

De échte kost van voedsel

Eric Seynaeve

26 februari 2022

i

Hier de quote of zo

Dankwoord

Nog een woordje van dank.

Inhoudsopgave

Dankwoord	ii
Lijst van figuren	vii
I Inleiding	1
1.1 De conceptie van dit werkstuk	2
1.2 Wat kan je van dit werkstuk verwachten	3
1.3 Voorstelling van de problematiek	3
1.3.1 De types relaties die we gaan beschouwen	4
1.3.2 Gebruik van een natuurlijk hulpmiddel	5
1.3.3 Gebruik van een werktuig die gemaakt wordt door iemand anders	6
1.3.4 Gebruik van een grondstof die zelf verwerkt moet worden . .	7
1.3.5 Een sprong naar vandaag	8
II De doctoraatsthesis van Meino Smit	11
2 De voortuin	12
2.1 Wie is Meino Smit?	12
2.2 Waarom heeft ie dat doctoraat gedaan?	12
2.3 Wat kan je verwachten van deze samenvatting?	13
3 Start van de rondleiding	15
3.1 Achtergrond	15
3.2 Productiefactoren	16
3.2.1 Grond	16
3.2.2 Kapitaal	17
3.2.3 Arbeid	17
3.3 Een paar definities	18
3.3.1 Landbouw	18
3.3.2 Duurzaamheid	18
3.3.3 Kengetallen	19
3.3.3.1 output	19
3.3.3.2 input	19
3.3.3.3 arbeid	19
3.3.3.4 landgebruik	19
3.3.4 Directe / indirecte productiefactoren	19
3.3.5 Hernieuwbare / niet hernieuwbare productiefactoren	21

4 De fundamenten: wat en hoe	22
4.1 Onderzoeksvragen	22
4.2 Efficiëntie van de landbouw	23
4.2.1 Problemen met het gebruik van arbeidsproductiviteit	23
4.2.2 Problemen met een focus op de prijs	24
4.2.3 Energie efficiëntie als maat van duurzaamheid	25
4.3 De gebruikte grenzen	25
4.4 De bekende sectoren	25
4.4.1 Akkerbouw	26
4.4.2 Veehouderij	26
4.4.3 Tuinbouw	27
4.4.4 Gebouwen	27
4.4.5 Trekkers en machines	27
4.4.6 Vervoer	27
4.4.7 Dierlijke mest	28
4.4.8 Kunstmest	28
4.4.9 Micronutriënten en sporenelementen	28
4.4.10 Bestrijdingsmiddelen	29
4.4.11 Diergeneesmiddelen	29
4.4.12 Zaaizaad, poot- en plantgoed	29
4.4.13 Elektronica	29
4.4.14 Dienstverlening	30
4.4.15 Mijnbouw	30
4.4.16 Transport en infrastructuur	31
5 Een vier gangen menu	32
5.1 Het aperitief: arbeid	32
5.1.1 Directe arbeid	32
5.1.2 Indirecte arbeid	33
5.2 Voorgerecht: landgebruik	35
5.2.1 Direct landgebruik	35
5.2.2 Indirect landgebruik	35
5.2.3 Arbeidsproductiviteit als ha/FTE	36
5.3 De hoofdschotel: energie	37
5.3.1 Energetische output	38
5.3.2 Energetische input	39
5.3.3 Vergelijken van energetische output en input	40
5.3.4 Energie efficiëntie	41
5.3.4.1 Efficiëntie van energie t.o.v. grondgebruik	41
5.3.4.2 Efficiëntie van energie t.o.v. arbeid	42
5.3.4.3 Wat wil dit kengetal zeggen ?	42
5.4 Gewichtig dessert	43
5.4.1 Gewicht aan geproduceerde landbouwproducten	43
5.4.2 Arbeidsproductiviteit als ton/FTE	44
5.4.3 Opbrengsten in ton/ha	44
5.5 Een uitsmijter: vergelijken met andere studies	45

6 Werken voor je externe kost	47
6.1 Kosten geïdentificeerd in de thesis	47
6.1.1 Externe kosten van de bekende sectoren en bronnen ervan .	47
6.1.2 Andere aangehaalde externe kosten	53
6.1.3 Dit zelf doen	54
6.2 De waarde van een externe kosten bepalen	54
6.3 Impact van de externe kosten op de kost van de landbouw	56
6.3.1 Impact besproken bij kengetallen	56
6.3.2 De economische impact van externe kosten	57
7 Een bureau vol elektronica	59
7.1 Externe kosten van elektronica	59
7.2 Hernieuwbare energie	60
8 Dromen over de toekomst	63
8.1 Een foute kosten/baten	63
8.2 Waarom is dit zo scheef gegroeid?	64
8.3 Het kan anders	65
9 De achtertuin	68
III 1 calorie op het bord, 10 calorieën olie?	71
10 Wie zoekt, die vindt	72
11 Landbouw in de jaren '70 (VK)	75
11.1 Energiebalans	75
11.2 Berekenen van de energie	77
11.2.1 Berekenen van de output	77
11.2.2 Berekenen van de input	78
11.2.2.1 Brandstoffen	78
11.2.2.2 Algemene methode	78
11.2.2.3 Opvallende getallen	79
12 Landbouw in de jaren '70 (VSA)	81
12.1 Energiebalans	81
12.2 Berekenen van de energie	84
13 Vergelijking van landbouwsystemen	86
14 Landbouw in het voedselsysteem	94
14.1 De verborgen energie van een boterham	94
14.2 Energiestromen in het VK van 1968	94
14.3 Energiestroom in de VSA begin jaren '70	96
14.4 Mogelijke groei van het voedselsysteem	98
IV Appendices	100
A Een aantal technische begrippen	101
A.1 Korte samenvatting van een aantal wetenschappelijke begrippen .	101

A.1.1 Joule of calorie?	101
A.1.2 Maar toch hectare?	101
A.1.3 Kilo, mega, giga, oh nee	101
A.2 Broeikasgassen	102
A.3 Opgeslagen energie	102
A.4 EROEI	102
Bibliografie	104

Lijst van figuren

1.1	Umbalio op haar eentje	4
1.2	Umbalio in haar omgeving	4
1.3	Umbalio en de omgeving van haar omgeving	4
1.4	Umbalio is de grond aan het klaarmaken met een stok	5
1.5	Umbalio, de stok en de boom	5
1.6	Umbalio met een hak	6
1.7	Umbalio met een hak en Gornan die de kop aan het klaarmaken is	7
1.8	Umbalio met koperen hak en alles errond	8
1.9	Umbalio met koperen hak en milieu impact.	8
1.10	Umbalio in tractor	9
1.11	De complexiteit van de landbouw groeit	9
1.12	Het volledige, vervuilde, plaatje	10
4.1	De klassieke manier om naar arbeidsproductiviteit te kijken: enkel directe productiefactoren worden meegenomen.	23
4.2	Een meer volledig plaatje om de input van de Nederlandse landbouw te bepalen.	24
4.3	Verdeling van het aandeel mijnbouw voor de Nederlandse landbouw.	31
5.1	Klassiek beeld van arbeid in de Nederlandse landbouw	32
5.2	Een meer reëel beeld van de arbeid in de Nederlandse landbouw	33
5.3	Klassiek beeld van het landgebruik in de Nederlandse landbouw	35
5.4	Landbouwareaal per inwoner	35
5.5	Totaal aan gebruikte grond voor de Nederlandse landbouw	36
5.6	Totaal landbouwareaal per inwoner	36
5.7	Arbeidsproductiviteit in de Nederlandse landbouw	37
5.8	Arbeidsproductiviteit op verschillende manieren bekijken	38
5.9	Energetische output van de Nederlandse landbouw	38
5.10	Verhouding van de sectoren in de energetische output	38
5.11	Output per sector, geschaald ten opzicht van de waarde in 1950.	39
5.12	Input voor de Nederlandse landbouw	39
5.13	Totaalplaatje van energie	40
5.14	Energetische waarde/ha, rekening houdend met het grondgebruik.	41
5.15	Energetische waarde/FTE	43
5.16	Gewicht geproduceerde landbouwproducten	43
5.17	Verhouding van de sectoren volgens gewicht	44
5.18	Output in gewicht, geschaald ten opzicht van de waarde in 1950.	44
5.19	Arbeidsproductiviteit in ton/FTE	45
5.20	Opbrengsten per landoppervlak	45
7.1	De EROEI van een aantal energiebronnen [Smi18, p. 32 naar Hall, 2008]	61

7.2 Energieverbruik per persoon en per jaar	62
8.1 Arbeid	66
8.2 Landgebruik	66
8.3 Output in gewicht	66
8.4 Energie	67
8.5 Energetische verhouding, rekening houdend met landgebruik	67
10.1 Input/output verhoudingen van verschillende landbouw systemen. . .	73
11.1 Totale energieconsumptie landbouw in VK (1950-1972).	75
11.2 Gebruik van kunstmest en verhoging van de output.	76
12.1 Opdeling van energieverbruik van de landbouw (VSA 1940-1970). .	82
13.1 Vergelijking van energie efficiëntie van verschillende landbouwsystemen.	87
13.2 Gebruik van spierkracht vs. EROEI in verschillende landbouwsystemen.	88
13.3 Gebruik van spierkracht vs. EROEI voor rijst en mais.	89
13.4 Efficiëntie van een gemend bedrijf in functie van het aandeel dieren.	89
13.5 Input versus output van verschillende landbouwsystemen.	91
14.1 Energieverdeling voor het maken van brood.	95
14.2 Energiestromen in het voedselsysteem (VK, 1968).	96
14.3 Energiestromen in het voedselsysteem (VSA, 1940-1970).	97
14.4 Verloop van input en output van het voedselsysteem in de VSA (1940-1970).	98
14.5 Verloop van boerderij output en werkuren in functie van input (VSA 1920-1970).	99
A.1 Schema van energieverlies in de productie van olie	103

Deel I

Inleiding

Hallo beste lezer. Bedankt om dit verdiepend werkstuk eens vast te nemen. Hopelijk kan het je genoeg boeien en kun je er interessante informatie uit vinden.

1.1 De conceptie van dit werkstuk

Dit werkstuk is een kind van Landwijzer opleiding tot biodynamische landbouwer. Wat was de drijfveer om eerst met die opleiding te beginnen en dan 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 45e echt iets goed realiseren. Zo iets waarvan je kunt zeggen: „de wereld is beter achtergelaten ten opzicht van hou hij hem gekregen heeft”.

Maar waarom landbouw? 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 heeft me geïnspireerd: een project met schoonheid, permacultuur, verbetering van de natuur en ook nog eens commercieel leefbaar.

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

Dus 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 MJ van de sandwich op je bord te kunnen plaatsen, er in het totaal 10 MJ nodig zijn. Dat is een stelling die verschillende mensen in de permacultuur wereld regelmatig aanhalen.

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 de 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, ...). Dat noemt men de externe of ook maatschappelijke kosten.

Maar welke externe kosten zijn er 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 nood had aan meer cijfermateriaal.

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

¹<https://transitionnetwork.org/>

²<https://www.fermedubec.com/>

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 externe kosten die meespelen in de landbouw. Ik weet dat er bij mij van tijd tot tijd lampjes gingen 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 verrassingen.
- dat achter de échte kost komen geen eenvoudige materie is. Er is niet één methode die alles omvat.
- een samenkommen van de puzzelstukjes aan de hand van een aantal voorbeelden van het bepalen van externe kosten.

Dit zal gebeuren aan de hand van een literatuurstudie. Dat klinkt als een inleiding tot een werkstuk dat een prima alternatief is voor het tellen van schapen. Hopelijk is het gelukt om de stijl luchtig te houden.

Door te tijd die aan dit werkstuk besteed kan worden zal het 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 externe 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

Wat is dat eigenlijk, een externe kost? In het kort gezegd is dat een kost die niet meegerekend wordt bij de kost van een product, of dit nu in tijd, euro's, milieuschade, . . . uitgedrukt wordt. Sommige van deze kosten worden meegenomen waardoor ze geïnternaliseerd worden. Maar de meeste externe kosten blijven extern.

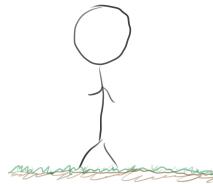
Een voorbeeld maakt dit veel duidelijker.

Laten we Umbadio introduceren. Umbadio is een boerin die ons gaat helpen door in verschillende tijdperken te boeren en zo het concept van externe en interne kosten duidelijk te maken.

Voor 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. Andere delen van dit werkstuk gaan dichter bij werkelijke feiten liggen.

1.3.1 De types relaties die we gaan beschouwen

Als eerste tijdperk vinden we Umbalio in de prehistorie. Voorlopig is zij nog geen boerin, zoals je ziet in figuur 1.1.



Figuur 1.1: Umbalio op haar eentje

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



Figuur 1.2: Umbalio in haar omgeving

Hier is Umbalio al iets meer verbonden. Zij geniet van het zonlicht en de regen. Zij ademt zuurstof in en koolstofdioxide en waterdamp uit. Ze eet planten en dieren waardoor ze ook de omgeving voedt met urine en uitwerpselen. Zo kunnen we natuurlijk nog een heel aantal verbindingen met de omgeving bedenken.

Je kunt ook een stap verder gaan en kijken wat de verbindingen zijn van de zaken die Umbalio consumeert (Figuur 1.3).



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 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 en regenwormen zetten de

uitwerpselen om in compost. De boom neemt koolstofdioxide op en geeft zuurstof af.

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

Dit gaat natuurlijk te ver want we zouden ons verliezen in teveel details. Deze zijn interessant voor een ecoloog maar we zoeken nu eerder naar verborgen (lees: door mensen veroorzaakte) effecten. Vandaar dat we alle „eenvoudige” natuurlijke relaties niet gaan beschouwen.

We hebben dus het volgende geleerd:

- een organisme (bv. een persoon) is verbonden met veel natuurlijke organismen en processen.
- deze natuurlijke relaties nemen we niet mee bij het bekijken van interne en externe kosten.

1.3.2 Gebruik van een natuurlijk hulpmiddel

Umbalio wilt natuurlijk iets doen. Voedsel verbouwen. 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.



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

Nu gebruikt Umbalio iets dat niet van haar eigen lichaam is: de stok. Hierdoor 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. Het gedeelte dat ze zelf op eet moeten we niet meerekenen want dat is interne keuken van het proces „landbouw”. Het gedeelte dat ze met anderen van haar clan deelt, is de eigenlijke 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?



Figuur 1.5: Umbalio, de stok en de boom

Dit hoeft niet omdat dit terug een „eenvoudige” natuurlijke relatie is. De stok moeten we wel blijven beschouwen want dit is een hulpmiddel die buiten het lichaam van Umbalio bestaat.

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

We hebben dus een paar nieuwe zaken geleerd:

- een deel van de oogst kan gebruikt worden voor eigen behoefté. Deze moet je niet in rekening brengen bij het beschouwen van de grootte van de oogst.
- hulpmiddelen moeten geïnventariseerd worden.
- 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 tealten waarvoor het hulpmiddel ingezet wordt.

1.3.3 Gebruik van een werktuig die gemaakt wordt door iemand anders

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 door haar werk. Dat is weergegeven in figuur 1.6.



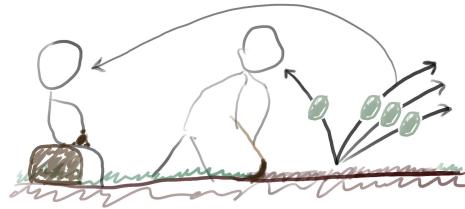
Figuur 1.6: Umbalio met een hak

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 in de prehistorie!). Om de silex in de juiste vorm te krijgen, heeft Umbalio hulp nodig van Gornan, de stenen expert van haar clan. Dit is een extra relatie die we in rekening moeten brengen zoals in figuur 1.7.

Net zoals voorheen moeten we de 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 steen, inclusief een deel van de tijd die hij nodig had om te leren stenen te hakken.



Figuur 1.7: Umbalio met een hak en Gornan die de kop aan het klaarmaken is

Zolang deze indirecte kost niet opgemerkt én in rekening gebracht wordt, is het een externe kost.

We zien nog iets speciaals. Gornan eet een deel van de oogst van Umbalio zodat hij energie heeft om de hak te maken! Dit deel moet van de oogst afgetrokken worden omdat het enkel gebruikt wordt door Gornan om de kop van haar hak te maken. In dit voorbeeld kunnen we er wel van uitgaan dat dit aandeel verwaarloosbaar is, maar dat is niet altijd zo.

Weer hebben we nieuwe dingen geleerd:

- van de oogst kunnen er delen afgenomen worden om extern zaken te maken die nodig zijn voor het telen.
- de indirecte tijd (of grondstoffen of energie) die extern nodig is om hulpmiddelen te vervaardigen moet je in rekening brengen. Dit inclusief een deel van de tijd (of grondstoffen of energie) nodig om zover te komen dat die hulpmiddelen gemaakt kunnen worden.

1.3.4 Gebruik van een grondstof die zelf verwerkt moet worden

We nemen nu een sprong in de tijd tot het bronzen tijdperk. Een klein-klein-klein dochter van Umbalio (die toevallig ook Umbalio noemt) gebruikt een verbeterde hak met bronzen kop. Deze is klaargemaakt door Borjan, een klein-klein-klein zoon van Gornan.

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

Kalian en Mapran hebben op hun beurt nood aan koperen scheppen en houwelen. Voor het transport van de ertsens 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 dan zien dat de indirecte kosten voor het verbouwen van het voedsel toegenomen zijn. Er zijn meer mensen bezig met het maken van werktuigen. Natuurlijk wordt die tijd ook gebruikt om andere zaken te maken, dus niet de volledige tijd moet doorgerekend worden.

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,.... We gaan ervan uit dat het hout dat hij verftuukt natuurlijk terug aangevuld kan



Figuur 1.8: Umbalio met koperen hak en alles errond



Figuur 1.9: Umbalio met koperen hak en milieu impact.

worden.

De dagmijn van Kalian en Mapran zorgt voor kaalslag op de omgeving en steenafval. Dit kan genezen maar zal maar zeer langzaam gaan omdat de vruchtbaarheid terug opgebouwd moet worden.

We hebben ook nog niet vermeld dat Mapran eigenlijk Kalian aan het uitbuiten is en dat Kalian mank loopt door een werkongeval.

Dit zijn externe kosten die de hele clan benadelten. Deze kosten moet voor een deel doorgerekend worden aan het werk van Umbalio waardoor die maatschappelijke kosten geïnternaliseerd worden.

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.
- we beginnen nu duidelijk externe kosten te zien die door de maatschappij gedragen moeten worden. Deze kunnen wel of niet in rekening gebracht worden.

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. 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? Ze doet ook aan de bij ons gangbare landbouw.

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



Figuur 1.10: Umbalio in tractor

Oh, maar nog een stap verder (figuur 1.11b) heb je ijzererts nodig. En bouwmaterialen om de fabriek te maken. De fabriek zelf gebruikt ook energie. Kunst mest wordt van gas gemaakt. Bestrijdingsmiddelen hebben ook fossiele brandstoffen nodig.

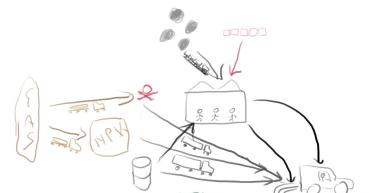
Maar dit allemaal ontstaat ook niet op een natuurlijke manier (figuur 1.11c). Je hebt olievelden en boorplatformen nodig. Raffinaderijen moeten ruwe olie bruikbaar maken. Mijnen zorgen voor grondstoffen. Zo goed als alles heeft fossiele brandstoffen nodig. En om de kringen helemaal te sluiten hebben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

Vergeet ook niet dat er nog eens veel transport nodig is van grondstoffen en brandstoffen. Er zijn veel mensen die werken om dit allemaal gedaan te krijgen.

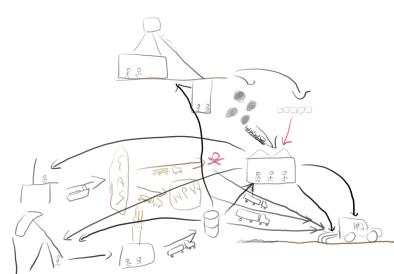
Het wordt dus een heel kluwen aan afhankelijkheden die ervoor zorgen dat Umbalio eten kan produceren.



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



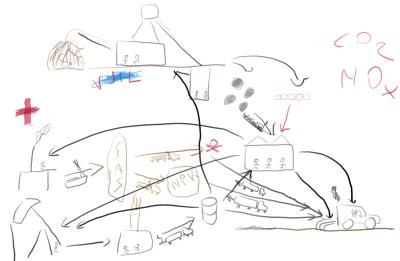
(b) ... is meer dan je denkt.



(c) Zelfs veel meer!!

Figuur 1.11: De complexiteit van de landbouw groeit

In heel dit kluwen hebben we ook duidelijke maatschappelijke kosten (figuur 1.12) zoals vervuiled water, CO_2 , NO_x , Er zijn ook medische kosten en afval. En we vergeten nog heel wat factoren.



Figuur 1.12: Het volledige, vervuilde, plaatje

We zijn 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 maatschappelijke kosten.
- je systeem wordt kwetsbaarder aan storingen.
- 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.

Deel II

De doctoraatstheses van Meino Smit

Hoofdstuk 2

De voortuin

Welkom in het huis van de Nederlandse landbouw. Met dank aan de architect Meino Smit is hier een sterk gebouw neergezet. Heel het plan is uitgetekend om externe kosten in het daglicht te kunnen zetten.

2.1 Wie is Meino Smit?

Hij is een biologische akkerbouwer sinds 1996.

Hier voor 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 doctoraatsthesist 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 factoren bekeken vanaf 1950, het moment dat de grote industrialisatie van de landbouw opmars begon te maken, tot 2015. Dit brengt de invloed in kaart van de ontwikkeling van een vrij traditionele vorm van landbouw tot de hedendaags gangbare 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 berekenen en wat er de impact is van ze in rekening te brengen.

Zijn doctoraatsthesist is wel heel interessant om mee te nemen omdat hij niet alleen een aantal factoren opsomt die meestal niet meegenomen worden bij het bekijken van de kosten, hij geeft ook inzicht in hoe ze bepaald kunnen worden. Dat samen met duidelijke kanttekeningen van de beperkingen en onzekerheden die eraan vast hangen. Hij is hiervoor diep in de archieven gedoken om cijfers op te

zoeken vanaf 1950 tot zover het kon. Dat is een huzarenstuk waar we alleen maar respect voor kunnen hebben.

Een belangrijke opmerking is wel dat Meino Smit de Nederlandse landbouw vergeleken heeft over de tijd heen, maar geen onderscheid gemaakt heeft tussen gangbare, biologische en biodynamische landbouw. Dus alle cijfers gelden voor de landbouw in het algemeen.

2.3 Wat kan je verwachten van deze samenvatting?

Aangezien de insteek van Meino's doctoraatsthesis en dit verdiepend werkstuk anders is, is dit geen samenvatting van zijn werk. De focus is hier meer op het opsporen van de externe kosten die hij bespreekt, in welke bronnen hiervoor waarden gevonden kunnen worden en welke impact het in rekening brengen van de kosten kunnen hebben.

Ook is de diepgang verschillende doordat we een ander doelpubliek voor ogen hebben. Meino Smit heeft geschreven voor een academisch publiek. Ik probeer een meer populair werk te schrijven waardoor een andere stijl gehanteerd wordt, maar ook worden er veel achtergronden, punten en komma's niet vermeld. Diegenen die hunkeren naar meer details, verwijst ik naar het werk zelf.

Om een duidelijk onderscheid tussen de opdeling in dit werkstuk en de thesis, heb ik de hoofdstukken benoemd naar een huis waar we op bezoek gaan. Op dit moment staan we nog voor het huis en bewonderen we op de architectuur. Later gaan we binnen en bewonderen we de inrichting als volgt:

1. we komen binnen in de inkomhal (algemene inleiding). Dit komt overeen met zijn hoofdstuk 1 en delen van hoofdstukken 2 en 3.
2. daarna kijken we naar de fundamenten waarop zijn werk gefundeerd is. Dit komt overeen met delen van hoofdstukken 2, 3 en 4.
3. nu zijn we klaar om naar het hart van het huis te gaan: de keuken (de presentatie van de gegevens). Hier wordt een vier gangen menu voorgesloteld met ingrediënten uit hoofdstukken 5 t.e.m. 10.
4. 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 werkamer. Er wordt gewerkt met delen van wat we in de keuken terugvinden, samen met hoofdstuk 12 en een deel van hoofdstuk 13.
5. doorheen het proefschrift merk je dat Meino vragen heeft bij de duurzaamheid van elektronica en een overschakeling naar hernieuwbare energie bij „business-as-usual”. Dit bespreken we op het bureau waar we een bloemlezing vinden van delen van hoofdstukken 2, 6 en 8.
6. dromen over de toekomst doen we op de slaapkamer (zijn voorstel rond een duurzame landbouw in 2040). Gedroomd wordt er van voornamelijk hoofdstuk 14 met een deel van hoofdstuk 15 en 13. Hoewel het voorstel op zich geen deel uitmaakt van het doel van mijn verdiepend werkstuk, geeft het wel een goede kijk op welke gevolgen er kunnen zijn als je de externe kosten wel in rekening brengt.

7. 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.

