouw². Dit is vooral belangrijk bij het energie gebruik omdat het aandeel van glastuinbouw in directe energetische input ongeveer 80% is.

3.4 Efficiëntie van de landbouw

Aan de hand van bovenstaande kengetallen, bepaald Meino Smit waardes voor de efficiëntie van de landbouw van 1950 tot 2015. Wat ons vooral interesseert, is de invloed van de indirecte productiefactoren hebben op de berekende efficiëntie.

Klassiek wordt de efficiëntie van de landbouw bekeken als het aantal hectare die een voltijds equivalent (VTE) „jaarlijks bewerkt” of hoeveel ton productie een VTE per jaar kan leveren. Deze indicatoren hebben echter nadelen waardoor Meino Smit ze niet gebruikt [Smi18, p. 28]. Het voornaamste bezwaar is dat deze factor de maatschappelijke kosten niet zichtbaar kan maken. Bij een beleid dat zich voornamelijk focust op deze indicatoren is het moeilijk om een economische dimensie toe te voegen.

Meino Smit gebruikt eerder indicatoren die gebaseerd zijn op energie. Hoewel dit ook niet alles meeneemt, kan energie een betere indicator zijn voor de maatschappelijke kosten van de landbouw omdat een stijging (of daling) in het gebruik van energie meestal ook een stijging (of daling) in de maatschappelijke kosten teweeg brengt.

Zijn belangrijkste indicator is de energetische efficiëntie:

$$\text{Energetische efficiëntie} = \frac{\text{de nuttige output van het productieproces}}{\text{de energie input in dat proces}}$$

Hierbij neemt Meino Smit de nuttige output als de energetische voedingswaarde van de geproduceerde landbouwproducten.

Andere indicatoren voor de efficiëntie zijn energetische output per VTE en energetische output per hectare.

Zoals aangegeven hoofdstuk 5 „Werken voor je externe kost” zijn er onzekerheden in de waarden door onvolledigheden van geregistreerde data. Het dus belangrijker te kijken naar trends over de jaren heen.

²In 1950 was 90% van de oppervlakte glastuinbouw gebruikt voor voeding. In 2015 is dat nog maar 50%.

3.5 De bekeken sectoren (output)

3.5.1 Akkerbouw

Hiervan is vertrokken van de producten die voor de menselijke consumptie bestemd zijn.

Er zijn een aantal interne leveringen beschouwd:

- veevoeder in Nederland verbouwd (geïmporteerd veevoeder is gezet onder de input „veevoer”).
- stro-opbrengsten (gebruikt als organische bemesting of strooisel), snijmais, veldbonen, voederbieten, korrelmais, corncobmix.

De output is wat overschat. Dit door het meerekenen van de totale graanoogst, zetmeelaardappelen en bloembollen.

3.5.2 Veehouderij

De energetische inhoud voor zuivel is bepaald op basis van de hoeveelheden geproduceerde melk en hoevekaas.

Eieren werden geregistreerd op basis van de beschikbare gegevens in gewicht ofwel in aantallen (over de tijd zijn deze twee beiden registratiemethodes gebruikt).

Voor het vlees werden de gewichten genomen van vlees met been. Voor pluimvee is de hoeveelheid ingeschat op basis van het levend gewicht. Als je dit zou omrekenen naar vleesopbrengst, zou dit met een 40 tot 50% verminderd moeten worden. Er is echter geen rekening voor huiden, botten, haren, wol, ...

Over het algemeen zal er een lichte overschatting zijn van de waarden.

3.5.3 Tuinbouw

Hierbij is vertrokken van de hoeveelheden geproduceerde groenten en fruit. Voor de energetische waarden zijn deze apart bekeken omdat de energetische waarde van fruit hoger is dan die van groenten.

3.6 De bekeken sectoren (input)

3.6.1 Gebouwen

De bouwsector is één van de grootste bedrijfstakken in Nederland. Ook is het een grote gebruiker van energie, grondstoffen en andere hulpbronnen met veel toeleveranciers.

Een trend die in de landbouw gesloten is, is dat gebouwen minder lang mee gaan. Er wordt sneller besloten om bestaande gebouwen te slopen en te vervangen omdat de eisen veranderen, zowel maatschappelijk als door specialisatie van de gebouwen³. Hierbij gaan er veel energie en grondstoffen verloren in de afbraak en terug opbouwen van het gebouw. Hierbij moet niet enkel de energie beschouwd worden bij de afbraak en opbouw zelf, maar ook de energie die opgeslagen zit in de materialen. Daardoor kan het tientallen jaren duren vooraleer bijvoorbeeld een energiezuinigere stal ook effectief een netto energiewinst boekt.

³Vroeger had een gebouw meerder functies zoals bewoning, stal, bewaring, werktuigenberging, ... Momenteel kent men echter minder functies toe aan één gebouw.

3.6.2 Trekkers en machines

Bij trekkers en machines is er een overgang geweest van toestellen die gebruik maakten van paardenkracht naar zelfrijdende machines. Ook zijn de materialen veranderd: van hout en ijzer naar plastic, staal en elektronica.

3.6.3 Veevoer

Veevoer is in Nederland een grote sector. Er zijn meer dan 100 bedrijven rechtstreeks betrokken en een 100-tal fouragebedrijven (reststromen uit de levensmiddelenindustrie, transport, loonwerk, ...).

Om de veevoeders te maken zijn een 300 verschillende grondstoffen nodig. De grootste stromen hiervan bestaan uit tarwe (voornamelijk uit Frankrijk en Duitsland), mais (Europa en VSA) en sojaschroot (Brazilië en VSA)

In Nederland is 80% van de dierlijke productie gebaseerd op geïmporteerde veevoergrondstoffen. Hierdoor worden nutriënten in het buitenland omgezet in gewassen en geïmporteerd in Nederland wat tot uitputting van de bodems in het buitenland leidt en mestoverschotten geeft in Nederland.

3.6.4 Dierlijke mest

De productie van dierlijke mest is in de loop van de tijd gestegen, zowel in absolute waarden als in gewicht per ha. De laatste jaren is wel een kentering te zien in deze cijfers.

Door deze stijging is dierlijke mest van een waardevolle grondstof veranderd in een afvalstof. Hierdoor is het beleid strenger geworden en is men ook begonnen met het exporteren van de mest (al dan niet verwerkt).

Gebruik van compost en zuiveringsslib zijn hier buiten beschouwing gelaten.

3.6.5 Kunstmest

Nederland is de tweede grootste producent van kunstmest in de EU. Een kleine 90% van de geproduceerde kunstmest wordt geëxporteerd!

Een reden hiervoor is de beschikbaarheid van Nederlands aardgas wat de productie interessant maakt. Verder zijn er ook belangrijke importen van fosfaat en kali uit het buitenland. Deze winning kent echter verspilling, giftig en radioactief afval.

Men is de laatste decennia ook minder kunstmest gaan gebruiken door enerzijds opgelegde bemestingsnormen en anderzijds het verhoogde gebruik van dierlijke mest.

3.6.6 Micronutriënten en sporenelementen

Dit zijn mineralen die essentieel zijn in de landbouw. Ze worden gewonnen uit de mijnbouw, vandaar dat de kengetallen hiervoor onder de mijnbouw staan.

Voor deze elementen zijn er twee problemen:

1. concurrentie tussen de industrie en de landbouw omdat ze beiden deze elementen gebruiken.

2. er is weinig hergebruik van deze grondstoffen. Enerzijds omdat er in de industrie weinig aandacht voor is. Anderzijds omdat de natuurlijke recyclage cyclus doorbroken is door de manier dat afvalwater behandeld wordt.

Dit leidt enerzijds tot een demineralisatie van landbouw en anderzijds tot een verlies van deze eindige grondstoffen.

3.6.7 Bestrijdingsmiddelen

Er worden hiervoor 400 actieve stoffen en diverse toevoegingen (die ook schadelijk kunnen zijn) gebruikt. Deze worden gebruikt voor bestrijding van allerhande organismen, gaande van schimmels tot zelfs knaagdieren.

Het gebruik hiervan is begonnen na 1945 waardoor er kortere teeltwisselingen mogelijk werden.

Eerst werden voornamelijk breed werkende middelen gebruikt. Tegenwoordig worden vooral contact- of systemische middelen gebruikt.

3.6.8 Diergeneesmiddelen

Enkel rond het gebruik van antibiotica zijn er geregistreerde gegevens. Hierdoor zijn geneesmiddelen niet opgenomen.

3.6.9 Zaaizaad, poot- en plantgoed

Deze zijn ofwel bekeken als interne leveringen ofwel als export.

Voor de input zijn ze niet apart meegeteld.

3.6.10 Elektronica

Onder andere door de korte levensduur van elektronische apparatuur, vraag de productie hiervan meer energie dan het gebruik. Dit is anders dan de meeste andere producten (bijvoorbeeld een auto). Ook ontstaat bij de productie meer afval dan na het gebruik.

Er is ook energieverlindende infrastructuur nodig voor het gebruik van de datastromen die uit de elektronica komen. Dit zijn communicatie netwerken, datacentra, . . .

In hoofdstuk B wordt verder ingegaan op de impact van elektronica.

Binnen de landbouw is het gebruik van elektronica gestart in de jaren 70. Eerst was de elektronica duidelijk zichtbaar. Tegenwoordig is het meer verborgen geraakt in andere producten. Dit kan gaan van bijvoorbeeld aan sensoren in machines tot tracking devices bij palloxen. Het gebruik is ook uitgebreid van computers voor de boekhouding over procescomputers voor klimaatregeling tot robotica zoals melkrobotten.

Door de nieuwe afhankelijkheid met de ICT sector wordt het moeilijker om zelf reparaties uit te voeren.

3.6.11 Dienstverlening

Ook binnen de dienstverlening zijn er mensen expliciet bezig voor de landbouw. Dit zijn bijvoorbeeld bedrijfsadviseurs, boekhouders, ambtenaren van ministeries, onderzoekers, . . .

3.6.12 Mijnbouw

Er zijn wereldwijd miljoenen mijnen. 96% van het materiaal (in gewicht) wordt gewonnen in bovengrondse mijnbouw (dagmijnbouw), dus grote open plekken die afgegraven worden. Het alternatief is schachtenmijnbouw.

95% van de productie van mijnbouw is voor het delven van 6 mineralen [TNO15]: ijzererts (67%), kalkzandsteen (11%), gips (5%), silica (5%), bauxiet (4%) en fosfaaterts (3%).

Mijnbouw is een sector die maar langzaam kan aanpassen aan een veranderende vraag. Niet alleen duurt het jaren vooraleer een nieuwe grondstoffenstroom (mijnbouw + verwerking) volledig in productie genomen is, verschillende belangrijke mineralen worden niet rechtstreeks gemijnd maar als „bijwinst” bij het mijnen van een ander materiaal. Bijvoorbeeld is vanadium voor het merendeel gewonnen als bijproduct van ijzerwinning. Als er dus een stijgende vraag is naar vanadium, moet er meer ijzer gewonnen worden. Als dat laatste economisch niet interessant is, zal de hoeveelheid gewonnen vanadium niet kunnen volgen op de vraag. Dit heeft uiteraard een gevolg op de prijs van vanadium.

Bij mijnbouw zijn er een aantal problemen die de kosten ervan bepalen.

1. bij mijnbouw komt er veel afval vrij. Bij dagmijnbouw wordt er ongeveer 3 keer zoveel grond afgegraven dan erts. De raffinage van erts is ook zeer belastend, met afval dat giftig of radioactief kan zijn. Dit geeft bedroevende resultaten. Een paar voorbeelden: kopermijnbouw geeft 99,5% afval en maar 0,5% zuiver koper; een gemiddelde voor de Canadese metaalmijnen is 98% afval.
2. de winning uit mijnbouw wordt steeds minder efficiënt. De beste plaatsen werden het eerst geëxploiteerd waardoor de kwaliteit van de erts telkens achteruit gaat. Terug het voorbeeld van koper: in het begin had je nog ertsen met concentraties van tientallen procenten koper. Een eeuw geleden was dit een paar procenten en nu is de gemiddelde concentratie koper minder dan een procent.
Dit geeft niet enkel meer afval omdat er minder interessant materiaal opgehaald wordt, maar evenredig gestegen kosten in energie en andere grondstoffen om dezelfde hoeveelheid mineraal te verkrijgen. Dit is een vicieuze cirkel waar we enkel met een overgang naar een andere manier van omgaan met de rijkdommen van de aarde uit kunnen raken.
3. mijnbouw is zeer onfair. De vraag en baten van de mijnbouw worden door de wereldwijde markt bepaald. Maar de negatieve effecten zoals verlies van land, vervuiling en penibele arbeidsomstandigheden zijn wel ten koste van het land of de regio waar de mijnbouw plaats vindt. De ethiek van mijnbouw kan dus in vraag gesteld worden.

Het is moeilijk om het aandeel van de mijnbouw in de Nederlandse landbouw te bepalen. Meino Smit heeft dit op een indirecte manier proberen in te schatten [Smi18, p. 68 en volgende].

Voor het landgebruik wordt geen rekening gehouden met de milieu impact van de mijnbouw, enkel met de mijnbouw sites en infrastructuur zelf. Dit kan een groot verschil maken omdat de milieu impact zich op een zeer groot gebied kan afspeLEN.

Er zit een grote onzekerheidsmarge op deze waarden.

3.6.13 Transport en infrastructuur

Er is infrastructuur nodig om op het land te kunnen werken en producten te kunnen aan- of afvoeren. Er zijn drie niveaus van infrastructuur te onderscheiden:

- bedrijfsniveau (toegangswegen, verhardingen, aansluitingen, ...)
- landbouwniveau (wegen naar landbouwbedrijven, sloten en kanalen, ...)
- gedeelde infrastructuur (havens, spoorlijnen, waterzuivering, elektriciteitsnet, ...)

Er is gekeken naar het aandeel van de landbouw in de transport van zowel inputs als geproduceerde goederen.

Transport per schip, vliegtuig en trein is niet meegenomen.

Hoofdstuk 4

Een vier gangen menu

Welkom in de keuken, het hart van het huis. De tafel is gedekt met lekkers. Op het recept vandaag: kleurrijke grafieken overgoten met een (in)direct sausje, begeleid door een besprekking van de chef.

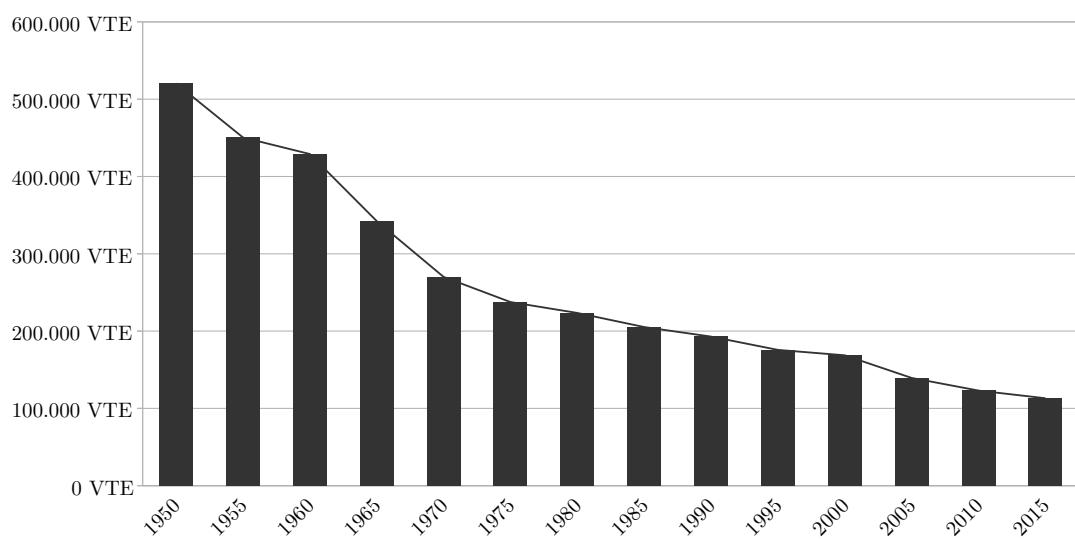
Smakelijk!

4.1 Het aperitief: arbeid

Als aperitief beginnen we aan de Noeste Arbeid In De Landbouw.

4.1.1 Directe arbeid

Hoeveel volk werkt er in de Nederlandse landbouw? Standaard krijg je iets te zien zoals in figuur 4.1.



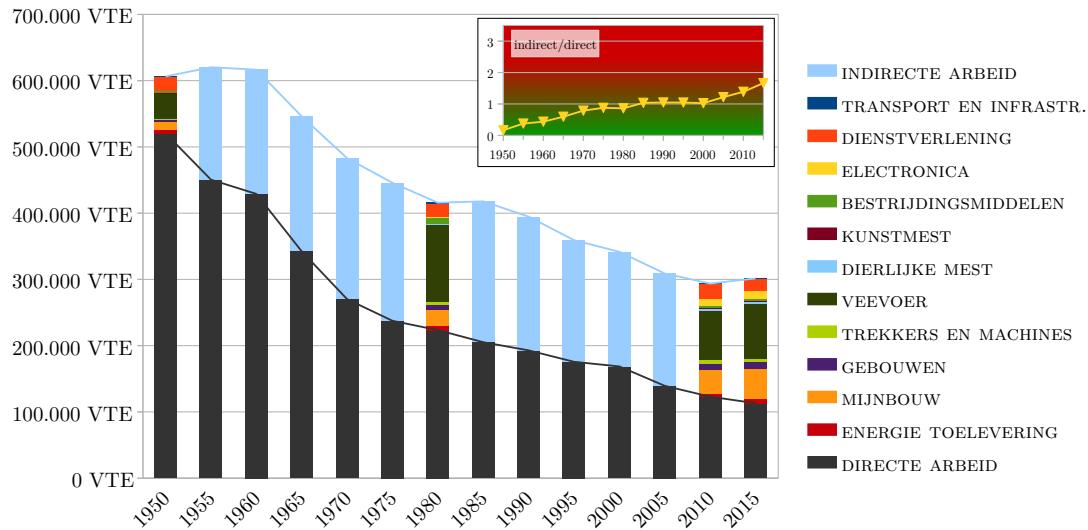
Figuur 4.1: Klassiek beeld van arbeid in de Nederlandse landbouw

Er is een sterke afname te zien tussen 1950 en 2015, te wijten aan de mechanisatie en schaalvergroting van de landbouw. Dit is de arbeid die direct tewerkgesteld is in de Nederlandse landbouw (boeren, loonwerkers, ...). In 2015 zijn er ongeveer vijf keer minder mensen rechtstreeks tewerkgesteld in de landbouw vergeleken

met 1950. Het aandeel van landbouwers in de beroepsbevolking is navenant ook gedaald: van 13,4% in 1950 tot 1,4% in 2015¹. In 1807 was dat aandeel nog 43,1%.

4.1.2 Indirecte arbeid

Zoals Meino Smit laat zien, is de werkelijkheid genuanceerder. Er is namelijk ook indirecte arbeid betrokken bij de landbouw. Tellen we die mee, dan krijgen we figuur 4.2.



Figuur 4.2: Een meer reëel beeld van de arbeid in de Nederlandse landbouw

Er is nog altijd een duidelijke afname in het aantal arbeidskrachten. Maar deze is minder uitgesproken dan voorheen. In de inzet is te zien dat de verhouding tussen de directe en de indirecte arbeid in de loop van de tijd omgedraaid is: waar er vroeger veel meer mensen rechtstreeks in de landbouw tewerkgesteld waren, zijn er nu meer mensen indirect in de landbouw tewerkgesteld. In 2015 was er voor elke Nederlandse boer nog 1,7 persoon indirect bezig.

Wat moeten we ons bij die indirecte arbeid voorstellen? Dat zijn bijvoorbeeld Braziliaanse boeren die soja telen die in de Nederlandse veehouderij gebruikt wordt. Of arbeiders die grondstoffen mijnen zoals fosfaat of ijzer. Of adviseurs in de landbouw. Of arbeiders in rubberfabrieken die tractorbanden maken.

De belangrijkste sectoren die indirecte arbeid leveren aan de landbouw zijn veevoer, mijnbouw en dienstverlening, samen goed voor meer dan driekwart van de indirecte arbeid. Deze personen bevinden zich deels in Nederland zelf (bv. ambtenaren), deels buiten Nederland (bv. mijnbouwers).

Meino Smit maakt nog een aantal interessante kanttekeningen bij arbeid:

- een persoon kan niet altijd nuttig bezig zijn. Men is doorgaans beroepsmatig actief tussen 20 en 70 jaar. Ook heeft elke persoon nood slaap, ontspanning, eten, Dus moet een uur arbeid instaan voor het onderhoud van ongeveer 7,7 uur van het volledige leven.
- er is altijd een afhankelijkheid van menselijke arbeid. Deze kan zeer indirect zijn zoals de programmeur van een melkrobot zonder dewelke die melkrobot totaal niet kan werken.

¹Dit is geen daling tot een vijfde omdat de beroepsbevolking is in diezelfde tijdsspanne gestegen is van 3,9 miljoen tot 8,3 miljoen personen.

- spenderen we onze tijd, energie en grondstoffen wel op een nuttige manier? Waarom moet er zoveel werk gestoken worden in een systeem van automatische plantenherkenning als dat door een mens zoveel sneller kan aangeleerd worden?
- de menselijke spierkracht kan veel efficiënter ingezet worden door inzet van kennis. Bijvoorbeeld het gebruik van simpele gereedschappen zoals een schoffel of hulpmiddelen zoals kogellagers.
- is de vervanging van menselijke arbeid door machines wel gepaard gegaan met een toename van arbeidsvreugde, gezondheid en zingeving van het werk?
- de voeding die nodig is om menselijke (en dierlijke) arbeid te verrichten is in onze huidige maatschappij indirect een gebruik van fossiele energie.

Het aantal personen dat indirect voor de Nederlandse landbouw tewerkgesteld is, ligt naar alle waarschijnlijkheid nog hoger (tabel 5.1). Dit doet echter geen afbreuk aan de trends:

- een afname van de arbeid, zowel direct als indirect.
- een verschuiving van het directe naar indirecte arbeid.
- het aantal personen dat indirect tewerkgesteld is voor de Nederlandse landbouw is groter geworden dan het aantal personen dat direct tewerkgesteld is.

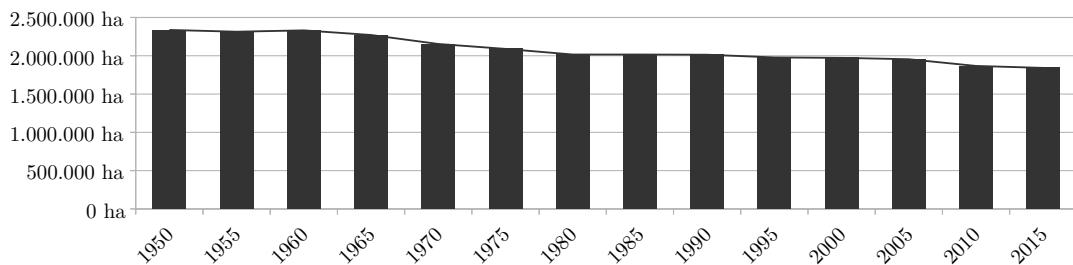
4.2 Voorgerecht: landgebruik

Nu we warm geworden zijn en de spijsvertering goed op gang gekomen is, tijd voor het voorgerecht.

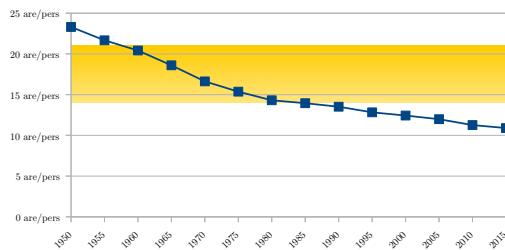
4.2.1 Direct landgebruik

Voor de hoeveelheid land die gebruikt wordt in de landbouw hebben we een analoge situatie als voor de ingezette arbeid.

Klassiek bekijkt men enkel het rechtstreeks gebruikte land zoals in figuur 4.3.



Figuur 4.3: Klassiek beeld van landgebruik in de Nederlandse landbouw

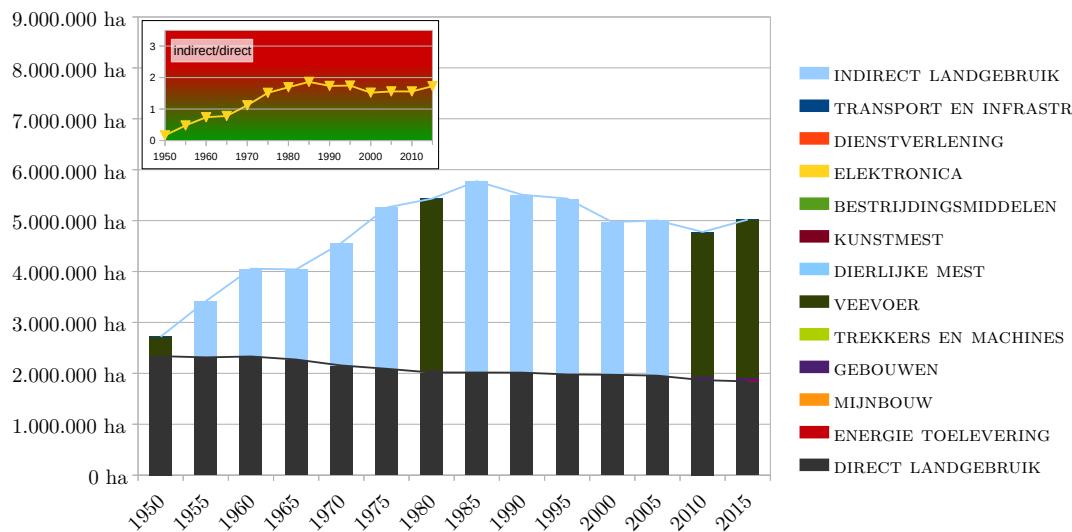


Figuur 4.4: Landbouwareaal per inwoner zieken [Smi18, p. 63].

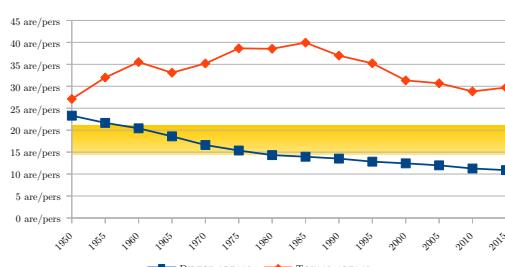
Het is te zien dat met enkel het landbouwareaal dat in Nederland ter beschikking is, de Nederlandse bevolking niet gevoed kan worden. Maar toch is er meer dan genoeg eten ter beschikking, zelfs teveel. Hoe kan dat?

4.2.2 Indirect landgebruik

We krijgen een totaal ander beeld als we ook de gronden die indirect gebruikt worden meenemen. Het totaal aan gebruikte grond is te zien in figuur 4.5.



Figuur 4.5: Totaal gebruikte grond voor de Nederlandse landbouw



Figuur 4.6: Totaal landbouwareaal per inwoner

tare grond nodig elders.

Figuur 4.6 geeft weer wat dit betekend voor de hoeveelheid landbouwgrond die een Nederlandse inwoner ter beschikking heeft.

Het areaal aan landbouwgebied in Nederland toont ook een dalende trend, zij het minder uitgesproken dan bij de arbeid.

Figuur 4.4 geeft het areaal landbouwgrond dat een Nederlander ter beschikking heeft. De gekleurde band geeft aan wat er per persoon nodig is om voldoende voeding te kunnen voorzien.

- INDIRECT LANDGEBRUIK
- TRANSPORT EN INFRASTR.
- DIENSTVERLENING
- ELEKTRONICA
- BESTRIJDINGSMIDDELLEN
- KUNSTMEST
- DIERLIJKE MEST
- VEEVOER
- TREKKERS EN MACHINES
- GEBOUWEN
- MIJNBOUW
- ENERGIE TOELEVERING
- DIRECT LANDGEBRUIK

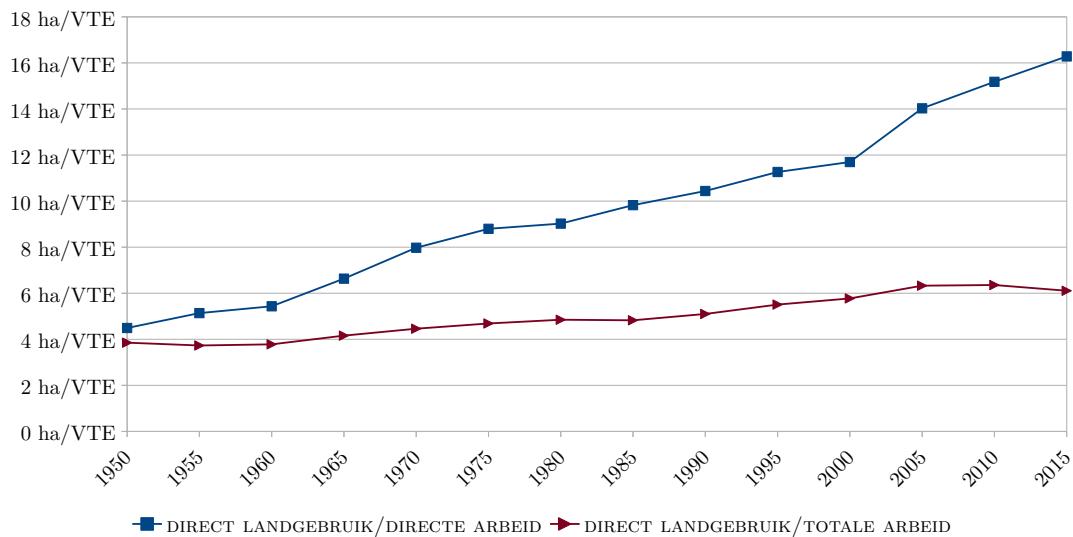
We zien nu dat het totaal landgebruik eigenlijk toegenomen is. Deze toename is quasi uitsluitend te wijten aan de import van veevoeder.

Er is in de inzet te zien dat de hoeveelheid indirect landgebruik eerst sterk is gestegen ten opzicht van het direct gebruikte landbouwareaal. Rond 1980 is dit gestabiliseerd bij een verhouding van 1,7. Met andere woorden: gemiddeld heeft elke hectare landbouwgrond in Nederland nog 1,7 hec-

Het is duidelijk dat enkel dankzij het indirect landgebruik de Nederlandse bevolking gevoed kan worden. Ter vergelijking, wereldwijd was er in 2015 20 are/persoon ter beschikking.

4.2.3 Arbeidsproductiviteit als ha/VTE

Nu we zowel zicht hebben op het aantal mensen dat in de Nederlandse landbouw tewerkgesteld is als op het landgebruik, kunnen we die zaken eens combineren.



Figuur 4.7: Arbeidsproductiviteit in de Nederlandse landbouw

Een eerste combinatie zie je in figuur 3.1.

Hierin is in het blauw de klassieke arbeidsproductiviteit berekend op basis van directe arbeid en direct landgebruik. Je ziet dat de arbeidsproductiviteit enorm is toegenomen over de jaren. Een boer bewerkt in 2015 3,6 keer zoveel grond dan in 1950.

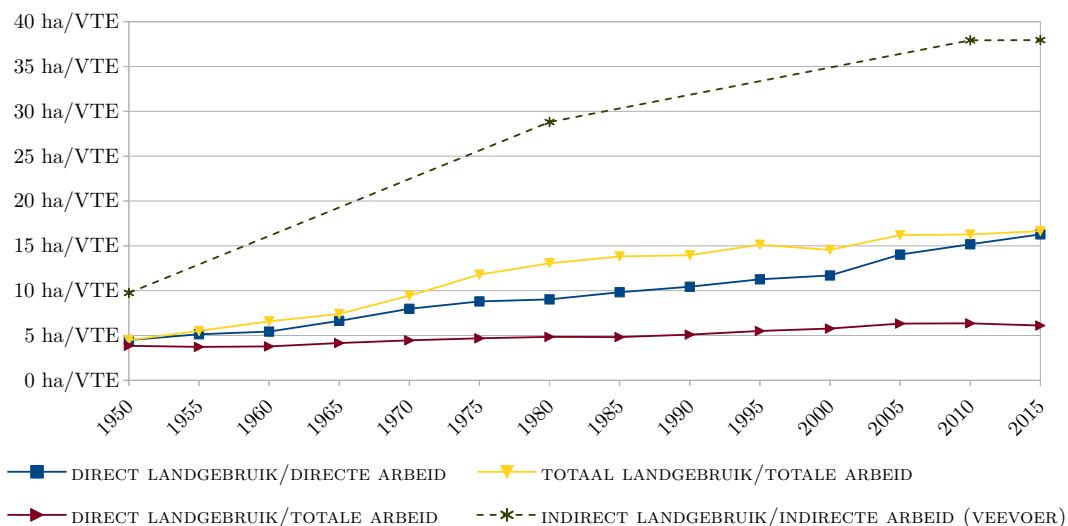
Voor elke Nederlandse boer weten we dat er in 2015 1,7 personen extra nodig zijn om die boer te ondersteunen. In 1950 was dat maar 0,2 personen. Hou je hier rekening mee, dan krijg je de bordeaux lijn van figuur 4.7. Nu is de toename in arbeidsproductiviteit gezakt tot 1,6.

We hebben ook gezien dat een groot deel van deze indirecte arbeid veevoeders voor Nederland aan het telen is. Dus moet eigenlijk het indirect landgebruik meegenomen worden. Nu is de toename weer gestegen naar 3,6.

Het interessant om de arbeidsproductiviteit voor het telen van veevoer apart te bekijken. De arbeidsproductiviteit is hier enorm hoog. Dit heeft er waarschijnlijk mee te maken dat het puur over akkerbouw gaat, terwijl de andere cijfers ook tuinbouw en andere sectoren bevatten waar er meer personen tewerkgesteld zijn op eenzelfde stuk grond.

Dit is allemaal samengevat in figuur 4.8.

Welke manier nu de „juiste” is, zal afhangen van wat je wilt weten. Kijk je naar hoeveel personen globaal nodig zijn om een hectare landbouwgrond in Nederland te bewerken, dan is de bordeaux grafiek diegene die je wilt bekijken. Wil je weten hoeveel de globale arbeidsproductiviteit is voor de Nederlandse landbouw, neem dan de gele. Kijk je enkel naar de directe productiefactoren, neem dan de blauwe grafiek. Voor ieder wat wils!



Figuur 4.8: Arbeidsproductiviteit op verschillende manieren bekeken

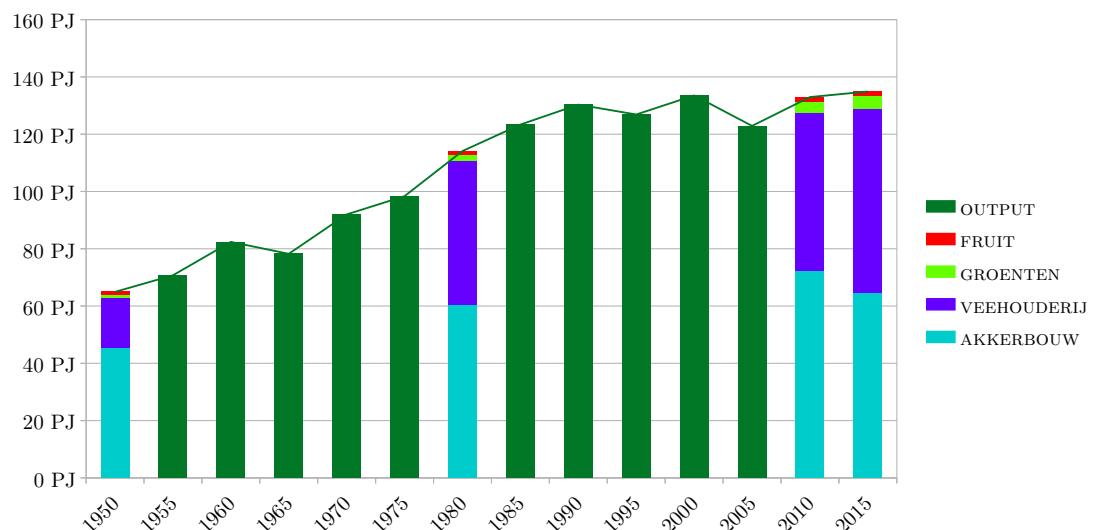
Zoals ook aangehaald in paragraaf 3.4, houdt de arbeidsproductiviteit geen rekening met de maatschappelijke kost die aan de productieverhoging gekoppeld is. Vandaar dat we hem niet verder zullen gebruiken.

