

Koolstofvoetafdruk van de Belgische gewesten

Januari 2023

Amélie Géal, amg@plan.be

Bernhard Michel, bm@plan.be

Inhoudstafel

Synthese	1
1. Inleiding	3
2. Methodologie en gegevens.....	6
2.1. Methodologie	6
2.2. Gegevens	8
2.2.1. Input-outputtabellen	8
2.2.2. Broeikasgasemissies	10
3. Resultaten	12
3.1. Productiegerelateerde emissies	12
3.2. Koolstofvoetafdruk	13
3.3. Internationale vergelijking	16
3.4. Balansen van ingebedde emissies	18
3.5. Indirecte emissies en het mechanisme voor koolstofcorrectie aan de grens	20
4. Besluit	24
Bibliografie	26
Bijlagen	28
A.1. Methodologie voor de berekening van de koolstofvoetafdruk	28
A.2. Methodologische details over de opbouw van de gegevens	30
A.3. Extra figuren	34

Lijst van figuren

Figuur 1	Schematische weergave van de verschillende componenten van de koolstofvoetafdruk en de productiegerelateerde emissies	7
Figuur 2	Monetaire stromen tussen de drie gewesten van België en met de rest van de wereld, 2015 ..	9
Figuur 3	Schematische structuur van de globale multiregionale IOT van FIGARO na integratie van de gegevens voor de Belgische gewesten.....	10
Figuur 4	Belangrijkste CO ₂ -uitstotende bedrijfstakken per gewest	12
Figuur 5	Productiegerelateerde emissies en koolstofvoetafdruk van de drie Belgische gewesten	14
Figuur 6	Belangrijkste landen en/of gewesten van herkomst van ingebedde emissies in de binnenlandse eindvraag van de drie Belgische gewesten.....	14
Figuur 7	Stroom van ingebedde emissies tussen productiegerelateerde emissies en koolstofvoetafdruk van de drie Belgische gewesten.....	15
Figuur 8	Koolstofvoetafdruk en productiegerelateerde emissies per inwoner voor Brussel, Vlaanderen en Wallonië	16
Figuur 9	Koolstofvoetafdruk en productiegerelateerde emissies per inwoner per land en voor de drie Belgische gewesten	17
Figuur 10	Samenstelling van de balans van ingebedde emissies van elk Belgisch gewest	18
Figuur 11	Voornaamste bilaterale balansen van ingebedde emissies voor Brussel, Vlaanderen en Wallonië	19
Figuur 12	Combinaties landen/bedrijfstakken die het meest bijdragen tot de koolstofvoetafdruk van elk Belgisch gewest	22

Federaal Planbureau

Het Federaal Planbureau (FPB) is een instelling van openbaar nut die beleidsrelevante studies en vooruitzichten maakt over economische, socio-economische en milieuvraagstukken. Daarnaast bestudeert het de integratie van die vraagstukken in een context van duurzame ontwikkeling. Het stelt zijn wetenschappelijke expertise onder meer ter beschikking van de regering, het Parlement, de sociale gesprekspartners, nationale en internationale instellingen.

De werkzaamheden van het FPB worden steeds gekenmerkt door een onafhankelijke benadering, transparantie en aandacht voor het algemeen welzijn. De kwaliteit van de gegevens, een wetenschappelijke methodologie en de empirische geldigheid van de analyses staan daarbij centraal. Tot slot zorgt het FPB voor een ruime verspreiding van de resultaten van zijn werkzaamheden en draagt zo bij tot het democratisch debat.

Het Federaal Planbureau is EMAS en Ecodynamische Onderneming (drie sterren) gecertificeerd voor zijn milieubeheer.

<https://www.plan.be>

e-mail: contact@plan.be

Overname wordt toegestaan, behalve voor handelsdoeleinden, mits bronvermelding.

Verantwoordelijke uitgever: Saskia Weemaes

Wettelijk Depot: D/2023/7433/1

Federaal Planbureau

Belliardstraat 14-18, 1040 Brussel

tel.: +32-2-5077311

e-mail: contact@plan.be<https://www.plan.be>

Koolstofvoetafdruk van de Belgische gewesten

Januari 2023

Amélie Géal, amg@plan.beBernhard Michel, bm@plan.be

Abstract - In internationale overeenkomsten worden landen verantwoordelijk geacht voor de met hun productie gepaard gaande broeikasgasemissies. Door de emissies toe te wijzen aan het land waar de goederen en diensten worden verbruikt, is de koolstofvoetafdruk een alternatieve beoordeling van deze verantwoordelijkheid. Deze studie presenteert de productiegerelateerde CO₂-emissies en de koolstofvoetafdruk van de drie Belgische gewesten voor het jaar 2015. De productiegerelateerde CO₂-emissies zijn afgeleid uit de regionale luchtemissierekeningen (die voor deze studie werden opgesteld), terwijl de koolstofvoetafdruk van de regio's berekend is aan de hand van een input-outputmodel waarin CO₂-emissies zijn opgenomen. De resultaten tonen dat voor alle drie de regio's de koolstofvoetafdruk groter is dan de productiegerelateerde emissies. Dit betekent dat hun bijdrage aan de mondiale emissies groter is wanneer zij vanuit een consumptieperspectief worden beoordeeld dan vanuit een productieperspectief.