Voor de gehele samenvatting geldt:

- voor de beknoptheid en overzichtelijkheid zijn details soms weggelaten.
- wil je meer details weten, verwijjs ik naar de doctoraatsthesis zelf. In de bibliografie vind je verwijzingen naar het werk.
- eventuele foute interpretaties of overnames in cijfermateriaal zijn niet uitgesloten en komen door mijn eigen tekortkomingen. Zie het oorspronkelijke werk voor de juiste versie. Mijn welgemeende verontschuldigingen aan Meino Smit hiervoor.

Hoofdstuk 3

Start van de rondleiding

3.1 Achtergrond

Tja, wat is landbouw? Landbouw is zowel een deel van het natuurlijke (zonnestralen, biodiversiteit, grondstoffen, ruimte, ...) als het economische (productie en consumptie door de mens) systeem. Het is een kunstmatig ecosysteem van gedomesticeerde dieren en planten. Voilà, nu weet je het.

Voor duurzaamheid is het belangrijk dat landbouw, samen de andere economische systemen, de grenzen van het natuurlijke systeem niet overschrijdt. Er mag uit het natuurlijke systeem niet meer opgenomen worden dan er aangevuld kan worden. De natuur kan ook wonderlijke dingen doen met onze afval, maar er mag niet meer afval geproduceerd worden dan dat wat het natuurlijke systeem 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 moest worden, is door Wirsénus berekend dat er nu wereldwijd meer energie gebruikt wordt in de landbouw dan dat er geproduceerd 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 de grenzen veroorzaakt verschillende effecten die in rekening gebracht moeten worden bij een eindafrekening:

- verlies aan diversiteit. Dit is niet enkel biodiversiteit maar ook een culturele diversiteit die vroeger tot uiting kwam in het gewassen, machines, klederdracht en architectuur die aangepast waren aan de lokale situatie.
- verhoging van de negatieve milieueffecten. Een goed voorbeeld zijn broeikasgassen (zie ook appendix A.2).
- verhoogde afhankelijkheid van externe input. Dit maakt het systeem zowel fysiek als geopolitiek fragiel. Het eerste uit zich in paniek door één vastgelopen 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 grond en de natuur. De verbondenheid is vervangen door een anonieme voedselproductie.

¹Het gaat bijvoorbeeld over een oogst van 13 miljard ton aan biomassa (240 EJ) tegenover een gebruik van 390 EJ aan fossiele energie [Wir07]

- vervangen van een gevoel van schaarste van energie en grondstoffen door een gevoel aan overvloed van energie en grondstoffen. 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 systeem 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 weg te werken niet doorgerekend. Als die kosten groter worden dan de baten, wordt de economische groei echter negatief beïnvloed!

Debbie Barker stelt twee belangrijke factoren voorop die nodig zijn voor het overleven van lokale gemeenschappen [Smi18, p. 23]:

1. zeggenschap over de wereldvoedselvoorziening.
2. beschikbaarheid van schoon water.

Laat dit net factoren zijn waar landbouw een belangrijke rol speelt.

3.2 Productiefactoren

We hebben net gezien dat landbouw systemen ook deel uitmaken van het economische systeem. Productiefactoren spelen dus ook hier een rol. Voor een duurzaam systeem is het uiteraard belangrijk deze in te zetten binnen de grenzen van het natuurlijke systeem!

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: minder grondgebruik bij combinatie-teelten, minder arbeid door niet-kerende grondbewerkingen, minder 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 speciale productiefactor voor de landbouw. Je hebt nu eenmaal grond nodig om aan landbouw te kunnen doen, ook voor niet grondgebonden landbouw! Daar gaan we later nog dieper op in.

De totale hoeveelheid grond kan je in een land niet veranderen. Wel kan je de functie ervan aanpassen door bijvoorbeeld meer 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 verbonden:

- 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, is 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 toeneemt dan eerst verwacht. Er moet dan ook altijd afgewogen worden of dit de verhoogde productie rechtvaardigt.

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

Ten eerste worden de invoerlijnen 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 werelddel. Een fabriek vraagt echter meer grondstoffen en energie voor het bouwen, in stand houden en afbraak dan een smidse. Transport vraagt ook energie en grondstoffen dus hoe verder weg, hoe meer hiervan nodig zijn.

Ten tweede stijgen de hoeveelheden grondstof en energie voor het maken van hetzelfde product naarmate de complexiteit ervan toeneemt. Denk bijvoorbeeld aan een moderne tractor die veel meer staal, kunststoffen en elektronica vraagt dan een tractor van pakweg 60 jaar geleden.

Ten derde gaan de zaken ook steeds minder lang mee. Hoewel een vermindering van de kwaliteit meestal als oorzaak aangehaald wordt, spelen bijvoorbeeld ook wettelijke eisen mee die maken dat zaken vervangen moeten worden in plaats van hersteld of simpelweg uitgebreid. Denk bijvoorbeeld aan verstrekken van de milieuwetgeving die ervoor zorgt dat een stal vervangen moet worden in plaats van uitgebreid.

Tot slot neemt de bevolking toe samen met de ongelijkheid in verdeling van de welvaart. Dit verhoogt de vraag naar grondstoffen en energie nog sterker.

Hierdoor zitten we in een steeds versnellende cyclus van verbruik.

3.2.3 Arbeid

Arbeid wordt bij de landbouw altijd gebruikt in combinatie met grond.

Een belangrijke 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 8)

Op welke basis ook beslist wordt om te doen (wetgevend, economisch, technisch, . . .), het belangrijkste blijft om hierbij 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 beschouwd. Paarden en ossen worden onder kapitaal gecatalogeerd.

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 veeteelt.

Ook houdt Meino Smit geen rekening met bosbouw.

3.3.2 Duurzaamheid

Duurzaamheid is het voorzien in de behoeften van de huidige generatie zonder dat dit ten koste gaat van het vermogen van toekomstige generaties om in hun behoeften te voorzien. (VN-commissie Brundtland) [Smi18, p. 41].

Bij Meino Smit wordt duurzaamheid bekeken 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 de volgende kengetallen:

1. output van de landbouw, zowel in energetische waarde als gewicht

2. input voor de landbouw, zowel in energetische waarde als gewicht
3. landgebruik van de landbouw
4. arbeid voor de landbouw

3.3.3 Kengetallen

Dit is een summier overzicht van de gebruikte kengetallen. Meer details hierover zijn te vinden in hoofdstuk [TODO].

3.3.3.1 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. We zullen in andere delen van dit verdiepend werkstuk zien dat de landbouw in de energieverbruik van de volledige voedingsketen (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 is niet meegerekend.

3.3.3.2 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 in gewicht is gekeken naar [TODO]. Hierbij is geen onderscheid gemaakt tussen directe en indirecte input.

3.3.3.3 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.

3.3.3.4 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.

3.3.4 Directe / indirecte productiefactoren

Een belangrijke bijdrage van het werk van Meino Smit is het beschouwen van indirecte productiefactoren. We gaan die hier even kort aanhalen en later meer in detail op ingaan.

Maar eerst even ingaan op de directe productiefactoren.

Directe productiefactoren

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

We kunnen bij de verschillende productiefactoren volgende directe delen onderscheiden:

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

Indirecte productiefactoren zijn een resultaat van externe kosten die er in de landbouw zitten.

We kunnen bij de verschillende productiefactoren volgende indirecte delen onderscheiden:

- 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:
 - 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:
 - 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 energie die nodig is om productiefactoren die in de Nederlandse landbouw gebruikt worden te produceren, transporteren en distribueren. Dat is weeral een zeer zin, dus wat voorbeelden:

- 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. [TODO: NA TE KIJKEN]

Uiteraard moet je voor Vlaanderen het „Nederlandse” hierboven vervangen door „Vlaamse”.

Zoals je merkt, moet de waarde van de indirecte productiefactoren berekend worden aan de hand van welk deel van de productie in de Nederlandse landbouw gebruikt wordt. Dat maakt het niet eenvoudig om deze waarde op een eensluidende manier te bepalen, waardoor die waarde voor verschillende mensen anders kan zijn. Dat maakt de discussie er niet eenvoudiger op!

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.

3.3.5 Hernieuwbare / niet hernieuwbare productiefactoren

Omdat we het over duurzaamheid hebben, is het ook belangrijk om te kijken wat hernieuwbaar is en wat niet. Kort gezegd kunnen hernieuwbare productiefactoren van nature terug aangemaakt worden³.

Bijzonder aan niet hernieuwbare productiefactoren is dat er een eindige voorraad van is. Ze kunnen dus op raken.

Voor de duurzaamheid is het belangrijk dat je hernieuwbare productiefactoren sneller terug aangevuld dan dat ze verbruikt worden. Aangezien het verbruik niet enkel in de landbouw gebeurd, moet het volledige wereldwijde verbruik over alle sectoren heen hiervoor bekijken worden. Zo kan kastanjehout duurzaam zijn als er minder kastanjobomen gekapt worden dan dat er aangeplant worden, zelfs al is het gebruik ervan in de landbouw minimaal. Als we echter te snel kastanjobomen kapten, dan is kastanjehout niet meer duurzaam.

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

³Dit is een te eenvoudige definitie maar voldoende voor de rest van deze bespreking. Strikt genomen worden bijvoorbeeld fossiele brandstoffen ook van nature aangevuld maar de tijdspanne waarop dit gebeurd is zo lang, dat we ze praktisch als niet hernieuwbaar moeten beschouwen.

Hoofdstuk 4

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.

4.1 Onderzoeksvragen

In zijn thesis definieert Meino Smit volgende onderzoeksvragen:

1. wat is duurzaamheid.
2. op welke wijze kan duurzaamheid worden bepaald.
3. hoe heeft de duurzaamheid van de landbouw zich ontwikkeld in de periode 1950 t/m 2015, op basis van
 - (a) de opbrengsten van de landbouw.
 - (b) het gebruik van energie en grondstoffen.
 - (c) het landgebruik.
 - (d) de ingezette arbeid.
4. hoe groot zijn (indicatief) de maatschappelijke kosten van de landbouw, ook in relatie tot de economische opbrengsten.
5. hoeveel voeding is nodig voor de bevolking van Nederland en hoeveel landbouwgrond is daarvoor nodig, bij zo weinig mogelijk export en import.
6. kan de Nederlandse landbouwgrond voldoende worden bemest met de reststromen van organisch materiaal die in Nederland vrij komen.
7. aan welke randvoorwaarden zal de landbouw in de periode 2016 t/m 2040 moeten gaan voldoen (akkoord van Parijs).
8. hoe zou de landbouw er dan (in 2040) uit kunnen zien.

Ik zal hier, in het kader van het bestuderen van externe kosten, vooral focussen op vragen 1 t.e.m. 4. Vragen 5, 7 en 8 behandel ik summier in de samenvatting over zijn voorstel van een landbouw van de toekomst. Hoe interessant vraag 6 ook is, hij zal niet behandeld worden omdat dit buiten het onderwerp van dit verdiepend werkstuk valt.

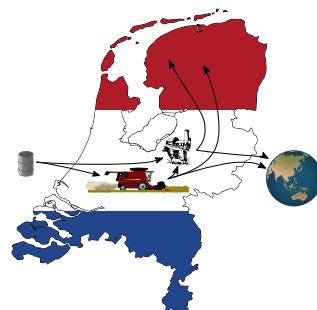
4.2 Efficiëntie van de landbouw

Aan de hand van een aantal indicatoren is het de bedoeling om het verloop van de duurzaamheid van de landbouw te kunnen beoordelen van 1950 tot 2015. Klassiek gebruikt men de arbeidsproductiviteit en economische indicatoren. Deze hebben echter een aantal problemen. Meino Smit gebruikt eerder indicatoren die gebaseerd zijn op energie.

4.2.1 Problemen met het gebruik van arbeidsproductiviteit

Klassiek wordt de efficiëntie van de landbouw gemeten in arbeidsproductiviteit: het aantal ha dat 1 voltijds equivalent bewerkt of hoeveel ton 1 voltijds equivalent oogst per jaar. Op deze basis maakt men dan economische keuzes, zowel als boer maar ook op beleidsniveau. Er zijn echter een aantal problemen verbonden aan deze manier van werken:

- een groot probleem is dat klassiek enkel gekeken wordt naar de directe productiefactoren, zoals voorgesteld in figuur 4.1. Dit klopt echter niet. Er is namelijk arbeid, grond en energie verschoven naar het buitenland of andere sectoren.

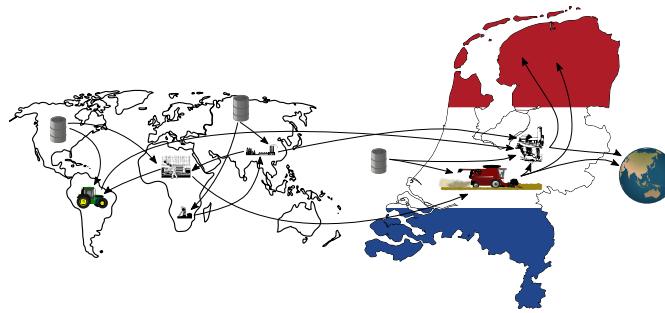


Figuur 4.1: De klassieke manier om naar arbeidsproductiviteit te kijken: enkel directe productiefactoren worden meegenomen.

- enkel naar de directe productiefactoren kijken, geven dat een stijging van arbeidsproductiviteit ook een stijging van de indirecte productiefactoren meebrengt.
- maatschappelijke kosten zoals vervuiling, uitputting van voorraden, ... worden niet bekeken in deze manier van meten. Deze kosten worden ofwel op de volledige Nederlandse maatschappij afgewenteld (bv. vervuiling van grondwater, verminderen van de kwaliteit van de omgeving), naar het buitenland verschoven (bv. vervuiling bij mijnbouw) of naar de toekomst verschoven (bv. herstel van bodemvruchtbaarheid).

Dit geeft een vertekend beeld van de efficiëntie. Op zijn minst moeten de indirecte productiefactoren meegenomen worden, zoals voorgesteld in figuur 4.2. Hierbij worden dus ook de arbeid, energie en het landgebruik meegenomen die buiten de Nederlandse landbouwsector zitten.

Maar zelfs dan geeft de arbeidsproductiviteit nog geen volledig beeld van de prestaties van de landbouw. Het is zelfs gevaarlijk om enkel hierop te focussen



Figuur 4.2: Een meer volledig plaatje om de input van de Nederlandse landbouw te bepalen.

omdat een streven naar hogere arbeidsproductiviteit leidt tot schaalvergroting om de druk op te prijzen te compenseren. Hierdoor wordt de verwevenheid van het landbouwbedrijf en de omgeving doorbroken en wordt het ook moeilijker om een ecologische dimensie toe te voegen [Smi18, p. 28].

4.2.2 Problemen met een focus op de prijs

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 bepaald de prijs de waarde van vandaag maar reflecteert het niet de kosten van morgen.
- overheidsmaatregelen zoals subsidies, importheffingen, ... beïnvloeden de afwegingen.
- energie en grondstoffen worden in de toekomst moeilijker verkrijgbaar wat nog niet meegenomen wordt in de afwegingen¹.
- niet-energetische overwegingen zoals de kwaliteit van levensmiddelen, behoud van culturele waarden, ... zijn moeilijk mee te nemen in de prijs.

Een puur economische afweging zorgt ervoor dat arbeid vervangen wordt door kapitaal. Dit verhoogt de nood aan grondstoffen en energie. Hierdoor is landbouw telkens meer afhankelijk geworden van fossiele energie. Aangezien er meer energie verbruikt wordt dan er bijkomt, verminderd dit de voedselzekerheid naar de toekomst toe.

Deze afwegingen meenemen, impliceert dat er minder kapitaal gebruikt mag worden in de landbouw. Hierdoor zal kapitaal vervangen moeten worden door arbeid. In het huidige systeem zal dat de directe kostprijs van de landbouw verhogen.

Dit houdt echter geen rekening met de impact hiervan op de maatschappelijke kosten. Als deze aanzienlijk zouden dalen, is de maatschappij dan niet beter af?

¹Bij een schaarste stijgen de prijzen van grondstoffen en energie. Enkel vertrouwen op dit marktmechanisme zorgt dat we echter te laat reageren omdat een overschakeling naar andere grondstoffen, energiedragers of een ander landbouwsysteem tijd vraagt.

4.2.3 Energie efficiëntie als maat van duurzaamheid

Om de duurzaamheid van de landbouw te meten, stelt Meino Smit voor om de zaken in energie uit te drukken. Hoewel dit ook niet alles meeneemt, zou energie een betere indicator kunnen zijn voor de maatschappelijke kosten van de landbouw dan geld 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 dan de energie efficiëntie:

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

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

Andere indicatoren worden opgebouwd met behulp van

- de gewicht opbrengsten van de landbouw
- de energetische opbrengsten van de landbouw
- de totale gewicht input
- de totale energetische input
- het totale landgebruik
- de hoeveelheid arbeid

De totale input is de directe en indirecte input samen.

Zoals aangegeven hoofdstuk 6 „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.

4.3 De gebruikte grenzen

Bij elke analyse is het nuttig om te kijken wat je grenzen zijn. Hierdoor is het duidelijk wat wel en niet meegenomen wordt.

De output bevat de Nederlandse landbouw. Zoals aangegeven in paragraaf 3.3.1, is dit zonder de niet-voedingsglastuinbouw, visserij en bosbouw. Verder wordt enkel de keten tot aan de uitgang van de boerderij beschouwd. Verdere verwerking en distributie van de voedingsmiddelen worden hier niet meegenomen.

Voor de input zijn geen geografische grenzen genomen (zie ook paragraaf 3.3.4)

In de tijd wordt er elke 5 jaar een stand van zaken genomen tussen 1950 en 2015.

Verdere gebruikte grenzen van de productiefactoren (output, input, arbeid en landgebruik) kan je vinden in paragraaf 3.3.3, „Kengetallen”.

4.4 De bekende sectoren

Bij de analyse van de gegevens, heeft Meino Smit bij 4 jaartallen meer gedetailleerde gegevens gepresenteerd: 1950, 1980, 2010 en 2015. Hierbij is de globale waarde opgesplitst in een aantal factoren.

Voor de output is dit volgens landbouwsectoren: akkerbouw, veehouderij en tuinbouw (groenten en fruit).

Voor de andere kengetallen is dit volgens sector waar die productiefactor van komt: direct (rechtstreeks gebruikt in de Nederlandse landbouw) of indirect. Indirect gaat over volgende sectoren:

- Gebouwen (voor energie nog eens onderverdeeld in „kassen” en „overige agrarische bedrijfsgebouwen”)
- Trekkers en machines
- Veevoer
- Dierlijke mest
- Kunstmest
- Micronutriënten en sporenelementen
- Bestrijdingsmiddelen
- Diergeneesmiddelen
- Zaaizaad, poot- en plantgoed
- Elektronica
- Dienstverlening
- Transport en infrastructuur

4.4.1 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.

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

4.4.2 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 beiden registratiemethodes gebruikt).

Voor het vlees werden de gewichten genomen van vlees met been. Voor pluimvee is de hoeveelheid ingeschatt 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 dus een lichte overschatting zijn van de waarden.

4.4.3 Tuinbouw

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

4.4.4 Gebouwen

De bouwsector is één van de grootste bedrijfstakken in Nederland. Ook is het een groot 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 sneller veranderen, zowel maatschappelijk als door specialisatie van de gebouwen². 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 (zie appendix A.3 op pagina 102). Daardoor kan het tientallen jaren duren vooraleer bijvoorbeeld een energieuinigere stal ook effectief een globale energiewinst boekt.

Voor kassen is er een groei in het aandeel verwarmde kassen. Deze verwarming gebeurde eerst met kolen, daarna met diesel en nu is men grotendeels overgeschakeld op aardgas. Gaandeweg is er meer automatisatie gekomen (klimaatregeling, watergift, ...) met bijhorend gebruik van elektronica.

4.4.5 Trekkers en machines

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

Het aantal trekkers en machines neemt de laatste decennia af, overeenkomend met de afname van het aantal boeren. Ook worden ze telkens zwaarder, vooral de machines. Deze laatsten krijgen een groter aandeel als bron van voortstuwing.

4.4.6 Vervoer

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

Er zijn 3 grote types vervoeder te onderscheiden:

- droog krachtvoer
- nat krachtvoer
- ruwvoer

Om de vervoeders te maken zijn een 300 verschillende grondstoffen nodig. De grootste stromen hiervan bestaan uit tarwe, mais en sojaschroot. Hiervan is Nederland afhankelijk van import. Granen voornamelijk uit Frankrijk en Duitsland,

²Vroeger had een gebouw meerder functies zoals bewoning, stal, bewaring, werktuigenberging, ... Momenteel kent men echter minder functies toe aan één gebouw.

mais uit Europa en de VS. Soja komt voornamelijk uit Brazilië en ook de VS. Van dat laatste wordt het merendeel van de import rechtstreeks of na verwerking teruggeëxporteerd.

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 leidt tot uitputting van de bodems in het buitenland en mestoverschotten in Nederland.

4.4.7 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 verstrengt en is men ook begonnen met het exporteren van de mest (al dan niet verwerkt).

Dit geeft eveneens een groei in mestverwerking, mestopslag, mesttransport en mestexport.

Gebruik van compost en zuiveringsslib zijn hier buiten beschouwing gelaten.

4.4.8 Kunstmest

Nederland is de tweede grootste producent van kunstmest in de EU met 5 producenten. 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 veel verspilling, giftig en radioactief afval. Door het gebruik van geïmporteerde krachtvoer is er echter minder nood import van fosfaat en kali. De nood aan fosfaaterts is wereldwijd ook gestegen door het afname van het gebruik van menselijke fecaliën.

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

4.4.9 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. het gebruik van deze stoffen zit voornamelijk in de industrie. Hierdoor is er concurrentie tussen de industrie en de landbouw.
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.

4.4.10 Bestrijdingsmiddelen

Er zijn 400 actieve stoffen en diverse toevoegingen (kunnen zich ook schadelijk zijn) die gebruikt worden bij bestrijdingsmiddelen. 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.

4.4.11 Diergeneesmiddelen

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

4.4.12 Zaaizaad, poot- en plantgoed

Deze zijn ofwel bekijken als interne leveringen ofwel als export.

Voor de input zijn ze niet apart meegeteld.

4.4.13 Elektronica

Met elektronica is iets raars aan de hand. De meeste producten vragen minder energie voor de productie ervan dan nodig is voor het gebruik tijdens de levensduur van het product (bijvoorbeeld een auto). Voor elektronica is dit echter omgekeerd. Dit komt onder andere omdat de levensduur van elektronische apparatuur doorgaans heel kort is.

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

Bijzonder is ook dat de bij de productie van elektronica meer afval vrijkomt dan na het gebruik. Na gebruik ontstaat maar 10% van de totale hoeveelheid afval van een elektronisch apparaat.

In hoofdstuk 7 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 boekhouding; procescomputers voor klimaatregeling, krachtvoerdosering, . . . ; robotica zoals melkrobotten; GPS gestuurde trekkers en machines; dataverzameling met sensoren, drones, . . . tot high-tech landbouw.

Meino Smit is hierbij bezorgd rond een aantal aspecten:

- de nadelen van elektronica spelen zich ver van huis af waardoor deze niet meegenomen worden in overwegingen. Denk bijvoorbeeld aan milieuvervuiling, slechte arbeidsomstandigheden, . . .
- er is een nieuwe afhankelijkheid ontstaan tussen de landbouw en bedrijven in de elektronica. De elektronica zelf kan een bron zijn van storingen en Het wordt moeilijker om zelf reparaties uit te voeren.

4.4.14 Dienstverlening

Ook binnen de dienstverlening zijn er mensen explicet bezig voor de landbouw. Dit zijn bijvoorbeeld bedrijfsadviseurs, boekhouders, ambtenaren van ministeries, onderzoekers, . . . Dit aantal staat geregistreerd in de Nationale Rekeningen.

4.4.15 Mijnbouw

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

95% van de productie van mijnbouw komt van 6 mineralen [TNO15]: ijzererts 67%, kalkzandsteen 11%, gips 5%, silica 5%, bauxiet 4%, 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 externe kosten ervan bepalen.

Ten eerste komt er bij mijnbouw 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 dus maar 0,5% zuiver koper, een gemiddelde voor de Canadese metaalmijnen is 98% afval.

Verder wordt de winning uit mijnbouw steeds minder efficiënt. De beste plaatsen werden als het eerste geëxploiteerd waardoor de kwaliteit van de erts telkens achteruit gaat. Een voorbeeld is koper: in het begin had je nog erts 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.

Tot slot is mijnbouw ook zeer onfair. De vraag en baten van de mijnbouw worden door de wereldwijde markt bepaald wat buiten de controle valt van het land waar de mijnbouw gepleegd wordt. 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. Het energiegebruik van mijnbouw wordt geschat op 7% tot 10% van het wereldenergiegebruik [Voe+13]. Aangezien de ertsgehalten in 1950 hoger waren dan in 2015 is het aandeel energieverbruik berekend op 4% in 1950, oplopend tot 9% in 2015.

Vervolgens wordt 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.

