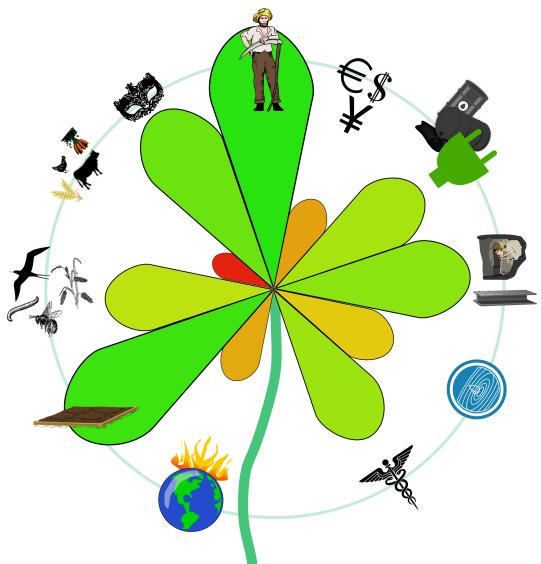




## De échte kosten van voedsel

Eric Seynaeve

1 juni 2022



Aangemaakt met L<sub>X</sub>T<sub>E</sub>X 2.3 en T<sub>E</sub>X Live 2021.

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

Figuren zijn gemaakt met Gimp 2.10 en Inkscape 1.1.

Gebruikte font is *Latin Modern Roman*.

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

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



De meest recente versie van deze pdf is te vinden op  
[https://github.com/EricSeynaeve/landwijzer\\_werkstuk/raw/master/text/manuscript-nl\\_print.pdf](https://github.com/EricSeynaeve/landwijzer_werkstuk/raw/master/text/manuscript-nl_print.pdf).



De broncode is te vinden op  
[https://github.com/EricSeynaeve/landwijzer\\_werkstuk](https://github.com/EricSeynaeve/landwijzer_werkstuk).



Voor de liefhebbers: een pdf met meer cijfers en grafieken is te vinden op  
[https://github.com/EricSeynaeve/landwijzer\\_werkstuk/raw/master/text/manuscript-tech-nl\\_print.pdf](https://github.com/EricSeynaeve/landwijzer_werkstuk/raw/master/text/manuscript-tech-nl_print.pdf).

*Dit werk is opgedragen aan Marc Laga  
(1930 - 2021).*

*Een fijne, integere man en schoonvader.  
We missen allemaal zijn inzichten en  
oprechte interesse in wat je doet.*



## Dankwoord

Een creatie wordt niet vanuit een leegte geschapen. Je wordt omringd door mensen die je de ruimte geven om iets te creëren en bent voorafgegaan door anderen die je inspiratie geven.

Bedankt lieve Anne om er te zijn. Om me de ruimte te geven om mijn hart te volgen. Het is niet altijd eenvoudig als ik weer eens afwezig ben, zowel letterlijk als figuurlijk. Laten we niet vergeten om te bewegen en het leven te vieren in dans. Ook gaat mijn dank uit naar onze fantastische kinderen die hun vader teveel moesten missen bij het schrijven van dit werk. Hoewel ik minder tijd had, is mijn liefde voor jullie nog altijd beregroot.

De eerste stappen in het leven zijn belangrijk voor alle volgende. Mijn ouders verdienken een pluim door die goede start en het zelfvertrouwen dat ze meegegeven hebben. Bedankt om er te zijn en in mij te geloven tijdens deze nogal uitzonderlijke carrièreswitch.

Veel mensen hebben, zonder het te weten, bijgedragen aan dit werkstuk. Ten eerste de auteurs van de werken die ik doorgenomen heb. Bedankt aan Meino Smit, Gerald Leach, Steinhart en Steinhart, Amory Lovins en zo veel anderen.

Veel dank aan Charles & Perrine Hervé-Gruyer voor hun inspiratie, zowel op vlak van doorzetten, schoonheid als de offers die ze op persoonlijk vlak maken om iedereen met hun inspirerend systeem kennis te laten maken. Wat jullie opgezet hebben is zo'n sterke inspiratie, zowel voor vandaag en als voor de toekomst.

Indirect heeft Rob Hopkins ook bijgedragen aan dit werkstuk door de Transitie beweging te starten. Vooral het positief verhalende van zijn manier van werken is een inspiratie.

Aan alle personen die bijgedragen hebben om de software te maken waarmee ik dit werk kon schrijven, bedankt. Jullie hebben belangeloos tijd gestoken in software die vrij gebruikt kan worden door iedereen. Hetzelfde geld ook voor de mensen die de tekeningen op FREESVG.ORG geplaatst hebben, waar ik dankbaar gebruik van kon maken om dit werk lichtiger te maken.

Bedankt aan de groep van Landwijzer om een vruchtbare bodem te bieden. Iedereen draagt op zijn/haar manier bij aan deze unieke groep. Speciale dank aan Evert om het verhaal van Umbalio zo fijn te illustreren.

Lien en Eva, bedankt om het technische werk te doorploeteren. Dank zij jullie nodige en terechte opmerkingen is er een toegankelijker tekst uit gekomen. Voor dit meer toegankelijke werk, zijn de opmerkingen van Anne en Koen waardevol gebleken.

Tot slot dank ik ook Colruyt om me de mogelijkheid te geven om tijd te kunnen nemen voor het Landwijzer traject.



# Inhoudsopgave

<b>Dankwoord</b>	<b>v</b>
<b>Inhoudsopgave</b>	<b>vii</b>
<b>Lijst van figuren</b>	<b>xi</b>
<b>I Inleiding</b>	<b>1</b>
1.1 De conceptie van dit werkstuk . . . . .	3
1.2 Wat kan je van dit werkstuk verwachten . . . . .	4
1.3 Voorstelling van de problematiek . . . . .	5
1.3.1 De blik verruimen . . . . .	5
1.3.2 Gebruik van een natuurlijk hulpmiddel . . . . .	6
1.3.3 Indirecte kosten . . . . .	8
1.3.4 Maatschappelijke kosten . . . . .	9
1.3.5 Een sprong naar vandaag . . . . .	10
1.4 Is dat alles? . . . . .	12
<b>II Energieverbruik</b>	<b>15</b>
<b>2 Geef ons heden ons dagelijks brood</b>	<b>17</b>
2.1 De blik van de boer . . . . .	17
2.2 Een bredere blik . . . . .	17
<b>3 Energiegebruik in de landbouw</b>	<b>19</b>
3.1 Nederlandse landbouw tussen 1950 en 2015 . . . . .	19
3.2 VK landbouw begin jaren 70 . . . . .	21
3.3 VSA landbouw begin jaren 70 . . . . .	22
3.4 Conclusie . . . . .	24
<b>4 Energiegebruik van de voedselketen</b>	<b>27</b>
4.1 Het pad tussen de boerderij en het bord . . . . .	27
4.1.1 Verwerking . . . . .	27
4.1.2 Distributie . . . . .	28
4.1.3 Consumptie . . . . .	28
4.1.4 Voedselverliezen . . . . .	28
4.2 Overzicht van kosten . . . . .	28
4.3 Eureka . . . . .	30
4.4 Wat betekent dit voor de landbouw? . . . . .	30
4.5 Conclusie . . . . .	31

<b>5 Er is landbouw en er is landbouw</b>	<b>33</b>
5.1 Vergelijking van landbouw systemen . . . . .	33
5.2 Het kaf van het koren scheiden . . . . .	35
5.2.1 Op basis van energetische efficiëntie . . . . .	35
5.2.2 Op basis van grondgebruik . . . . .	36
5.2.3 Extra bedenkingen . . . . .	36
5.3 Conclusie . . . . .	37
<b>III Het leven is meer dan energie alleen</b>	<b>39</b>
<b>6 Water in alle kleuren van de regenboog</b>	<b>41</b>
6.1 Blauw water . . . . .	41
6.2 Groen water . . . . .	42
6.3 Grijs water . . . . .	42
6.4 Zwart water, zwaar water en licht water . . . . .	42
6.5 Koe 42 heeft dorst . . . . .	42
6.6 ... en noten hebben een probleem . . . . .	43
6.7 Mijn probleem met al die kleuren aan water . . . . .	44
6.7.1 De watervoetafdruk is te simplistisch . . . . .	44
6.7.2 De watervoetafdruk vertelt niets over de duurzaamheid van een product . . . . .	44
6.7.3 Focussen op de watervoetafdruk kan onnatuurlijke systemen promoten . . . . .	45
6.8 Kan het beter? . . . . .	46
<b>7 Vaste voet aan de grond</b>	<b>47</b>
<b>8 Het zweet des aanschijns</b>	<b>49</b>
<b>9 Van een veelheid naar één getal?</b>	<b>51</b>
9.1 Er zijn heel veel factoren . . . . .	51
9.2 Kan dit omgezet worden naar geld? . . . . .	51
9.3 De duurzaamheidsbloem . . . . .	53
<b>IV Wat leren we hier nu uit?</b>	<b>57</b>
<b>10 Impact van indirecte kosten</b>	<b>59</b>
10.1 De klassieke indicatoren . . . . .	60
10.1.1 Aantal bewerkte hectare per voltijds equivalent . . . . .	60
10.1.2 Hoeveelheid geproduceerde ton per voltijds equivalent . . . . .	60
10.2 Indicatoren op basis van energie . . . . .	61
10.2.1 Energetische efficiëntie . . . . .	61
10.2.2 Energie per hectare . . . . .	62
10.2.3 Energie per voltijds equivalent . . . . .	62
10.3 Opbrengst in ton per hectare . . . . .	62
10.4 Conclusie . . . . .	63
<b>11 Hoe moet landbouw er uitzien?</b>	<b>65</b>
11.1 De droom van Meino Smit . . . . .	65
11.2 Is mijn droom veranderd? . . . . .	67

<b>12 Samenvatting</b>	<b>69</b>
<b>V Bijlagen</b>	<b>71</b>
<b>A Een aantal technische begrippen</b>	<b>73</b>
A.1 Korte samenvatting van een aantal wetenschappelijke begrippen . . . . .	73
A.1.1 Joule of calorie? . . . . .	73
A.1.2 Maar toch hectare en ton? . . . . .	73
A.1.3 Kilo, mega, giga, oh nee . . . . .	73
A.2 Broeikasgassen . . . . .	74
A.3 EROEI . . . . .	74
<b>B Ferme du Bec Hellouin</b>	<b>75</b>
B.1 Hun visie . . . . .	75
B.2 Economische resultaten . . . . .	76
B.3 Relevantie met dit werkstuk . . . . .	76
B.4 Een paar cijfers . . . . .	77
<b>C Gaat technologie de wereld redden?</b>	<b>79</b>
C.1 Externe kosten van elektronica . . . . .	79
C.2 Hernieuwbare energie . . . . .	80
<b>Bibliografie</b>	<b>83</b>



# Lijst van figuren

1.1	Ontmoet Umbilio . . . . .	5
1.2	Umbilio in haar omgeving . . . . .	6
1.3	Umbilio en de omgeving van haar omgeving . . . . .	6
1.4	Umbilio is de grond aan het klaarmaken met een stok . . . . .	7
1.5	En aan de boom daar hing een tak . . . . .	7
1.6	Umbilio vindt een hak uit . . . . .	8
1.7	Umbilio heeft Gornan nodig om een hak te maken . . . . .	9
1.8	Meer technologie vraagt meer input . . . . .	9
1.9	De start van milieuvervuiling . . . . .	10
1.10	Umbilio als moderne boerin . . . . .	11
1.11	De complexiteit van de landbouw groeit . . . . .	11
1.12	Het onvolledige, vervuilde, plaatje . . . . .	12
2.1	Verdeling van de benodigde energie van een brood . . . . .	18
3.1	Factoren van energie input gebruikt door Meino Smit . . . . .	19
3.2	Evolutie van energetische input van de Nederlandse landbouw . . . .	20
3.3	Energetische <i>inefficiëntie</i> van de Nederlandse Landbouw . . . . .	21
3.4	Evolutie van de energetische input van de VK landbouw . . . . .	22
3.5	Evolutie van de energetische input van de VSA landbouw . . . . .	23
3.6	Verlies aan efficiëntie in de landbouw . . . . .	24
4.1	Energiestromen in de voedselketen (VK) . . . . .	29
4.2	Energetische input in de voedselketen (VSA) . . . . .	30
4.3	Wordcloud van de factoren die bij energie bekijken zijn. . . . .	31
5.1	Energetische efficiëntie van verschillende landbouwsystemen . . . .	33
5.2	Energetische <i>inefficiëntie</i> van verschillende landbouwsystemen . . . .	34
6.1	Blauwe versus grijze watervoetafdruk . . . . .	43
7.1	Direct landbouwareaal per inwoner in Nederland . . . . .	47
7.2	Totale gebruikte landbouwareaal van de Nederlandse landbouw . . .	47
7.3	Totaal landbouwareaal per inwoner in Nederland . . . . .	48
8.1	Totale arbeid van de Nederlands Landbouw . . . . .	50
9.1	Overzicht maatschappelijke kosten . . . . .	52
9.2	Duurzaamheidsbloem . . . . .	56
10.1	Verloop van arbeidsproductiviteit in ha/VTE . . . . .	60
10.2	Verloop van arbeidsproductiviteit in ton/VTE . . . . .	61
10.3	Vergelijking van energetische input en output . . . . .	61

10.4 Verloop van energie per hectare . . . . .	62
10.5 Verloop opbrengsten in ton per hectare . . . . .	63
A.1 Schema van energieverlies in de olieketen . . . . .	74
C.1 De EROEI van een aantal energiebronnen . . . . .	81
C.2 Energieverbruik per persoon en per jaar . . . . .	82

# Deel I

## Inleiding





Hallo beste lezer. Bedankt om dit verdiepend werkstuk eens vast te nemen. Laat het je meenemen op een ontdekkingsreis door de voedselketen. Je gaat een heleboel kosten leren kennen van het voedsel dat we consumeren. Hierdoor krijg je inzicht in waar, onder andere, landbouw allemaal een impact op heeft. Voor de boeren onder jullie kan het ook argumenten geven om je prijs te rechtvaardigen.



## 1.1 De conceptie van dit werkstuk

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

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

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

Het is allemaal begonnen nadat ik in aanraking gekomen ben met de Transitie beweging<sup>1</sup>. Van hieruit is permacultuur op mijn pad gekomen en zo is de interesse gegroeid in de landbouw. Vooral het voorbeeld van Ferme du Bec Hellouin<sup>2</sup> inspireert: een project met schoonheid, permacultuur, verbetering van de natuur en ook nog eens commercieel leefbaar.

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

Velen proberen de impact van de landbouw op de wereld te beperken. Maar kunnen we met behulp van landbouw de al toegediende schade niet genezen in plaats van gelukkig te zijn om enkel 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 plastieken doodskist gehaald te hebben, dat om 1 calorie van de sandwich in je mond te kunnen steken, er in het totaal 10 calorieën olie nodig zijn. Dat is een stelling die regelmatig terugkomt bij de permacultuur.

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

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

Toevallig zijn er aanwijzingen op mijn pad gekomen over de bron van Rebecca Hosking's stelling. Na wat spannend (?) detectivewerk was het mogelijk om me erin vast te bijten.

Anderzijds groeide in deze zoektocht ook het besef dat biologische voeding niet duur is. Het is de huidige gangbare voeding die gewoon te goedkoop is. Waarom?

---

<sup>1</sup><https://transitionnetwork.org/>

<sup>2</sup><https://www.fermedubec.com/>



Omdat er in de gangbare voeding meer kosten zijn die niet doorgerekend worden (bv. verlies aan biodiversiteit, gezondheidsimpact van pesticiden, . . . ) vergeleken met bio landbouw.

Maar welke kosten zijn er eigenlijk allemaal in de landbouw (gangbaar én biologisch)? Hoe worden die berekend? Hebben ze een grote impact of niet? De wetenschapper in mij wilt dit weten, vandaar dat ik een drang voelde hier eens in te duiken. Op die manier kan op een meer objectieve manier bio en niet-bio naast elkaar gelegd worden.

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

## 1.2 Wat kan je van dit werkstuk verwachten

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

- een verwondering over de kosten die meespelen in de landbouw. Bij mij gingen er in ieder geval lampjes van verwondering branden.
- dat de werkelijkheid, net zoals een diamant, veel facetten heeft. Je kunt kijken naar het deel energie of water of economie of . . . Elke manier van kijken werpt een andere licht op de zaak.
- dat achter de échte kost komen geen eenvoudige materie is. Er is niet één methode die alles omvat<sup>3</sup>.
- dat de impact van de kosten het beeld veranderd dat de „Groene Revolutie” super efficiënt is.
- dat er verschillende landbouwsystemen zijn waarbij sommigen roofbouw plegen op de natuurlijke rijkdommen maar andere landbouwsystemen deze juist opbouwen.
- inzicht hoe landbouw in de toekomst bedreven moet worden.

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

Dit werkstuk is zeker niet volledig. Een aantal geselecteerde werken zullen besproken worden. Deze zullen een goed beeld schetsen van verschillende invalshoeken in het bepalen van de kosten van de landbouw.

Verder is er in deze uitvoering gekozen om zo conceptueel mogelijk de zaken te benaderen. Voor de liefhebbers is er een andere versie van dit werkstuk met meer technische details [Sey22].

Ook heb ik niet de achtergrond om een diepgaande analyse te doen van die werken. Dat is voer voor specialisten die al 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.

---

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

## 1.3 Voorstelling van de problematiek



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

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

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

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

Een voorbeeld maakt deze droge uitleg veel duidelijker.

Laten we Umbalio introduceren. Umbalio is een boerin die ons gaat helpen het concept van kosten duidelijk te maken<sup>4</sup>.

### 1.3.1 De blik verruimen

We ontmoeten Umbalio in figuur 1.1.



Figuur 1.1: Ontmoet Umbalio

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

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

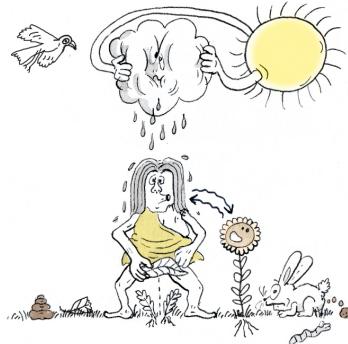
Je kunt een stap verder gaan en kijken wat de relaties zijn van de zaken die Umbalio consumeert en produceert (figuur 1.3).

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

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

---

<sup>4</sup>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. De rest van dit werkstuk zal minder fantasierijk zijn.



Figuur 1.2: Umbalio in haar omgeving



Figuur 1.3: Umbalio en de omgeving van haar omgeving

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

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

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

We hebben het volgende geleerd:

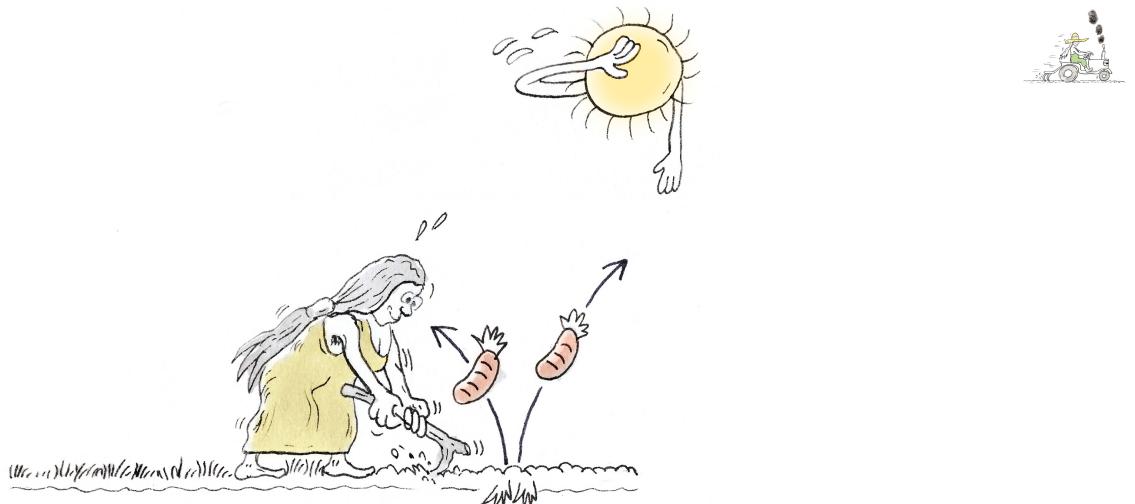
- een organisme (bv. een persoon) is verbonden met andere organismen en processen.
- deze zijn op hun beurt weer verbonden met nog andere organismen en processen. Zo kunnen we onze blik blijven verruimen.

### 1.3.2 Gebruik van een natuurlijk hulpmiddel

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

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

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



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

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

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

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

We hebben een paar nieuwe zaken geleerd:

- een deel van de oogst kan gebruikt worden voor eigen behoeften. Maar het blijft nog altijd deel van de oogst.