4.3 De hoofdschotel: energie

Smaakt het? Hopelijk is het nog niet teveel geweest want nu komt de hoofdschotel. De kok heeft zicht laten gaan en alles overgoten met een saus van kleurrijke grafieken. Geniet ervan.

4.3.1 Energetische output

De output is in 3 sectoren opgedeeld: akkerbouw, veehouderij en tuinbouw (fruit en groenten) zoals te zien in figuur 4.9. Deze opdeling is maar in 4 jaartallen terug te vinden in het werk, vandaar dat de andere jaren enkel de totale output tonen.



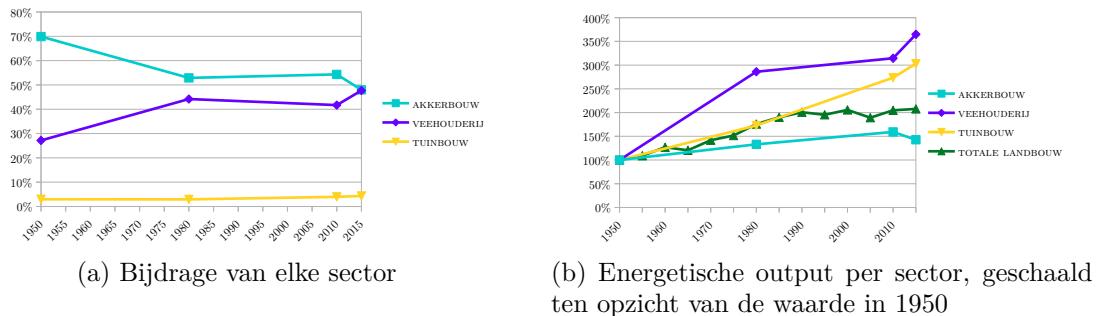
Figuur 4.9: Energetische output van de Nederlandse landbouw

De totale energetische output is eerst gestegen maar sinds 1990 redelijk constant gebleven.

Voor de akkerbouw zijn de verschillen aan een aantal factoren te wijten: weers-invloeden, verschuiving van akkerbouw naar grasland en omgekeerd en het feit dat er nu meer akkerbouwmatig groenten geteeld worden.

Bekijken we de evolutie van het aandeel van de verschillende sectoren in de output (figuur 4.10a), dan zien we dat het aandeel in de akkerbouw gedaald is ten voordele van de veehouderij waarbij ze nu ongeveer evenveel energetische output hebben.

Dit is vooral zichtbaar in figuur 4.10b waar de output bekijken wordt ten opzicht van de waarde in 1950. Voor de volledige Nederlandse landbouwsector is er eerst een toename geweest maar vanaf 1990 is een stagnatie opgetreden. Het is echter duidelijk dat de energetische output van de tuinbouw en vooral de akkerbouw in de bekken periode sterk gestegen.



Figuur 4.10: Energetische output per sector

4.3.2 Energetische input

De energetische input, zowel direct als indirect, is weergegeven in figuur 4.11.

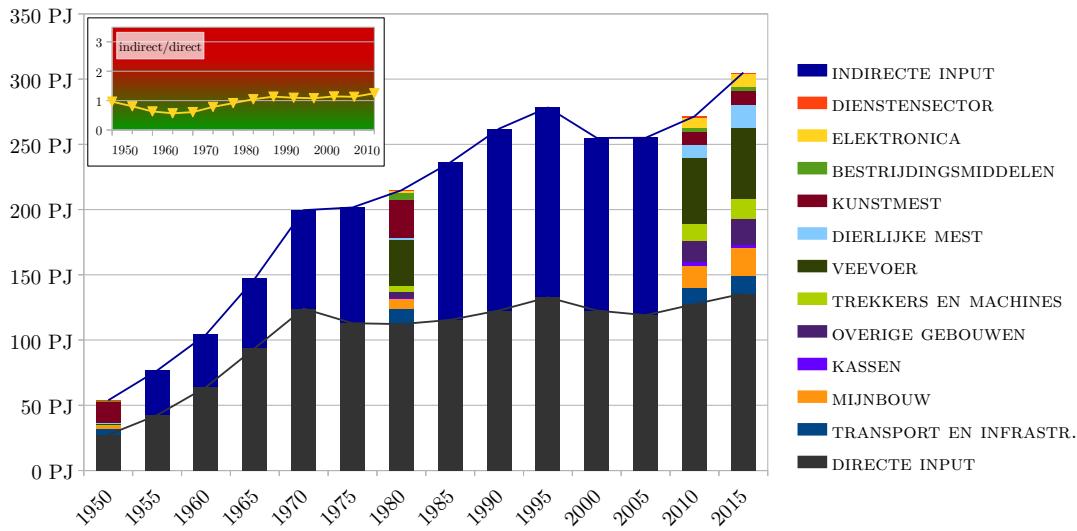
We zien dat de input blijft stijgen. De verhouding tussen de directe en indirecte input is eerst gedaald, maar sinds 1970 is deze gestaag gestegen. Vandaag is er 1,2 keer zoveel indirecte als directe input nodig voor de Nederlandse landbouw. De indirecte input is waarschijnlijk nog een onderschatting omdat de input van een aantal sectoren onvolledig is of moeilijk te bepalen.

Willen we deze getallen in perspectief plaatsen, moeten we beseffen dat het volledig verbruik aan elektriciteit in België per jaar rond de 80 TWh oftewel 288 PJ bedraagt². Met andere woorden, de Nederlandse landbouw verbruikt evenveel energie als het volledige elektrisch verbruik van België.

4.3.3 Energetische efficiëntie

Zoals uitgelegd is in paragraaf 3.4 „Efficiëntie van de landbouw”, gebruikt Meino Smit liever een maat van efficiëntie (en duurzaamheid) gebaseerd op energetische efficiëntie in plaats van arbeidsproductiviteit.

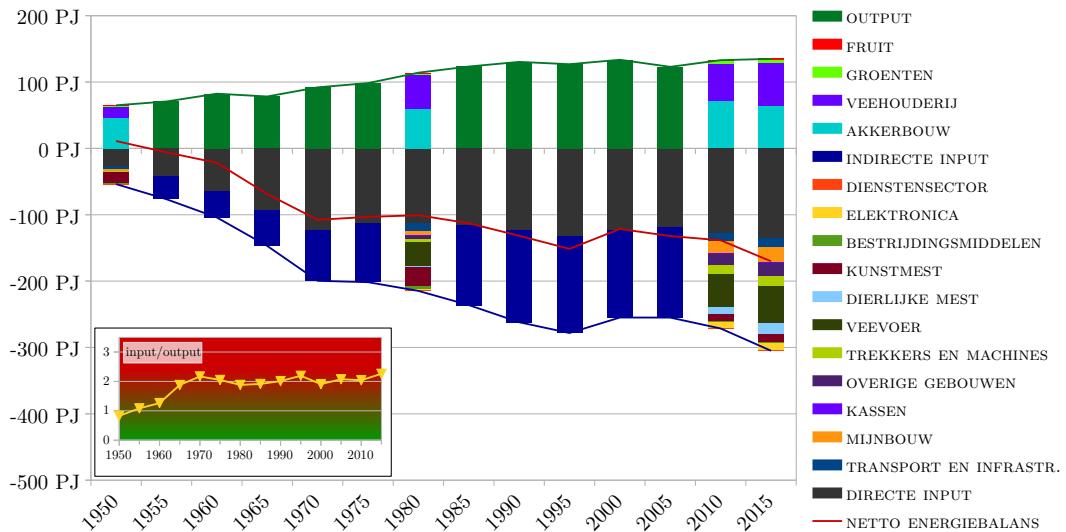
²<https://www.febeg.be/statistieken-elektriciteit>



Figuur 4.11: Energetische input voor de Nederlandse landbouw

4.3.3.1 Energetische output t.o.v. energetische input

Figuur 4.12 combineert figuren 4.9 en 4.11. De input is als „negatieve” energie beschouwd omdat dit energie is die je in de landbouw moet steken. Op die manier kan ook een energiebalans opgemaakt worden van de Nederlandse landbouw.



Figuur 4.12: Totaalplaatje van energie

Het eerste dat opvalt is dat de energiebalans van de Nederlandse landbouw negatief geworden is. Dit houdt in dat er meer energie in gestoken moet worden dan dat je eruit haalt, wat we ook al zagen wereldwijd optreden (voetnoot 1 op pagina 17). Deze negatieve energiebalans treedt verrassend vroeg op in de beschouwde periode.

Als er alleen gekeken wordt naar de directe input, zou de energiebalans eerst negatief geworden zijn rond 1965 om dan vanaf 1970 terug te stijgen. Vanaf 1980 zou de balans dan rond 0 geschommeld hebben.

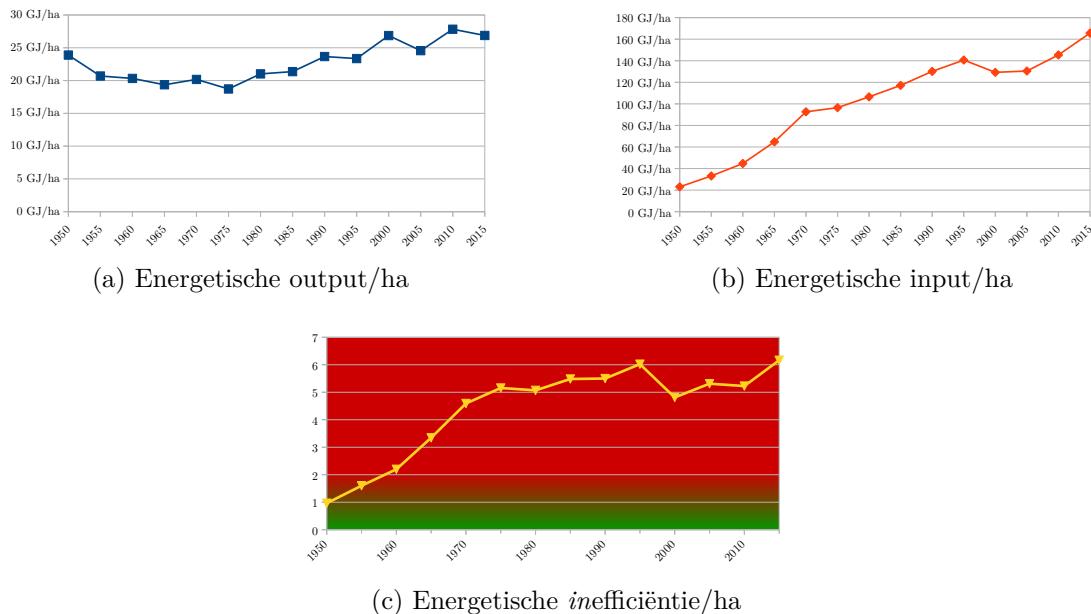
Ook zien we in de inzet dat er momenteel twee keer zoveel energie gepompt wordt in de landbouw dan dat eruit gehaald wordt. Dus voor elke MJ voedingswaarde die de boerderij verlaat, moet je er twee MJ energie in steken. In 1950 was

er net iets meer output dan input. Daarna is een stijging te zien tot 1970, waarna de verhouding stabiel is gebleven op een factor 2.

Eten is broodnodig dus mag wel wat kosten, maar het is uiteraard de vraag of dit niet beter kan. Het is wel duidelijk dat deze manier van landbouw op lange termijn niet houdbaar is omdat de energiebronnen eindig zijn.

Het meerekenen van de totale kosten verandert het beeld rond de landbouw. Met enkel de directe input zouden we een energetisch neutrale balans zien na een dieptepunt in 1970. Rekening houdend met de externe kosten, is het duidelijk dat de balans al lang negatief is en alleen maar verslechtert.

4.3.3.2 Efficiëntie van energie t.o.v. grondgebruik



Figuur 4.13: Energetische waarde/ha, rekening houdend met het grondgebruik

Energetische output per hectare Kijken we naar de energetische output per hectare, moeten we kijken naar het grondgebruik: hoeveel grond is er nodig om deze output te verkrijgen.

Het moet ondertussen duidelijk zijn dat niet alleen de landbouwgrond in Nederland nodig is, maar ook het indirecte landgebruik. Zonder bijvoorbeeld het indirecte landgebruik voor veevoeder of grondstoffen zou het niet mogelijk zijn om deze output te bereiken.

Figuur 4.13a houdt hier rekening mee. We zien dat de output per hectare over de hele periode eerst gedaald is, om dan terug langzaam te stijgen tot iets boven het niveau van 1950. De Nederlandse landbouw is over de hele periode niet zoveel efficiënter geworden ondanks alle mechanisatie en technologische vooruitgang.

Hadden we hier geen rekening mee gehouden, dan zouden we gedacht kunnen hebben dat we goed bezig waren want de output per hectare zou dan schijnbaar 2,6 keer beter zijn in 2015 ten opzichte van 1950. Maar dan waren we wel vergeten om het de externe kosten mee te nemen.

Energetische input nodig per hectare Kijken we naar hoeveel input aan energie nodig is per ha landbouwgrond, dan moeten we ook hier opletten welke waarden we nemen. We willen weten hoeveel input nodig is voor elke bewerkte hectare in Nederland:

- voor het landgebruik nemen we dan het direct landgebruik.
- de input is de volledige input, dus inclusief de externe kosten want dat is wat de energie die effectief nodig om de gewassen te telen.

Dit resultaat is te zien in figuur 4.13b.

Er is duidelijk een sterke stijging in de hoeveelheid energie die per hectare Nederlandse landbouwgrond nodig is. In 2015 is 7,2 keer zoveel energie per hectare nodig dan in 1950.

Hadden we enkel gekeken naar de directe energie, dan was deze stijging minder geweest (6,3 keer) en de absolute waarde voor 2015 was minder dan de helft geweest. Dit geeft opnieuw aan hoe belangrijk het is om de indirecte energie mee te nemen.

Efficiëntie Als we deze twee waarden delen, krijgen we hoe efficiënt de energie ingezet wordt in de Nederlandse landbouw, rekening houdend met het grondgebruik. Omdat, zoals je al kunt vermoeden, deze efficiëntie dramatisch is, is in figuur 4.13c een omgekeerde verticale schaal gebruikt om de evolutie beter te kunnen zien. Met andere woorden, we hebben de *inefficiëntie* uitgezet. In 1950 was er een neutrale efficiëntie (evenveel energie nodig als geproduceerd), maar nu is de Nederlandse landbouw 7 keer minder efficiënt bezig zijn dan toen. Dat dit meer is dan de factor 2 in paragraaf „Energetische output t.o.v. energetische input” komt omdat daar de absolute waarde van de energie genomen is terwijl hier de energie per hectare bekijken is.

4.3.3.3 Efficiëntie van energie t.o.v. arbeid

Een gelijkaardige analyse kan uitgevoerd worden op de totale energetische waarde nodig per Nederlandse boer versus de energetische output per persoon die werkt voor de Nederlandse landbouw (figuur 4.14).

De totale energie die de gemiddelde Nederlandse boer verbruikt stijgt over de bekijken periode met een factor 26! De output geleverd door een werknemer voor de Nederlandse landbouw is echter maar met een factor 4,2 gestegen. We zien terug opnieuw dat verhouding hiervan een factor 6 verslechtering oplevert.

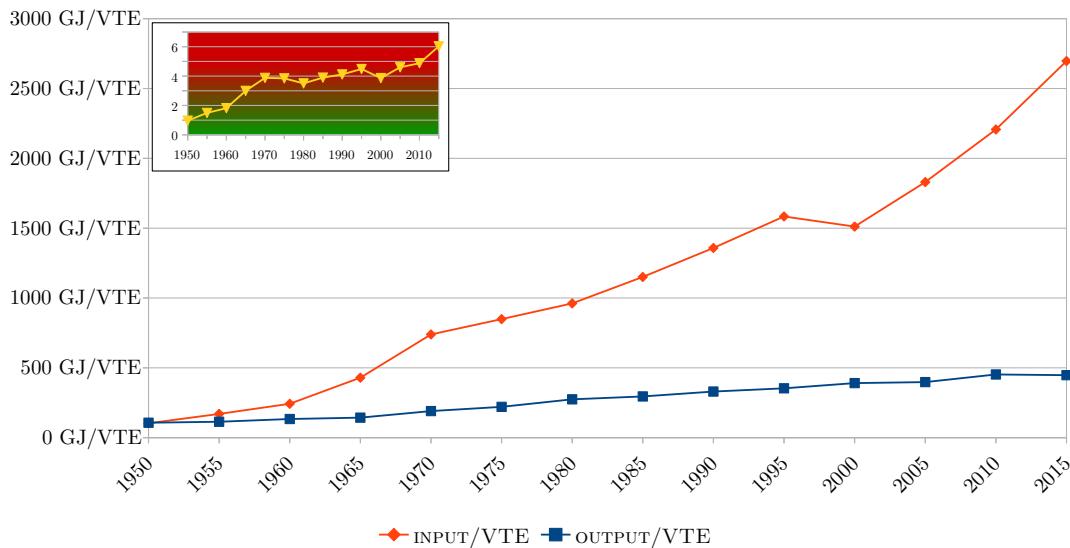
Voor de volledigheid de stijgingen zonder rekening te houden met de indirecte factoren: de input zou 23 keer gestegen zijn en de output 9,6 keer (verhouding van 2,4).

4.3.3.4 Wat wil dit kengetal zeggen?

Deze manier van efficiëntie bekijken heeft zeker een meerwaarde. Naar mijn mening biedt het de meest kritische parameter op de grootte van externe kosten. Hoe groter de externe kost is (zowel in energie als in arbeid of landgebruik), hoe meer de verkregen waarde in de rode zone zal liggen.

Bij een waarde van 1 zal er evenwicht zijn, daarboven en daaronder ben je ofwel goed bezig ofwel heb je te veel externe kosten.

Meer kan ik er op dit moment niet achter vinden. Ik laat het aan anderen om er meer achter te zoeken.



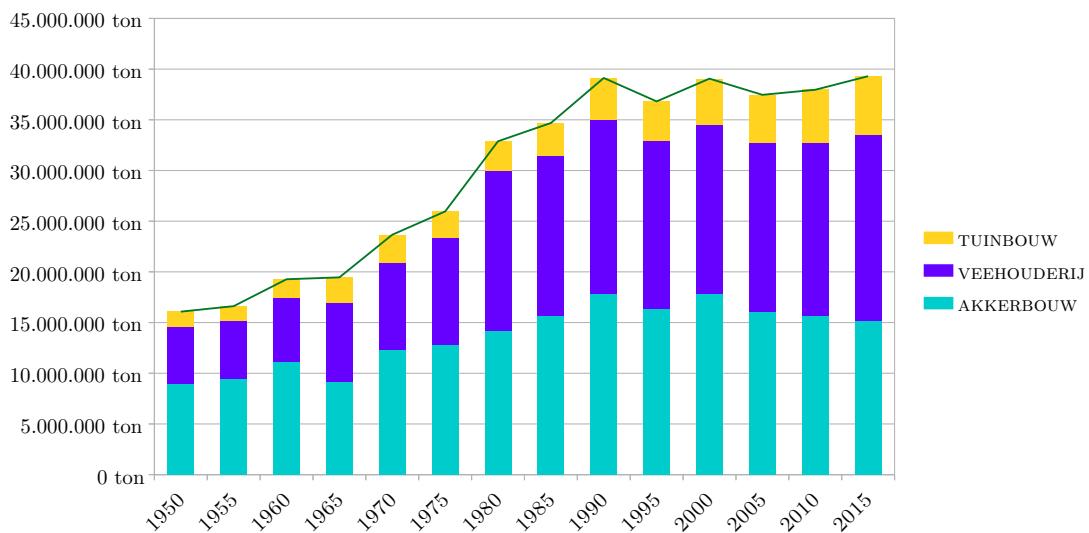
Figuur 4.14: Energetische waarde/VTE

4.4 Gewichtig dessert

Oef, dat was een uitgebreid hoofdgerecht. Nu het dessert om af te ronden.

4.4.1 Gewicht aan geproduceerde landbouwproducten

In figuur 4.15 staat het gewicht aan geproduceerde landbouwproducten, opgesplitst per sector. Een sterke toename tot de jaren 90 is gevolgd door een plateau waar de output niet echt meer gestegen is. Vergelijken met 1950, is er in 2015 2,4 keer zoveel gewicht aan landbouwproducten geproduceerd.



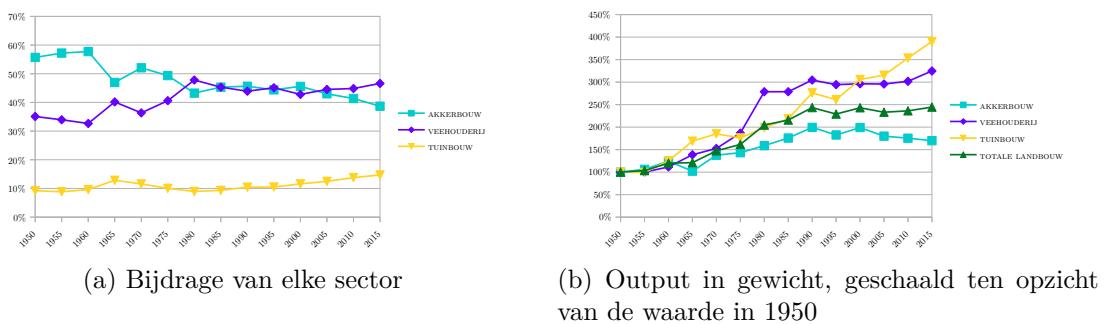
Figuur 4.15: Gewicht geproduceerde landbouwproducten

Als we kijken naar het aandeel van de verschillende sectoren in de totale output (figuur 4.16a), heeft de veehouderij de koppositie overgenomen van de akkerbouw. De tuinbouw is licht aan het stijgen. Vergelijken we dit met het aandeel in de energetische output (figuur 4.10a), dan valt op de het aandeel van de tuinbouw in

gewicht veel groter is. Dat heeft ermee te maken dat het aandeel groenten redelijk groot is, maar deze hebben een lage energetische voedingswaarde.

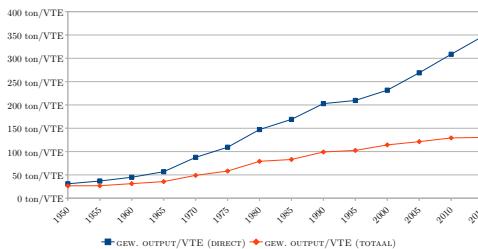
De groei van de verschillende sectoren vanaf 1950 is weergegeven in figuur 4.16b. De tuinbouw is het sterkste toegenomen en blijft recent nog stijgen. Voor de akkerbouw en veehouderij is er vanaf 1990 een plateau bereikt.

Dit heeft ook gevolgen voor de totale energetische output van de Nederlandse landbouw. Door de toenamen aan tuinbouw, die een lagere energetische voedingswaarde heeft dan akkerbouw en veehouderij, is de totale energetische waarde van de landbouw ook gezakt: er zit minder energie in een gemiddelde ton landbouwproducten dan voorheen. Omdat dit komt doordat er meer groenten geteeld (en hopelijk ook gegeten) worden, lig ik daar persoonlijk niet van wakker.



Figuur 4.16: Output in gewicht per sector

4.4.2 Arbeidsproductiviteit als ton/VTE



Figuur 4.17: Arbeidsproductiviteit in ton/VTE

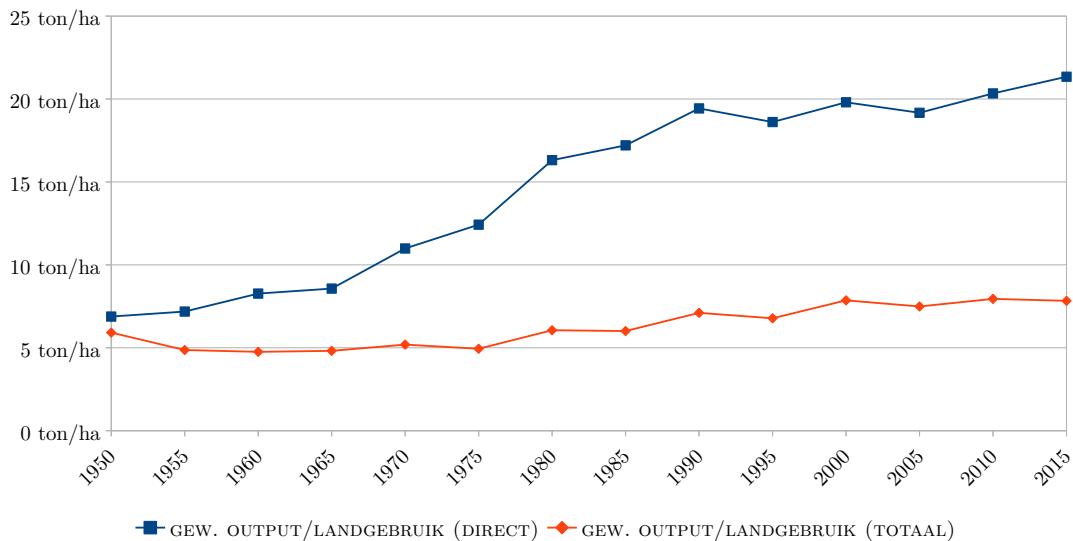
In figuur 4.17 vergelijken we, zoals gewoonlijk, de invloed van externe kosten op de arbeidsproductiviteit in ton/VTE.

Door enkel rekening te houden met de directe arbeid, lijkt de arbeidsproductiviteit gestegen te zijn met een factor 11,2. Als we echter de totale arbeid in rekening brengen, is er een stijging met een factor 4,9 keer. Nog altijd een mooie stijging, dat wel, maar minder sterk.

Zoals aangegeven in paragraaf 3.4 weerspiegeld deze waarde de maatschappelijke kost van de productiestijging niet. Daarom is wordt hij beter niet gebruikt als het doel is een duurzame landbouw te promoten.

4.4.3 Opbrengsten in ton/ha

Kijken we naar het output in gewicht per hectare (figuur 4.18), dan is er, zonder rekening te houden met het indirecte landgebruik, een stijging met een factor 3,1. Omwille van externe kosten, is echter meer land nodig geweest om deze output te bewerkstelligen. Wordt hier dan rekening mee gehouden, is de stijging een factor 1,3.



Figuur 4.18: Opbrengsten per landoppervlak

Dit spiegelt ook de tendens die we gezien hebben in paragraaf 4.3.3.2. Rekening houdend met het indirecte landgebruik is de Nederlandse landbouw, ondanks de „groene revolutie”, maar marginaal beter geworden in het produceren van producten per hectare. Aangezien het indirecte landgebruik quasi volledig ter rekening van de veehouderij gesteld kan worden, is het de vraag of de investeringen en nadelen hiervan de baten dragen.

4.5 Een pousse-café: vergelijking met andere studies

Kom, nog een afzakkertje

Meino Smit heeft de resultaten van zijn studie vergeleken met andere studies [Smi18, p. 167 en volgende]. De cijfers zelf zijn moeilijk te vergelijken omdat er andere definities gehanteerd werden en ook indirecte factoren niet altijd meegenomen werden. Vandaar dat enkel tendensen kunnen vergeleken worden: de benodigde energie is altijd blijven stijgen en de efficiëntie daalt. Daarin is er een overeenstemming.

Meino Smit haalt regelmatig aan dat de output een overschatting kan zijn en de input eerder een onderschatting. Dit is een gezond principe als je met onzekerheden werkt: wees conservatief dus stel het wat rooskleuriger voor. Dan blijven je conclusies op zijn minst stand houden in de tijd of worden ze misschien versterkt als betere gegevens beschikbaar komen.

Hoofdstuk 5

Werken voor je externe kost

Heeft het goed gesmaakt? Oh, het was wat veel. Ja, dat beseffen we. Maagtabletten kan je vinden in de kast daar links.

Na een half uurtje pauze om te verteren, gaan we verder.

.....

Iedereen wat bijgekomen? Tijd om eens te werken voor onze kost. Hoe kun je de kosten van de landbouw vinden en de waarde ervan bepalen? Dit proces wordt gedaan in de werkkamer, de eerste deur rechts.

5.1 Kosten geïdentificeerd in de thesis

Wil je zicht hebben op kosten moeten ze uiteraard eerst geïdentificeerd worden. We gaan eens kijken welke Meino Smit aangehaald heeft in zijn werk.

5.1.1 Kosten van de bekeken sectoren

Van de 3 output sectoren en 13 input sectoren heeft hij de waarden bekijken van de kengetallen output, input, arbeid en landgebruik, zowel directe als indirecte waarden.

In het algemeen zijn er twee instituten die veel terugkomen om gegevens op te halen:

- het Nederlandse Centraal Bureau voor de Statistiek (CBS)
- het Nederlandse Landbouw Economisch Instituut (LEI)

Met behulp van gegevens van deze instituten zoals Landbouwcijfers en Tuinbouwcijfers [LEI50b] of Nationale Rekeningen [CBS50b], kunnen waarden voor directe kengetallen zoals landgebruik, arbeid, directe energie en output in gewicht bepaald worden. De prijsindex van het CBS is gebruikt om prijzen en andere economische waarden te herberekend worden over de tijdslijn heen.

In tabel 5.1 vind je een overzicht terug van andere gebruikte bronnen voor de kengetallen.

In tabel 5.2 vind je de gebruikte bronnen per sector samengevat, tezamen met welke kosten beschouwd werden. Meer achtergrond bij de sectoren vind je in paragraaf 3.5 op pagina 24.

Tabel 5.1: Algemene bronnen van kenggetallen

Kengetal	Bronnen	Opmerkingen
Energetische output	Omgezet vanuit de gewichten met behulp van het Nederlands Voedingsstoffenbestand [Rij16]	Glastruimbouw levert door gebruik van warmte-krachtkoppeling ook netto energie die meegerekend is (fragmentarische registratie). Zie ook paragrafen 3.5.1 t.e.m. 3.5.3. Deze waarde is redelijk in beeld gebracht.
Directe energetische input	Energetische waarden uit de energielbalans van Nederland [CBS16]. Grootste landgebruik door aanvoer, opslag en overslag. Voor olie nog raffinage. Speciaal voor elektriciteit nog transport en omvorming. Arbeid is bepaald aan de hand van de arbeid in de energiesector in Nederland.	Waarden van finale energieverbruik zijn met een factor 1,29 verhoogd om de primaire energie te verkrijgen [Smi18, p. 74]
Indirecte energetische input	Bepalen van opgeslagen energie (zie appendix A.3 „Opgeslagen energie“) met behulp van databases zoals Ecoinvent, ICE Database, IPCC, ... Specifieke bronnen voor sectoren in tabel 5.2.	Opgeslagen energie kan niet altijd volledig bepaald worden, dus je krijgt een onderschatting. Lineaire afschrijving gebruikt voor producten die meerder jaren bestaan (bv. tractor of serre). Door gebrekige gegevens, conservatief ingeschat dus eerder een onderschatting ¹ .

¹Is dit erg? Wel voor diegenen die de getallen op zich als „dé waarheid“ willen beschouwen. Maar aangezien over de volledige periode dezelfde methode is gehanteerd, zullen de algemene conclusies op basis van de trends wel gelijkaardig blijven.

Kengetal	Bronnen	Opmerkingen
Indirect landgebruik	Zie tabel 5.2.	<p>Meestal bepaald op een groter systeem (bv. heel Nederland) en dan geschaald naar de Nederlandse landbouw.</p> <p>Door gebrekige gegevens, conservatief ingeschat dus eerder een onderschatting.</p>
Indirecte arbeid	Zie tabel 5.2.	<p>Meestal bepaald op een groter systeem (bv. heel Nederland) en dan geschaald naar de Nederlandse landbouw.</p> <p>Door gebrekige gegevens, conservatief ingeschat dus eerder een onderschatting.</p>

Tabel 5.2: Externe kosten van de bekken sectoren

Sector	Bronnen	Productiefactoren			Opmerkingen
		Grond	Energie	Arbeid	
Gebouwen	[LEI50b], [CBS50b], [CBS50a]	Grootte gebouwen zelf (onderschatting ²) Industrie (hout, staal, beton, ...) Mijnbouw	Opgeslagen energie via materiaalcirculatie ^{3,4} Energie aanvoer bouwmaterialelen Energie vervoer hulpmateriaal	Bouwen zelf Industrie Mijnbouw	Gegevens fragmentarisch beschikbaar. Door complexiteit kan dit op niet meer dan 75% worden bepaald.
Veevoer	[LEI50b], [CBS50b], [CBS50a], privé communicatie	Verbouwen veevoer in buitenland ⁵ Industrie (veevoer, sojacrushers)	Energie inhoud vee- voedergrondstoffen [BM93; Bos06; SH07]	Energie inhoud vee- voedergrondstoffen [BM93; Bos06; SH07]	Verbouwen veevoer in buitenland ⁶ Industrie (veevoer, sojacrushers, fourage)
Dierlijke mest	[CBS50a], [LEI50a], [RVO50], privé communicatie	Mestverwerkingsinstalla- ties	Mestopslag Mesttransport	Mestopslag Mesttransport	Intermediairs Chafeurs Mestverwerkingsinrichtingen

²Dit is enerzijds omdat bijvoorbeeld voor kassen de oppervlakte van de bijgebouwen niet meegenomen is. Anderzijds komt dit ook omdat een registratie van bouwvergunningen enkel verplicht is vanaf een bepaalde grootte. Hierdoor zijn veel kleinere gebouwen of gebouwen die door de landbouwer zelf opgericht zijn niet opgenomen zijn in de cijfers.

³Op basis van beschikbare gegevens is de omvang van de gebouwen ingeschat. Op dit volume is dan de energie inhoud bepaald.

⁴Men gebruikt nu minder natuurlijke materialen zoals hout, vlas, ijzer, ... maar meer energie behoevende materialen zoals beton, staal, plastic, aluminium, ... Ook is het gebruik van samengesteld materiaal toegenomen. Dit is in rekening genomen bij het bepalen van de gesloten energie.

⁵Aanname dat de ophoert gegroeid is van 2 ton/ha in 1950 tot 4 ton/ha in 2015. Dit na gesprekken met spelers in de industrie.

⁶Aanname dat de arbeid is geëvolueerd van 1 VTE voor 10 ha in 1950 tot 40 ha in 2015.