Jel Classification - C67, F18, Q53, Q54, Q56, R15

Keywords - Emissieboekhouding gebaseerd op verbruik, Globale multiregionale input-outputtabellen, Interregionale input-outputtabel, Regionale analyse, Emissies naar de lucht, Milieu-economische rekeningen

Synthese

Traditioneel wordt de verantwoordelijkheid voor broeikasgassen die tijdens de productie van goederen en diensten worden uitgestoten, toegewezen aan het land waar de productie plaatsvindt. De koolstofvoetafdruk is een alternatieve maatstaf van de verantwoordelijkheid voor de uitstoot, waarbij alle broeikasgassen die tijdens het productieproces worden uitgestoten, worden toegewezen aan het land waar de goederen en diensten worden geconsumeerd. Die maatstaf wint steeds meer aan belang. Deze studie presenteert de productiegerelateerde CO₂-emissies en de koolstofvoetafdruk van de drie Belgische gewesten voor het jaar 2015. Die twee indicatoren op regionaal niveau bepalen is interessant aangezien het milieubeleid in België in grote mate een regionale bevoegdheid is en de internationale verbintenissen van België inzake broeikasgasemissiereducties moeten worden geregeld via een akkoord tussen de gewesten.

De productiegerelateerde CO₂-emissies worden voorgesteld in de luchtmissierekeningen. In het kader van deze studie zijn dergelijke rekeningen voor de drie gewesten opgesteld volgens dezelfde methode als die wordt gebruikt voor de jaarlijks gepubliceerde Belgische luchtmissierekeningen. De koolstofvoetafdruk wordt berekend aan de hand van een input-outputmodel, uitgebreid met CO₂-emissies. Op basis van de bevoorradingsstructuren van de bedrijfstakken traceert dit model de CO₂-uitstoot in alle stadia van de productieprocessen van goederen en diensten die aan de binnenlandse eindvraag worden geleverd. De koolstofvoetafdruk van een gewest stemt overeen met de totale emissies die zijn ingebed in de eindvraag van zijn ingezetenen. In vergelijking met de productiegerelateerde emissies, omvat de koolstofvoetafdruk de emissies in de andere gewesten en het buitenland die zijn ingebed in de eindvraag van het gewest, maar niet de emissies van het gewest die zijn ingebed in de eindvraag van andere gewesten of landen. De gebruikte gegevens voor de in deze studie berekende koolstofvoetafdruk van de gewesten, zijn (i) de interregionale input-outputtabel 2015 voor België, (ii) de globale multiregionale input-outputtabel van Eurostat voor hetzelfde jaar, waarin de interregionale tabel is geïntegreerd, en (iii) gegevens over productiegerelateerde CO₂-emissies op regionaal en internationaal niveau.

Volgens de gegevens van de regionale luchtmissierekeningen bedragen de productiegerelateerde CO₂-emissies in Vlaanderen 10,5 ton CO₂ per inwoner en 7,9 ton CO₂ per inwoner in Wallonië. Die cijfers liggen beide hoger dan de mediaan van de EU-landen. In Brussel daarentegen zijn de productiegerelateerde emissies veel lager, namelijk 3,8 ton CO₂ per inwoner. Het stedelijke karakter van het Brussels Gewest en zijn op diensten gebaseerde economie, die weinig CO₂ uitstoot, vormen hiervoor de verklaring.

De koolstofvoetafdruk geeft een ander beeld van de verantwoordelijkheid van de gewesten voor de emissies. Per inwoner bedraagt de koolstofvoetafdruk 11,1 ton CO₂ in Vlaanderen, 9,9 ton CO₂ in Brussel en 9,4 ton CO₂ in Wallonië, wat hoger is dan de mediaan van de EU-landen. Wat de samenstelling betreft, wordt meer dan de helft van de CO₂ die in de eindvraag van Vlaanderen en Wallonië is ingebed, buiten de regionale grenzen uitgestoten. In Brussel bedraagt dit aandeel zelfs bijna 80 %. Voor de drie gewesten dragen vooral de emissies van de andere gewesten en de buurlanden, met name Duitsland en Nederland, bij aan hun voetafdruk, maar ook de emissies van China en Rusland.

De koolstofvoetafdruk is dus groter dan de productiegerelateerde emissies voor alle drie de gewesten. Anders gezegd de bijdrage van de gewesten aan de mondiale CO₂-uitstoot is groter vanuit consumptie-optiek dan vanuit productie-optiek. Om deze bijdrage te beperken, zouden de regionale overheden enerzijds maatregelen kunnen overwegen die de consument sturen in de richting van producten die minder emissie-intensief zijn en anderzijds maatregelen die de emissies tijdens het productieproces verminderen. Een aanzienlijk deel van de koolstofvoetafdruk van de gewesten bestaat echter uit emissies buiten hun grenzen, en de regionale overheden hebben slechts weinig invloed op de emissie-intensiteit van delen van de productieprocessen in andere gewesten of landen. Hieruit blijkt dat in de huidige economie, die gekenmerkt wordt door productiestructuren die over vele landen verspreid zijn, een gecoördineerde aanpak op Belgisch, Europees en mondiaal niveau nodig is om de emissies tijdens de volledige productieprocessen terug te dringen.

1. Inleiding

Dertig jaar geleden beloofden de landen die het Raamverdrag van de Verenigde Naties inzake klimaatverandering (UNFCCC) hebben ondertekend "het klimaatsysteem te beschermen ten behoeve van huidige en toekomstige generaties". Die belofte moest worden waargemaakt door de broeikasgasemissies, de belangrijkste oorzaak van de klimaatverandering, te reduceren. Vandaag is het duidelijk dat die belofte niet is nagekomen (WMO, 2022). Zelfs met de nieuwe en meer ambitieuze beloftes om broeikasgasemissies te reduceren in het kader van het Akkoord van Parijs, is er geen garantie dat de doelstelling om de opwarming van de aarde tot 2°C te beperken kan worden bereikt.