- de tijd die nodig is om een oogst te hebben is niet enkel de tijd doorgebracht op het land, maar ook in het voorbereiden van de hulpmiddelen.
- de tijd doorgebracht in het voorbereiden van de hulpmiddelen moet je spreiden over de teelten waarvoor het hulpmiddel ingezet wordt.

### 1.3.3 Indirecte kosten

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



Figuur 1.6: Umbalio vindt een hak uit

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

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

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

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

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

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

Weer hebben we nieuwe dingen geleerd:



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

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

#### 1.3.4 Maatschappelijke kosten

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

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

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

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



Figuur 1.8: Meer technologie vraagt meer input

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



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



Figuur 1.9: De start van milieuvervuiling

De metallurgie van Borjan zorgt voor vervuiling door roet, CO<sub>2</sub> uitstoot,.... Hij verbruikt hout waardoor de bossen in de buurt uitgedund worden.

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

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

We hebben weer heel wat inzichten bijgekregen:

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

### 1.3.5 Een sprong naar vandaag

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

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

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

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

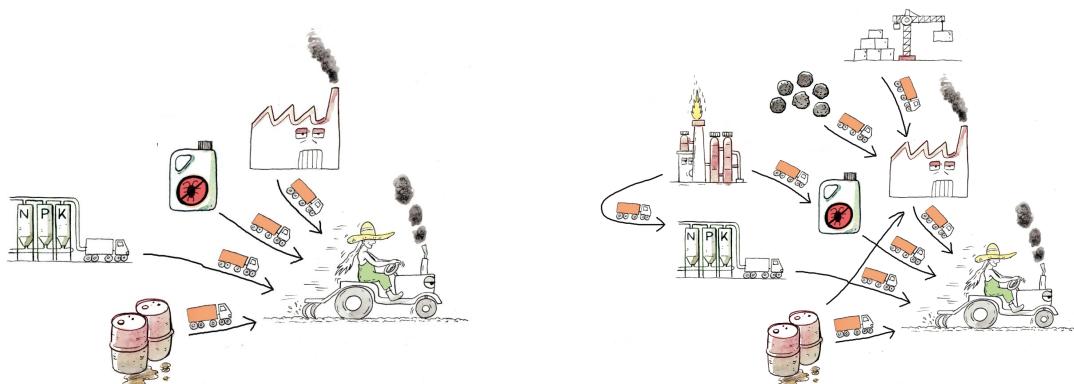
Maar dit allemaal ontstaat ook niet op een natuurlijke manier (figuur 1.11c). Je hebt olievelden en boorplatformen nodig. Raffinaderijen moeten ruwe olie bruikbaar maken. Mijnen zorgen voor grondstoffen. Zo goed als alles heeft fossiele brandstoffen nodig. En om de kring te sluiten zijn er voor de bouw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



Figuur 1.10: Umbalio als moderne boerin

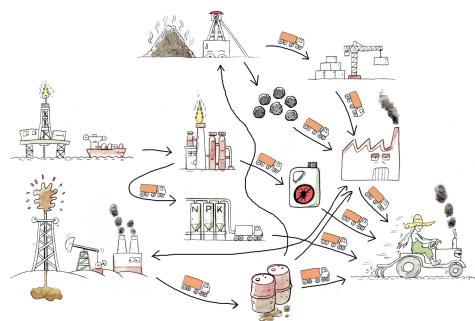
Bij veel relaties komt transport kijken. Overall zijn er mensen bezig om de relatie mogelijk te maken.

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



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

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

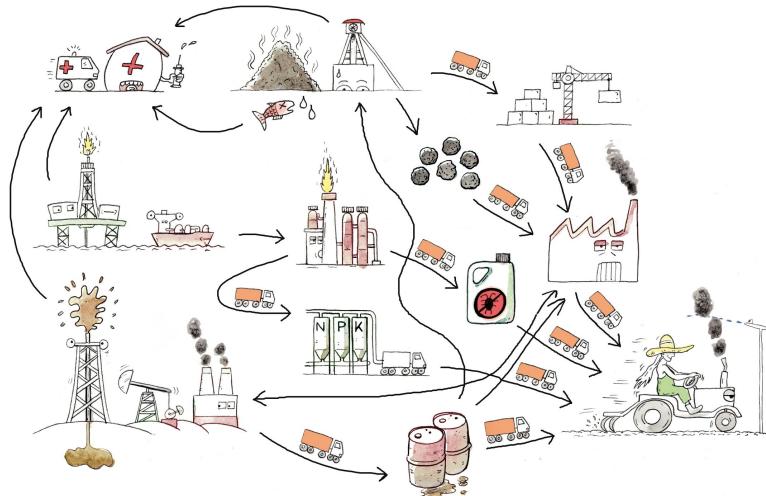


(c) Zelfs veel meer!!

Figuur 1.11: De complexiteit van de landbouw groeit

In heel dit kluwen hebben we ook maatschappelijke kosten zoals vervuilde water, CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>,... (figuur 1.12). Er zijn medische kosten. Er is afval. Er is nood aan irrigatie. En dan vergeten we nog heel wat factoren.

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



Figuur 1.12: Het onvolledige, vervuilde, plaatje

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

- er zijn meer indirecte kosten.
- er zijn meer maatschappelijke kosten. Wanneer en door wie worden die betaald?
- je systeem wordt kwetsbaarder aan storingen.
- op een bepaald moment loop je het risico dat de maatschappelijke kosten zwaarder gaan doorwegen dan de voordelen die de maatschappij uit de hoofdtaak haalt.

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

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

## 1.4 Is dat alles?

Nu we een idee hebben waar het over gaat, geef ik jou, beste lezer, de keuze. Ofwel stop je hier en heb je de basis mee waar het over gaat. Ofwel heb je honger naar meer en kan je verder lezen. Wat staat nog op het menu?

- Als eerste wordt een vollediger plaatje van energieverbruik geserveerd. Dat is belangrijk omdat energieverbruik heel nauw samen hangt met het broekaseffect.

Dit deel gaat voornamelijk over de zoektocht naar de achtergrond van de boutade „1 calorie eten vraagt 10 calorieën aan brandstoffen”.

- We gaan eerst aan de hand van een voorbeeld inzicht krijgen in mogelijke factoren die meespelen.
- Dan gaan we vanuit verschillende meegenomen studies kijken of de bovenstaande boutade inderdaad steek houdt.



- Van verschillende landbouwsystemen (akkerbouw, tuinbouw, veeteelt, jager/verzamelaar, slash&burn, ...) wordt de energetische efficiëntie vergeleken. Het zal blijken dat we dan een totaal ander beeld beginnen te krijgen van de „Groene Revolutie”.
- De titel van het werkstuk gaat over de *kosten* van de landbouw, niet de energie. Veel mensen zullen bij kosten aan geld denken.  
In het leven zijn echter vele soorten kosten mogelijk. Denk bijvoorbeeld aan de uitspraak dat iemand een rijk innerlijk leven heeft. Je kunt ook iemand in tijd betalen zoals bij LETS<sup>5</sup> systemen.  
Een aantal maatschappelijke factoren zoals landgebruik, arbeid, water, biodiversiteit, cultuur, ..., zijn duidelijk beïnvloed door de landbouw. Deze kosten worden overlopen.  
Ook wordt de vraag gesteld of de impact van die factoren in 1 getal, zoals euro's, samengevat kan worden.
- Welke inzichten krijgen we als de indirecte kosten meegenomen worden?
  - In hoeverre veranderd het meenemen van de indirecte kosten het verhaal van de „Groene Revolutie”?
  - Kunnen we hieruit een zicht krijgen over hoe we beter met de natuurlijke rijkdommen om kunnen gaan?

De beschouwde studies hebben telkens de volledige landbouwsector meegenomen. Dus het onderscheid tussen bio en niet-bio landbouw is niet gemaakt. Daardoor kunnen we kosten hiervan niet vergelijken.

In dit verdiepend werkstuk wordt dit alles conceptueel behandeld. Het is mogelijk zeer veel grafieken, statistieken en tabellen te gebruiken. Dit is echter tot een minimum beperkt om de boodschap behapbaarder te maken. Wie meer cijferwerk wilt zien: er is ook een technische versie van dit verdiepend werkstuk dat meer cijfers bevat. Deze is eenvoudig terug te vinden op het internet [Sey22].

---

<sup>5</sup>Local Exchange Trading System [https://nl.wikipedia.org/wiki/Lokale\\_ruileconomie#LETS](https://nl.wikipedia.org/wiki/Lokale_ruileconomie#LETS)



# Deel II

## Energieverbruik





# Hoofdstuk 2

## Geef ons heden ons dagelijks brood



Om erin te komen, laten we het voorbeeld nemen dat Leach uitgewerkt heeft [Lea76, p. 28] en waar we ons allemaal iets bij kunnen voorstellen: een brood.

### 2.1 De blik van de boer

Om een brood van 1 kg te maken is 934 g graan nodig. De natuur geeft ons veel vrije energie via het zonlicht, maar bij gangbare landbouw worden nog extra inputs gegeven aan het graan. In de studie van Leach identificeert hij de volgende:

- brandstof voor tractor en andere machines.
- kunstmest.
- bestrijdingsmiddelen.
- drogen van graan.

Dit vraagt in totaal 4,02 MJ voor de gegeven hoeveelheid graan.

Laten we even bij deze lijst stilstaan. Typisch wordt enkel de brandstof voor de tractor en andere machines meegenomen en de brandstof die nodig is voor het drogen van graan.

Maar ook kunstmest en bestrijdingsmiddelen vragen brandstoffen. Zowel binnen fabrieken voor het aanmaken ervan, binnen de mijnbouw (bijvoorbeeld fosfor- en kalimijnen voor de P en K van kunstmest) maar ook als grondstof zelf (de N van kunstmest wordt van aardgas gewonnen). Dit indirect gebruik van brandstoffen moet ook meegenomen worden. In dit geval worden er zelfs meer indirecte brandstoffen gebruikt dan directe.

Een bepaalde hoeveelheid energie als voedingswaarde kan geplaatst worden tegenover de energie die nodig is als input. Dit wordt energetische efficiëntie genoemd of ook Energy Returned On Energy Invested (EROEI, zie ook bijlage A.3). In dit geval is er een EROEI van 10,6<sup>1</sup>:4,02 oftewel 2,64:1. Er komt bijna drie keer zoveel energie uit het brood dan erin gestoken wordt.

### 2.2 Een bredere blik

Maar wacht eens even, hier klopt iets niet. Hierboven hebben we als eindproduct 934 g graan. Dat is helemaal nog geen brood.

---

<sup>1</sup>Een brood van 1 kg heeft een voedingswaarde van 10,6 MJ.



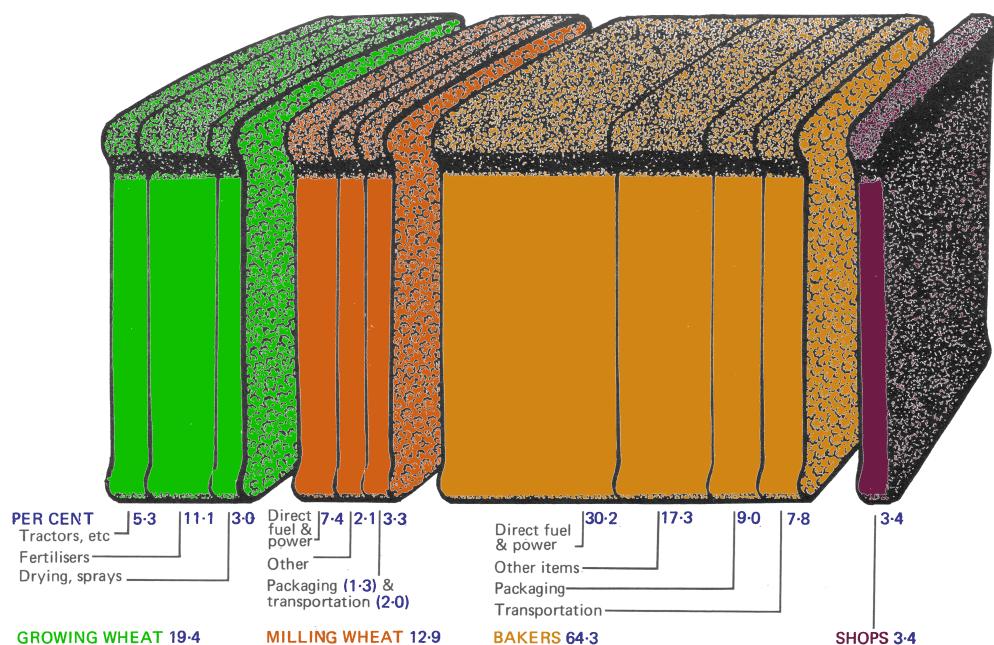
Er zijn dus nog extra processen te bekijken vooraleer we van een brood kunnen spreken.

Ten eerste moet het graan gemalen worden. Dit vraagt energie van het maalproces, er is transport naar de maauderij, het graan en de bloem moet verpakt worden, de fabriek en machines moeten onderhouden worden, je hebt kantoren nodig die verlicht moeten worden, . . . .

Vervolgens moet het brood gebakken worden. Het bakprocess zelf vraagt (veel) energie. Hiernaast is er terug energie nodig voor transport, verpakking, onderhoud machines en gebouwen, . . . .

Tot slot vraagt het aanbieden van een brood in de winkel ook nog wat energie. Terug voor onderhoud van gebouw, eventueel een gekoelde toog, verlichting, . . . .

Neem je dit alles bij elkaar, dan is er in totaal voor een brood van 1 kg zo'n 20,7 MJ aan energie nodig.



Figuur 2.1: Verdeling van de benodigde energie van een brood

In figuur 2.1 is dit schematisch voorgesteld. Hierbij zijn de cijfers de percentages aan energie nodig voor die welbepaalde categorie. Je ziet dus dat de landbouw zelf maar 20% van het volledige energieplaatje vraagt.

Alles bij elkaar heeft brood een EROEI van 10,6/20,7 oftewel 1:1,9. Met andere woorden, er moet bijna twee keer zoveel energie gespendeerd worden om een brood in de winkel te verkopen dan er aan voedingswaarde uit komt!

En dan bekijken we nog niet eens het transport van de winkel naar huis. Leach geeft aan dat als de winkel 1 km ver is en je neemt de auto om enkel een brood te gaan halen, er nog 8 MJ bijgeteld moet worden. Hierbij zakt de EROEI nog verder naar 1:2,7. Dus de auto nemen in plaats van de fiets of te voet gaan doet de energetische efficiëntie zakken van ongeveer 1:2 naar 1:3!

Nu is met een brood niet alles gezegd over de landbouw en het voedselsysteem. Laten we eens kijken wat in de studies te vinden is rond energetische input.

# Hoofdstuk 3

## Energiegebruik in de landbouw



In dit hoofdstuk gaan we vanuit een aantal studies kijken welke factoren geïdentificeerd zijn als input voor de landbouw [Smi18; Lea76; SS74; LLB84]. Meer details zoals bijvoorbeeld hoe deze cijfers bepaald zijn, zijn terug te vinden in het meer technische verdiepend werkstuk.

We beginnen met de studie van Meino Smit omdat deze zeer veel factoren onder de loep neemt. Ook heeft hij de evolutie bekeken van de Nederlandse landbouw tussen 1950 en 2015 wat interessante inzichten geeft.

Vervolgens bekijken we de situatie rond de jaren '70 in het Verenigd Koninkrijk en de Verenigde Staten van Amerika. Hoewel deze studies meer dan een halve eeuw oud zijn, blijven ze nog relevant. Zoals Patrick Whitefield het beschrijft:

„[...] 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.”

### 3.1 Nederlandse landbouw tussen 1950 en 2015

In de doctoraatsthesis van Meino Smit [Smi18] worden 14 factoren die nodig zijn voor landbouw bekeken. Deze zijn voorgesteld in figuur 3.1.



Figuur 3.1: Factoren van energie input gebruikt door Meino Smit

Deze factoren zijn door hem naar beste vermogen ingeschatt wat voor de verschillende sectoren in mindere of meerdere mate gelukt is. Hoe dit gedaan is, gaat



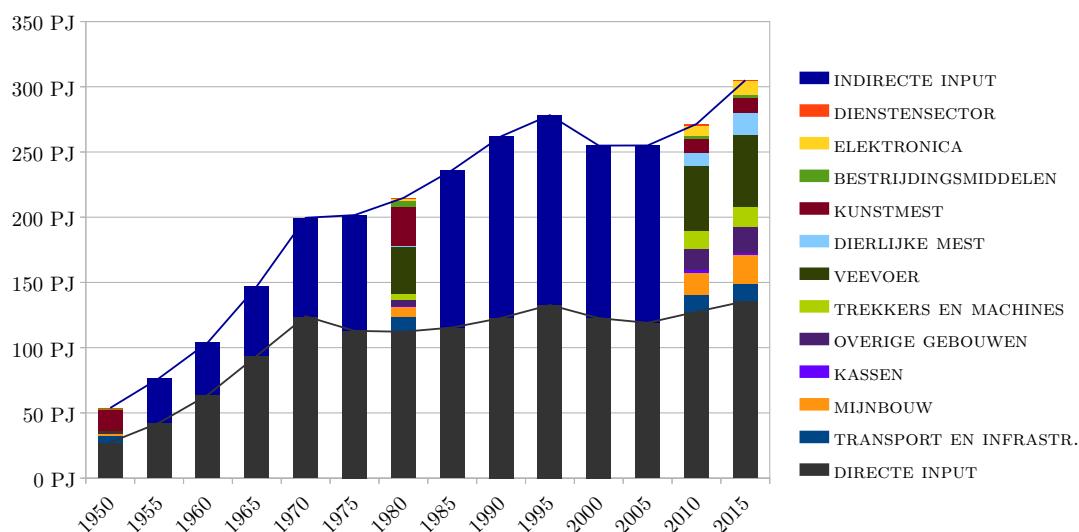
ons in dit werkstuk te ver brengen maar is aangegeven in de technische tegenhanger van dit verdiepend werkstuk.

Een factor die ik wel wil uitlichten, is de energie die opgeslagen is in materialen. Als je bijvoorbeeld een muur neemt, is er op veel vlakken energie nodig geweest voor de aanmaak. Om de baksteen te maken moet je grondstoffen zoals klei delven. Deze moeten dan getransporteerd worden waarna de baksteen in een vorm geperst wordt en gebakken. Voor het bakken en transport zijn er ovens en vrachtwagens nodig waarvan de energie die hiervoor gebruikt wordt voor een deeltje ook aan de baksteen moet toegerekend worden. Verder is nog transport en opslag vooraleer het op de bouw aankomt. Dan wordt er cement gebruikt voor het maken van de muur, een stelling en mortel. Als je dit alles optelt, samen met nog wat factoren die ik nu even uit het oog verlies, dan geeft dit aan hoeveel energie er eigenlijk nodig was om de muur te maken.

Speciale aandacht geeft Meino Smit aan een bespreking van elektronica en mijnbouw en hoe dit samen een ervoor zorgt dat hij niet gelooft in het gebruik van hernieuwbare energie bij „business as usual”. Dit is opgenomen in bijlage C.

Ook vermeld hij dat energie en grondstoffen sterk met elkaar verbonden zijn: je hebt energie nodig om grondstoffen te winnen maar ook heb je grondstoffen nodig om energie te produceren (bv. voor de productie van windmolens, transformators, raffinaderijen, hoogspanningslijnen, ...).

De evolutie van de energetische input voor de Nederlandse landbouw tussen 1950 en 2015, zoals door Meino Smit bepaald, is weergegeven in figuur 3.2.



Figuur 3.2: Evolutie van energetische input van de Nederlandse landbouw

Volgende trends zijn te zien:

- de directe input stijgt tot de begin jaren '70 om dan min of meer af te vlakken. Is dit het gevolg van een veranderende bewustzijn na de olie crisissen in die periode?
- anderzijds zien we dat de indirecte input aan belang wint. Sinds de jaren '80 is de indirecte input zelfs groter geworden dan de directe input en deze trends is alleen maar versterkt.

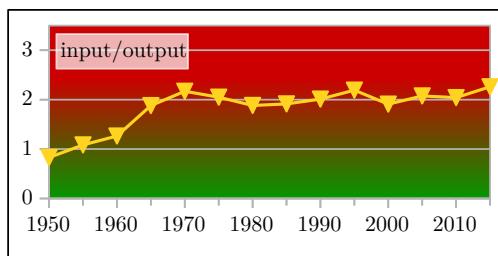


- het aandeel aan kunstmest is sterk gedaald terwijl dat van dierlijke mest gestegen is.
- veevoer is een belangrijke sector bij de indirecte input. Dit is nog los van het aandeel ervan in de directe input.
- Zowel mijnbouw, gebouwen als elektronica zijn in aandeel gestegen.