Sector	Bronnen	Productiefactoren			Opmerkingen
		Grond	Energie	Arbeid	
Trekkers en machines	LandbouwMechanisatie (maandblad), Fedecom, [LEI50b], [CBS50b], diverse rapporten, gegevens leveranciers, ...	Industrie (hoogovens, staal, banden, trekkers en machines)	Opgeslagen energie van staal op basis gewicht	Industrie (hoogovens, staal, banden, trekkers en machines)	Rubber en elektronica niet beschouwd.
Kunst mest	[CBS50a], [LEI50b]	Kunstmestindustrie	Energie-inhoud kunstmest	Kunstmestindustrie	Ontbrekende gegevens fosfaat en kali mijnen
Micronutriënten en sporen elementen					Gewonnen via mijnbouw
Bestrijdingsmiddelen	[CBS50a], [LEI50b], [Lan74], Nefyto	Inschatting	Op basis van geregistreerde volumes	Inschatting	
Diergeneesmiddelen					Te weinig gegevens

Sector	Bronnen	Productiefactoren			Opmerkingen
		Grond	Energie	Arbeid	
Zaaizaad, poot- en plantgoed					Niet apart meegeteld
Elektronica	[CBS+12], dataset van Apple, [TK13]	Fabricage, handel en datacentra	Eigen berekening	Op basis van werkgelegenheid in ICT [CBS50a]	Mijnbouw niet aparte bekken. ICT in machines niet meegenomen.
Dienstverle- ning	[CBS50b]	Op basis van terreincoëfficiënt	Verwarming Ongeslagen energie van de gebouwen	Op basis van toeleveringen in de landbouw	
Mijnbouw	Diverse bronnen (zie [Smil8, par. 6.3])	Inschatting op basis van wereldwijde gegevens	Inschatting op basis van wereldwijde gegevens	Inschatting op basis van wereldwijde gegevens	Zie meer details in paragraaf 5.2.7.1.
Transport en infrastructuur		Goederenvervoer Wegenverkeersterrenen Wegverhardingen	Wegverhardingen Wegtransport	Vrachtwagenchauf- fers	Enkel vrachtwagen

5.1.2 Andere aangehaalde externe kosten

In hoofdstuk 12 haalt Meino Smit nog een aantal andere studies aan waarbij er externe kosten geïdentificeerd worden. Een aantal voorbeelden:

- effecten bestrijdingsmiddelen
 - extra kosten gezondheidszorg en arbeidsproductiviteit door emissies naar de lucht
 - extra kosten waterzuivering door emissies naar grondwater
 - achteruitgang ecologische kwaliteit door emissies naar oppervlaktewater
- kosten melkveehouderij
 - broeikasgassen
 - verlies biodiversiteit
 - impact op menselijke gezondheid
 - dierziekten
 - bodemdaling
 - subsidies van de overheid

Een uitgebreide lijst kan je vinden in hoofdstuk 16.

5.2 De waarde van een kosten bepalen

Goed, we weten nu een aantal categorieën van kosten. Hoe kunnen we hier nu waardes op plakken?

Er zijn verschillende manieren om de waarde van een kost te bepalen, afhankelijk van hoe goed en in welke mate van detail er gegevens voor te vinden zijn. Algemeen geldt dat doorzetten en rigoureus werken noodzakelijk zijn. Vandaar ook mijn respect voor wat Meino Smit gedaan heeft.

5.2.1 Alles bestaat al

De eenvoudigste manier is als die gegevens rechtstreeks beschikbaar zijn in tabellen. Iemand anders heeft het werk al gedaan! Onze overheden zijn zeer nijverig in het maken van zo'n tabellen zoals Nationale Rekeningen.

Dit is bijvoorbeeld het geval bij gegevens over de fabrieksgrootte en tewerkstelling bij zoiets als mestverwerkingsbedrijven.

Het is uiteraard de zaak om de juiste bronnen te vinden en eventueel gegevens van verschillende bronnen met elkaar te vergelijken om te controleren of ze overeen komen.

5.2.2 Er zijn meerdere bronnen te vinden

Soms vind je gegevens terug uit verschillende bronnen. De waarden zullen naar alle waarschijnlijkheid niet helemaal overeenkomen of in andere eenheden vermeld zijn. Dan worden de bronnen gecombineerd en een „beste” waarde bepaald.

Dit is bijvoorbeeld gebeurd bij het bepalen van ingesloten energie van trekkers en machines [Smi18, p. 87 en volgende]. Er zijn daar verschillende methodes

gebruikt om tot deze waarde te komen, vertrekende van verschillende bronnen. Deze resultaten zijn met elkaar afgewogen waaruit dan een gemiddelde waarde gekozen is.

5.2.3 Waarden omvormen naar iets bruikbaars

Verder kunnen de gegevens er wel zijn, maar niet in de meest bruikbare vorm.

Bijvoorbeeld waren er voor grootvee gegevens beschikbaar voor vlees met been [Smi18, p. 56]. Dan moet je

- ofwel kunnen doorrekenen naar de bruikbare vorm, bijvoorbeeld door gebruik te maken van het slachtrendement,
- ofwel wordt die over- of onderschatting gecompenseerd door een andere inschatting, bijvoorbeeld door de energetische waarde van been en huid niet mee te rekenen
- ofwel hou je het bij die over- of onderschatting.

Wat je ook kiest, het is belangrijk dit duidelijk te vermelden en ook conservatief te zijn. Bijvoorbeeld willen we hier de output zo hoog mogelijk zien. Dan kies je best voor een (lichte) onderschatting omdat je conclusies dan meer kans hebben recht te blijven staan bij latere ontdekkingen of kritiek.

Een variant hierop zijn gegevens die over de jaren heen of over de bronnen heen niet in dezelfde waarde genoteerd zijn.

Dit was te zien bij de registratie van de productie aan eieren. In sommige jaren waren het aantal eieren geregistreerd, in andere jaren de gewichten [Smi18, p. 56]. Dan moet er een manier gezocht worden om die gegevens op dezelfde basis te brengen.

5.2.4 Combineren van bronnen

Een volgende stap op de ladder van complex detectivewerk, is als de gegevens beschikbaar zijn maar uit verschillende bronnen moeten gecombineerd worden.

Dat is bijvoorbeeld gedaan om van de gewichten aan geproduceerde landbouwgewassen de energetische waarde te bepalen. Hiervoor zijn de gegevens van het CBS en LEI rond gewichten van oogsten gecombineerd met het Nederlands Voedingsstoffenbestand [Smi18, p. 55].

5.2.5 Fragmentarisch beschikbare gegevens

Iets minder eenvoudig wordt het als de gegevens maar fragmentarisch ter beschikking zijn. Dan moeten de lacunes opgevuld worden door aannames te doen.

Dit is bijvoorbeeld het geval voor de grootte van agrarische gebouwen. Hiervoor zijn op basis van wel aanwezige bronnen en eigen berekeningen de omvang van de agrarische bebouwing bepaald [Smi18, p. 79].

5.2.6 Via een omweg tot de waarde komen

Als de gegevens die nodig zijn niet bestaan, moet getracht worden via een omweg tot de waarde te komen.

Bij het bepalen van de energetische waarde van bijvoorbeeld gebouwen of machines is gebruik gemaakt van de opgeslagen energie. Hiervoor zijn een aantal aannames gedaan, bijvoorbeeld door bij machines te kijken naar het gewicht en dat te schalen naar hoeveelheid staal [Smi18, p. 87], of is er voor een paar voorbeelden doorgerekend waarna deze waarden geëxtrapoleerd werden zoals voor bedrijfsgebouwen [Smi18, p. 84].

5.2.7 Naar beste vermogen inschattingen doen

Het is helemaal voer voor experten als je voelt dat de waarden wel belangrijk zijn, maar helemaal niet beschikbaar zijn.

5.2.7.1 Mijnbouw

Dat was bijvoorbeeld het geval voor de mijnbouw. De indirecte kosten daarvan zijn totaal niet beschikbaar. Je moet ze dus afleiden uit andere gegevens.

Je kunt dit proberen zeer rigoureus te doen door bijvoorbeeld de import van kali en fosfaten op te zoeken, het aandeel daarvan de bepalen in de wereldwijde handel en dan vanuit wereldwijde kengetallen in kali en fosfaatmijnen terug te rekenen. Dat is zeer veel werk en zoals Meino Smit opmerkt zijn die wereldwijde kengetallen niet altijd beschikbaar.

Een andere manier is een benadering te doen. Dat is wat Meino Smit gedaan heeft [Smi18, p. 67 en volgende].

Voor het energieverbruik van de mijnbouw zijn volgende stappen gedaan:



Figuur 5.1: Verdeling van het aandeel mijnbouw voor de Nederlandse landbouw

1. Het wereldwijde energiegebruik van mijnbouw wordt geschat op 7% tot 10% van het totale energieverbruik. Aangezien de ertsgehalten in 1950 hoger waren dan in 2015 is het aandeel energieverbruik berekend op 4% in 1950, oplopend tot 9% in 2015.
2. Vervolgens heeft Meino Smit gekeken naar het aandeel van Nederland in het wereldwijde energieverbruik. China is de grootste verbruiker met meer dan 25%, daarna de Verenigde Staten van Amerika met ongeveer 15%, India met ongeveer 6%, Rusland ongeveer 5%,... [BP21]. Nederland heeft een

aandeel van een kleine 1%, net iets meer dan België. Daarmee wordt 1% van het wereldwijde energieverbruik van de mijnbouw toegekend aan Nederland.

3. Vervolgens is dit aandeel voor Nederland dan weer opgesplitst naar sector. Industrie verbruikt ongeveer 44% van de Nederlandse energie, huishoudens en verkeer tussen 10 en 15%, ... [CBS+21]. Landbouw verbruikt zo'n 6% van de Nederlandse energie. De landbouw krijgt daardoor 6% van de energie die voor het Nederlandse aandeel in de mijnbouw bepaald is.

Dit is schematisch voorgesteld in figuur 5.1.

Dit gaat uit van de veronderstelling dat de verschillende sectoren een gelijk-aardige verhouding hebben tussen energie en grondstoffen gebruik. Dit gaat voor een deel op (paragraaf 3.2.2 op pagina 18) maar niet helemaal. Vandaar dat de onzekerheidsmarge ook groot is bij deze benadering.

Voor het landgebruik is eerst ingeschat wat het wereldwijde landgebruik is van de mijnbouw aan de hand van de verplaatste hoeveelheden aarde . Deze wereldwijde waarde wordt dan op een gelijkaarde manier geschaald naar een landgebruik voor de Nederlandse landbouw. Hierbij moet wel bedacht worden dat het landgebruik relatief klein is, maar de impact van de mijnbouw zich over een veel groter gebied doet voelen. Denk hierbij aan milieuvervuiling.

Voor arbeid is een gelijkaardige methode gevuld. Hiervoor is zowel de tewerkstelling rechtstreeks in de mijnbouw ingeschat, als de tewerkstelling in de toelevering.

5.2.7.2 Elektronica

Een ander voorbeeld is het bepalen van de indirecte energie van elektronica.

Er zijn geen gegevens van de hoeveelheid aangekochte elektronica in Nederland, laat staan het aandeel van de landbouw hierin. Maar er zijn wel gegevens beschikbaar van de hoeveelheid afval aan elektrische en elektronische apparatuur (EEA) per persoon. Om toch een inschatting te kunnen maken, is volgende methode gehanteerd:

1. eerst is gekeken wat de verhouding is tussen aangekochte en afgedankte EEA op basis van gegevens van 2010 (bijna 90%, dus quasi gelijk).
2. Vervolgens is op basis van de gegevens rond afval EEA per persoon en per jaar de totale hoeveelheden EEA bepaald van 1980 t.e.m. 2015.
3. Europees is gevonden dat 15% van de EEA komt van ICT materiaal. Daaruit is dan de opgeslagen energie berekent van ICT materiaal.
4. Deze energie is geschaald naar de landbouw op basis van het aandeel van de landbouw in het directe Nederlandse energieverbruik.

Je merkt dus dat er via een omweg in eer en geweten toch een waarde is gekomen. Uiteraard is het eenvoudig om aan te geven waar het „fout” zou zitten, maar zoals ze zeggen: „Beter een foute schatting dan helemaal niets rekenen”. Zij die betere gegevens hebben, gelieve op te staan.

Opnieuw dek je je het beste in door conservatieve aannames te doen.

5.2.8 De handdoek in de ring gooien

Soms moet je de handdoek in de ring gooien. Bijvoorbeeld bij dierengeneesmiddelen waren er te weinig gegevens ter beschikking om deze sector op te nemen.

Uit dit alles blijkt dat het meestal eenvoudiger is om de kosten te bepalen van een groot systeem zoals de Nederlandse landbouw dan voor een individuele situatie zoals je eigen voetafdruk. Bij een groter systeem zullen enerzijds de over-en onderschattingen elkaar deels compenseren en zijn er ook gewoon meer gegevens beschikbaar.

5.3 Impact van de externe kosten op de kost van de landbouw

5.3.1 Impact besproken bij kengetallen

In hoofdstuk 4 werd al aangegeven wat de impact is als we de externe kosten meenemen. Tabel 5.3 vat dit samen.

bekende waarde	klassiek	globaal	besproken in
energetische input in PJ	4,9x	5,7x	paragraaf 4.3.2
energetische input in PJ/ha	6,3x	7,2x	paragraaf 4.3.3.2
energetische input om PJ/VTE	22,7x	26,1x	paragraaf 4.3.3.3
energetische output in PJ	2,1x	idem	paragraaf 4.3.1
energetische output in PJ/ha	2,6x	1,12x	paragraaf 4.3.3.2
energetische output in PJ/VTE	9,6x	4,2x	paragraaf 4.3.3.3
output in ton	2,4x	idem	paragraaf 4.4.1
output in ton/ha	3,1x	1,3x	paragraaf 4.4.3
arbeidsproductiviteit in ha/VTE	3,6x	1,6x	paragraaf 4.2.3
arbeidsproductiviteit in ton/VTE	11,2x	4,9x	paragraaf 4.4.2

Tabel 5.3: Overzicht van de effecten van indirecte kosten op de evolutie van bekende waarden tussen 1950 en 2015.

„klassiek” is de verhoging zonder rekening te houden met de indirecte kosten.

„globaal” houdt wel rekening met de indirecte kosten.

Verder is de indirecte energetische input 1,25 keer zo groot geworden dan de directe energetische input (paragraaf 4.3.2) en beiden zijn groter dan de energetische output waardoor er een negatieve energetische balans is (paragraaf 4.3.3.1).

We hebben ook gezien dat het landbouwareaal dat per Nederlander ter beschikking staat alleen door het indirecte landgebruik groot genoeg is om voldoende voedsel te voorzien (paragraaf 4.2).

De tendens is dus duidelijk: de output is minder gestegen dan gangbaar gedacht wordt terwijl de verhoging input de verhoging van de output overschaduwd.

5.3.2 De economische impact van externe kosten

In onze huidige maatschappij lijkt het dat de gevestigde waarden pas in beweging komen als de economie in gedrang komt. Vandaar dat er getracht wordt om op de kosten een prijs in geld te plakken.

Meino Smit ziet een aantal verstoringen die maken dat afwegingen op basis van prijs niet optimaal zijn:

- maatschappelijke kosten komen ten laste van de algemene middelen of worden naar de toekomst verschoven. Hierdoor worden de kosten niet geïnternaliseerd.
- overheidsmaatregelen zoals subsidies, importheffingen, ... beïnvloeden de afwegingen.
- niet-energetische overwegingen zoals de kwaliteit van levensmiddelen, behoud van culturele waarden, ... zijn moeilijk mee te nemen in de prijs.

In hoofdstuk 12 haalt Meino Smit een aantal waardes aan die samengevat zijn in tabel 5.4.

Dit zijn bedragen waar je even stil van wordt. Zeker omdat Meino Smit ons voorrekent dat het agrarisch inkomen (netto toegevoegde waarde tegen factorkosten) voor de Nederlandse landbouw in 2015 € 6,9 miljard bedraagt.

Alles bij elkaar, is het dus duidelijk dat het huidige landbouwsysteem indirect zeer veel kost. Dat wordt niet altijd meegenomen als andere landbouwsystemen beoordeeld worden.

Tot slot staan we nog even stil bij het probleem als de kosten naar de toekomst verschoven worden. Dat is problematisch omdat de kost later sterk gaat stijgen. Hoewel het veel efficiënter is om de problemen in een vroeg stadium aan te pakken, is er echter geen economische drijfveer om dit te doen. Dat is spijtig omdat het meestal tijd kost vooraleer de problemen opgelost zijn, dus gaan de kosten alleen maar veel erger worden vooraleer ze dalen.

Bijvoorbeeld de eindigheid van grondstoffen moet in een vroeg stadium aangepakt worden. Het vraagt nu eenmaal tijd om alternatieven te ontwikkelen, recyclage te optimaliseren en vooral om een wijziging in consumptiepatronen te bewerkstelligen. Als je dit niet op tijd aanpakt, dan schiet je pas in actie als de tekorten zichtbaar worden. Hierdoor gaan de prijzen pijlsnel de hoogte in gaan. Pas op dat moment in actie treden betekent dat én de hogere prijzen betaald worden én op veel kortere termijn geïnvesteerd moet worden in de omschakeling.

Tabel 5.4: Voorbeelden van de economische waarde van maatschappelijke kosten

Welke kost is bekend	Waarde	Wie heeft het berekend
Milieuschade van gangbare Nederlandse landbouw	€ 2,77 miljard per jaar minstens € 2,1 miljard voor 2011	Bureau Berenschot (1989)
Maatschappelijke kosten van de Nederlandse veehouderij	ruim € 91 miljoen per jaar	CE Delft
Maatschappelijke kosten van bestrijdingsmiddelen	€ 2,56 miljard per jaar ⁷	LEI (2008)
Maatschappelijke kosten van de Nederlandse veehouderij	€ 1 miljard	Louis Bolk Instituut (2017)
Subsidies in het kader van het GLB	tussen de € 5 en € 20 miljard per jaar ⁸	[Smi18, par. 12.3]
Maatschappelijke kosten van de Nederlandse landbouw		

⁷Een daling van 1,6 miljoen koeien tot 1,1 miljoen koeien doet de kosten dalen met € 800 miljoen.⁸De kostprijs van de broekgasgassen uitstoot is berekend aan de hand van de CO₂ handel (Emission Trade System). Uit een studie van het FOA haalt hij dat de kosten van broekgasgassen een kwart is van de totale externe kosten.

Hoofdstuk 6

Dromen over de toekomst

Dromers maken de toekomst. En vooral in de landbouw is het nodig om te dromen van een andere toekomst.

6.1 Een foute kosten/baten

Bij het bekijken van tabel 5.3 op pagina 53, valt het op de input veel sneller stijgt dan de output.

Daarbij komt dat de maatschappelijke kosten voor 2015 geschat worden tussen de € 5 en € 20 miljard. Dit staat tegenover het nationaal agrarisch inkomen van € 7 miljard.

Puur cijfermatig gezien is duidelijk dat de toename in efficiëntie niet gerechtvaardigd wordt door de toename in benodigde energie en de maatschappelijke kost. Maar omdat dit enerzijds niet gezien wordt en anderzijds voeding zo'n essentieel product is dat het wel wat mag kosten, blijft het beleid onveranderd verder gaan.

Hierdoor wordt de landbouw steeds afhankelijker van energie en grondstoffen. Aangezien deze eindig zijn, komt op termijn de voedselzekerheid in gevaar.

Je kunt je terecht afvragen of dit de enige manier van landbouw doen is die mogelijk is. Laten we dromen van een andere manier van werken. In het volgende deel van dit verdiepend werkstuk gaan we ook zien dat een andere manier van landbouw niet alleen nodig is maar ook al toegepast is.

6.2 Kan het anders?

Meino Smit droomt van een landbouw in 2040 die wél rekening houdt met de indirecte kosten. Dit heeft grote implicaties op allerhande vlakken.

Aan landbouwzijde moet er gegaan worden naar een integratie van landbouw en natuurbeheer. Hierdoor krijg je kleinere boerderijen die stabieler zijn. Ook komt er minder specialisatie en worden kringlopen beter gesloten. Het gebruik van warme kassen en de niet-voedingslastuinbouw moet gebannen worden want het is energetisch niet houdbaar (80% van de directe energie in de landbouw gaat naar verwarmde kassen). Hand- en dierenkracht moet terug in ere hersteld worden waardoor er ook meer boeren moeten komen. De oogst moet in de eerste plaats naar de eigen bevolking gaan.

Ook maatschappelijk zijn er veranderingen nodig. Er moeten meer plantaardige producten gegeten worden en minder dierlijke (tabel 6.1). Onderzoek moet

Tabel 6.1: Verschuivingen nodig in voeding

	Waarde in 2015	Waarde in 2040	Verschil
Aantal inwoners	16.900.726	17.000.000	
Groenten	25.399 ha	44.321 ha	+ 70%
Fruit	19.770 ha	141.828 ha	+ 640%
Granen ¹	196.817 ha	516.481 ha	+ 160%
Aardappelen ²	71.736 ha	35.457 ha	- 50%
Noten ³	61 ha	78.200 ha	+1300%
Peulvruchten ⁴	15.506 ha	23.868 ha	+ 50%
Zonnebloemen ⁵	660 ha	310.250 ha	
Koolzaad ⁵		124.100 ha	
Suikerbieten ⁶	58.436 ha		- 100%
Bloembollen ⁷	28.842 ha		- 100%
Oppervlakte voor paarden		40.000 ha	
Paarden ⁸	30.000	100.000	+ 300%
Rundvee	4.133.854	845.302	-80%
Varkens	12.602.888	401.194	-97%
Schapen	523.103	250.000	-50%
Pluimvee	103.038.539	21.017.938	-80%

zich richten op technologie die energie en grondstoffen spaart. Belasting moet verschuiven van arbeid naar kapitaal.

Dit heeft een impact op de productiefactoren. In figuren 6.1 t.e.m. 6.5 worden de belangrijkste grafieken van hoofdstuk 4 aangevuld met de waarden voor 2040.

Het valt op dat er veel meer mensen in de landbouw tewerkgesteld worden en dat de indirecte kosten sterk dalen. De belangrijkste kengetallen komen ook in het groen. Opvallend is dat er duidelijk meer energie uit de landbouw gehaald wordt dan erin gestoken wordt. Energetisch hebben we terug een positieve situatie.

Een grote uitzondering is de totale hoeveelheid landbouwgrond per inwoner. Waar die nu rond 30 are/inwoner schommelt, zal die in voorgesteld scenario zakken tot 12 are/inwoner, onder de minimum grens van 14 are/inwoner.

Kijken we naar de economische aspecten, dan is bij de bovengrens van de maatschappelijke kosten de balans nog altijd in het rood. Weliswaar met een reductie van 15% ten opzichte van 2015. Het grote verschil is wel dat dit in dit model er veel meer voedselzekerheid is en de landbouw veel duurzamer geworden is en met betere arbeidsomstandigheden.

Deze omschakeling in de landbouw maakt het noodzakelijk dat er een nieuwe instroom van boeren met nieuwe ideeën komt.

¹Momenteel worden veel granen ingevoerd. Het is de bedoeling om dit terug in Nederland te telen.

²Er zouden geen poot- en zetmeelaardappelen meer geteeld worden. Hierdoor komt 83.000 ha landbouwgrond vrij.

³Volgens advies van de „Schijf van Vijf”

⁴Vervangen van dierlijk eiwit door plantaardige eiwitten

⁵Voornamelijk schroot

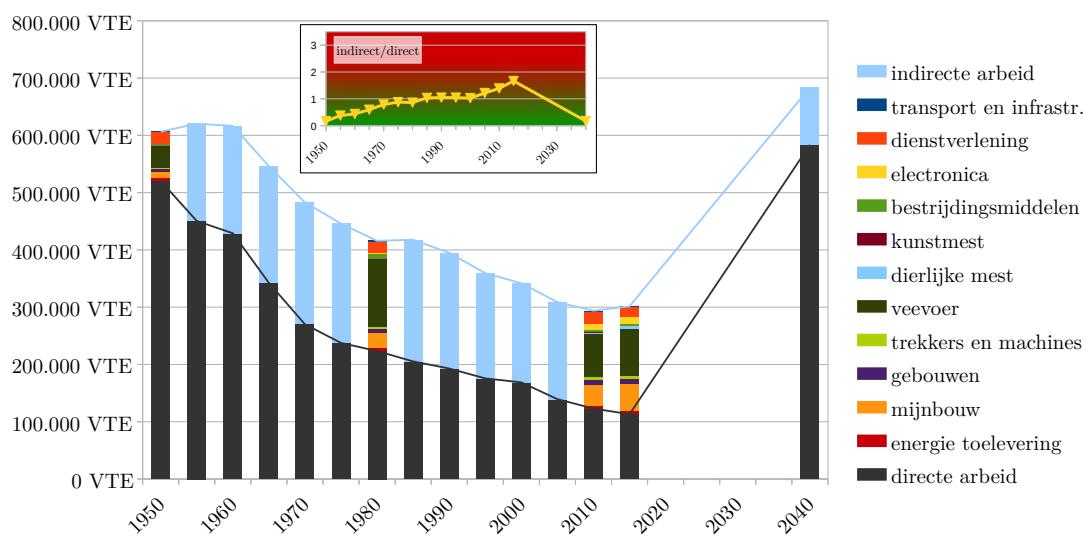
⁶Minder suiker en niet meer als veevoer

⁷Focus op voeding

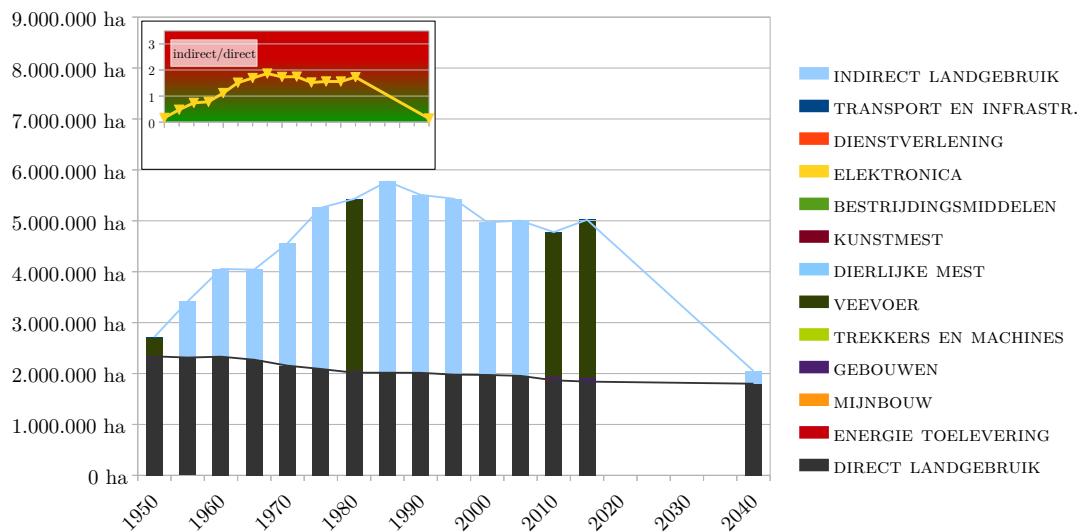
⁸De hobbypaarden die er nu zijn, worden vervangen door werkpaarden.

Een mogelijk gevolg is dat hierdoor de prijs van landbouwproducten verhoogt. Maar dit is enkel het geval als er geen rekening gehouden wordt met de maatschappelijke kosten. Als deze aanzienlijk zouden dalen, is de maatschappij dan niet beter af?

Meino Smit maakt zich sterk dat als al in 1950 er een beleid was dat rekening hield met alle kosten, we nu beter af waren geweest. Dank zij veredeling, is er een output stijging van 20 tot 25% gebeurd in het huidige systeem. mede hierdoor en door een innovatie die meer gericht was op betere arbeidsomstandigheden met minder inzet van energie en grondstoffen, bijvoorbeeld door verbeterde handwerk具gen, zou de landbouw robuuster geweest zijn en er zouden meer boeren en een groter maatschappelijk draagvlak zijn.



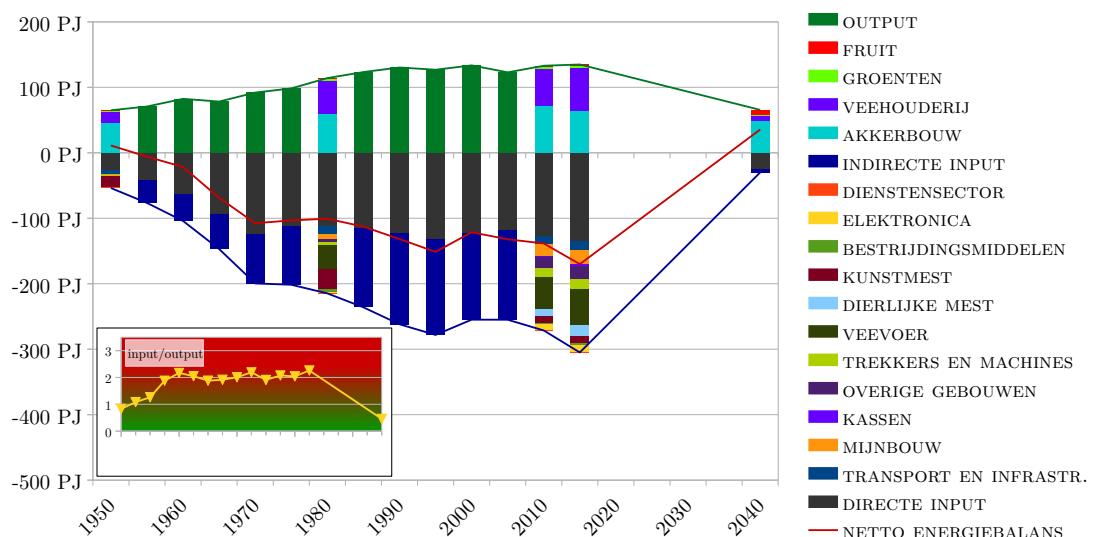
Figuur 6.1: Gedroomde arbeid



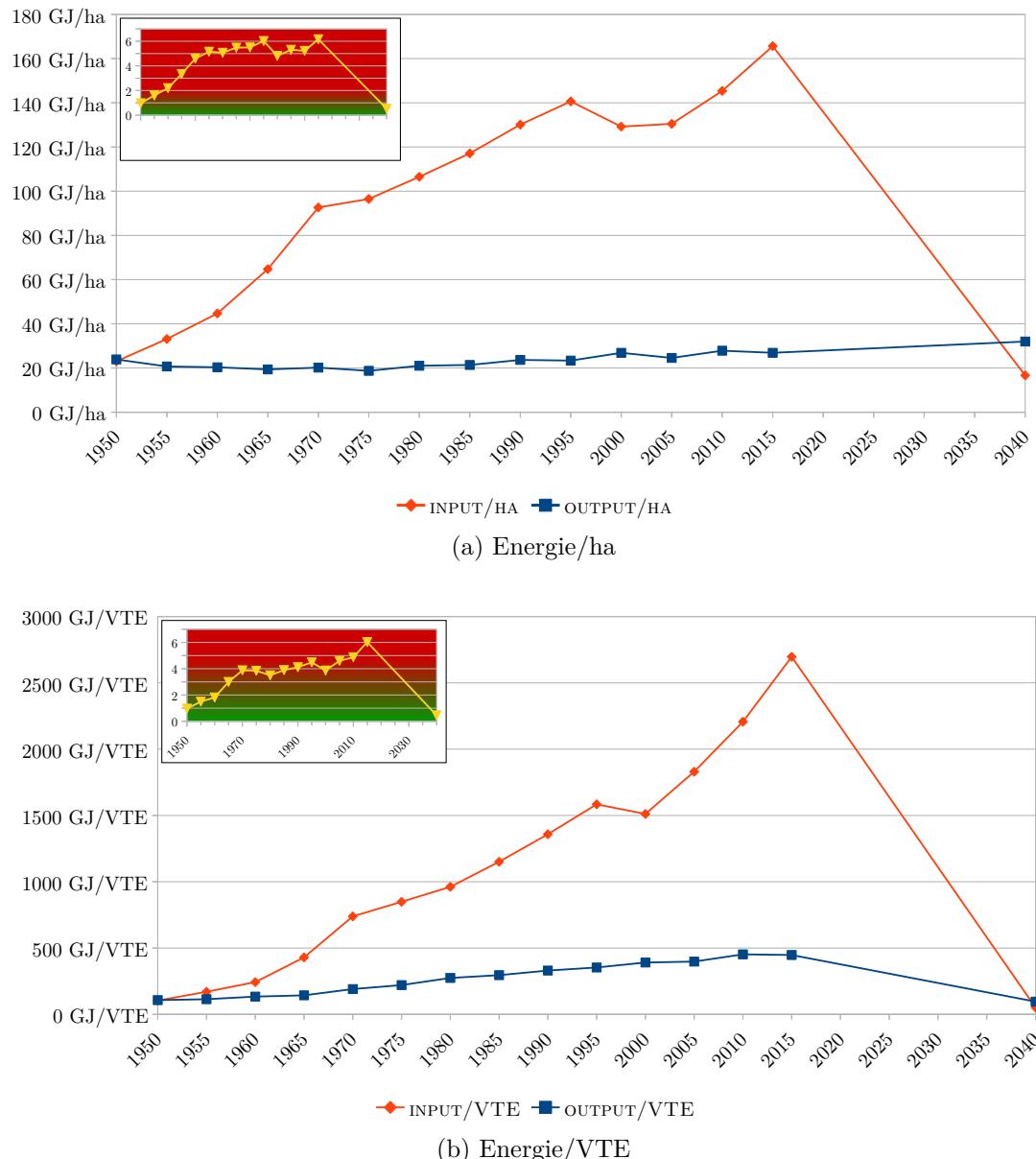
Figuur 6.2: Gedroomd landgebruik



Figuur 6.3: Gedroomde output in gewicht



Figuur 6.4: Gedroomde energie



Figuur 6.5: Gedroomde energetische verhouding, rekening houdend met landgebruik

Hoofdstuk 7

De achtertuin

Dat was dan een inzicht in de externe kosten en hun impact. Bedankt om deze rondgang meegegaan te hebben.

We hebben hier nog een terrasje en wat versnaperingen. Een ideaal moment om eens terug te blikken en onze gedachten te laten gaan.

Het is opvallend hoe lastig het is om kosten te kunnen kwantificeren. Interessant is om geleerd te hebben over databanken waarmee je de opgesloten energie kunt bepalen. Ook de afwegingen en methodes die gebruikt zijn in dit doctoraat geven een goed inzicht hoe je eraan kunt beginnen.

Maatschappelijke kosten in geld uit te drukken is zeer moeilijk. Deels lijkt me dit inherent aan sommige externe kosten. Hoe ga je een economische waarde koppelen aan dingen zoals sociale ongelijkheid, geluidsoverlast, verlies van biodiversiteit? Anderzijds bekroopt mij echter het gevoel dat je dan probeert binnen het systeem dat de problemen veroorzaakt heeft, een uitdrukking te geven van hoe verkeerd die bezig is. Om met een Star Trek analogie te spreken: alsof je Wesley tussen een groep Borg zou droppen en hopen dat die hij hun zou doen inzien welke problemen zij veroorzaken. De kans dat Wesley, hoe slim hij ook is, zal opgesloten worden door de Borg Collective lijkt me gewoon veel waarschijnlijker.

Wat duidelijk naar voren kwam, is de impact van de indirecte kosten. Dit zowel op technisch vlak zoals de efficiëntie in opbrengst/ha maar ook op economisch vlak. Vooral dat laatste lijkt voor de landbouw niet goed uit te vallen. Zelfs in het duurzame scenario voorgesteld in paragraaf 6.2 is de economische waarde van de landbouw negatief.

Het is natuurlijk zo dat we niet zonder voedsel kunnen, dus er mag wel wat tegenover staan. Het slechte gevoel is echter de vraag of we echt niet beter kunnen doen. We lijken zelfs tevreden te zijn met het beperken van de schade. Kunnen we er echt niet naar streven om de schade te herstellen zodat latere generaties onze rommel niet moeten opruimen?

Een interessante oefening is om eens de verschillende landbouwsectoren apart te beschouwen. Vooral de impact van de veehouderij lijkt me verhelderend. Je merkt al dat daar een grote bijdrage is aan de kosten door de impact van vervoeders. Maar ook in de mijnbouw, direct landgebruik, ... vermoed ik dat de veehouderij een niet onaanzienlijk aandeel inneemt.

Vanuit mijn eigen interesse wil ik ook wel eens zien welke kosten toewijsbaar zijn aan de tuinbouw, uiteraard zonder warme kassen.

