



Methoderapport upstream en downstream voetafdrukken

Niels Schoenaker

Michelle A. Steenmeijer

CBS Den Haag
Henri Faasdreef 312
2492 JP Den Haag
Postbus 24500
2490 HA Den Haag
+31 70 337 38 00
www.cbs.nl

3 april 2024

Inhoud

Inhoud	3
1. Inleiding	5
2. Begrippen	6
2.1 Upstream - downstream	6
2.2 Productie-emissies – consumptievoetafdruk – productievoetafdruk	6
2.3 Verdelingsprincipe - emissies naar locatie	8
2.4 Directe emissies – indirecte emissies	8
3. Perspectieven voetafdrukken	10
3.1 Upstream productievoetafdruk	10
3.2 Upstream consumptievoetafdruk	11
3.3 Downstream productievoetafdruk	11
3.4 Downstream consumptievoetafdruk of ‘income-based’ voetafdruk	11
4. Voorbeeldberekeningen	13
4.1 Voorbeeldeconomie	13
4.2 Voorbeeldberekening van de upstream productievoetafdruk	13
4.3 Voorbeeldberekening van de downstream productievoetafdruk	15
4.4 Voetafdrukberekeningen met emissie-intensiteiten	16
5. Discussie	18
5.1 Bestaande toepassing downstreammethode	18
5.2 Uitdagingen duiding downstreammethode	18

1. Inleiding

In 2019 publiceerde het ministerie van Economische Zaken en Klimaat (EZK) het Klimaatplan dat de hoofdlijnen bevat van het klimaatbeleid voor de komende 10 jaar. Een nieuwe versie van het Klimaatplan wordt in 2024 gepubliceerd. Het ministerie van Infrastructuur en Waterstaat (IenW) heeft het CBS daarom gevraagd om gegevens te leveren over de broeikasgasvoetafdruk van Nederlandse bedrijfstakken waarin zowel economische activiteiten upstream (stroomopwaarts, bij toeleveranciers) als downstream (stroomafwaarts, bij afnemers) in de productieketen worden meegenomen. Daarnaast is gevraagd om de resultaten uit te splitsen naar de landen/regio's en bedrijfstakken, zodat het inzichtelijker wordt waar de emissies fysiek plaatsvinden. Het doel van dit onderzoek is om meer inzicht te vergaren in de ketenemissies van de bedrijfstakken en waar de broeikasgasemissies plaatsvinden.

Het CBS heeft eerder onderzoek uitgevoerd naar de broeikasgasvoetafdruk van Nederland (bijvoorbeeld Walker et al., 2017 en Walker et al., 2023). Hierbij zijn de broeikasgasvoetafdrukken ook uitgesplitst naar bedrijfstak. Bij deze onderzoeken is echter enkel gekeken naar de emissies upstream in de productieketens, oftewel bij toeleveranciers. In dit onderzoek wordt deze methodiek, voor het eerst, uitgebreid met als doel om ook zicht te krijgen op de emissies downstream in de productieketens.

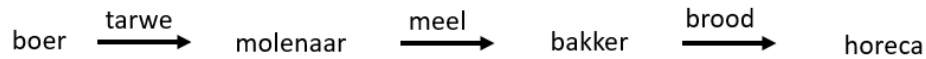
Dit onderzoek richt zich op het berekenen van voetafdrukken met behulp van input-output analyse. Binnen input-output analyses wordt voornamelijk naar upstream voetafdrukken gekeken en is er relatief weinig ervaring met het berekenen van downstream voetafdrukken. Dit is daarom een verkennend onderzoek waarin het van belang is om inzicht te verkrijgen in zowel de meerwaarde als de beperkingen van de gebruikte methode

Dit document is een methoderapport en dient als achtergronddocument bij het rapport 'De upstream en downstream broeikasgas-productievoetafdruk van Nederlandse bedrijfstakken' (Schoenaker & Steenmeijer, 2024). Dit methoderapport bevat geen resultaten. In dit methoderapport worden allereerst in hoofdstuk 2 de verschillende concepten en begrippen besproken. Daarna wordt in hoofdstuk 3 ingegaan op de verschillende perspectieven van voetafdrukberendingen, daarbij worden de upstream en downstream productievoetafdruk toegelicht aan de hand van rekenvoorbeelden in hoofdstuk 4. Tot slot wordt in de discussie ingegaan op de sterke en zwakke punten van deze methodiek.

2. Begrippen

2.1 Upstream - downstream

Een voetafdrukanalyse is een berekening van de milieudruk (zoals de uitstoot van broeikasgassen) van de waardeketen. De waardeketen van elke bedrijfstak heeft twee delen: een upstream en een downstream keten, respectievelijk toeleveranciers en afnemers.



Figuur 1. Simpel voorbeeld van een waardeketen.

In figuur 1 is een eenvoudig voorbeeld van een waardeketen uitgewerkt. Hierbij teelt de boer tarwe, die vervolgens wordt verkocht aan de molenaar. De molenaar verwerkt dit tot meel, dat op zijn beurt wordt afgenomen door de bakker, die er brood van maakt voor de horeca. Vanuit de molenaar bekeken is de boer toeleverancier (upstream) en zijn de bakker en horeca afnemers (downstream). Vanuit de bakker bekeken zijn de boer en molenaar toeleveranciers (upstream) en is de horeca afnemer (downstream). In de praktijk bestaat elke keten meestal uit alle bedrijfstakken omdat vrijwel alle bedrijfstakken, al is het minimaal en indirect, aan alle andere bedrijfstakken verbonden zijn.