Om de waarden in perspectief te zetten: het volledig verbruik aan elektriciteit in België per jaar ligt rond de 288 PJ<sup>1</sup>. Met andere woorden, de Nederlandse landbouw verbruikt evenveel energie als het volledige elektrisch verbruik van België!

Meino Smit heeft ook de energetische output van de landbouw bepaald: de hoeveelheid voedingsenergie die in het geoogste fruit, groenten, akkerteelten en veeteelt zit.

Hieruit kan de energetische inefficiëntie van de Nederlands landbouw worden. In figuur 3.3 is de omgekeerde verhouding, dus de energetische *inefficiëntie* uitgezet.



Figuur 3.3: Energetische *inefficiëntie* van de Nederlandse Landbouw

Het is te zien dat in 1950, aan het begin van de industrialisatie van de landbouw, er meer energie uit de landbouw gehaald werd dan erin gestoken werd. Dit is verslechtert totdat het begin jaren '70 stabiliseerde. Vanaf dan is er om 1 calorie eten te produceren, 2 calorieën aan energie nodig (EROEI van 1:2).

## 3.2 VK landbouw begin jaren 70

Leach heeft begin jaren '70 de situatie van de landbouw in het Verenigd Koninkrijk (VK) bestudeerd [Lea76]. Hierbij zijn volgende factoren meegenomen:

- Directe energie
- Kunstmest
- Machines, gebouwen, ...
- Veevoer

Net zoals bij Meino Smit, ziet Leach een stijging van de input die nodig is in de landbouw zoals weergegeven in figuur 3.4.

Interessant is dat Leach de parallel trekt met de zware industrie. Afhankelijk van hoeveel mensen je toekent aan de landbouw (directe en indirect arbeidskrachten), wordt er per werknemer in de landbouw tussen de 150 en 330 GJ/jaar aan

<sup>1</sup><https://www.febeg.be/statistieken-elektriciteit>



energie gebruikt. Dat is overeenkomstig met de zware industrie die tussen de 170 en 300 GJ/jaar gebruikt per werknemer. We zouden nooit denken dat landbouw per werknemer evenveel energie nodig heeft als zware industrie!

De EROEI van de landbouw in het VK is, volgens de berekeningen van Leach, gedaald van 1:2,2 in 1952 tot 1:2,9 in 1968. Dus in 1968 zijn er 3 calorieën aan energie nodig geweest om 1 calorie aan voeding te produceren.

De reden hiervoor ziet Leach vooral in het gebruik van veevoer. Hij heeft gevonden dat maar 6% van de energetische output van plantaardige landbouw rechtstreeks naar de consument gaat. De rest wordt allemaal gebruikt als veevoer. Op het einde van de rit is maar 12% van de energetische output van de landbouw (zowel plantaardig als dierlijk) beschikbaar voor menselijke consumptie.

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

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

Maar, trop is teveel en teveel is trop. Een halvering van vleesconsumptie zou het VK zelfvoorzienend maken en de EROEI verhogen tot 1:1,4. Dat is dan nog los van de gezondheidsvoordelen die zouden optreden.

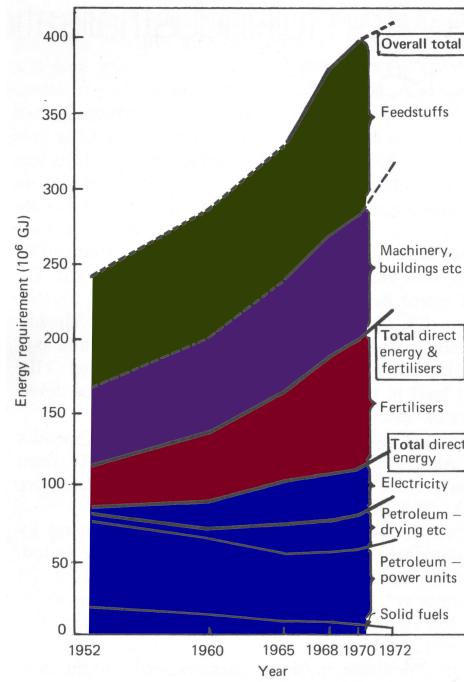
Een factor die mij persoonlijk nogal opgevallen is, is de energie die nodig is voor het drogen van hooi en graan.

### 3.3 VSA landbouw begin jaren 70

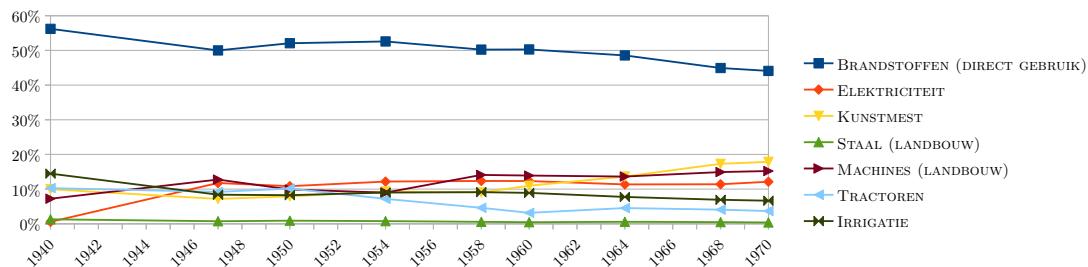
Tot slot kijken we nog naar ‘de Verenigde Staten van Amerika (VSA) begin jaren ’70. Hiervoor gebruiken we studies van Steinhart en Steinhart ([SS74]) en van Lovins *et al.* ([LLB84]).

Uit de studie van Steinhart en Steinhart is het aandeel van verschillende factoren op het energieverbruik binnen de landbouw zoals gegeven in figuur 3.5.

Een aantal factoren zoals brandstoffen (directe input), kunstmest en staal zijn hierboven al ter sprake gekomen.



Figuur 3.4: Evolutie van de energetische input van de VK landbouw



Figuur 3.5: Evolutie van de energetische input van de VSA landbouw



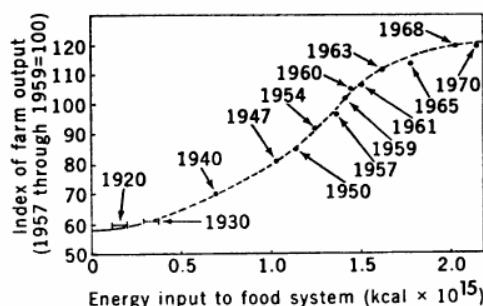
Een nieuwe factor is irrigatie die, zoals we zien, voor de VSA 6 tot 12% van het energiebudget van de landbouw uitmaakt (oppompen en verdelen van water). Dat is een factor die bij Leach en Meino Smit niet boven gekomen is. Waarschijnlijk omdat Nederland en het Verenigd Koninkrijk nogal natte landen zijn, terwijl er in de VSA op zeer droge delen aan landbouw gedaan wordt. Wat we de laatste jaren wel al zien, is dat het belang van irrigatie ook hier aan het stijgen is. Dit zal navenant ook een steeds belangrijker deel van de energetische input van de landbouw vormen.

Lovins *et al.* geven aan dat er bij irrigatie een probleem kan komen van verhoogde energie behoefte. Als je meer weg pompt dan via natuurlijke weg aangevuld wordt, dan moet je de jaren daarna vanop diepere lagen oppompen. Hiervoor is niet alleen extra energie nodig voor het oppompen, maar ook voor de zwaardere infrastructuur (het winnen van grondstoffen en aanmaak ervan). Dit staat nog los van de ecologische impact op de wijdere omgeving die het pompen vanuit diepere lagen heeft. De nood om vanop diepere lagen te moeten pompen is een tendens die we de laatste jaren in Vlaanderen ook merken. Het is belangrijk om dit zo snel mogelijk te keren.

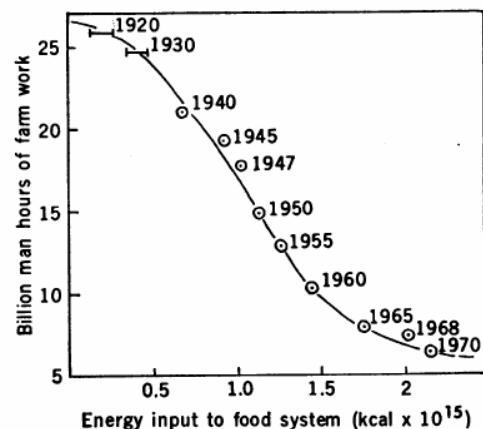
Opvallend is ook dat veevoer niet meegenomen is. Dat is zowel in Nederland als het VK een belangrijk deel van de energetische balans van de landbouw. Voor de reden hiertoe heb ik maar het raden. Hebben ze dit niet beschouwd? Is de VSA zelfvoorzienend op het gebied van veevoer? Dat laatste wordt tegengesproken door Lovins *et al.* die hier 7% van de energetische input aan toekennen.

Een interessante bevinding van Steinhart en Steinhart is dat ze aantonen dat de efficiëntie van extra gebruikte energie in de landbouw in de loop van de tijd afgangen is.

We lopen hier een beetje op zaken vooruit, maar laten we figuur 3.6 eens bespreken. De input is hier de input voor het volledige voedselsysteem (dus niet enkel de landbouw). In de eerste figuur is te zien dat er bij een verhoogde input eerst een sterke stijging opgetekend is in de output van de landbouw. Gelijktijdig is er een sterke daling geweest in de benodigde arbeidsuren op de boerderij. Dit kwam uiteraard door de industrialisatie van de landbouw (verhoogd gebruik van kunstmest, bestrijdingsmiddelen en machines). Deze stijging kent zijn hoogtepunt eind jaren '50. Daarna zien we dat de stijging minder groot wordt bij een verhoogde input totdat er een tendens komt waarbij dit bijna afvlakt: extra input geeft een veel kleinere output. Op het gebied van bestrijdingsmiddelen halen Lovins *et al.* aan dat er zelfs een negatieve tendens is: in 1948 ging 7% van de oogst verloren aan insecten. Begin jaren '80 werden er 6 keer zoveel pesticiden gebruikt, maar ging 13% van de oogst verloren aan insecten.



(a) Verlies aan efficiëntie van de landbouw output bij verhoogde input



(b) Verlies aan efficiëntie in arbeidsuren bij verhoogde energie input

Figuur 3.6: Verlies aan efficiëntie in de landbouw

Iets gelijkaardigs zien we in figuur 3.3 waar je ziet dat er een daling is in de efficiëntie van de Nederlandse landbouw tussen 1950 en 1970 waarna de efficiëntie afgevlakt is. Met andere woorden, een extra MJ in de landbouw steken had in 1950 twee keer zoveel effect dan na 1970.

De EROEI van de landbouw in de VSA wordt geschat op 1:2,2. Dat is vergelijkbaar met Nederland en beter dan het VK.

### 3.4 Conclusie

Het is duidelijk dat er zeer veel factoren zijn die je in rekening moet brengen om de volledige kosten van de landbouw te kennen.

Enkel de rechtstreeks verbruikte energie bekijken geeft niet het volledige plaatje. Vooral omdat we zien dat de indirecte energie nodig voor de landbouw groter geworden is dan de directe energie.

Factoren die mij persoonlijk sterk zijn opgevallen, zijn vervoer, mijnbouw, elektronica, drogen en irrigatie. Ook valt op dat de bijdrage van kunstmest in Nederland de laatste decennia enorm gedaald is.

Wat ook opvalt is dat er tot de jaren '70 een enorme stijging in de input geweest is die gepaard ging met een daling van de energetische efficiëntie. De stijging aan input is daarna trager blijven groeien, terwijl de efficiëntie gestabiliseerd is. Al met al zien we dat er steeds meer energie in de landbouw gepompt wordt, maar dat de opbrengsten niet navenant volgen.

We verbruiken eigenlijk meer energie in de landbouw dan we produceren. In Nederland met een factor twee, in het Verenigd Koninkrijk zelfs een factor drie. Aangezien voeding een pure basisbehoefte is, is het tijdelijk te rechtvaardigen dat er meer energie in gepompt moet worden dan je eruit haalt. Maar dat is geen strategie die op lange termijn vol te houden is. Wat doe je als de energie schaarser wordt? Dit kan niet alleen komen door uitputting van oliebronnen maar ook door geopolitieke situaties waarbij de aanvoer aan energie stopt<sup>2</sup>. Het is dus belangrijk

<sup>2</sup>Dat dit geen onwaarschijnlijk scenario is, is gezien in de jaren '70 met de oliecrisis, in de jaren '90 in Cuba ([Mor06]) en vandaag met de oorlog in Oekraïne.

voor de stabiliteit van een land om ernaar te streven dat de landbouw zo energetisch efficiënt mogelijk is, rekening houdend met alle factoren die een invloed hebben. Spijtig dat men dit vandaag de dag nog niet inzet en dus verder blijft gaan op een pad van steeds hogere energieafhankelijkheid.



Lovins *et al.* geven een verklaring waarom we verder blijven gaan op een pad dat duidelijk de verkeerde richting uit gaat:

1. de kapitaalopbouw is geleidelijk aan gegroeid en is nu zo groot geworden dat men moeilijk kan overschakelen. Als je al geïnvesteerd heb in grotere machines, stallen, ... is het moeilijk om deze af te bouwen. Zeker als de leningen hiervoor nog lopen.
2. eerst was er een positief effect te zien van het gebruik van kunstmest en pesticiden. Dit effect is tegenwoordig echter veel minder maar deze vermindering is niet echt opgemerkt. Enkel het „hoera” verhaal van de beginjaren is blijven hangen.
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. Er zijn ten eerste veel minder mensen werkzaam in de landbouw zodat er minder spierkracht aanwezig is. Het gebruik van dierlijke spierkracht is zelfs zo goed als volledig verdwenen. Daarboven komt nog dat de directe energie die nodig is, in de loop van de tijd ook gestegen is. Dit houdt in dat er meer mensen en dieren werkzaam zouden moeten zijn in de landbouw vergeleken met het tijdperk voor de industrialisatie van de landbouw.

De EROEI die we hier vinden ligt voor de recentste decennia tussen 1:2 en 1:3. Dat zijn waarden om je zorgen over te maken, maar niet de verhouding van 1:10 die Whitefield aanhaalt. Maar Whitefield zegt hierover ook het volgende:

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

Dit hebben we ook gezien bij de inleiding van dit deel waar landbouw maar 20% van de energetische input gaf van een brood. Het is dus belangrijk om te kijken wat er met voedsel gebeurd nadat het de boerderij verlaten heeft.



# Hoofdstuk 4

## Energiegebruik van de voedselketen



### 4.1 Het pad tussen de boerderij en het bord

Tussen de boerderij en het bord liggen er grofweg 3 stappen:

- verwerking van voedsel.

Denk hierbij aan persen tot sap, maken vanworsten, malen van graan, bereiden van lasagne, inmaken in blik of glas, .... De lijst is zeer lang.

- verkopen van voedsel.

Ook gekend als de distributie sector. Hier wordt het voedsel getransporteerd, opgeslagen en in winkels verkocht.

- gebruiken van voedsel.

Dit zijn huishoudens, restaurants, .... In het voorbeeld van brood hebben we een extreme situatie gezien waar het transport tussen de winkel en thuis bijna de helft extra energie kost. Maar er zijn meer factoren die meespelen.

#### 4.1.1 Verwerking

Uiteraard is er transport tussen de boerderij en de verwerking. Ook intern worden producten verscheept (bv. het meel naar de bakker).

Maar hier stopt de energetische input niet.

- Je hebt de eigenlijke verwerking (malen, bakken, koken, drogen, stomen, persen, vriesdrogen, ...).
- Er is ook energie nodig om gebouwen en machines te maken en te onderhouden.
- Wat opvalt is dat de energetische kosten van verpakking redelijk hoog uitvallen. Zeker bij conserven loopt de benodigde energie sterk op tot zelfs 25% van de energiebehoefte van verwerking!

Het plaatje wordt wat moeilijker omdat je nog moet rekening houden met reststromen uit de verwerking die naar de landbouw gaan, meestal onder de vorm van veevoeders. Verder is een deel ook rechtstreeks voor export bestemd en moet dus verder niet meegenomen worden.



### 4.1.2 Distributie

Zoals te verwachten is het merendeel van de energie (ongeveer de helft) te wijten aan transport. Verder is er nog energie nodig voor opslag (gebouwen en koeling), verpakkingen (denk bijvoorbeeld aan het wassen van bakken of herverpakken als huismerk), verwarming van kantoren en magazijnen, winkelgebouwen.

### 4.1.3 Consumptie

Wat mij heel hard opgevallen is, is dat de koeling die nodig is om voeding te bewaren en het koken ervan zoveel energie vraagt. Samen met de energie die nodig is voor het maken van toestellen zoals koelkasten, keukenrobots, microgolfovens en de infrastructuur zoals een keuken of bergruimte, moeten we nog 30% tot 40% extra tellen bovenop de energie die tot dan toe in de keten nodig was!

### 4.1.4 Voedselverliezen

Dit geeft dan ook waarom het zo belangrijk is om voedselverliezen zoveel mogelijk te beperken. Als bijvoorbeeld op het einde van de keten een halve pot ravioli in de vuilnisbak gekieperd wordt, is dit niet alleen een verlies van ravioli zelf, maar ook alle energie die er tot dan toe ingestoken geweest is van de boer over de verwerker en chauffeur tot de winkelier.

Leach geeft aan welke soorten voedselverlies hij ziet:

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.

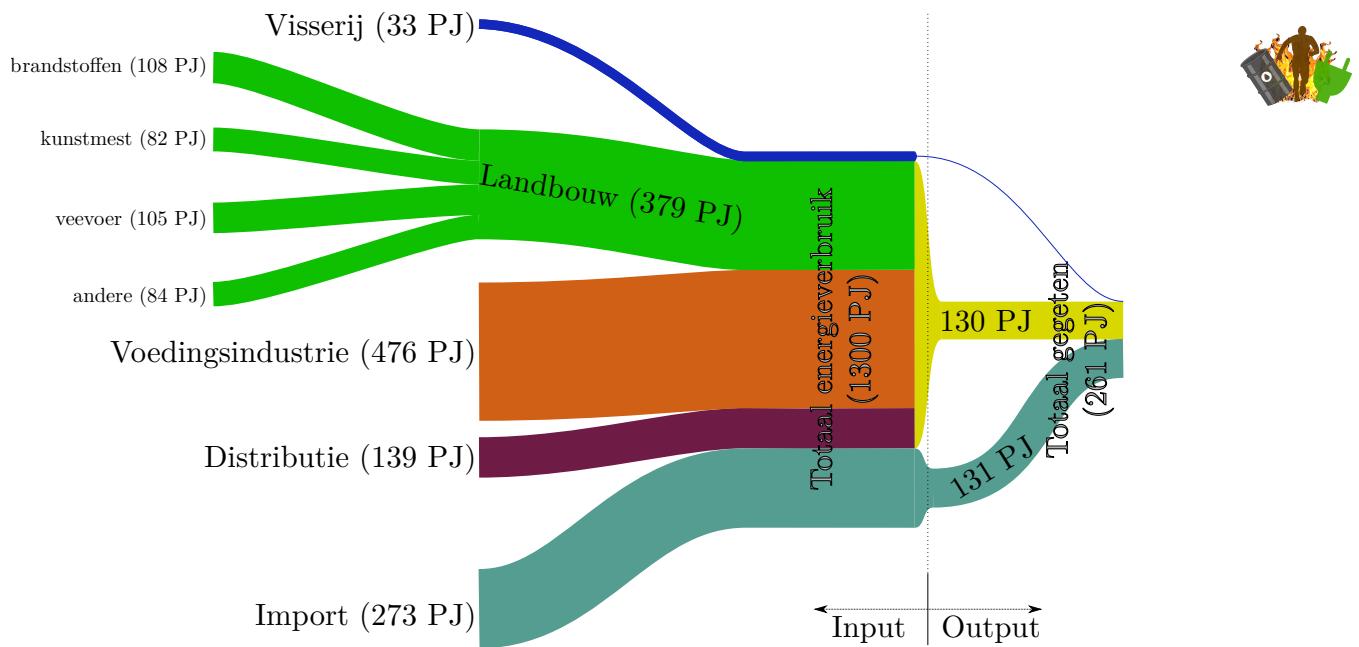
De eerste drie soorten zijn meestal in de studies opgenomen.

Aan onvermijdbare en typische verliezen kan er alleen iets gedaan worden als er nieuwe afzet gecreëerd wordt. Denk bijvoorbeeld de opgang van paddenstoelenteelt op koffiegruis of het gebruik van cacaodoppen als bodembedekker. Ideeën hiertoe kunnen zeker geput worden uit het verleden waar men bijvoorbeeld elk deel van een dier gebruikte. Dit ging van het gebruik van de huid in kleding (leer), haren in borstels (scheerborstels van varkenshaar) of constructie (paardenhaar in lemen muren) over het eten van organenvlees tot beenderlijm.