Hoe kan de noodzakelijke overgang bewerkstelligd worden? Meino Smit geeft al aan dat de overheid een belangrijke rol speelt hierin. Maar in plaats van heffingen

te doen op basis van maatschappelijke kosten, zou het beter zijn om de huidige markt zijn werk te laten doen, maar maatregelen te treffen om de echte prijs en de gewenste prijs te overbruggen. Ook pleit hij voor een verschuiving van belasting van arbeid naar kapitaal [Smi18, p. 37].

Persoonlijk ben ik zelf te winnen voor het idee om de kosten in volle transparantie door een onafhankelijk panel in kaart te laten brengen, met input van alle geledingen van de maatschappij¹, en hiermee een maatschappelijk debat op te starten. Er is een grote blinde vlek rond die kosten die zichtbaar gemaakt moeten worden. Wie weten komt er dan een intrinsieke motivatie van de maatschappij om de overgang te doen in plaats van enkel te vertrouwen op krachten buiten ons. Een beetje zoals *flygskam*, die zelf een uiting is van een groeiende maatschappelijke tendens om meer duurzaam te willen leven.

Heel veel heb ik ook gedacht aan „De goede voorouder” van Roman Krznaric. We moeten inderdaad (terug) leren om 7 generaties vooruit te denken. Het bepalen van externe kosten en daar rekening mee te houden, lijkt me daar al een goede eerste stap naar te zijn.

Dit was dan het einde van de rondleiding door het huis van Meino Smit. Hopelijk vond je het een interessante uitleg. Vergeet ook niet om de gids te belonen (grapje!).

¹Inspiratie kan komen uit het proces gebruikt bij het samenstellen van de nieuwe grondwet in IJsland in 2011-2012 of het burgerparlement.

Deel III

**1 calorie op het bord, 10 calorieën
olie?**

Hoofdstuk 8

Wie zoekt, die vindt

Zoals vermeld in de inleiding, is de documentaire „A farm for the future” [Hos09] een belangrijk zaadje geweest voor dit verdiepend werkstuk. Hierin stelt ze dat er 10 calorieën aan olie nodig zijn om 1 calorie op je bord te krijgen¹. Deze stelling komt regelmatig terug in de transitie en permacultuur bewegingen. Maar waar komt dit vandaan? Mijn wetenschappelijke geest was niet tevreden om de stelling zomaar te accepteren.

Het is pas bij het lezen van „Permaculture : Guérir la terre, nourrir les hommes” [HH17, p. 25], dat de zoektocht verder kon gaan. Hierin wordt verwijzen naar Patrick Whitefield. Dus op naar iemand die dat werk heeft (bedankt Bert).

Oh nee, Whitefield verwijst naar werken van Nicolas Lampkin en Wes Jackson [Whi11, p. 9 en 31]. Hmm, verder zoeken dus!

Wel belangrijk om aan te halen dat Whitefield schrijft:

Most of the ecological impact of food is generated in transport, processing and retailing, not on the farm.

Dus een eerste hint dat de „10 MJ olie voor 1 MJ voedsel” in de juiste context moet gezien worden. Het gaat namelijk over de volledige voedselketen, niet enkel de landbouw.

In het boek van Lampkin staat de mooie grafiek uit figuur 8.1 die laat zien dat de informatie „10 eenheden energie voor 1 eenheid voedingsenergie” een veralgemeening is. Het is duidelijk dat verschillende landbouw systemen een heel andere ecologische impact hebben. Het gaat van een zeer energetisch efficiënte landbouw (oud China) tot zeer energie verslindend (visserij). Hoe dit berekend wordt? Nope, dit wordt hier niet gezegd want ... Lampkin verwijst naar het werk van Gerald Leach. Op zoek naar het volgende werk

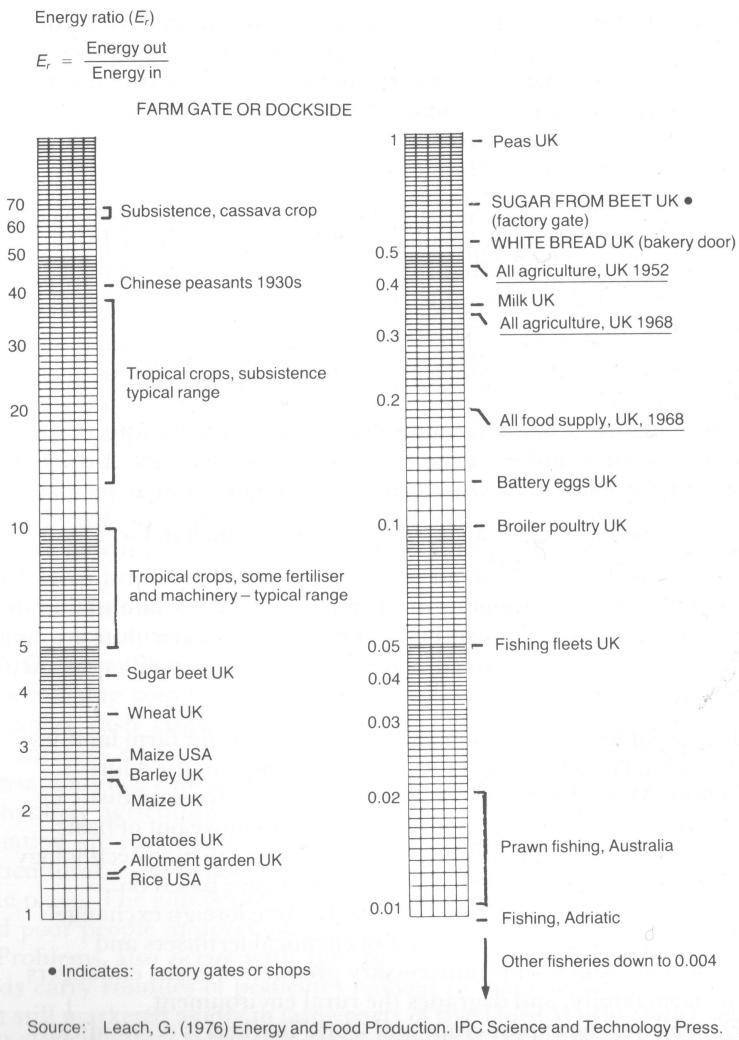
Gelukkig hebben ze het werk van Leach in de (universiteit) bibliotheek en van Jackson *et al.* in de OpenLibrary online bibliotheek. Hiermee zijn oorspronkelijke bronnen gevonden. Oef, eindelijk.

Bij het doornemen van bovenstaande twee werken, is het duidelijk dat dit mensen zijn die al jaren bezig zijn onderzoek ter verrichten naar energie, energiestromen en de efficiëntie ervan. Ze zijn in hun veld erkende wetenschappers die weten waar ze over praten.

In dit deel zal ik deze werken summier behandelen.

Je kunt je natuurlijk afvragen of we niet hetzelfde verhaal gaan krijgen als bij Meino Smit. Voor een deel wel natuurlijk want het gaat over hetzelfde systeem:

¹Tot spijt wie het benijdt, maar als licentiaat in de fysica ga ik verder de SI eenheden gebruiken. Dus MJ (megajoule) in plaats van calorie.



Figuur 8.1: Energetische input/output verhouding van verschillende landbouw systemen [Lam90, fig. 5.10]

de landbouw in onze moderne Westerse maatschappij. Maar er zijn twee punten die nieuw zijn en interessant genoeg om er bij te blijven stilstaan:

1. niet alleen de kosten van de landbouw, maar ook sectoren verderop in de voedselketen worden bekeken.
2. net zoals dat Meino Smit de energetische efficiëntie gebruikt om de duurzaamheid van de Nederlandse landbouw in kaart te brengen, is die energetische efficiëntie bekeken voor verschillende landbouwsystemen. Hiervoor zijn verschillende kosten op energetisch vlak doorgerekend. Dit geeft meer inzicht in kosten bij landbouwsystemen die hier niet zo courant zijn of minder op de radar komen.

Hoewel de onderzoeken 50 jaar oud zijn, blijven de algemene conclusies nog relevant. Zoals Whitefield het beschrijft [Whi11, noot 22 p. 424]:

„[...] it's safe to assume that the general picture remains the same. Any increase in mechanical efficiency will have been swallowed up by increases in mechanization, and especially in long-distance transport.”

Belangrijk is om te onthouden dat in deze periode de wereld met De Olie Crisis geconfronteerd was. Hierbij zijn de prijzen van olie en andere producten op korte

tijd snel gestegen. Na een blasé houding in de jaren '60 rond energie, was dit een schok voor de Westerse Wereld. Hierdoor is er, naar mijn gevoel, veel onderzoek naar het energieverbruik op de voorgrond gekomen.

Leach beschrijft de situatie in het Verenigd Koninkrijk [Lea76]. Hij gebruikt een andere methode om tot de energetische waarden te komen dan Meino Smit.

Bij de bundel van Jackson *et al.* is vooral het zesde hoofdstuk van belang [LLB84]. Hier wordt de situatie in de Verenigde Staten van Amerika beschreven.

Wat deed deze zoektocht met mij?

Het prikkelde me wel.

Ten eerste is het leuk om dit soort informatie tot op de bron uit te vlooiien. Het betere „Sherlock” werk.

Ten tweede is het ook boeiend om te zien met welke nuances er rekening gehouden moet worden bij boutades. Dat doet beseffen dat de wereld veel genuanceerder en rijker is dan de boutade doet uitschijnen. Voor mij is dat een verrijking van het wereldbeeld.

Tot slot blijkt dat het belangrijk is, ook in de landbouw, om een zicht te hebben op wat er eigenlijk allemaal nodig is om een product tot stand te brengen. Er mag niet zomaar vanuit gegaan worden van de meest eenvoudige benadering. Er zijn verschillende verborgen kosten en sectoren waar je totaal niet aan denkt hebben zelfs een grotere impact. Dat is belangrijk om in te zien als het doel is om een positieve impact te hebben op de wereld.

Een positieve impact? Wat is een positieve impact? Is er een positieve impact als er minder impact is dan het huidige systeem? Maar dan is er in absolute waarde nog altijd een negatieve impact. Of moet je streven naar een absolute positieve impact?

Voor mij is het niet zo scherp. Het belangrijkste is om zicht te hebben op het totale plaatje. Maar je moet ook pragmatisch kunnen zijn. Het kan zijn dat je op een bepaald domein negatief zit (bijvoorbeeld methaan uitstoot van een composthoop). Zolang je maar

1. een zicht houdt op het globale plaatje,
2. serieus nagedacht hebt hoe je je impact kan verkleinen en
3. na lang nadenken niet inziet hoe je, in de huidige context, beter kunt doen.

Uiteraard moet deze oefening regelmatig opnieuw gedaan worden om hem relevant te houden.

Hoofdstuk 9

Landbouw in de jaren '70 (VK)

9.1 Energiebalans

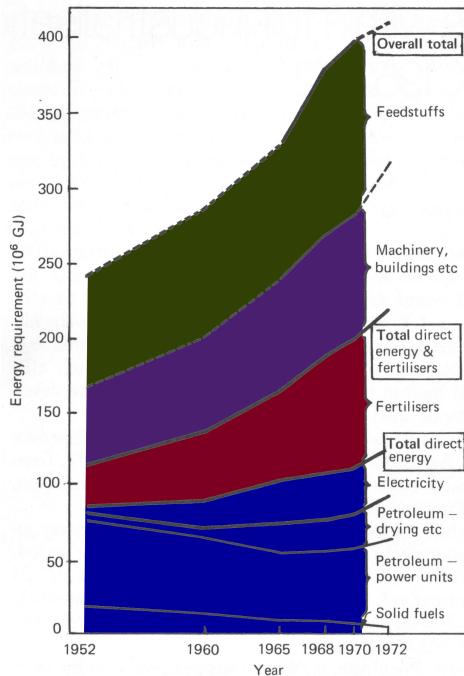
Zoals gezegd, is het werk van Leach gepubliceerd begin jaren '70 van vorige eeuw, ongeveer 50 jaar geleden [Lea76]. Vanuit de focus op energie die er toen heerste (denk: De Olie Crisis), is het goed mogelijk dat energetische efficiëntie een plaats in de schijnwerpers kreeg (EROEI, zie paragraaf A.4 op pagina 122, bij Leach de energie ratio E_r genoemd).

Zoals te zien in figuur 9.1 is de directe energie van de landbouw in het Verenigd Koninkrijk (VK) in 1968 108 PJ. Hierboven komt dan nog 82 PJ voor kunstmest, 104 PJ voor veevoer en 84 PJ voor de rest (machines, gebouwen, sproeistoffen, ...). De totale energetische input is dus 378 PJ waarvan de directe energie 29% uitmaakt.

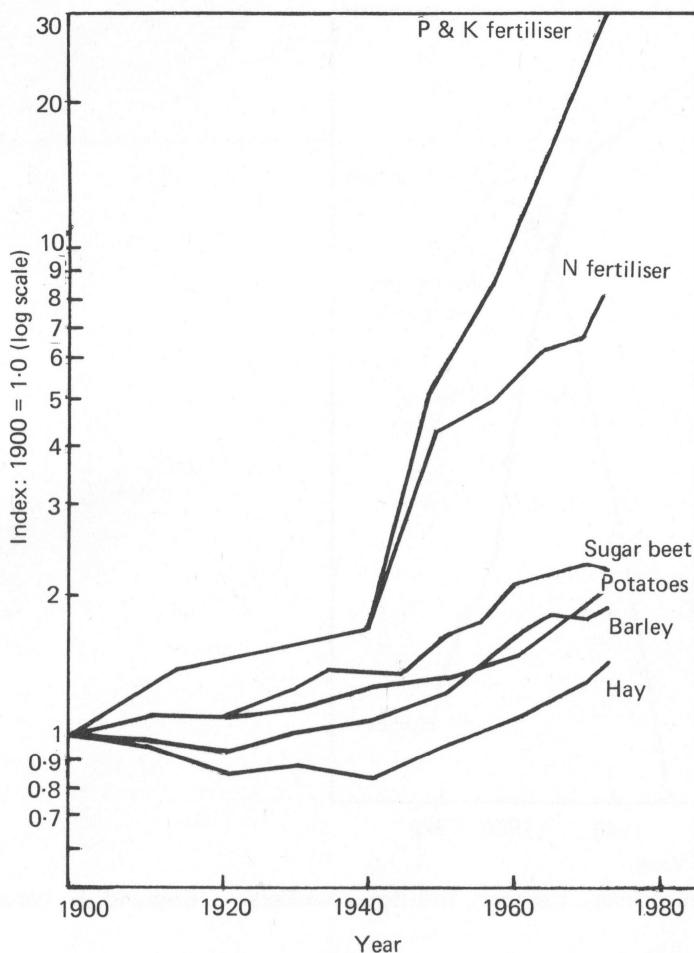
De energetische output van de landbouw is in datzelfde jaar 130 PJ. Hiernaast zijn er nog 131 PJ aan geïmporteerde voedingswaarden geconsumeerd [Lea76, p. 31].

Interessant is dat Leach de parallel trekt met de zware industrie. Afhankelijk van hoeveel mensen je toekent aan de landbouw (directe en indirect arbeidskrachten), wordt er per werknemer tussen de 150 en 330 GJ/jaar aan energie gebruikt. Dat is overeenkomstig met de zware industrie die tussen de 170 en 300 GJ/jaar gebruikt per werknemer. Dit is, zoals te zien, voornamelijk door het gebruik van kunstmest en veevoeders. Deze laatsten zijn ofwel geïmporteerd ofwel schroot uit de voedingsindustrie wat de energetische kosten de hoogte in jaagt.

Kijken we naar de verhoging in de output, dan zien we dat dit totaal niet in lijn is met de verhoging van het gebruik van kunstmest. Zoals te zien in figuur 9.2 is de output in gewicht tussen 1900 en 1972 ongeveer 2x hoger geworden. Het gebruik



Figuur 9.1: Totale energieconsumptie van de landbouw (VK 1952-1972) Gebaseerd op [Lea76, fig. 6] en gekleurd volgens legende van figuur 4.11.



Figuur 9.2: Verloop van kunstmest en output in gewicht, relatief ten opzichte van 1900 [Lea76, fig. 5].

van de hoeveelheid kunstmest in gewicht is in die tijd veel harder gestegen: 30x voor fosfor en kalium, 8x voor stikstof. Aangezien kunstmest energetischer is dan landbouwgewassen¹, zullen de energetische verhoudingen nog verder uit elkaar liggen.

Van 1952 tot 1968 is de EROEI gezakt van 0,45 tot 0,34. Met andere woorden, in 1968 zijn er 3 MJ nodig om 1 MJ voedsel te produceren. Dat is nog niet de 1:10 verhouding zoals gegeven in Whitefield. Daar gaan we later nog verder op in.

Leach haalt als de belangrijkste reden van de lage EROEI aan dat veel geproduceerde plantaardige output wordt gebruikt als veevoer. Bekijk je tabel 6 in zijn werk, dan zie je dat er in 1968 in totaal 1 116 PJ aan plantaardige producten van het veld gehaald werden. Hiervan is er maar 65 PJ voor directe menselijke consumptie. De rest wordt aan de dieren gegeven. Hiervan komt er ook zo'n 65 PJ aan energie beschikbaar voor menselijke consumptie. Dat is dus een enorme vermindering aan output.

Dit is ook te zien in het landgebruik: maar 8,3% van het landbouwareaal produceert voedsel dat rechtstreeks bruikbaar is voor de mens (aardappelen, granen, groenten, fruit,...). De rest van het areaal is gebruikt als weilanden en voor veevoer (gras, hooi, luzerne,...).

¹Zoals Leach het uitrekent: 80 GJ/ton voor stikstof, 14 GJ/ton voor fosfaten en 9 GJ/ton voor kali [Lea76, appendix 6]

Is het echter erg dat er zoveel naar dieren gaat? Leach geeft aan dat dieren nuttig zijn:

- ze leveren essentiële nutriënten,
- ze verwerken landbouwproducten die mensen niet kunnen verteren (gras, hooi, . . .),
- ze helpen om de bodemvruchtbaarheid op peil te houden en
- ze kunnen ingezet worden op gronden die anders niet bruikbaar zijn (te nat, te stijl, . . .). Dat gaat over 1/3 van het landbouwareaal in het VK.

Maar, trop is teveel en teveel is trop. Een halvering van vleesconsumptie zou het VK zelfvoorzienend maken en de EROEI verhogen tot 0,7. Dat is dan nog los van de gezondheidsvoordelen die zouden optreden.

9.2 Berekenen van de energie

Leach heeft voor de landbouw gelijkaardige kosten in kaart gebracht heeft als Meino Smit. Uiteraard zonder elektronica en met minder gebruik van elektriciteit. In de jaren '70 werd er bijna geen elektronica gebruikt werd en werd energie nog meer rechtstreeks geleverd door fossiele brandstoffen (zie maar de onderverdelingen van energie in figuur 9.1).

Een groot verschil tussen de twee werken, is dat Meino Smit gebruik maakt van verschillende bronnen om de energetische bijdragen van de verschillenden sectoren te bepalen. Leach baseert zich daarentegen sterk op het werk van Chapman [Cha75].

9.2.1 Berekenen van de output

Er kunnen vele soorten van output bekijken worden. Deze kunnen positief zijn (geproduceerde voeding, gezelligheid van een goede maaltijd, . . .) maar ook negatief (verlies bodemvruchtbaarheid, verdwijnen van culturele waarden, . . .). Hier is enkel gekeken naar de energetische output die geschikt is voor menselijke consumptie.

Net zoals bij Meino Smit vertrekt Leach van de officiële statistieken rond output in gewicht. Voor de omzetting van gewicht in energetische waarde worden een aantal tabellen gebruikt.

Verliezen worden hierbij ook in rekening gebracht. Hierbij maakt Leach onderscheid tussen verschillende verliesposten:

1. verliezen inherent aan het proces. Dit zijn bijvoorbeeld oogstverliezen.
2. verliezen die onvermijdbaar zijn. Bijvoorbeeld het gewicht van eieren is inclusief de eischaal die echter niet gebruikt kan worden.
3. verliezen die typisch zijn. Dit zijn bijvoorbeeld de schillen van groenten die niet gebruikt worden.
4. verliezen door achteloosheid. Dit zijn bijvoorbeeld weggegooide maaltijden.

De eerste categorie wordt automatisch meegenomen in de statistieken. Voor de tweede en derde categorie gebruikt Leach factoren om deze verliesposten mee te nemen.

De laatste categorie wordt niet in rekening gebracht. Ten eerste is dit verlies niet veroorzaakt door het systeem want het kan eenvoudig vermeden worden door betere planning en oplettendheid. Verder is het moeilijk om hier een waarde aan te geven. Leach geeft een ruwe schatting van 25% verlies aan maar gebruikt dit niet verder.

9.2.2 Berekenen van de input

Energie is in zijn werk genomen als de waarde van warmte energie (enthalpie). Hierdoor is het niet nodig om te berekenen hoeveel fossiele brandstof nodig is om dezelfde energie te verkrijgen („spookolie”).

De berekening van die energie is, waar mogelijk, gedaan via de „Gross Energy Requirement” (GER), zie ook paragraaf A.3 op pagina 122. Hij vergelijkt dit met het bepalen van de economische kost van een product maar met een waarde in energie in plaats van in geld. Dit heeft een meerwaarde omdat beide elkaar aanvullen. Energie is namelijk rechtstreeks te koppelen aan een waarde in de fysische werkelijkheid.

Verder kan je via energie zicht krijgen op de energiestromen in de keten. Dit geeft aan waar mogelijke knelpunten kunnen optreden.

Tot slot kijkt economie naar de schaarste die er vandaag is. Kijken in functie van energie geeft echter een koppeling met de fysische werkelijkheid waardoor mogelijke tekorten sneller op de radar komen.

9.2.2.1 Brandstoffen

De energie van brandstoffen is redelijk goed in kaart gebracht.

Eerst werd de efficiëntie bepaald van verschillende brandstoffen met behulp van voorgaande studies. Hierbij wordt alle energie bekeken die nodig is om een bepaalde hoeveelheid energie te produceren tot aan het gebruik van de primaire brandstoffen. Dit houdt de energie voor extractie, transport, omzetting, infrastructuur, ... in. De nuttige energie uit het energetische systeem wordt gepaald bij de eerste verbruiker van de energie buiten het energiesysteem. Dus energie die gebruikt wordt voor administratie, gebouwen, ... van de energiesector zelf wordt niet meegenomen.

Hierbij krijgen fossiele brandstoffen een efficiëntie gaande van 70% (gas) tot 95% (steenkool).

Elektriciteit heeft echter een efficiëntie van maar 25%. Het vraagt dus drie keer zoveel energie aan fossiele brandstoffen om een MJ aan elektriciteit te produceren en bij de klant te krijgen.

Uiteraard zijn dit allemaal gemiddelden. Dus in specifieke situaties kan de efficiëntie hoger of lager uitvallen.

9.2.2.2 Algemene methode

Om de energie te bepalen van een goed of een dienst, lijst Leach een aantal methoden op:

1. totale BNP delen door het totale energie verbruik.

2. doorgedreven proces analyse uitvoeren tot aan de primaire energie.
3. gebruik maken van input/output tabellen die aangeven hoeveel elke industrie van een andere industrie heeft afgenomen.

De eerste methode geeft een zeer grof gemiddelde. Hoewel dat voor een aantal sectoren redelijk goed klopt, zijn er toch verschillende sectoren die hiervan afwijken. Deze methode is dan wel eenvoudig, hij is voor een serieuze analyse te grof.

De tweede methode zou het meest juiste resultaat geven. Dit is echter zo'n complexe berekening dat dit, toch begin jaren '70, niet uitgevoerd was.

De derde methode is een redelijke middenweg. Hiervoor worden input/output tabellen gebruikt die verzameld worden door de regering in het Verenigd Koninkrijk, bijvoorbeeld [CSO73].

1. Aangezien de energie sector apart opgenomen is, kan je de directe energie aankopen van bijvoorbeeld de landbouw aflezen.
2. Ook is het mogelijk om indirecte energie af te leiden door bijvoorbeeld te kijken hoeveel landbouw besteed heeft aan tractoren bij handelaren. De handelaren zullen een deel energie rechtstreeks afgenomen hebben en een deel onrechtstreeks via de fabrikanten. Dit kan een aantal iteraties doorgaan totdat je bij primaire energiebronnen komt.
3. De som van dit alles geeft aan hoeveel £ de landbouw rechtstreeks of onrechtstreeks verbruikt heeft aan fossiele brandstoffen. Als je dan de energetische waarde kent van een £ brandstof voor dat jaar (bijvoorbeeld via de gemiddelde prijs per liter), dan kun je de totale energetische waarde bepalen die de landbouw gebruikt heeft.

Leach vermeld een aantal problemen hierbij:

- de sectoren zijn samengevoegd waardoor er niet genoeg detail kan bepaald worden.
- investeringen in kapitaal zijn niet volledig.
- de waarden lopen een aantal jaren achter.

Het hierboven aangehaalde rapport van Chapman heft een heel aantal van deze nadelen op. Hiervoor is vertrokken van de data waarvan de input/output tabellen zijn gemaakt (de census tabellen zoals [DTI71]). Via een rigoureuze analyse kan je dan komen tot een waarde van energie input per £ output.

Deze waarden worden dan gebruikt om vanuit de geregistreerde opbrengsten de waarde van de energetische input te bepalen (bijvoorbeeld: aanmaak van een tractor in 1968 kost 0,217 GJ/£ dus een tractor van 2000 £ vraagt 432 GJ).

Aangezien de geldelijke waarden uit hetzelfde jaar komen, speelt de inflatie een veel minder grote rol.

Willen we dit vandaag doen, dan kunnen bij Eurostat de input/output tabellen opgevraagd worden². Veel plezier ermee!

²<https://ec.europa.eu/eurostat/web/esa-supply-use-input-tables>

9.2.2.3 Opvallende getallen

Bij het doornemen van appendices 2 t.e.m. 11 gaan, zijn een aantal zaken mij opgevallen.

Ten eerste dat tractoren langer gebruiken energetisch niet zo voordelig is. Dat is omdat de jaarlijkse energetische kosten van een tractor zoals benzine, reparaties, olie, ... veel zwaarder doorwegen dan de energetische kost van het maken van de tractor, verspreid over een normale levensloop. Dit laatste is ongeveer 15% van het energetische budget. De tractor langer gebruiken zal dit aandeel verlagen van 15% naar iets minder, maar dit heeft niet zoveel impact als je eerst zou denken. Vooral als de reparaties meer energie gaan beginnen te vergen door de ouderdom van de tractor.

Verder vermeld Leach dat samengesteld veevoer ongeveer 4 keer zoveel energie vraagt als enkelvoudig veevoer. Ook zelf veevoer maken op de boerderij vraagt redelijk wat energie voor machines, drogen, opslag,

Drogen van graan, hooi en gras vraagt zeer veel energie. Hoewel dit „gratis” kan gebeuren door de zon, wordt er toch een belangrijk deel mechanisch gedroogd omwille van de volumes. Hierdoor wordt niet alleen werk op het veld uitgespaard, maar verlies je minder nutriënten en verminderd het risico op mislukkingen wegens slecht weer. Daartegenover staat dan wel dat graan ongeveer 0,5 GJ/ton vraagt om te drogen, voorgedroogd hooi in het slechtste geval 2,5 GJ/ton (gemiddeld echter 0,1 GJ/ton) en gras 14 GJ/ton!

Voor transport zijn er een aantal opmerkingen:

- het toekennen van de energie voor aanmaak en onderhoud van wegen, lichten, parkings, ... is niet eenvoudig. Je moet dit verdelen over gebruik van de weg voor landbouw, voedingsindustrie en de rest. Ook moet het gebruik van verlichting verdeeld worden tussen voertuigen en andere weggebruikers zoals bijvoorbeeld fietsers en voetgangers.
- door gebrek aan betrouwbare gegevens van levensduur en totale afgelegde afstand van voertuigen, was het niet mogelijk om de fabricatiekosten precies in rekening te brengen. Leach heeft dus een schatting gemaakt.
- Er zijn nogal grote verschillen tussen de energetische kosten van transport middelen. De waarden hieronder is de energie die het kost om 1 ton vracht over 1 km te vervoeren.
 - Een schip op volle capaciteit vraagt ongeveer 0,05 MJ per ton.km aan energie. Dit vooral omdat een schip een zeer grote lading kan vervoeren.
 - Een goederentrein op volle capaciteit vraagt ongeveer 0,36 MJ per ton.km aan energie.
 - Een twintig tonner op volle capaciteit vraagt tussen 0,75 MJ en 1,3 MJ per ton.km aan energie.
 - Een gevulde camionette vraagt tussen 12 MJ en 18,5 MJ per ton.km aan energie.

Dit zijn waarden voor 1972. Verbeteringen in technologie kunnen ervoor zorgen dat dit vandaag anders is.

Hoofdstuk 10

Landbouw tot de jaren '70 (VSA)

Begin jaren '70 zijn er verschillende studies verschenen over het energieverbruik van de landbouw in de Verenigde Staten van Amerika (VSA). Door Whitefield is al het werk van Jackson Wes *et al.* aangehaald [JBC84]. Dit is een verzameling van essays rond landbouw die zeer interessante lijken voor biologische landbouwers. Het is vooral het zesde hoofdstuk van Lovins *et al.* dat ons nu interesseert [LLB84]. Ook het werk van Steinhart en Steinhart [SS74] wordt in dit hoofdstuk meegenomen.

10.1 Energiebalans

In 1974 hebben alle Amerikanen samen 1 222 PJ aan voeding geconsumeerd. Dat lijkt veel meer dan het VK maar dat is per inwoner het equivalent van 13 MJ/dag oftewel 3 420 kcal/dag. Leach berekent 3 107 kcal/dag voor het VK in 1968, zeer vergelijkbaar dus. Beiden zijn beduidend meer dan de waarde van 2 000 tot 2 500 kcal/dag (8,5 tot 10,5 MJ/dag) die aangeraden worden.

Om de VSA te voeden is 1 320 PJ aan directe energie verbruikt en 1 080 PJ aan indirecte energie [LLB84, tabel 3]. Tot 1960 had de VSA nog een redelijke neutrale export balans had rond voeding. Begin jaren '70 is de situatie zo dat je 5 tot 15% van de inputs af moet doen om met de export rekening te houden [SS74]. Laten we 10% aannemen. Dan is de energetische input voor de landbouw 2 160 PJ.

De EROEI van de landbouwsector in de VSA in 1975 is dan 0,45. Dat is beter dan de situatie in het VK gedurende diezelfde periode, maar nog niet de 1:10 verhouding.

Het aandeel in het verbruik is als volgt:

- 29% is voor kunstmest,
- 20% is voor veldwerk (benzine tractor, . . .),
- 13% is voor het maken van nieuwe machines,
- 12% is voor boerderij transport,
- 11% is voor irrigatie,
- 7% is nodig voor het vee,
- 5% gaat naar het drogen en
- 3% is pesticide gebruik.

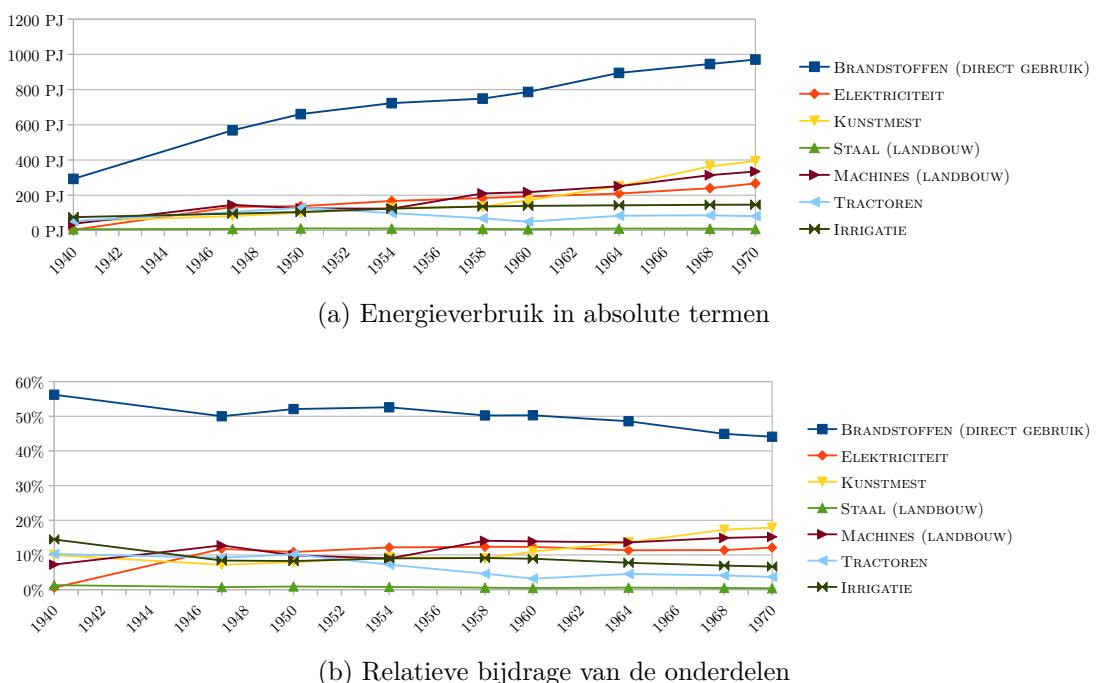
Ook hier geen een belangrijk deel van de energie naar het drogen. Uit de tekst lijkt het dat het hier enkel over granen gaat.

Opvallend is de 11% die naar irrigatie gaat. Dit speelt in het VK minder een rol, wat hoogst waarschijnlijk te wijten is aan het klimaat daar.

Steinhart en Steinhart komen met een licht ander resultaat. Ook laten ze het verbruik zien in de loop van de tijd (figuur 10.1). De machines en tractoren zijn enkel de nieuwe aankopen. Het is te zien dat de het energetische aandeel van nieuwe tractoren gelijk blijft, maar dan van machines stijgt sterk. Eveneens is de energie die via kunstmest en brandstof in het boerderijen gebruikt worden sterk gestegen. Irrigatie is licht gestegen.

Verbazend is dat veevoer niet opgenomen is. Dat is bij Leach goed voor een kwart van het energieverbruik in de landbouw. Ook bij Meino Smit heeft veevoer een belangrijk aandeel van 15 tot 20% in de energetische input.

Kunstmest is relatief gezien de sterkste stijger. De andere factoren zijn gelijk gebleven of in relatieve aandeel gedaald.



Figuur 10.1: Opdeling van energieverbruik van de landbouw (VSA 1940-1970, [SS74])

Lovins *et al.* gaan ook in op een aantal gevolgen van dit grote energieverbruik.

- Verlies van vruchtbare landbouwareaal. In 1974 is al 1/3 van het landbouwareaal verloren gegaan en dit verlies versnelt. Dit moet gecompenseerd worden door een hoger gebruik aan kunstmest, de vicieuze cirkel.
- Probleem met waterverbruik. Zoals gezien is irrigatie een belangrijke factor in het energieverbruik. Op redelijk wat plaatsen in de VSA wordt er meer water opgepompt dan er via natuurlijke weg aangevuld wordt. Hierdoor zakt het grondwater waardoor er weer meer energie nodig is om water op te pompen. Ze noemen dat dubbele winning: er moeten extra grondstoffen en energie gewonnen worden om water te kunnen winnen.