Upstream (Leontief-methode)

De upstream keten van een bepaalde bedrijfstak wordt veroorzaakt door het inkopen van diensten en goederen van andere bedrijfstakken, die op hun beurt weer inkopen, enzovoorts. Bij input-output analyses wordt de upstream voetafdruk berekend met de Leontief-methode (Miller & Blair, 2009). Hiermee worden de emissies van bedrijfstakken upstream in de productieketen toegerekend aan waar de geproduceerde output uiteindelijk gebruikt wordt (afnemers), bijvoorbeeld aan een afnemende bedrijfstak (productievoetafdruk) of de consument (consumptievoetafdruk). De gedachte achter deze methode is dat de afnemer een gedeelde verantwoordelijkheid heeft voor emissies die eerder in de keten zijn uitgestoten.

Downstream (Ghosh-methode)

De downstream keten van een bepaalde bedrijfstak wordt veroorzaakt door het verkopen van diensten en goederen aan andere bedrijfstakken. Bij input-output analyses kan de downstream voetafdruk worden berekend met de Ghosh-methode (Miller & Blair, 2009). Hiermee worden de emissies van bedrijfstakken downstream in de productieketen toegerekend aan de bedrijfstakken door wie de benodigde input oorspronkelijk is aangeleverd (toeleveranciers). De gedachte achter deze methode is dat de toeleverancier een gedeelde verantwoordelijkheid heeft voor emissies die later in de keten worden uitgestoten.

2.2 Productie-emissies – consumptievoetafdruk – productievoetafdruk

Een voetafdruk is een berekening van de uitstoot in de gehele waardeketen, die zowel directe als indirecte emissies omvat, en kan zowel upstream als downstream worden berekend. De directe emissies van de Nederlandse economie omvatten alleen de uitstoot die direct afkomstig is van Nederlandse bedrijfstakken en consumenten. Bij de voetafdrukberekeningen worden echter ook indirecte emissies meegenomen, bijvoorbeeld de emissies in de toeleveringsketen of in de afnemersketen die plaatsvinden bij buitenlandse bedrijfstakken.

Productie-emissies

Dit zijn emissies door Nederlandse ingezetenen/door de Nederlandse economie. De emissies door de Nederlandse economie omvatten alleen de uitstoot die direct afkomstig is van Nederlandse bedrijfstakken (bijvoorbeeld de Nederlandse staalindustrie) en consumenten (zoals huishoudens). Deze worden bijvoorbeeld beschreven in de jaarlijkse luchtemissierekeningen van het CBS¹. Hier komt geen voetafdrukberekening aan te pas, maar deze informatie wordt wel gebruikt om de voetafdrukberendingen te maken.

Productievoetafdruk (directe plus indirecte emissies)

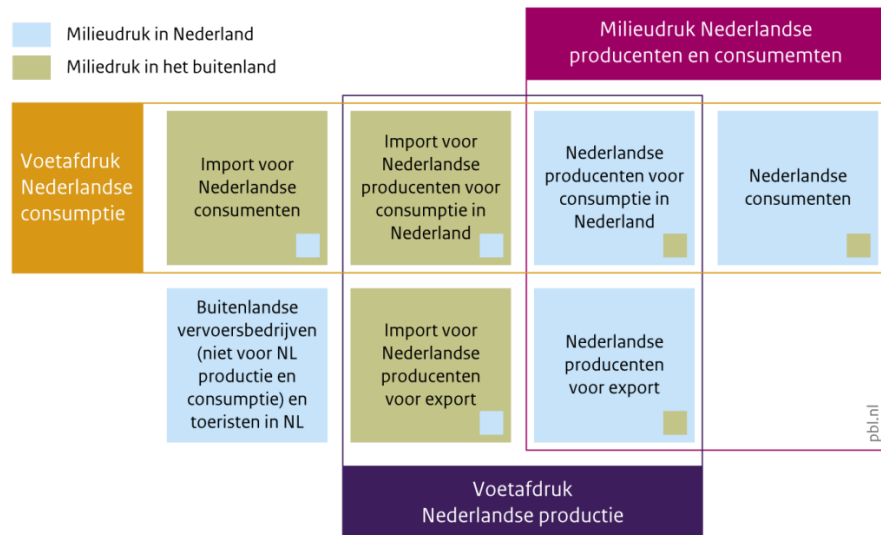
Dit omvat emissies gedreven door binnenlandse productie. Bijvoorbeeld: de totale directe en indirecte emissies in en buiten Nederland a) ten behoeve van de productie van de Nederlandse staalindustrie (upstream productievoetafdruk) of b) mogelijk gemaakt door productie van de Nederlandse staalindustrie (downstream productievoetafdruk).

Consumptievoetafdruk (directe plus indirecte emissies)

Dit omvat emissies gedreven door consumptie (finale bestedingen). Bijvoorbeeld: de totale directe en indirecte emissies binnen en buiten Nederland a) ten behoeve van de Nederlandse kledingconsumptie (upstream consumptievoetafdruk) of b) mogelijk gemaakt door de Nederlandse bedrijfstakken voor de kledingconsumptie, zowel binnen Nederland als elders (downstream consumptievoetafdruk).

Figuur 2 laat in een overzichtelijk schema zien hoe de drie concepten aan elkaar relateren (Wilting, 2021). Dit figuur betreft enkel upstream voetafdrukken.

Milieudruk van of voor Nederland vanuit verschillende perspectieven



Bron: PBL

Figuur 2. Perspectieven van de milieudruk (hier bedoeld als productie-emissies), productie- en consumptievoetafdruk, en hoe ze onderling aan elkaar relateren. Dit figuur heeft enkel betrekking op de upstream voetafdrukmethode.

¹ CBS. Emissies naar lucht door de Nederlandse economie; nationale rekeningen. <https://www.cbs.nl/nl-nl/cijfers/detail/83300NED>

2.3 Verdelingsprincipe - emissies naar locatie

Een voetafdruk, of het nu gaat om productie- of consumptievoetafdrukken, berekend via de upstream- of downstream methode, kan op twee verschillende manieren worden weergegeven; namelijk op basis van een verdelingsprincipe of op basis van de emissies naar locatie. Het gaat hier dus enkel om een andere weergave, uitsplitsing, van hetzelfde resultaat.