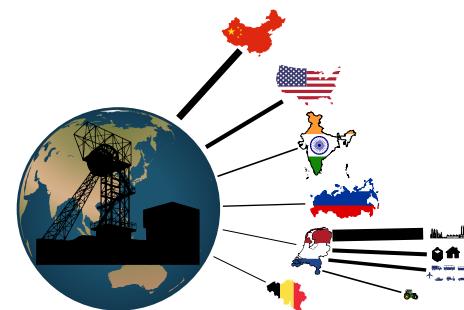
Vervolgens is dit aandeel voor Nederland dan weer opgesplitst naar sector. Industrie verbruikt ongeveer 44% van de Nederlandse energie, huishoudens en verkeer tussen 10 en 15%, ... [CBS+21]. Landbouw verbruikt zo'n 6% van de Nederlandse energie. De landbouw krijgt daardoor 6% van de energie die voor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

Dit is schematisch voorgesteld in figuur 4.3.

Voor het landgebruik is eerst ingeschat wat het wereldwijde landgebruik is van de mijnbouw aan de hand van de verplaatsde hoeveelheden aarde [Smi18, p. 69]. 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.

Voor arbeid is een gelijkaardige methode gevuld [Smi18, p. 70]. Hiervoor is zowel de tewerkstelling rechtstreeks in de mijnbouw ingeschat, als de tewerkstelling in de toelevering.

Zoals hierboven duidelijk is, zit er een grote onzekerheidsmarge op deze waarden.



Figuur 4.3: Verdeling van het aandeel mijnbouw voor de Nederlandse landbouw.

4.4.16 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 5

Een vier gangen menu

Welkom in de keuken, het hart van het huis. Hier vind je de lekkere zaken klaargemaakt en opgediend. Op het recept vandaag: kleurrijke grafieken overgoten met een (in)direct sausje, begeleid door een besprekking van de chef.

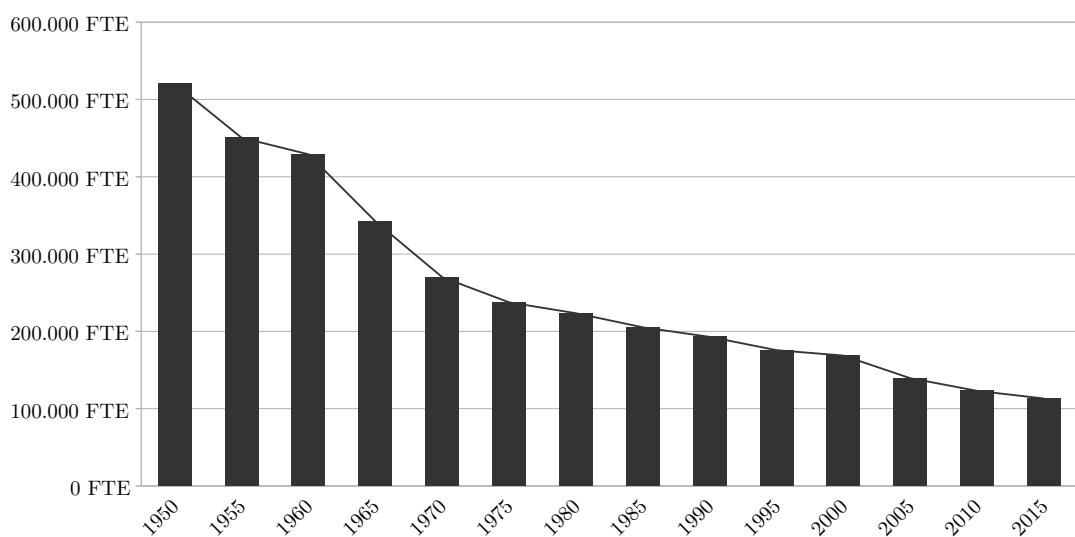
Smakelijk!

5.1 Het aperitief: arbeid

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

5.1.1 Directe arbeid

Hoeveel volk werkt er in de Nederlandse landbouw ? Standaard krijg je iets te zien zoals in figuur 5.1.



Figuur 5.1: Klassiek beeld van arbeid in de Nederlandse landbouw

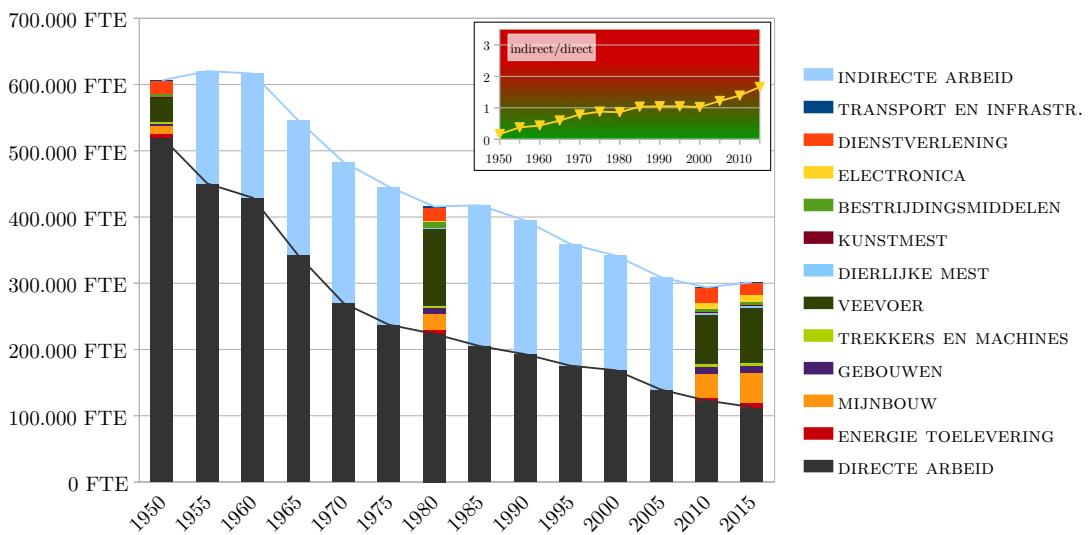
Er is een sterke afname te zien tussen 1950 en 2015, te wijten aan de mechanisatie en schaalvergroting van de landbouw. Dit is de arbeid die direct tewerkgesteld is in de Nederlandse landbouw (boeren, loonwerkers, . . .). In 2015 zijn er ongeveer vijf keer minder mensen rechtstreeks tewerkgesteld in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

Deze trend is al zeer lang geleden ingezet door de vervanging van menselijke spierkracht. Eerst door dierlijke spierkracht zoals runderen of paarden, maar vooral bij de introductie van machines is het zeer snel gegaan.

5.1.2 Indirecte arbeid

Zoals Meino Smit laat zien, is de werkelijkheid wel genuanceerder. Er is namelijk ook indirecte arbeid betrokken bij de landbouw. Tellen we die mee, dan krijgen we figuur 5.2.



Figuur 5.2: Een meer reëel beeld van de arbeid in de Nederlandse landbouw

Er is nog altijd een duidelijke afname in het aantal arbeidskrachten. Maar het is minder uitgesproken dan voorheen. In de invoeging 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 veeteelt gebruikt wordt. Of arbeiders die grondstoffen mijn 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.

Veevoer is het verbouwen van veevoer in het buitenland, de transport en verwerking van veevoer zoals fouragebedrijven, sojacrushers en de veevoederindustrie zelf. Deze laatsten zijn bevinden zich ook in Nederland zelf, maar worden klassiek niet bij de landbouwbedrijven gerekend.

Mijnbouw is het delven en raffineren van benodigde grondstoffen. Dit zijn metalen zoals ijzer voor de staal industrie, mineralen voor micronutriënten, kalk

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

voor kalkbemesting, . . . Het mijnen van fosfaten en kali zou opgenomen geweest zijn bij de kunstmest, maar hiervoor ontbraken gegevens.

Dienstverlening zijn personen die verbonden zijn met de landbouw zoals adviseurs, boekhouders, . . . maar ook een deel van de ambtenaren bij de respectieve ministeries.

Meino Smit maakt nog een aantal interessante kanttekeningen bij de soorten van gebruikt krachtbron:

- een persoon kan niet altijd nuttig bezig zijn. Ten eerste is er in de levensduur van een persoon maar een beperkte periode waarin deze actief kan zijn (grootweg tussen 20 en 70 jaar oud), in deze periode dan ook niet elk uur van het jaar (slapen, 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.
- machines hebben geen energie nodig om ze aan de gang te houden als ze niet gebruikt worden.
- de mantra vandaag is het vervangen van arbeid door mechanisatie. Hierdoor is er een uitstoot van arbeid, een stijging van de milieubelasting, een versnelde uitputting van grondstoffen, vorming van grotere organisaties.
- 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 door gebruik van simpele gereedschappen zoals een schoffel, door spierkracht aangedreven machines (kan iemand een schoffelmachine op een fiets uitvinden?) of hulpmiddelen zoals kogellagers. Hij doet dan ook een oproep om onderzoek in die richting terug op te pakken.
- 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 is belangrijk om rekening te houden met het feit dat niet alle indirecte arbeid opgenomen is in de gegeven cijfers. Bijvoorbeeld voor elektronica zijn mensen die de grondstoffen ervoor delven niet opgenomen. Ook zijn personen die nodig geweest zijn voor inpoldering, onderzoeken van voedselschandalen, landinrichting, . . . niet opgenomen. Tevens zijn er een aantal (conservatieve) schattingen gedaan in bijvoorbeeld de mijnbouw.

Het aantal personen dat indirect voor de Nederlandse landbouw tewerkgesteld is, ligt dus naar alle waarschijnlijkheid nog hoger, maar het exacte aantal is zeer moeilijk te bepalen. Dit doet echter geen afbreuk aan de trends:

- een afname van de arbeid, zowel directe arbeid als indirecte arbeid.

- een verschuiving van het directe naar indirecte arbeid.
- het aantal personen dat indirect tewerkgesteld is in de Nederlandse arbeid is groter geworden dan het aantal personen dat direct tewerkgesteld is.

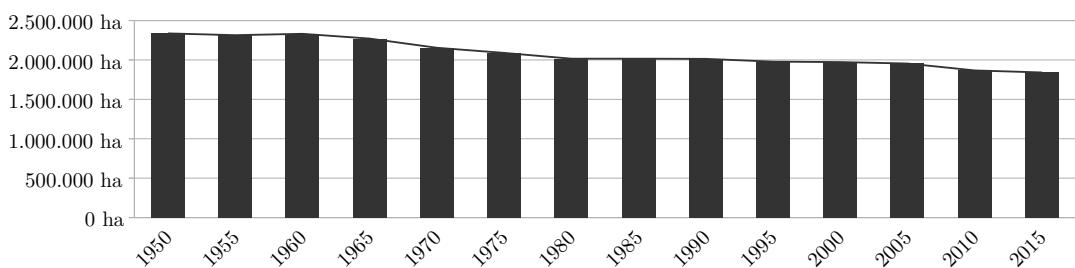
5.2 Voorgerecht: landgebruik

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

5.2.1 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 5.3.

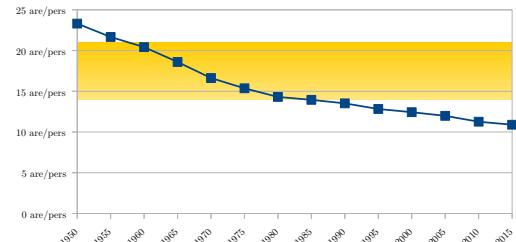


Figuur 5.3: Klassiek beeld van het landgebruik in de Nederlandse landbouw

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

Figuur 5.4 geeft het areaal landbouwgrond dat een Nederlander ter beschikking heeft. De gekleurde band geeft aan wat er per persoon nodig is om voeding te kunnen voorzien [Smi18, p. 63].

Het is dus 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?

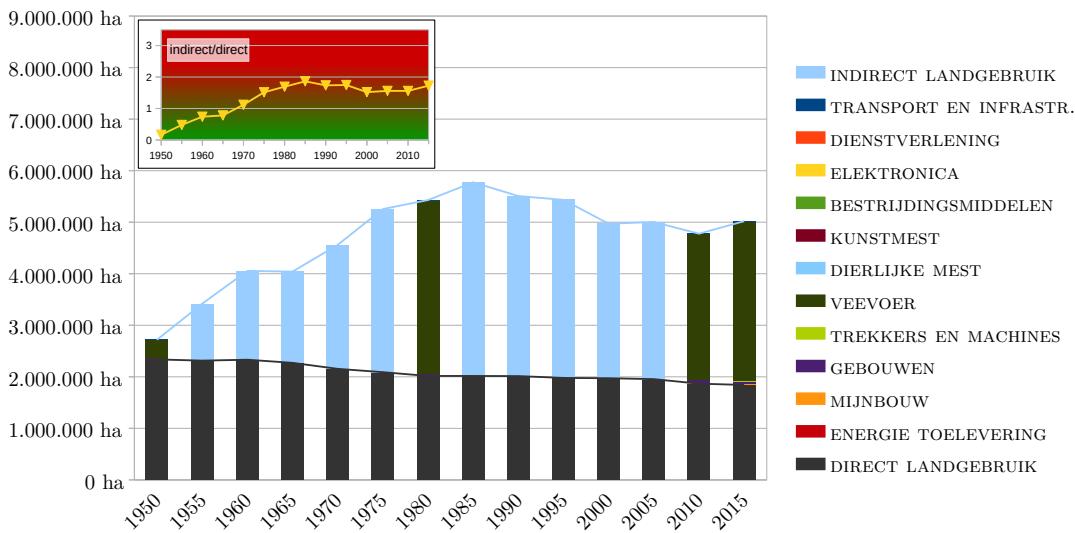


Figuur 5.4: Landbouwareaal per inwoner

5.2.2 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 5.5.

We zien nu dat het totaal landgebruik eigenlijk toegenomen is. Deze toename is quasi uitsluitend te wijten aan de import van veevoeder. Hiervan situeert zich het merendeel in de rest van Europa voor het telen van granen (1,8 miljoen hectare), gevuld door Zuid- en Centraal Amerika voor sojateelt (1,3 miljoen hectare) en Azië (0,5 miljoen hectare voor o.a. palmolie). Het is wel de vraag in hoeverre het indirecte aandeel van de mijnbouw zou stijgen als hier rekening gehouden zou worden met de milieu impact van mijnbouw.



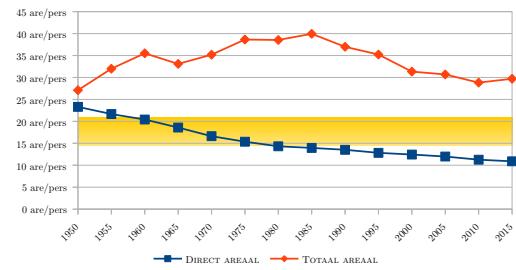
Figuur 5.5: Totaal aan gebruikte grond voor de Nederlandse landbouw

Er is in de inzet te zien dat de hoeveelheid indirect landgebruik eerst sterk is gestegen ten opzicht van de direct gebruikte landbouwareaal. Vanaf 1975 is dit gestabiliseerd rond een verhouding van 1,7. Met andere woorden: gemiddeld heeft elke hectare landbouwgrond in Nederland nog 1,7 hectare grond nodig elders.

Figuur 5.6 geeft weer wat dit betekent voor de hoeveelheid landbouwgrond die een Nederlandse inwoner ter beschikking heeft.

We zien nu dat dank zij het indirect landgebruik de Nederlandse bevolking gevoed kan worden. Ter vergelijking, wereldwijd was dit in 2015 20 are/persoon en wordt verwacht dat dit gaat zakken tot 16 are/persoon in 2050.

Wereldwijd is ongeveer 20% van het landoppervlak bruikbaar voor landbouw (ongeveer 3.000 miljoen ha). De helft hiervan is al in gebruik, de andere helft zijn bossen. Elke jaar gaat een deel grond echter verloren door slecht gebruik. Ook wordt elk jaar een deel bos omgezet in landbouwgrond (6,5 tot 11 miljoen ha), steden (1 miljoen ha) of mijnen (0,5 miljoen ha).



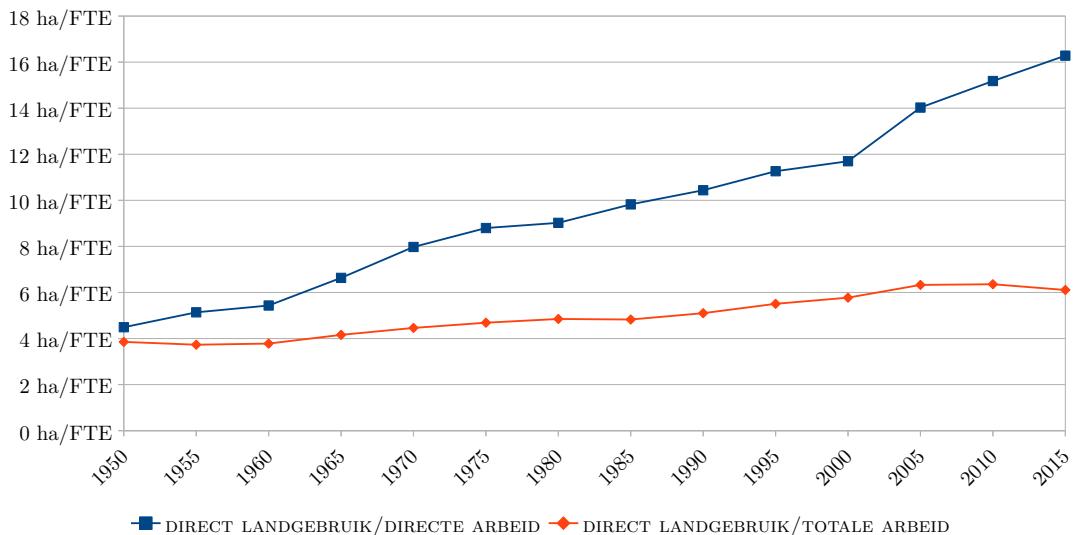
Figuur 5.6: Totaal landbouwareaal per inwoner

5.2.3 Arbeidsproductiviteit als ha/FTE

Nu we zowel zicht hebben op het aantal mensen dat in de Nederlandse landbouw tewerkgesteld is als het landgebruik is, kunnen we die zaken eens combineren. Maar dit geeft ook aan dat je met statistieken alles kunt bewijzen, dus je moet er heel voorzichtig mee zijn.

Een eerste combinatie zie je in figuur 4.1.

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 per jaar dan in 1950.



Figuur 5.7: Arbeidsproductiviteit in de Nederlandse landbouw

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 5.7. Nu is de toename in arbeidsproductiviteit 1,6, veel minder gunstig dus.

Anderzijds gebruikt een Nederlandse boer ook indirect land. Kijk je naar de totale grondoppervlakte die nodig is om de oogst van die boer te verkrijgen, dan zien het er opeens heel anders uit. In 2015 heeft een Nederlandse boer 44 ha grond nodig voor zijn oogst! Dit is dus grond rechtstreeks op zijn erf als indirect bijtoeleveranciers.

Houden we met beide factoren rekening, dan krijgen we een curve die vrij gelijkaardig is als de blauwe curve.

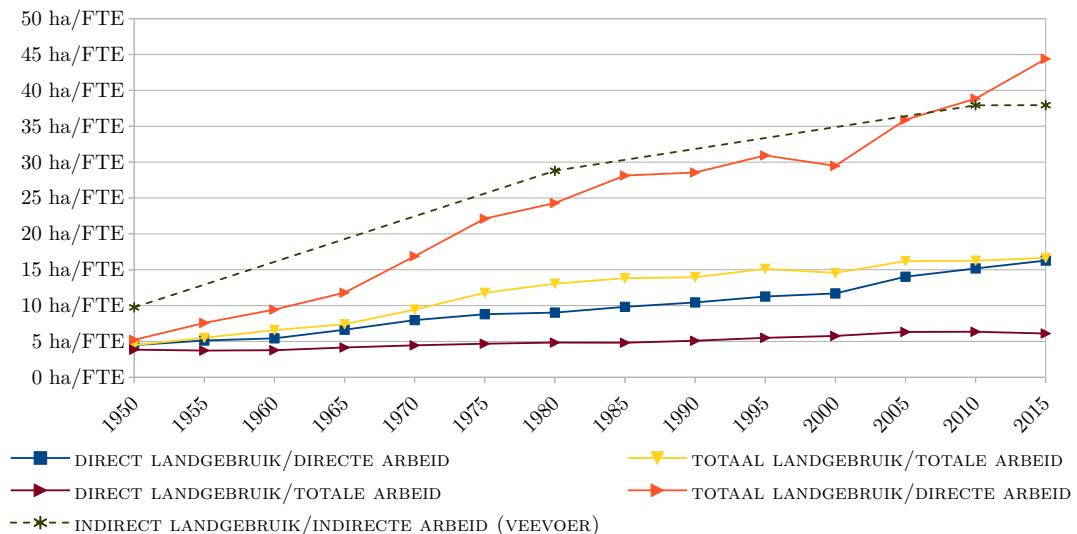
We weten dat de extra landbouwgrond quasi uitsluitend te wijten is aan veevoeders. Daarom is het interessant om de arbeidsproductiviteit van deze sector apart te bekijken. Hier zien we dat de arbeidsproductiviteit enorm hoog ligt. Dit heeft er waarschijnlijk mee te maken dat het puur over akkerbouw gaat, 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 5.8.

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. Wil je weten hoeveel grond globaal nodig is voor een Nederlandse boer, neem dan de oranje grafiek. Voor ieder wat wils!

5.3 De hoofdschotel: energie

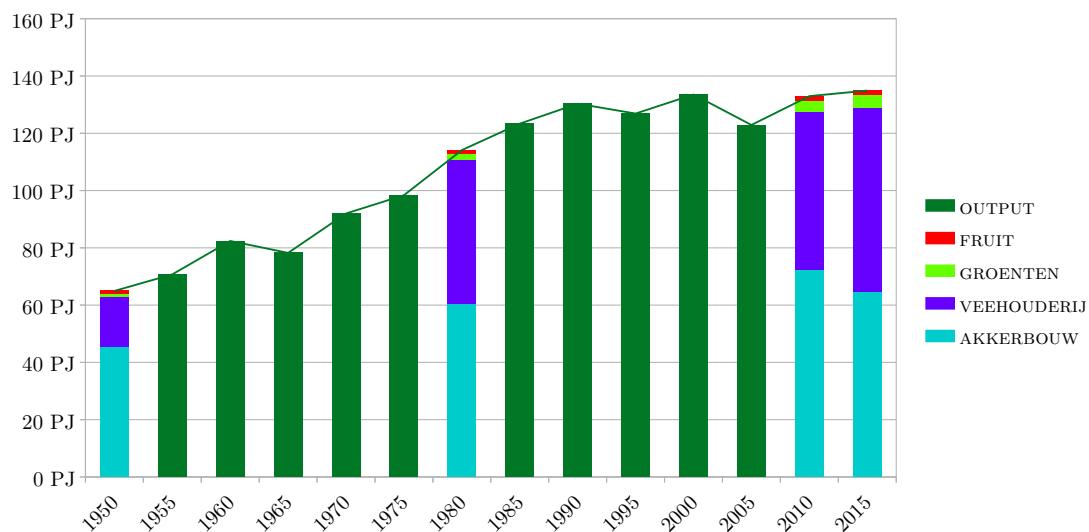
Zo, even een rustpauze vooraleer de hoofdschotel opgediend wordt. Bij energie gaan we zowel de energetische waarde van de oogst bepalen (output, zie paragraaf 3.3.3) als de energie die nodig is om de Nederlandse landbouw in gang te houden. Dit laatste heeft zowel een direct als een indirect deel.



Figuur 5.8: Arbeidsproductiviteit op verschillende manieren bekijken

5.3.1 Energetische output

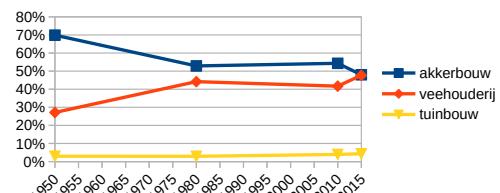
De output is in 3 sectoren opgedeeld: akkerbouw, veehouderij en tuinbouw (fruit en groenten) zoals te zien in figuur 5.9. Deze opdeling is maar in 4 jaartallen terug te vinden in het werk, vandaar dat de andere jaren enkel de totale output tonen.



Figuur 5.9: Energetische output van de Nederlandse landbouw

Voor de akkerbouw zijn de verschillen aan een aantal factoren te wijten: weersinvloeden, verschuiving van akkerbouw naar grasland en omgekeerd en het feit dat er nu meer akkerbouwmatig groenten geteeld worden. Voor de laatste een voorbeeld: vroeger werden spruiten in de tuinbouw geteeld waarbij handmatig geoogst werd. Sinds de uitvinding van een spruitenoogst machine kan dit nu akkerbouwmatig.