Hoe komt het dat men niet veranderd nu duidelijk is dat deze manier van werken zo'n negatieve effect heeft? Lovins *et al.* zien vier factoren:

1. Geleidelijk aan is de kapitaalopbouw zo groot geworden, dat het moeilijk is om om te schakelen. Als je al geïnvesteerd heb in grotere machines, stallen, ... is het moeilijk om dit af te bouwen. Zeker als de leningen hiervoor nog lopen.
2. Het gebruik van fossiele brandstoffen, vooral voor kunstmest en pesticiden, heeft eerst grote verbeteringen in de opbrengst teweeg gebracht. Maar kunstmest is bij een groter gebruik minder effectief. Je moet meer kunstmest gebruiken om een kleinere opbrengstverhoging teweeg te brengen. Dat wordt goed geïllustreerd in figuur 9.2. Pesticiden hebben zelfs een averechts effect teweeg gebracht. Door resistente van plagen, moet er meer gespoten worden om minder bescherming te hebben. In 1948 ging 7% van de oogst verloren aan insecten. Begin jaren '80 worden er 6 keer zoveel pesticiden gebruikt, maar gaat 13% van de oogst verloren aan insecten. Deze evoluties zijn echter geleidelijk aan gekomen. Vandaar dat ze niet bewust opgemerkt worden¹.
3. De macht van de agro-industrie. Hier moeten we geen tekeningetje bij maken.
4. Door het vervangen van spierkracht door mechanisatie is het nu moeilijk geworden om de omgekeerde richting te maken.

Hierbij komt nog dat het gebruik van de indirecte energie eerder onzichtbaar is. Dit zowel voor het brede publiek als voor de boer zelf. Daarom is het dus belangrijk om deze in kaart te brengen. Hierdoor komen er andere inzichten dan uit een puur economische benadering. Dat kan de kijk op landbouw en het voedselketen veranderen.

Kan je iets doen aan deze stijging?

Steinhart en Steinhart halen een studie aan die berekend heeft wat er zou gebeuren moest er opeens omgeschakeld worden naar een landbouw zonder gebruik van fossiele brandstoffen (vergelijk dit met de situatie van Cuba in de jaren '90 [Mor06]):

- er zou meer land nodig zijn, wat in de VSA niet zo'n probleem is in tegenstelling tot Vlaanderen,
- de output zou maar 5% verminderen,
- de prijzen van voedingsproducten voor verwerking zou 16% stijgen en
- het landbouwinkomen zou zelfs 25% stijgen.

De uiteindelijke prijs voor de consument zal minder stijgen dan die 16% maar toch moeilijk verkoopbaar zijn. Laten we dan wel niet vergeten dat er in dit scenario andere voordelen zijn (ecologisch, gezondheid, geopolitiek, cultureel, ...).

Een aantal voorstellen die gedaan worden om minder energie te verbruiken zijn:

- slimmer irrigeren door het tijdstip aan te passen of efficiëntere pompen te kopen.

¹Het gaat dus zoals de kikker in de kookpot. Als de temperatuur maar langzaam stijgt, merkt ie dat niet op.

- slimmer gebruik van kunstmest en bestrijdingsmiddelen. Dit houdt in: de nood ervan inschatten én dit inzicht toepassen. Ook biologische bestrijding en een manuele dosering is energetisch voordeliger.
- drogen op lagere temperaturen, waar mogelijk.
- kunstmest vervangen door dierlijke mest en de methaan van dierlijke mest opvangen.
- meer gebruik van peulvruchten als stikstof vanggewas. Zowel in rotatie als in tussenzaaiing.
- betere landbewerking gaande van verminderd ploegen tot no-till. Bij dat laatste raden ze tussenzaaiingen aan om de onkruiddruk te verlagen.
- terug opwaarderen van rotatieteelten.
- veredeling met focus op resistentie en sterke planten in plaats van enkel opbrengst.

Hiermee schatten Lovins *et al.* in dat een energie reductie van 48 tot 90% (!) kan bekomen worden.

Deze voorstellen zijn vandaag de dag nog altijd relevant. De meeste worden in de biologische landbouw vanaf het begin al toegepast. Een aantal zijn nog niet wijdverspreid, zoals tussenzaaiingen of no-till. Een aantal andere worden zelfs al toegepast in de gangbare landbouw zoals gerichter toepassen van kunstmest en bestrijdingsmiddelen en het vervangen van kunstmest door dierlijke mest. Er is in de afgelopen 50 jaar dus al vooruitgang geboekt. We kunnen wel nog (veel) verder gaan en zo de energie afhankelijkheid van de landbouw nog verkleinen. Ook in de biologische landbouw.

10.2 Berekenen van de energie

Lovins *et al.* en Steinhart en Steinhart gebruiken ofwel officiële statistieken zoals van de U.S. Department of Agriculture, Department of Energy, ... maar ook gepubliceerde papers uit *Science*, *Ecologist*,

Steinhart en Steinhart gaan ook in op de factoren die ze in rekening gebracht hebben:

- import en export werden niet in rekening gebracht. Dit is pas een factor sinds de begin jaren 60. De export is voornamelijk primaire landbouwgoederen zoals granen en bloem. Import is eerder verwerkte producten.
- Verlies van brandstoffen tot aan de eindgebruiker zijn niet in rekening gebracht. Dit is iets wat typisch niet gedaan wordt, maar wel 10% verschil uitmaakt.
- De bijdrage van transport via trein of schip is klein ten opzicht van het transport via vrachtwagens.
- Afvalverwerking is niet in rekening gebracht omdat ze het niet als deel zien van het voedselketen zelf. Dat zou een 2% verschil maken.

- Het koken en bewaren van voeding thuis (zie later) vraagt extra infrastructuur (keuken, frigo, keukenrobot, bergruimte,...). Ook het transport van en naar de winkel moet meegerekend worden. Volgens hun inschatting zou dat nog een 20 tot 25% extra aan de totale energiebalans toevoegen.
- Extra diensten zoals ministeries, landbouwscholen en universiteiten, onderzoekscentra, consultants,... zijn er niet bij gerekend omdat ze niet zien hoe dit eenvoudig ingeschat kan worden. Meino Smit heeft dit wel proberen in te schatten als „dienstensector” (paragraaf 3.6.11 op pagina 26). Hij komt op een waarde van 0,2%.

Moest dit allemaal in rekening gebracht worden, dan schatten ze dat er nog 30 to 35% extra energieverbruik zou zijn. Nog eens 10% extra als brandstofverliezen wel in rekening gebracht worden.

Hoofdstuk 11

Landbouwsystemen vergeleken

Los van de zoektocht naar de oorsprong van de 1:10 verhouding, is er een paretje van een inzicht tot ons gekomen. Dat is de vergelijking van verschillende landbouwsystemen met elkaar.

Wat is landbouw? Leach zegt hierover het volgende [Lea76, p. 7]:

Any form of agriculture represents an effort to alter a given ecosystem
in such a way as to increase the flow of energy to man.

Dit houdt dus in dat er energie gespendeerd moet worden om meer menselijk nuttige energie uit het systeem te kunnen halen. Sommige landbouwsystemen zullen dit efficiënter doen dan anderen. Dit heeft veel te maken met de kosten die gemaakt worden voor het landbouwsysteem ten opzicht van de baten. Het is dus interessant om de energetische efficiëntie van verschillende landbouwsystemen met elkaar te vergelijken.

Eerst nog even de definitie herhalen van de EROEI (paragraaf A.4 op pagina 122): de verhouding tussen de energie die je uit een systeem haalt met de energie die je erin steek. Als de EROEI bijvoorbeeld 5:1 is, dan krijg je 5 MJ output voor elke MJ die je in het systeem steekt.

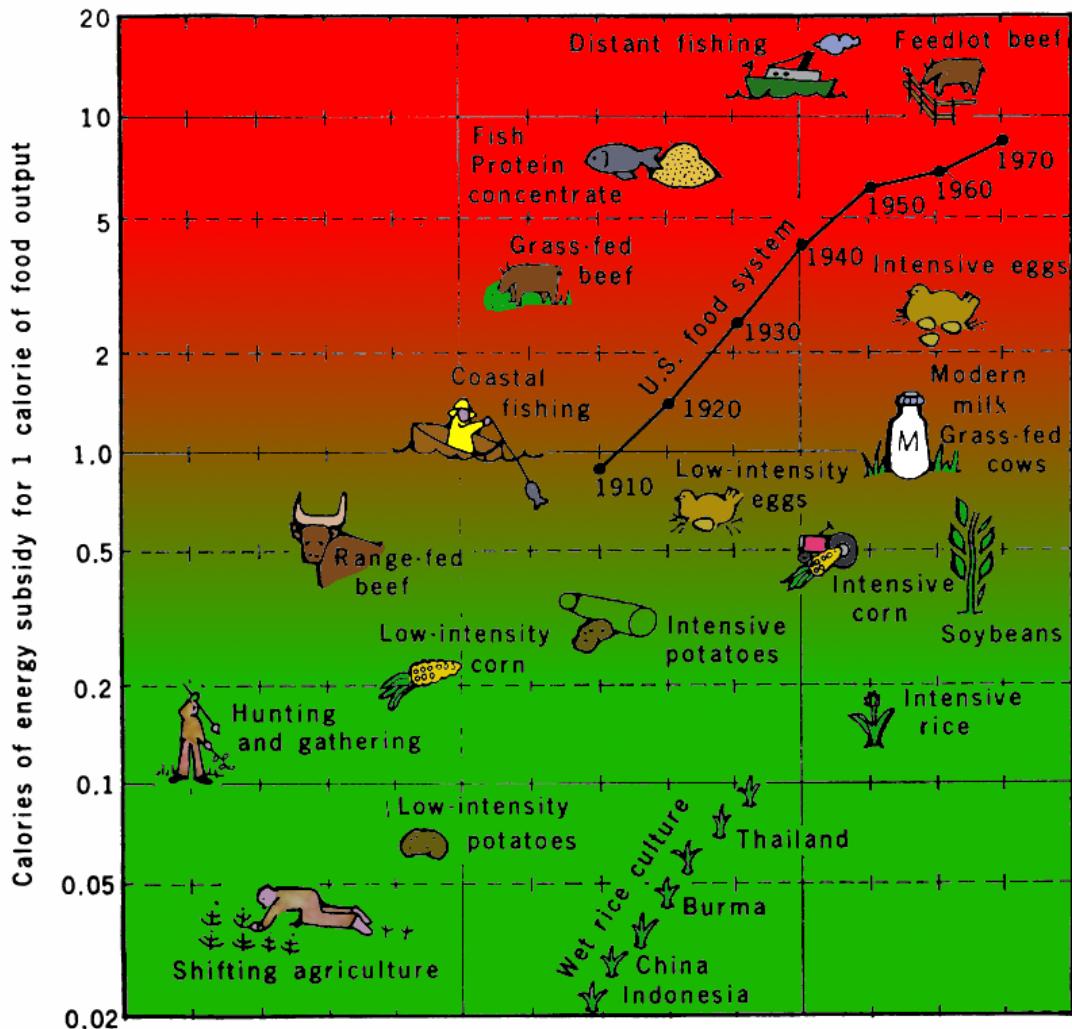
11.1 Introductie

In figuur 11.1 is de energetische *inefficiëntie* uitgezet voor een aantal landbouwsystemen. Dit is het omgekeerde van de EROEI: hoeveel MJ zijn er nodig om 1 MJ output te hebben. Dit gaat van zeer efficiënt (1:0,03 voor rijst in Indonesië) tot zeer inefficiënt (1:10 voor intensieve veehouderij en zelfs meer voor visserij ver op zee).

Het is duidelijk dat plantaardige producten minder energie vragen en dat minder intensieve systemen ook beter scoren. Deze „inefficiënte“ landbouwsystemen scoren zelfs beter qua energetische efficiëntie dan de systemen die uit de „groene revolutie“ voortgekomen zijn.

Nog altijd vallen de meeste systemen beter uit dan 1:10, maar er komt meer nuance in het verhaal.

Te zien is dat visserij over het algemeen slecht scoort. Dit heeft vooral te maken met de afstand die afgelegd moet worden de vis te vangen. Dit leidt er zelfs toe, dat de efficiëntie van grotere visboten kleiner is dan die van de kleinere boten ([Lea76, budget 83]). Deze grote boten moeten namelijk meer kilometers varen om hun hoeveelheid vis te vangen. Het gebruik van maritieme reservaten nabij visgronden leidt dus niet alleen tot een in stand houding van het visbestand, maar verbetert ook de energetische efficiëntie van de visserij!



Figuur 11.1: Vergelijking van energie *inefficiëntie* van verschillende landbouwsystemen (naar [SS74, fig. 5])

11.2 Impact van een hoge efficiëntie op de cultuur

Een hoge efficiëntie van een landbouwsysteem heeft ook culturele gevolgen. Doordat je veel energie kunt halen uit je werk, is er veel tijd over om andere dingen te doen¹. Dus verschillende „primitieve“ culturen die maar een paar uur per dag bezig moeten zijn met voedsel voorziening kunnen het leeuwenaandeel van de dag besteden aan ontspanning, sociale contacten, opbouwen van een rijk cultureel leven, . . . Dit geeft een vertrouwen in overvloed, iets dat we in onze maatschappij volledig verloren hebben. Charles Hervé-Gruyer beschrijft dit zeer mooi ([HH17, p. 59 en volgende]).

Deze efficiëntie bereiken ze onder andere door een uitermate gesofisticeerd inzicht in het lokale ecosysteem en de onderlinge afhankelijkheden.

¹Een typische EROEI is 25, de dagelijkse energiebehoefte van een persoon is 10 MJ/dag en arbeid op het veld vraagt typisch 0,8 MJ/h. Om een gezin van 4 personen te ondersteunen moet dus 40 MJ/dag van het land gehaald worden. Dit vraagt dan 40/25 oftewel 1,6 MJ/dag aan energie. Dat is 2 uur werk per dag oftewel 14 uur per week ([Lea76, p. 9]).

11.3 Impact van het aandeel aan spierkracht

De verschillende landbouwsystemen kunnen ingedeeld worden in hun mate van industrialisatie. Leach gebruikt hiervoor volgende grenzen:

- bij pre-industriële landbouwsystemen komt meer dan 90% van de energetische input uit spierkracht.
- bij semi-industriële landbouwsystemen komt tussen de 5% en 90% van de energetische input uit spierkracht.
- bij industriële landbouwsystemen komt minder dan 5% van de energetische input uit spierkracht. Dit impliceert dat deze systemen (zeer) gevoelig zijn aan de bevoorrading en prijzen van (fossiele) brandstoffen. Dit kan enorme geopolitieke gevolgen hebben.



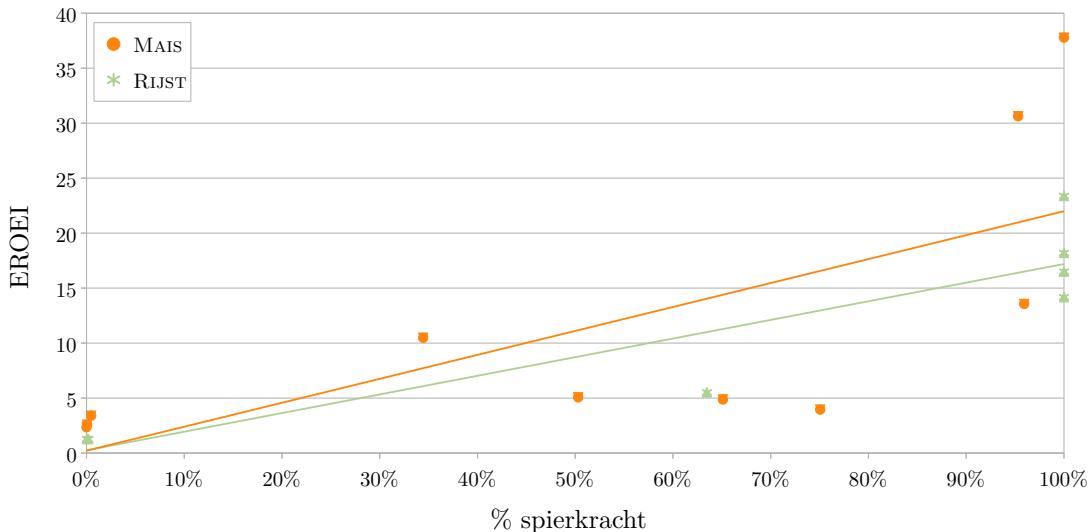
Figuur 11.2: Gebruik van spierkracht vs. EROEI in verschillende landbouwsystemen (gebaseerd op [Lea76])

Leach geeft in zijn energie budgetten waarden van de efficiëntie (E_r , nu beter bekend als EROEI) voor verschillende landbouwsystemen.

Als we kijken naar naar de EROEI in functie van het aandeel aan spierkracht in de energetische input (figuur 11.2), dan valt het op dat elke categorie van landbouwsysteem zijn eigen karakteristieken heeft:

- links het industriële landbouwsysteem.
Hier schommelt de EROEI tussen 0,002:1 (sla in verwarmde serre) en 10:1 (zongedroogd gras). Bij het merendeel van deze systemen is het aandeel van spierkracht verwaarloosbaar.
Buiten suikerbiet haalt enkel gras als ruwvoer een EROEI hoger dan 4:1. Tussen een EROEI van 1,7:1 en 4:1 zitten enkel ruwvoer (gras, hooi, silage) en granen (inclusief mais).
De beste veehouderij is een gemengd bedrijf met runderen en schapen (EROEI van 1,16:1). De tweede beste is een gemengd melkvee bedrijf (EROEI van 0,77:1).

- in het midden zitten de semi-industriële landbouwsystemen.
Hier schommelt de EROEI tussen 0,83:1 en 10,5:1.
- rechts zitten dan de pre-industriële landbouwsystemen.
Hier schommelt de EROEI tussen 5:1 (rotatieteelt systeem in Uganda) en 65:1 (slash&burn systeem in Kongo). Dit zijn grove benaderingen omdat het lastig is om het aantal uren gewerkt om te zetten in een energetische waarde.



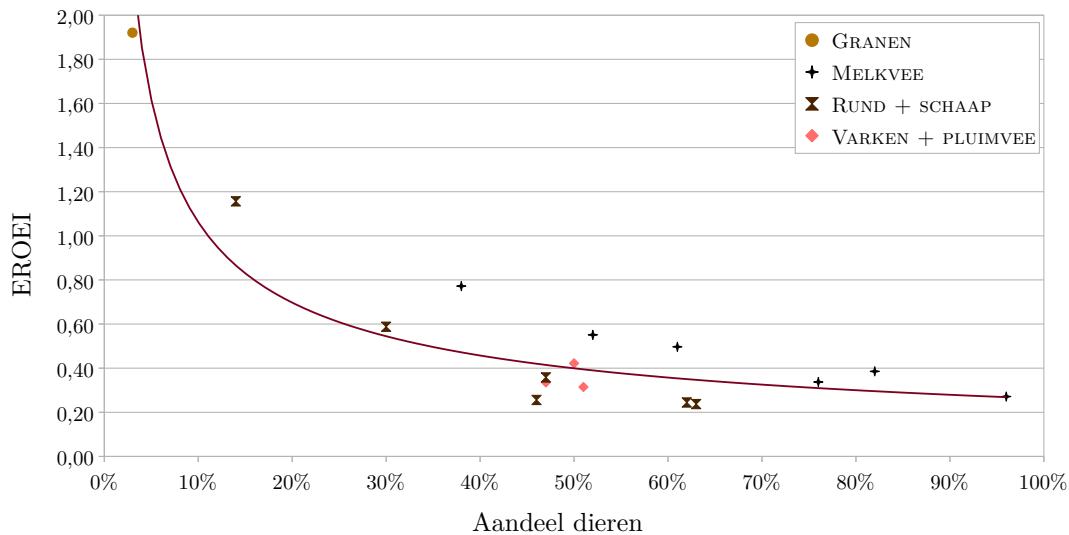
Figuur 11.3: Gebruik van spierkracht vs. EROEI voor rijst en mais

Voor twee soorten gewassen (mais en rijst) kunnen we de een aantal datapunten eens afzonderen (figuur 11.3). Hierin is duidelijk te zien dat binnen de teelt er een verlies aan energetische efficiëntie is naarmate het aandeel aan spierkracht afneemt.

Waarom is het intensieve systeem zo inefficiënt, vraagt Leach zich af? Hij ziet hiervoor een aantal factoren:

- veel van de oogst wordt aan de dieren gevoed.² Dit wordt duidelijk aange toond in figuur 11.4. Hier wordt voor de verschillende gemende bedrijven de energetische efficiëntie uitgezet volgens het aandeel van dieren in de energetische output [Lea76, budgetten 1 t.e.m. 16]. Het is duidelijk te zien dat de efficiëntie afneemt naarmate dieren een groter aandeel in de output hebben.
- hoewel mechanisatie veel werk bespaard, is er hierdoor wel een belangrijke indirecte arbeid ingeslopen. Dit hebben we ook bij Meino Smit gezien (zie pagina 29). Leach schat dat iets meer dan 50% bij de directe arbeid geteld moet worden.
- nadat voedingsproducten de boerderij verlaten, wordt er nog veel energie verbruikt vooraleer ze geconsumeerd worden. Dit wordt in meer detail behandeld in het volgende hoofdstuk.

²Zoals als aangehaald, heeft de landbouw 1116 PJ aan plantaardige producten geproduceerd. Hiervan wordt maar een klein deel rechtstreeks geconsumeerd (65 PJ) en de rest gaat naar de dieren. Van deze 1.051 PJ komt er 65 PJ aan energie vrij door dierlijke producten!



Figuur 11.4: Efficiëntie van een gemengd bedrijf in functie van het aandeel dieren (naar analogie met [Lea76, fig. 11])

11.4 EROEI van verschillende systemen

De verschillende energetische input en output van verschillende systemen is uitgezet in figuur 11.5. Voor grondgebonden systemen is geschaald op 1 hectare, voor de visserij is dit op 1 ton.

De verhouding van die twee is de EROEI. Als leidraad zijn een aantal EROEI waarden aangeduid op de grafiek.

Het is belangrijk enkel naar trends te kijken. De plaats van de systemen kan veranderen afhankelijk van het grondtypes en het weer. De omzetting van spierkracht in energie is een grove benadering.

Gaan we van linksboven (meest efficiënt) naar rechts onder (meest *inefficiënt*), dan komen we net zoals hierboven eerst oudere landbouwsystemen tegen: slash&burn³, sedentaire en rotatie landbouw. Vervolgens komen systemen voor veevoer (gras, hooi, graan). Akkerbouw volgt hierna en dan pas beginnen de dierlijke systemen te komen. We sluiten (bijna) af met visserij.

Er zijn nog een paar punten die benadrukt moeten worden.

- De !Kung als voorbeeld van een jager/verzamelaar landbouwsysteem vallen volledig van de grafiek. Daar gaan we het zo dadelijk over hebben.
- Een gemiddelde voor melk, eieren en kippenvlees is ook opgenomen. We zien dat eieren en kip energetisch redelijk slecht scoren.
- Helemaal dramatisch is het als we kijken naar tuinbouw in verwarmde serres. Deze vallen helemaal van de rechterkant van de grafiek omwille van de enorme input die ze vragen waar geen evenredige output tegenover staat.
- Een onderzoek naar groentetuinen in het VK heeft aangetoond dat deze qua efficiëntie niet moeten onderdoen voor de gemechaniseerde akkerbouw. Deze efficiëntie komt omdat er zoveel aandacht gegeven wordt aan deze stukken grond. Het al meerdere keren aangetoond dat meer aandacht de opbrengst

³met een aantal jaren tussen om de natuur terug te laten recupereren is dit een duurzame techniek

verhoogd. Dit systeem kan zelfs beter scoren als er geen kunstmest gebruikt wordt⁴.

- Helemaal bovenaan staat er een speciaal systeem: de tuinbouw in China zoals tot ongeveer midden vorige eeuw bedreven werd. Dit is een super efficiënt systeem (EROEI van 50:1).

11.5 Hoeveelheid grond is er nodig?

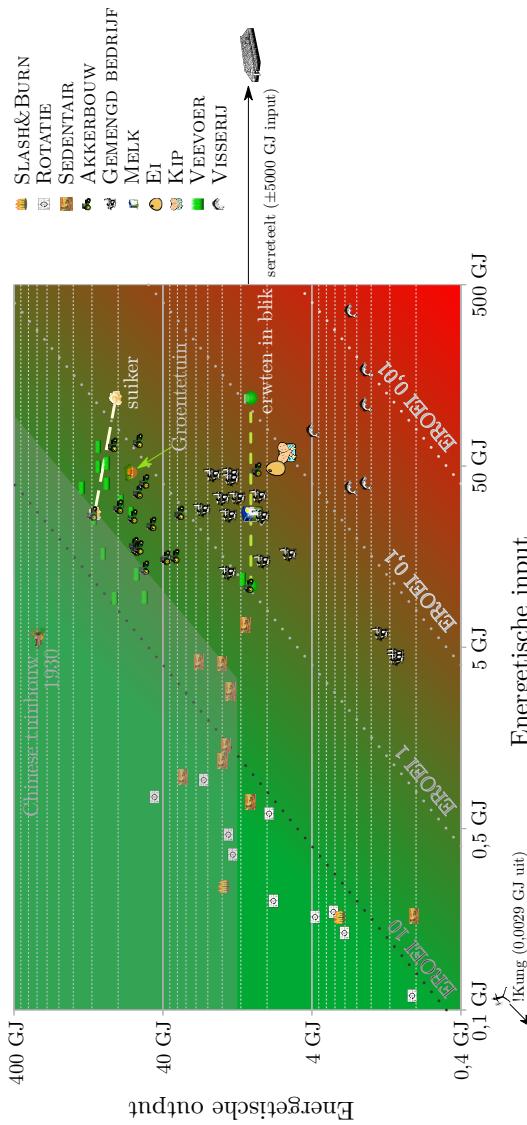
Deze energetische efficiëntie is wel niet het volledige verhaal. Je moet ook kijken hoeveel grond er nodig is om genoeg energie te produceren voor 1 persoon (4 GJ/jaar). Hier komt een ander verhaal naar boven.

We kunnen nu figuur 11.5 van boven naar onder doorlopen.

Merk op dat de verticale schaal logaritmisch is. Dit betekent dat tussen de 4 GJ en 40 GJ elke streep een extra persoon oplevert per hectare. Tussen 40 GJ en 400 GJ is dit per streep zelfs 10 extra personen.

- De Chinese tuinbouw heeft de hoogste opbrengst per hectare per jaar (280 GJ). Dus met 1 hectare grond kunnen 70 mensen gevoed worden! Hiervoor waren typisch 4 boeren nodig omwille van de intensiteit van de aandacht die gegeven moest worden. Ook werd er veel mest gebruikt (inclusief menselijke mest) en werden de bedden zo vol mogelijk gezet door gebruik te maken van combinatieteelten plus voor- en nateelten.
- Het pas een heel eind na die Chinese tuinbouw dat we akkerbouw vinden.
 - Het eerste akkerbouwsysteem voor menselijke consumptie is suikerbiet met een opbrengst van 115 GJ/ha.jaar. De efficiëntie is nog altijd goed met een waarde van 4,2.
 - Vervolgens komen granen met een opbrengst van 40 tot 60 GJ/ha.jaar en een EROEI van 2 a 3.
 - Aardappelen vallen ook in datzelfde bereik maar scoren slechter op energetische efficiëntie. We spreken nog altijd altijd over systemen die meer dan 10 mensen per hectare kunnen voeden.
- Het systeem met de hoogste EROEI is de slash&burn in Kongo (65:1). Hierbij geeft 1 ha jaarlijks 16 GJ aan energie in voeding, dus voldoende voor 4 personen.
- Het beste veehouderij systeem heeft een EROEI van 1,16 en een energetische output van 15 GJ/ha (net geen 4 personen).
- Hoewel oudere landbouwsystemen energetisch efficiënter zijn, zien we dat ze naar output per hectare vergelijkbaar zijn met veehouderij. Het aantal personen dat per hectare gevoed kan worden neemt gestaag af tot onder de grens van 4 GJ. Dit houdt in dat er meer dan 1 hectare nodig is om 1 persoon een jaar lang van eten te voorzien. Bij de visserij zijn dit tonnen eetbare vis.

⁴In de studie is 2/3 van de energetische input te wijten aan kunstmest.



Figuur 11.5: Input versus output van verschillende landbouwsystemen (naar analogie met [Lea76, fig. 2])
De plaats op de grafiek geeft ook de energetische efficiëntie van het systeem aan (EROEI). Een aantal EROEI lijnen zijn aangegeven.
Een output van 4 GJ is voldoende om 1 persoon gedurende 1 jaar te voeden.

- De onderste systemen van veehouderij (schapen) vragen een kleine 4 hectare grond om 1 persoon te voeden met exclusief schapenvlees⁵.
- De !Kung hebben een output van 0,0029 GJ/ha.jaar. Dat houdt in dat er 1380 hectaren ($13,8 \text{ km}^2$, ongeveer de oppervlakte van Kessel-Lo!) nodig zijn voor het voeden van 1 persoon.

Als diegenen die al droomden van een utopische wereld in berenvellen nog niet ontvonden zijn, nog een paar punten. Bij veel van die oude systemen wordt er enkel geoogst wat er op dat moment nodig is. Er wordt weinig gestockeerd waardoor er zo goed als geen bescherming is tegen magere jaren. Verder hebben een aantal van deze systemen een omzetting van bos in een groene woestijn van savanne gras veroorzaakt.

11.6 Welke systemen zijn onrealistisch?

Systemen onderaan de grafiek vragen teveel grond per persoon om realistisch te zijn. Maar wat is bijvoorbeeld in de Nederlandse context een realistisch landbouwsysteem?

In paragraaf 4.2 op pagina 31 is bepaald dat elke inwoner van Nederland 0,3 ha landbouwgrond ter beschikking heeft⁶ oftewel iets meer dan 3 personen per hectare. Dus moet elke hectare dan 13 GJ/ha.jaar output hebben. Hiernaast moeten de EROEI minstens 3,3 zijn (waarom wordt in het volgend hoofdstuk duidelijk).

Dit gebied van realistische landbouw is aangeduid in figuur 11.5 door het lichter gekleurde gedeelte linksboven. Van de industriële landbouwsystemen blijven enkel een paar graanteelten en suikerbieten over. Verrassend genoeg zijn het vooral de oudere landbouwsystemen en uiteraard de Chinese tuinbouw die als realistische systemen overblijven. Niet de o zo gepromote industriële landbouw, biologisch of niet.

11.7 Voorwaarden voor een postindustrieel landbouwsysteem

Het lijkt me duidelijk dat het nodig is om in te zetten op een postindustrieel landbouwsysteem. Dit is een landbouw die zich duidelijk in de linker bovenhoek bevindt van figuur 11.5 maar zonder de nadelen van de pre-industriële landbouwsystemen.

Dit vraagt een andere manier van kijken naar landbouw. Het beste voorbeeld lijkt de Chinese tuinbouw zoals die tot midden vorige eeuw bedreven werd. Hiervan vertrekend en met de nieuwe kennis die we in de tussentijd vergaart hebben, moet het zeker mogelijk zijn om zo'n postindustrieel landbouwsysteem op te starten.

⁵Uiteraard is dit wat bij de haren gegrepen. Niemand gaat een jaar rond enkel schapenvlees eten. Dat is dan weer iets dat gemengde (en oudere) landbouwsystemen voor hebben op de gespecialiseerde industriële landbouw: ze zijn veel vollediger in hun aanbod van producten.

⁶Dit is inclusief het indirect landgebruik maar laten we even met dit getal verder gaan.

Hoofdstuk 12

Kosten van de voedselketen

Het is duidelijk dat de energetische efficiëntie (EROEI) sterk afhangt van het specifieke landbouwsysteem. In het vorige hoofdstuk werden waarden gevonden van 1:500 voor serreteelt tot 50:1 voor Chinese tuinbouw en zelfs 60:1 voor sommige oude landbouwsystemen. De bij ons (Nederland, het VK of de VSA) gangbare landbouw hebben een EROEI die schommelt tussen 1:2 en 1:3. Is de conclusie dat de 1:10 die Whitefield aanhaalt uit de lucht gegrepen is?

Indien deze verhouding enkel sloeg op de efficiëntie van de landbouw is het duidelijk dat Whitefield te pessimistisch zou geweest zijn. Maar hij haalt aan dat het niet enkel over de landbouw gaat: een belangrijk deel van het energieverlies zit verderop in de voedselketen.

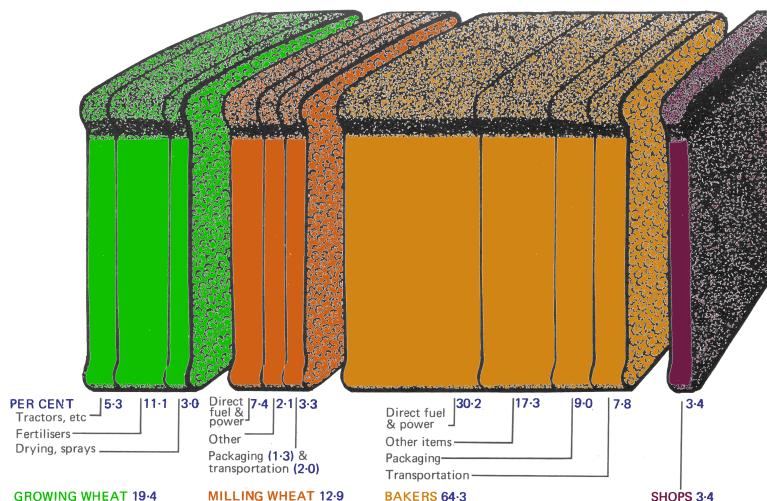
Tijd om eens te kijken naar de kosten van de voedselketen.

12.1 De verborgen energie van een boterham

Tijd om een boterham te pakken [Lea76, p. 28].

Een wit brood van 1 kg geeft ongeveer 10 MJ energie. Om de granen te telen is 4 MJ energie nodig.

Maar het graan moet vermalen worden en verpakt in zakken; het brood moet gebakken worden, verpakt, getransporteerd, gestockeerd in de winkel,....



Figuur 12.1: Energieverdeling voor het maken van brood [Lea76, fig. 10].

Als dit alles opgeteld wordt, dan is er opeens geen 4 MJ meer nodig om het brood tot bij de consument te krijgen maar 20 MJ oftewel een halve liter diesel. Dit is schematisch voorgesteld in figuur 12.1.

Leach haalt aan dat als je voor de 2 km naar de bakker in de auto springt, er nog eens 10 MJ bij geteld moet worden.

Met andere woorden, je eet geen brood maar olie die omgezet is in brood. Smakelijk.

Het is duidelijk dat er buiten de boerderij nog veel energie in voedsel gestoken wordt. Is het geval van brood zo uitzonderlijk?