Verdelingsprincipe

Eenzijds kunnen we de voetafdruk bekijken vanuit het perspectief van verdeling, waarbij emissies worden toegewezen aan specifieke bedrijfstakken of consumenten die indirect verantwoordelijk zijn voor emissies die in andere bedrijfstakken plaatsvinden (dus de indirecte emissies). De emissies kunnen bijvoorbeeld worden toegewezen aan de consument die het eindproduct koopt of aan een bedrijfstak zonder wiens input het eindproduct niet gemaakt had kunnen worden. Dit verdelingsprincipe kan worden uitgevoerd volgens de upstream of downstream methode.

Emissie naar locatie

Anderzijds is het ook mogelijk om de voetafdruk te analyseren vanuit het perspectief van de emissielocatie, waarbij we kijken naar de plaats (land/regio en bedrijfstak) waar de emissies daadwerkelijk hebben plaatsgevonden. De emissies naar locatie van de voetafdruk en de eerder in dit document beschreven productie-emissies zijn niet hetzelfde. Bij de productie-emissies gaat het om de totale gerapporteerde uitstoot, zoals de gerapporteerde jaarlijkse emissies van de Nederlandse staalindustrie, en hier komt geen voetafdrukberekening aan te pas. De emissies naar locatie van de voetafdruk betreffen alleen de emissies die relevant zijn voor de scope van de berekende voetafdruk, dus bijvoorbeeld de emissies die plaatsvinden bij bijvoorbeeld de Nederlandse staalindustrie ten behoeve van de Nederlandse consumptievoetafdruk.

2.4 Directe emissies – indirecte emissies

Een voetafdruk kan worden uitgesplitst naar directe en indirecte emissies. De directe emissies zijn de “eigen” emissies van de activiteit/eenheid (land, bedrijfstak of consument) waarvoor je de voetafdruk berekend. Als voorbeeld: bij de berekening van een consumptievoetafdruk met de upstream-methode worden de totale emissies die vrijkomen bij consumptie (bijvoorbeeld de uitstoot van gas bij huishoudens tijdens het koken) als de directe emissies in de voetafdruk gezien. De emissies upstream van de consumptie (bijvoorbeeld de uitstoot bij de gaswinning) worden beschouwd als de indirecte emissies. Dit is vergelijkbaar met de scope 1, 2 en 3 emissies volgens het Greenhouse Gas Protocol (GHG-protocol)². Hierbij omvat scope 1 de directe emissies (uitstoot door operationele activiteiten), en scope 2 en 3 omvatten de indirecte emissies (uitstoot door activiteiten in de upstream/downstream waardeketen).

De opsplitsing van de voetafdruk naar emissielocatie toont waar de directe en indirecte emissies fysiek plaatsvinden.

In de voetafdrukberekening zijn de directe emissies van de activiteit of eenheid onderdeel van de voetafdruk. Wanneer we spreken over een upstream- of downstream-

² Greenhouse Gas Protocol. Technical Guidance for Calculating Scope 3 Emissions.
https://ghgprotocol.org/sites/default/files/standards/Scope3_Calculation_Guidance_0.pdf

voetafdruk(berekening), betekent dit dat de emissies in de keten worden berekend met respectievelijk een upstream- of downstream-benadering, maar de directe emissies zijn dus ook onderdeel van de voetafdruk. Dit geldt zowel voor de productie- als de consumptievoetafdruk. In het geval van een productievoetafdruk van een bedrijfstak is het zelfs mogelijk dat deze bedrijfstak zelf ook een klein deel bijdraagt aan de indirecte emissies, vooral wanneer deze bedrijfstak deel uitmaakt van zijn eigen toeleveringsketen. Dit kan worden gecorrigeerd, aangezien het niet mogelijk is dat een bedrijfstak meer directe en indirecte emissies uitstoot dan de productie-emissies. Schoenaker & Steenmeijer (2024) hebben bijvoorbeeld hiervoor correcties toegepast door alleen de directe emissies van de geanalyseerde bedrijfstakken mee te nemen.

3. Perspectieven voetafdrukken

Met input-output analyse kun je voor dezelfde economie diverse voetafdrukanalyses uitvoeren. Dit omvat het berekenen van zowel consumptie- als productievoetafdrukken, waarbij de berekeningen van de waardeketen zowel upstream (stroomopwaarts, toeleveranciers) als downstream (stroomafwaarts, afnemers) kunnen worden uitgevoerd. Daarnaast kun je de resulterende voetafdrukken benaderen vanuit zowel het perspectief van een verdelingsprincipe als vanuit het perspectief van de emissies naar locatie. Kortom, er zijn verschillende berekeningsbenaderingen mogelijk voor dezelfde economie.

In dit hoofdstuk zullen we deze concepten verder toelichten. In hoofdstuk 4 zullen enkele simpele voorbeeldberekeningen worden gegeven. Het is belangrijk om te benadrukken dat er geen eenduidig juist perspectief bestaat. Het is juist van grote waarde om al deze perspectieven naast elkaar te plaatsen, omdat ze inzicht kunnen bieden in diverse beleidspectieven en ieder verschillende vragen kunnen beantwoorden.

Nu de basisbegrippen zijn behandeld, kunnen we uitleggen wat het verschil is tussen de verschillende soorten perspectieven. Voor alle gevallen (dus een consumptie- of productievoetafdruk voor ofwel de upstream- of downstreammethode) kan het resultaat worden ontleed naar de fysieke emissielocatie.