Er moeten ook vraagtekens worden geplaatst bij de manier waarop de verantwoordelijkheid voor de broeikasgasemissies wordt toegewezen. Deze verantwoordelijkheid wordt traditioneel geëvalueerd op basis van territoriale emissies, die jaarlijks door de landen die het UNFCCC hebben ondertekend in nationale inventarissen worden gepubliceerd en die dienen om hun emissiereductiedoelstellingen vast te stellen. Voor broeikasgassen die bij de productie van goederen en diensten worden uitgestoten, wordt het land waar de productie plaatsvindt verantwoordelijk gesteld. In veel wetenschappelijke studies wordt een alternatieve toewijzing van de verantwoordelijkheid voorgesteld, waarbij de emissies veeleer aan de eindgebruiker van deze goederen en diensten worden aangerekend (Wiedmann en Lenzen, 2018). Met een dergelijke toewijzing wordt beoogd de klimaatimpact van de consumptieniveaus en -keuzes weer te geven. In de praktijk wordt ook rekening gehouden met de locatiekeuzes van de verschillende stadia van de productieprocessen, die over het algemeen niet door de consument worden beslist.

Voor het toewijzen van de emissies aan de eindverbruiker dient voor elk land een indicator van het type 'koolstofvoetafdruk' te worden berekend. Het concept van deze indicator is gebaseerd op de ecologische voetafdruk, die het land- en wateroppervlak aangeeft dat nodig is om te voldoen aan de behoeften van de mens (Wackernagel en Rees, 1996). In dezelfde geest kan de koolstofvoetafdruk worden gedefinieerd als een maat van de totale hoeveelheid koolstofdioxide (CO₂) die direct en indirect door een economische activiteit wordt uitgestoten of tijdens de levensfasen van een product wordt geaccumuleerd (Wiedmann en Minx, 2008). Het idee is om de consument van het product verantwoordelijk te stellen voor al deze emissies. De koolstofvoetafdruk kan op verschillende niveaus worden bepaald, bijvoorbeeld op het niveau van een huishouden, een onderneming of een stad (Peters, 2010). De koolstofvoetafdruk van een land omvat alle broeikasgassen die worden uitgestoten tijdens het productieproces van goederen en diensten die aan de eindverbruiker worden geleverd.

Er is een uitgebreide academische literatuur gewijd aan de conceptuele en methodologische aspecten van de berekening van de koolstofvoetafdruk van een land (Turner et al., 2007; Scrucca et al., 2020). De berekening is gebaseerd op een input-outputmodel en -gegevens die zijn uitgebreid met productiegerelateerde broeikasgasemissies. Op basis van de bevoorradingsstructuren van de bedrijfstakken traceert dit model de in de eindvraag ingebedde emissies, m.a.w. de broeikasgassen die worden uitgestoten in alle stadia van de productieprocessen van goederen en diensten die aan de binnenlandse eindvraag van het betrokken land worden geleverd. Door de internationalisering van de bevoorradingsstructuren bevinden de stadia van de productieprocessen zich steeds vaker verspreid

over verschillende landen. Globale gegevens zijn dus nodig om alle emissies te achterhalen die zijn ingebed in de goederen en diensten die aan de eindvraag worden geleverd. Het model maakt ook de opmaak van de balans van ingebedde emissies van een land mogelijk. Die balans geeft aan in welke mate de eindvraag van een land afhangt van emissies in het buitenland en in welke mate de emissies van het land zijn ingebed in de eindvraag van andere landen.

Als relevante indicator in het domein van klimaatverandering wint de koolstofvoetafdruk steeds meer aan belang. Internationale organisaties zoals de OESO en consortia van academische instellingen rapporteerden resultaten van de koolstofvoetafdruk voor een reeks landen (Tukker et al., 2014; Yamano en Guilhoto, 2020). Bovendien publiceren bepaalde landen, zoals bijvoorbeeld het Verenigd Koninkrijk, de koolstofvoetafdrukindicator als een officiële statistiek.¹ Voor België presenteren Hambÿe et al. (2017) de resultaten van een berekening van de koolstofvoetafdruk die rekening houdt met de officiële macro-economische en milieustatistieken van het land, namelijk de belangrijkste aggregaten van de nationale rekeningen, de input-outputtabellen en de luchtemissierekeningen.

Deze studie is gewijd aan de berekening en analyse van de koolstofvoetafdruk van de drie Belgische gewesten in 2015, namelijk het Brussels Hoofdstedelijk Gewest, het Vlaams Gewest en het Waals Gewest. De koolstofvoetafdruk op regionaal niveau bepalen is interessant aangezien het milieubeleid in België sinds 1980 een regionale bevoegdheid is en de internationale verbintenissen van België inzake broeikasgasemissiereducties moeten worden geregeld via een akkoord tussen de gewesten. Voor de besluitvorming vormt deze indicator voor de gewesten een aanvulling op de inzameling van territoriale gegevens over broeikasgasemissies. In vroegere studies werd al de waarde erkend van de berekening van de koolstofvoetafdruk op regionaal niveau in België met resultaten voor de jaren 2007 en 2010 (Christis et al., 2016, Zeller, 2017, Vercalsteren et al., 2017, en Towa et al., 2022).