Bekijken we de evolutie van het aandeel van de verschillende sectoren in de output (figuur 5.10), dan zien we dat het aandeel in de akkerbouw gedaald is



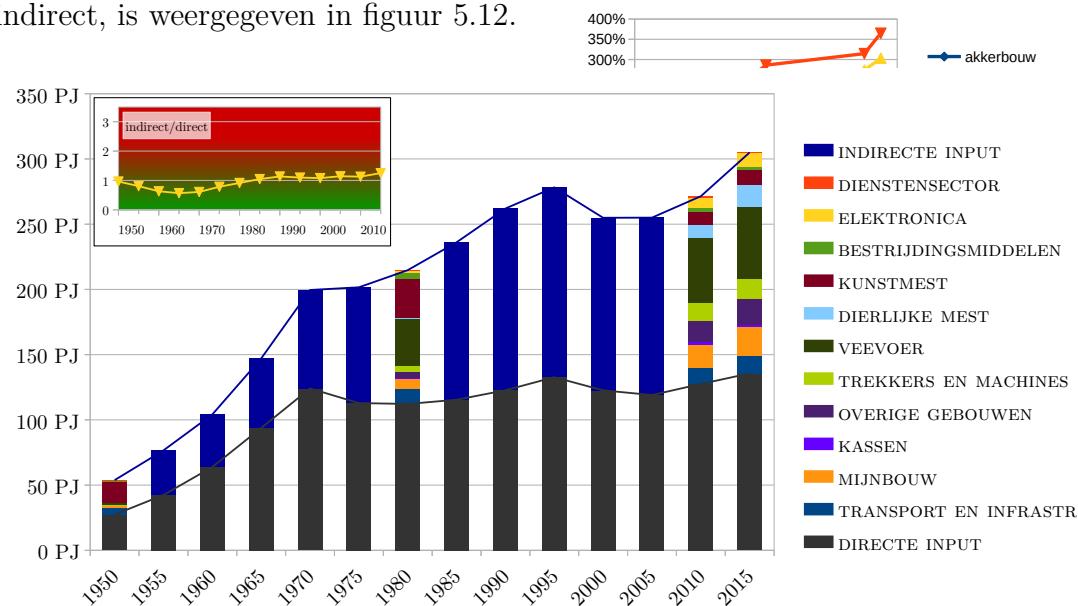
Figuur 5.10: Verhouding van de sectoren

terwijl de tuinbouw een stijging gekend heeft. De akkerbouw en de veehouderij hebben nu ongeveer een gelijkaardig aandeel in de energie die uit de Nederlandse landbouw komt.

Dit is vooral zichtbaar in figuur 5.11 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.

5.3.2 Energetische input

De energetische input, zowel direct als indirect, is weergegeven in figuur 5.12.



Figuur 5.12: Input voor de Nederlandse landbouw

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 een de input van een aantal sectoren onvolledig is of moeilijk te bepalen.

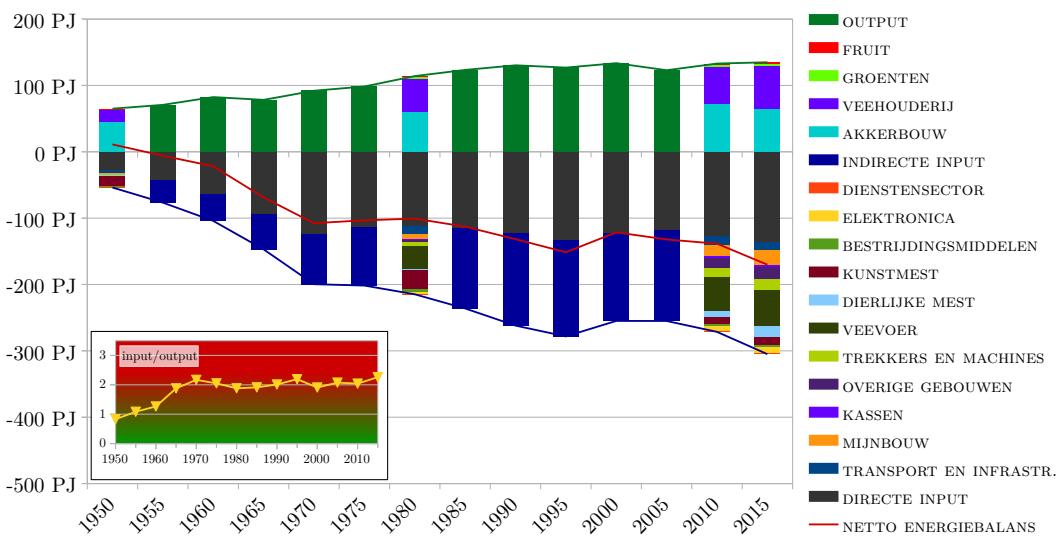
Willen we deze getallen in perspectief plaatsen, moeten we beseffen dat het volledig verbruik aan elektriciteit in België per jaar rond de 80 TWh oftewel 288 PJ bedraagt². Met andere woorden, de Nederlandse landbouw verbruikt evenveel energie als het volledige elektrisch verbruik van België.

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

Relevantie voor dit verdiepend werkstuk, is dat de indirecte energie een gevolg is van externe kosten. Deze opmerking hadden we al kunnen maken bij de vorige twee delen over arbeid en landgebruik, maar een energetische kost is eenvoudiger om te bevatten. Met de door Meino Smit geïdentificeerde energetische waarden voor die externe kosten, zien we dat deze zwaarder beginnen door te wegen dan de directe kosten.

5.3.3 Vergelijken van energetische output en input

Figuur Totaalplaatje van energie combineert beide voorgaande figuren. 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 5.13: 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 15). 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 die 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 joule voedingswaarde die de uitgang van de fabriek passeert, moet je er twee joule niet menselijke of dierlijke energie in steken³. In 1950 was er net iets meer output dan input. Daarna is een stijging te zien tot 1970 tot de verhouding 2, waarna die stabiel is gebleven. Eten is nodig dus mag wel wat kosten, maar het is uiteraard de vraag of dit niet beter kan. Het is door deze berekening wel duidelijk dat deze manier van landbouw op lange termijn niet houdbaar is.

³Onrechtstreeks is deze energie wel mee genomen want om die menselijke energie te verkrijgen, moet er gegeten worden. En het meeste gangbare eten kan niet bestaan zonder een input van fossiele energie.

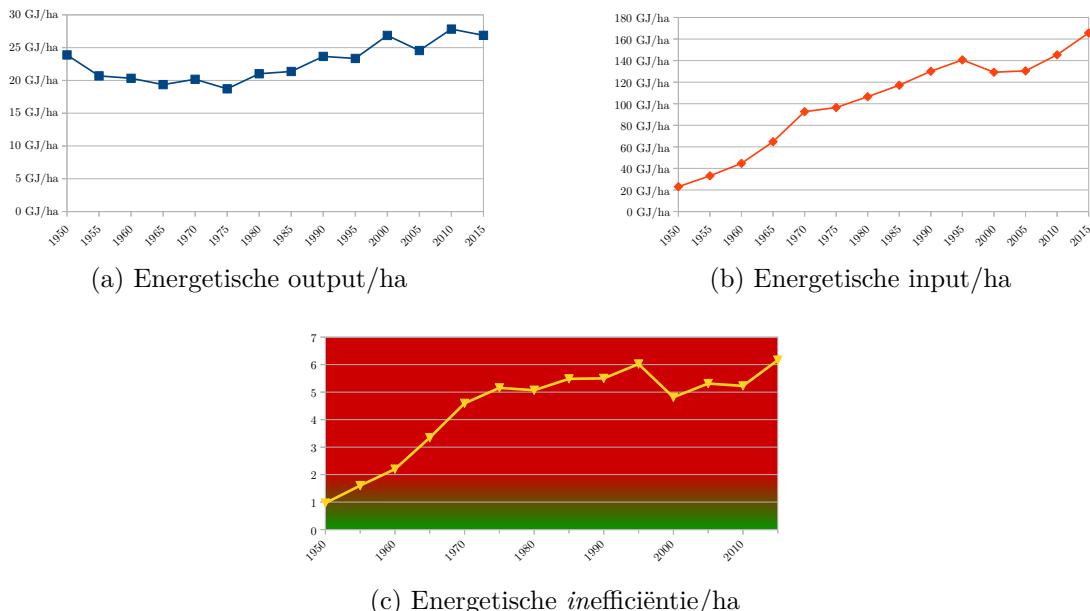
Dit is al een eerste indicatie dat het meerekenen van de externe kosten het beeld dat we moeten hebben rond de landbouw sterk kan veranderen. Met enkel de directe input zouden we een energetisch neutrale balans zien na een dieptepunt in 1970. Rekening houdend met de externe kosten, is het duidelijk dat de balans al zeer lang negatief is en alleen maar verslechtert.

5.3.4 Energie efficiëntie

Zoals uitgelegd is in paragraaf 4.2 „Efficiëntie van de landbouw”, gebruikt Meino Smit liever een maat van efficiëntie (en duurzaamheid) gebaseerd op energie efficiëntie in plaats van arbeidsproductiviteit (zoals hierboven) of economische indicatoren.

Een maat van energie efficiëntie gebaseerd op energie output is hierboven al besproken.

5.3.4.1 Efficiëntie van energie t.o.v. grondgebruik



Figuur 5.14: Energetische waarde/ha, rekening houdend met het grondgebruik.

Output per hectare Kijken we naar de 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 5.14a houdt hier dus 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. Volgens dit kengetal, is de Nederlandse landbouw over die 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 bekijken.

Input nodig per hectare Kijken we naar hoeveel input nodig is per ha landbouwgrond, dan moeten we ook hier vastleggen wat we willen zien. Het is belangrijk om rekening te houden met het grondgebruik.

Voor de input betekent dit dat we het landgebruik in Nederland zelf nemen (direct landgebruik). De input zelf is de volledige input, dus inclusief de externe kosten want dat is wat de energie die effectief nodig is om de gewassen te telen. Dit resultaat is te zien in figuur 5.14b.

Er is duidelijk een sterke stijging in de hoeveelheid energie die per hectare Nederlandse landbouwgrond nodig is. In 2015 is 7,2 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). De absolute waarde voor 2015 was minder dan de helft geweest. Dit geeft opnieuw aan hoe belangrijk het is om de indirecte energie, die gekoppeld is aan externe kosten, 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 5.14c 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 „Vergelijken van energetische output en input” komt omdat daar de absolute waarde van de energie genomen is terwijl hier de energie gebruikt versus geproduceerd per hectare bekijken is.

5.3.4.2 Efficiëntie van energie t.o.v. arbeid

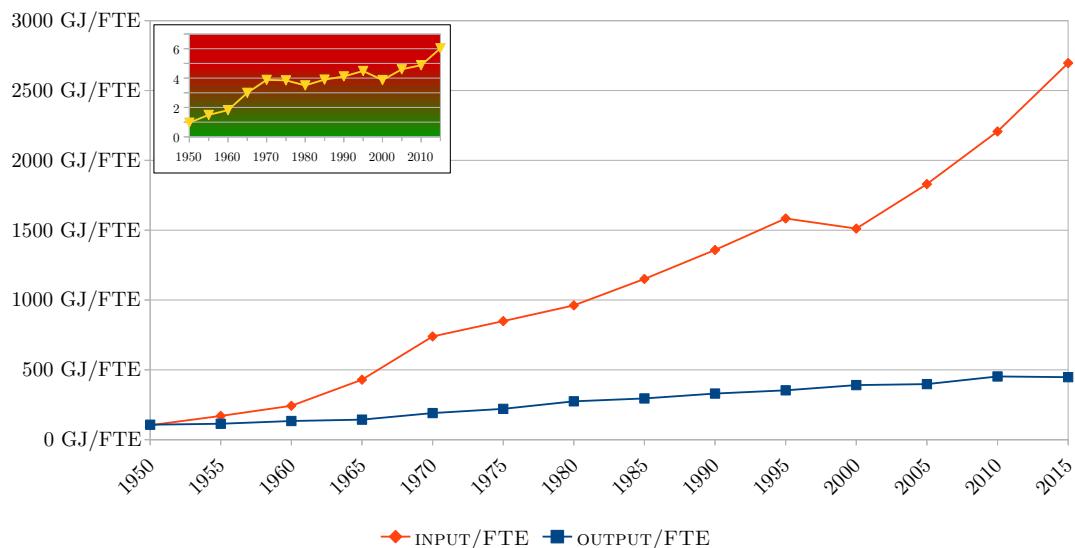
Een gelijkaardige waarde kunnen we bepalen op de totale energetische waarde nodig per Nederlandse boer of energetische output per arbeid in de Nederlandse landbouw (figuur 5.15).

De totale energie die de gemiddelde Nederlandse boer verbruikt stijgt over de bekeken periode met een factor 26! De output geleverd door een werknemer in 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).

5.3.4.3 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. Enerzijds verhoogt de in rekening gebrachte externe kost (globale energetische input per Nederlandse arbeid of landgebruik) de input zijde. Anderzijds doet de in rekening gebrachte externe kost (energetische output per globale arbeid of landgebruik) de output zijde dalen. 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.



Figuur 5.15: Energetische waarde/FTE

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

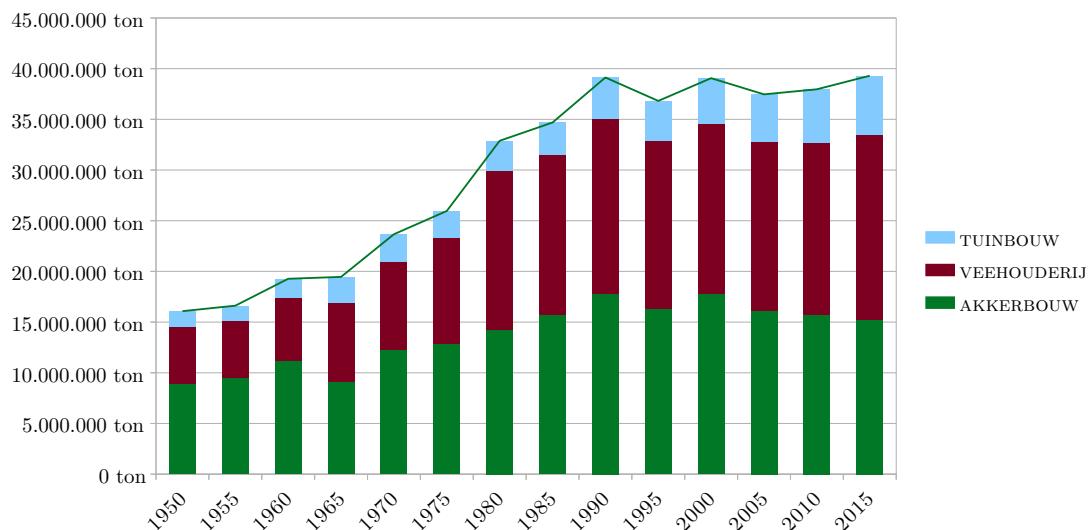
Meer kan ik er op dit moment niet achter vinden. Dat is voor betere geesten om dat uit te klaren.

5.4 Gewichtig dessert

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

5.4.1 Gewicht aan geproduceerde landbouwproducten

In figuur 5.16 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 geweest.



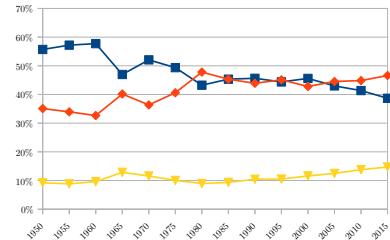
Figuur 5.16: Gewicht geproduceerde landbouwproducten

Er is terug te zien dat de output van akkerbouw eerst steeg om vervolgens af te nemen. Dit heeft te maken met dezelfde factoren als bij de energetische output: het weer, verschuiving akkerbouw naar grasland en omgekeerd en verhoging van het aantal akkerbouwmatig geteelde groenten. Ook is duidelijk te zien dat de tuinbouw en veehouderij beiden in gewicht zijn toegenomen.

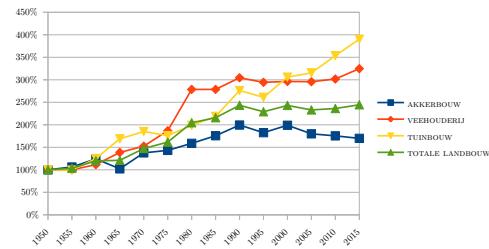
Als we kijken naar het aandeel van de verschillende sectoren in de totale output, heeft de veehouderij de koppeling overgenomen van de akkerbouw. De tuinbouw is licht aan het stijgen. Vergelijken we dit met het aandeel in de energetische output (figuur 5.10), dan valt op de het aandeel van de tuinbouw in gewicht veel groter is. Dat heeft ermee te maken dat hier het aandeel groenten redelijk groot is, maar deze hebben een laag energetische voedingswaarde.

De groei van de verschillende sectoren vanaf 1950 is weergegeven in figuur 5.18. 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 5.17: Verhouding van de sectoren volgens gewicht



Figuur 5.18: Output in gewicht, geschaald ten opzicht van de waarde in 1950.

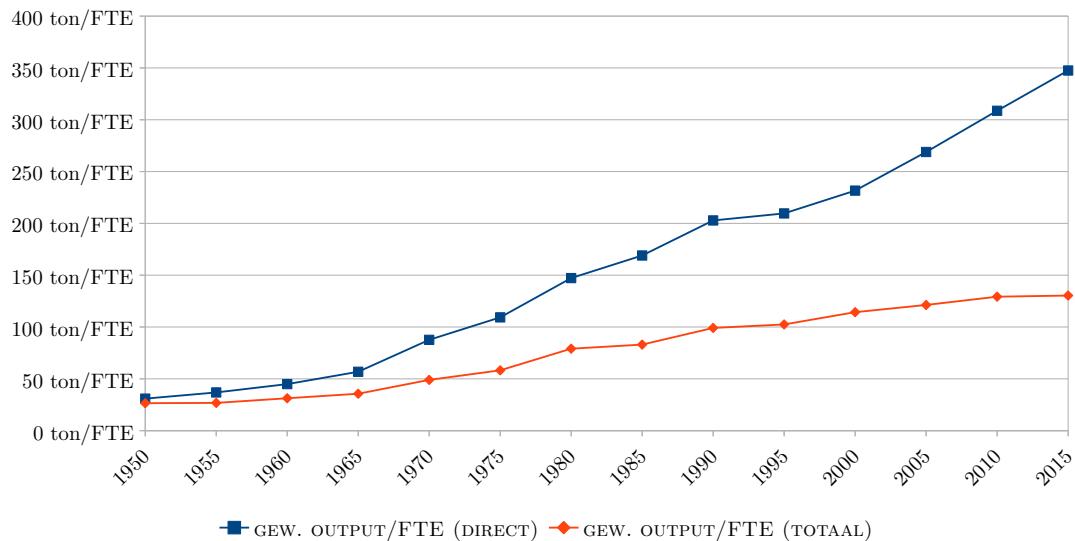
5.4.2 Arbeidsproductiviteit als ton/FTE

In figuur 5.19 vergelijken we, zoals gewoonlijk, de invloed van externe kosten op de arbeidsproductiviteit in ton/FTE.

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.

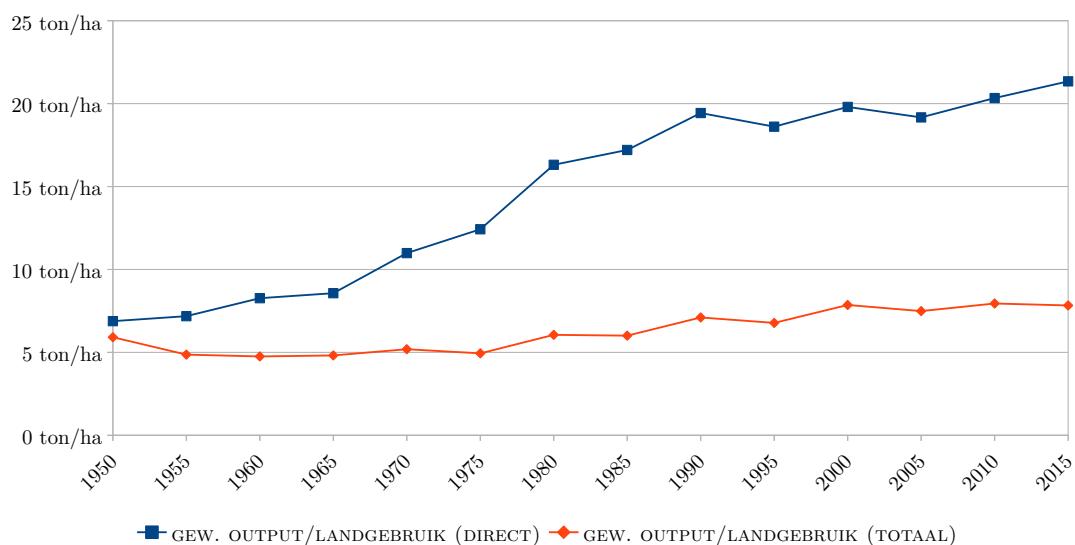
5.4.3 Opbrengsten in ton/ha

Kijken we naar het gewicht producten per hectare (figuur 5.20), 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 maar een



Figuur 5.19: Arbeidsproductiviteit in ton/FTE

factor 1,3 meer.



Figuur 5.20: Opbrengsten per landoppervlak

Dit spiegelt ook de tendens die we gezien hebben in paragraaf 5.3.4.1. Rekening houdend met de 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.

5.5 Een uitsmijter: vergelijken met andere studies

Kom, nog een afzakkertje

Meino Smit heeft de resultaten van zijn studie met andere studies die ook de benodigde energie en/of energie efficiëntie voor landbouw berekend [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 de tendensen kunnen vergeleken worden. Deze komen redelijk overeen met zijn resultaten.

Ook haalt Meino Smit regelmatig aan dat de output een overschatting kan zijn en de indirecte factoren 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 6

Werken voor je externe kost

Heeft het goed gemaakt? 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 externe kosten vinden en de waarde ervan bepalen. Dit proces wordt gedaan in de werkkamer, de eerste deur rechts.

6.1 Kosten geïdentificeerd in de thesis

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

6.1.1 Externe kosten van de bekeken sectoren en bronnen ervan

Ten eerste zijn er de externe kosten die door hem gebruikt zijn in de gegevens rond de kengetallen output, input, arbeid en landgebruik. Dit zowel voor de directe als de 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 6.1 vind je een overzicht terug van andere gebruikte bronnen voor de kengetallen.

In tabel 6.2 vind je de gebruikte bronnen per sector samengevat, tezamen met welke externe kosten beschouwd werden. Meer achtergrond bij de sectoren vind je in paragraaf op pagina 25.

Tabel 6.1: Algemene bronnen van kengetallen

Kengetal	Bronnen	Opmerkingen
Energetische output	Omgezet vanuit de gewichten met behulp van het Nederlands Voedingsstoffenbestand [Rij16]	Glastuinbouw levert door gebruik van warmte-krachtkoppeling ook netto energie die meegerekend is (fragmentarische registratie). Zie ook paragrafen 4.4.1 t.e.m. 4.4.3 op pagina 26. Deze waarde is redelijk in beeld gebracht.
Directe energetische input	Energetische waarden uit de energiebalans van Nederland [CBS16]. Grootste landgebruik door aanvoer, opslag, overslag. Speciaal 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 finaal 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 op pagina 102) met behulp van databases zoals Ecoinvent, ICE Database, IPCC, ... Specifieke bronnen voor sectoren in tabel 6.2.	Opgesloten energie kan niet altijd volledige bepaald worden, dus je krijgt een onderschatting. Lineaire afschrijving gebruikt voor producten die meerdere jaren bestaan (bv. tractor of serre). Door gebrekke gegevens, conservatief ingeschatt 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 6.2.	Meestal bepaald op een groter systeem (bv. heel Nederland) en dan geschaald naar de Nederlandse Landbouw. Door gebrekkige gegevens, conservatief ingeschat dus eerder een onderschatting.
Indirecte arbeid	Zie tabel 6.2.	Meestal bepaald op een groter systeem (bv. heel Nederland) en dan geschaald naar de Nederlandse Landbouw. Door gebrekkige gegevens, conservatief ingeschat dus eerder een onderschatting.

Tabel 6.2: Externe kosten van de bekenden sectoren

Sector	Bronnen	Productiefactoren			Opmerkingen
		Grond	Energie	Arbeid	
Gebouwen	[LEI50b], [CBS50b], [CBS50a]	Grootte gebouwen zelf (onderschatting ²) Industrie (hout, staal, beton, ...) Mijnbouw	Ingesloten energie via materiaalcalculatie ^{3, 4} Energie aanvoer bouwmateriaal Energie vervoer hulpmateriaal	Bouwen zelf Industrie Mijnbouw	Gegevens fragmentarisch beschikbaar.
Veevoer	[LEI50b], [CBS50b], [CBS50a], privé communicatie	Verbouwen veevoer in buitenland ⁵ Industrie (veevoer, sojacrushers)	Energie inhoud veevoedergrondstoffen [BM93; Bos06; SH07]	Verbouwen veevoer in buitenland ⁶ Industrie (veevoer, sojacrushers, fourage)	
Dierlijke mest	[CBS50a], [LEI50a], [RVO50], privé communicatie	Mestverwerkingsinstallaties	Mestopslag Mesttransport	Intermediairs Chauffeurs 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 materialen toegegenomen. Dit is in rekening genomen bij het bepalen van de ingesloten energie.

⁵Aanname dat de opbrengt 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 geëvalueerd van 1 FTE voor 10 ha in 1950 tot 40 ha in 2015.