3.1 Upstream productievoetafdruk

In deze berekening worden voor elke bedrijfstak in Nederland de directe uitstoot en de indirecte uitstoot van de keten upstream berekend. Zo wordt, naast de directe uitstoot van de bedrijfstak zelf, ook berekend hoeveel uitstoot er plaatsvindt bij het produceren van de input die nodig is voor de totale productie van de betreffende bedrijfstak. Het maakt daarbij niet uit of de output/productie bestemd is voor binnenlands gebruik of de uitvoer. De upstream productievoetafdruk van een Nederlandse bedrijfstak is de optelsom van de directe emissies door diezelfde bedrijfstak en de indirecte uitstoot van de toeleveringsketen van de ingekochte producten (zoals grondstoffen, energie, halffabricaten, etc.).

Het resultaat geeft zicht op waar de fysieke emissies plaatsvinden. Omdat deze berekening wordt uitgevoerd voor alle Nederlandse bedrijfstakken, komt het voor dat er toeleveringsketens dubbel worden geteld. Dat wil zeggen dat de productievoetafdruk van bedrijfstak A (bv. de landbouw) ook onderdeel kan zijn van de productievoetafdruk van bedrijfstak B (bv. de levensmiddelenindustrie), als bedrijfstak B producten van bedrijfstak A afneemt. De productievoetafdruk van bedrijfstak A wordt in dit voorbeeld dus twee keer meegenomen, in de productievoetafdrukberekening van bedrijfstak A en in de productievoetafdruk van bedrijfstak B. Door deze dubbeltellingen zijn de resultaten op bedrijfstakniveau niet optelbaar tot een nationale productievoetafdruk. Om de nationale productievoetafdruk te berekenen zonder dubbeltellingen, is een andere productievoetmethode vereist. Dit is de methode die wordt toegepast in de productievoetafdrukberekeningen voor de ICER (Hanemaaijer et al., 2023). Bij deze methode gaat echter het zicht op ketenemissies van andere Nederlandse bedrijfstakken per bedrijfstak verloren, doordat binnenlandse handel wordt weggelaten.

3.2 Upstream consumptievoetafdruk

In deze upstream-berekening wordt de waardeketen upstream benaderd vanuit de Nederlandse consumptie. De uitstoot gerelateerd aan de uitvoer is hier dus niet relevant. Dit doen we door vanuit de consumptie³ (de Nederlandse consumptie van finale goederen en diensten, zoals kleding en voedsel) de bijbehorende toeleveringsketen te volgen en de gerelateerde uitstoot in deze keten te berekenen. Zo wordt de totale uitstoot berekend van bedrijfstakken binnen en buiten Nederland ten behoeve van de Nederlandse consumptie. Het resultaat geeft weer hoe groot de totale uitstoot is van de toeleveringsketen, gerelateerd aan de consumptie, en geeft ook zicht in de emissies naar locatie, dus waar de uitstoot in de keten fysiek heeft plaatsgevonden.

Daarbovenop komen de directe emissies. Dit zijn emissies die plaatsvinden bij consumptie door de consument (bijvoorbeeld emissies die vrijkomen bij het stoken van gas met koken of het gebruik van benzine voor individueel vervoer). De bron van de directe uitstoot die plaatsvindt bij consumptie door de consument kan niet direct uit de input-output tabellen worden gehaald vanwege de inherente structuur van de input-output data. Consumerende actoren (zoals huishoudens) zijn geen bedrijfstak. Ze produceren dus geen output en kunnen daardoor niet als zodanig worden meegenomen in de input-output analyse. De uitstoot door de consument kan daarom alleen als los onderdeel van de totale Nederlandse consumptievoetafdruk worden beschouwd. Aanvullend onderzoek op basis van een andere methode kan worden uitgevoerd om de uitstoot bij consumptie toe te wijzen aan de relevante bedrijfstakken.

De upstream consumptievoetafdruk is de meest bekende en toegepaste voetafdrukberekening. Het CBS rapporteert bijvoorbeeld jaarlijks de broeikasgasvoetafdruk volgens de upstream consumptiemethode⁴.

3.3 Downstream productievoetafdruk

In deze berekening wordt voor elke bedrijfstak in Nederland de directe uitstoot en de indirecte uitstoot van de keten downstream in binnen- of buitenland berekend op basis van de productie van deze bedrijfstak. De downstream productievoetafdruk van een Nederlandse bedrijfstak is de optelsom van de directe emissies en de indirecte uitstoot door de afnemersketen van de geleverde producten (zoals grondstoffen, energie, halffabricaten, etc.). Omdat deze berekening wordt uitgevoerd voor alle bedrijfstakken, komt het voor dat er afnemersketens dubbel worden geteld (zie ook hoofdstuk 2.1). Door deze dubbeltellingen zijn de resultaten op bedrijfstakniveau niet optelbaar tot een nationale downstream productievoetafdruk.

3.4 Downstream consumptievoetafdruk of 'income-based' voetafdruk

In de downstream analyse wordt de Nederlandse productie downstream benaderd vanuit de wereldwijde consumptie. Zo bereken je voor de Nederlandse productie de directe en indirecte uitstoot van de bedrijfstakken ten behoeve van consumptie in binnen- en buitenland. Het resultaat, de voetafdruk, geeft weer hoe groot de totale uitstoot is van een afnemersketen, en geeft zicht op waar de emissie fysiek plaatsvindt (de emissielocatie).

³ De term consumptie wordt hier gebruikt om het simpel te houden. In de praktijk worden hier vaak de binnenlandse finale bestedingen mee bedoeld. Dat zijn de totale binnenlandse bestedingen aan goederen en diensten en omvat zowel consumptieve bestedingen als investeringen door zowel consumenten als de overheid.