Om de koolstofvoetafdruk van de Belgische gewesten te berekenen volgens de methodologie vooropgesteld in de literatuur, zijn er gegevens nodig over de intraregionale, interregionale en internationale goederen- en dienstenstromen. De interregionale input-outputtabel 2015 voor België (iRIO) bevat details over intra- en interregionale stromen. De tabel is opgesteld door het Federaal Planbureau (FPB) in het kader van een overeenkomst met de regionale statistische diensten (Avonds et al., 2021). In tegenstelling tot de meeste studies die de koolstofvoetafdruk berekenen voor regionale of lokale entiteiten in andere Europese landen (Froemelt et al., 2021; Osei-Owusu Kwame et al., 2020; Ivanova et al., 2017; Minx et al., 2013), houden onze berekeningen, dankzij het gebruik van deze interregionale tabel, rekening met de technologische specificiteiten van de bedrijfstakken in elk gewest. Om rekening te houden met de internationale stromen moet deze tabel geïntegreerd worden in een globale multiregionale input-outputtabel (IOT) voor hetzelfde jaar. Van de beschikbare globale multiregionale IOT's viel onze keuze op die van Eurostat (FIGARO-project). Twee aspecten van deze integratie onderscheiden onze studie van eerdere studies voor de Belgische gewesten: (i) de handel van de gewesten met internationale handelspartners wordt bepaald op basis van gegevens over de handel in goederen en diensten per onderneming, productcategorie en partnerland, en ii) ons resultaat, d.w.z. de globale multiregionale IOT die de Belgische gewesten omvat, houdt volledig rekening met de

¹ Zie <https://www.gov.uk/government/statistics/uks-carbon-footprint/carbon-footprint-for-the-uk-and-england-to-2019>

regionale gegevens, inclusief de details over hun internationale handel. Dat laatste kenmerk van onze studie is geïnspireerd op de benadering van Edens et al. (2015) en Hambjé et al. (2017).

Voor de berekening van de koolstofvoetafdruk van de gewesten zijn ook regionale en internationale gegevens over productiegerelateerde broeikasgasemissies nodig die methodologisch gezien verenigbaar zijn met de input-outputgegevens. Dergelijke gegevens waren niet beschikbaar op regionaal niveau. Daarom hebben we in het kader van deze studie regionale luchtemissierekeningen (*Air Emissions Accounts*, AEA) opgesteld volgens dezelfde principes als voor de nationale luchtemissierekeningen die de EU-lidstaten jaarlijks aan Eurostat moeten leveren. De regionale emissiegegevens per bedrijfstak in deze rekeningen worden niet alleen gebruikt voor de berekening van de koolstofvoetafdruk, maar vormen ook een statistisch product op zich waarmee de productiegerelateerde emissies van de gewesten kunnen worden geanalyseerd en vergeleken met hun koolstofvoetafdruk. Voor de andere landen, tot slot, zijn de emissiegegevens afkomstig van de World Input-Output Database (WIOD). Aangezien die gegevens geen betrekking hebben op andere broeikasgassen dan CO₂, zijn onze berekeningen van de koolstofvoetafdruk beperkt tot de CO₂-emissies.

Deze studie bestaat uit vier delen. Na de inleiding volgt in deel 2 de beschrijving van de methodologie en de gegevens. In deel 3 worden de resultaten voorgesteld. Hierbij wordt vertrokken van de productiegerelateerde emissies voor de drie gewesten, waarna de regionale koolstofvoetafdrukken worden gepresenteerd en geanalyseerd. Die analyse omvat een uitsplitsing per land of gewest waar de in de regionale eindvraag ingebedde CO₂ wordt uitgestoten, alsook een internationale vergelijking van de resultaten van de koolstofvoetafdruk per inwoner om de gewesten te situeren. De balansen van ingebedde emissies worden ook uitvoerig besproken in deel 3. Tot slot volgen in deel 4 de conclusies en mogelijkheden voor toekomstig onderzoek.

2. Methodologie en gegevens

2.1. Methodologie

Op macro-economisch niveau meet de koolstofvoetafdruk van een land de broeikasgasemissies die verband houden met de consumptie van zijn ingezetenen. De achterliggende gedachte is dat alle emissies tijdens het productieproces van de geconsumeerde goederen of diensten aan de eindverbruiker worden toegewezen, ongeacht de plaats van productie. Bij de berekening van de voetafdruk wordt dus niet alleen rekening gehouden met de broeikasgassen die worden uitgestoten bij de productie van het goed of de dienst die aan de eindverbruiker wordt geleverd, maar ook met de broeikasgassen die worden uitgestoten bij de productie van intermediaire inputs die in de verschillende stadia van het productieproces worden verbruikt. De voetafdruk van een land omvat dus zowel emissies in het land in kwestie als emissies in andere landen, en verschilt van de productiegerelateerde emissies van het land.