De andere twee verliesposten kunnen we veel sneller en actiever beperken. Dit is zo'n belangrijk thema dat de FAO hier zelfs een volledige studie aan gewijd heeft [FAO14].

## 4.2 Overzicht van kosten

Hoe verhouden al die kosten in de voedselketen zicht ten opzicht van elkaar? Hieronder geven we dit weer zoals gegeven door een aantal studies.



Figuur 4.1: Energiestromen in de voedselketen (VK 1968, [Lea76, fig. 9])

Bij de studie van Leach (figuur 4.1) zien we dat de landbouw ongeveer 30% bijdraagt aan de energie van de voedselketen. Wordt er nog rekening gehouden met het verbruik thuis en in restaurants, dan zakt dit naar zo'n 20%.

Het is wel duidelijk dat de verwerking de grootste energie input nodig heeft in de volledige voedselketen.

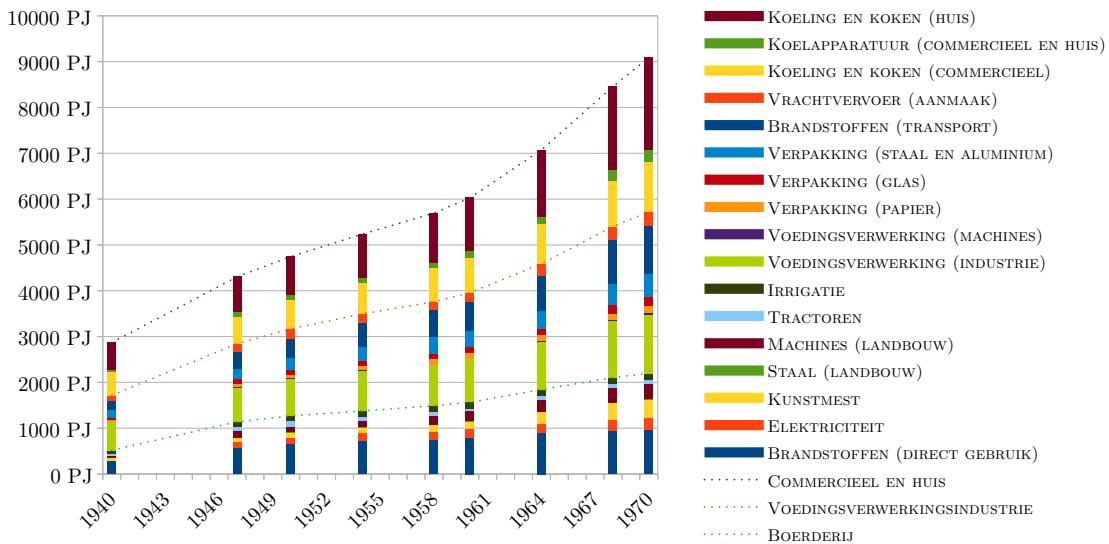
Iets gelijkaardigs zien we ook bij Steinhart en Steinhart (figuur 4.2). Hier heeft de landbouw een aandeel van 25% en de verwerking een aandeel van 40%. Het grote aandeel van koelen en koken thuis is ook duidelijk (ongeveer 22% van het totale energieverbruik).

Als het energiegebruik in de voedselketen naar beneden moet, is het duidelijk waar de grootste winsten te vinden zijn:

- een zo kort mogelijke keten zodat de impact van de verwerking minder wordt. Hierdoor zal er wel een verschuiving zijn naar meer individueel transport en koken. Maar we winnen energie doordat veel verpakking geëlimineerd wordt (10% van het totale energieverbruik) en doordat zaken minder lang bewaard moeten worden in een koelkast.

Denk bijvoorbeeld aan die ravioli van hierboven. Die moet eerst bereid worden in een fabriek, wordt geserveerd in een aluminium schotel, moet de hele tijd gekoeld worden (zowel in de winkel als thuis) en moet thuis dan nog eens opgewarmd worden. Als we dit thuis direct klaar maken vertrekende van lasagne bladeren en verse producten, zal dit mijn inziens veel minder energie vragen en nog eens voedzamer en smakelijker zijn.

- het zal een altijd terugkomende opmerking zijn, maar het verminderen van de vleesconsumptie heeft ook een grote impact op het energieverbruik. In paragraaf 3.2 zagen we al dat veel van wat de landbouw produceert naar vee gaat. Ook hebben dierlijke producten extra zorg nodig om mogelijke ziektes te beperken. Dit vraagt allemaal extra energie.



Figuur 4.2: Energetische input in de voedselketen (VSA 1940-1970, [SS74])

- zorgen dat er zo weinig mogelijk verloren gaat in de keten. Men schat dat 30% van alle producten ergens in de keten wel verloren gaan. Kunnen we dit vermijden, dan wordt er veel efficiëntie gewonnen.

### 4.3 Eureka

Nu we de volledige voedselketen in beeld hebben, kunnen we nog eens naar de energetische efficiëntie kijken.

In figuur 4.1 staat aangegeven dat de input 1300 PJ is en de output 130 of 261 PJ, afhankelijk of je de geconsumeerde import erbij neemt of niet. Met de eerste waarde van 130 PJ, die het meest in de studie van Leach aangehaald wordt, is de EROEI 1:10.

In de technischere tegenhanger van dit werkstuk worden deze getallen nog meer in detail bekeken door rekening te houden met import, export en energiegebruik thuis. Ik kom dan, afhankelijk van het scenario dat genomen wordt, op een EROEI tussen 1:7 en 1:12.

In de studies voor de VSA is de EROEI voor de voedselketen 1:9.

Dit zijn waarden voor eind jaren '60, begin jaren '70. Zoals Whitefield aangeeft en we kunnen afleiden uit de studie van Meino Smit<sup>1</sup>, zal deze verhouding sinds de jaren '70 niet veel meer veranderd zijn.

Dus de boutade dat „1 calorie eten 10 calorieën input vraagt” is zeker geldig. Eureka.

### 4.4 Wat betekent dit voor de landbouw?

Als het doel is om een energetisch neutraal voedselsysteem te hebben, is het duidelijk dat de landbouw niet kan volstaan met een EROEI van 1:1.

---

<sup>1</sup>In figuur 3.3 zien we dat de EROEI in de landbouw zelf sinds begin jaren '70 gestabiliseerd is. Het is aannemelijk dat dit ook voor de volledige voedselketen zal gelden.

We hebben hierboven gezien dat de landbouw een energetische bijdrage van 20 to 30% aan de totale voedselketen geeft. Dus moet de EROEI van de landbouw tussen 5:1 en 3:1 liggen om te zorgen dat het totale systeem neutraal kan zijn.



We hebben echter gezien dat de EROEI van de landbouw momenteel tussen 1:3 en 1:2 ligt. Het is dus met de momenteel gangbare landbouw zelfs niet eens mogelijk om een energetisch neutraal voedselsysteem op te zetten.

Waar komt die slechte verhouding vandaan? Is er verschil tussen de verschillende sectoren zoals veeteelt versus akkerbouw? Zijn er andere landbouwsystemen gekend en wat is hun energetische verhouding?

## 4.5 Conclusie

Figuur 4.3 geeft een overzicht van de verschillende geïdentificeerde factoren die een invloed hebben op het energieverbruik in de voedselketen.



Figuur 4.3: Wordcloud van de factoren die bij energie bekijken zijn.

Landbouw is maar één onderdeel van de voedselketen en nog niet eens diegene die het meeste energie vraagt. Die eer is voorbehouden aan de verwerking.

De impact van verpakking, drogen, irrigatie en huishoudens was voor mij een grote verrassing. De impact van de veeteelt was verwacht.

Verder heeft dit mij veel doen nadenken over het gebruik van grondstoffen en elektronica. Hierdoor ben ik terughoudender geworden naar technische oplossingen in de landbouw. Dat is verrassend omdat ik van een zeer technische achtergrond kom (Licentiaat natuurkunde en ook lang werkzaam als IT'er). Ik wil technologie niet afschrijven maar zal er zeker twee keer over nadenken.

Ook is gevonden dat de boutade die dit verdiepend werkstuk getriggerd heeft wel klopt. Je kunt inderdaad beschouwen dat er, in het huidig systeem, 10 calorieën



aan olie nodig zijn om 1 calorie aan eten te consumeren. Dit is geen houdbare situatie.

Het is dus zoeken naar een landbouwsysteem die deze verhouding op zijn kop zet. Kunnen we inderdaad een systeem vinden dat 3 tot 5 keer zoveel energie opbrengt dan dat erin gestoken wordt? Gelukkig worden in de studies al een aantal handvaten aangereikt.

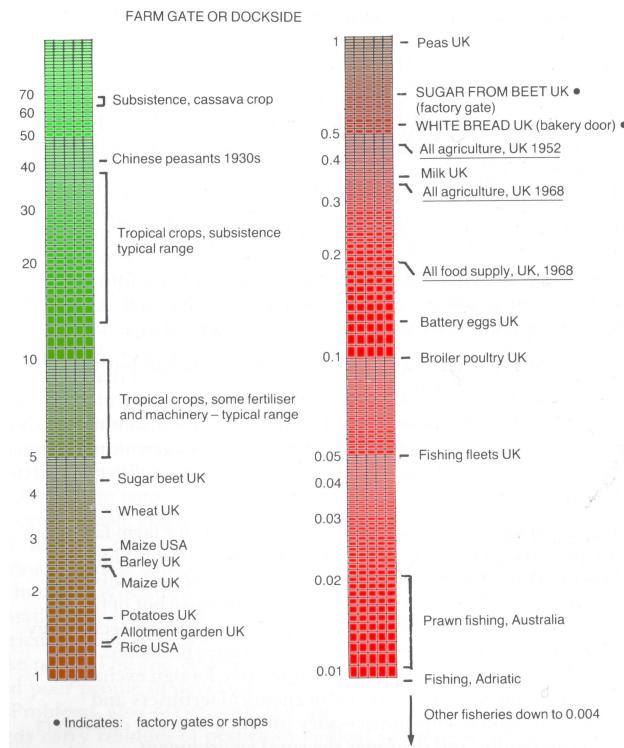
# Hoofdstuk 5

## Er is landbouw en er is landbouw



### 5.1 Vergelijking van landbouw systemen

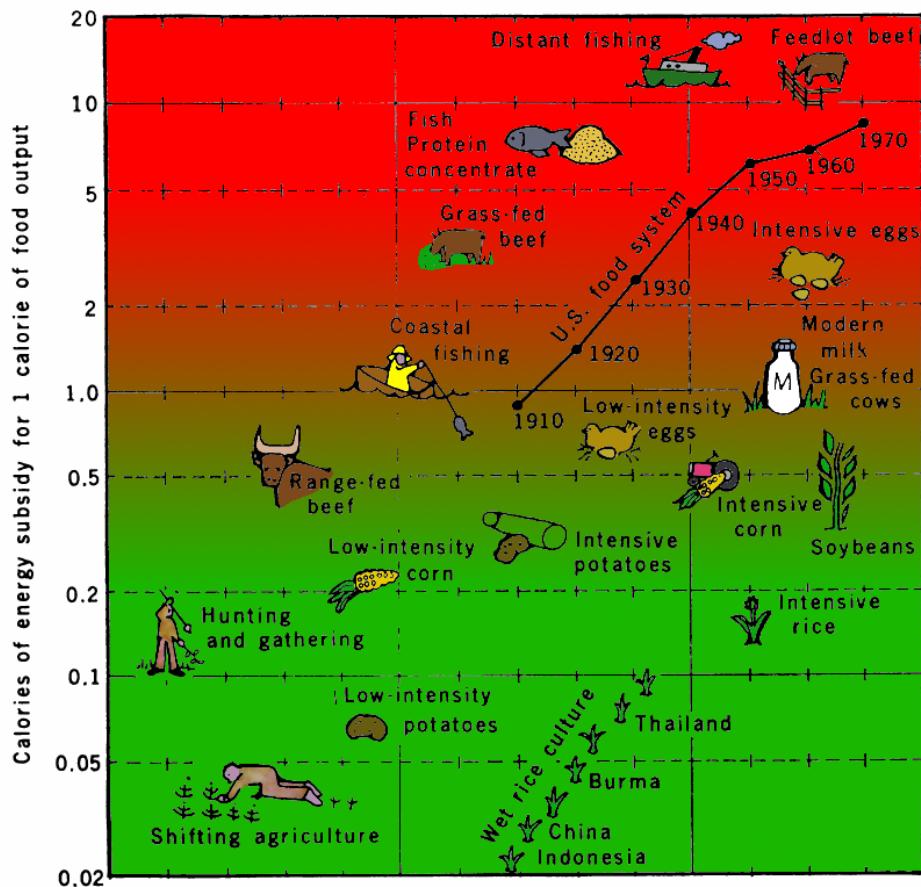
Zowel bij Leach als bij Steinhart en Steinhart is de energetische efficiëntie van verschillende landbouwsystemen vergeleken. De resultaten zijn terug te vinden in figuren 5.1 en 5.2.



Figuur 5.1: Energetische efficiëntie van verschillende landbouwsystemen ([Lea76, fig.1 ])

De eerste figuur geeft de EROEI aan van de systemen, de tweede de omgekeerde verhouding. Om dit duidelijker te maken heb ik de achtergronden gekleurd: hoe groener, hoe efficiënter het systeem is.

Wat opvalt is dat de modernere systemen het veel slechter doen dan de oude landbouwsystemen. Bijvoorbeeld zie je in figuur 5.2 dat koeienteelt op een prairie („range-fed beef“) een verhouding van 2:1 heeft. Intenser is het systeem dat hier in Europa gehanteerd werd: weilanden met akkerbouw voor het voeden van het vee („grass-fed beef“). De EROEI zakt nu naar ongeveer 1:3. De intense veeteelt heeft



Figuur 5.2: Energetische *inefficiëntie* van verschillende landbouwsystemen ([SS74, fig. 5])

een nog slechtere verhouding van ongeveer 1:11 („feedlot beef“). Iets gelijkaardigs is te zien voor kippen, aardappelen en rijst.

Het valt ook op dat visserij zo slecht scoort. Dit heeft vooral te maken met de afstanden die vissersboten moeten afleggen om een volle ruim te hebben. Omdat grotere boten veel langer moeten varen, heeft Leach gevonden dat deze slechter scoren wat tegennatuurlijk lijkt in ons systeem van „hoe groter, hoe beter“.

Tot slot is op te merken dat van de moderne landbouwsystemen, enkel akkerbouw en veeteelt systemen bekeken zijn. Fruit- en groenteteelt is hier niet in opgenomen. Mijn verwachting is dat deze tussen akkerbouw en veeteelt systemen staan.

Uit het werk van Leach komt naar boven dat hoe meer energie van spierkracht komt (menselijk of dierlijk), hoe beter de EROEI is. Ook zakt de EROEI bij gemengde bedrijven naarmate dieren meer bijdragen aan de energetische output. Als verklaring ziet hij het volgende:

- als je dieren houdt, gaat veel van de oogst van het systeem naar de dieren in plaats van naar menselijke consumptie.
- bij mechanisatie groeit het aandeel aan indirecte energie die nodig is voor het systeem. Dit is iets wat Meino Smit ook aangetoond heeft voor de Nederlandse landbouw.

In figuur 5.2 is ook de evolutie aangegeven van de omgekeerde EROEI van het voedselsysteem in de VSA. Het is duidelijk te zien dat deze met de jaren slechter scoort en in 1970 aan een EROEI van 1:9 zat.



Deze studies zijn gedaan in de jaren '70. We hebben hierboven al aangehaald dat de conclusies die toen getrokken werden, naar alle waarschijnlijkheid vandaag nog geldig zijn.

## 5.2 Het kaf van het koren scheiden

Het is interessant om nu, op basis van de cijfers, te kijken welke landbouwsystemen de bevolking kunnen voeden op een manier die de natuurlijke rijkdommen niet uitput. Vanuit de studies kan er alleen iets gezegd worden over energie en landgebruik. Uiteraard zijn veel andere aspecten, zoals water, luchtvervuiling of arbeidsomstandigheden ook belangrijk. Maar bij gebruik aan gegevens in de bekende studies, worden deze aspecten hier niet behandeld.

### 5.2.1 Op basis van energetische efficiëntie

Hierboven is aangegeven dat de energetische efficiëntie van een landbouwsysteem beter moet zijn dan 3:1 of 5:1 zodat het volledige voedselsysteem energetisch neutraal kan zijn. Welke moderne landbouwsystemen zitten boven 3:1?

Bij Leach zien we dat enkel het telen van suikerbiet en granen hieraan voldoen. Opvallend is dat geen enkele dierlijk product een verhouding heeft boven 1:1.

Kijken we bij Steinhart en Steinhart, dan zien we dat aardappelen (zowel intens als laag intens), laag intense mais en rijst (zowel intens als laag intens) boven de 3:1 zitten (even opletten: figuur 5.2 geeft de omgekeerde verhouding aan en dan nog eens in een logaritmische schaal!). Sojabonen zitten ongeveer op de grens.

Als het doel van een landbouwsysteem een EROEI van 5:1 is, voldoen enkel rijst en laag intense aardappelen hieraan! De eerste is een tropisch graan waarbij veel energie via de zon en warmte komt, de tweede wordt hier waarschijnlijk amper nog beoefend.

Dus de moderne landbouwsystemen en de voedselketen in onze westerse wereld is niet in staat om op een duurzame manier de bevolking te voeden. Ze vragen meer energie dan wat eruit gehaald kan worden.

Kijken we naar oudere landbouwsystemen, dan valt op dat vele hiervan vlotjes de benodigde energetische efficiëntie halen. De jager/verzamelaar, rotatieteelt uit het verleden maar ook goed onderhouden slash&burn systemen hebben een efficiëntie van meer dan 5:1. Uiteraard moeten we de systemen die enkel in de tropen en de sub-tropen mogelijk zijn uit de lijst halen, omdat deze in ons gematigd klimaat niet kunnen gedijen.

Leach legt de nadruk op 2 systemen die volgens hem uitschieters zijn:

**moestuinen (allotment gardens)** Deze hebben een energetische efficiëntie die verbazend goed is. Nog niet voldoende maar dat is volgens Leach te wijten aan het gebruik van meststoffen en de keuze van laag energetische teelten zoals sla. Hij verwijst ook naar het succesvolle gebruik van volkstuinen tijdens de tweede wereldoorlog („Victory Gardens”).

**chinese landbouw in 1930** Dit systeem is uitgebreid beschreven in [Kin11]. Het gaat over boeren die op kleine stukken grond een zeer hoge productie halen.



Het succes is hier te wijten aan het hoog gebruik van organische meststoffen, een zeer intense begroeiing (voor- en nateelt, combinatieteelten) en een zeer intense opvolging van de teelten. Dit is ook vergelijkbaar met wat Charles Hervé-Gruyer schrijft over de Parijse boeren in de 19e eeuw [HG18].

## 5.2.2 Op basis van grondgebruik

Willen we de bevolking voeden, dan moet de landbouw voldoende energie produceren vanop de beschikbare landbouw oppervlakte.

Als mens hebben we ongeveer 4 GJ/jaar<sup>1</sup> aan energie nodig. In België is er per inwoner 0,13 ha landbouwgrond ter beschikking<sup>2</sup>. We rekenen hier enkel de direct beschikbare gronden omdat het doel is om een zelfvoorzienende landbouw te hebben. Dat betekent dat elke hectare ongeveer 7,8 personen moet kunnen voeden oftewel ongeveer 30 GJ/jaar moet opbrengen.

Uit de cijfers van Leach blijkt dat van de moderne landbouwsystemen dit enkel gehaald wordt bij akkerbouw systemen<sup>3</sup>. Systemen met dierlijke producten halen deze waarde niet<sup>4</sup>. Uiteraard zou je kunnen opbrengen dat moderne, niet grondgebonden, industriële veehouderij dit wel kan halen. Het probleem is echter dat, zoals we bij Meino Smit gezien hebben, deze een grote indirecte energetische input (en zoals we later zullen zien ook landgebruik) nodig hebben. Als je alles meeneemt, is het zeer de vraag of ze het dan nog zouden halen.

Het allerslechtste scoort de jager/verzamelaar. Om 1 persoon te voeden, is hier maar liefst 13 km<sup>2</sup> nodig. Dat is ongeveer de oppervlakte van Kessel-Lo!

De twee systemen die hierboven uitgelicht werden, doen het helemaal niet slecht:

**moestuinen** Deze kunnen ongeveer 15 mensen voeden per hectare.

**chinese landbouw in 1930** Dit is echt de topper. De jaarlijkse opbrengst is hier 280 GJ/ha wat genoeg is om 70 personen te voeden. Geen enkel systeem dat door Leach besproken is komt zelfs maar in de buurt van dit resultaat!