⁴ CBS. Wat is onze broeikasgasvoetafdruk? <https://www.cbs.nl/nl-nl/dossier/dossier-broeikasgassen/wat-is-onze-broeikasgasvoetafdruk>

Anders dan bij de downstream productievoetafdruk, wordt de directe emissie van een bedrijfstak toegerekend aan een toeleverancier. Dit gebeurt naar verhouding van de bijdrage van de toeleverancier aan de totale output van de bedrijfstak. Bijvoorbeeld, als de productiewaarde van bedrijfstak A een waarde van een miljoen euro heeft en hij koopt voor 250 duizend euro goederen in bij zijn leverancier, Het restant is de 750 duizend euro toegevoegde waarde van bedrijfstak A. Het aandeel toegevoegde waarde in de totale output (in dit geval 75%), is het aandeel van de emissies die worden toegewezen aan bedrijfstak A zelf dan wordt een kwart van zijn uitstoot toegerekend aan de leverancier.

De uitstoot die plaatsvindt bij consumptie door de consument kan niet aan bedrijfstakken worden toegekend, en kan alleen als los onderdeel van de totale consumptievoetafdruk worden beschouwd.

NB: Wanneer de consumptievoetafdruk van de gehele wereldwijde economie wordt berekend, is het totaal van de upstream consumptievoetafdruk, downstream consumptievoetafdruk en de productie-emissies hetzelfde. Alle drie zijn namelijk gelijk aan de totale wereldwijde uitstoot, maar de onderliggende verdeling naar land en bedrijfstak verschilt. Op nationaal niveau kunnen de upstream en downstream consumptievoetafdruk van elkaar verschillen, door een verschil in scope. De upstream consumptievoetafdruk omvat namelijk uitstoot door buitenlandse toeleveranciers, terwijl de downstream consumptievoetafdruk uitstoot van buitenlandse afnemers omvat.

4. Voorbeeldberekeningen

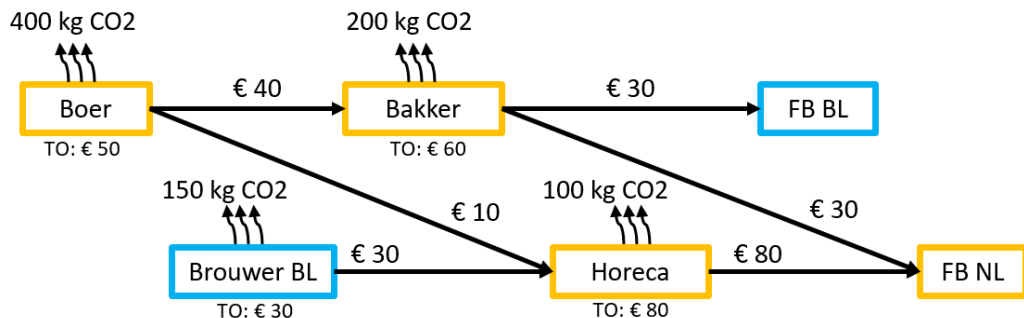
4.1 Voorbeeldeconomie

In dit hoofdstuk worden enkele voorbeeldberekeningen uitgewerkt en toegelicht om de methode achter de voetafdrukberendingen op basis van input-output analyse inzichtelijk te maken. Hierbij is gekozen om enkel voorbeelden van de productievoetafdruk uit te werken, zowel upstream als downstream, omdat dit het type voetafdruk is dat in dit onderzoek wordt toegepast. Maar de achterliggende methodiek is hetzelfde.

In de volgende voorbeeldberekeningen rekenen we met een simpele waardeketen zodat het resultaat nog met de hand kan worden berekend. Deze simpele waardeketen is afgebeeld in figuur 3. In dit voorbeeld is er een boer in Nederland die zonder inputs van andere bedrijfstakken meel produceert. Het meel wordt vervolgens afgezet bij de bakker en de horeca. De horeca importeert daarnaast ook drankjes van de buitenlandse (BL) brouwer. De bakker exporteert de helft van zijn producten naar het buitenland (finale bestedingen buitenland; FB BL), de rest van zijn producten wordt in Nederland geconsumeerd (finale bestedingen Nederland; FB NL). De afzet van de horeca is volledig bestemd voor Nederlandse consumptie.

Om het voorbeeld te versimpelen is ervan uitgegaan dat er geen emissies plaatsvinden bij de consument. In figuur 3 worden bij de pijlen de handelsstromen weergegeven in euro's. Onder iedere bedrijfstak wordt de totale output (TO) weergegeven, en boven iedere bedrijfstak de uitstoot in kg CO₂. De totale output (of totale productiewaarde) van een bedrijfstak is de som van het aanbod van deze bedrijfstak; in het geval van de boer is de totale output €50, waarvan €40 geleverd aan de bakker en €10 geleverd aan de horeca.

In dit systeem zijn de totale productie-emissies (400 + 150 + 200 + 100 =) 850 kg CO₂.



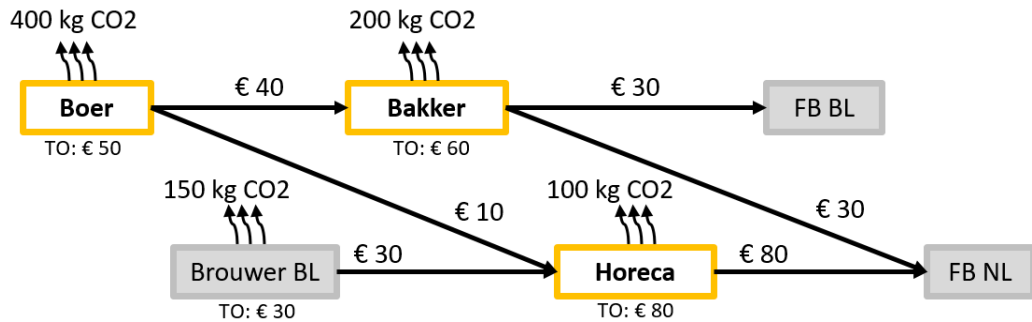
Figuur 3. Situatie voorbeeldeconomie. BL: buitenland (in blauw aangegeven); FB: finale bestedingen; NL: Nederland (in oranje aangegeven); TO: totale output.