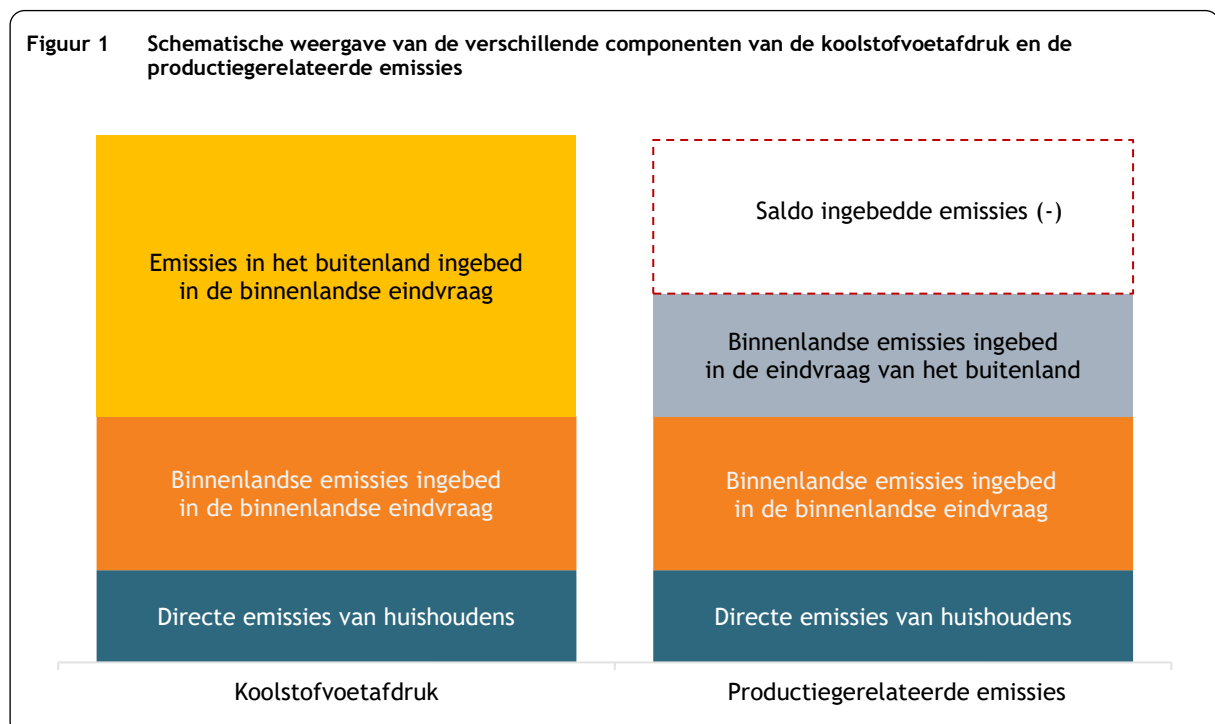
De beginselen achter de berekening van de koolstofvoetafdruk kunnen worden geïllustreerd aan de hand van een voorbeeld. Laten we als voorbeeld een doos pralines nemen die aan een consument in België wordt verkocht. Voor de koolstofvoetafdruk moet rekening worden gehouden met alle emissies tijdens het volledige productieproces van de doos pralines, van de oogst van de cacaobonen tot de vervaardiging van de pralines en de verpakking in de doos, en moeten al deze emissies worden toegewezen aan de consument in België. De voetafdruk van deze doos pralines omvat emissies in België, bijvoorbeeld voor de vervaardiging van de pralines en de verpakking, alsook emissies in andere landen voor delen van het productieproces in het buitenland, bijvoorbeeld het oogsten van de cacaobonen in Colombia. De productiegerelateerde emissies tijdens de oogst van de cacaobonen maken deel uit van de emissies van Colombia omdat ze het gevolg zijn van een productie in dat land.

De koolstofvoetafdruk van een land wordt traditioneel afgeleid uit een input-outputmodel. In dit type model is de koolstofvoetafdruk het resultaat van een berekening die alle broeikasgassen identificeert die worden uitgestoten om aan de binnenlandse eindvraag van het land te voldoen. Dat wordt doorgaans aangeduid als 'emissies ingebed in de eindvraag'. Op het niveau van een land omvat de binnenlandse eindvraag alle aankopen door ingezetenen van goederen en diensten die niet als intermediaire inputs worden gebruikt. Ze omvat het eindverbruik van de huishoudens als voornaamste rubriek, maar ook de investeringen (bruto vaste kapitaalvorming), het eindverbruik van de overheid en van instellingen zonder winstoogmerk ten behoeve van huishoudens en de voorraadwijzigingen. Voor deze studie moet het input-outputmodel worden aangepast aan de doelstelling om de koolstofvoetafdruk te bepalen van elk van de drie Belgische gewesten. In de methodologische bijlage wordt toegelicht hoe hun koolstofvoetafdruk kan worden afgeleid uit een multiregionaal input-outputmodel dat alle drie de gewesten omvat.

Samengevat omvat de koolstofvoetafdruk van een land de volgende elementen:

- (i) De *directe emissies van huishoudens*, voornamelijk emissies voor hun vervoer en de verwarming van hun woning;
- (ii) *binnenlandse emissies die in de binnenlandse eindvraag zijn ingebed*, d.w.z. de broeikasgassen die door ingezetene ondernemingen worden uitgestoten tijdens de productieprocessen van goederen en diensten die aan de eindvraag van de ingezetenen van het land worden geleverd;
- (iii) *buitenlandse emissies die in de binnenlandse eindvraag zijn ingebed*, d.w.z. de broeikasgassen die door niet-ingezetene ondernemingen worden uitgestoten in de productieprocessen van goederen en diensten die aan de eindvraag van de ingezetenen van het land worden geleverd.

Figuur 1 toont schematisch de elementen waaruit de voetafdruk bestaat, alsook de elementen die in aanmerking komen voor productiegerelateerde emissies. Zowel de directe emissies van huishoudens als de ingebedde binnenlandse emissies in de binnenlandse eindvraag maken deel uit van beide. In tegenstelling tot de productiegerelateerde emissies zijn de *binnenlandse emissies die in de eindvraag van andere landen zijn ingebed* niet opgenomen in de voetafdruk (broeikasgassen die door ingezetene ondernemingen worden uitgestoten in de productieprocessen van goederen en diensten die aan de eindvraag van niet-ingezetenen, d.w.z. andere landen, worden geleverd). Maar de voetafdruk omvat wel buitenlandse emissies die in de binnenlandse eindvraag zijn ingebed. Het verschil tussen de binnenlandse emissies die zijn ingebed in de buitenlandse eindvraag en de buitenlandse emissies die zijn ingebed in de binnenlandse eindvraag wordt de *balans van ingebedde emissies* genoemd. Zoals blijkt uit figuur 1 is dat verschil gelijk aan het verschil tussen de productiegerelateerde broeikasgasemissies van een land en zijn koolstofvoetafdruk. Figuur 1 toont het geval van een land waar de balans een tekort vertoont aan ingebedde emissies, maar er zijn ook landen met een overschot op de balans.