## 5.2.3 Extra bedenkingen

### 5.2.3.1 Voedselzekerheid

Bij veel vroegere systemen werd weinig voeding opgeslagen. Een tegenvallende vangst of oogst had direct veel impact<sup>5</sup>. Het voor onze streek belangrijk om magere periodes zoals de winter of het begin van de lente (de „Hunger Gap“) te kunnen overbruggen. Dat kunnen we doen door teelten waarvan de consumptie gespreid kan worden. Dit ofwel omdat ze lange tijd bewaard kunnen worden (knol- en wortelgewassen, granen, kolen) ofwel omdat de slacht kan gespreid worden.

<sup>1</sup>dit komt overeen met een 11 000 MJ/dag of ongeveer 2 500 kcal/dag

<sup>2</sup>Er is ongeveer 1 400 000 ha aan landbouwgrond voor een bevolking van ongeveer 11 miljoen inwoners.

<sup>3</sup>Aangezien tuinbouw niet opgenomen is, is het niet duidelijk of deze hier ook aan zouden voldoen.

<sup>4</sup>Het beste dierlijke landbouwsysteem is een groot gemengd melkveebedrijf met een output van 22 GJ/ha

<sup>5</sup>Het is natuurlijk de vraag of we vandaag beter af zijn. Men zegt dat er maar voor 3 dagen voorraad ter beschikking is moest alle import of transport wegvalLEN. Of dit echt klopt laat we even in het midden, maar het is duidelijk dat een situatie zoals een lockdown of oorlog direct voor paniek zorgt. Veel vertrouwen in de zelfvoorziening van de voedselketen is er dus niet.



### 5.2.3.2 Sociale status

Je zou dus denken dat een systeem zoals in het oude China ideaal is. Als je echter het verslag van King leest, sijpelt daarin door dat de boeren onder aan de sociale ladder stonden. Ook vraagt de intensiteit van dit systeem veel boeren. Een gemiddeld perceel was 0,25 ha! Er waren dus zeer veel boeren nodig om de bevolking te voeden. Zoals je kunt uitrekenen, was er 1 boer voor elke 17 inwoners.

Willen we zo'n systeem hier invoeren, dan is het nodig om veel mensen ertoe aan te zetten terug in de landbouw te beginnen. Dat sociale positie en aanzien van de boeren verbeteren zal hiervoor een belangrijke factor zijn.

## 5.3 Conclusie

Het is opvallend hoeveel verschil er is tussen verschillende landbouwsystemen. Dus enkel kijken naar het gemiddelde van een land verbergt zeer veel.

We hebben nu twee criteria waaraan een landbouwsysteem moet voldoen om enerzijds een energetisch neutrale voedselsysteem te kunnen bewerkstelligen (EROEI boven de 3:1) en anderzijds ervoor te kunnen zorgen dat we zelfvoorzienend kunnen zijn (opbrengst boven de 30 GJ per jaar en per hectare).

Geen enkel bekende systeem met dierlijke productie voldoet aan slechts één van deze voorwaarden!

Sommige akkerbouwsystemen voldoen aan beide voorwaarden maar geven een nogal eenzijdig dieet van granen en suiker. Omdat tuinbouw systemen niet opgenomen zijn in de studies is het niet duidelijk of deze aan de voorwaarden kunnen voldoen.

Terug gaan naar oudere systemen zoals jager/verzamelaar is met de huidige bevolkingsdichtheid niet haalbaar.

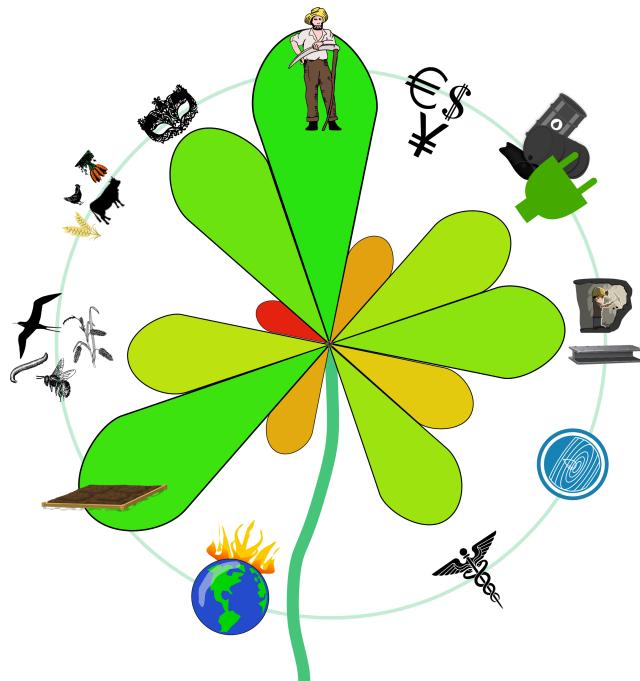
Wat wel een goede basis is, is vertrekken van systemen zoals moestuinen en de Chinese landbouw. Deze zitten al goed, of zelfs uitstekend, op het gebied van de energetische behoeften invullen.

Natuurlijk bestaat het leven niet enkel uit energie. Er is ook nood aan water, ruimte, mensen, lucht, plezier, .... In het volgende deel gaan we kijken welke impact landbouw hierop heeft.



## Deel III

# Het leven is meer dan energie alleen





# Hoofdstuk 6

## Water in alle kleuren van de regenboog



Water. Het is een wonderlijk middel. In de scheikunde neemt het een prominente rol in. Bij de zoektocht naar leven wordt het beschouwd als een onmisbaar element voor het leven<sup>1</sup>. Ook buiten de harde wetenschap wordt het beschouwd als een wonderlijke substantie zoals bij homeopathische verdunningen of de ijskristallen van Emoto. En toch gaan we zo onachtzaam mee om.

Binnen de landbouw is er behoefte aan net genoeg water. Maar hoeveel wordt er ook rekening gehouden met de impact van de landbouw buiten het veld? Bijvoorbeeld het dalende grondwaterniveau kan veroorzaakt worden door een teveel gebruik binnen de landbouw.

De waterkosten worden bekeken vanuit een standpunt van schaarste. Een teveel aan water kan ook problemen veroorzaken zoals erosie of verlies van bodemleven. Deze worden echter als andere kosten beschouwd.

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

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

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

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

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

### 6.1 Blauw water

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

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

---

<sup>1</sup>Het zou me echter niet verbazen moesten er ooit levensvormen ontdekt worden die geen water nodig hebben. Het leven is zoveel vindingrijker dan ons verstand kan bedenken!



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

## 6.2 Groen water

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

De groene watervoetafdruk is het deel van het groene water dat gebruikt wordt. Het merendeel verdampst via transpiratie van de planten of evaporatie (tezamen ook evapotranspiratie genoemd). Een klein deel ervan wordt gebruikt door de plant om te groeien en te bloeien.

## 6.3 Grijs water

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

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

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

## 6.4 Zwart water, zwaar water en licht water

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

Voor de liefhebbers:

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

## 6.5 Koe 42 heeft dorst . . .

Weet je nog dat op pagina 3 de stelling geponeerd was dat er 15 000 l water nodig is voor 1 kg rundvlees? Dat kun je bijvoorbeeld terugvinden op VLEES.NL<sup>2</sup>. Voor een tweejarige koe komt dat neer op zo'n 10 000 l per dag. Een koe drinkt toch lang niet zoveel<sup>3</sup>!

---

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

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

Nu blijkt dat van die 15 000 l, het overgrote merendeel groen water is omdat koe 42 lange tijd blij op de wei mag grazen. Voor die wei wordt de evapotranspiratie meegerekend als groene watervoetafdruk.

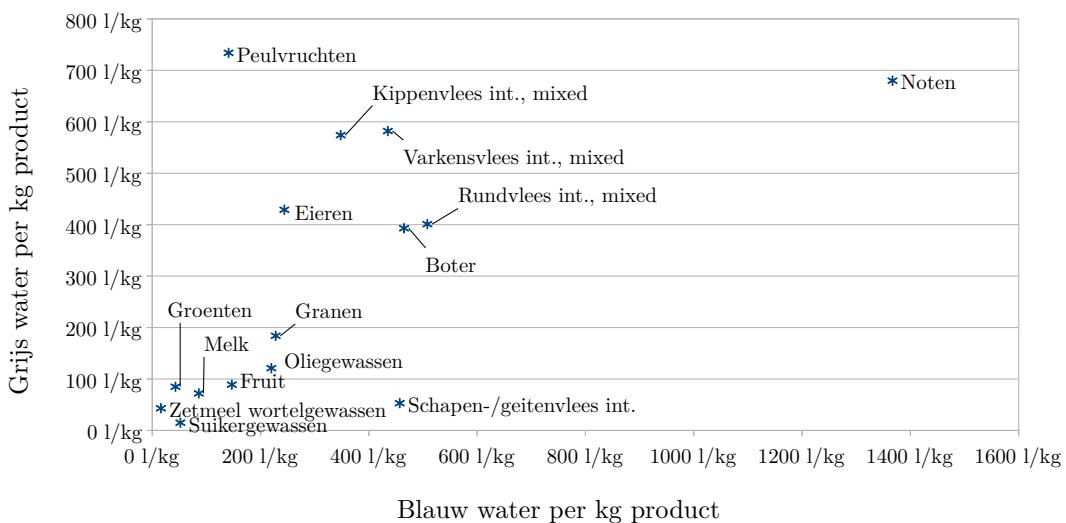


Je kunt je dan afvragen of die groene watervoetafdruk erg is. Dat is een zeer goede vraag. Zolang er genoeg regenval is, lijkt me de groene watervoetafdruk geen doorslaggevende rol te spelen. Het is maar als er te weinig neerslag is, dat de verdamping en evaporatie van water wel belangrijk wordt.

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

## 6.6 ... en noten hebben een probleem

Nemen we de waarden gevonden op VLEES.NL en zetten we voor de verschillende producten de blauwe en grijze watervoetafdruk uit (figuur 6.1), dan krijgen we een verrassend resultaat.



Figuur 6.1: Blauwe versus grijze watervoetafdruk voor verschillende landbouwproducten

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

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



## 6.7 Mijn probleem met al die kleuren aan water

Op het eerste zicht is de opsplitsing in verschillende vormen van watergebruik een goede zaak. Het geeft meer nuance in het debat. Maar ik heb toch een aantal problemen met de manier waarmee hier omgegaan wordt<sup>4</sup>.

### 6.7.1 De watervoetafdruk is te simplistisch

Dit is omdat je één getal neemt waar alles gelijkwaardig opgeteld wordt. Een liter blauw water wordt dus gelijk gesteld aan een liter grijs water. Net zoals de voorstanders van de watervoetafdruk ben ik voorstander om de verschillende kleuren water altijd expliciet te benoemen. Het is echter menselijk om dit te willen samenvoegen onder één waarde, waarbij de (belangrijke) nuance verloren gaat.

Waarom doen zelfs de voorstanders van de watervoetafdruk dat ook? Hoewel ze niet zeggen waarom ze opeens de nuance achter zich laten, rechtvaardigen ze de 1-op-1 optelling door te stellen dat het werken met gewichten een subjectieve beoordeling geeft van de kleuren aan water. Dit vind ik een rare redenering want impliciet gebruiken ze een subjectieve beoordeling waarbij alle vormen van watergebruik gelijk beschouwd worden.

### 6.7.2 De watervoetafdruk vertelt niets over de duurzaamheid van een product

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

Dit komt enerzijds omwille van de bovenstaande kritiek dat de watervoetafdruk te simplistisch is. Anderzijds komt het volgens mij ook omdat grijs en groen water nog wat kanttekeningen hebben. Deze zijn er niet bij blauw water omdat dit duidelijk te linken is aan enerzijds een fysieke realiteit en een reëel gebruik van het proces<sup>5</sup>.

#### 6.7.2.1 Grijs water is virtueel water

Zoals je bij de definitie van grijs water gezien hebt, hangt deze waarde af van de wettelijke normen. Deze normen veranderen in de tijd.

Dat wil dus zeggen dat bijvoorbeeld de noten van hierboven, waar de grijze watervoetafdruk relatief hoog is, opeens een andere watervoetafdruk kunnen hebben afhankelijk van de wetgeving. Dat zonder dat de reële impact veranderd is!

#### 6.7.2.2 Een groene watervoetafdruk is niet altijd slecht

In de watercyclus is de grote watercyclus goed bekend. Dit is de cyclus waarbij er water verdampst in de zee, als wolken over het land gaan, neerslaat en dan terug naar de zee stroomt.

Tijdens de loop van het leertraject hebben we ook geleerd over de kleine watercyclus. Hierbij verdampen bossen water wat ervoor zorgt dat er verder weg

---

<sup>4</sup>Ook binnen de wetenschappelijke is er kritiek op deze benadering. Een deel van deze kritiek en het weerleggen ervan kan je terugvinden op de website van het Water Footprint Network en in [HFP18].

<sup>5</sup>Elke druppel blauw water gebruikt is te meten en ook verloren voor de natuurlijke watercyclus.

terug water kan neerslaan. Als je deze kleine watercyclus doorbreekt, dan is er een verhoogde kans op woestijnvorming landinwaarts.

Het is het herstellen van de kleine watercyclus die de successen verklaart op verschillende plaatsen in de wereld waar men terug bomen aangeplant heeft met als resultaat het herstel van rivieren en stroompjes. Hierdoor werden de percelen vochtiger waardoor landbouw terug mogelijk werd. Denk bijvoorbeeld aan de successen die John D. Liu gefilmd heeft of het werk van Geoff Lawton.

Hier in Vlaanderen kent men daarentegen het gebruik van bomen om velden droger te maken. Of dit nog wenselijk laat ik in het midden, maar hier gebruikt men de evapotranspiratie om percelen droger te maken.

In beide voorbeelden is er een hoge groene watervoetafdruk. In het ene geval wordt de watervoorraad op een indirekte manier aangevuld. In het andere wordt de grondwaterstand verlaagd. Het is dus duidelijk dat de gevolgen van een hoge groene watervoetafdruk niet eenduidig zijn. Het hangt veel af van de plaatselijke situatie: is er een overschot aan neerslag of niet.



### 6.7.3 Focussen op de watervoetafdruk kan onnatuurlijke systemen promoten

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

Dit heeft te maken met volgende factoren [GMH13]:

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

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

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

Je merkt dus dat hoe verder van natuurlijke processen gegaan wordt, hoe beter de watervoetafdruk lijkt te worden. In hoeverre wordt de impact van het systeem zelf (bijvoorbeeld beton, aanmaak van recyclagezouten, productie van elektronica,...) echter meegenomen? Als dit niet gedaan wordt, worden appelen met peren vergeleken.



## 6.8 Kan het beter?

Het systeem om het verschillende gebruik van water zichtbaar te maken, is volgens mij een goede zaak. Om de hierboven aangehaalde problemen te verminderen, kunnen een aantal aanpassingen gedaan worden. Deze zijn zeker niet volledig maar kunnen een aanzet geven tot verbeteringen.

- Bepaal de groene watervoetafdruk aan de hand van de overschot die het systeem heeft. Als een systeem een overschot aan water heeft, is de evapotranspiratie minder een probleem. Bij een gebrek aan water in het systeem, willen we echter zoveel mogelijk water in de grond opslaan.

Het probleem is dus niet zozeer de evapotranspiratie zelf, maar hoe goed het systeem met water omgaat. Hoeveel verharding is er? Wordt de kleine watercyclus onderhouden?

- Bereken de grijze watervoetafdruk niet op basis van wettelijke normen maar op basis van de hoeveelheid water die nodig is om de vervuiling weg te werken. In de loop van de tijd is gemerkt dat de natuur vele soorten vervuiling kan wegwerken, als dan niet met de hulp van de mens. Hoeveel water hiervoor nodig is (bijvoorbeeld voor het kweken van olie etende bacteriën) lijkt me een stabielere en reëlere indicator van de grijze watervoetafdruk.

Voordeel hierbij is dat het gebruik van stoffen die niet afgebroken kunnen worden (zoals PFOS) een onoverkomelijke impact hebben. Hierdoor zal men langer nadenken om deze stoffen te gebruiken.

- Met bovenstaande verandering zal de neiging om de soorten van waterverbruik simpelweg op te tellen al veel kleiner worden. Dit zal de nuance in het debat behouden.
- Tel al het waterverbruik mee, ook wat indirect verbruikt wordt.

# Hoofdstuk 7

## Vaste voet aan de grond

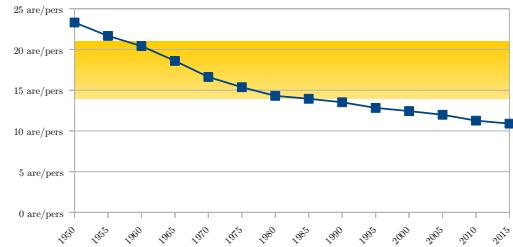


Hoewel de bevolking toeneemt, neemt het landbouwareaal in NL langzaam af. Hierdoor daalt de beschikbare landbouwgrond per inwoner. Meino Smit haalt aan dat er voor voeding tussen de 14 en 21 are nodig is per persoon [Smi18, p. 63]. De evolutie van het beschikbare landbouwareaal in Nederland is te zien in figuur 7.1 waarbij de gele balk de hierboven vermelde grenzen aangeeft.

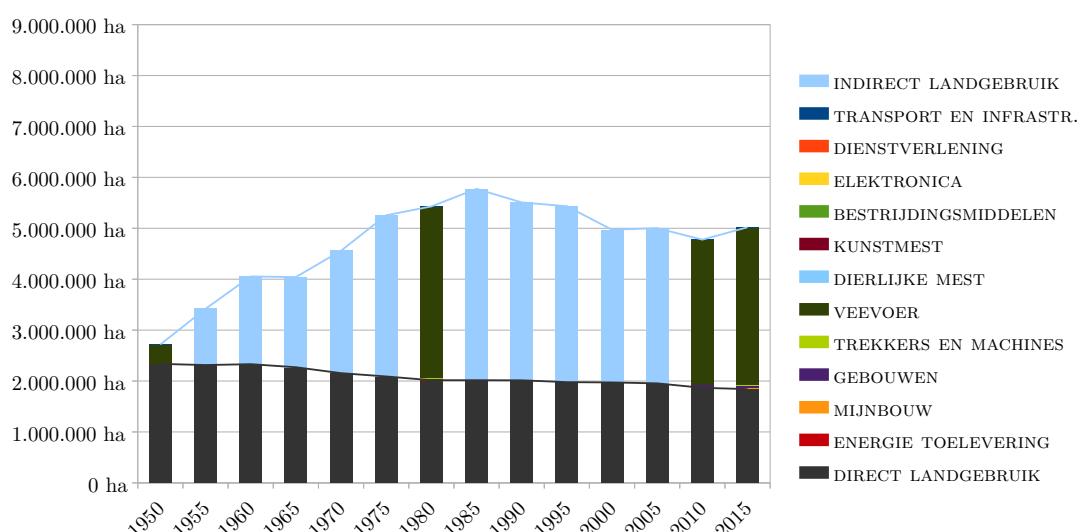
Al geruime tijd zit het beschikbare landbouwareaal per inwoner onder de minimumnorm. Hoe is het dan mogelijk dat de Nederlandse bevolking niet sterft van de honger?

Inderdaad beste lezer, er wordt indirect land gebruikt. Uit de studie van Meino Smit komt naar voren dat dit in 1950 minimaal was. Maar dit indirect landgebruik is in de loop van de tijd sterk gestegen. Hierbij is er eind jaren '60 evenveel indirect landgebruik als direct landgebruik. Deze stijging is blijven doorgaan tot de jaren '80 waarna het gestabiliseerd is.

Analyse geeft aan dat dit extra landgebruik zo goed als volledig toe te wijzen is aan vervoer, zoals te zien in figuur 7.2. De beruchte soja van Brazilië maar bijvoorbeeld ook graan uit andere Europese landen en mais uit de VSA.



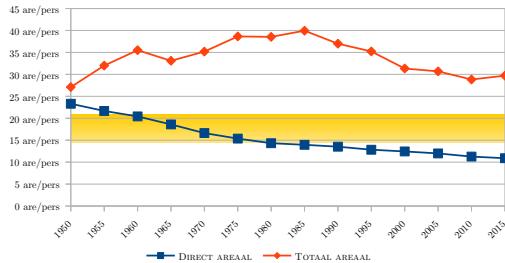
Figuur 7.1: Direct landbouwareaal per inwoner in Nederland



Figuur 7.2: Totale gebruikte landbouwareaal van de Nederlandse landbouw



In het totaal is er momenteel 1,7 keer zoveel grond nodig buiten Nederland als binnen Nederland. Dat is de waarde voor alle landbouwsectoren samen. Moesten we dit enkel bekijken voor de veeteelt, dan zouden we zien dat voor elke hectare die een koe inneemt in Nederland er een veelvoud aan grond nodig is in het buitenland.