12.2 Energiestromen in het VK van 1968

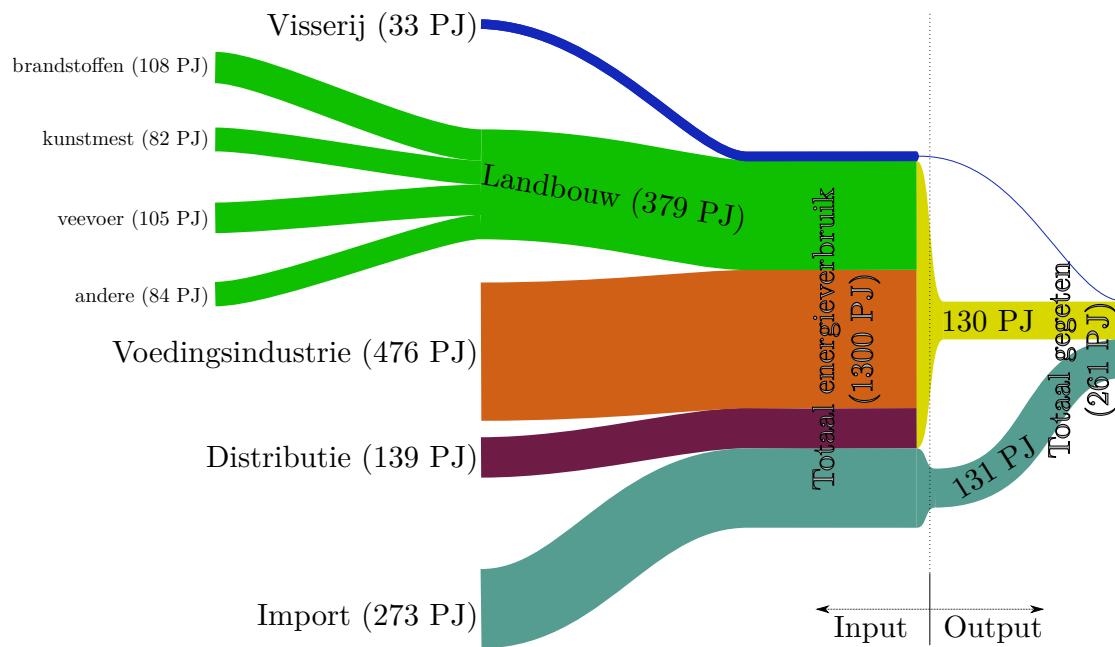
Ook voor de volledige voedselketen kunnen de energiestromen in beeld brengen. Leach heeft dit gedaan voor het VK, wat voorgesteld is in figuur 12.2. Aan de linkerkant staan de energetische input stromen, aan de rechterkant de energetische output stromen. Een paar opmerkingen hierbij:

- veevoer is voor de helft geïmporteerd, de andere helft komt als reststroom uit de voedingsindustrie. Uiteraard is dit niet het enige veevoer dat gebruikt wordt maar de rest van het veevoer is een interne levering binnen de landbouw.
 - energie voor de voedingsindustrie is transport, verpakking, kapitaal en verwerking. Enkel verwerking van voedsel geteeld in het VK is in rekening gebracht.
 - De reststroom naar de landbouw is hier vanaf getrokken.
 - Verpakking neemt een kwart van de energie input voor zijn rekening!
 - Van deze input is 11% gebruikt om export producten te produceren.
 - voor de distributie is de helft van de energie te wijten aan het transport van goederen. Verder heb je verpakkingen, verwarming en elektriciteit, infrastructuur die telkens ongeveer 10% uitmaken.
- De bekomen waarde is het deel van het totale energieverbruik voor voeding geleverd aan eindklanten zoals jij en ik. Dus het aandeel van export, B2B, niet-voeding, ... is er uit gehaald.
- bij de import is er niet gespecificeerd wat precies meegenomen is. Het is wel duidelijk dat dit niet volledig is omdat de energie die in het buitenland nodig was voor bijvoorbeeld productie en verwerking er duidelijk niet bij zit. Er zijn dus indirecte energetische kosten die niet in kaart gebracht zijn.

Dit veranderd het plaatje helemaal. Landbouw daagt 29% van de totale energetische input in de voedselketen. De voedingsindustrie is de slokop met 37%.

De impact van verwerking is ook voorgesteld in figuur 11.5. De verandering van de energetische balans door de overgang van suikerbiet naar suiker en van erwten naar erwten in blik zijn aangegeven met de gestreepte lijnen.

Kijken we dan naar de volledige voedselketen, kan je zeggen dat om 130 PJ aan nationale producten naar de klanten te brengen, er 1300 PJ aan energie gebruikt is. Dat geeft een energetische efficiëntie van 1:10. Dat is exact het getal die Whitefield aanhaalt. We zijn er!



Figuur 12.2: Energiestromen in de voedselketen (naar [Lea76, fig. 9])

Wacht even voor je die fles champagne opentrekt, wat gebeurd er hier met de import? Enerzijds wordt de energetische input wel meegenomen en anderzijds wordt de energetische output niet meegenomen. Elke kleine teen voelt aan dat dit niet klopt¹. Even terugrijpen naar wat we weer zoeken: de energetische efficiëntie van de voedselketen in het VK. De import maakt hier deel van uit. Dus is de EROEI dan 1:5? Dat is volgens mij kort door de bocht omdat we niet weten wat er energetisch allemaal nodig was om de geïmporteerde voeding te produceren. Het kan dus zijn dat de energetische input van de import eigenlijk veel hoger is wat de EROEI gaat doen zakken.

Het lijkt me zuiverder om enkel te kijken naar de EROEI van wat het VK zelf produceert. Dus met andere woorden de import uit het verhaal te houden.

Halen we de import weg, dan moet dit wel in rekening gebracht worden bij het energieverbruik in de distributie. De hoeveelheid import is ongeveer 2 keer de hoeveelheid aan nationale producten, dus kunnen we 2/3 van de energie van de distributie toekennen aan import en bijgevolg aftrekken (92 PJ). Het totale energieverbruik zonder import is dan 935 PJ en wordt de EROEI 1:7,2. Het aandeel van de landbouw aan de energetische input van de voedselketen stijgt nu naar 40%.

De bovenstaande getallen gelden voor het energieverbruik tot aan de winkeldeur. Zoals we al zagen bij ons boterhammeke van hierboven, is het transport van huis naar de winkel en omgekeerd ook een belangrijke energie verbruiker. Het is zelfs zo dat bewaren van voedingsmiddelen (frigo, diepvries), koken en de hele infrastructuur hiervoor (fornuis, keukentoestellen, toevoegen van een keuken aan een huis,...) een grote impact hebben. Leach schat in dat dit nog een extra 520 PJ aan energie vraagt, min 2/3 voor geïmporteerde producten. Dit brengt het totale verbruik, zonder de import, op 1108 PJ. De EROEI wordt nu 1:8,5. Het aandeel van de landbouw is nu 34%.

¹Het is wel een begrijpelijke fout als je het werk van Leach leest, want de waarden van 1300 PJ aan input en 130 PJ aan output komen daar duidelijk naar boven. Je moet al aandachtig lezen om de zaken gescheiden te houden.

Nog een punt dat in rekening gebracht kan worden, is wat eerder verliezen door achteloosheid genoemd worden. Met een percentage van 25% (zie pagina 74), wordt van de output van 130 PJ maar effectief 98 PJ opgegeten. Dit zal de EROEI nog verslechteren tot 1:11,4!

Duizelt je hoofd al? Ik kan het best geloven². Tijd om een conclusie te trekken en zeggen dat er in 1968 tussen de 7 en 12 MJ nodig waren on 1 MJ aan voedsel te kunnen consumeren. Die verhouding van 1:10 was dus toch niet zo slecht. Laat de champagne maar knallen!

12.3 Energiestroom in de VSA tot de jaren '70

Iets gelijkaardig als hierboven hebben Steinhart en Steinhart gedaan voor de voedselketen in de VSA [SS74].

Zoals te verwachten is het een verhaal van groeien, groeien en nog eens groeien. De input voor de landbouw is gegroeid van 520 PJ in 1940 naar 2200 PJ in 1970, een groei met een factor 4,2. Voor de voedingsverwerkingsindustrie is de input gegaan van 1200 PJ naar 3500 PJ (maal 2,9) en voor commercieel en huis gebruik van 1150 PJ tot 3360 PJ (ook maal 2,9).

We zien dat het aandeel van de landbouw rond de 25% is van het totaal. Opvallend is de stijging van het aandeel voor koeling en koken thuis. Andere grote stijgers zijn transport van de voedingsverwerkingsindustrie en brandstof gebruik in de landbouw.

Het totaal aandeel van verpakkingen is redelijk constant rond de 9,5% van het totale energieverbruik en 24% van het energieverbruik van de voedingsverwerkings-industrie zelf.

De factoren voor landbouw zijn al besproken in hoofdstuk 10.

Deze berekening is vergelijkbaar die in vorige paragraaf waarbij we rekening hielden met het verbruik thuis en zonder de import. Onderstaande tabel geeft de aandelen van de sectoren bij deze twee studies:

	Visserij	Landbouw	Verwerking	Distributie	Thuis
Leach	3%	34%	43%	4%	16%
Steinhart en Steinhart	-	24%	39%		37%

Het aandeel van de landbouw is kleiner bij Steinhart en Steinhart vergeleken met Leach. Dit zal een deel te maken hebben met het feit dat ze veevoer niet in rekening gebracht hebben. Zoals we gezien hebben bij Leach en Meino Smit is veevoer goed voor zo'n 20% extra input, wat het aandeel van de landbouw op 28% zou brengen.

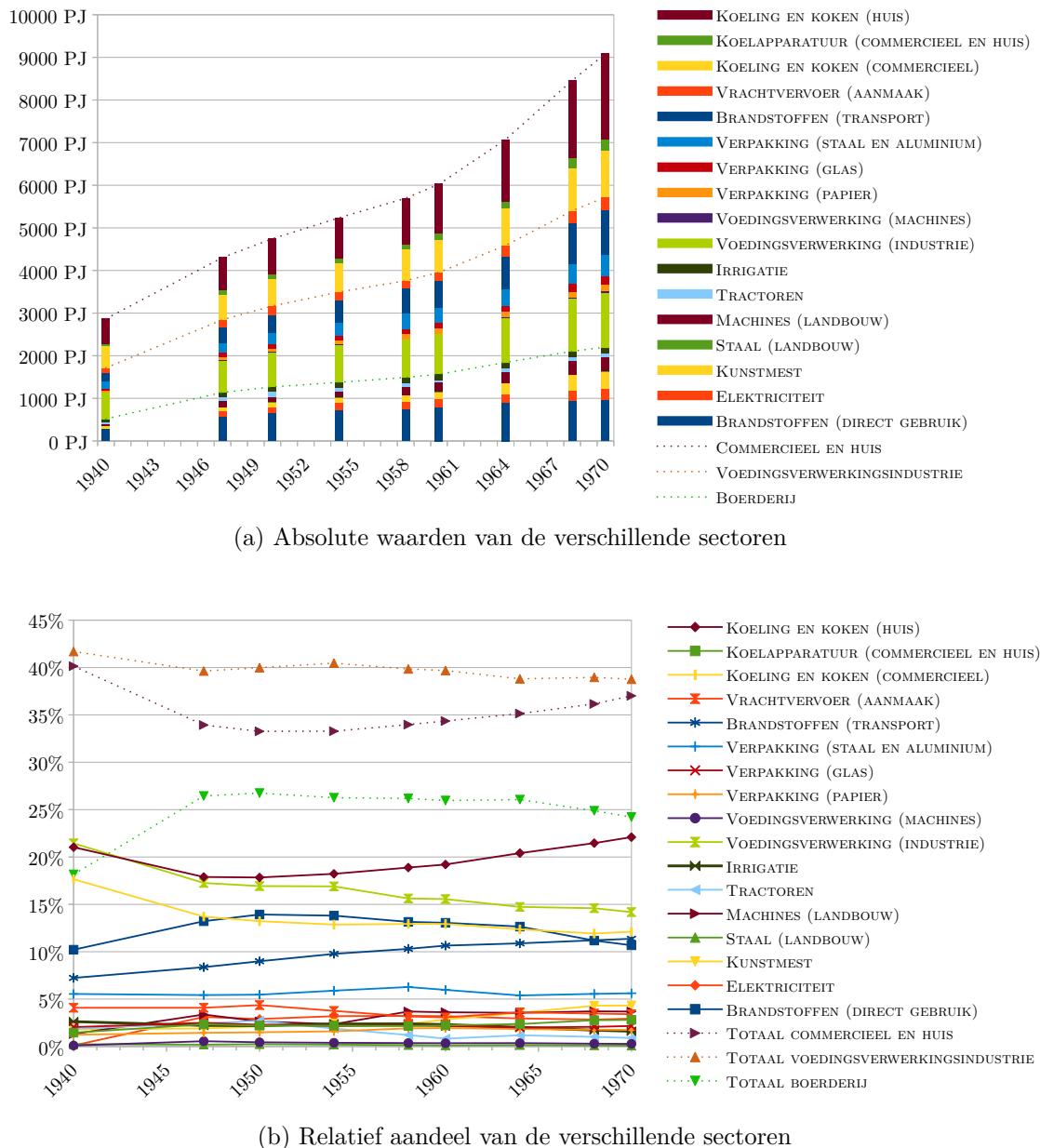
Het valt op dat het aandeel van distributie en thuis in de berekening van Steinhart en Steinhart veel zwaarder doorweegt. Het lijkt erop dat ze een betrouwbare bron gebruikt hebben terwijl Leach een inschatting gemaakt heeft. Analyse van

²En dan hebben we nog niets gedaan met die 11% voeding die geëxporteerd wordt!

Die 11% moet afgetrokken worden van de input voor de landbouw en de voedingsindustrie. Voor winkels en energieverbruik thuis moet het niet in rekening gebracht worden omdat dit energieverbruik al afgetrokken is, respectievelijk in een ander land plaatsvindt. Na wat rekenen blijft van de input van 1108 PJ nog 1014 PJ over.

De output is wat ingewikkelder als we nog altijd het verlies door achteloosheid in rekening brengen. Van 130 PJ blijft zonder de export nog 116 PJ in het VK. Hierop moet dan 25% verlies genomen worden wat een netto output van 87 PJ geeft.

De EROEI is dan 1:11,7.



Figuur 12.3: Energetische input in de voedselketen (VSA 1940-1970, [SS74])

de methode van Leach laat zien dat er een relatief grote component is voor elektriciteit bij de winkels (41%). Bij zijn omrekening van het totaal energieverbruik van de distributiesector naar het aandeel voor voedingsproducten aan de eindklanten wordt dit aandeel niet apart behandeld. Het is echter mogelijk dat veel van deze elektriciteit gebruikt is voor koeling van voedingsproducten. Dan moet het speciaal behandeld worden omdat niet voeding geen aparte koeling nodig heeft. Herdoen we de berekening met deze correctie, dan is de energetische input voor de distributie sector 226 PJ in plaats van 139 PJ.

We kunnen dan de bovenstaande tabel terug opstellen met de gecorrigeerde waarden:

	Visserij	Landbouw	Verwerking	Distributie	Thuis
Leach	3%	33%	42%	7%	15%
Steinhart en Steinhart	-	28%	37%	34%	

Globaal kunnen we stellen dat het aandeel van de landbouw in de voedselketen tussen een kwart en een derde ligt.

Dat heeft belangrijke implicaties indien het doel is om een landbouwsysteem te ontwerpen dat energetisch positief is. Het is dan belangrijk dat de landbouw zelf een EROEI van minstens 3,3:1 tot 4:1 heeft zodat verliezen later in de voedselketen opgevangen worden.

Op pagina 90 is de ondergrens van 3,3:1 genomen zodat er nog 2 granenteelten (met een EROEI van 3,35:1 en 3,75:1) meegenomen konden worden. Anders was enkel de suikerbieten teelt (EROEI 4,2:1) overgebleven wat nogal eenzijdig zou zijn als voeding.

Op figuur 12.3 is uitgezet wat de energetische *inefficiëntie* is van de voedselketen in de VSA tussen 1910 en 1970. De *inefficiëntie* stijgt van een positieve balans tot een waarde van ongeveer 9 in 1970. Het lijkt ook alsof deze evolutie niet direct zal stoppen na 1970. Dus ook uit deze studies kunnen we besluiten dat de EROEI waarden van 1:10 door Whitefield aangehaald niet uit de lucht gegrepen is.

Deel IV

Een economische bril

Hoofdstuk 13

„True Cost Accounting” door Eosta

13.1 Helikopter overzicht

In dit deel gaan we de studie van Eosta bekijken [Eos17]. Ze hebben ingeschat wat de waarde is van hun bedrijf, rekening houdend met verschillende ecologische factoren.

Deze studie past in dit verdiepend werkstuk omdat het inzicht geeft in een aantal extra kosten en hoe die in te schatten. Het gaat over waterverbruik, gezondheid, erosie, Eveneens is het interessant om te kijken hoe ze deze kosten uitgedrukt hebben in geld.

Tevens wordt er een vergelijking gedaan tussen een biologische keten zoals Eosta en een niet-biologische keten. Hierbij is de voedselketen genomen als de boer en de distributie. De verwerking wordt niet meegenomen door de aard van de onderzochte producten. De kleinhandel en de consument worden niet meegenomen door de grenzen van het systeem dat men bepaald heeft.

Wat was de drijfveer van Eosta om die studie te bestellen? Ze willen de waarden van hun bedrijf beter in de verf te zetten. Veel van die waarden worden door investeerders niet gezien omdat deze waarden enkel als een kwalitatieve factor bekeken worden. Door ze te kwantificeren en er een geld waarde aan te koppelen, willen ze bereiken dat investeringen in een duurzame richting gestimuleerd worden. Ook merk je dat ze beleidsmakers zo ver willen krijgen om met dit principe aan de slag te gaan om op die manier de voordelen van biologische landbouw en voeding beter zichtbaar te maken.

De klassieke PPP (People, Profit, Planet) is omgezet in volgende kengetallen:

People Hier is de impact bekeken van arbeidsongevallen en pesticiden.

Planet Dit is de impact van erosie, waterverbruik en het broeikaseffect.

Profit Dit is de economische waarde creatie van het bedrijf. Op de oorspronkelijke waarde wordt de impact van bovenstaande kengetal berekend om te komen tot de „echte waarde” („True Value”).

Uiteraard kunnen onder elke categorie nog meer kengetallen bekeken worden. Ze erkennen dit openlijk en noemen de studie ook een piloot. Het is een eerste iteratie om tot een meer compleet model te komen.

Een grote hulp in deze berekening is het bestaan van een aantal standaarden. Deze komen uit internationaal onderzoek en onder impuls van organisaties zoals

de Verenigde Naties, International Federation of Organic Agriculture Movements, Capitals Coalition en andere organisaties.

Het studiewerk zelf is gedaan door Ernst & Young en Soil & More International vanuit hun ervaringen met dit soort studies.

Bij deze studie is Eosta zelf doorgelicht naast een fictieve doorlichting van een vergelijkbare niet biologische concurrent.

13.2 Bestudeerde teelten

Het valt op dat het merendeel van de bestudeerde teelten soorten fruit zijn. Er is 1 akkerbouw teelt (wortelen uit Nederland) en 1 groente (tomaten uit Nederland). Alle fruit teelten komen van buiten de Europese Unie.

In tabel 13.1 staan de teelten opgeliist, samen met het land waar ze geteeld worden.

Teelt	Land van oorsprong	Teelt	Land van oorsprong
Appels	Argentinië	Peren	Argentinië
Ananas	Costa Rica	Sinaasappelen	Egypte
Avocado's	Kenia		Zuid Afrika
Citroenen	Chili	Tomaten	Nederland
Druiven	Zuid Afrika	Wortelen	Nederland
Peren	Argentinië		

Tabel 13.1: Teelten bestudeerd door Eosta

Doordat er geen dierlijke of graan teelten en zo goed als geen groenteteelt of akkerbouw opgenomen is, vallen de cijfers hier niet te vergelijken met wat we eerder gezien hebben. Tevens is het niet mogelijk om eerdere kengetallen, zoals EROEI of GJ/ha, te bepalen of te zelfs te vergelijken.

Het interessante van deze studie is dus helemaal de extra kosten die bepaald werden en hoe kosten in geld omgezet kunnen worden.

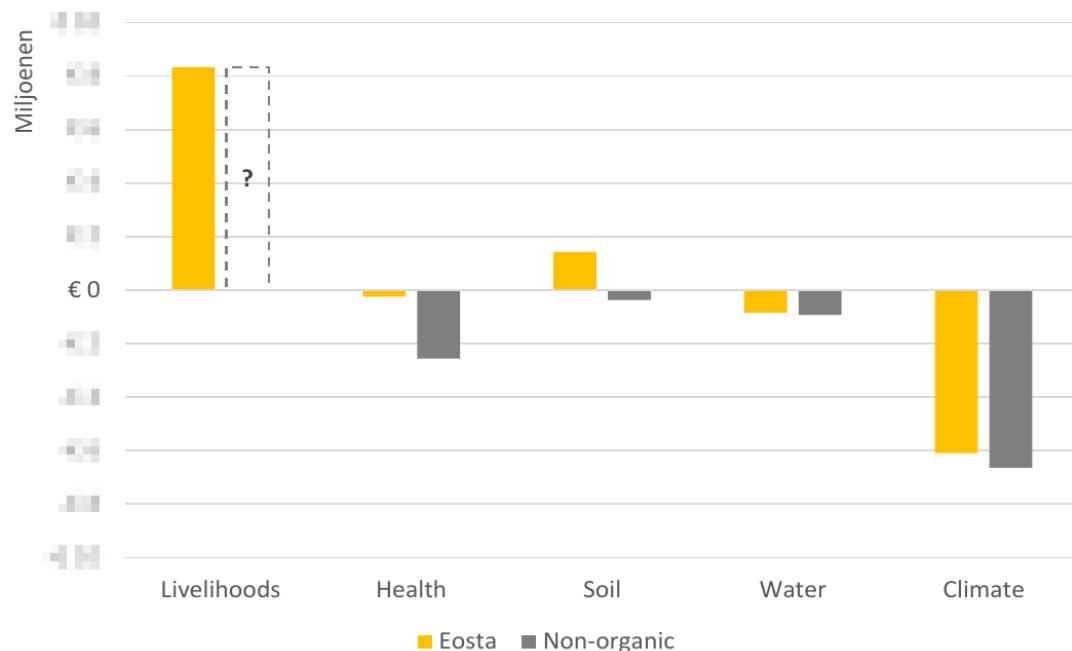
Hoofdstuk 14

De resultaten

14.1 Vergelijking van Eosta met een fictieve niet-biologische concurrent

Het is niet de bedoeling om het resultaat van elke teelt apart te bekijken, daarvoor verwiss ik naar de studie zelf. Wel kunnen we het resultaat op bedrijfsniveau eens bekijken, als aperitief om daarna te kijken naar wat gemeten is en hoe.

In figuur 14.1 zijn de waarden van de verschillende kengetallen uitgezet.



Figuur 14.1: Vergelijking van Eosta met een fictieve niet-biologische concurrent.

Een eerste opmerking is dat het niet de bedoeling is om de absolute getallen met elkaar te vergelijken. Doel van deze grafiek is wel om enerzijds een inzicht te krijgen waar de grootste impact is en anderzijds te vergelijken met een fictieve vergelijkbare niet-biologisch concurrent. Vandaar dat ik de getallen op de linker as minder zichtbaar gemaakt heb. Dat leidt minder af van de echte boodschap.

Voor Eosta kan de boekhoudkundige economische waarde van het bedrijf genomen worden („Livelihoods”), voor de fictieve niet-biologische concurrent kennen ze die niet. Ze hebben die waarde gelijk gesteld aan hun eigen economische waarde.

Het is duidelijk te zien dat de grootste impact zit in het klimaat of met andere woorden broeikasgassen. Deze hebben uiteraard een link de energie die we in de vorige delen in detail bekeken hebben.

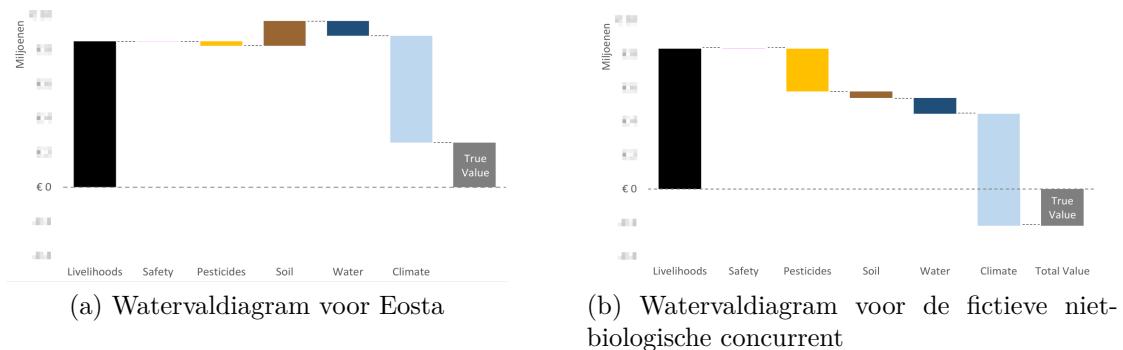
De tweede grootste impact post is gezondheid („Health”) via het pesticide gebruik.

Voor de bodem („Soil”) is de erosie van de toplaag bekeken. Hier is bij hun een positieve impact te zien, terwijl die voor de fictieve niet-biologische concurrent negatief is.

Voor water is de impact bij beiden vergelijkbaar.

Deze getallen kunnen uitgezet worden in een waterval diagram (figuur 14.2). Op die manier wordt zichtbaar gemaakt of er uiteindelijk een positieve of negatieve impact opgetekend kan worden. Ook hier is best wat terughoudendheid te nemen omdat dit een eerste piloot is. Gezondheid is opgesplitst in een deel op de boerderij (arbeidsongevallen, genoemd als „Safety”) en een deel voor de consument (consumptie van pesticiden, genoemd als „Pesticides”).

Ik laat de figuren voor zichzelf spreken.



Figuur 14.2: Vergelijking van de „True Value” van Eosta met een fictieve niet-biologische concurrent.

14.2 Bekken kengetallen

Heel kort worden nu de verschillende kengetallen besproken. Meer details vind je in het volgende hoofdstuk.

14.2.1 Economische waarde

Dit is de waarde die het bedrijf voor de economie genereert. Hieronder vallen lonen, netto winst, betaalde huur, belastingen, afschrijvingen en leningen.

In deze eerste iteratie is enkel de waarde van Eosta zelf genomen. De economische waarde van de boer is niet bekeken.

14.2.2 Hatsjie - gezondheid

Hier wordt zowel de impact van arbeidsongevallen op de boerderij die van pesticiden op de gezondheid van de consumenten bekeken.

14.2.3 Bodem komt en gaat

Door erosie gaat een deel van de toplaag verloren. Aan de andere kant kun je door goede praktijken ook de toplaag terug opbouwen.

14.2.4 Een regenboog aan water

De ingeschatte hoeveelheid van groen, blauw en grijs water (appendix A.5) die nodig is voor de bekeken teelten wordt hier in rekening gebracht.

Een aantal bronnen van water worden niet meegenomen:

- watervoetafdruk van de gebruikte energie (elektriciteit en fossiele brandstoffen).
- watervoetafdruk van het product zelf.
- watervoetafdruk van verpakking. Dit wegens gebrek aan data.
- watervoetafdruk van kapitaal (vrachtwagens, gebouwen, machines, . . .).

14.2.5 Klimaat oftewel draaien aan de verwarming

Dit is een inschatting van de hoeveelheid effectieve CO₂¹ die geproduceerd wordt.

De hoeveelheid effectieve CO₂ is genomen op boerderij niveau (kunstmest, brandstoffen, beheer van bodem en biomassa), transport, verpakkingen en Eosta zelf. Ook de positieve impact door koolstofopslag in de bodem is meegenomen.

De hoeveelheid effectieve CO₂ kan teruggekoppeld worden aan het energieverbruik aangezien de meeste energie nog altijd, rechtstreeks of onrechtstreeks, door fossiele brandstoffen geproduceerd worden.

Er is een groot aandeel voor transport en verpakking. Het eerste is waarschijnlijk omdat het merendeel van de producten ver transport nodig heeft, voornamelijk via de weg². Eerder is ook gezien dat verpakking een niet onaanzienlijk deel van de energetische balans kan vormen.

14.3 Inschatting van impact als de piloot uitgebreid wordt

Tot slot hebben ze opgeliist welke extra kengetallen mee opgenomen kunnen worden. Dit zijn de volgende:

- Voor economie
 - de economische waarde eerder in de keten opnemen. Met andere woorden de producent (boer).
 - educatie en ervaring.
 - eerlijk loon.
- Voor gezondheid

¹Dit is het totaal van broeikasgassen, uitgedrukt in het equivalent aan CO₂. Zie ook paragraaf A.2 op pagina 122.

²Ze berkenen dat de impact van scheepvaart eerder beperkt is wat ook uit de studie van Leach gekomen is.

- impact van arbeidsongevallen en pesticiden vervolledigen.
- biologische pesticiden.
- Voor klimaat
 - de weerbaarheid van de boerderij op een veranderend klimaat. Hier verwachten ze de grootste voordelen te zien van biologische landbouw.
 - ammoniak emissies
- Voor water
 - grijs water opnemen.
 - watervervuiling (eutrofiëring, . . .).
 - verzuring van waterbronnen.
 - invloed op het ontstaan van watertekorten.
- Voor bodem
 - bodemvruchtbaarheid
 - uitspoeling
 - winderosie
- Biodiversiteit
 - landgebruik.
 - verlies aan biodiversiteit.
 - vergiftiging van waterleven.

Hoofdstuk 15

De methode

Zoals te verwachten, is er niet één bron of methode gebruikt in de berekening van de economische waarde. We gaan deze per kengetal eens overlopen.

15.1 Economische waarde

Eerst is de totale bruto toegevoegde waarde van Eosta berekend. Met andere woorden, hoeveel heeft Eosta bijgedragen aan het bruto binnenlands product.

Aangezien er geen data is voor de bruto toegevoegde waarde verderop in de keten (zoals bij de boer) wordt dit nog niet meegenomen. Dat is gepland voor een latere iteratie.

Nadat de totale waarde bepaald is, wordt dit per bekken teelt verdeeld. Dit wordt evenredig gedaan met de bruto marge van die teelt.

Uiteindelijk wordt dit geschaald naar een kilogram van de respectievelijke teelt.

15.2 Gezondheid

15.2.1 Veiligheid van de werknemer

Er wordt enkel naar de veiligheid van de werknemer gekeken, niet naar de gezondheid omwille van blootstelling aan pesticiden. Dat laatste willen ze in een laatste iteratie meenemen wanneer er meer gegevens beschikbaar zijn.

Voor de veiligheid werd gekeken naar arbeidsongevallen die eigen zijn aan het type werk. Het is te verwachten dat er meer arbeidsongevallen zijn in de landbouw vergeleken met bijvoorbeeld een administratieve functie. In de biologische landbouw worden er ook meer arbeidsongevallen verwacht omdat het werk daar fysisch intenser is.

Data wordt berekend vertrekende van de Sustainability Flower, een model voor de duurzaamheidsverwezenlijkingen van biologische telers. Eosta was een van de grondleggers van de Sustainability Flower.

Door gebrek aan data wordt de impact van ongevallen die meer dan 3 dagen werkonbekwaamheid veroorzaken niet meegenomen.

Uit de Sustainability Flower wordt dan een gemiddeld aantal ongevallen berekend, uitgesplitst naar biologisch versus niet-biologisch. Dit wordt dan op alle producten evenredig toegepast.

Vanuit het aantal ongevallen, wordt berekend hoeveel tijd de persoon niet kan werken. Hieruit wordt dan de economische kost berekend aan de hand van het gemiddelde loon voor die sector (appel, ananas, ...).

Tot slot wordt dit geschaald naar een kilogram van de respectievelijke teelt.

15.2.2 Gezondheid van de consument

Dit gaat over de impact van synthetische pesticiden op de gezondheid.

1. Eerst wordt de impact van pesticiden in de niet-biologische productieketen in kaart gebracht.
 - (a) Hiervoor wordt met behulp van de Ecoinvent databank en European Food and Safety Authority (EFSA) rapporten bekeken hoeveel en welke pesticiden per bekeken teelt gebruikt en gedetecteerd zijn.
 - (b) Vervolgens wordt met behulp van een study van Fantke en Jolliet [FJ16] berekend hoeveel last dit veroorzaakt, in aantal dagen je vroeger sterft of dagen die je ziek bent vergeleken met het niet consumeren van die pesticide¹. Voor elk verloren jaar wordt € 77 000 berekend, komende uit een studie van CE Delft.
2. Voor de biologische productieketen wordt er rekening mee gehouden dat, hoewel synthetische pesticiden niet toegelaten zijn, er toch indirecte verontreinigingen zijn². Om dit in te schatten, wordt in de EFSA rapporten gekeken welk percentage staalnames van niet-biologische teelten een waarde boven de maximaal toelaatbare norm heeft (2,6%). Eosta doet voor zijn eigen producten ook staalnames dus kennen ze het vergelijkbare percentage van teelten die boven de maximaal toelaatbare norm zitten (0,28%). Dit geeft een schaalfactor van $0,28\% / 2,6\% = 10,77\%$ die op alle teelten toegepast wordt.
Ter illustratie: als de impact bij de fictieve niet-biologische concurrent € 100 is, wordt voor Eosta een impact van € 10,77 genomen.

15.3 Bodem

De erosie wordt berekend met behulp van Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE), een model ontwikkeld door de regering van de VSA. Hiermee kan, aan de hand van parameters als geografie, teelt en teeltwijze, ingeschat worden wat het verlies van de toplaag is in aantal ton per hectare.

Dit wordt dan omgezet in een verlies aan teelt opbrengst waaruit dan een kost bepaald word via een FAO conversie factor.

Voor de opbouw van de toplaag wordt gebruik gemaakt van de koolstof opbouw genomen uit het Cool Farm Tool model. Hiervoor werd uitgegaan dat de gewasresten en andere biomassa teruggegeven werden aan de bodem. Hiermee wordt dan een winst aan teelt opbrengst bepaald wat een opbrengst geeft via een FAO conversie factor.

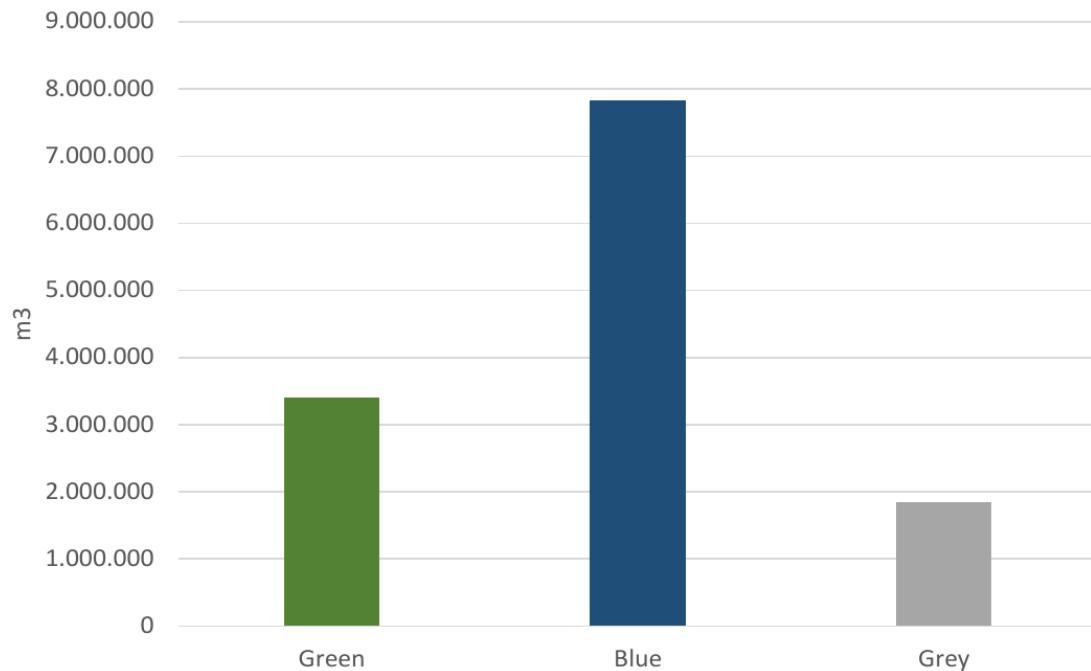
¹Voor de liefhebbers, stuur je browser maar naar https://nl.wikipedia.org/wiki/Disability-adjusted_life_years.

²Persoonlijk vind ik het toekennen van deze gezondheidsimpact aan de biologische landbouw vreemd. Het is alsof een fabriek in Duitsland gif dumpet in de Donau en Bulgaren die hierdoor gezondheidsproblemen krijgen de verantwoordelijkheid bij Bulgarije zelf leggen.

15.4 Water

Hiervoor wordt het framework van de Global Water Footprint Network gebruikt [Hoe+11]. Voor groen en blauw water wordt gebruik gemaakt van CropWat en ClimWat van de FAO.

De waarden kan je vinden in figuur 15.1.