Sector	Bronnen	Productiefactoren			Opmerkingen
		Grond	Energie	Arbeid	
Trekkers en machines	LandbouwMechanisatie Industrie (maandblad), Fedecom, [LEI50b], [CBS50b], diverse rapporten, gegevens leveranciers,...	Industrie (hoogovens, staal, banden, trekkers en machines)	Ingesloten energie van staal op basis gewicht	Industrie (hoogovens, staal, banden, trekkers en machines)	Rubber en elektronica niet beschouwd. Overschatting omdat de brochures de grootste machines voorstellen. Een aantal types machines niet opgenomen (bv. kiepmachines).
Kunstmest	[CBS50a], [LEI50b]	Kunstmestindustrie	Energie-inhoud kunstmest	Kunstmestindustrie	Ontbrekende gegevens fosfaat en kali mijnen
Micronutriënten en sporenelementen					Gewonnen via mijnbouw
Bestrijdingsmiddelen	[CBS50a], [LEI50b], [Lan74], Nefyto	Inschatting	Enkel hoeveelheden	Inschatting	
Diergeneesmiddelen					Te weinig gegevens
Zaaizaad, poot- en plantgoed					Niet apart meegeteld

Sector	Bronnen	Productiefactoren			Opmerkingen
		Grond	Energie	Arbeid	
Elektronica	[CBS+12], dataset van Apple, [TK13]	Fabricage, handel en datacentra	Eigen berekening	Op basis van werkgelegenheid in ICT [CBS50a]	Mijnbouw niet aparte bekeken. ICT in machines niet meegenomen.
Dienstverlening	[CBS50b]	Op basis van terreincoëfficiënt	Kantoorruimtes Woon- en werkverkeer	Op basis van toeleveringen in de landbouw	
Mijnbouw	Diverse bronnen (zie [Smi18, 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 4.4.15 op pagina 30.
Transport en infrastructuur		Goederenvervoer Wegenverkeersterreinen Wegverhardingen	Wegverhardingen Wegtransport	Vrachtwagenchauffeurs	Enkel vrachtwagen

6.1.2 Andere aangehaalde externe kosten

In hoofdstuk 12.2 haalt Meino Smit nog een aantal andere studies aan waarbij er ook externe kosten geïdentificeerd worden. Ook wordt er hiervoor een waarde gegeven, zie ook verder.

Voor een aantal studies zijn volgende externe kosten opgesomd:

- 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

Wil je inspiratie, hier een bloemlezing uit de mogelijke kosten:

- (tijdelijke) subsidieregelingen
- kosten overheid bij ziekte uitbraken
- kosten overheid bij voedselschandalen
- verkeersveiligheid
- verkeerscongestie
- geluidsoverlast
- luchtvervuiling
- watervervuiling
- geurhinder
- verlies van bodemvruchtbaarheid
- voedselverspilling
- bodemerosie
- waterschaarste
- schade aan de gezondheid
- schade aan de natuur

- schade aan de biodiversiteit
- schade aan vastgoed
- schade aan landbouwopbrengsten
- schade aan de economie ten gevolge van klimaatverandering
- maatschappelijke kosten op sociaal gebied
 - kinderarbeid
 - slechte werkomstandigheden

6.1.3 Dit zelf doen

En wat als je zelf die externe kosten wilt identificeren? Hoe ga je dan te werk?

Ten eerste kan je bestaande studies uitpluizen en kijken welke externe kosten daarin gebruikt worden. Dat is net wat we hierboven gedaan hebben!

Wil je verder gaan, dan werk je je best in in de materie. Hierdoor krijg je zicht op de nodige input. Door op het proces van de input de focussen, krijgen je dan weer meer zicht op de externe kosten daarvan. Zo kan je dan verder gaan.

Het beste is natuurlijk gaan praten met experts van het veld want zij zullen hier al zicht op hebben. Ook kunnen zij inzichten geven en je waarschuwen voor voetangels.

6.2 De waarde van een externe kosten bepalen

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

Er zijn verschillende manieren om de waarde van een externe kost te bepalen. Bij ze allemaal geld wel dat, in mijn ogen, doorzetten en rigoureus werken noodzakelijk zijn. Vandaar ook mijn respect voor wat Meino Smit gedaan heeft.

De eenvoudigste manier is als die gegevens rechtstreeks beschikbaar zijn in tabellen. 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. Bronnen te combineren en een „beste” waarde bepalen 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.

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 complexiteit hierbij is als de gegevens wel 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.

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].

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 agrarische gebouwen. Hiervoor zijn op basis van wel aanwezige bronnen en eigen berekeningen de omvang van de agrarische bebouwing bepaald [Smi18, p. 79].

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].

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

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 ofwel proberen zeer rigoureus te doen door bijvoorbeeld de import van kali en fosfaten op te zoeken, het aandeel daarvan 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. Of je kunt een benadering doen zoals uitgelegd in paragraaf 4.4.15 waarbij de wereldwijde kengetallen voor de totale mijnindustrie berekend worden en dan op basis van het aandeel in het energieverbruik teruggerekend worden. Hierbij ga je ervan uit dat er een evenredigheid is tussen gebruik van energie en grondstoffen en dat deze evenredigheid gelijk blijft over de verschillende maatschappelijke sectoren heen. Dat eerste lijkt zeker wel te kloppen zoals uitgelegd in paragraaf 3.2.2 op pagina 17. Bij dat laatste moet je ervan uit gaan dat je eenzelfde verhouding zal hebben tussen energie en grondstoffen gebruik in landbouw als in de bouwsector (hoewel dit heel andere grondstoffen zijn), de elektronica (weer andere grondstoffen), Dat is veel minder zeker wat dan ook een grote onzekerheidsmarge zal geven. Die grote onzekerheidsmarge voor mijnbouw geeft Meino Smit ook aan.

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. Dan heeft Meino Smit eerst gekeken wat de verhouding is tussen aangekochte en afgedankte EEA op basis van gegevens van 2010 (bijna 90%, dus quasi

gelijk). Daarna heeft hij op basis van de gegevens rond afval EEA per persoon en per jaar de totale hoeveelheden EEA bepaald van 1980 t.e.m. 2015. Europees is gevonden dan 15% van de EEA komt van ICT materiaal. Daaruit is dan de opgeslagen energie berekent die dan vervolgens is geschaald naar de landbouw op basis van het aandeel van de landbouw in het directe Nederlandse energieverbruik. Zie hiervoor [Smi18, p. 105].

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.

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

Uit dit alles blijkt dat het meestal eenvoudiger is om de externe 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.

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

6.3.1 Impact besproken bij kengetallen

In hoofdstuk Een vier gangen menu werd al aangegeven wat de impact is als we de externe kosten meenemen. We gaan deze hier even samenvatten:

- de arbeidsproductiviteit in ha/FTE is over de periode met een factor 1,6 verhoogd in plaats van het gangbare getal van 3,6 keer (paragraaf 5.2.3 op pagina 36).
- de arbeidsproductiviteit in ton/FTE is over de periode met een factor 4,9 verhoogd in plaats van het gangbare getal van 11,2 keer (paragraaf 5.4.2 op pagina 44).
- de indirecte energetische input is 1,25 keer zo groot geworden dan de directe energetische input (paragraaf 5.3.2 op pagina 39) en beiden zijn groter dan de energetische output waardoor er een negatieve energetische balans is (paragraaf 5.3.3 op pagina 40).
- de energetische output per hectare is maar met een factor 1,12 verhoogd in plaats van het gangbare getal van 2,6 keer (paragraaf 5.3.4.1 op pagina 41).
- de energetische input per hectare is met een factor 7,2 gestegen in plaats van het gangbare getal van 6,3 keer (paragraaf 5.3.4.1 op pagina 41).
- de energetische output per FTE is met een factor 4,2 verhoogd in plaats van het gangbare getal van 9,6 keer (paragraaf 5.3.4.2 op pagina 42).
- de energetische input per FTE is met een factor 26 gestegen in plaats van het gangbare getal van 23 keer (paragraaf 5.3.4.2 op pagina 42).

- het gewicht output per hectare is met een factor 1,3 verhoogd in plaats van het gangbare getal van 3,1 (paragraaf 5.4.3 op pagina 44).
- het is maar dank zij het indirecte landgebruik dat er genoeg landbouwareaal per inwoner (paragraaf 5.2 op pagina 35).

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

6.3.2 De economische impact van externe kosten

De studies die hierboven aangehaald zijn, plakken ook getallen op de impact van de externe kosten.

Maar eerst fundamentele vraag: bepaald je de economische waarde aan de hand van de maatregelen die moeten gebeuren om schade door de externe kost te voorkomen (preventie kost) of aan de hand van de moeite die het kost om de schade van de externe kost weg te werken (schade kost). Meestal wordt volgens mijn gevoel de schade kost bepaald. Het is in mijn ogen echter slimmer om aan preventie te doen. Dat kost meestal heel wat minder.

Als voorbeelden, de geldelijke kosten die vermeld zijn:

- Bureau Berenschot berekende in 1989 de milieuschade van gangbare Nederlandse landbouw op € 2,77 miljard per jaar.
- CE Delft schat de externe kosten van de Nederlandse veehouderij in 2002 op minstens € 2,1 miljard.
- Het LEI becijfert in 2008 de extern kost van bestrijdingsmiddelen op ruim € 91 miljoen per jaar.
- Het Louis Bolk Instituut geeft in 2017 aan dat de Nederlandse melkveestapel moet slinken van 1,6 miljoen koeien tot 1,1 miljoen koeien omwille van ammoniak- en klimaatdoelstellingen. Dit zou de externe kosten doen dalen met € 800 miljoen. Ze schatten de huidige externe kost dus op € 2,6 miljard per jaar.
- In subsidies geeft de Nederlandse overheid € 1 miljard uit in het kader van het GLB.

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 (tabel 59 op p. 150).

En dan nog is hij niet te houden. Hij schat in paragraaf 12.3 de maatschappelijke kosten van de Nederlandse landbouw tussen de € 5 en € 20 miljard per jaar in. Dit heeft hij gedaan door de kostprijs van de CO₂uitstoot te berekenen aan de hand van de CO₂handel (Emission Trade System)⁷. Uit een studie van het FOA haalt hij dat de kosten van broeikasgassen een kwart is van de totale externe kosten. Op die manier komt hij op de bovenstaande waarden.

Het voelt allemaal wel aan als natte vingerwerk. Er is spijtig genoeg geen standaard voor het berekenen van die externe kost. Dat zorgt dat de verschillende studies alle kanten uit gaan.

⁷Zelf vind ik het pervers dat je de kosten in geld enkel kunt bepalen als er een handel voor die externe kosten bestaat. Het is juist dat neo-kapitalistisch systeem dat de externe kosten zo zwaar in de hand gewerkt heeft.

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.

Als afsluiter vooraleer we de werkkamer gaan verlaten. Zelfs al reken je de externe kosten door in de prijs van producten, dan kunnen er op termijn problemen optreden. Dat is omdat voor bepaalde problemen moet ingegrepen worden vooraleer de problemen zichtbaar worden.

Bijvoorbeeld de eindigheid van grondstoffen moet in een vroeg stadium aangepakt. 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.

Hoofdstuk 7

Een bureau vol elektronica

Welkom op het bureau. Hier wordt wel wat elektronica gebruikt, maar gelukkig hebben we groene energie. Zoals wakkere mensen betaamd, is het goed om eens na te kijken wat daar externe kosten van zijn.

7.1 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.

In paragraaf 4.4.13 hebben we al beschouwd dat vooral de productie van elektronica belastend is. Tijdens die productie 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 ervan niet sterk zal dalen.

Tijdens het gebruik is er meestal ook een verscheidenheid van elektronica nodig om de gegevens te transporteren (data communicatie netwerken zoals 4G, Wifi, glasvezel, . . .), te verwerken (reken centra) en op te slaan (storage centra). Dit doet de kosten nog extra stijgen.

Kijken we naar de externe kosten, dan zijn er volgende factoren:

- het grote energieverbruik bij productie,
- de gebruikte grondstoffen:
 - de winning en extractie van verschillende cruciale grondstoffen is belastend, zowel in energie 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 komen uit China! Dat geeft één land een enorme controle over de wereldwijde toevoer ervan,

- productie van de chips zelf is een toxisch 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, toxisch 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.

De hoge externe kosten die aan elektronica hangen zijn nog niet doorgedrongen in onze maatschappij.

Het is niet de bedoeling om elektronica te verketteren. Dat zou hypocriet zijn gezien mijn achtergrond als ICT'er. 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 omdat 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 vermindert het belastende productieproces en afval.
3. Laat je elektronica zo lang mogelijk meegaan. Elektronische apparatuur kent een zeer korte levenscyclus. Aangezien veel externe 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 belasterend dan het oude toestel te blijven gebruiken.
4. Waar mogelijk, maak gebruik van draden. Wifi, GSM en andere draadloze communicatie is belasterend dan „goede oude” netwerkabels of vaste telefoons.
5. Koop elektronische toestellen die je kunt repareren. Meestal wordt deze apparatuur gerepareerd door volledige printplaten te vervangen. Hoe kleiner de printplaten zijn die vervangen worden, hoe minder belastend de reparatie is.

7.2 Hernieuwbare energie

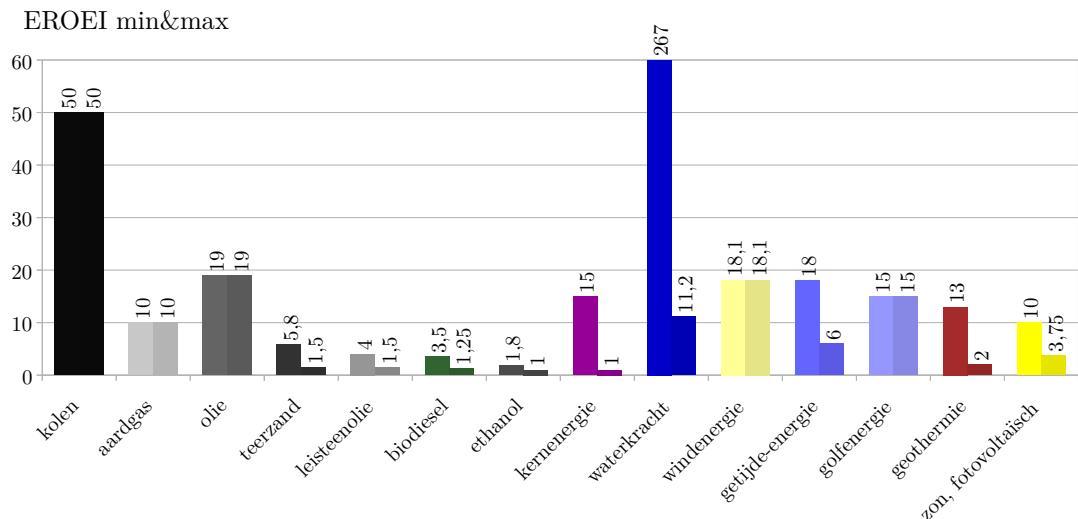
Je merkt bij het lezen van de doctoraatsthesis van Meino Smit dat er niet van overtuigd is dat de huidige evolutie van energiegebruik het mogelijk maakt om fossiele brandstoffen uit te faseren ten gunste van hernieuwbare energie. Dit heeft niet zozeer te maken met de technologie zelf, maar eerder uit de inschatting van de hoeveelheid grondstoffen hiervoor nodig zijn en hoe snel deze beschikbaar moeten zijn.

Dit is niet zozeer een onderwerp rond externe kosten, maar toch belangrijk om mee te nemen als, na een inschatting van de externe kosten, gekeken wordt hoe deze duurzaam gemaakt kunnen worden.

De reden dat dit onderwerp gekoppeld is aan elektronica, is dat ook bij hernieuwbare energie zeldzame aardmetalen een belangrijke rol spelen. Niet enkel door de gebruikte elektronica, maar ook omdat deze metalen bijvoorbeeld de efficiëntie van magneten sterk verhogen of nodig zijn in zonnecellen.

Ten eerste is er de observatie dat de meeste vormen van duurzame energie minder efficiënt zijn dan fossiele brandstoffen. In figuur 7.1 vind je de EROEI (appendix A.4) terug van een aantal energiebronnen. Aangezien eerst de eenvoudiger te delven fossiele brandstoffen op zijn, moet er 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. Gelijkaardig voor aardolie, zoals je ziet in het verschil tussen olie en leisteenolie in de figuur.

Een bijkomende factor is dat de EROEI nu bepaald is op basis van het gebruik van fossiele energie met een bepaalde EROEI¹. Als de EROEI van fossiele brandstoffen daalt, zal de EROEI van duurzame brandstoffen dus ook dalen. 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 7.1: De EROEI van een aantal energiebronnen [Smi18, p. 32 naar Hall, 2008]

Verder moet er nog 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 4.4.15).

¹Momenteel wordt 85% van onze energiebehoefte gedeckt door het verbranden van brandstoffen.

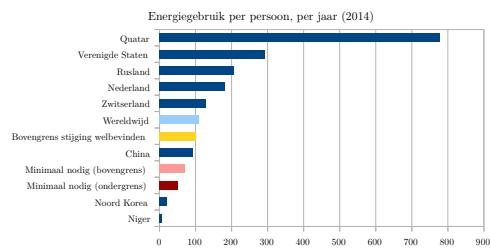
De enige manier om over te schakelen naar een duurzame toekomst is het energiegebruik in te perken. De meest duurzame kilojoule is diegene die niet nodig is.

Dit kan door enerzijds minder energie te verbruiken per persoon, maar ook door een afname van de bevolking te bewerkstelligen².

De angst die dit geeft 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 [Smi05]. 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!

In figuur 7.2 is de situatie weergegeven voor een aantal landen, wereldwijd tezamen met de vermelde grenzen. We zien dat bij 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.



Figuur 7.2: Energieverbruik per persoon en per jaar

²Hoe je op een ethische en duurzame manier de bevolking kan doen afnemen, lijkt me een belangrijke maar zeer moeilijke vraag.

Hoofdstuk 8

Dromen over de toekomst

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

8.1 Een foute kosten/baten

Laten we even samenvatten wat we gevonden hebben over de evolutie van de landbouw in Nederland van 1950 tot 2015:

- de absolute output is als volgt gestegen:
 - in energie is er een stijging van 107% (paragraaf 5.3.1 op pagina 38).
 - in gewicht is er een stijging van 144% (paragraaf 5.4.1 op pagina 43).
- Dit houdt echter nog geen rekening met de impact van externe kosten.
- de output per hectare is maar licht gestegen. Zoals eerder gezien is het belangrijk om de impact van de externe kosten mee te nemen, dus ook het indirect landgebruik.
 - Gemeten in energie per totaal landoppervlak is er een verhoging van 13% (paragraaf 5.3.4.1 op pagina 41).
 - Gemeten in gewicht per totaal landoppervlak is er een verhoging van 32% (paragraaf 5.4.3 op pagina 44).
- de output per persoon werkbaar in de landbouw kent een betere stijging. Dit is voornamelijk door de grote mechanisatie. Ook hier is het belangrijk om de externe kosten mee te nemen, dus ook de indirecte arbeid.
 - Gemeten in energie per werknemer is er een verhoging van 318% (paragraaf 5.3.4.2 op pagina 42).
 - Gemeten in ton per werknemer is er een verhoging van 390% (paragraaf 5.4.2 op pagina 44).
- de input is sterk gestegen. Hier moet rekening gehouden worden met de externe kosten, dus de indirecte input.
 - in absolute waarde is er een energie stijging van 467% (paragraaf 5.3.2 op pagina 39).

- per hectare landbouwgrond in Nederland wordt er 620% meer energie gebruikt (paragraaf 5.3.4.1 op pagina 41).
- per Nederlandse boer wordt er 2500% meer energie gebruikt (paragraaf 5.3.4.2 op pagina 42).
- de maatschappelijke kosten worden voor 2015 geschat tussen de € 5 en € 20 miljard.
- uitgezet tegen de nationaal agrarisch inkomen van € 7 miljard, blijkt landbouw naar alle waarschijnlijkheid de maatschappij meer te kosten dan het opbrengt.

Het is dus duidelijk dat de toename in efficiëntie niet gerechtvaardigd wordt door de toename in benodigde energie. Het is dus nodig om te durven dromen van een andere manier om aan landbouw te doen. Maar eerst even kijken hoe het zover is durven komen.

8.2 Waarom is dit zo scheef gegroeid?

Een eerste factor is iets dat in de globale economische wereld geldt [Smi18, p. 151 en volgende].

Volgens Keynes hadden we nu in een utopische wereld moeten leven, waar iedereen meer dan genoeg welvaart had en de werktijd gedaald was tot 15 uur per week. Hierdoor was er tijd vrij gekomen om te doen waar we ons goed bij zouden voelen. Dit is echter niet uitgekomen. Een belangrijke factor is dat Keynes niet ingeschat heeft dat het moeilijk is voor de mensheid om een verschil te maken tussen noodzakelijkheden en wensen. De eerste is eindig (zie bijvoorbeeld de beschrijving op pagina 62 waar boven een bepaalde grens het welbevinden niet meer toeneemt). Het tweede is echter oneindig en puur psychologisch. Hierdoor is er geen grens op het zoeken naar meer geluk.

In het beleid is men dat geluk gaan zoeken in een verhoging van het Bruto Nationaal Product (BNP) per capita. Met andere woorden: hoeveel geld wordt in de economie geproduceerd. Dit leidt tot een cultuur waar geen rekening gehouden wordt met de externe kosten en andere belangrijke aspecten zoals inkomensgelijkheid, gezondheid, kwaliteit van de leefomgeving,.... Ook is er, net als bij het welbevinden, een grens waarboven de stijging van het BNP niet leidt tot een stijging van geluk. Daar zijn we in onze westerse wereld al lang over maar de focus op het BNP is nog altijd aanwezig.

Binnen deze cultuur is het niet abnormaal dat ook voor de landbouw gebruik gemaakt wordt van kengetallen die de externe kosten niet in rekening brengen.

Specifiek voor Nederland is er extra factor en dat is namelijk het gevoerde landbouwbeleid [Smi18; Hol12]. Er zijn grootschalige ruilverkavelingen gebeurd waarbij men meer oog had kunnen hebben voor de natuur en landschap. Ook heeft men zowel in de landbouw als in de natuurbescherming een scheiding doorgevoerd waardoor de waarden van de ene niet doordrongen in het andere domein. Men heeft verder een sterke focus gehad op de meer technische en grootschalige landbouw waarbij zeer lang kleinschalige en natuurlijke landbouw actief tegengewerkt werden. Zelfs publicaties zoals „Silent Spring”, „Grenzen aan de groei”, het Brundtland rapport en zaken zoals voedselschandalen en -fraudes hebben geen direct effect gehad.

Meino Smit maakt zich sterk dat als al in 1950 er een beleid was dat rekening hield met alle factoren zoals externe kosten, we nu beter af waren geweest. Door een innovatie die meer gericht was op een betere arbeidsomstandigheden met minder inzet van energie en grondstoffen, bijvoorbeeld door verbeterde handwerk具gen en gelijkaardige veredelingen zou dezelfde stijging output kunnen bewerkstelligd zijn. De veredeling die nu al gebeurd is, heeft op zichzelf een output stijging van 20 tot 25% teweeggebracht. Tegelijkertijd zou de landbouw robuuster geweest zijn en er zouden meer boeren en een groter maatschappelijk draagvlak zijn.

8.3 Het kan anders

Meino Smit droomt van een landbouw in 2040 die wél rekening houdt met de externe 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-voedingsglastuinbouw 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 8.1). Onderzoek moet zich richten op technologie die energie en grondstoffen spaart. Belasting moet verschuiven van arbeid naar kapitaal.

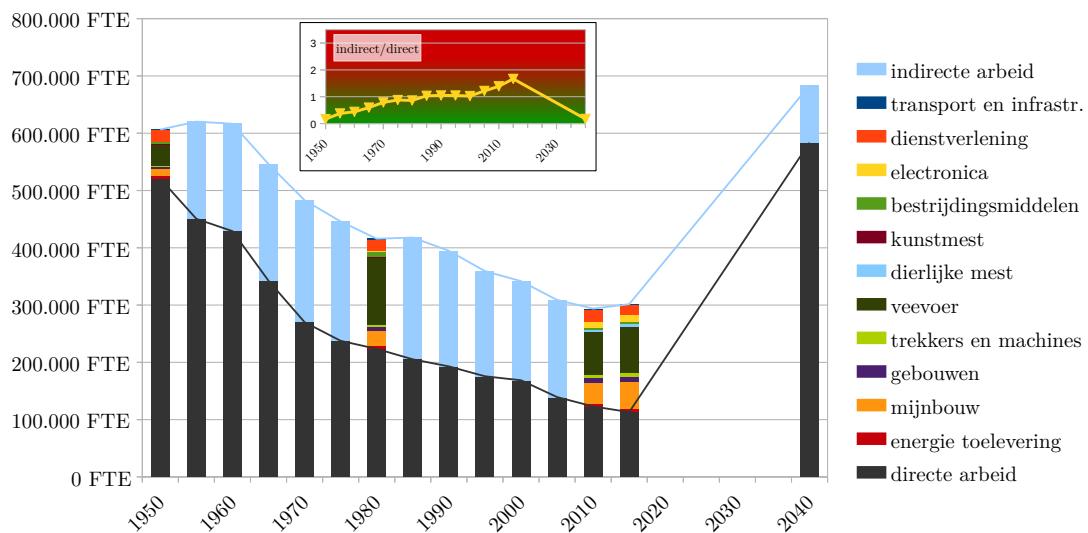
Dit heeft een impact op de productiefactoren. In figuren 8.1 t.e.m. 8.5 worden de belangrijkste grafieken van hoofdstuk 5 aangevuld met de waarden voor 2040.

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.