Figuur 7.3: Totaal landbouwareaal per inwoner in Nederland

Houden we rekening met dit indirect landgebruik, dan is er per inwoner meer dan genoeg landbouwareaal ter beschikking zoals te zien in figuur 7.3. Het is echter de vraag of dit duurzaam is omdat dit ervan uitgaat dat de import van veevoer ongestoord kan doorgaan en op een aanvaardbaar prijsniveau blijft. Dit is dan nog los van de extra energie die deze import vraagt.

# Hoofdstuk 8

## Het zweet des aanschijns



Het aantal boeren is in Nederland al jaren in dalende lijn. Er waren in 2015 vijf keer minder mensen rechtstreeks tewerkgesteld in de landbouw vergeleken met 1950.

Nu je al ervaring hebt met indirecte aandelen, beste lezer, vraag je je natuurlijk af hoeveel mensen indirect tewerkgesteld zijn in de landbouw. Bravo, je het al goed opgelet.

Deze indirect tewerkgestelde mensen zijn niet alleen de boeren in het buitenland die veevoer telen, maar ook arbeiders in de mijnbouw, landbouwadviseurs of arbeiders van rubberfabrieken die tractorbanden maken.

Meino Smit heeft dit gelukkig voor ons uitgezocht. Het aandeel indirecte arbeid blijft stijgen. Het is zelfs zo dat elke Nederlandse boer momenteel gemiddeld 1,7 andere mensen nodig heeft om zijn of haar werk te kunnen doen. Meino's inschatting is naar eigen zeggen eerder conservatief wegens gebrekkige cijfers. Het aantal mensen dat indirect tewerkgesteld is zal waarschijnlijk hoger zijn.

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

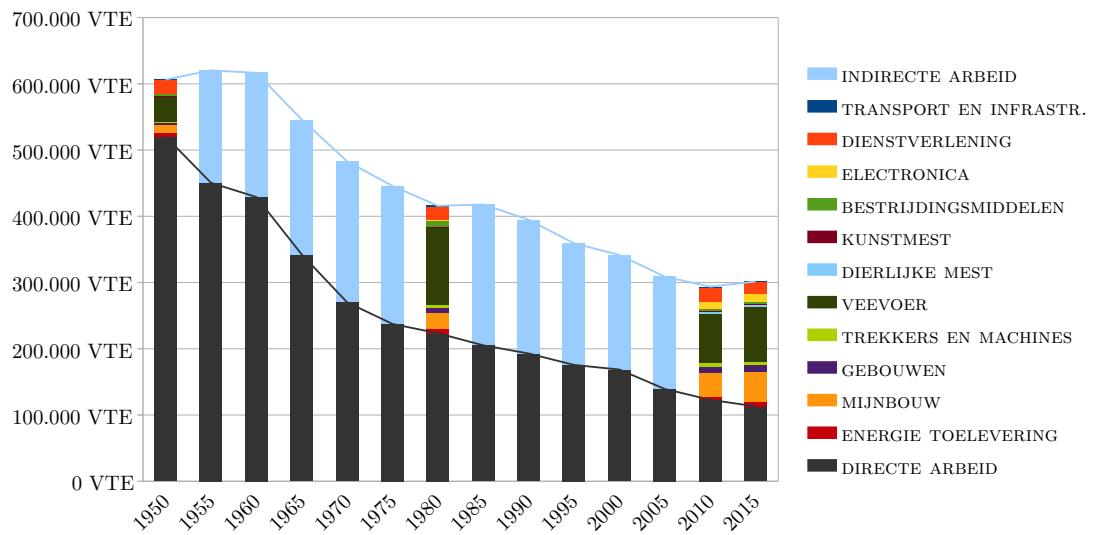
Zelfs als je rekening houdt met de indirecte arbeid, is het aantal mensen dat in het totaal in de Nederlandse landbouw tewerkgesteld is in de loop van de tijd afgangen, zoals te zien in figuur 8.1. Dit heeft met de doorgedreven mechanisatie van de landbouw te maken, zowel binnen Nederland als in het buitenland.

Meino Smit maakt nog een aantal interessante kanttekeningen bij arbeid:

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



- de voeding die nodig is om menselijke (en dierlijke) arbeid te verrichten is in onze huidige maatschappij indirect een gebruik van fossiele energie.



Figuur 8.1: Totale arbeid van de Nederlands Landbouw

# Hoofdstuk 9

## Van een veelheid naar één getal?



### 9.1 Er zijn heel veel factoren

Naast de hierboven genoemde kosten, zijn uit de studies nog een veelheid van mogelijke impacts van de landbouw te identificeren.

Meino Smit haalt bijvoorbeeld een aantal studies aan die de maatschappelijke kosten van de landbouw berekend hebben. Deze lopen van milieuschade (geschat op € 2,77 miljard per jaar) over maatschappelijke kosten van veehouderij (meer dan € 2 miljard per jaar) tot maatschappelijke kosten van de volledige Nederlands landbouw (tussen de € 5 en € 20 miljard per jaar).

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 Nederlands landbouw in 2015 € 6,9 miljard bedraagt. De maatschappelijke kosten zijn dus van dezelfde grootnorde als het inkomen uit de landbouw. Of anders gezegd, onze manier van aan landbouw doen is mogelijk maatschappelijk economisch onrendabel.

De studie van Eosta ([Eos17]) brengt nog factoren aan zoals arbeidsongevallen, ziekte door consumptie van pesticiden, erosie, biodiversiteit en het koolstofgehalte in de bodem. Vanuit hun berekeningen komen ze tot de conclusie dat voor biologische landbouw de economische balans positief is maar voor gangbare landbouw negatief.

Er zijn echter nog zeer veel mogelijke kosten die in rekening gebracht moeten worden. Denk maar aan geluidsoverlast, geurhinder, sociale uitbuiting of voedselshandalen. Deze worden schematisch weergegeven in figuur 9.1.

### 9.2 Kan dit omgezet worden naar geld?

Eosta is een biologische groothandel die een studie besteld heeft om de „True Value” van hun bedrijf te berekenen en te vergelijken met een gelijkaardige niet-biologische groothandel [Eos17].

Hier voor worden een aantal factoren bekeken en wordt hieraan een kost in Euro gehangen. Op deze manier combineren ze al deze factoren samen en kunnen ze een vergelijking maken tussen zichzelf en hun niet-biologische tegenhanger.

Ze maken zelf een aantal kanttekeningen bij deze studie:

- het is de eerste keer dat zo'n studie gebeurd. Het aantal factoren dat meegenomen wordt is bijgevolg nogal beperkt.



Figuur 9.1: Overzicht maatschappelijke kosten

- ze geven aan dat de „True Value” een te sterke vereenvoudiging is van de werkelijkheid. Je kunt bijvoorbeeld de „True Value” verbeteren door je werknemers meer uit te betalen. Maar kan dit de slechte deelscore van bijvoorbeeld CO<sub>2</sub> uitstoot compenseren<sup>1</sup>?

Zelf was ik eerst heel enthousiast bij het lezen van deze studie. Zo'n manier van werken zou een mogelijkheid geven om op een eenvoudige manier aan te geven dat het niet zo is dat bio zoveel duurder is, maar eerder dat niet-bio veel meer kosten veroorzaakt die niet doorgerekend worden.

Hoe meer ik ermee bezig was, hoe meer bedenkingen bij deze kijk op de wereld optradën.

Zoals ze zelf aanhalen, is de waarde vastleggen in één getal een sterke vereenvoudiging is van de werkelijkheid. Hierdoor kunnen keuzes gemaakt worden die in de realiteit niet duurzaam zijn maar deze waarde wel verbeteren. Een gelijkaardige opmerking werd ook gemaakt bij de watervoetafdruk.

Hoewel ze waarschuwen niet te hard te focussen op de „True Value” waarde, admint het rapport van de studie een koppeling tussen de „True Value” en duurzaamheid uit. Het is in mijn ogen gevvaarlijk om duurzaamheid te meten als een puur economische waarde.

Duurzaamheid uitdrukken in geld komt mij vreemd over. De geldelijke waarde van een product of dienst is onderhevig aan wetten die weinig van doen hebben met de fysische werkelijkheid. Wat is de waarde van een ton CO<sub>2</sub>? In de fysische wereld is de impact hiervan vast, los van enige speculatie. Maar de geldelijke waarde ligt niet vast. Meino Smit haalt bijvoorbeeld een waarde aan tussen de € 5 en € 300 per ton. Welke waarde je neemt heeft een impact op de berekende „True

<sup>1</sup>Vooral niet omdat meer loon meestal meer consumptie veroorzaakt.

Value” maar niet op de milieu impact. Op deze manier kan een negatieve „True Value” opeens positief worden of omgekeerd zonder dat de maatschappij er beter of slechter van wordt.



Tot slot vind ik de hele studie nogal homocentrisch. Nergens wordt gekeken wat de impact is op andere organismen tenzij de mens er voordeel bij haalt. Je krijgt het gevoel dat een boom enkel bekeken wordt als bron van fruit en hakhout. De andere waarden van een boom (plaats om met het gezin onder te picknicken, bron van leven zoals nuttige insecten of vogels, esthetische waarde in het landschap, . . .) passen niet in het narratief dat gevoerd wordt.

## 9.3 De duurzaamheidsbloem

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

Daarom moet er gewerkt worden met een indicator die op een zichtbare manier de impact op verschillende aspecten benadrukt. Op deze manier wordt de gebruiker vollediger geïnformeerd en kan deze zelf de afweging maken welke factor meer of minder meespeelt in de beoordeling. Deze afweging zal afhangen van de context waarin de gebruiker leeft. Deze subjectieve beoordeling mag niet opgelegd worden maar moet ieder voor zich kunnen maken samen met duidelijke informatie over de facetten die gemeten worden.

Zelf stel ik elf facetten voor om op te nemen die samengevat zijn in tabel 9.1.

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

Om dit visueel voor te stellen droom ik van een bloemen waar elk bloemblaadje een facet voorstelt. De grootte en de kleur van het bloemblaadje geeft aan wat de waarde is van het facet met een subtiele lijn die de neutrale waarde aangeeft. Figuur 9.2 stelt een conceptuele schets voor van zo’n bloem.



Tabel 9.1: Voorstel van facetten om mee te nemen in een duurzaamheidsindicator

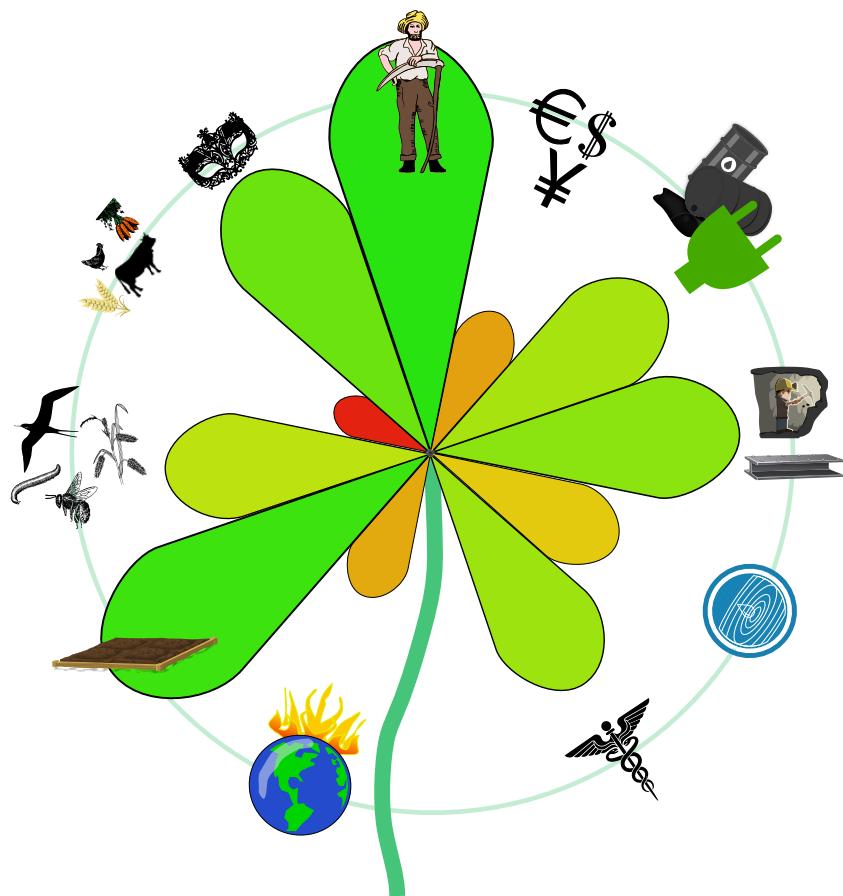
Facet	Voorbeeld van factoren mee te nemen	Wat is een neutrale waarde?
 Boer	Heeft de boer autonomie (geen wurgcontracten)? Is het inkomen voldoende hoog?	Boer kan eenvoudig wisselen van contract Boer komt rond met inkomen 50% van de verkoopprijs gaat naar de boer
 Economie	Is de oplijngst in geld meer dan wat erin gestopt moet worden (bv. subsidies)	Er vloeit evenveel geld in als eruit gehaald wordt
 Energie	Wat is de EROEI?	Neutraal bij EROEI van 5:1
 Grondstoffen	Hoeveel externe grondstoffen zijn nodig? Zijn er grondstoffen bij die schaars zijn/ worden? Zijn er grondstoffen bij die (geo)politiek problematisch zijn?	Voor blauw water: er wordt evenveel opgeslagen als verbruikt wordt. Voor groen water: minder verbruikt dan de neerslag kan aanvullen Voor grijs water: geen vervulling
 Water	Watervoetafdruk van elk type water Hoeveel water wordt er gebruikt in functie van de reserve en aanvulling van de reserve	Er worden geen stoffen gebruikt die mogelijke gezondheidsrisico's veroorzaken
 Gezondheid	Impact gebruikte bestrijdingsmiddelen Voedingswaarde van de producten Psychologische druk van de boer	Geen netto uitstoot
 Broekgassen <sup>2</sup>	Effectieve CO <sub>2</sub> uitstoot Kan ook opgeslagen worden in het systeem	

<sup>2</sup>Mogelijk heeft dit een dubbelle boeking met energie.



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

<sup>3</sup>Bijvoorbeeld savanne voor granteelt of jong bos voor boomgaard



Figuur 9.2: Duurzaamheidsbloem

## Deel IV

### Wat leren we hier nu uit?





# Hoofdstuk 10

## Impact van indirecte kosten



Een belangrijke boodschap die Meino Smit ons brengt, is dat als je enkel kijkt naar de directe kosten, je een vertekend beeld krijgt van de evolutie van de landbouw.

Als manier om de evolutie van de landbouw te meten, worden er regelmatig twee indicatoren gebruikt:

- hoeveel hectare kan een boer jaarlijks bewerken
- hoeveel ton voedsel kan een boer jaarlijks telen

Voor Meino Smit zijn dit echter niet de beste indicatoren. Hij werkt liever met indicatoren op basis van energie omdat deze de maatschappelijke kosten van de landbouw beter bevatten. Voorbeelden zijn de energetische efficiëntie (EROEI), de energetische output per voltijds equivalent (VTE) of energetische output per hectare.

Verder wordt ook bekeken of de stijging van de energetische kosten wel in verhouding staat tot de output.

Een waarschuwing: dit is het hoofdstuk met de meeste cijfers en grafieken. Is dat je ding niet, dan zijn hier de meest markante cijfers (opgelet, wil je in spanning blijven moet je even dit overslaan).

Eerst even samenvatten wat tot hier toe al gevonden is. Dit zijn conservatieve inschattingen dus waarschijnlijk zijn de verhoudingen slechter:

- Per MJ die direct aan de westerse landbouw toegekend wordt, staan er nog 1 tot 2 MJ aan indirecte energie.
- Om 1 calorie (of MJ) aan voeding te produceren, heeft de gangbare landbouw tussen 2 en 3 calorieën aan energie nodig. Dit staat los van de rest van onze voedselketen (alles bij elkaar is er, om 1 calorie op te kunnen eten tussen de 7 en de 12 calorieën nodig).
- Voor elke Nederlands boer, zijn er nog 1,7 andere personen bezig.
- Voor elke hectare landbouwgrond die bewerkt wordt in Nederland, is er nog 1,7 hectare nodig in het buitenland.

Als we deze getallen combineren, komen er nieuwe inzichten:

- tussen 1950 en 2015 is de energetische input per hectare in Nederland met 620% gestegen. De energetische output per gebruikte hectare is met slechts 10% gestegen.
- tussen 1950 en 2015 is de energetische input per Nederlandse boer met 2 500% (!) gestegen. De output per VTE is in die periode met 320% gestegen.
- tussen 1950 en 2015 is de oplag in ton per hectare met 30% gestegen.



## 10.1 De klassieke indicatoren

### 10.1.1 Aantal bewerkte hectare per voltijds equivalent

Als enkel de directe bestede arbeidsuren en landgebruik genomen wordt, dan is het aantal ha/VTE tussen 1950 en 2015 gestegen van ongeveer 4 ha/VTE tot 16 ha/VTE, een factor 3,6.

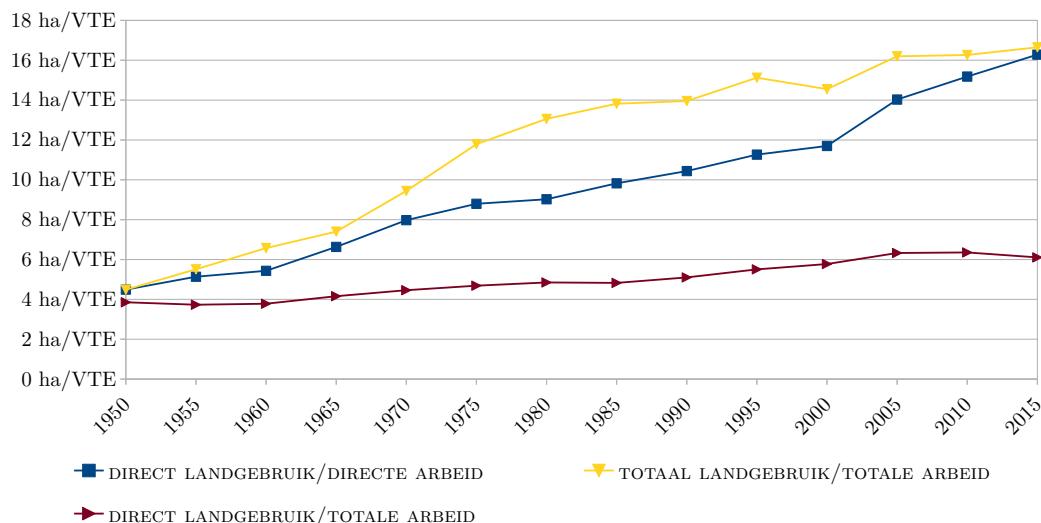
Bekijk je de totale bestede arbeidsuren, dus inclusief mijnbouw, veeteelt, ..., dan is het aantal ha/VTE tussen 1950 en 2015 gestegen van ongeveer 4 ha/VTE tot 6 ha/VTE, een factor 1,6.

Tot zover wat Meino Smit gebruikt heeft. Mijn inziens moet echter ook het totale landgebruik meegenomen worden omdat er voor indirecte arbeid ook grond gebruikt wordt. Als je dat doet, dan is de stijging tussen 1950 en 2015 toevallig hetzelfde als in de eerste berekening: een factor 3,6.

Dit is allemaal ook te zien in figuur 10.1.

Je merkt dus twee zaken op:

- meenemen van de indirecte bijdragen heeft wel degelijk een invloed op de efficiëntie stijging van de landbouw. Over het algemeen daalt de efficiëntie als de indirecte bijdragen meegenomen worden.
- het is belangrijk om goed na te denken wat je meeneemt en wat niet.