Figuur 15.1: Waterverbruik van de bekende producten

Grijs water wordt niet meegenomen omdat er niet genoeg duidelijkheid is rond het omzetten hiervan in een economische waarde.

Hoe dit omgezet wordt in een geldelijke waarde wordt niet uitgelegd. Mijn inschatting is dat ze € 0,07/l genomen hebben.

Op pagina 33 van [FAO14] staat een waarde van 0,1 \$/l.

15.5 Klimaat

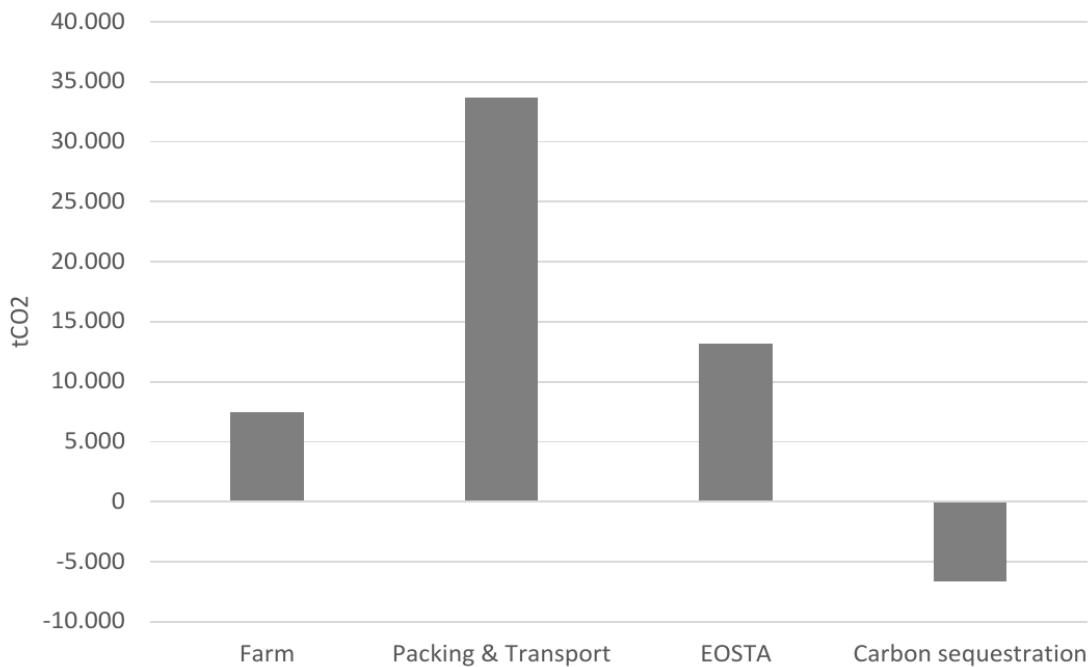
. In figuur 15.2 staan de waarden uitgesplitst. Zoals eerder uitgelegd wordt ook de koolstofopslag in de bodem meegenomen.

De tonnen CO₂ hierboven bekomen worden omgezet in een geldelijke waarde. Hoeveel ze hiervoor gebruikt hebben wordt niet gespecificeerd, maar mijn inschatting is dat ze rond de € 125/ton CO₂genomen hebben.

Op pagina 33 van [FAO14] staat een waarde van 113 \$/ton CO₂. Bij Meino Smit hebben we gezien dat dit zeer sterk kan schommelen (tussen € 5 en € 300/ton CO₂).

15.6 Persoonlijke reflecties

Een eerste lezing van deze studie, een jaar voor ik aan de opleiding van Landwijzer begon, gaf nogal wat enthousiasme. Mijn vermoeden dat bio voeding niet duur is, maar gangbare voeding te goedkoop kon eindelijk in geld uitgedrukt worden.



Figuur 15.2: CO₂ emissies van de bekeken producten

Na het groeipad dat afgelegd is in de opleiding en een grondigere lezing van de studie heb ik nu toch wat bedenkingen.

Vooraleer deze kort op je lost te laten, moet het duidelijk gesteld worden dat de auteurs van de studie zelf zeggen dat je je niet mag focussen op de „True Value” omdat het enerzijds een te sterke vereenvoudiging is van de werkelijkheid, anderzijds omdat een impact van bijvoorbeeld pesticiden („Health”) niet gecompenseerd kan worden door je werknemers meer uit te betalen („Livelihood”)³.

Duurzaamheid uitdrukken in geld komt mij vreemd over. De geldelijke waarde van een product of dienst is onderhevig aan wetten die weinig van doen hebben met de fysische werkelijkheid. Wat is de waarde van een ton CO₂? In de fysische wereld is de impact hiervan vast en lost van enige speculatie. Maar de geldelijke waarde ervan schommelt in de tijd wat een grote impact heeft op de berekende „True Value”.

Door bijvoorbeeld speculatie kan een negatieve „True Value” opeens positief worden of omgekeerd.

Hoewel ze waarschuwen niet te hard te focussen op de „True Value” waarde, admint het rapport van de studie een koppeling tussen de „True Value” en duurzaamheid uit. Het is in mijn ogen gevaarlijk om duurzaamheid te meten als een puur economische waarde. Duurzaamheid gaat veel breder en kan niet bevatten worden in één getal.

Tot slot vind ik de hele studie nogal homocentrisch. Nergens wordt gekeken wat de impact is op andere organismen tenzij de mens er voordeel bij haalt. Je krijgt het gevoel dat een boom enkel bekijken wordt als bron van fruit en hakhout. De andere waarden van een boom (plaats om met het gezin onder te picknicken, bron van insectenleven waarvan het merendeel een positieve bijdrage levert voor de landbouw, esthetische waarde in het landschap, . . .) passen niet in het narratief dat gevoerd wordt.

³ Vooral niet omdat meer loon meestal meer consumptie veroorzaakt.

Deel V

Uitsmijters

Hoofdstuk 16

Samenvatting en dromen

16.1 Samenvatting

Deze zoektocht naar de échte kosten van voedsel is gestart met een zoektocht naar de oorsprong van de boutade „er zijn 10 calorieën olie nodig om 1 calorie voedsel te consumeren”. Ook was er het vermoeden dat het niet zozeer is dat biologische voeding duur is, maar dat er bij gangbare voeding meer zaken niet doorgerekend worden in de eindprijs.

We hebben gevonden landbouw inderdaad zeer veel indirecte kosten draagt. Dit gaat van veevoeder en kunstmest over de kost van gebouwen en machines tot zaken zoals mijnbouw, elektronica en diensten. Deze kosten zijn bij Meino Smit bekeken op het vlak van arbeid, landgebruik en energie.

De directe kosten blijven de hoofdbrok uitmaken, maar de indirecte kosten zijn de laatste 50 jaar enorm gestegen totdat ze minstens even belangrijk geworden zijn dan de directe kosten. In de indirecte kosten neemt vooral veevoer een belangrijk aandeel in beslag. Voor landgebruik is dit zelfs zo goed als de enige factor voor de indirecte kosten. De tweede belangrijkste indirecte kost is mijnbouw. De top 3 wordt bij landgebruik vervolledigd met de dienstensector terwijl er in energie tegenwoordig een ex aequo is tussen gebouwen en dierlijke mest. De studies van Leach en Lovins *et al.* geven ook aan dat het drogen van graan en grassen veel energie vraagt.

In de VSA blijkt de irrigatie een belangrijk aandeel te hebben in de energetische balans. Dit kan bij ons in de toekomst ook een factor worden als de klimaatverandering warmere en drogere zomers geeft.

Doordat de indirecte kosten niet te verwaarlozen zijn, moeten statistieken hier ook rekening mee houden. Meino Smit heeft aangetoond dat hierdoor de klassieke indicatoren voor efficiëntie van de landbouw zoals arbeidsproductiviteit in ton/VTE of ha/VTE veel minder positief uitvallen, zeker in vergelijking met de enorme stijging van de input. De focus op deze klassieke indicatoren, zeker zonder rekening te houden met de indirecte kosten, geeft een landbouwsysteem dat zich richt op mechanisatie zonder rekening te houden met de gevolgen ervan.

Het begrip van energetische efficiëntie is geïntroduceerd als een manier om toch voor een deel rekening te kunnen houden met de gevolgen van de landbouw. Hierbij wordt gekeken hoeveel energie je uit het systeem haalt in vergelijking met de (totale!) energie die je erin stopt. Het gebruiken van de totale input is uitermate belangrijk omdat dit juist de impact van de landbouw zal weergeven.

Het blijkt dat het huidige landbouwsysteem meer energie vraagt dan eruit gehaald wordt. Zoets is op lange termijn niet houdbaar omdat de voorraad energie eindig is. Het is dus belangrijk te kijken of er landbouwsystemen zijn die meer energie opleveren dan erin gestoken wordt.

Wordt de energetische efficiëntie van verschillende landbouwsystemen vergeleken, dan zijn er grote verschillen op te tekenen.

Bij de industriële landbouwsystemen zijn dierlijke of verwarmde serre systemen vandaag de dag bij ons energie verslinders. Akkerbouw systemen komen er beter uit.

Pre- en semi-industriële landbouwsystemen blijken op energetisch vlak vaak voordelig uit te vallen. De grote uitschoter is hier de tuinbouw zoals die tot begin vorige eeuw in China gevoerd werd. Dit was mogelijk door een intensieve aandacht van de boer tezamen met een grote toevoer van voedingstoffen, combinatieteelten en een intensieve opvolging van teelten.

Er is ook gezien dat er een minimale opbrengst per hectare nodig is om de bevolking te kunnen voeden. Hoeveel dit is hangt af van het beschikbare landbouwareaal per inwoner. Als elke hectare voldoende energie moet produceren voor 3 personen, vallen veel landbouwsystemen al weg. Dit zowel bij de pre-, semi- als industriële landbouwsystemen.

Kijken we verder dan het landbouwsysteem, blijkt dat het merendeel van de energie in de voedselketen verloren gaat in de verwerking. Verwerking zelf, verpakking, transport en infrastructuur bepalen hier in een grote mate de energetische input. Bij de distributie is er ook een belangrijk aandeel voor transport, verpakking en opslag (koeling). Om de keten volledige te maken, blijkt dat transport, opslag (koeling) en koken bij eindgebruikers ook nog eens veel energie te vragen.

Wordt dan de energetische efficiëntie bekeken van de volledige voedselketen, zagen we dat er tussen 7 en 12 calorieën nodig zijn om 1 calorie voedsel te consumeren. De boutade hierboven aangehaald lijkt dus te kloppen.

In de studie van Eosta wordt een eerste aanzet gegeven om de kosten van de biologische landbouw en de niet-biologische landbouw met elkaar vergeleken. Hieruit blijkt dat de kosten van de niet-biologische landbouw hoger zijn. Doordat dit een eerste aanzet is, zijn er verschillende factoren nog niet in rekening gebracht. Moest dit wel gebeuren, dan verwachten de opstellers van de studie dat de verschillen nog meer in het voordeel van de biologische landbouw zouden vallen. Aangezien veel van deze kosten niet doorgerekend worden, is het dus duidelijk dat de niet-biologische landbouw inderdaad meer zaken niet doorrekent in de eindprijs vergeleken met de biologische landbouw.

Alles alles hierboven samengenomen wordt, is het duidelijk dat er nood is aan een postindustrieel landbouwsysteem dat zowel duurzaam is en als de bevolking kan voeden. Hiertoe moet het onderzoek gebeuren naar besparing van totale energie en grondstoffen in plaats van besparing van arbeid. Er moet meer volk werken in de landbouw¹. Dit vraagt een verlaging van de belasting op arbeid.

16.2 Indirecte kosten

In figuur 16.1 is een speels overzicht te vinden van verschillende maatschappelijke kosten. Zoals al gezegd, kunnen deze geïnternaliseerd worden of niet. Zo niet, dan

¹mijn schatting is dat in een postindustriële landbouw de tewerkstellingsgraad van de landbouw tussen 5 en 10% moet liggen

zijn worden deze kosten door de maatschappij gedragen in plaats van de vervuiler. Denk bijvoorbeeld aan sanering van vervuilde gronden, ziekte door opname van pesticiden, vermindering van voedselzekerheid, . . . Via heffingen kan de overheid proberen de kosten te internaliseren bij de vervuiler en diegenen die de vervuilende producten afnemen.



Figuur 16.1: Overzicht kosten

De kosten die geïdentificeerd zijn voor de voedselketen zijn voorgesteld in figuur 16.2. Ze zijn alfabetisch gesorteerd.

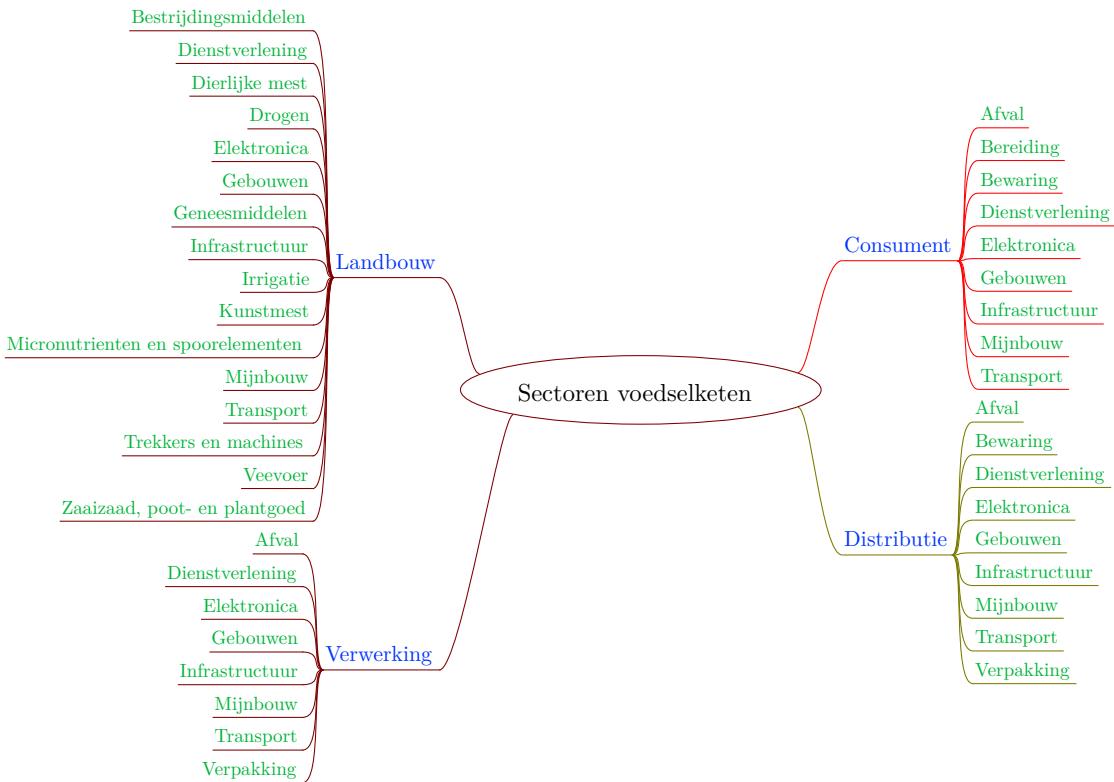
Elke kostenpost zal volgende factoren hebben die een rol spelen:

- Energie
- Water
- Grondstoffen
- Arbeid
- Landgebruik

Hierbij telt zowel het directe verbruik als het indirecte verbruik mee. Als een product meerdere jaren mee gaat (bv. een tractor of gebouw) moet de kost afgeschreven worden op de levensduur.

Figuur 16.3 geeft meer details. De koppeling tussen energie en grondstoffen is ook duidelijk te zien. Ook is de afhankelijkheid van hernieuwbare energie met fossiele brandstoffen aangegeven. Dit omdat momenteel er nog altijd fossiele brandstoffen nodig zijn voor bijvoorbeeld de aanmaak van de toestellen of infrastructuur van hernieuwbare energie.

Figuur 16.4 geeft per kostenpost aan wat de speciale factoren zijn waar rekening mee moet gehouden worden.



Figuur 16.2: Kosten in de voedselketen

16.3 Bepalen van de kosten

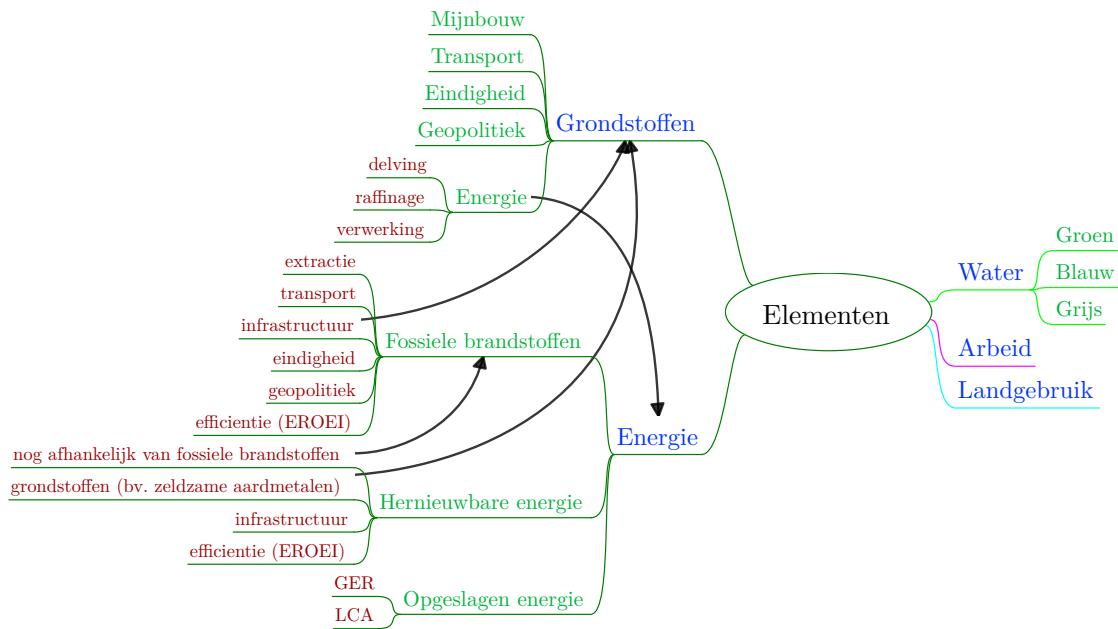
Tijdens de verschillende delen zijn er al manieren bekeken om de kosten te bepalen (paragrafen 5.2, 9.2, 10.2 en hoofdstuk 15).

Over het algemeen kunnen we het volgende zeggen over mogelijke methoden. Een belangrijke opmerking is dat kosten niet alleen een waarde in geld kunnen zijn. Ze kunnen energetisch zijn maar ook meer sociaal zoals verlies van comfort of beperking van keuze in eten.

Kosten kunnen eenmalig zijn of regelmatig terugkomen in de tijd. Bijvoorbeeld het verlies van bodemvruchtbaarheid door vergiftiging is een terugkerende kost terwijl het saneren van diezelfde bodem een eenmalige kost is.

Over het algemeen zijn de bepaalde methoden in te delen in volgende categorieën:

- kost door verlies of winst
 - bijvoorbeeld bij Eosta werd bepaald wat het oogstverlies of aanwinst is als de toplaag erodeert dan wel aangevuld wordt.
- kost om schade weg te werken
 - bijvoorbeeld de kost voor waterzuivering. Deze wordt bijvoorbeeld in de UK geschat op \$ 264 miljoen [FAO14, p. 39].
- kost om schade te voorkomen
 - bijvoorbeeld welke investering zijn nodig om erosie van de toplaag te vermijden
 - liggen over het algemeen lager dan de kosten om de schade weg te werken



Figuur 16.3: Elementen die een kost bepalen

- kost bepaald door een markt
 - bijvoorbeeld de Emission Trade System voor de kost van een ton CO₂.

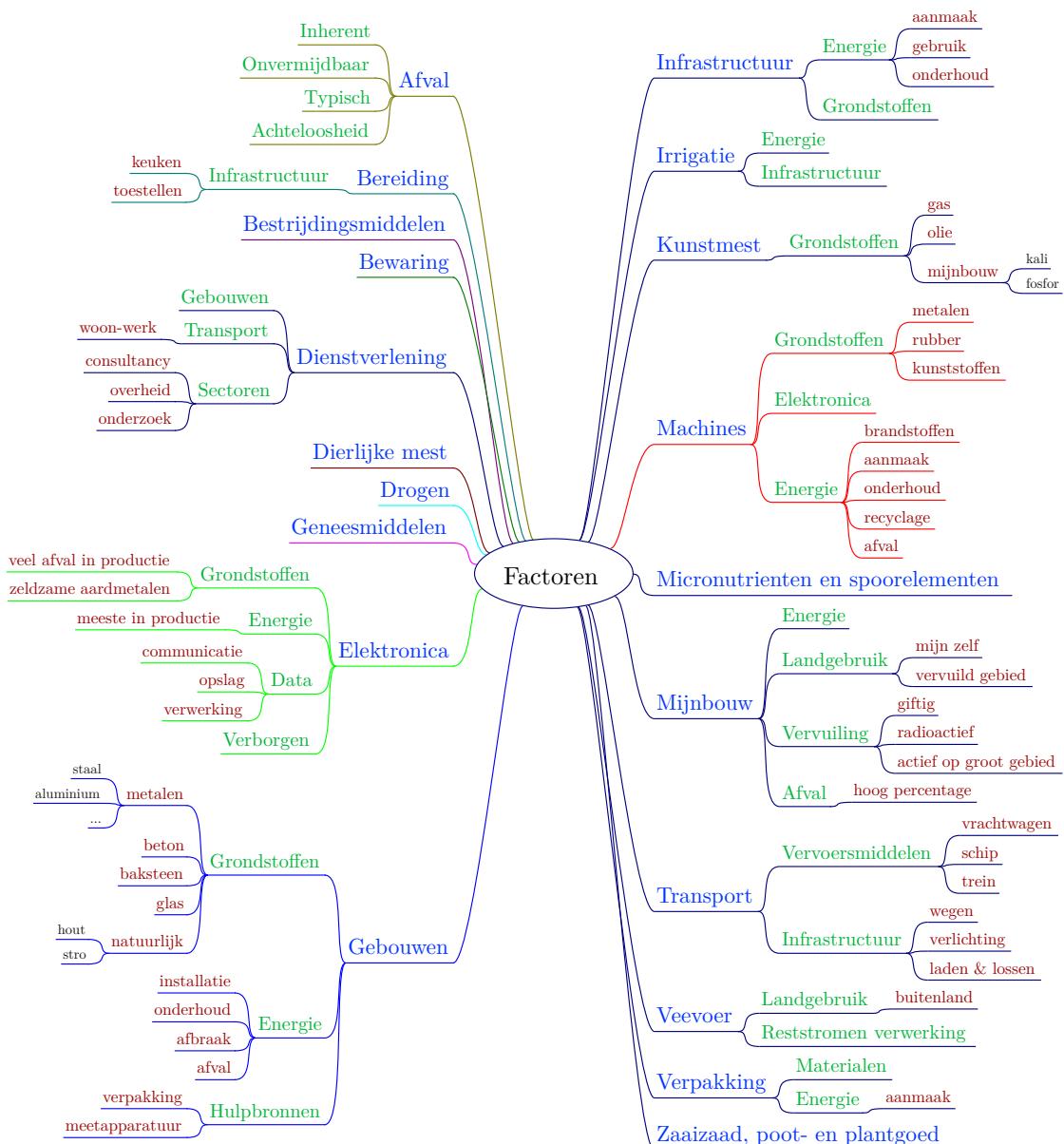
Buiten deze zichtbare kosten, zijn er meestal kosten die niet direct zichtbaar zijn zoals verlies van bodemleven, extra irrigatie door verlies van koolstofgehalte, verlies aan biodiversiteit, . . .

Sociale kosten zoals de waarde die gehecht wordt aan biodiversiteit, welbevinden of uitbuiting van arbeiders zijn moeilijker in geld om te zetten. Er bestaan wel een aantal methodes hiervoor waar men probeert in te schatten aan de hand van enquêtes in hoeverre mensen hier waarde aan hechten. Hiervoor kan men peilen hoeveel men voor een verhoging van biodiversiteit over heeft wegens bijvoorbeeld verhoging van bloemenpracht of stabielere voedselsysteem. De vraag kan ook omgedraaid worden door te peilen hoeveel schade men bereid is op zich te nemen bij verlies van biodiversiteit [FAO14, p. 22]. Aan de hand hiervan kan men via modellen de kost van biodiversiteit bepalen. Op deze manier kan de maatschappelijke waarde bepaald worden.

16.4 Droom voor een duurzaamheidsindicator

Het is mijn droom dat er een indicator kan komen van duurzaamheid. Zoals duidelijk is, is dit niet mogelijk door alles samen te bundelen in één parameter want er zijn zoveel factoren die meespelen. Hoe weeg je bijvoorbeeld hetloon van een boer af tegen waterbeheer?

Daarom moet er gewerkt worden met een indicator die op een zichtbare manier de impact op verschillende aspecten benadrukt. Op deze manier wordt de gebruiker van de indicator vollediger geïnformeerd en kan deze zelf de afweging maken welke factor meer of minder meespeelt in de beoordeling. Het is niet mogelijk dat iets onverdeeld positief is, dus moeten er altijd afwegingen gebeuren. Deze subjectieve beoordeling mag niet opgelegd worden maar moet ieder voor zich kunnen maken samen met duidelijke informatie over de facetten die gemeten worden.

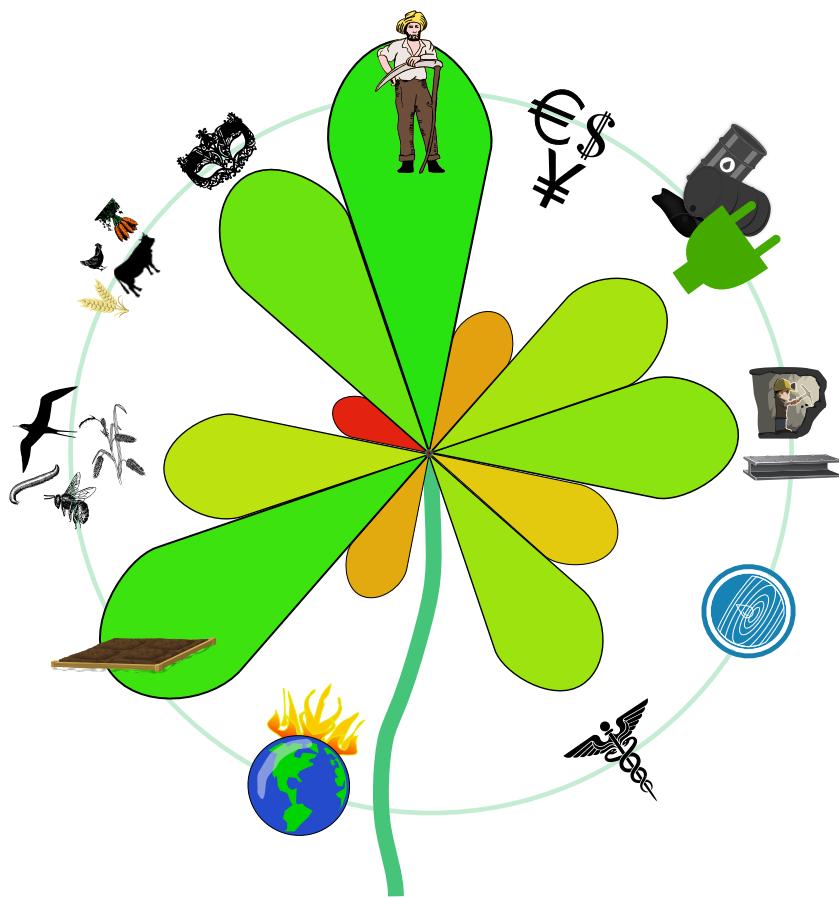


Figuur 16.4: Factoren die een rol spelen bij kosten

Zelf stel ik elf facetten voor om op te nemen die samengevat zijn in tabel 1.

Dit is een eerste aanzet tot zo'n indicator. Zoals te zien zijn er een aantal indicatoren die in het huidige systeem systematisch negatief zouden scoren. Persoonlijk vind ik dat niet erg omdat 1) het een impuls geeft om te verbeteren en 2) er verschillende indicatoren zijn zodat de globale indruk nog positief kan zijn.

Om dit visueel voor te stellen droom ik van een bloem waar elk bloemblaadje een facet voorstelt. De grootte en de kleur van het bloemblaadje geeft aan wat de waarde is van het facet met een subtiele lijn die de neutrale waarde aangeeft. Figuur 16.5 stelt een conceptuele schets voor van zo'n bloem.



Figuur 16.5: Duurzaamheidsbloem

Tabel 1: Voorstel van facetten om mee te nemen in een duurzaamheidsindicator

Facet	Voorbeeld van factoren mee te nemen	Wat is een neutrale waarde
Boer	Heeft de boer autonomie (geen wurgcontracten)? Is het inkomen voldoende hoog?	Boer kan eenvoudig wisselen van contract Boer komt rond met inkomen 50% van de verkoopprijs gaat naar de boer
Economie	Is de opbrengst in geld meer dan wat erin gestopt moet worden (bv. subsidies)	Er vloeit evenveel geld erin als eruit gehaald wordt
Energie	Wat is de EROEI? Belangrijk de indirecte energie mee te nemen over de volledige voedselketen!	Neutraal bij EROEI van 2:1
Grondstoffen	Hoeveel externe grondstoffen zijn nodig? Zijn er grondstoffen bij die schaars zijn/worden? Zijn er grondstoffen bij die (geo)politiek problematisch zijn?	
Water	Watervoetafdruk van elk type water Hoeveel water wordt er gebruikt in functie van de reserve en aanvulling van de reserve	Voor blauw water: er wordt evenveel opgeslagen als verbruikt wordt. Voor groen water: minder verbruikt dan de neerslag kan aanvullen Voor grijs water: geen vervuiling
Gezondheid	Impact gebruikte bestrijdingsmiddelen Voedingswaarde van de producten Psychologische druk van de boer	Er worden geen stoffen gebruikt die mogelijke gezondheidsrisico's veroorzaken
Broeikasgassen ²	Effectieve CO ₂ uitstoot Kan ook opgeslagen worden in het systeem	Geen netto uitstoot

²Mogelijk heeft dit een dubbele boeking met energie.

Land	Verhouding van direct en indirect landgebruik Opbouw of afbraak van toplaag	
Biodiversiteit	Aantal soorten die tegelijkertijd aanwezig zijn op het land Impact op verlies van soorten (bv. via bestrijdingsmiddelen of effluenten)	Gelijke soortenrijkdom vergeleken met een gelijkaardige natuurlijk biotoop ³
Welzijn van geteelde organismen	Dieren en planten welzijn	
Cultureel	Vrijheid om eigen accenten te leggen Verbinding en integratie met de lokale gemeenschap	

³Bijvoorbeeld savanne voor granenteelt of jong bos voor boomgaard

Bijlage A

Een aantal technische begrippen

A.1 Korte samenvatting van een aantal wetenschappelijke begrippen

A.1.1 Joule of calorie?

In dit werk wordt veel met energie gewerkt. Hiervoor wordt de SI eenheid joule (J) genomen.

Er zijn verschillende eenheden om de energie te noteren. Bij voeding is de calorie de meest bekende maar ook de meest verwarringe. Dat omdat men voor voeding eigenlijk een kilocalorie gebruikt maar die als calorie opschrift. Bij joule wordt dit gelukkig niet gedaan.

Hoe kun je het ene omzetten naar het andere? 1 (echte) calorie is gelijk aan 4,184 joule.

A.1.2 Maar toch hectare en ton?

Jamaar, zegt een collega fysicus, je gebruikt wel de hectare (ha) in plaats van 10 000 vierkante meter en ton in plaats van Mg (megagram)?

Tja, wat kan ik zeggen. Als boer in opleiding zijn hectare en ton nu eenmaal meer zeggende eenheden.

A.1.3 Kilo, mega, giga, oh nee

Om zaken korter te kunnen opschrijven, worden een aantal voorvoegsels gebruikt. Kilo is hiervan heel bekend als bijvoorbeeld kilogram (1 000 gram) of kilometer (1 000 meter). Hecto is bekend van hectare (100 are, een hecto-are).

We gebruiken in dit werk nog andere voorvoegsels die waarschijnlijk minder bekend zijn. Dus een klein overzicht:

uitspraak	symbool	vermenigvuldig met	Nederlands telwoord	voorbeeld
kilo	k	1 000	duizend	5 kJ
mega	M	1 000 000	miljoen	10 MJ
giga	G	1 000 000 000	miljard	4,3 GJ
tera	T	1 000 000 000 000	biljoen	9 TJ
peta	P	1 000 000 000 000 000	biljard	32 PJ
exa	E	1 000 000 000 000 000 000	triljoen	7 EJ

En waarom kon ik dit niet laten? Tja, na een licentiaat in de fysica is dat vermoedelijk een misvorming.

A.2 Broeikasgassen

We kennen natuurlijk allemaal het broeikaseffect en weten dat CO₂ een broeikasgas is. Maar wist je ook het volgende?

- Broeikasgassen komen niet enkel vrij bij verbranding. Ook veehouderij en het gebruik van kunstmest dragen bij aan het broeikaseffect.
- Niet alleen CO₂ is een broeikasgas. Er zijn er nog anderen zoals [kli19]:
 - methaan (NH₄). Deze is 25 keer krachtiger dan CO₂ en veroorzaakt 20% van het broeikaseffect. Methaan onder andere wordt uitgestoten in de veehouderij en bij compostering.
 - lachgas (N₂O). Deze is 289 keer krachtiger dan CO₂ en veroorzaakt 6% van het broeikaseffect. Lachgas wordt in de landbouw aangemaakt bij overdadig gebruik van drijfmest en kunstmest.
 - andere natuurlijke broeikasgassen zijn water (H₂O) en ozon (O₃).
 - „industriële” broeikasgassen zijn meestal veel krachtiger dan deze hierboven (1.300 tot 23.900 keer zo krachtig als CO₂).

A.3 Opgeslagen energie

Opgeslagen energie is een vertaling van de term „Embodied Energy”.

Het is de energie die nodig geweest is om het product te produceren, inclusief de energie om de grondstoffen van het product te produceren. Dit omvat de energie die nodig is voor het winnen, transporteren en bewerken van zowel de energie als de grondstoffen, het brandstof- en elektriciteitsgebruik van het productieproces zelf en de energie die nodig is voor het maken en onderhouden van de productiemiddelen. Ook transport moet hierbij gerekend worden.

Deze energie is als het ware „opgeslagen” in het product.

Wat allemaal in kaart gebracht moet worden wordt bepaald door een „Live Cycle Analysis” (LCA). Hiermee kan de „Gross Energy Requirement” (GER) bepaald worden, de hoeveelheid energie die nodig is voor de productie van een bepaald product, materiaal of stof (inclusief de energie om de grondstoffen te produceren), beginnend met de primaire energiedragers. Zowel van de LCA als de GER bestaan er gegevens zodat je een eigen analyse kunt maken.

A.4 EROEI

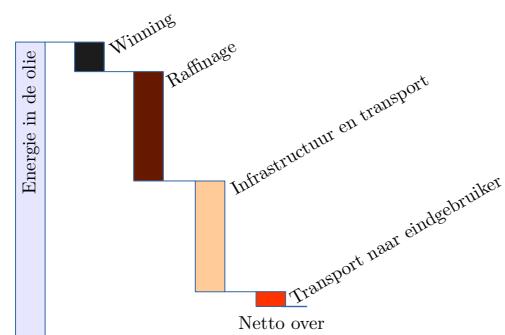
EROEI (Energy Return On Energy Invested) is de verhouding tussen de hoeveelheid nuttige energie verkregen met de hoeveelheid energie die nodig was voor de productie ervan. Als de EROEI kleiner is dan 1, dan is er meer energie verbruikt dan er gewonnen wordt.