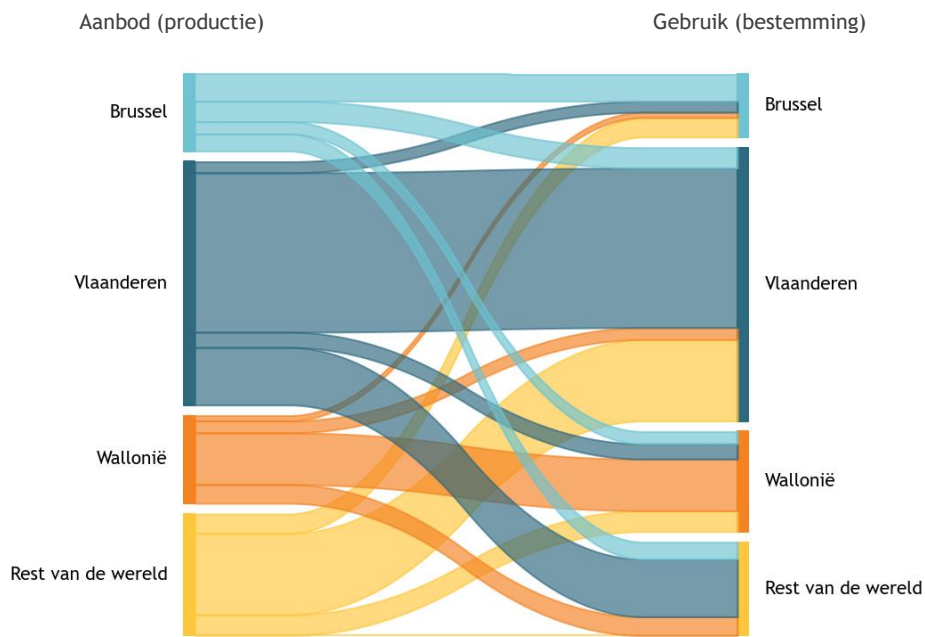
2.2. Gegevens

In de praktijk is de berekening van de koolstofvoetafdruk gebaseerd op een input-outputtabel (IOT) gekoppeld aan gegevens over broeikasgasemissies. IOT's belichten de kostenstructuren van de bedrijfstakken en de bestemming van hun output. Zij maken het dus mogelijk de verschillende stadia van het productieproces te traceren voordat de goederen en diensten aan de eindvraag worden geleverd, op een min of meer gedetailleerd niveau via de levering van intermediaire inputs. Het gebruik van een globale multiregionale IOT, gekoppeld aan emissiegegevens met dezelfde geografische dekking, zorgt er voor dat bevoorradingsstructuren en emissies op mondiale schaal in rekening worden gebracht. Aangezien de productieprocessen steeds meer gefragmenteerd zijn over vele landen, maakt dit een correcte meting mogelijk van alle emissies die in de binnenlandse eindvraag ingebed zijn.

Om de koolstofvoetafdruk van de gewesten te bepalen, is het dus noodzakelijk te beschikken over IOT's en broeikasgasemissiegegevens, zowel voor de Belgische gewesten als voor de rest van de wereld. De bronnen en karakteristieken van de gegevens in onze studie worden hieronder kort gepresenteerd en meer in detail beschreven in de bijlage over de gegevens.

2.2.1. Input-outputtabellen

De input-outputgegevens voor de gewesten van België zijn afkomstig van de interregionale IOT 2015 voor België (iRIO), opgesteld door het FPB in 2021 (Avonds et al., 2021). Die tabel wordt interregionaal genoemd omdat niet alleen de stromen (aankopen en leveringen) van goederen en diensten binnen elk gewest (*intraregionale* stromen), maar ook de stromen van goederen en diensten tussen gewesten (*interregionale* stromen) in hetzelfde detail worden weergegeven. Een nauwkeurige raming van de interregionale stromen is essentieel voor de berekening van de koolstofvoetafdruk van de gewesten, gezien het belang ervan in verhouding tot de omvang van de economie van elk gewest. De op de iRIO gebaseerde figuur 2 toont waar de productie van elk gewest wordt geleverd en illustreert zo het belang van de interregionale stromen.

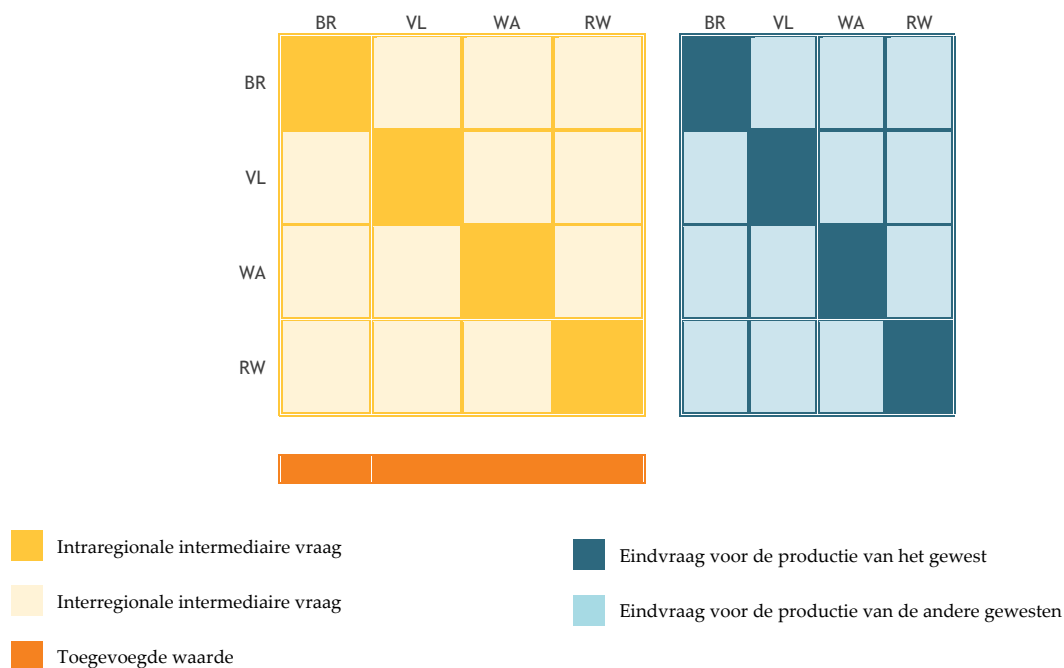
Figuur 2 Monetaire stromen tussen de drie gewesten van België en met de rest van de wereld, 2015

Aan de aanbodzijde vertegenwoordigen de stromen met de rest van de wereld de internationale invoer van de drie Belgische gewesten; aan de gebruikzijde vertegenwoordigen de stromen met de rest van de wereld de internationale uitvoer van de drie gewesten.