Figuur 10.1: Verloop van arbeidsproductiviteit in ha/VTE

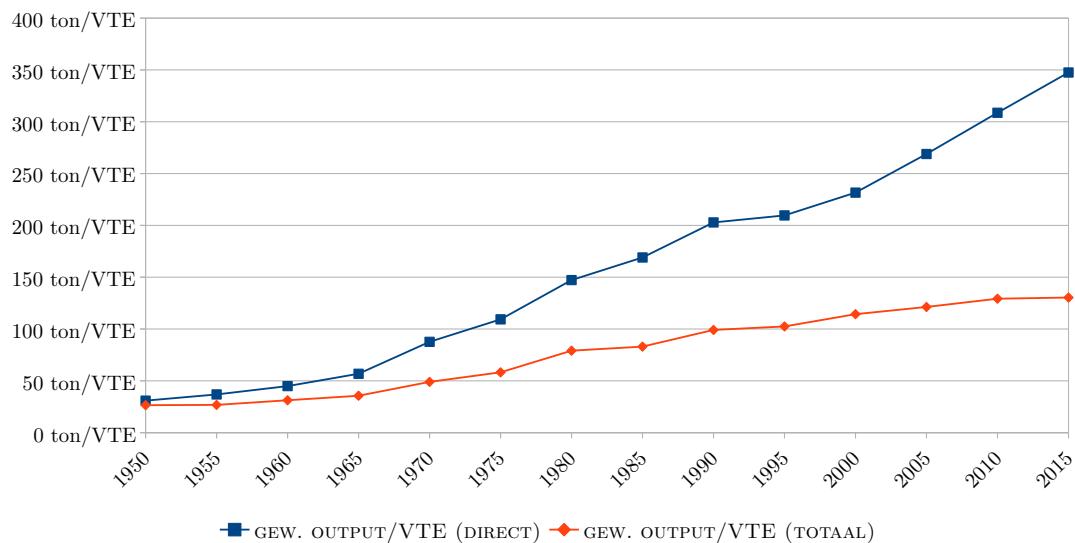
### 10.1.2 Hoeveelheid geproduceerde ton per voltijds equivalent

Hier is er minder discussie mogelijk over welke indirecte bijdragen meegenomen moeten worden.

Zonder rekening te houden met de indirecte arbeid, is het aantal ton/VTE tussen 1950 en 2015 gestegen met een factor 11,2.

Als je wel rekening houdt met de indirecte arbeid is deze stijging maar 4,9.

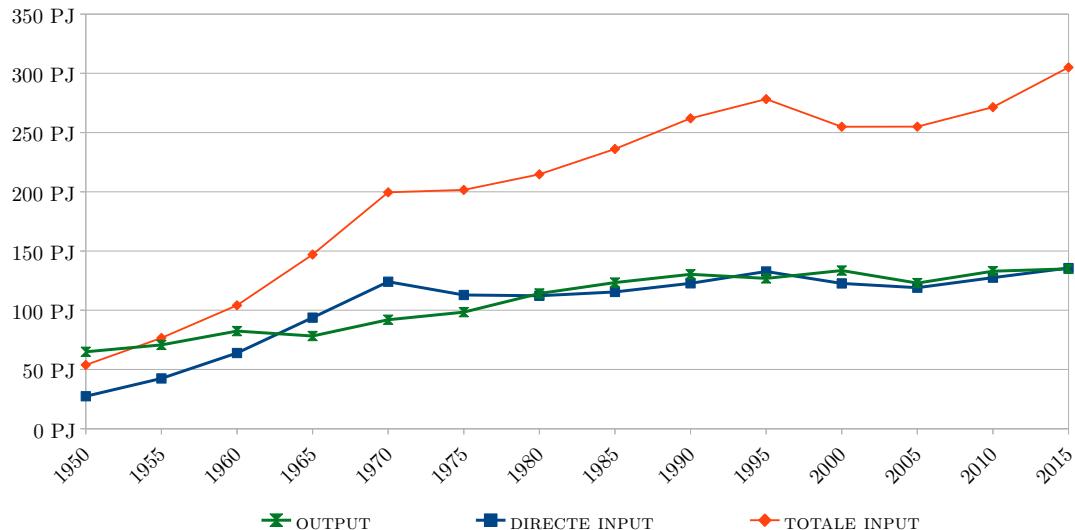
Je merkt dus een groot verschil in de verbetering zoals te zien is in figuur 10.2.



Figuur 10.2: Verloop van arbeidsproductiviteit in ton/VTE

## 10.2 Indicatoren op basis van energie

### 10.2.1 Energetische efficiëntie



Figuur 10.3: Vergelijking van energetische input en output

We hebben al gezien dat de energetische efficiëntie (EROEI) tussen 1950 en 2015 gedaald is van 1:1 tot 1:2.

Dit is ook te zien in figuur 10.3 waar de totale input in 2015 dubbel zo hoog ligt als de output.

Wordt er echter geen rekening gehouden met de indirecte input, dan zou de EEROEI in 2015 op 1:1 liggen. Dat is een groot verschil want in plaats van energetisch neutraal lijken te zijn, is het echter zo dat de landbouw meer energie vraagt dan dat we eruit krijgen.

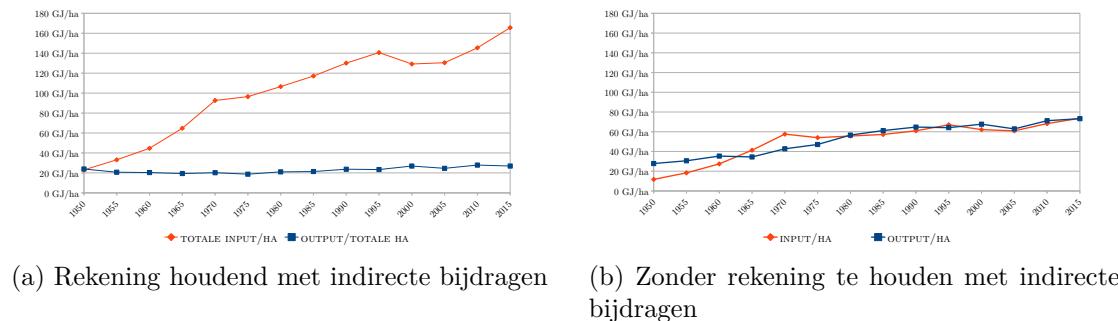


### 10.2.2 Energie per hectare

Zonder rekening te houden met het indirect landgebruik, is de output per hectare tussen 1950 en 2015 gestegen met een factor 2,6. Wordt het indirecte landgebruik meegenomen, dan is deze stijging slechts een factor 1,1.

Het is zeer verhelderend om hiertegenover de input die nodig is per hectare te zetten.

Zonder rekening te houden met de indirecte bijdragen, is de energetische input per hectare gestegen met een factor 6,3. Houden we wel rekening met de indirecte bijdragen, dan is deze stijging verhoogt naar 7,2.



(a) Rekening houdend met indirecte bijdragen      (b) Zonder rekening te houden met indirecte bijdragen

Figuur 10.4: Verloop van energie per hectare

De evolutie van deze waarden is weergegeven in figuur 10.4.

Merk op dat er momenteel per hectare 7 keer meer energie gestoken wordt in de landbouw maar dat daar maar 0,1 keer zoveel output tegenover staat! Moest het nog niet duidelijk zijn, dit stelt de efficiëntie van de „Groen Revolutie” helemaal in vraag.

### 10.2.3 Energie per voltijds equivalent

Vergelijkbaar als met de energie per hectare, kan je ook kijken naar de evolutie in zowel input als output in energie per gewerkte arbeidsuur.

Zonder rekening te houden met de indirecte factoren stijgt de input per VTE met een factor 23 en de output met een factor 9,6.

Houden we wel rekening met de indirecte factoren, stijgt de input per VTE met een factor 26 en de output met een factor 4,2.

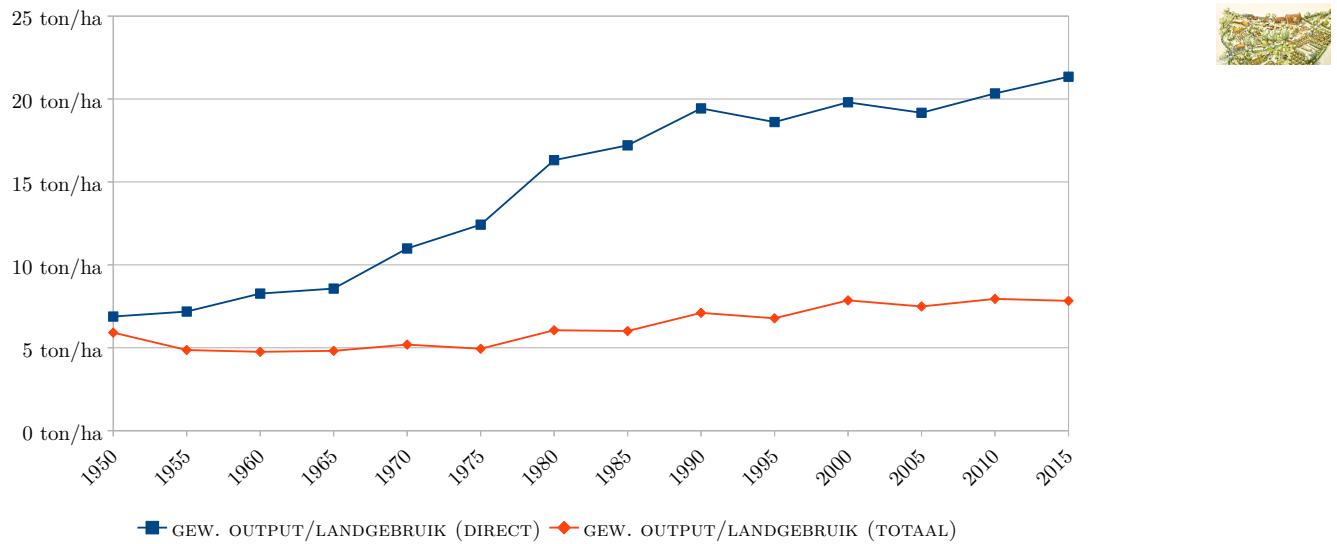
Het is te zien dat de output nu wel flink stijgt omwille van de mechanisatie. Maar hiertegenover staat wel een enorme verhoging van de input die per arbeidsuur nodig is.

Dezelfde conclusies als hierboven is dus te trekken. De stijging van de energetische input staat niet in verhouding met de stijging van de energetische output.

## 10.3 Opbrengst in ton per hectare

In de opbrengst in ton producten per hectare, is er een verhoging met een factor 3,1 zonder rekening te houden met de indirecte bijdragen. Met de indirecte factoren daalt deze verhoging naar 1,3.

Gezien de sterke verhoging aan energetische input die per hectare gebeurd is, is deze verhoging van de output maar schamel.



Figuur 10.5: Verloop opbrengsten in ton per hectare

## 10.4 Conclusie

Het is duidelijk dat je, om een goed beeld te krijgen van de evolutie van kentallen voor de landbouw, indirecte bijdragen in rekening moet brengen.

Zoals te verwachten is het beeld rond de landbouw evolutie dan veel minder flatterend dan men ze momenteel schildert. Er zijn positieve evoluties, maar deze zijn veel minder sterk dan eerst gedacht.

Wat vooral opvalt is dat de stijging van de input veel groter is dan die van de output. Vergelijk je deze stijgingen, dan merk je op dat deze trend alsmaar verslechterd. Met andere woorden, ondanks de verhalen rond de verhoging van de efficiëntieverhoging in de landbouw, moet er meer en meer energie in gestoken worden voor een schamele verhoging in de output. Dit is over het algemeen niet zichtbaar omdat met de verhoging van de input maar beperkt meeneemt.

Hier werd enkel de factor energie bekeken. Het verhaal rond water, biodiversiteit, bodemvruchtbaarheid of andere factoren die hierboven geïdentificeerd waren is nog niet meegenomen.

Dit is geen hoopvolle boodschap. Je krijgt het gevoel dat de trein van de landbouw alsmaar sneller en sneller naar de afgrond aan het rijden is.

Kunnen we deze trend omdraaien? Dat gaan we in het laatste hoofdstuk bekijken.



# Hoofdstuk 11

## Hoe moet landbouw er uitzien?



Om de negatieve trend om te keren, zijn er een aantal domeinen waarop verandering kunnen gebeuren. Meino Smit heeft mogelijke aanpassingen geïdentificeerd die zo dadelijk besproken worden.

Ik ben aan het leertraject van Landwijzer begonnen om zelf mijn steen te kunnen bijdragen, vertrekende van het systeem van Ferme du Bec Hellouin. Is de visie en droom die ik oorspronkelijk had veranderd door dit werkstuk?

### 11.1 De droom van Meino Smit

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

Aan landbouwzijde moet er gegaan worden naar een integratie van landbouw en natuurbeheer. Er zijn 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.

Ook maatschappelijk zijn er veranderingen nodig.

- De oogst moet in de eerste plaats naar de eigen bevolking gaan.
- Er moeten meer plantaardige producten gegeten worden en minder dierlijke (tabel 11.1). Merk op dat dit een drastische verschuiving is in het eetpatroon van de maatschappij. Zonder deze verschuiving eten we ons richting hongersnood.
- Onderzoek moet zich richten op technologie die energie en grondstoffen spaart.
- Belasting moet verschuiven van arbeid naar kapitaal.

Door deze veranderingen moeten er veel meer mensen in de landbouw tewerkgesteld worden en zullen 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

Tabel 11.1: 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 <sup>1</sup>	196.817 ha	516.481 ha	+ 160%
Aardappelen <sup>2</sup>	71.736 ha	35.457 ha	- 50%
Noten <sup>3</sup>	61 ha	78.200 ha	+1300%
Peulvruchten <sup>4</sup>	15.506 ha	23.868 ha	+ 50%
Zonnebloemen <sup>5</sup>	660 ha	310.250 ha	
Koolzaad <sup>5</sup>		124.100 ha	
Suikerbieten <sup>6</sup>	58.436 ha		- 100%
Bloembollen <sup>7</sup>	28.842 ha		- 100%
Oppervlakte voor paarden		40.000 ha	
Paarden <sup>8</sup>	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%

tot 12 are/inwoner, onder de minimum grens van 14 are/inwoner. Komen we dan niet in gevaarlijk vaarwater?

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

Een mogelijk gevolg van deze verandering is dat de prijs van landbouwproducten verhoogt. Maar dit is enkel het geval als er geen rekening gehouden wordt met de maatschappelijke kosten. Als deze aanzienlijk zouden dalen, is de maatschappij dan niet beter af? Deze boedschap overbrengen is echter zeer moeilijk zoals we gezien hebben in Frankrijk met de Gele Hesjes.

Meino Smit maakt zich sterk dat als er in 1950 al een beleid was dat rekening hield met alle kosten, we nu beter af waren geweest. Veredeling heeft een output stijging van 20 tot 25% veroorzaakt. Mede hierdoor en door een innovatie die meer gericht zou geweest zijn op betere arbeidsomstandigheden met minder inzet van energie en grondstoffen, bijvoorbeeld door verbeterde handwerk具gen, kon de landbouw een output verhoging bewerkstelligen hebben die groter was dan nu zonder de hallucinante verhoging in input. De landbouw zou robuuster geweest zijn en er zouden meer boeren en een groter maatschappelijk draagvlak zijn.

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

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

<sup>3</sup>Volgens advies van de „Schijf van Vijf“

<sup>4</sup>Vervangen van dierlijk eiwit door plantaardige eiwitten

<sup>5</sup>Voornamelijk schroot

<sup>6</sup>Minder suiker en niet meer als veevoer

<sup>7</sup>Focus op voeding

<sup>8</sup>De hobbypaarden die er nu zijn, worden vervangen door werkpaarden.

## 11.2 Is mijn droom veranderd?



Mijn doel om aan de opleiding te beginnen, is het systeem van Ferme du Bec Hellouin naar Vlaanderen te brengen.

Door het studiewerk rond dit werkstuk is het duidelijk geworden dat er echt nood is aan een landbouw die de gedane schade hersteld. We hebben gezien dat moestuinen en vooral de Chinese landbouw van 1930 hier grote inspiratiebronnen kunnen zijn. Het systeem van Ferme du Bec Hellouin gebruikt dezelfde principes van combinatieteelten, intense opvolging, hoge input van organische meststoffen gecombineerd met niet verstoren van de grond, permanente bedekking en nog heel wat andere factoren om de natuurlijke processen de optimaliseren.

Binnen de Chinese landbouw van 1930 werd op een extensieve manier aan veeteelt gedaan, wat bij Ferme du Bec Hellouin nog ontbreekt. Ook akkerbouw ontbreekt, maar we hebben gezien dat voor granen de huidige manier van akkerbouw al goede cijfers geeft.

Vanuit de ervaring die ik al opgedaan heb met de combinatieteelten van Ferme du Bec Hellouin, kon ik tijdens het opstellen van dit werkstuk reflecteren wat dit systeem doet rond de verschillende geïdentificeerde kosten zoals water, ecologie, . . . Mijn slotsom is dat het systeem van Ferme du Bec Hellouin een sterke basis biedt om van te vertrekken.

Dus mijn droom is enkel sterker geworden.



# Hoofdstuk 12

## Samenvatting



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

Enkel bij de studie van Eosta wordt het onderscheid gemaakt tussen bio- en niet-bio waarbij blijkt dat de bio minder maatschappelijke kosten heeft. Alle andere studies kijken naar de totaliteit van de voedselketen zonder onderscheid te maken tussen bio en niet-bio.

We hebben gevonden dat landbouw inderdaad zeer veel indirecte energetische kosten draagt. Dit gaat van veevoeder en kunstmest over de kost van gebouwen en machines tot zaken zoals mijnbouw, elektronica en diensten. Verder zijn er nog kosten op veel andere vlakken zoals arbeid, water, landgebruik en noem maar op.

De directe kosten blijven de hoofdbrok uitmaken, maar de indirecte kosten zijn de laatste 50 jaar enorm gestegen totdat ze de directe kosten overtroeven. In de indirecte kosten neemt vooral veevoer een belangrijk aandeel in beslag. Wat mij ook opgevallen is, zijn de bijdragen van mijnbouw, het drogen van graan en grassen en irrigatie in de energetische balans.

Verderop in de voedselketen vielen vooral verpakkingen en huishoudelijk gebruik op, met een energetisch aandeel dat gelijkwaardig is aan dat van de landbouw zelf.

Het aandeel van de landbouw in de energie consumptie van de totale voedselketen is een kwart of minder.

Dat je 10 keer zoveel energie nodig hebt dan je consumeert blijkt te kloppen. Zoets is op lange termijn niet houdbaar omdat de voorraad energie eindig is. Hetzelfde probleem geldt ook voor andere kosten. „Business as usual” gaat leiden tot „Hongerdood door schranzen”. Het moet dus anders.

Om de nodige vooruitgang te meten is het nodig om de nuances van het leven in stand te houden. Deze vooruitgang samenvatten in één getal verliest deze nuance. Vandaar het voorstel om te vertrekken van een duurzaamheidsbloem.

Vergelijken we de energetische efficiëntie van verschillende landbouwsystemen, dan zijn er grote verschillen op te tekenen. Met de beschikbare informatie is na te gaan welke systemen uit de boot vallen en welke goede inspiratiebronnen kunnen zijn voor een toekomstige landbouw.

Bij de industriële landbouwsystemen zijn dierlijke productie of verwarmde serre systemen veel te sterke energie verslinders. Akkerbouw systemen komen er beter uit.



Pre- en semi-industriële landbouwsystemen blijken op energetisch vlak vaak voordelig uit te vallen maar velen hiervan zijn bij ons niet mogelijk door de grote bevolkingsdichtheid.

De beste kandidaten voor een toekomstige landbouw is de tuinbouw zoals die tot begin vorige eeuw in China gevoerd werd. Dit was mogelijk door een intensive aandacht van de boer tezamen met een grote toevoer van voedingstoffen, combinatieteelten en een intensieve opvolging van teelten.

De principes die de oude tuinbouw uit China zo sterk maken, vind je ook terug in het systeem van Ferme du Bec Hellouin. Dit systeem moet echter nog verder ontwikkeld worden. In zijn huidige vorm ligt de nadruk heel sterk op de teelt van fijne groenten. Een volledig antwoord kan het dan ook niet bieden. Maar een doorontwikkeling ervan kan wel inspiratie bieden om ook voor andere landbouwtakken te gaan naar „Small is beautiful”.

De nodige veranderingen zijn echter niet alleen nodig in de landbouw. De rest van de voedselketen moet meedoen. Ook het voedingspatroon moet veranderen waarbij vooral de consumptie van vlees moet verminderen.

Dank zij het werken aan dit werkstuk, heb ik veel meer inzichten gekregen waar de landbouw allemaal impact op heeft. Het heeft me ook gesteekt in de overtuiging dat we actief moeten zoeken naar een andere manier van landbouw doen. Het systeem van Ferme du Bec Hellouin lijkt hier een zeer goede basis voor te zijn.

Tijd om met de handen in de aarde hier actief werk van te maken.

## **Deel V**

### **Bijlagen**



# Bijlage A

## Een aantal technische begrippen

### A.1 Korte samenvatting van een aantal wetenschappelijke begrippen

#### A.1.1 Joule of calorie?

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

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

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

#### A.1.2 Maar toch hectare en ton?

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

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

#### A.1.3 Kilo, mega, giga, oh nee

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

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

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

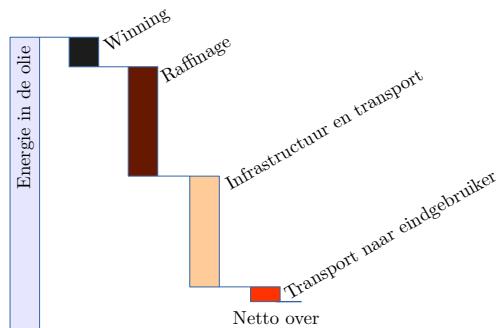
En waarom kon ik dit niet laten? Tja, na een licentiaat in de fysica is dat vermoedelijk een misvorming.