Aangezien er niet enkel energie nodig is bij het winnen van een brandstof, maar ook bij bijvoorbeeld raffinage, transport, . . . zijn er verschillende plaatsen in het

proces waar je de benodigde energie kunt bepalen. Deze geven een andere waarde van de EROEI die aanzienlijk kan verschillen.

In het figuur A.1 zakt de EROEI van 10:1 wanneer enkel de energie voor de winning van olie bekeken wordt, tot 1,3:1 als alle energie bekeken wordt.

Meestal wordt enkel de energie nodig voor de winning genomen om de EROEI te bepalen. In dat geval is minimaal een EROEI groter dan 3:1 tot 5:1 nodig om op het einde van de rit toch nuttige energie over te houden.



Figuur A.1: Schema van energieverlies in de olieketen

A.5 Water in alle kleuren van de regenboog

Blauw water, groen water, grijs water, zwart water? Zwaar water, licht water? Wat is dat allemaal?

De helft hiervan zijn concepten die gebruikt worden bij het bekijken van de watervoetafdruk. De watervoetafdruk is een concept analoog aan de ecologische voetafdruk, de koolstof voetafdruk, ... [HH02, p. 15].

Nu is niet elk soort water dat gebruikt wordt gelijkwaardig. Het is belangrijk hier onderscheid in te maken om enerzijds een volledig beeld te krijgen op de impact van de mensheid op de watercyclus en anderzijds omdat je anders absurde getallen krijgt.

Blauw water en groen water zijn in 1995 geïntroduceerd door Malin Falkenmark [Fal95]. Grijs water is later als concept geïntroduceerd door Chapagain in 2006, toen nog verdunningswater genoemd [Cha+06].

Een goede introductie vind je in paragraaf 3.1 van „The Water Footprint Manual” [Hoe+11].

A.5.1 Blauw water

Blauw water is simpel gezegd stromend water. Het is het vloeibare water in rivieren en onder de grond (aquifer).

De blauwe watervoetafdruk is het gebruik hiervan door de mens. Denk hierbij aan drinkwater, douches, irrigatie,

Het verbruik van blauw water was recentelijk nog de voornaamste focus rond de water verbruik.

A.5.2 Groen water

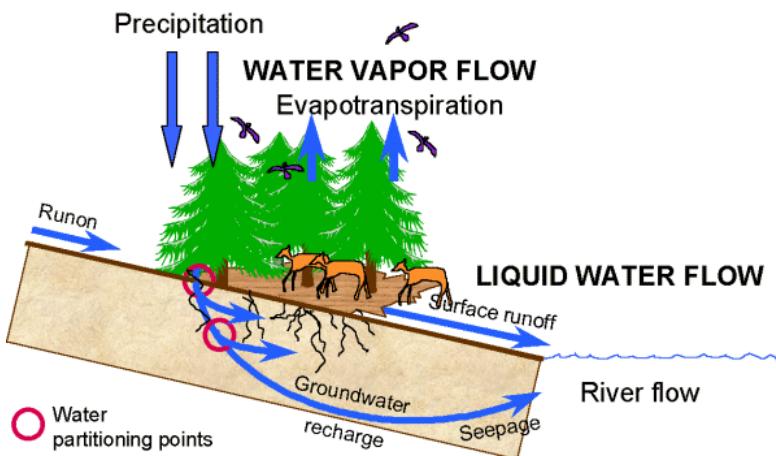
Het is pas eind jaren '90, begin deze eeuw dat men ook is begonnen realiseren dat het water in de onverzadigde laag van de bodem, dat door planten gebruikt kan worden, ook een belangrijke factor kan spelen in de totale waterhuishouding. Dit water wordt groen water genoemd.

De groene watervoetafdruk is het deel van het groene water dat gebruikt wordt. Het merendeel verdampst via transpiratie van de planten of evaporatie van de

bodem (tezamen ook evapotranspiratie genoemd). Een klein deel ervan wordt gebruikt door de plant om te groeien en te bloeien.

A.5.3 De watercyclus

In figuur A.2 is een deel van de watercyclus schematisch weergegeven. Er komt water een systeem binnen via regen en oppervlaktewater (bv. afvloeiing of stroomjes). Dit water gaat ofwel verder via afvloeiing (blauw water) ofwel verdampst het direct (groen water) ofwel dringt het in de bodem.



Figuur A.2: Een deel van de watercyclus (uit [Roc+99])

Het water in de bodem kan opgenomen worden door planten en verdampen (groen water). Het kan ook dieper doordringen om zo het vloeibare grondwater (blauw water) aan te vullen.

Zeker in droge klimaten is er een uitwisseling tussen het groene en het blauwe water. Als er meer water verdampst door bijvoorbeeld transpiratie van planten, dan is er minder water dat kan doordringen tot de aquifer. Het is inderdaad al een aantal keer voorgekomen dat door het planten van een bos, er stroomafwaarts minder water beschikbaar was.

Omgekeerd is het ook zo dat door de verdamping van water, windafwaarts meer neerslag kan ontstaan wat het blauwe water juist kan aanvullen. Denk bijvoorbeeld aan de successen die John D. Liu gefilmd heeft of het werk van Geoff Lawton.

Bij irrigatie (blauw water) verdampst een deel van het water en „wordt” het groen water.

Je merkt het dus, het is allemaal niet zo eenduidig.

A.5.4 Grijs water

Grijs water is bedoeld om de mate van vervuiling aan te geven. Het komt niet direct overeen met fysisch water in tegenstelling tot blauw en groen water.

Laten we de definitie ervan zo eenvoudig mogelijk houden: grijs water is de hoeveelheid water die nodig is om vervuiling onder de aanvaardbare norm te krijgen¹.

¹Dus als de norm aangepast wordt, dan zal de hoeveelheid grijs water ook veranderen. Van daar dat dit enkel een mate van vervuiling kan geven en het moeilijk is om een liter grijs water zomaar op te tellen bij een liter blauw water.

Een voorbeeld. Stel 5 liter water voor. Hierin zit 2% van een giftige stof. De aanvaardbare norm is echter maar 0,2% van die stof. Om de verdunning dan 10 keer kleiner te krijgen, moet het totale volume aan water 50 liter worden. We zouden dus 45 liter water moeten toevoegen om de vervuiling onder de norm te krijgen. Die 45 virtuele liters is de waarde van het grijze water.

A.5.5 Zwart water, zwaar water en licht water

Deze termen hebben niets met waterhuishouding te maken. Ze klinken wel goed, niet?

Voor de liefhebbers:

- zwart water is water vervuild met ontlasting uit toiletten.
- zwaar water en licht water zijn termen uit de kernfysica.

A.5.6 Koe 42 heeft dorst...

Weet je nog dat op pagina 3 de stelling geponeerd was dat er 15.000 l water nodig is voor 1 kg rundvlees? Dat kun je bijvoorbeeld terugvinden op vlees.nl². Voor een tweearige koe komt dat neer op zo'n 10 000 l per dag. Een koe drinkt toch lang niet zoveel³!

Nu blijkt dat hiervan het overgrote merendeel groen water is omdat koe 42 lange tijd blij op de wei mag grazen. Zolang zij dat doet, wordt de transpiratie van het gras meegerekend bij de groene watervoetafdruk.

Je kunt je dan afvragen of die groene watervoetafdruk erg is. Dat is een zeer goede vraag. Zolang er genoeg regenval is, lijkt me de groene watervoetafdruk niet belangrijk. Het is maar als er te weinig neerslag is, dat ofwel oogsten gaan mislukken ofwel er een veel grotere vraag komt op beschikbaar water. Dan wordt de verdamping en evaporatie van water wel belangrijk.

Voor blauw en grijze water is er meer consensus dat de watervoetafdruk een rol speelt in de duurzaamheid.

A.5.7 ... en noten hebben een probleem

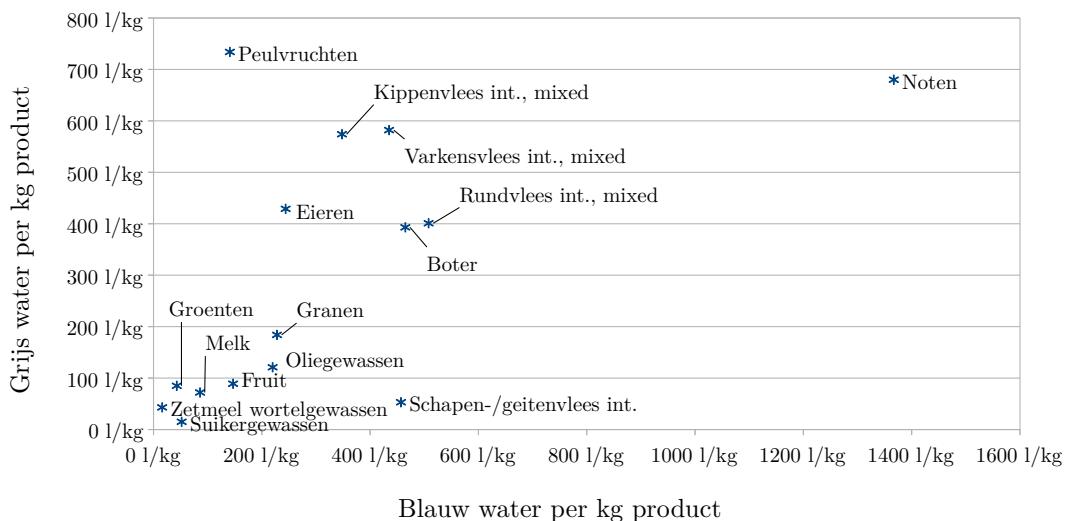
Nemen we de waarden gevonden op vlees.nl en zetten we voor de verschillende producten de blauwe en grijze watervoetafdruk uit (figuur A.3), dan krijgen we een verrassend resultaat.

Je merkt dat, zonder rekening te houden met de groene watervoetafdruk, dierlijke producten over het algemeen minder goed scoren dan plantaardige.

De grote verrassing zijn echter noten. Je ziet ze daar helemaal rechtsboven (de „slechte” hoek) staan. Dit komt vooral door irrigatie en gewasbeschermingsmiddelen. Men beweert dat 1 amandelnoot overeen komt met 10 liter water! En dat blijkt in onderzoek niet ver van de waarheid te zijn, vooral bij droge jaren in Californië (waar een belangrijk deel van de amandelnoten geteeld worden).

²<https://www.vlees.nl/themas/milieu-techniek/footprint-water/>

³Dat is ook de grote teneur van mensen die de watervoetafdruk beschouwen als volksverlakkerij om een ecologische dictatuur door ons strot te duwen.



Figuur A.3: Blauwe versus grijze watervoetafdruk voor verschillende landbouwproducten

A.5.8 Kritiek en bedenkingen rond de watervoetafdruk

Er is op het concept en gebruik van de watervoetafdruk redelijk wat kritiek gekomen, ook uit wetenschappelijke wereld. Zelf heb ik erbovenop ook wel een aantal bedenkingen. Een deel van deze kritiek en het weerleggen ervan kan je terugvinden op de website van het Water Foodprint Network⁴ en in [HFP18].

A.5.8.1 De watervoetafdruk is te simplistisch

Dit is omdat je één getal neemt waar alles gelijkwaardig opgeteld wordt.

De weerlegging van die kritiek komt neer op het volgende:

- je mag niet één getal nemen. De watervoetafdruk is een, pas op – dure woorden, multidimensionale indicator van watergebruik.
- je mag de verschillende types van water geen apart gewicht geven. Als je werkt met gewichten breng je subjectieve elementen aan die in een andere context heel anders kunnen uitvallen.

Voor het laatste heb ik toch mijn wenkbrauwen gefronst. Implicit doen ze ook een subjectieve beoordeling van de belangrijkheid van de verschillende kleuren water: alles is gelijk. „Schoonheid van de benadering” is dan hun enige argument om dat te rechtvaardigen wat me juist zeer subjectief lijkt.

Zoals reeds aangehaald, is het belang van de groene watervoetafdruk afhankelijk van je situatie. Als er meer dan genoeg neerslag valt, dan speelt die niet echt een rol. Als er te weinig neerslag is, dan wordt dit plots wel belangrijk.

Ik ben het dus eens dat je niet een getal mag nemen en eigenlijk het „multidimensionale” karakter van de watervoetafdruk moet respecteren. Spijtig genoeg wordt hier zelfs door het Water Foodprint Network en voorstanders tegen gezondigd.

⁴<https://waterfootprint.org/en/water-footprint/frequently-asked-questions/>

A.5.8.2 De watervoetafdruk vertelt niets over de duurzaamheid van een product

Je merkt dat de watervoetafdruk te kust en te keur gebruikt wordt om producten met elkaar te vergelijken. „Jou vleesburger heeft een grotere watervoetafdruk dan mijn notenburger. Foei toch, hoe durf je het milieu zo te belasten.”

Het tegenargument is dat de watervoetafdruk maar een (multidimensionaal) getal is. Het probleem zit hem niet in de waarde van dat getal, maar welke waarde de persoon eraan hecht.

Persoonlijk vind ik dit maar een gebrekig tegenargument. De realiteit is dat de geest uit de fles is. Overal wordt gekeken hoe we onze voetafdrukken (dus ook die van water) kunnen verkleinen.

In plaats van je dan in een ivoren toren op te sluiten, zou het niet moediger zijn om de realiteit te aanvaarden en te zoeken naar een manier om het probleem zuiverder voor te stellen?

Een aanzet wordt al gegeven door niet de kijken naar de waarde van de watervoetafdruk van de verschillende kleuren water, maar hoeveel druk dat zet op de beschikbare hoeveelheden. Bijvoorbeeld, zorgt de landbouw ervoor dat er meer water verdampst dan aangevuld wordt door regen? Pompen we meer water uit de grond dan er aangevuld kan worden?

A.5.8.3 Focussen op de watervoetafdruk kan onnatuurlijke systemen promoten

Bij het vergelijken van de watervoetafdruk van verschillende landbouwsystemen in de veehouderij, viel het op dat voor runderen industriële systemen een lagere watervoetafdruk hebben dan systemen waar de koeien vrij mogen grazen.

Dit heeft te maken met volgende factoren [GMH13]:

- koeien zijn nogal inefficiënte in het omzetten van voeding in vlees.
- in een industrieel systeem wordt voeding efficiënter omgezet in vlees. Dit door volgende factoren:
 - de dieren zijn geselecteerd op een efficiënte omzetting van voeding in vlees.
 - de dieren hebben minder beweging waardoor ze sneller groeien bij een gelijke hoeveelheid voeding.
 - de dieren worden bijgevolg op jongere leeftijd geslacht waardoor ze minder lang voeding nodig hebben.
- in een industrieel systeem wordt meer krachtvoer gebruikt. Krachtvoer vraagt per kg droog gewicht wel meer water. Dit kan verminderen door gebruik van schroot en andere reststromen.

Als je alle factoren in rekening brengt, komen industriële systemen er beter uit dan vrije begrazing. Dat leidt er dus toe dat de watervoetafdruk van industriële veehouderij beter is.

Bij groenteteelt kunnen we gelijkaardige berekeningen maken en zien dat een systeem zoals „Vertical Farming” weinig extern water nodig heeft omdat er veel gerecycleerd wordt.

Je merkt dus dat hoe verder van natuurlijke processen gegaan wordt, hoe beter de watervoetafdruk wordt. Als student van een bio-dynamische landbouwopleiding heb ik hier bedenkingen bij.

Nog een laatste opmerking: in hoeverre wordt de impact van het systeem zelf (bijvoorbeeld beton, aanmaak van recyclagezouten, productie van elektronica, . . .) meegenomen? Als dit niet gedaan wordt, dan wordt de vergelijking scheef getrokken!

Bijlage B

Gaat technologie de wereld redden?

Doorheen het proefschrift merk je dat Meino Smit vragen heeft bij de duurzaamheid van elektronica en een overschakeling naar hernieuwbare energie bij „business-as-usual”. Dat was voor mij, komende uit de ICT sector, wel een hardere noot om te kraken. Hoewel wat hier behandeld wordt niet direct verband houdt met het echte onderwerp van dit verdiepend werkstuk, wil ik het toch noteren vanuit mijn achtergrond.

B.1 Externe kosten van elektronica

Elektronica is iets raars. We kunnen ons nu geen leven meer voorstellen zonder en die afhankelijkheid is vreselijk snel in ons leven geslopen. Ook in de landbouw heeft elektronica op korte tijd een prominente plaats gekregen. Drones om plantgoed te planten, vertical farming, sensoren te kust en te keur, . . . Je kan het zo gek niet bedenken of elektronica heeft hier een voet in de deur of zelfs meer.

Voor de productie van elektronica is meer kapitaal nodig dan tijdens het gebruik. Het is ook daar waar het meeste afval gegenereerd wordt en niet na het afdanken van de toestellen. Dit geeft aan dat recyclage van elektronische apparatuur nuttig is, maar de voetafdruk niet sterk zal doen dalen.

Tijdens het gebruik is er meestal ook een verscheidenheid van andere elektronica nodig om de gegevens te transporteren (data communicatie netwerken zoals 4G, Wifi, glasvezel, . . .), te verwerken (rekencentra) en op te slaan (storage centra).

Kijken we naar de kosten, dan is het volgende aan te stippen:

- het grote energieverbruik bij productie,
- de gebruikte grondstoffen:
 - de winning en extractie van verschillende cruciale grondstoffen is belastend, zowel in energetische als in menselijke kosten (bloedmetalen),
 - * gebruik van fracking
 - * giftig en radioactief afval
 - sommige benodigde metalen komen enkel vrij als „bijwinning” van andere grondstoffen waardoor niet snel gereageerd kan worden op schommelingen in de vraag,

- de grote afhankelijkheid van zeldzame aardmetalen met ronkende namen zoals neodymium, dysprosium of europium, heeft ook geopolitieke gevolgen. 85% van de zeldzame aardmetalen komt vandaag uit China! Dat geeft één land een enorme controle over de wereldwijde toevoer ervan,
- productie van de chips zelf is een toxicisch proces waarbij ultra zuiver water nodig is,
- verwerken van de afval,
- het gebruik van een elektronisch apparaat heeft, zoals hierboven al aangehaald, een hoeveelheid aan andere elektronica nodig.

Nog meer dan bij mijnbouw, zijn de kosten en de baten van elektronica onevenredig verdeeld. Diegenen die plezier hebben van elektronica worden totaal niet geconfronteerd met de kosten ervan op het gebied van sociale uitbuiting, toxicisch afval, landverlies,

Er zijn continue verbetering in de efficiëntie van de productie en van de apparatuur zelf. Maar dit wordt meestal teniet gedaan door het alsmaar stijgende gebruik.

Het is niet de bedoeling om elektronica te verketteren. Maar het is wel belangrijk om er bewust mee om te gaan. Wat houdt dan in ?

1. Denk eerst goed na of je de elektronica wel effectief nodig hebt. De marketing is zeer goed in het aanpraten van een nieuw of complexer toestel omwille van features die je eigenlijk niet nodig hebt. Is het zo belangrijk dat je koelkast automatisch melk besteld?
2. Als je koopt, kijk eerst of er een valabel toestel is op de tweedehands markt. Dit vermijdt het belastende productieproces en afval.
3. Laat je elektronica zo lang mogelijk meegaan. Elektronische apparatuur kent een zeer korte levenscyclus. Aangezien veel kosten in de productie zitten, is een langere levenscyclus een goede manier om de voetafdruk ervan te verlagen. Dit houdt ook in dat de aankoop van een zuiniger toestel best niet gedaan wordt want dit is in de meeste gevallen belastender dan het oude toestel te blijven gebruiken.
4. Waar mogelijk, maak gebruik van draden. Wifi, GSM en andere draadloze communicatie is belastender dan „goede oude” netwerkkabels of vaste telefoons.
5. Koop elektronische toestellen die je kunt repareren. Meestal wordt elektronische apparatuur gerepareerd door volledige printplaten te vervangen. Hoe kleiner de printplaten zijn die vervangen worden, hoe minder belastend de reparatie is.

B.2 Hernieuwbare energie

Meino Smit is er niet van overtuigd dat de huidige evolutie van energiegebruik het mogelijk maakt om fossiele brandstoffen uit te faseren ten gunste van hernieuwbare energie. Dit heeft niet zozeer te maken met de technologie zelf, maar eerder uit de

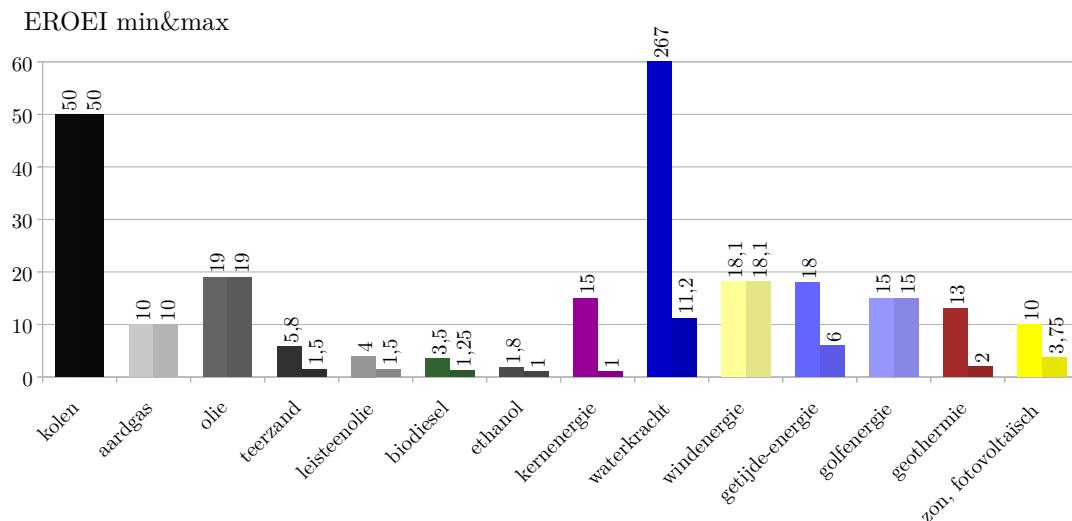
inschatting van de hoeveelheid grondstoffen hiervoor nodig zijn en hoe snel deze beschikbaar moeten zijn. Dit gaat een impact hebben op toekomstscenario's die „Business as usual” nastreven.

Ook bij hernieuwbare energie spelen zeldzame aardmetalen een belangrijke rol. Niet enkel door de gebruikte elektronica, maar ook omdat deze metalen bijvoorbeeld de efficiëntie van magneten sterk verhogen of nodig zijn in zonnecellen.

De meeste vormen van duurzame energie zijn minder efficiënt zijn dan fossiele brandstoffen. In figuur B.1 vind je de minimale en maximale EROEI (appendix A.4) terug van een aantal energiebronnen.

De EROEI van duurzame brandstoffen is gekoppeld aan die van fossiele brandstoffen omdat vandaag de dag deze laatste verbruikt worden om de infrastructuur van de eerste te maken¹. Als de EROEI van fossiele brandstoffen daalt, zal de EROEI van duurzame brandstoffen dus ook dalen. Aangezien eerst de eenvoudiger te delven fossiele brandstoffen opgestookt worden, moet er later meer energie gebruikt worden om dezelfde hoeveelheid energie te extraheren. In het begin was voor aardgas de EROEI 100:1. Nu is deze echter gezakt naar 10:1.

Er wordt aangenomen dat een EROEI van 3:1 tot 5:1 nodig is om een energiebron een positieve energiebalans te laten hebben. Dit omdat de opslag, omvorming, transport en distributie zelf ook nog heel wat energie vergt.



Figuur B.1: De EROEI van een aantal energiebronnen [Smi18, p. 32 naar Hall, 2008]

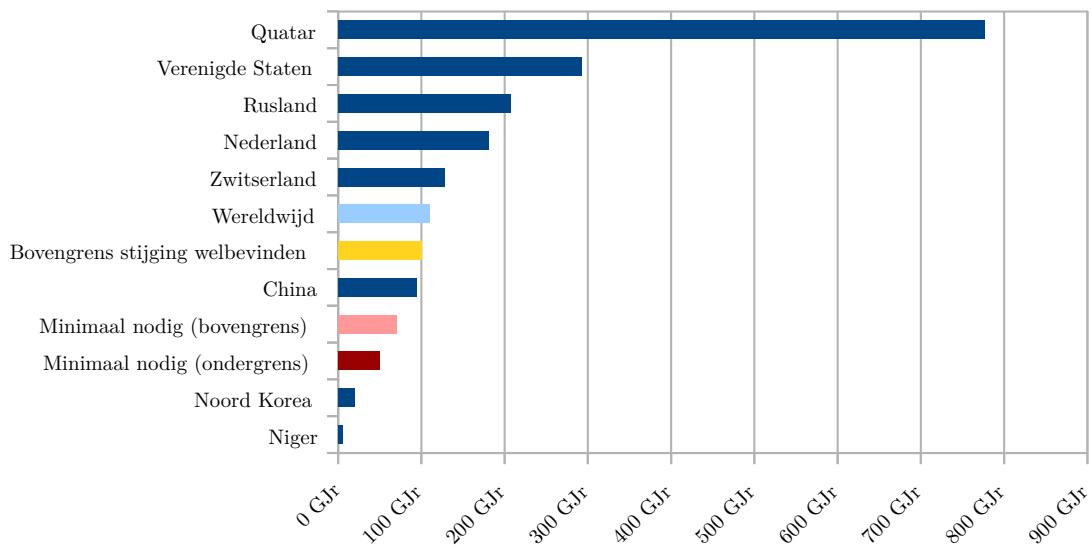
Verder moet er veel infrastructuur, opslag en transport aangemaakt worden voor duurzame energie. Dit vraagt niet alleen energie maar ook grondstoffen. Meino Smit geeft aan dat er niet genoeg capaciteit is om deze grondstoffen aan bijvoorbeeld aardmetalen op een aanzienlijke tijd te delven [Smi18, par. 6.4]. Deze capaciteit kan maar langzaam opgeschaald worden omdat enerzijds het creëren van een nieuwe grondstoffenstroom jaren duurt, maar anderzijds ook omdat vele aardmetalen als „bijwinst” bij het mijnen van een andere grondstof vrijkomen (zie ook paragraaf 5.2.7.1).

¹Momenteel wordt 85% van onze energiebehoefte gedeckt door het verbranden van brandstoffen.

De enige manier om over te schakelen naar een duurzame toekomst is het energiegebruik in te perken. De meest duurzame megajoule is diegene die niet nodig is.

Dit kan door enerzijds minder energie te verbruiken per persoon, maar ook door een afname van de bevolking te bewerkstelligen².

De angst dat er terug naar de middeleeuwen moet gekeerd worden is zeer begrijpelijk. Gelukkig wijzen studies uit dat er een verband is tussen het welbevinden en de hoeveelheid energie die gebruikt wordt [Smi18, p. 35]. Vanaf een energiegebruik van 50 tot 70 GJ per persoon en per jaar, is er een gevoel van voldoende welbevinden. Vanaf een waarde van 100 GJ per persoon en per jaar neemt het welbevinden niet meer toe!



Figuur B.2: Energieverbruik per persoon en per jaar

In figuur B.2 is de situatie weergegeven voor een aantal landen tezamen met de vermelde grenzen en het wereldwijde gemiddelde. We zien dat een halvering van het energieverbruik per Nederlander niet veel invloed zal hebben op het welbevinden.

Ook is het zo dat deze verlaging niet door iedereen gedragen moet worden. Het is namelijk zo dat hoe rijker je bent, hoe meer energie je verbruikt [Uni20]. Het is dus niet meer dan normaal dat de meest verbruikende mensen de grootste inspanning zouden leveren.

²Hoe je op een ethische en duurzame manier de bevolking kan doen afnemen, lijkt me een zeer moeilijke vraag.

Nomenclature

CBS	Centraal Bureau voor de Statistiek (Nederland)
EEA	Elektrische en elektronische apparatuur
EFSA	European Food and Safety Authority
EROEI	Energy Return On Energy Invested
FAO	Food and Agriculture Organisation van de Verenigde Naties
GER	Gross Energy Requirement
GLB	Gemeenschappelijk Landbouw Beleid
LCA	Live Cycle Analysis
LEI	Landbouw Economisch Instituut (Nederland)
MJ, GJ, PJ, EJ	waarden van energie (zoals calorie). Zie ook paragraaf A.1.
VK	Verenigd Koninkrijk
VSA	Verenigde Staten van Amerika
VTE	Voltijds equivalent (uit het Engelse „Full time equivalent” oftewel FTE)

Bibliografie

- [BM93] R. Brand en A. Melman. *Energie-inhoudsnormen voor de veehouderij*. Tech. rap. Apeldoorn: TNO MEP, 1993.
- [Bos06] J.F.F.P. Bos. *Mengvoedergrondstoffen met binnen- of buitenlandse oorsprong: effect op energieverbruik van mengvoerproductie*. Tech. rap. Wageningen: Wageningen Plant Research International BV, 2006.
- [BP21] BP. *Statistical Review of World Energy*. <https://www.bp.com/content/dam/bp/business-sites/en/global/corporate/pdfs/energy-economics/statistical-review/bp-stats-review-2021-full-report.pdf>. 2021.
- [CBS+12] CBS e.a. *Verkoop, gebruik en afgedankte elektronische en elektrische apparatuur, 1995-2010*. Tech. rap. Compendium voor de Leefomgeving, 2012.
- [CBS+21] CBS e.a. *Energieverbruik per sector, 1990-2019*. <https://www.cbs.nl/indicatoren/n10052-energieverbruik-per-sector>. Mrt 2021.
- [CBS16] CBS. *Energiebalans 21-12-2016*. Tech. rap. Den Haag: Nederlandse Centraal Bureau voor de Statistiek, 2016.
- [CBS50a] CBS. *Diverse statistieken*. Den Haag, 1950–2015.
- [CBS50b] CBS. *Nationale Rekeningen*. Den Haag, 1950–2015.
- [Cha+06] A.K. Chapagain e.a. “The water footprint of cotton consumption: An assessment of the impact of worldwide consumption of cotton products on the water resources in the cotton producing countries”. In: *Ecological Economics* 60.1 (2006), p. 186–203.
- [Cha75] P Chapman. *Energy analysis of the UK Census of Production 1968*. Tech. rap. Milton Keynes, Buckinghamshire, England: Open University, 1975.
- [CSO73] CSO. *Input-output tables for the United Kingdom 1968*. Tech. rap. London: HMO, 1973.
- [DTI71] DTI. *Report on the census of production 1968*. Tech. rap. London: HMSO, 1971.
- [Eos17] Eosta. *True Cost Accounting for Food, Farming & Finance (TCA-FFF)*. <https://www.natureandmore.com/files/documenten/tca-fff-report.pdf>. 2017.
- [Fal95] M Falkenmark. “Land-water linkages: A synopsis”. In: *Land and Water Integration and River Basin Management*. Land and Water Bulletin 1. Rome, 1995, p. 15–16.

- [FAO14] FAO. *Food wastage footprint: Full-cost accounting*. Tech. rap. Research Institute for Organic Farming (FiBL), 2014.
- [FJ16] Peter Fantke en Olivier Joliet. “Life cycle human health impacts of 875 pesticides”. In: *The International Journal of Life Cycle Assessment* 21.5 (2016), p. 722–733. ISSN: 1614-7502. DOI: 10.1007/s11367-015-0910-y.
- [GMH13] P.W. Gerbens-Leenes, M.M. Mekonnen en A.Y. Hoekstra. “The water footprint of poultry, pork and beef: A comparative study in different countries and production systems”. In: *Water Resources and Industry* 1–2 (2013), p. 25–36.
- [HFP18] N. Haie, M.R. Freitas en J.C. Pereira. “Integrating Water Footprint and Efficiency: Overcoming Water Footprint Criticisms and Improving Decision Making”. In: *Water Alternatives* 11.3 (2018), p. 933–956.
- [HH02] A.Y. Hoekstra en P.Q. Hung. *Virtual water trade : A quantification of virtual water flows between nations in relation to international crop trade*. Tech. rap. Delft: IHE, 2002.
- [HH17] Charles Hervé-Gruyer en Perrine Hervé-Gruyer. *Permaculture: Guérir la terre, nourrir les hommes. La ferme du Bec Hellouin*. Actes Sud, 2017. ISBN: 978-2-330-07416-6.
- [Hoe+11] Arjen Y. Hoekstra e.a. *The Water Footprint Assessment Manual*. Earthscan, 2011.
- [Hos09] Rebecca Hosking. *A Farm for the Future*. <https://vimeo.com/136857929>. 2009.
- [JBC84] Wes Jackson, Wendell Berry en Bruce Colman, red. *Meeting the expectations of the land: essays in sustainable agriculture and stewardship*. San Francisco: North Point Press, 1984.
- [kli19] klimaat.be. *De verschillende broeikasgassen*. <https://klimaat.be/klimaatverandering/oorzaken/broeikasgassen>. 2019.
- [Lam90] Nicolas Lampkin. *Organic Farming*. Farming Press, 1990. ISBN: 0-85236-191-2.
- [Lan74] J.M. Lange. *De energiehuishouding in de Nederlandse landbouw*. Tech. rap. 12. Wageningen: IMAG, 1974.
- [Lea76] Gerald Leach. *Energy and food production*. Guildford: IPC science en technology press, 1976. ISBN: 0902852558.
- [LEI50a] LEI. *Diverse gegevens*. 1950–2015.
- [LEI50b] LEI. *Landbouwcijfers, Tuinbouwcijfers en Land- en tuinbouwcijfers*. 1950–2015.
- [LLB84] Amory B. Lovins, L. Hunter Lovins en Marty Bender. “Energy and Agriculture”. In: *Meeting the expectations of the land*. Red. door Wes Jackson, Wendell Berry en Bruce Colman. San Francisco: North Point Press, 1984, p. 68–86.
- [Mor06] Faith Morgan. *The Power of Community: How Cuba Survived Peak Oil*. https://en.wikipedia.org/wiki/The_Power_of_Community:_How_Cuba_Survived_Peak_Oil. 2006.

- [Rij16] Rijksinstituut voor Volksgezondheid en milieу. *Nederlands Voedingsstoffenbestand*. Bilthoven, 2016.
- [Roc+99] J. Rockström e.a. *Linkages among water vapor flows, food production, and terrestrial ecosystem services*. <http://www.consecol.org/vol3/iss2/art5/>. 1999.
- [RVO50] RVO. *Diverse gegevens*. 1950–2015.
- [SH07] M.N. Sevenster en D.H. Hueting. *Energieverbruik in de veevoederketen*. Tech. rap. 07.61.36.01. Delft: CE Delft, 2007.
- [Smi18] Meino Smit. “De duurzaamheid van de Nederlandse landbouw: 1950 – 2015 – 2040”. Proefschrift. Wageningen University, sep 2018.
- [SS74] J S Steinhart en C E Steinhart. “Energy use in the U.S. food system”. In: *Science* 184.4134 (apr 1974), p. 307–316. DOI: 10.1126/science.184.4134.307.
- [TK13] P. Teehan en M. Kandlikar. “Comparing Embodied Greenhouse Gas Emissions of Modern Computing and Electronic Products”. In: *Environmental Science & Technology* 47 (2013), p. 3997–4003.
- [TNO15] TNO. *Materialen in de Nederlandse economie - Een kwetsbaarheidsanalyse*. <http://resolver.tudelft.nl/uuid:4e88e2fb-d7fa-403d-a135-d42201c0de8a>. Delft, 2015.
- [Uni20] University of Leeds. *Shining a light on international energy inequality*. https://www.leeds.ac.uk/news/article/4562/shining_a_light_on_international_energy_inequality. Mrt 2020.
- [Whi11] Patrick Whitefield. *The earth care manual*. 2de ed. Permanent Publications, 2011. ISBN: 978-1-85623-279-1.