Voor de berekening van de koolstofvoetafdruk van de Belgische gewesten volgens de methodologie beschreven in bijlage zijn ook input-outputgegevens voor hun buitenlandse handelspartners nodig. Wat betreft de bronnen voor deze gegevens werd geopteerd voor de globale multiregionale IOT van FIGARO (Full International and Global Accounts for Research in Input-Output Analysis), ontwikkeld door Eurostat en het Joint Research Centre (JRC) van de Europese Commissie (Rémond-Tiédrez en Rueda-Cantuche, 2019). Die IOT omvat 45 landen (de 27 EU-lidstaten (inclusief België) en 18 niet-EU-landen²), alsook een zone 'rest van de wereld' die zorgt voor een mondiale dekking. Voor de voetafdrukberekeningen hebben we de iRIO2015 geïntegreerd in de globale multiregionale FIGARO-IOT voor hetzelfde jaar. Die integratie bestaat erin de gegevens voor België in de FIGARO-IOT te vervangen door iRIO-gegevens. De belangrijkste methodologische aspecten van deze integratie worden beschreven in bijlage, en het resultaat wordt schematisch weergegeven in figuur 3.

² Het Verenigd Koninkrijk, de Verenigde Staten, Argentinië, Australië, Brazilië, Canada, Zwitserland, China, Indonesië, India, Japan, Zuid-Korea, Mexico, Noorwegen, Rusland, Saudi-Arabië, Turkije en Zuid-Afrika.

Figuur 3 Schematische structuur van de globale multiregionale IOT van FIGARO na integratie van de gegevens voor de Belgische gewesten



BR: Brussel, VL: Vlaanderen, WA: Wallonië, RW: Rest van de wereld (verdeeld in 44 landen en een zone "rest van de wereld" die de wereld dekt).

2.2.2. Broeikasgasemissies

Voor de berekening van de koolstofvoetafdruk zijn gegevens nodig over broeikasgasemissies, zowel voor de Belgische gewesten als voor de landen die zijn opgenomen in de globale multiregionale IOT, die qua methodologie en bedrijfstakdetail verenigbaar zijn met de input-outputgegevens.

Voor België geven de luchtemissierekeningen (*Air Emissions Accounts, AEA*), gepubliceerd door het FPB in het kader van het Instituut voor de Nationale Rekeningen, CO₂-emissies en verschillende andere broeikasgassen door de ingezetenen. Die gegevens zijn uitgesplitst naar 64 bedrijfstakken volgens de NACE Rev. 2-nomenclatuur. Als satellietrekeningen van de nationale rekeningen zijn de AEA compatibel met de economische gegevens van de nationale rekeningen, waarvan de IOT's deel uitmaken. De methodologie voor de constructie van de AEA is gebaseerd op gegevens uit de emissie-inventarissen die de emissies op het grondgebied van het land bevatten. Voor broeikasgassen gaat het voornamelijk om de inventarissen die zijn opgesteld voor het Raamverdrag van de Verenigde Naties inzake klimaatverandering (UNFCCC). De overgang naar emissies van ingezetenen zoals voorgesteld in de AEA vereist een aanpassing om emissies van Belgische ingezetenen in het buitenland op te nemen en emissies van niet-ingezetenen op het Belgische grondgebied uit te sluiten. In de praktijk geldt deze correctie voor het residentieel concept vooral voor vervoersgebonden emissies.

Voor de gewesten zijn er tot dusver geen emissiegegevens van het AEA-type, d.w.z. die verenigbaar zijn met de economische rekeningen van de gewesten en de iRIO, ondanks het feit dat de inventarissen op regionaal niveau worden opgesteld. Daarom hebben we AEA voor de gewesten opgesteld volgens dezelfde methode als op nationaal niveau en ervoor gezorgd dat de resultaten in overeenstemming zijn met de AEA-gegevens voor België. Concreet zijn we uitgegaan van de inventarissen van elk gewest

waarop we de correctie voor het residentieel concept hebben toegepast. Daartoe werden voor elk gewest de volgende ramingen gemaakt: (i) emissies van niet-Belgische ingezetenen op het grondgebied van het gewest, (ii) emissies van ingezetenen van de andere gewesten op het grondgebied van het gewest, (iii) emissies van ingezetenen van het gewest buiten België, en (iv) emissies van ingezetenen van het gewest op het grondgebied van de andere gewesten. De eerste twee elementen moeten worden afgetrokken van de territoriale emissies van het gewest, de laatste twee moeten erbij worden opgeteld. De resulterende regionale AEA meten de productiegerelateerde emissies van de gewesten en vormen de basis voor de berekening van hun koolstofvoetafdruk.

De emissiegegevens voor andere landen zijn afkomstig van de satellietrekeningen van de World Input-Output Database (WIOD)³, aangezien Eurostat nog geen emissiegegevens heeft gepubliceerd die compatibel zijn met de FIGARO-IOT. Aangezien de WIOD-satellietrekeningen geen andere broeikasgassen omvatten, zijn onze berekeningen beperkt tot CO₂-emissies.