## A.2 Broeikasgassen

We kennen natuurlijk allemaal het broeikaseffect en weten dat CO<sub>2</sub> een broeikasgas is. Maar wist je ook het volgende?

- Broeikasgassen komen niet enkel vrij bij verbranding. Ook veehouderij en het gebruik van kunstmest dragen bij aan het broeikaseffect.
- Niet alleen CO<sub>2</sub> is een broeikasgas. Er zijn er nog anderen zoals [kli19]:
  - methaan (NH<sub>4</sub>). Deze is 25 keer krachtiger dan CO<sub>2</sub> en veroorzaakt 20% van het broeikaseffect. Methaan onder andere wordt uitgestoten in de veehouderij en bij compostering.
  - lachgas (N<sub>2</sub>O). Deze is 289 keer krachtiger dan CO<sub>2</sub> en veroorzaakt 6% van het broeikaseffect. Lachgas wordt in de landbouw aangemaakt bij overdadig gebruik van drijfmest en kunstmest.
  - andere natuurlijke broeikasgassen zijn water (H<sub>2</sub>O) en ozon (O<sub>3</sub>).
  - „industriële” broeikasgassen zijn meestal veel krachtiger dan deze hierboven (1.300 tot 23.900 keer zo krachtig als CO<sub>2</sub>).

## A.3 EROEI



Figuur A.1: Schema van energieverlies in de olieketen

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

Aangezien er niet enkel energie nodig is bij het winnen van een brandstof, maar ook bij voorbeeld 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 figuur A.1 zakt de EROEI van 10:1 wanneer enkel de energie voor de winning van olie bekeken wordt, tot 1,3:1 als alle energie bekeken wordt.

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

# Bijlage B

## Ferme du Bec Hellouin

Zoals je merkt, loop ik nogal hoog op met het systeem van Ferme du Bec Hellouin. Voor de mensen die het niet kennen, een kleine voorstelling zoals ik het zie. Je kunt ook naar de docufilm „Demain” kijken om eens kennis te maken.

Ferme du Bec Hellouin is gelegen in Normandië, ongeveer 20 km ten zuidwesten van Rouen.

Wat mij het sterkste aanspreekt in dit systeem is de combinatie van hun visie en de gepubliceerde economische resultaten.



### B.1 Hun visie

De start van Ferme du Bec Hellouin was de wens van Charles en Perrine Hervé-Gruyer om alle eten voor hun gezin zelf te produceren op een manier die de aarde niet belast. Dit houdt in: een minimale input van fossiele brandstoffen, zoveel mogelijk zelf produceren, een landbouw die de aarde voedt.

Het eerste gaat over een minimum van fossiele brandstoffen. Ze hebben wel een kleine tractor maar gebruiken deze alleen voor grotere infrastructuurwerken of het keren van de composthoop. Ook is er indirect gebruik van fossiele brandstoffen voor het plastic van de serres, de aanvoer van materiaal (zoals paardenmest), leveringen, .... Ze zijn dus niet volledig onafhankelijk van fossiele brandstoffen, maar proberen het gebruik te minimaliseren.

Ze willen zoveel mogelijk zelf produceren. Niet alleen groenten, maar ook brandhout produceren ze zelf. Er is ook een eigen smidse, Charles doet zelf de schrijnwerkerij en ze maken hun eigen biochar.

Hun landbouw voedt de aarde. Er is enorm veel biodiversiteit op hun velden. Niet alleen door de verscheidenheid van groenten, maar ook door de mogelijkheden die ze aanbieden aan de natuur. Er worden bijen en vogels gezien die elders in Frankrijk amper gezien worden. Jaar na jaar bouwen ze koolstof in de bodem op.

Buiten deze aspecten vind ik hun gevoel voor schoonheid enorm inspirerend. Heel het domein is een schilderij waard. Ook in de eigen publicaties is duidelijk een artistiek gevoel aanwezig.

In hun boek „Zaaien met toekomst” hebben ze een visie rond microlandbouw die mij sterk aanspreekt. Vooral in een Vlaamse context is het belangrijk om te kunnen werken op kleine percelen. Dat terwijl de gangbare trend nog altijd richting schaalvergrotting gaat.

Verder zijn ze heel gegrond in hun aanpak. Het is no-nonsense en ze zijn heel duidelijk: boeren is werken, hard werken en nog harder werken.

## B.2 Economische resultaten

Als een van de weinige permacultuur bedrijven, zijn hun cijfers wetenschappelijk in kaart gebracht.

Een studie van INRA (vergelijkbaar met ILVO in Vlaanderen) heeft bekeken wat de opbrengst is van 0,1 ha netto teeltoppervlakte. Dit steeg in de loop van de studie van 30 tot 55 000 euro per jaar. Uiteraard zijn hier veel discussies rond gaande maar het geeft een richting aan. Vooral omdat er in Frankrijk al verschillende boerenbedrijven zijn die succesvol hun systeem overgenomen hebben.

Hoeveel gelijkaardige projecten mislukt zijn en waarom is spijtig genoeg minder duidelijk.

## B.3 Relevantie met dit werkstuk

Zoals elders aangehaald, blijkt het systeem van de Chinese landbouw uit de jaren '30 een heel goede basis om van te vertrekken voor een landbouw die meer energie opbrengt dan erin gestoken moet worden en tegelijkertijd Vlaanderen kan voeden.

De krachten van die Chinese landbouw uit de jaren '30 kan je ook terugvinden bij Ferme du Bec Hellouin:

- combinatieteelten
- voor- en nateelt
- intensieve opvolging door de boer („De beste mest is de voetstap van de boer”)
- intensieve toevoeging van mest

Via verschillende paden zijn deze principes bij Ferme du Bec Hellouin gekomen. Het meest opmerkelijke is dat deze principes ook gebruikt werden in de 19e-eeuwse Parijse stadslandbouw.

Met toevoegingen van extra principes zoals de bodem niet keren, zoveel mogelijk ter plaatse laten, paden deel laten zijn van het systeem, ... zijn er nog extra stappen genomen.

Hoewel er geen cijfers voor beschikbaar zijn rond energetische input en output, is het aan te nemen dat hun systeem de cijfers van de Chinese landbouw uit de jaren '30 zullen benaderen. Vandaar dat het een goede start is voor landbouw die zowel meer energie opbrengt dan je erin steekt en productief genoeg om op een kleine oppervlakte veel mensen te voeden.

## B.4 Een paar cijfers

Ferme du Bec Hellouin bestaat uit ongeveer 20 ha. Dit lijkt ver te staan van een microboerderij, maar 12 ha hiervan is bos dat gebruikt wordt voor brandhout. Verder is er nog 3 ha „eetbaar landschap”, 2,4 ha aan terrassen die amper gebruikt worden en een woning en lesgebouw. De eigenlijke velden zijn 1,8 ha waaronder een paar kleine weilanden, 2 voedselbossen plus een serre van 6 are.

Hierop werken naar schatting 4 mensen voltijds. Verder is er ook een administratieve medewerken en een kok, maar het is onduidelijk van welk deel van het bedrijf deze betaald worden (er is ook een onderzoekscentrum en een educatieve tak).

De afzet zit als volgt in elkaar:

- pakketten
- restaurants
- winkels
- groothandel

Vroeger was er ook nog een hoevewinkel, maar die is recent stopgezet wegens tijdsgebrek omdat ze zich meer willen focussen op onderzoek rond hun systeem.



# Bijlage C

## Gaat technologie de wereld redden?

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

### C.1 Externe kosten van elektronica

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

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

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

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

- het grote energieverbruik bij productie,
- de gebruikte grondstoffen:
  - de winning en extractie van verschillende cruciale grondstoffen is belastend, zowel in energetische als in maatschappelijke kosten:
    - \* gebruik van fracking
    - \* giftig en radioactief afval
    - \* bloedmetalen
  - sommige benodigde metalen komen enkel vrij als „bijwinning” van andere grondstoffen waardoor niet snel gereageerd kan worden op schommelingen in de vraag,
  - de grote afhankelijkheid van zeldzame aardmetalen met ronkende namen zoals neodymium, dysprosium of europium, heeft ook geopolitieke gevolgen. 85% van de zeldzame aardmetalen komt vandaag uit China!

Dat geeft één land een enorme controle over de wereldwijde toevervoer 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.

De kosten en de baten van elektronica zijn 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 de alsmaar stijgende consumptie van elektronische apparatuur.

Het is niet de bedoeling om elektronica te verketteren. Maar het is wel belangrijk om er bewust mee om te gaan. Wat houdt dan in ?

1. Denk eerst goed na of je de elektronica wel effectief nodig hebt. De marketing is zeer goed in het aanpraten van een nieuw of complexer toestel omwille van features die je eigenlijk niet nodig hebt. Is het zo belangrijk dat je koelkast automatisch melk besteld?
2. Als je koopt, kijk eerst of er een valabel toestel is op de tweedehands markt. Dit vermijdt het belastende productieproces en afval.
3. Laat je elektronica zo lang mogelijk meegaan. Elektronische apparatuur kent een zeer korte levenscyclus. Aangezien veel kosten in de productie zitten, is een langere levenscyclus een goede manier om de voetafdruk ervan te verlagen. Dit houdt ook in dat de aankoop van een zuiniger toestel best niet gedaan wordt want dit is in de meeste gevallen belastender dan het oude toestel te blijven gebruiken.
4. Waar mogelijk, maak gebruik van draden. Wifi, GSM en andere draadloze communicatie is belastender dan „goede oude” netwerkkabels of vaste telefoons.
5. Koop elektronische toestellen die je kunt repareren. Meestal wordt elektronische apparatuur gerepareerd door volledige printplaten te vervangen. Hoe kleiner de printplaten zijn die vervangen worden, hoe minder belastend de reparatie is.

## C.2 Hernieuwbare energie

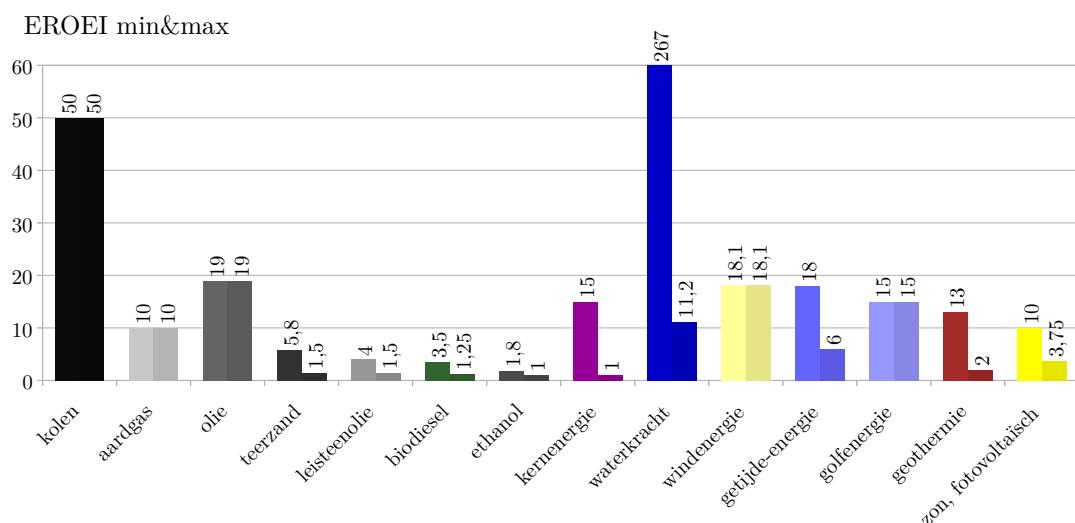
Meino Smit is er niet van overtuigd dat de huidige evolutie van energiegebruik het mogelijk maakt om fossiele brandstoffen uit te faseren ten gunste van hernieuwbare energie. Dit heeft niet zozeer te maken met de technologie zelf, maar eerder vanuit een inschatting van de hoeveelheid grondstoffen die hiervoor nodig zijn en hoe snel deze beschikbaar moeten zijn. Dit gaat een impact hebben op toekomstscenario’s die „Business as usual” nastreven.

Ook bij hernieuwbare energie spelen zeldzame aardmetalen een belangrijke rol. Niet enkel door de gebruikte elektronica, maar ook omdat deze metalen bijvoorbeeld de efficiëntie van magneten sterk verhogen of nodig zijn in zonnecellen.

De meeste vormen van duurzame energie zijn minder efficiënt dan fossiele brandstoffen. In figuur C.1 vind je de minimale en maximale EROEI terug van een aantal energiebronnen.

De EROEI van duurzame brandstoffen is gekoppeld aan die van fossiele brandstoffen omdat vandaag de dag deze laatste verbruikt worden om de infrastructuur van de eerste te maken<sup>1</sup>. Als de EROEI van fossiele brandstoffen daalt, zal de EROEI van duurzame brandstoffen dus ook dalen. Aangezien eerst de eenvoudiger te delven fossiele brandstoffen opgestookt worden, moet er later meer energie gebruikt worden om dezelfde hoeveelheid energie te extraheren. In het begin was voor aardgas de EROEI 100:1. Nu is deze echter gezakt naar 10:1.

Er wordt aangenomen dat een EROEI van 3:1 tot 5:1 nodig is zodat een energiebron een positieve energiebalans kan hebben. Dit omdat de opslag, omvorming, transport en distributie zelf ook nog heel wat energie vergt.



Figuur C.1: De EROEI van een aantal energiebronnen [Smi18, p. 32 naar Hall, 2008]

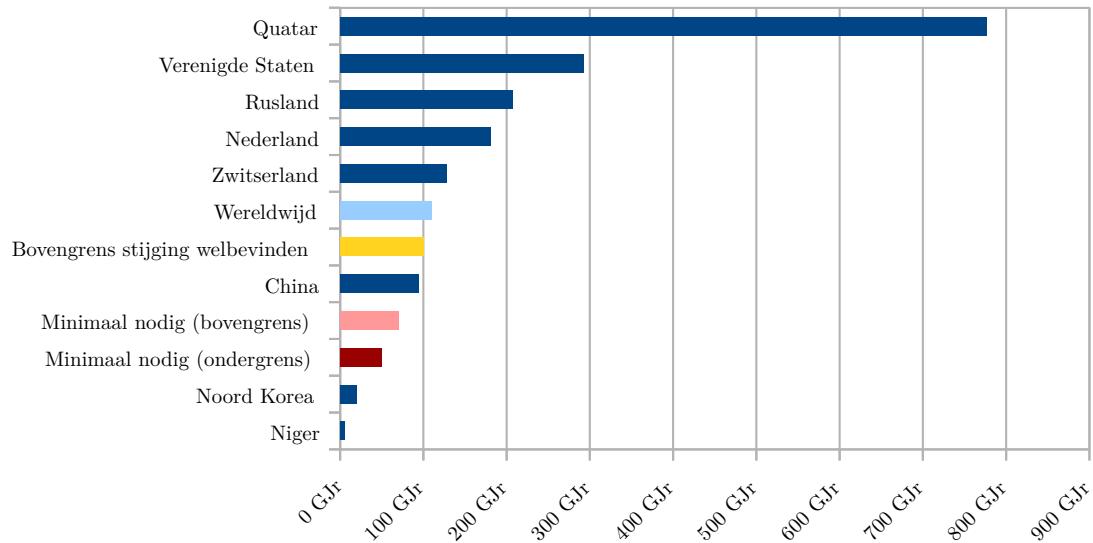
Verder moet er veel infrastructuur, opslag en transport aangemaakt worden voor duurzame energie. Dit vraagt niet alleen energie maar ook grondstoffen. Meino Smit geeft aan dat er niet genoeg capaciteit is om deze grondstoffen aan bijvoorbeeld aardmetalen op een aanzienlijke tijd te delven [Smi18, par. 6.4]. Deze capaciteit kan maar langzaam opgeschaald worden omdat enerzijds het creëren van een nieuwe grondstoffenstroom jaren duurt, maar anderzijds ook omdat vele aardmetalen als „bijwinst” bij het mijnen van een andere grondstof vrijkomen.

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

<sup>1</sup>Momenteel wordt 85% van onze energiebehoefte gedeckt door het verbranden van brandstoffen.

Dit kan door enerzijds minder energie te verbruiken per persoon, maar ook door een afname van de bevolking te bewerkstelligen<sup>2</sup>.

De angst dat er terug naar de middeleeuwen moet gekeerd worden is zeer begrijpelijk. Gelukkig wijzen studies uit dat er een verband is tussen het welbevinden en de hoeveelheid energie die gebruikt wordt [Smi18, p. 35]. Vanaf een energieverbruik van 50 tot 70 GJ per persoon per jaar, is er een gevoel van voldoende welbevinden. Vanaf een waarde van 100 GJ per persoon en per jaar neemt het welbevinden niet meer toe!



Figuur C.2: Energieverbruik per persoon en per jaar

In figuur C.2 is de situatie weergegeven voor een aantal landen tezamen met de vermelde grenzen en het wereldwijde gemiddelde. We zien dat een halvering van het energieverbruik per Nederlander niet veel invloed zal hebben op het welbevinden.

Ook is het zo dat deze verlaging niet door iedereen gedragen moet worden. Het is namelijk zo dat hoe rijker je bent, hoe meer energie je verbruikt [Uni20]. Het is dus niet meer dan normaal dat de meest verbruikende mensen de grootste inspanning zouden leveren.

---

<sup>2</sup>Hoe je op een ethische en duurzame manier de bevolking kan doen afnemen, lijkt me een zeer moeilijke vraag.

# Bibliografie

- [Cha+06] A.K. Chapagain e.a. “The water footprint of cotton consumption: An assessment of the impact of worldwide consumption of cotton products on the water resources in the cotton producing countries”. In: *Ecological Economics* 60.1 (2006), p. 186–203.
- [Eos17] Eosta. *True Cost Accounting for Food, Farming & Finance (TCA-FFF)*. <https://www.natureandmore.com/files/documenten/tca-fff-report.pdf>. 2017.
- [Fal95] Malin Falkenmark. “Land-water linkages: A synopsis”. In: *Land and Water Integration and River Basin Management*. Land and Water Bulletin 1. Rome, 1995, p. 15–16.
- [FAO14] FAO. *Food wastage footprint: Full-cost accounting*. Tech. rap. Research Institute for Organic Farming (FiBL), 2014.
- [GMH13] P.W. Gerbens-Leenes, Mesfin M. Mekonnen en Arjen Y. Hoekstra. “The water footprint of poultry, pork and beef: A comparative study in different countries and production systems”. In: *Water Resources and Industry* 1–2 (2013), p. 25–36.
- [HFP18] N. Haie, M.R. Freitas en J.C. Pereira. “Integrating Water Footprint and Efficiency: Overcoming Water Footprint Criticisms and Improving Decision Making”. In: *Water Alternatives* 11.3 (2018), p. 933–956.
- [HG18] Charles Hervé en Perrine Gruyer. *Zaaien met toekomst. La ferme du Bec Hellouin*. Jan van Arkel, 2018. ISBN: 9789062240418.
- [HH02] Arjen Y. Hoekstra en P.Q. Hung. *Virtual water trade : A quantification of virtual water flows between nations in relation to international crop trade*. Tech. rap. Delft: IHE, 2002.
- [Hoe+11] Arjen Y. Hoekstra e.a. *The Water Footprint Assessment Manual*. Earthscan, 2011.
- [Hos09] Rebecca Hosking. *A Farm for the Future*. <https://vimeo.com/136857929>. 2009.
- [Kin11] F. H. King. *Farmers of Forty Centuries. Organic Farming In China, Korea, And Japan*. 1911.
- [kli19] klimaat.be. *De verschillende broeikasgassen*. <https://klimaat.be/klimaatverandering/oorzaken/broeikasgassen>. 2019.
- [Lea76] Gerald Leach. *Energy and food production*. Guildford: IPC science en technology press, 1976. ISBN: 0902852558.

- [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](https://en.wikipedia.org/wiki/The_Power_of_Community:_How_Cuba_Survived_Peak_Oil). 2006.
- [Sey22] Eric Seynaeve. *De échte kosten van voedsel – technische verdieping*. [https://github.com/EricSeynaeve/landwijzer\\_werkstuk/raw/master/text/manuscript-tech-nl\\_print.pdf](https://github.com/EricSeynaeve/landwijzer_werkstuk/raw/master/text/manuscript-tech-nl_print.pdf). 2022.
- [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.
- [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](https://www.leeds.ac.uk/news/article/4562/shining_a_light_on_international_energy_inequality). Mrt 2020.