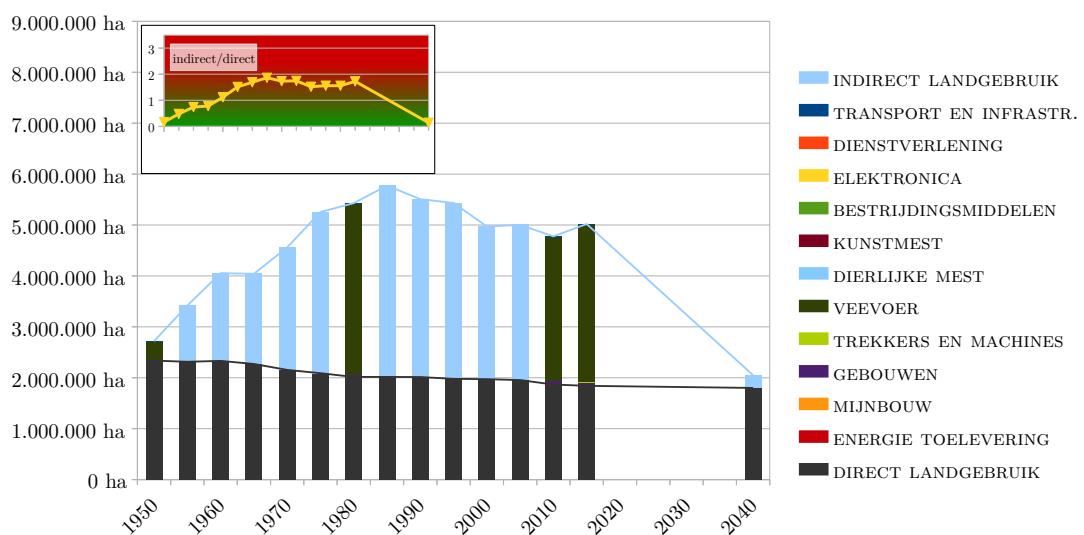
Een grote uitzondering is de totale hoeveelheid landbouwgrond per inwoner. Waar die nu rond 30 are/inwoner schommelt, zal die in voorgesteld scenario zakken tot 12 are/inwoner, onder de minimum grens van 14 are/inwoner.

Kijken we naar de economische aspecten, dan is bij de bovenlimiet 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.

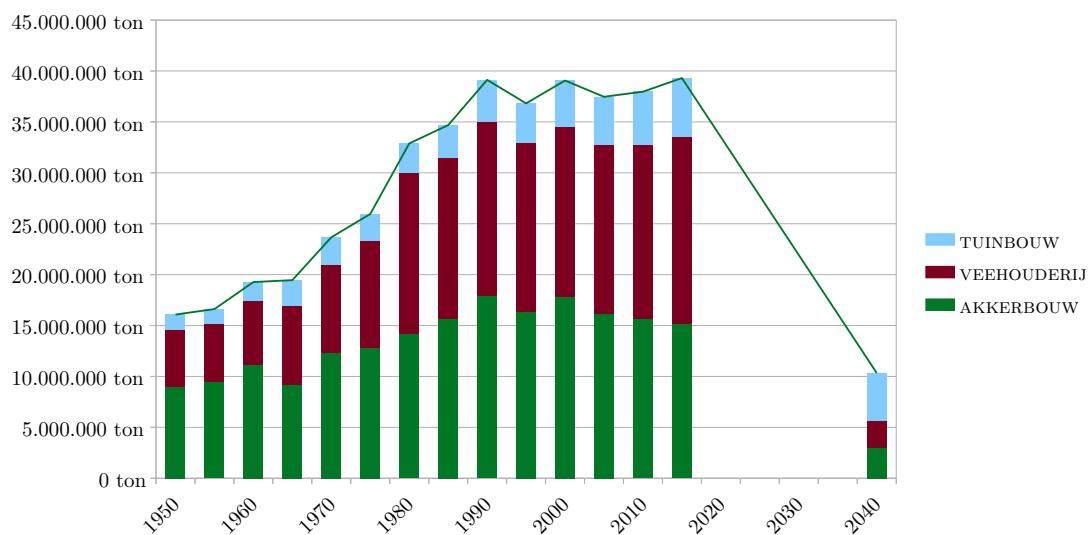
De innovatie naar meer duurzame manieren om de efficiëntie van landbouw te verbeteren zullen onder dit stramien aangezwengeld worden, zeker onder impuls van een nieuwe instroom van boeren met nieuwe ideeën.



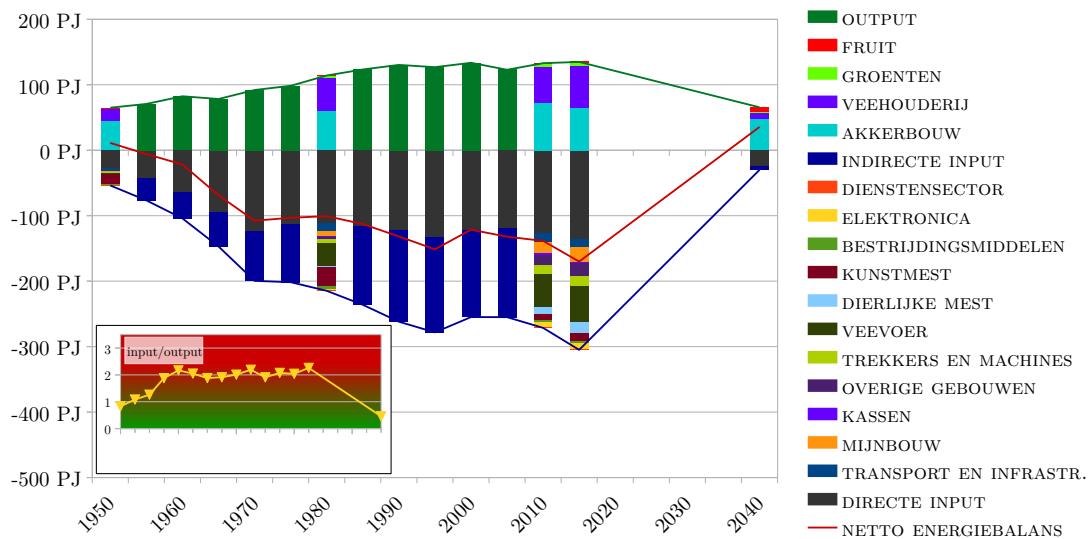
Figuur 8.1: Arbeid



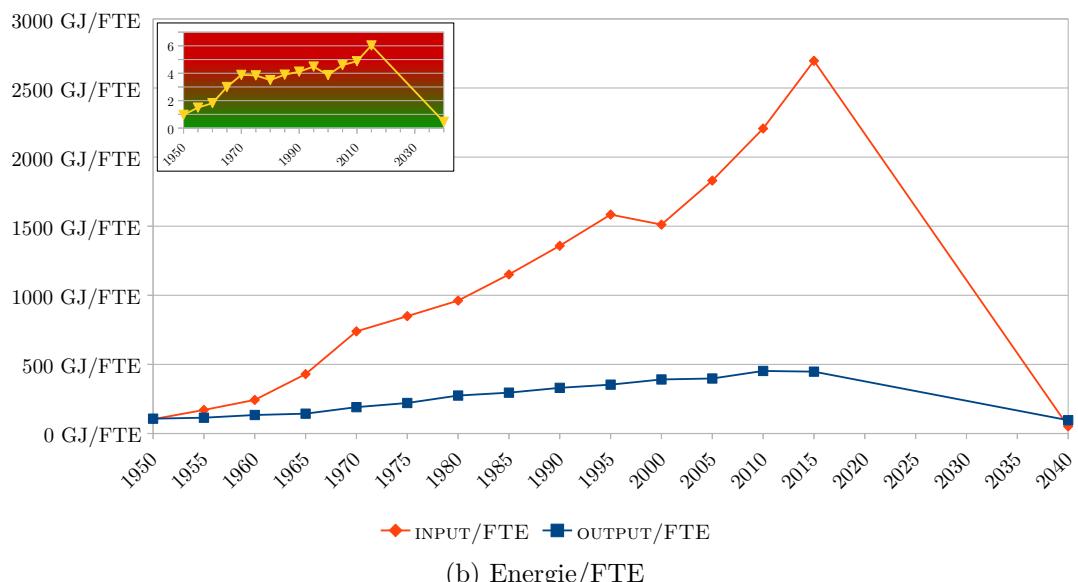
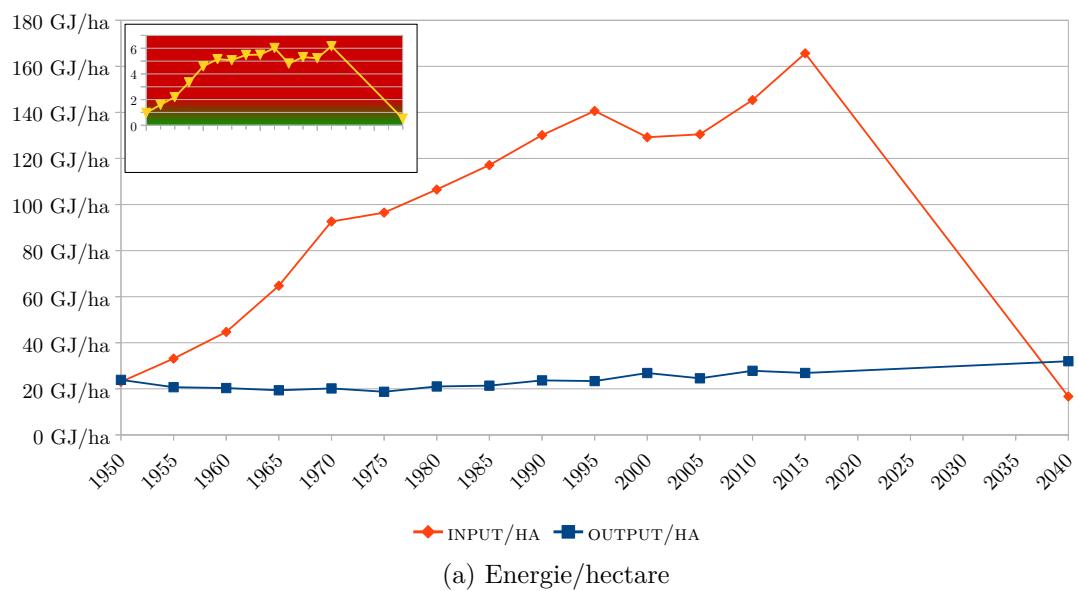
Figuur 8.2: Landgebruik



Figuur 8.3: Output in gewicht



Figuur 8.4: Energie



Figuur 8.5: Energetische verhouding, rekening houdend met landgebruik

Tabel 8.1: 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%

Hoofdstuk 9

De achtertuin

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

Een groot leerpunt is om te zien wat de impact is op van de verborgen kosten. Dit zowel op meer technisch vlak zoals de efficiëntie in opbrengst/ha maar ook economisch vlak. Vooral dat laatste lijkt voor de landbouw niet goed uit te vallen,

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.

zelfs niet onder een meer duurzaam scenario zoals net geschatst. Het is natuurlijk wel 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. Kunnen we de schade niet beginnen te herstellen in plaats van enkel minder schade te veroorzaken?

Het is opvallend hoe lastig het is om externe 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.

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 verborgen kosten door de impact van veevoeders. 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 externe factoren rechtstreeks toewijsbaar zijn aan de tuinbouw, uiteraard zonder warme kassen.

Wat ik niet verwacht had te leren vanuit die thesis, was een andere kijk op de impact van elektronica en de beperkingen van een overgang naar duurzame energie. De eerste is heel kostelijk om aan te maken, de andere vraagt gewoon teveel grondstoffen. Over grondstoffen gesproken, de problemen van mijnbouw waren ook een eye-opener voor mij. De enige boodschap die ik dan kan meenemen is: business-as-usual heeft afgedaan. We moeten echt wel veranderen naar kijk op ons verbruik, een ander voedselpatroon, een andere manier van lasten verdelen,

Ook opvallend is hoe moeilijk het is om externe kosten in geld uit te drukken. 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. Er zijn daar (verdienstelijke) pogingen toe ondernomen, dat wel. Anderzijds bekroopt mij echter het gevoel dat je dan probeert binnen het systeem dat de problemen veroorzaakt heeft (Neo-kapitalisme), 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 opgeslokt worden door de Borg Collective lijkt me gewoon veel waarschijnlijker.

Maar hoe kan de noodzakelijke overgang dan 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 externe 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 externe 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. Iemand moet die kosten betalen, maar dat die er zijn is meestal niet geweten. Wie weten kunnen we dan een intrinsieke motivatie van de maatschappij om de overgang te doen teweeg brengen 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.

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

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 mooie huis van Meino Smit. Hopelijk vond je het een interessante uitleg. Vergeet ook niet om de gids te belonen (grapje!).

Deel III

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

Hoofdstuk 10

Wie zoekt, die vindt

Zoals vermeld in de inleiding, is de documentaire „A farm for the future” van Rebecca Hosking [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” van Charles Hervé-Gruyer [HH17, p. 25], dat de zoektocht verder kon gaan. Hij verwijst namelijk naar Patrick Whitefield. Dus op naar iemand die dat werk heeft (bedankt Bert).

Oh nee, Whitefield verwijst naar het werk van Nicolas Lampkin [Whi11, p. 31]. Hmm, verder zoeken dus!

Wel belangrijk om aan te halen dat Whitefield schrijft ([Whi11, p. 9]):

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 het volledige voedselsysteem, niet enkel de landbouw.

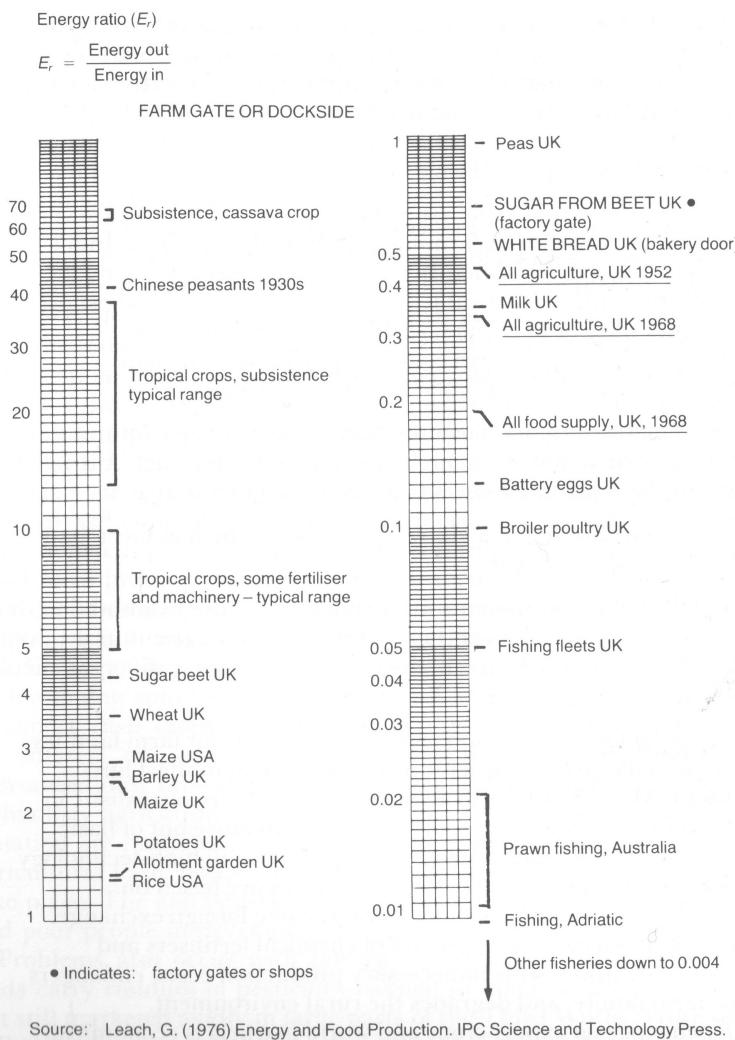
In het boek van Lampkin staat de mooie grafiek uit figuur 10.1 die laat zien dat de informatie „10 eenheden energie voor 1 eenheid voedsel” een veralgemeening is. Maar ook hier kunnen we duidelijk zien dat verschillende landbouw systemen op verschillende momenten in de tijd een heel andere ecologische impact hebben. Het gaat van een zeer energetisch voordelige landbouw (oud China) tot zeer energie verslindend (visserij). Hoe dit berekend wordt? Nope, dit wordt hier niet gezegd want ... Lampkin verwijst naar werken van Wes Jackson *et al.* en Gerald Leach [Lam90, p. 585]. 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.

In dit deel zal ik deze werken summier behandelen. Hoewel deze 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.”

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 10.1: Input/output verhoudingen van verschillende landbouw systemen [Lam90, fig. 5.10].

Belangrijk is om te onthouden dat in deze periode de wereld met „De Olie Krisis” 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 geraakt.

Eerst leggen we een link met het vorige deel. Net zoals bij Meino Smit, worden ook de indirecte kosten van de landbouw bekeken. We gaan deze eens naast elkaar bekijken.

Vervolgens wordt kort uitgelegd welke bronnen en methodes gebruikt worden.

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.

Buiten de algemene tendensen die ook bij Meino Smit te zien zijn, zijn er nog twee interessante punten die bij deze werken naar boven komen

Ten eerste worden verschillende types van landbouw vergeleken met elkaar. Dit gaat van de jager/verzamelaars over akkerbouw tot visserij.

De tweede zaak is het plaatsen van het aandeel van de landbouw in de totale

voedselketen. Dat kan ontnuchterend zijn voor sommige mensen².

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 vlooien. Het betere „Sherlock” werk.

Ten tweede is het ook belangrijk om te leren 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 positieve meerwaarde.

Tot slot geeft het ook aan 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 nog verschillende verborgen kosten. Dat is belangrijk om inzicht in te krijgen 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 hebt als er minder impact is dan het huidige systeem? Maar dan is er in absolute waarden nog altijd een feitelijke negatieve impact. Of moet je streven naar een absolute positieve impact?

Voor mij is het niet zo scherp. Het is zeer belangrijk 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 je blijven open staan voor nieuwe factoren op elk van die drie punten.

²In De Standaard van 8 februari 2022 zegt een vertegenwoordiger van Lidl „Een groot deel van de klimaatimpact van de producten die we verkopen, zit aan de bron. Bij de boeren, dus” [https://www.standaard.be/cnt/dmf20220208_98037223]. Men zit de balk in eigen ogen niet, dus.

Hoofdstuk 11

Landbouw in de jaren '70 (VK)

11.1 Energiebalans

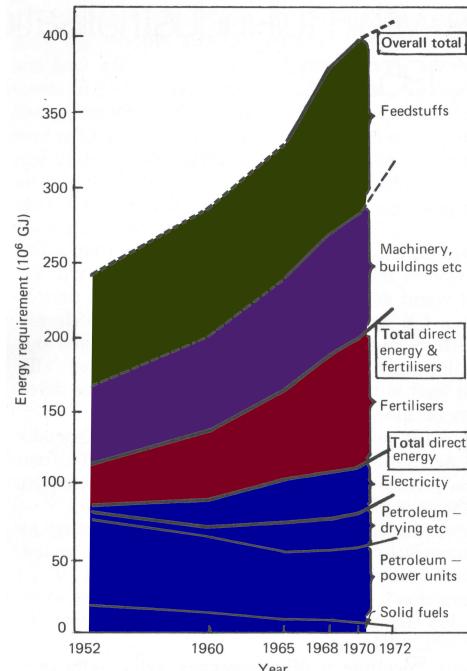
Zoals gezegd, is het werk van Leach gepubliceerd begin jaren '70 van vorige eeuw, ongeveer 50 jaar geleden [Lea76]. Vanuit de context van de focus op energie (denk: De Olie Krisis), kan een verklaring zijn voor de focus op de verhouding tussen energetische input tegen energetische output geschikt voor menselijke consumptie (EROEI, zie paragraaf A.4 op pagina 102, bij Leach de energie ratio E_r genoemd).

Zoals te zien in figuur 11.1 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 vervoer en 84 PJ voor de rest (machines, gebouwen, sproeistoffen, ...). De totale input is dan 378 PJ waarvan de directe energie 29% uitmaakt.

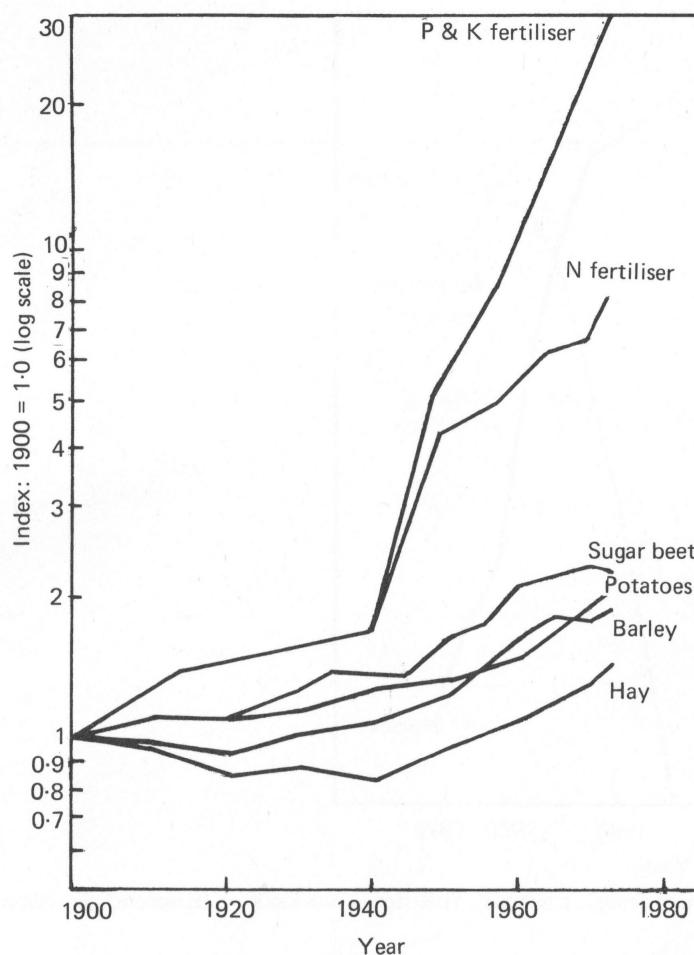
De energetische output van de landbouw is in datzelfde jaar 130 PJ. Hiernaast zijn er nog aan 131 PJ geïmporteerde voedingswaarden geconsumeerd [Lea76, p. 31].

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 persoon 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 persoon. 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 11.2 is de output in gewicht tussen 1900 en 1970 ongeveer 2x hoger geworden. Het gebruik van de hoeveelheid kunstmest in gewicht is in die tijd veel harder gestegen: 30x voor fosfor en kalium, 8x voor



Figuur 11.1: Totale energieconsumptie landbouw in VK (1950-1972).
Gebaseerd op [Lea76, fig. 6] en gekleurd volgens legende van figuur 5.12.



Figuur 11.2: Gebruik van kunstmest en verhoging van de output, relatief ten opzichte van 1900 [Lea76, fig. 5].

stikstof. Aangezien kunstmest veel energie vraagt om aan te maken¹, zullen de energetische verhoudingen nog verder uit elkaar liggen.

Als Leach kijkt in de loop van de tijd, is de EROEI gezakt van 0,45 in 1952 tot 0,34 in 1968. 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 reden van de lage EROEI de volgende factoren 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 1116 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 die dan uiteindelijk ook zo'n 65 PJ aan energie leveren 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 rechtstreeks voedsel dat bruikbaar is voor de mens (aardappelen, granen, groenten, fruit, ...). De rest zijn gebruikt als weilanden en voor veevoer (gras, hooi, lucerne, ...). Om de efficiëntie te verhogen, is het dus belangrijk om minder vlees te eten.

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

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

- 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.

Het is eerder de vraag wanneer genoeg vlees, genoeg is. 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.

11.2 Berekenen van de energie

Bij het werk van Leach, merk je dat hij gelijkaardige factoren in kaart heeft gebracht als Meino Smit. Uiteraard zonder elektronica en met minder gebruik van elektriciteit omdat er in de jaren '70 eenmaal bijna geen elektronica gebruikt werd en energie nog meer rechtstreeks geleverd werd door fossiele brandstoffen (zie maar de onderverdelingen van energie in figuur 11.1).

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

11.2.1 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 output die geschikt is voor menselijke consumptie.

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

Verliezen worden hierbij ook in rekening gebracht. Hierbij maakt hij onderscheid tussen verschillende categorieën:

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 mee te nemen.

De laatste categorie wordt niet in rekening gebracht. Ten eerste is dit verlies niet veroorzaakt door het systeem want 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.

11.2.2 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 102. 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 de energie analyse 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 tekorten sneller op de radar komen.

11.2.2.1 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 maar een efficiëntie van 25%. Het vraagt dus drie keer zoveel energie aan fossiele brandstoffen om een kWh 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.