4.2 Voorbeeldberekening van de upstream productievoetafdruk

Met de upstream (Leontief) productievoetafdrukmethode wordt de totale (directe en indirecte) CO₂-uitstoot ten behoeve van de Nederlandse productie berekend. Het maakt daarbij niet uit of de producten bestemd zijn voor binnenlands gebruik of de uitvoer. De Nederlandse upstream productievoetafdruk omvat de directe en indirecte emissies die gerelateerd zijn aan de productie door Nederlandse bedrijfstakken. In dit voorbeeld (zie figuur 4) bestaan de afzonderlijke productievoetafdrukken van de verschillende Nederlandse bedrijfstakken uit de

directe en indirecte emissies door de Nederlandse productie van de boer, de bakker en de horeca. In deze studie bekijken we alleen de productievoetafdrukken van Nederlandse bedrijfstakken en daarom wordt de productievoetafdruk van de buitenlandse brouwer niet berekend. Echter, de emissies van de buitenlandse brouwer zijn wel onderdeel van de productievoetafdruk van de horeca.

De upstream productievoetafdruk wordt dus voor alle Nederlandse bedrijfstakken afzonderlijk berekend, in dit geval voor de bakker, de horeca en de boer. Hieronder worden de berekeningen toegelicht.



Figuur 4. De upstream productievoetafdruk wordt berekend voor de Nederlandse (bedrijfstakken (in oranje). BL: buitenland; FB: finale bestedingen; NL: Nederland; TO: totale output (productiewaarde).

De directe emissies van iedere bedrijfstak zijn direct uit figuur 4 af te lezen, bijvoorbeeld 400 kg CO₂-uitstoot door de boer. De indirecte emissies moeten worden berekend, dit gebeurt als volgt. Bij het berekenen van de indirecte emissies van de bakker door inkoop bij de boer wordt eerst het aandeel van de inkoopwaarde bij de boer ten opzichte van de totale productiewaarde van de boer berekend, namelijk €40 van de €50 totale output. Dit is het aandeel van de uitstoot van de boer dat is gerelateerd aan de verkoop van producten aan de bakker. Dit aandeel wordt vervolgens vermenigvuldigd met de totale emissies van de boer, uitgerekend is dit $\frac{€40}{€50} \cdot 400 \text{ kg CO}_2 = 320 \text{ kg CO}_2$. Dit is dus de indirecte uitstoot van de bakker als gevolg van inkoop bij de boer. Hieronder volgt de berekening voor alle bedrijfstakken.

Upstream productievoetafdruk volgens het verdelingsprincipe

Nederlandse boer

- directe emissies: **400 kg CO₂**
- indirecte emissies: **0** (geen toeleveranciers)
- **totale emissies:** (400 + 0 =) **400 kg CO₂**

Nederlandse bakker

- directe emissies: **200 kg CO₂**
- indirecte emissies: inkoop van boer: $(400 \text{ kg CO}_2 \cdot \frac{€40}{€50}) =$ **320 kg CO₂**
- **totale emissies:** (200 + 320 =) **520 kg CO₂**

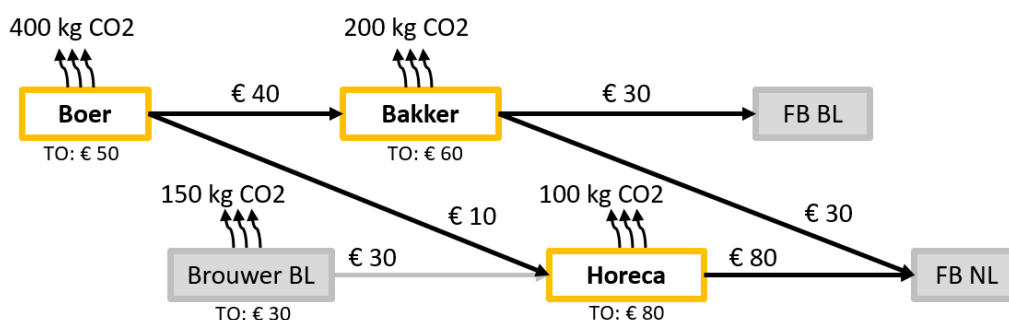
Nederlandse horeca

- directe emissies: **100 kg CO₂**
- indirecte emissies: inkoop van boer: $400 \text{ kg CO}_2 \cdot \frac{€10}{€50} =$ **80 kg CO₂**
inkoop van brouwer: $150 \text{ kg CO}_2 \cdot \frac{€30}{€30} =$ **150 kg CO₂**
- **totale emissies:** (100 + 80 + 150 =) **330 kg CO₂**

Het is nuttig om de productievoetafdruk per bedrijfstak te berekenen, dit geeft namelijk zicht op de uitstoot in de gehele productieketen. Maar let op: de productievoetafdruk op nationaal niveau kan niet berekend worden door de productievoetafdrukken per bedrijfstak bij elkaar op te tellen, dit komt omdat er dan dubbeltellingen voorkomen. Zo omvat bijvoorbeeld de productievoetafdruk van de bakker (520 kg CO₂) de directe emissies van de bakker zelf (200 kg CO₂) en indirect een deel van de emissies van de boer (320 kg CO₂). Maar de productievoetafdruk van de boer omvat ook de directe emissies van de boer. Door alles op te tellen worden die emissies van de boer dubbel meegenomen, zowel in de productievoetafdruk van de boer als die van de bakker. Dat is niet correct.

4.3 Voorbeeldberekening van de downstream productievoetafdruk

Met de downstream productievoetafdruk wordt de totale (directe en indirecte) CO₂-uitstoot berekend die mogelijk wordt gemaakt door de Nederlandse productie. De Nederlandse productie kan bestemd zijn voor binnenlands gebruik of voor de uitvoer. Om de Nederlandse downstream productievoetafdruk te bepalen worden de directe en indirecte emissies meegenomen die gerelateerd zijn aan de productie van Nederlandse bedrijfstakken. In dit voorbeeld (zie figuur 5) bestaan de Nederlandse productievoetafdrukken uit de directe en indirecte emissies door de Nederlandse productie van de boer, de bakker en de horeca. Omdat we kijken naar de productievoetafdrukken van Nederlandse bedrijfstakken wordt de productievoetafdruk van de buitenlandse brouwer niet berekend.



Figuur 5. Onderdelen van de Nederlandse downstream productievoetafdruk. De downstream voetafdruk wordt berekend voor de Nederlandse bedrijfstakken (in oranje). BL: buitenland; FB: finale bestedingen; NL: Nederland; TO: totale output (productiewaarde).

Deze benadering richt zich op de downstream productieketen en houdt dus geen rekening met mogelijke toeleveranciers van de bedrijfstak. De productievoetafdruk van een bedrijfstak wordt als volgt berekend. De eigen productie-emissies worden volledig aan de bedrijfstak zelf toegekend. De boer heeft dus 400 kg CO₂ aan directe emissies. De indirecte emissies van de boer bij de bakker zijn te berekenen met het aandeel van de toelevering van de boer ten opzichte van de productiewaarde van de bakker, namelijk: €40 van de €60 totale productiewaarde. Dit aandeel wordt vervolgens vermenigvuldigd met de totale emissies van de bakker. Uitgerekend is dit $\frac{€40}{€60} * 200 \text{ kg CO}_2 = 133,3 \text{ kg CO}_2$.

De indirecte emissies van de boer bij de horeca worden op dezelfde manier berekend. Hieronder volgt de berekening van de downstream productievoetafdruk voor de relevante bedrijfstakken afzonderlijk.

Downstream productievoetafdruk volgens het verdelingsprincipe

Productievoetafdruk Nederlandse boer

- directe emissies: **400** kg CO₂
- indirecte emissies: verkoop aan bakker: $200 \text{ kg CO}_2 * \text{€}40/\text{€}60 = \mathbf{133,3}$ kg CO₂
+ (verkoop aan horeca: $100 * \text{€}10/\text{€}80 =) \mathbf{12,5}$ kg CO₂
- **totale emissies:** $(400 + 133,3 + 12,5 =) \mathbf{545,8}$ kg CO₂

Productievoetafdruk Nederlandse bakker

- directe emissies: **200** kg CO₂
- indirecte emissies: **0** (geen intermediaire afnemers)
- **totale emissies:** $(200 + 0 =) \mathbf{200}$ kg CO₂

Productievoetafdruk Nederlandse horeca

- directe emissies: **100** kg CO₂
- indirecte emissies: **0** (geen intermediaire afnemers)
- **totale emissies:** $(100 + 0 =) \mathbf{100}$ kg CO₂

In dit voorbeeld zijn er geen consumptie-emissies toegekend aan de finale bestedingen. Echter, wanneer deze er wel zijn, zouden de consumptie-emissies niet met input-output analyse kunnen worden toegerekend als downstream emissie van een specifieke bedrijfstak, zie toelichting onderaan hoofdstuk 3.2. Daarnaast, net als bij de upstream productievoetafdruk, is vanwege dubbeltellingen de berekening van de fysieke uitstoot voor de totale productievoetafdruk niet zinvol (zie onderaan hoofdstuk 3.1). Wel is het inzichtelijk als de downstream productievoetafdruk per bedrijfstak apart wordt berekend.

4.4 Voetafdrukberekeningen met emissie-intensiteiten

Een alternatieve manier om de voetafdruk handmatig te berekenen is door gebruik te maken van emissie-intensiteiten. Deze manier is toepasbaar op alle vier de voetafdrukmethoden en levert dezelfde resultaten op als die eerder in dit hoofdstuk zijn gegenereerd. Het is vergelijkbaar met de algebraïsche berekeningen die doorgaans worden uitgevoerd met behulp van spreadsheetsoftware of programmeertalen. Hiermee kunnen ook de broeikasgasemissies worden berekend voor grotere en complexere productieketens, en uiteindelijk voor de hele economie. Hier volgt een voorbeeldberekening voor de upstream voetafdruk van de consumptie vanuit de bakker.

De boer stoot 400 kg CO₂ uit bij een productie van €50, en heeft daarom een directe emissie-intensiteit, oftewel de uitstoot per productie, van $(400/50 =) 8$ kg CO₂/€.

De bakker heeft met dezelfde logica een directe emissie-intensiteit van $(200/60 =) 3,33$ kg CO₂/€.

Om de totale (indirecte + directe) emissie-intensiteit te berekenen van de bakker, moet de uitstoot van de boer via de inkoop van de bakker worden toegevoegd.

Dat komt neer op $(\text{€}40 * 8 \text{ kg CO}_2/\text{€} =) 320$ kg CO₂-uitstoot van de boer.

De bakker heeft dus een indirecte emissie-intensiteit (indirecte uitstoot per euro productie) van $(320/60 =) 5,33$ kg CO₂/€.

De totale emissie-intensiteit, direct plus indirect, van de bakker is dus $(3,33 + 5,33 =) 8,67$ kg CO₂/€. Bij €30 consumptieve uitgaven bij de bakker hoort dan een consumptievoetafdruk van $(€30 * 8,67 \text{ kg CO}_2/\text{€} =) 260$ kg CO₂.