11.2.2.2 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 tabellen gebruikt die verzameld worden door de regering in het Verenigd Koninkrijk, bijvoorbeeld [CSO73]. Aangezien de energie sector apart opgenomen is, kan je de directe

energie aankopen van bijvoorbeeld de landbouw aflezen. Ook is het mogelijk om indirekte energie hieruit af te leiden door bijvoorbeeld te kijken hoeveel landbouw besteed heeft aan tractoren en dan van die industrie de afnamen van energie te bepalen. Dit kan een aantal iteraties doorgaan totdat je bij primaire energiebronnen komt. Dit geeft dan 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 door 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 opgemaakt (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 is 0,217 GJ/£ dus een tractor van 2 000 £ 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 kan bij Eurostat de input/output tabellen opgevraagd worden (<https://ec.europa.eu/eurostat/web/esa-supply-use-input-tables>). Veel plezier ermee!

11.2.2.3 Opvallende getallen

Als we door appendices 2 t.e.m. 11 gaan in Leach, dan zijn een aantal zaken mij opgevallen.

Ten eerste is 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. Bij het maken van veevoer op de boerderij zelf, is er ook een belangrijke energetische input voor machine gebruik, drogen, stockage, . . .

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 slecht weer. Daartegenover staat dan wel dat graan ongeveer 0,5 GJ/ton vraagt om te drogen, hooi in het slechtste geval 2,5 GJ/ton (van 40% tot 20% vochtgehalte; gemiddeld echter 0,1 GJ/ton) en gras 14 GJ/ton (van 80% tot 10% vochtgehalte).

Voor transport zijn er een aantal opmerkingen:

- het toekennen van de energie voor wegen, lichten, parkings, ... is niet een-voudig. Je moet verdelen over gebruik van de weg voor landbouw, voedings-industrie en de rest. Ook moet het gebruik van verlichting verdeeld worden tussen voertuigen en andere weggebruikers zoals bijvoorbeeld fietsers en voetgangers.
- door gebruik 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 de 0,75 MJ per ton.km en de 1,3 MJ per ton.km aan energie.
 - Een gevulde camionette vraagt tussen de 12 MJ per ton.km en de 18,5 MJ per ton.km aan energie.

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

Hoofdstuk 12

Landbouw in 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 aangehaald [JBC84]. Dit is een verzameling van essays rond landbouw die zeer interessante lijken voor biologische landbouwers. Het is vooral het zesde hoofdstuk dat ons nu interesseert [LLB84] en de referenties die hierin aangehaald worden.

12.1 Energiebalans

In 1974 hebben alle Amerikanen samen 1 222 PJ aan voeding geconsumeerd. Dat lijkt veel meer dan het VK maar dat is 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.

Hiervoor is 1 320 PJ aan directe energie verbruikt en 1 080 PJ aan indirecte energie [LLB84, tabel 3, p. 72]. 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 iets 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:

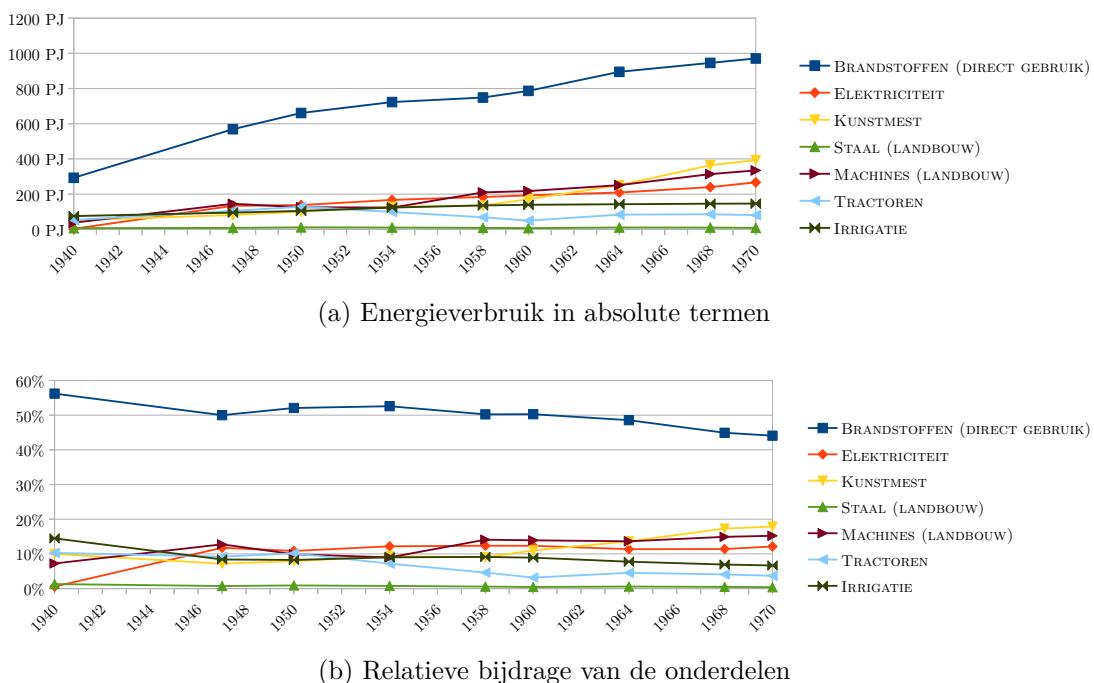
- 29% is voor kunstmest,
- 20% is voor veldwerk (benzine tractor, . . .),
- 13% is voor het maken van nieuwe machines,
- 12% is voor boerderij transport,
- 11% is voor irrigatie,
- 7% is nodig voor het vee,
- 5% gaat naar het drogen en
- 3% is pesticide gebruik.

Ook hier zien we weer een belangrijk aandeel in 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 Steinart komen met een licht ander resultaat. Ook laten ze het verbruik zien in de loop van de tijd (figuur 12.1). 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.

In relatieve waarden is het vooral het aandeel in kunstmest dat sterk stijgt. De andere factoren zijn gelijk gebleven of in relatief aandeel gedaald.



Figuur 12.1: Opdeling van energieverbruik van de landbouw (VSA 1940-1970, [SS74])

Lovins *et al.* gaan ook in op een aantal gevolgen van dit grote energieverbruik. Dit zijn enerzijds 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. Anderzijds is er een probleem met het 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 is het zover kunnen komen? Net zoals Meino Smit vragen Lovins *et al.* zich dit ook af. Ze 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 geleidelijk gebruik van fossiele brandstoffen, vooral voor kunstmest en pesticiden, heeft eerst grote verbeteringen in de opbrengst teweeg gebracht. Maar kunstmest bij een groter gebruik minder effectief. Je moet meer kunstmest gebruiken om een kleinere opbrengstverhoging teweeg te brengen. Dat wordt goed geïllustreerd in figuur 11.2. Pesticiden zelfs een averechts effect teweeg gebracht. Door resistentie 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 werden er 6 keer zoveel pesticiden gebruikt, maar gaat 13% van de oogst verloren aan insecten.
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 niet heel zichtbaar is. Dit zowel voor het brede publiek als de boer zelf. Daarom is het dus belangrijk om deze in kaart te brengen en het belang ervan in de globale keten. Hierdoor komen er andere inzichten dan uit een puur economische benadering. Dat zou een verandering in de kijk op landbouw en het voedselsysteem kunnen veranderen.

Men heeft ook berekend 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]) [SS74, p. 314]:

- 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 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.
- slimmer gebruik van kunstmest en bestrijdingsmiddelen. Dit houdt in: de nood ervan inschatten én dit inzicht toepassen. Ook biologische bestrijding en manueel toepassen 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 zicht op resistantie en planten sterkte in plaats van enkel opbrengst.

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

Dit zijn allemaal technieken die we kennen uit de biologische landbouw. Een aantal zijn tegenwoordig nog niet wijdverspreid, zoals tussenzaaiingen of no-till. Een aantal andere worden al toegepast in de grootschalige landbouw zoals gerichter toepassen van kunstmest en bestrijdingsmiddelen en het vervangen van kunstmest door dierlijke mest. Er is dus in de afgelopen 50 jaar al vooruitgang geboekt. We kunnen wel (veel) nog verder gaan en zo de energie afhankelijkheid van de landbouw nog verkleinen. Ook in de biologische landbouw.

12.2 Berekenen van de energie

Lovins *et al.* en een aantal van hun gebruikte referenties gebruiken ofwel officiële statistieken zoals van de U.S. Department of Agriculture (USDA), Department of Energy (DoE), ... maar ook gepubliceerde papers uit *Science*, *Ecologist*, ...

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

- imports en exports werden niet in rekening gebracht. Dit is pas een factor sinds de begin jaren 60. De exports zijn voornamelijk primaire landbouwgoederen zoals granen en bloem. Imports zijn 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 uitmaken.
- Transport via trein of schip zijn ecologischer maar hun bijdrage in de energetische balans is klein ten opzicht van het transport via vrachtwagens.
- Niet-vracht transport is niet in rekening gebracht omdat dit een zeer onzekere factor is.
- Afvalverwerking is niet in rekening gebracht omdat ze het niet als deel zien van het voedselsysteem 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 hierbij gerekend 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. Dit omdat ze niet zien hoe dit eenvoudig ingeschat kan worden. Meino Smit heeft dit wel proberen in te schatten als „dienstensector”, zie paragraaf 4.4.14 op pagina 30. Hij komt op een waarde van 0,2%.

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

Hoofdstuk 13

Vergelijking van landbouwsystemen

Los van de zoektocht naar de oorsprong van de 1:10 verhouding, is er een pareltje van 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 in gestoken moet worden om dan de energie uit het systeem te kunnen halen. Sommige landbouwsystemen zullen dit efficiënter doen dan anderen. Het is dan interessant om deze met elkaar te vergelijken.

Eerst nog even de definitie herhalen van de EROEI (paragraaf A.4 op pagina 102): de verhouding tussen de energie die je uit een systeem haalt met de energie die je erin steek. Als de EROEI bijvoorbeeld 5 is, dan krijg je 5 MJ output voor elke MJ die je in het systeem steekt.

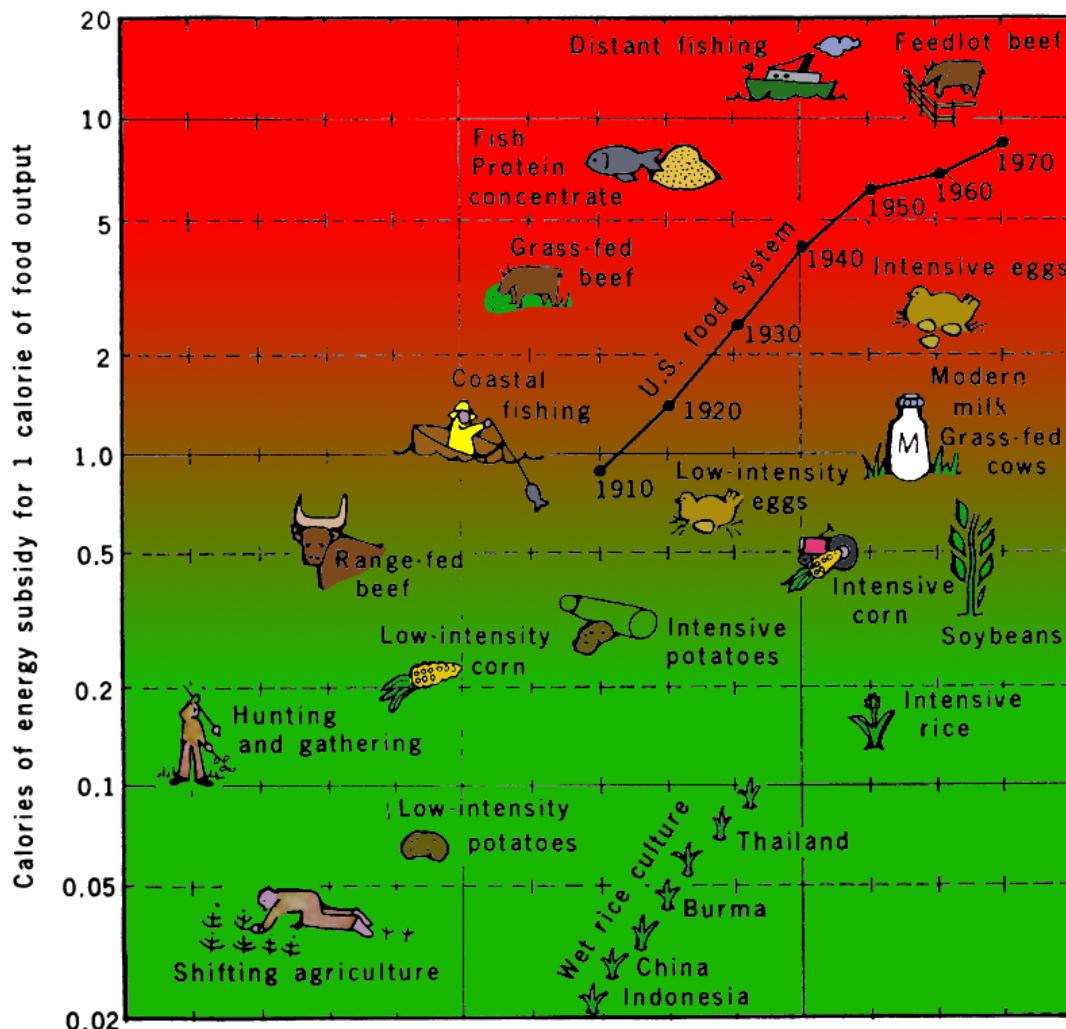
Een eerste introductie hiertoe kan je zien in figuur 13.1. Hierbij is de energetische *inefficiëntie* uitgezet voor een aantal landbouwsystemen. Dit is het omgekeerde van de EROEI: hoeveel MJ zijn er nodig om 1 MJ output te hebben. Je ziet dat dit gaat van zeer efficiënt (0,03 voor rijst in Indonesië) tot zeer inefficiënt (10 voor intensieve veehouderij of 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 10:1 zoals in de inleiding aangehaald, 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 Leach berekent dat de efficiëntie van grotere visboten kleiner is dan die van de kleinere boten (budget 83 op p. 127). Deze grote boten moeten namelijk meer varen om hun hoeveelheid vis te vangen, wat hun efficiëntie verlaagt. Het gebruik van maritieme reservaten nabij visgronden leiden tot een hogere vangst rond die reservaten. Dit zal ertoe leiden dat niet enkel de uitputting van het visbestand verminderd wordt, maar dat de efficiëntie van de visserij ook zal verbeteren!

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



Figuur 13.1: Vergelijking van energie *inefficiëntie* van verschillende landbouwsystemen (naar [SS74, fig. 5])

dingen te doen¹. Hierdoor komt het dat verschillende „primitieve” culturen maar een paar uur per dag moeten bezig zijn met voedsel voorziening. De rest van de tijd kunnen ze besteden aan ontspanning, sociale contacten. Dit geeft ze een rijk cultureel leven. Ook geeft dit ook 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]). Dit bereiken ze door een uitermate gesofisticeerd inzicht in het lokale ecosysteem en door de onderlinge afhankelijkheden in dat ecosysteem uit te buiten.

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.

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

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

Leach geeft in zijn energie budgetten waarden van de efficiëntie (E_r , nu beter bekend als EROEI) voor verschillende landbouwsystemen waarvan sommigen in figuur 13.1 opgenomen zijn. Als we kijken naar naar de EROEI in functie van



Figuur 13.2: Gebruik van spierkracht vs. EROEI in verschillende landbouwsystemen. Gebaseerd op [Lea76].

het aandeel aan spierkracht (figuur 13.2), dan valt het op dat elke categorie van landbouwsysteem zijn eigen karakteristieken heeft:

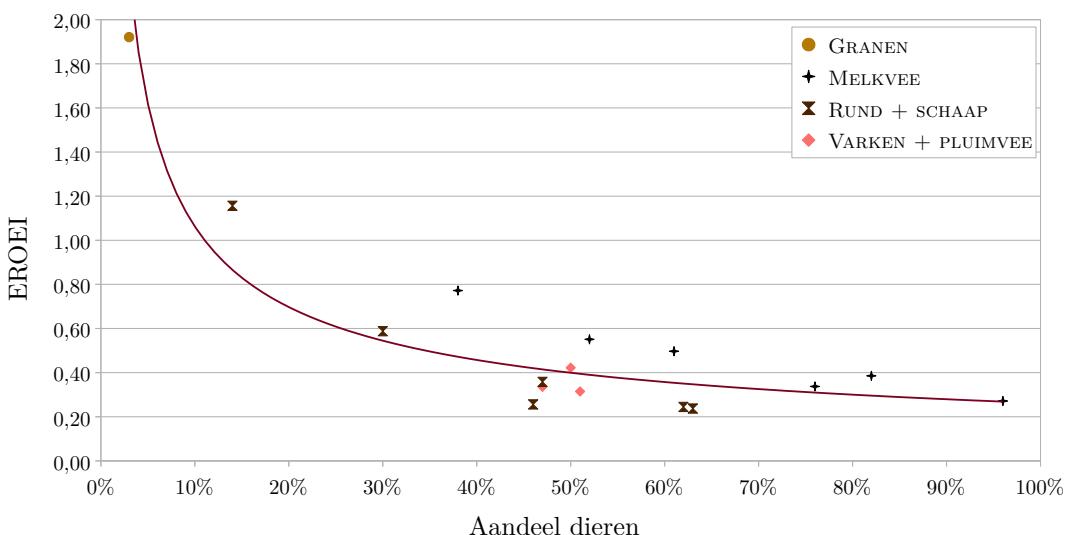
- links het industriële landbouwsysteem. Hier schommelt de EROEI tussen 0,002 (sla in verwarmde serre) en 10 (zongedroogd gras). Bij het merendeel van deze systemen is het aandeel van spierkracht verwaarloosbaar wat te zien is doordat het merendeel van de datapunten aan de 0% grens aanleunt. Kijken we naar de data zelf, dan valt het op dat buiten suikerbiet enkel gras als ruwvoer een EROEI hoger dan 4 haalt. Tussen een EROEI van 1,7 en 4 zitten enkel grassen (gras, hooi, silage) en granen (inclusief mais). De beste veeteelt is een gemengd bedrijf met runderen en schapen (EROEI van 1,16). De tweede beste is een gemengd melkvee bedrijf (EROEI van 0,77).
- in het midden zitten de semi-industriële landbouwsystemen. Hier schommelt de EROEI tussen 0,83 en 10,5.
- rechts zitten dan de pre-industriële landbouwsystemen. Hier schommelt de EROEI tussen 5 (rotatieteelt systeem in Uganda) en 65 (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.

Voor twee soorten gewassen (mais en rijst) kunnen we de systemen eens afzonderen (figuur 13.3). Hierin is duidelijk te zien dat binnen de teelt er een verlies aan energetische efficiëntie is naarmate het aandeel aan spierkracht afneemt.



Figuur 13.3: Gebruik van spierkracht vs. EROEI voor rijst en mais.

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



Figuur 13.4: Efficiëntie van een gemend bedrijf in functie van het aandeel dieren. Naar analogie met [Lea76, fig. 11].

- veel van de oogst wordt aan de dieren gevoed. Zoals als aangehaald, heeft de landbouw 1 116 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 dan 65 PJ aan energie vrij door dierlijke producten! Dit wordt duidelijk aangetoond in figuur 13.4. 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 er 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

paragraaf 5.1 op pagina 32). 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.

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 op 1 jaar (4 GJ). Hier komt een ander verhaal naar boven.

De slash&burn in Kongo heeft de hoogste EROEI. Je krijgt er 65x zoveel energie terug als dat je investeert. 1 ha geeft 16 GJ aan energie in voeding, dus voldoende voor 4 personen.

Het beste industriële systeem is akkerbouw van aardappelen met een EROEI van 1,57 en een energetische output van 57 GJ/ha (14 personen).

Het beste veeteelt systeem heeft een EROEI van 1,16 en een energetische output van 15 GJ/ha (net geen 4 personen).

De verschillende systemen zijn uitgezet in figuur 13.5. 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. De precieze getallen zijn globale richtwaarden omdat er uiteraard verschillen zullen zijn met andere types grond en weer. Tevens is de omzetting bij de oudere systemen van het aantal uren gewerkt in energie een grove benadering.

Gaan we van linksboven (meest efficiënt) naar rechtsonder (meest *inefficiënt*), dan komen we net zoals hierboven eerst oudere landbouwsystemen tegen: slash&burn (met een aantal jaren tussen om de natuur terug te laten recupereren is dit een duurzame techniek), van sedentaire en rotatie landbouw. Vervolgens komen systemen voor voor veevoer (gras, hooi, graan). Akkerbouw volgt 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.

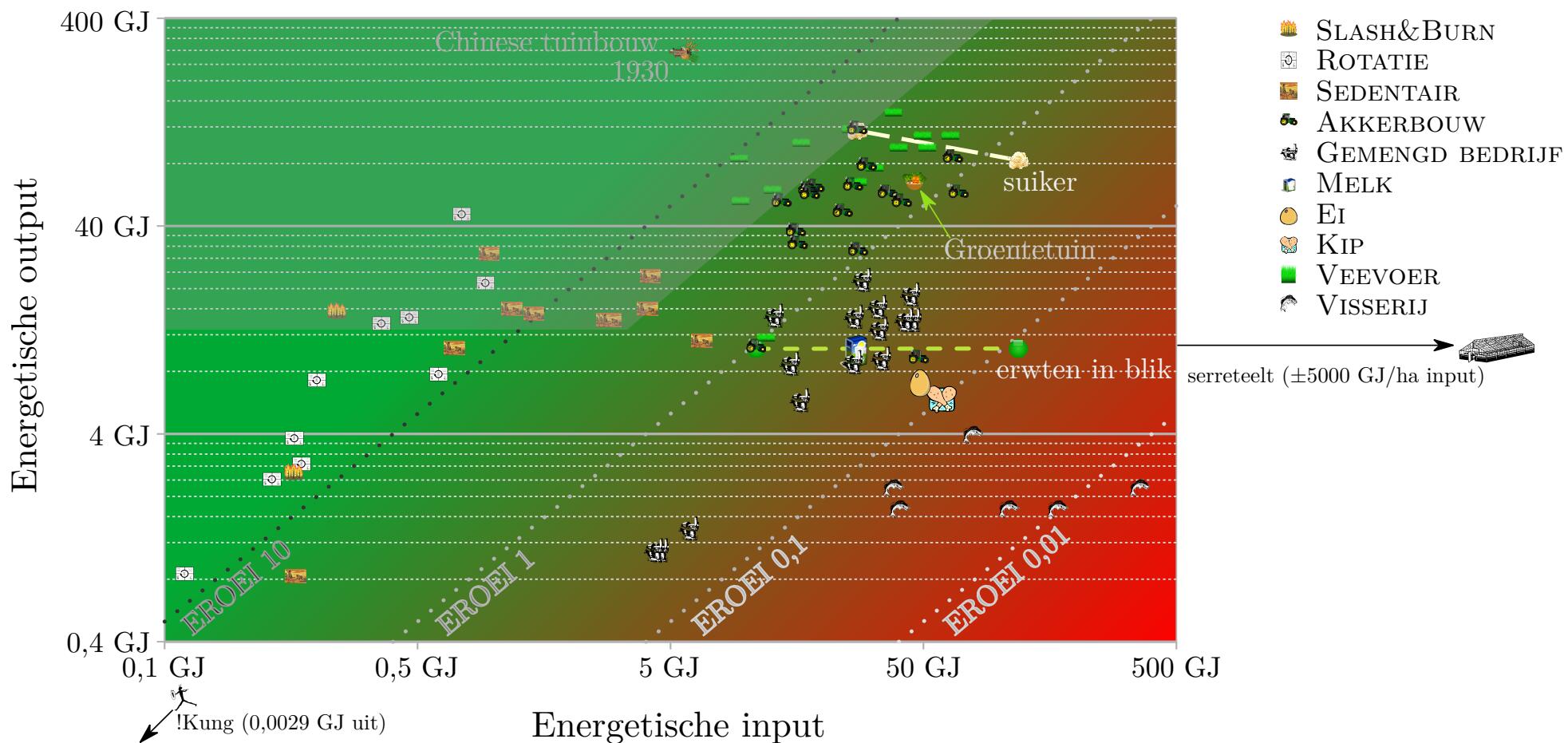
Een gemiddelde voor melk, eieren en kippenvlees is ook opgenomen. We zien dat eieren en kip eigenlijk energetisch redelijk slecht scoren. Dit is een waarde genomen in het VK voor 1972, dus de situatie kan in onze context vandaag wel anders zijn. Zeker is dit echter niet.

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 verhoogt. Dit systeem kan zelfs beter scoren als er geen kunstmest gebruikt zou worden en meer energetische gewassen².

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) die ook nog eens veel mensen per bewerkte hectare kan voeden.

²In de studie is 2/3 van de energetische input te wijten aan kunstmest. Ook zijn de planten typisch blad- en winter gewassen die ofwel weinig energie opbrengen of traag groeien.



Figuur 13.5: Input versus output van verschillende landbouwsystemen. Naar analogie met [Lea76, fig. 2]

De plaats op de grafiek geeft ook de 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.

Dat is de perfecte aanleiding om diezelfde grafiek eens van boven naar onder te bewandelen. Zoals reeds aangehaald, is er 4 GJ per jaar nodig om 1 persoon te voeden. De schaal is logaritmisch, wat 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/ha.jaar. 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 (de schaal is logaritmisch!). 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 energie efficiëntie. We spreken nog altijd altijd over systemen die meer dan 10 mensen per hectare kunnen voeden.

Hoewel oudere landbouwsystemen energetisch efficiënter zijn, zien we dat ze naar output per hectare vergelijkbaar zijn met veeteelt. 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.

De onderste systemen van veeteelt (schapen) vragen een kleine 4 hectare grond om 1 persoon te voeden met exclusief schapenvlees³.

Voor rotatieteelten en slash&burn is gekeken naar de gemiddelde grond die nodig is. Het onderste systeem heeft een output van 0,8 GJ/ha.jaar. Er zijn dus 5 hectaren nodig om 1 persoon te voeden. Als er een rotatie aangehouden wordt van 10 jaar, ligt 4,5 ha hiervan braak en op 0,5 ha wordt geteeld. In totaal moet wel de volledige 5 hectare voorbehouden worden om diezelfde persoon duurzaam te kunnen voeden, vandaar dat de output aangehouden wordt als 0,8 GJ/ha.jaar.

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.

Dit geeft aan dat de oude landbouwsystemen onderaan de grafiek vandaag niet meer mogelijk zijn. Er is teveel grond per persoon nodig om voldoende voedsel te produceren, dit los van het grondgebruik dat nodig is voor andere doeleinden (verwarming, kleding, ...).

Omgekeerd, als er per persoon 0,3 ha landbouwgrond ter beschikking is (zie paragraaf 5.2 op pagina 35 waar dit het Nederlandse gemiddelde is), moet je 13 GJ/ha.jaar kunnen produceren om de bevolking te voeden. Willen we hierbij ook een energetisch efficiënt systeem met een EROEI van minstens 3,3 (waarom wordt in het volgend hoofdstuk duidelijk), dan blijven er niet veel landbouwsystemen meer over. Dit gebied is aangeduid in figuur 13.5 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 Nederland kunnen voe-

³Uiteraard 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.

den. Niet zozeer de o zo gepromote industriële landbouw, biologisch of niet.

Als diegenen die bij de besprekking van de efficiëntie van landbouwsystemen al droomden van een utopische wereld in berenvellen na bovenstaande besprekking nog niet ontnuchterd zijn, hier nog een paar punten bij de oudere landbouwsystemen. 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.

Het lijkt me duidelijk dat het nodig is om in te zetten op een post-industrieel landbouwsysteem. Dit is een landbouw die zich duidelijk in de linker bovenhoek bevindt van figuur 13.5 maar zonder de nadelen van de pre-industriële landbouwsystemen. Het 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 post-industrieel landbouwsysteem op te starten.

Hoofdstuk 14

Landbouw in het voedselsysteem

Tot nu toe hebben we energetische efficiënties (EROEI) van de volledige landbouwsystemen in Nederland, het VK of de VSA gevonden van 1:2 tot 1:3¹. We hebben in het vorige hoofdstuk wel gezien dat dit sterk verschilt van specifieke landbouwsystemen. De EROEI kan variëren van 1:500 voor serreteelt over 1:100 voor visserij en 1:3 voor veeteelt. Aan de positieve kant kan het gaan van 3:1 voor akkerbouw van granen tot 50:1 voor Chinese tuinbouw tot zelfs 60:1 voor sommige oude landbouwsystemen.

Is de conclusie dan dat de 1:10 die Whitefield aanhaalt uit de lucht gegrepen is? Moest het enkel gaan over de efficiëntie van landbouw zelf wel. Maar Whitefield haalt zelf aan dat het niet gaat over enkel het landbouwsysteem. Hij zegt dat er een belangrijk deel van energieverlies verderop in het voedselsysteem zit. Welk effect heeft dit dan?

14.1 De verborgen energie van een boterham

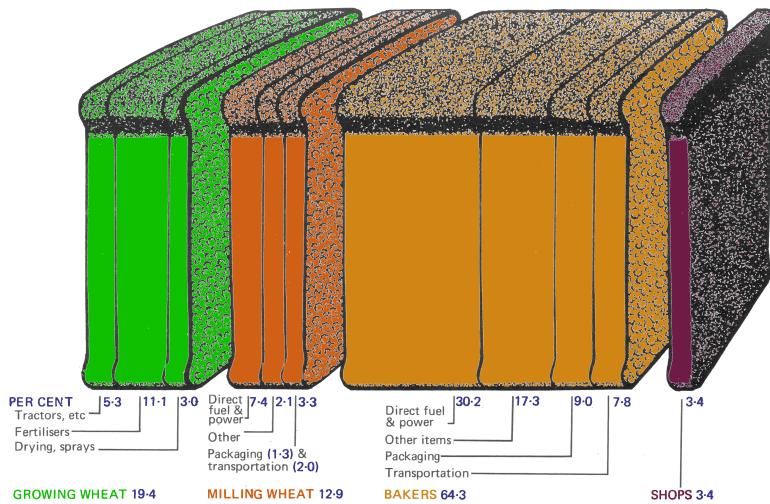
Laten we eens een boterham pakken [Lea76, p. 28 en budget 20]. Een wit brood van 1 kg geeft ongeveer 10 MJ energie. Om de granen te telen is 4 MJ energie nodig, een EROEI van 4:1. Maar het graan moet vermalen worden, verpakt in zakken, het brood moet gebakken worden, verpakt, getransporteerd, gestockeerd in de winkel, Als dit alles opgeteld wordt, dan is er opeens geen 4 MJ meer nodig het brood tot bij de consument te krijgen maar 20 MJ oftewel een halve liter diesel. Dit is schematisch voorgesteld in figuur 14.1. Leach haalt nog aan dat als je voor de 2 km naar de bakker in de auto springt, er nog eens 10 MJ bij moet geteld worden. Met andere woorden, je eet geen brood maar pure olie die omgezet is in brood. Smakelijk.

14.2 Energiestromen in het VK van 1968

Kijken we naar meer dan brood alleen, dan krijgt Leach volgende verdeling van de energiestromen in het voedselsysteem (figuur 14.2). Aan de linkerkant staan de energetische input stromen, aan de rechterkant de energetische output stromen.

Veevoer is voor de helft geïmporteerd, de andere helft komt als schroot uit de voedingsindustrie. De rest van het veevoer is een interne levering.

¹Als Meino Smit rekening hield met het grondgebruik werd de verhouding 1:7 (paragrafen 5.3.4.1 en 5.3.4.2) maar zoals al gezegd, ben ik niet helemaal mee met wat die verhouding in dat geval wilt zeggen buiten dat je niet goed bezig bent.



Figuur 14.1: Energieverdeling voor het maken van brood [Lea76, fig. 10].

De voedingsindustrie is voor het werk gedaan door de voedingsindustrie. Met andere woorden transport, verpakking, kapitaal en verwerking. Verpakking neemt zelfs een kwart van de energie input voor zijn rekening! Enkel verwerking van voedsel geteeld in het VK is in rekening gebracht. Van deze input is 11% gebruikt om export producten te produceren. Zoals reeds aangehaald, is de input nodig voor schroot al bij de landbouw gerekend als veevoer.

Voor de winkels is de helft van de energie te wijten aan het transport van goederen naar de winkel. Verder heb je verpakkingen, verwarming en elektriciteit, infrastructuur dit 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.

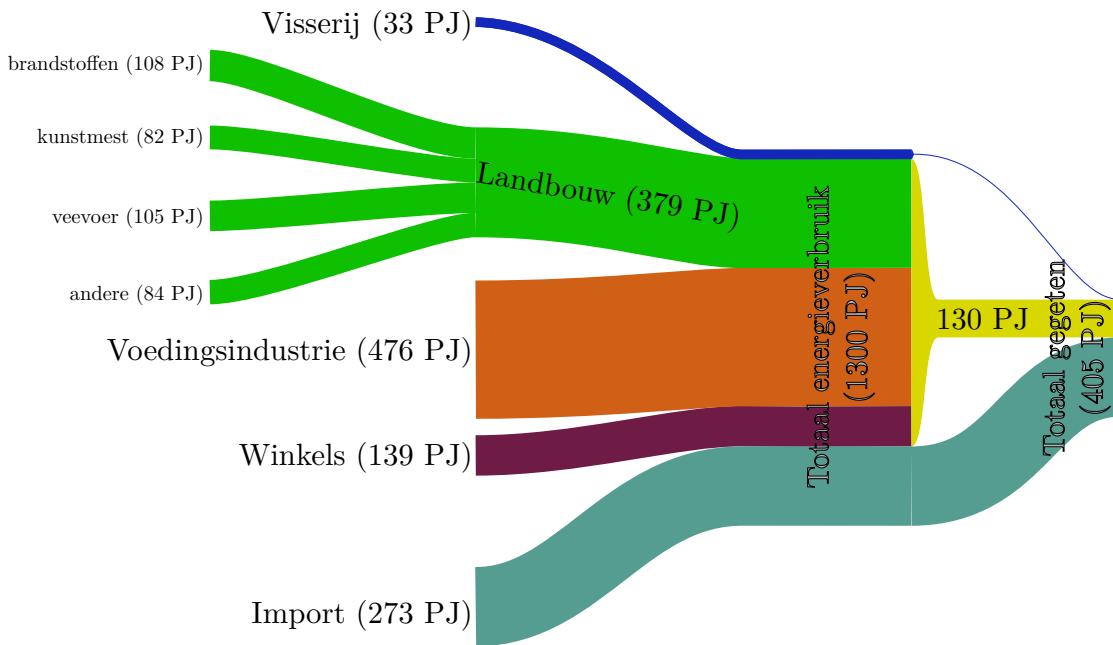
Voor de import is er vanuit gegaan dat het aandeel aan visserij quasi verwaarloosbaar is in de output. Andere imports zijn energetisch volledig doorgerekend in de output omdat het niet duidelijk is of hier binnen het VK nog verdere verwerkingen op gebeuren. Voor deze waarde moet je dus in rekening brengen dat er nog veel indirekte energetische kosten zijn die hier niet in kaart gebracht zijn.

Dit veranderd het plaatje helemaal. Negeren we even de imports, dan zien we dat landbouw enkel 37% van de totale energetische input in het voedselsysteem vertegenwoordigd. De voedingsindustrie is de slakop met 46% en zelfs winkels dragen 13% bij.

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

Wacht even voor je die fles champagne opentrekt, dit getal bevat ook de inputs van import naar het VK. Deze mogen eigenlijk niet meegenomen worden. Halen we de import weg, dan moet dit wel in rekening gebracht worden bij het energieverbruik in de winkels. De hoeveelheid import is ongeveer 2 keer de hoeveelheid aan nationale producten, dus kunnen we 2/3 van de energie van de winkel toekennen aan import en bijgevolg aftrekken (92 PJ). Het totaal zonder import is dan 935 PJ. Zonder de import kom je op een verhouding van 1:7. Het aandeel van de landbouw hierin stijgt nu naar 40%.

Ook is het zo dat de bovenstaande getallen gelden voor het energieverbruik tot aan de winkeldeur. Zoals we al zagen bij ons boterhammeke van hierboven,



Figuur 14.2: Energiestromen in het voedselsysteem (VK, 1968), naar [Lea76, fig. 9].

is het transport van huis naar de winkel 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. Terug opnieuw gaan we 2/3 hiervan aftrekken voor geïmporteerde producten. Dit brengt het totale verbruik, zonder de imports, op 1108 PJ. De verhouding wordt nu 1:8,5.

Nog een laatste punt dat in rekening gebracht kan worden, is wat eerder verloren door achteloosheid genoemd worden. Met een percentage van 25% (zie pagina 77), wordt van de output van 130 PJ maar effectief 98 PJ opgegeten. Dit zal de verhouding 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 om 1 MJ aan voedsel te kunnen consumeren. Die verhouding van 1:10 was dus toch niet zo slecht. Laat de champagne maar knallen!

14.3 Energiestroom in de VSA begin jaren '70

Iets gelijkaardig als hierboven hebben Steinhart en Steinhart ook gedaan voor het voedselsysteem in de VSA [SS74]. De resultaten in de loop van de tijd zijn uitgezet in figuur 97. Zoals te verwachten is het een verhaal van groeien, groeien en nog eens

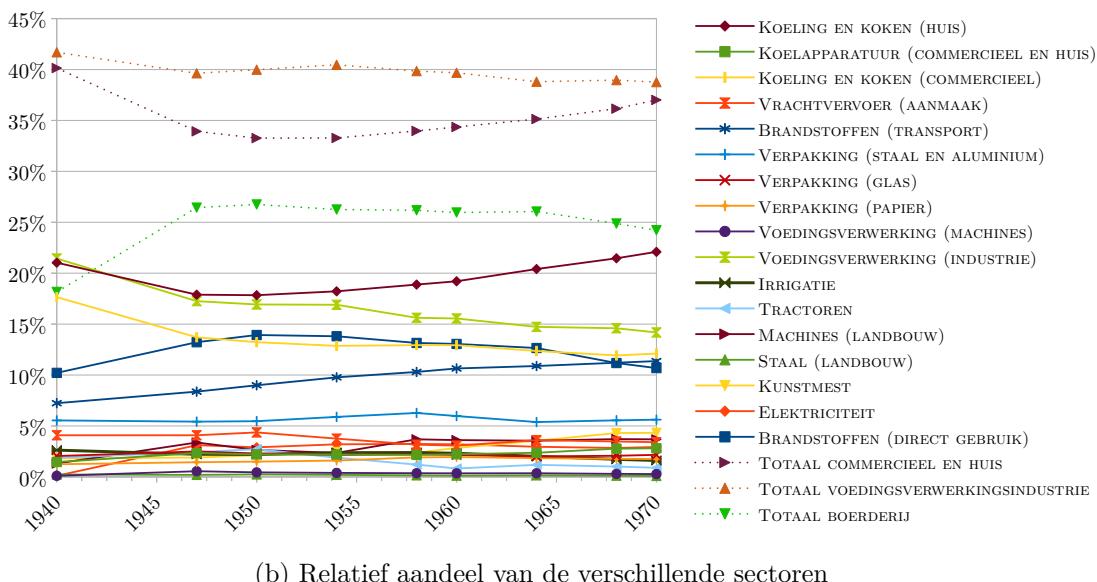
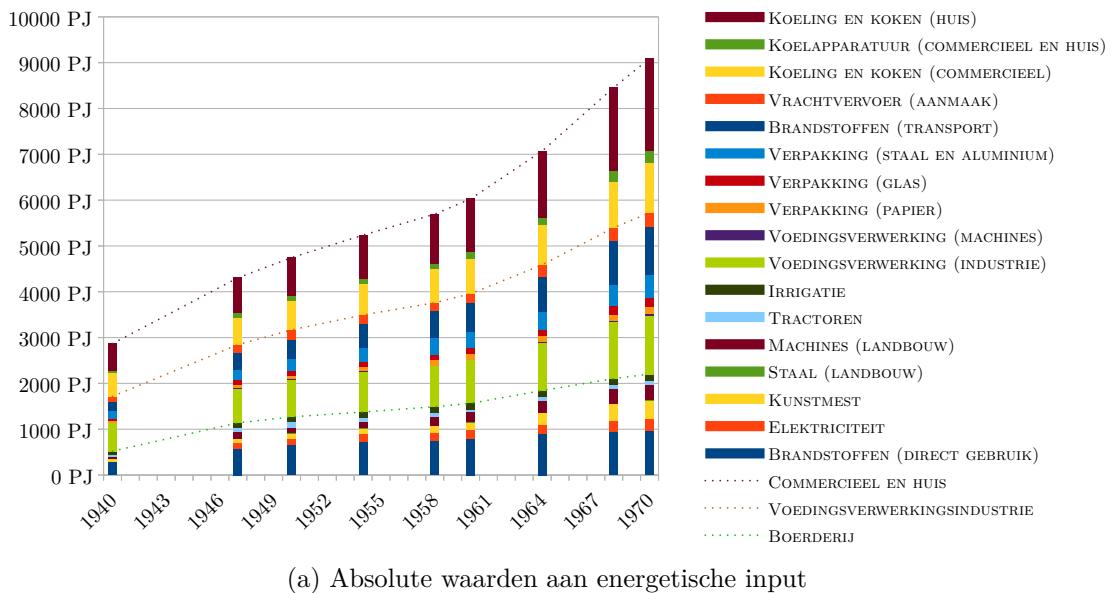
²En dan hebben we nog niets gedaan met die 11% voeding die geëxporteerd wordt!

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 in een ander land plaatsvindt. Na wat rekenen geeft blijft een input van 1014 PJ over.

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

De verhouding is dan 1:11,7.

groei. 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).



Figuur 14.3: Energiestromen in het voedselsysteem (VSA 1940-1970, [SS74]).

We zien dat het aandeel van de landbouw rond de 25% is van het totaal met een daling gedurende de jaren 50 en 60. Ook de voedingsverwerkingsindustrie is licht gedaald maar heeft een aandeel van rond de 40%. De stijging zit hem vooral in de koeling en koken thuis. Ook is er een stijging in het aandeel van het transport van de voedingsverwerkingsindustrie.

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 hierboven al besproken.

Deze berekening is vergelijkbaar met het scenario hierboven waarbij we rekening houden met het verbruik thuis en zonder de import. We kunnen nu de aandelen

van deze twee studies vergelijken.

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

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

Het valt op dat het aandeel van winkel en thuis in de berekening van Steinhart en Steinhart relatief veel zwaarder doorweegt. Het lijkt erop dat ze een betrouwbare bron gebruikt hebben hiervoor terwijl Leach een inschatting gemaakt heeft van dit aandeel. Analyse van 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 een 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. Dan moet het speciaal behandeld worden omdat niet voeding geen aparte koeling nodig heeft. Herdoen we die berekening met deze correctie, dan komen we 226 PJ aan verbruik uit in plaats van 139 PJ.

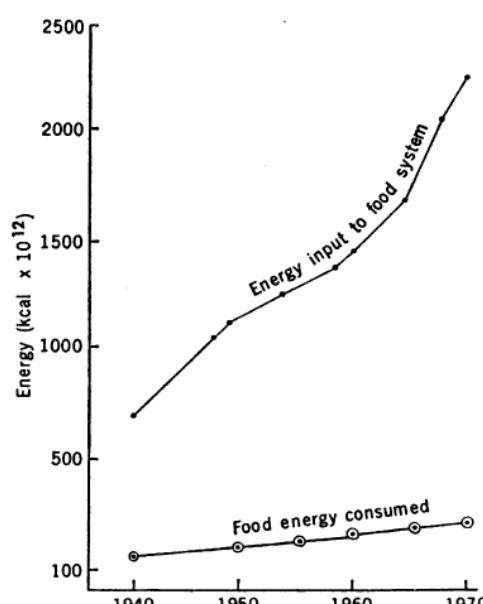
We kunnen dan de bovenstaande tabel terug opstellen met de gecorrigeerde waarden.

	Visserij	Landbouw	Verwerking	Winkel	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 voedingsketen 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 tot 4 heeft zodat verliezen later in de voedingsketen opgevangen worden. Op pagina 92 is de ondergrens van 3,3 genomen omdat toch nog 2 granenteelten (met een EROEI van 3,35 en 3,75) mee te kunnen nemen. Anders was enkel de suikerbieten teelt (EROEI 4,2) overgebleven wat nogal eenzijdig zou zijn van voeding.

14.4 Mogelijke groei van het voedselsysteem

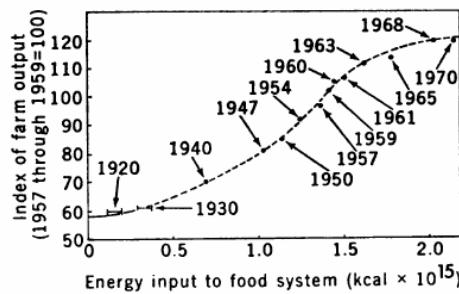
Steinhart en Steinhart bekijken de mogelijkheden die er zijn voor een groei in het voedselsysteem. Het eerst dat ze bekijken is de input van het voedselsysteem ten opzicht van de output. Dit is weergegeven in figuur 14.4. Het is te zien dat de input in het voedselsysteem veel sneller stijgt dan de output. Dit is ook weergegeven in figuur 13.1 op pagina 87 met de lijn „U.S. food system”. Het is te zien dat de inefficiëntie van het voedselsysteem in de VSA een continue stijgende trend vertoond. Bij Meino Smit is gezien



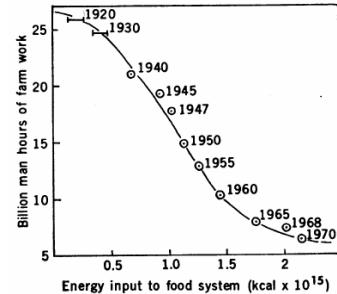
dat de *inefficiëntie* van de landbouwsector in Nederland tot 1970 een stijgende trend vertoond maar vanaf dat moment is deze *inefficiëntie* gestabiliseerd³ (inzet in figuur 5.13 op pagina 40).

Is mogelijk om nog veel efficiëntie te winnen? Steinhart en Steinhart vermoeden van niet op basis van de grafieken in figuur 14.5. In beide curves

is een S-vorm te zien. In het midden is er sterke stijging. Deze vlakt echter op het einde af. Dit geeft aan dat er bij een verhoogde input, niet veel te winnen is. Er zal dus meer input nodig zijn om de output met eenzelfde waarde te doen stijgen. Omgekeerd is er meer input nodig om een gelijk aantal boerderij uren te kunnen besparen. Dit geeft aan dat de limieten meerwaarde door extra energie te gebruiken in het zicht zijn, volgens Steinhart en Steinhart.



(a) Boerderij output ten opzichte van de input in het voedselsysteem [SS74, fig. 2]



(b) Boerderij werk ten opzichte van input in het voedselsysteem [SS74, fig. 3]

Figuur 14.5: Verloop van boerderij output en werkuren in functie van input (VSA 1920-1970).

³Dit kan te maken hebben met de focus die sinds de oliecrisisen gekomen is op energetische efficiëntie.

Deel IV

Appendices

Bijlage A

Een aantal technische begrippen

A.1 Korte samenvatting van een aantal wetenschappelijke begrippen

In dit verdiepend werkstuk worden een aantal wetenschappelijke begrippen gebruikt.

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. De calorie is de meest bekende maar ook de meest verwarring. Dat omdat men voor voeding eigenlijk een kilocalorie gebruikt maar die als calorie omschrijft. 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?

Jamaar, zegt een collega fysicus, je gebruikt dan wel de hectare (ha) in plaats van vierkante meter (m^2)?

Tja, wat kan ik zeggen. Als boer in opleiding is de hectare nu eenmaal een veel meer zeggende eenheid.

A.1.3 Kilo, mega, giga, oh nee

Om zaken korter te kunnen omschrijven, worden een aantal voorvoegsels gebruikt. Kilo is hiervan heel bekend als bijvoorbeeld kilogram (1000 gram) of kilometer (1000 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 veeteelt 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 veeteelt.
 - 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”. Dit is alle energie die nodig is om een product aan te maken. Het is als het ware „opgeslagen” in het product maar niet meer bruikbaar. 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.

Wat allemaal in kaart gebracht moet worden wordt bepaald door een „Live Cycle Analysis” (LCA). Hiermee kan de „Gros 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.

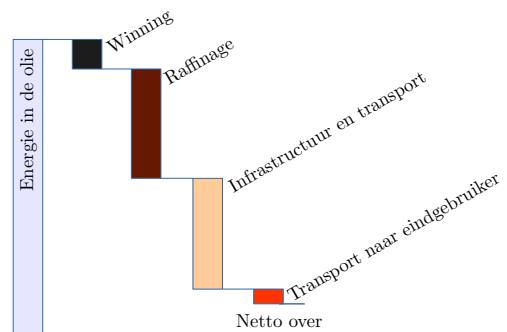
A.4 EROEI

EROEI (Energy Return On Energy Invested) is de verhouding tussen de hoeveelheid nuttige energie verkregen met de hoeveelheid energie die nodig was om de te produceren. 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 bovenstaande figuur verschilt 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. In dat geval is minimaal een EROEI groter dan 3:1 tot 5:1 nodig om toch nuttige energie over te houden.

De EROEI is belangrijk in het kader van dit verdiepend werkstuk omdat hiermee gevatt wordt dat er nog externe energetische kosten zijn aan een bepaalde brandstof.



Figuur A.1: Schema van energieverlies in de productie van olie

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.
- [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.
- [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.
- [Hol12] Arie Hollander. “Tegen beter weten in. De geschiedenis van de biologische landbouw en voeding in Nederland (1880-2001)”. Masterscriptie. Universiteit van Utrecht, mei 2012.
- [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 milieu. *Nederlands Voedingsstoffenbestand*. Bilthoven, 2016.
- [RVO50] RVO. *Diverse gegevens*. 1950–2015.
- [SH07] M.N. Sevenster en D.H. Huetting. *Energieverbruik in de veevoederketen*. Tech. rap. 07.61.36.01. Delft: CE Delft, 2007.
- [Smi05] V. Smil. *Energy at the Crossroads: Global Perspectives and Uncertainties*. Massachusetts, 2005.
- [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.
- [Voe+13] E. van der Voet e.a. *Environmental Risks and Challenges of Anthropogenic Metals Flows and Cycles*. <https://www.resourcepanel.org/reports/environmental-risks-and-challenges-anthropogenic-metals-flows-and-cycles>. 2013.

- [Whi11] Patrick Whitefield. *The earth care manual*. 2de ed. Permanent Publications, 2011. ISBN: 978-1-85623-279-1.
- [Wir07] S. Wirsén. *Global use of agricultural biomass for food and non-food purposes: Current situation and future outlook*. Sweden, 2007.