5. Discussie

5.1 Bestaande toepassing downstreammethode

De downstream voetafdrukmethode is eerder gebruikt in een internationale context om de verantwoordelijkheid van wereldwijde emissies te bepalen, ook wel bekend als 'income-based responsibilities' (Marques et al., 2012; Liang et al., 2017). Het achterliggende idee is dat een land geld verdient met de productie van goederen en diensten (inkomen), maar dat er elders bij het gebruik van die goederen en diensten emissies plaatsvinden. In combinatie met de andere perspectieven, zoals de directe emissies en de upstream consumptie- en productievoetafdruk, maakt de downstreammethode volgens deze eerdere studies onderscheid tussen landen.

Bijvoorbeeld:

- Nederland heeft een relatief hoge *consumption based responsibility* (= upstream voetafdruk), omdat er relatief veel emissies plaatsvinden in het buitenland door productie ten behoeve van de Nederlandse consumptie.
- China heeft een relatief hoge *production based responsibility* (productie-emissies), omdat er in China veel uitstoot plaatsvindt bij de productie van goederen, een groot deel hiervan is bestemd voor de export.
- Noorwegen heeft een relatief hoge *income based responsibility* (= downstreamvoetafdruk), omdat Noorwegen zelf relatief weinig uitstoot maar wel veel verdient aan de export aan industrieën waar veel uitstoot plaatsvindt. Bijvoorbeeld door de export van fossiele brandstoffen.

Zoals beschreven door Liang et al. (2017) heeft deze benadering het volgende nut voor beleidsontwikkeling:

- Het resultaat kan worden ingezet om 'omgekeerde' due diligence te stimuleren. Het kan ervoor zorgen dat producenten grondig onderzoek doen naar de emitterende activiteiten van hun afnemers en een weloverwogen keuze maken bij het selecteren van deze afnemers. Anderzijds kan het producenten aanmoedigen om hun afnemers te stimuleren tot het produceren of consumeren met een lage koolstofuitstoot.
- Bovendien spoort het industrieën die relatief 'vooraan' staan in de keten aan om hun afnemers te helpen met het verminderen van hun uitstoot downstream in de keten, bijvoorbeeld via samenwerking of emissiehandel.
- De benadering kan ook worden gebruikt om subsidies, belastingen en leningen aan te passen met als doel om de uitstoot te verminderen.

5.2 Uitdagingen duiding downstreammethode

Om de rekenvoorbeelden te vereenvoudigen, zijn in de eerdere voorbeelden lineaire waardeketens gebruikt, maar dergelijke eenvoudige modellen zijn niet realistisch. Bijvoorbeeld, in het gegeven voorbeeld heeft de boer geen inputs nodig om goederen te produceren, wat een vertekend beeld geeft van realistischere voetafdrukresultaten. In werkelijkheid vereisen alle bedrijfstakken inputs van andere bedrijfstakken voor hun productieactiviteiten. Bovendien maakt input-output analyse gebruik van monetaire waarden voor handelsstromen, waardoor geen onderscheid wordt gemaakt tussen verschillende typen producten, zoals brandstoffen of financiële diensten. Dit kan de interpretatie van de resultaten bemoeilijken en vereist extra aandacht en context.

Hoewel dit een nadeel kan zijn, is het tegelijkertijd ook een kracht van de analyse, omdat het de mogelijkheid biedt om bedrijfstakken die vervuilende activiteiten faciliteren in kaart te brengen,

iets wat doorgaans niet gebeurt in milieu-economische analyses. Dit maakt het echter complexer om de resultaten van complexere economische ketens te interpreteren.

Als een bedrijfstak een relatief grote downstreamvoetafdruk heeft in vergelijking met andere bedrijfstakken, kan dit wijzen op een of beide situaties: ten eerste kan de bedrijfstak vooraan in de keten staan, zoals bij grondstoffenwinning of landbouw, waardoor er meer downstream emissies aan de bedrijfstak worden toegewezen. Ten tweede kan de bedrijfstak een grote toeleverancier zijn, direct of indirect, aan bedrijfstakken met hoge uitstoot, wat aangeeft dat de toeleverancier relatief belangrijk is voor activiteiten met veel uitstoot.

Een van de grootste uitdagingen van dit onderzoek is dat er nog geen studie bestaat op nationaal niveau waarbij de downstream emissies worden geanalyseerd op bedrijfstakniveau. Aangezien we hiermee pionieren, is er ook geen referentie- of validatiemateriaal beschikbaar.

6. Referenties

Hanemaaijer A et al. Integrale Circulaire Economie Rapportage 2023. PBL, 2023.
<https://www.pbl.nl/uploads/default/downloads/pbl-2023-icer-2023-4882.pdf>

Liang S, Qu S, Zhu Z, Guan D, Xu M. Income-based Greenhouse Gas Emissions of Nations. Environmental Science & Technology, 2017.

Marques A, Rodrigues J, Lenzen M, Domingos T. Income-based environmental responsibility. Ecological Economics, 2012.

Miller RE & Blair PD. Input-Output Analysis: Foundations and Extensions. 2nd Edition, Cambridge University Press, Cambridge, 2009.

Schoenaker N & Steenmeijer MA. De upstream en downstream broeikasgas-productievoetafdruk van bedrijfstakken. CBS, 2024.

Walker AN, Zult D, Hoekstra R, van den Berg M, Dingena G. Footprint calculations using a Dutch National Accounts Consistent Exiobase. CBS, 2017.
[Footprint calculations using SNAC-Exiobase | CBS](#)

Walker AN, Zult D, Schoenaker N, Lemmers O. Broeikasgassen- en grondstofvoetafdrukken. CBS, 2023. [Broeikasgassen- en grondstofvoetafdrukken | CBS](#)

Wilting H. Trends in Nederlandse voetafdrukken: een update. Methode, data en resultaten. PBL, 2021. [Trends in Nederlandse voetafdrukken: een update \(pbl.nl\)](#)