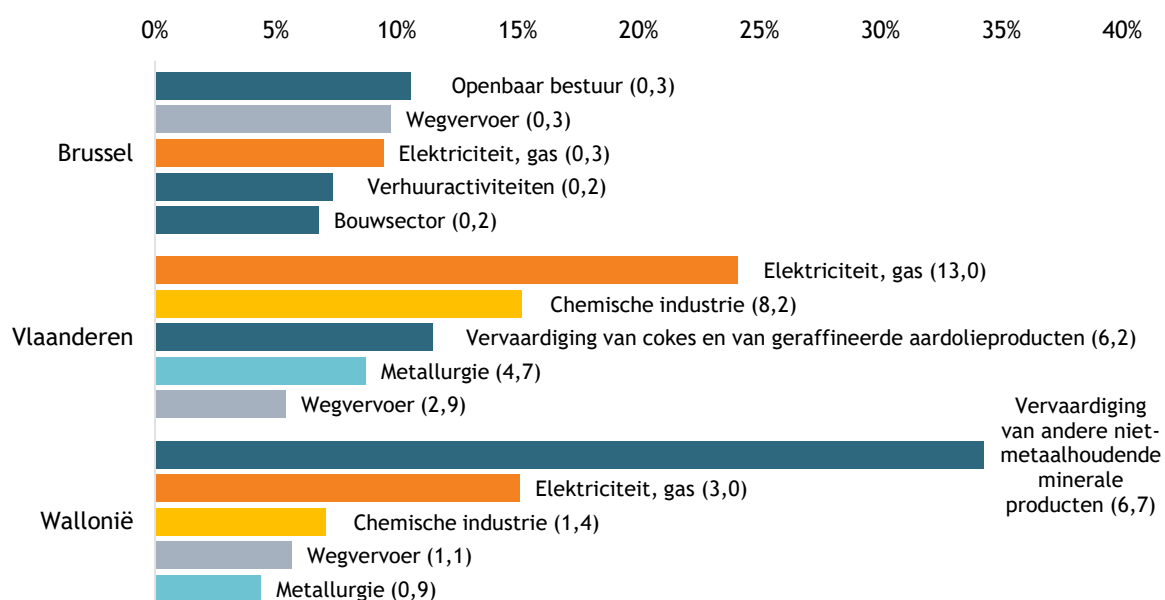
³ De methode voor het opstellen van die gegevens is beschreven in Corsatea et al. (2019).

3. Resultaten

3.1. Productiegerelateerde emissies

De regionale AEA die hier zijn opgesteld, geven de productiegerelateerde CO₂-emissies voor elk van de drie Belgische gewesten. In 2015 bedroegen deze emissies, exclusief de directe emissies van huishoudens, 2,7 Mt⁴ voor Brussel, 54,3 Mt voor Vlaanderen en 19,7 Mt voor Wallonië. Vlaanderen neemt dus 71 % van de productiegerelateerde emissies in België voor zijn rekening, Wallonië 26 % en Brussel 4 %. De regionale verdeling van de productiegerelateerde CO₂-emissies verschilt aanzienlijk van de regionale verdeling van de toegevoegde waarde. Het aandeel van de gewesten in de toegevoegde waarde bedraagt namelijk 58 %, 23 % en 19 % voor respectievelijk Vlaanderen, Wallonië en Brussel. Met andere woorden, de emissie-intensiteit van de economische activiteit, gemeten naar de hoeveelheid uitgestoten CO₂ per euro toegevoegde waarde, is in Brussel (0,04 kg/€) beduidend lager dan in Vlaanderen (0,25 kg/€) en Wallonië (0,23 kg/€). Als stedelijk gebied wordt het Brussels Gewest gekenmerkt door een economische activiteit die grotendeels wordt gedomineerd door diensten, die minder CO₂ uitstoten. Het belang van de dienstenactiviteiten in Brussel is niet alleen toe te schrijven aan het grotere aandeel van de dienstentakken, maar ook aan de keuze van de locatie van de verschillende activiteiten binnen de bedrijfstakken, of zelfs binnen de ondernemingen: dienstenactiviteiten (hoofdzetel, human resources, enz.), die weinig CO₂ uitstoten, zijn vaker in Brussel gevestigd, terwijl productieactiviteiten die meer emissies genereren, vaker in Vlaanderen en Wallonië te vinden zijn.

Figuur 4 Belangrijkste CO₂-uitstotende bedrijfstakken per gewest
 Rangschikking naar percentage van de totale productiegerelateerde emissies
 Emissies per bedrijfstak in Mt CO₂ tussen haakjes



⁴ In deze studie worden de CO₂-emissies gemeten in megaton (Mt), kiloton (kt), ton (t) of kilogram (kg), naargelang van het geval.

De regionale AEA bevatten een indeling van de CO₂-emissies naar 64 bedrijfstakken, waardoor de belangrijkste CO₂-uitstotende bedrijfstakken in elk gewest kunnen worden geïdentificeerd (figuur 4). In de drie gewesten behoren de productie en distributie van elektriciteit en gas en het wegvervoer tot de top van de bedrijfstakken met de grootste CO₂-uitstoot. Het openbaar bestuur is de bedrijfstak met de grootste CO₂-uitstoot in Brussel, terwijl de productie en distributie van elektriciteit en gas deze positie inneemt in Vlaanderen. In Wallonië is de bedrijfstak vervaardiging van andere niet-metaalhoudende minerale producten (cement, kalk, enz.) de grootste CO₂-uitstoter. Ten slotte zij erop gewezen dat de chemische en de metaalindustrie zowel in Vlaanderen als in Wallonië tot de belangrijkste CO₂-uitstoters behoren.

3.2. Koolstofvoetafdruk

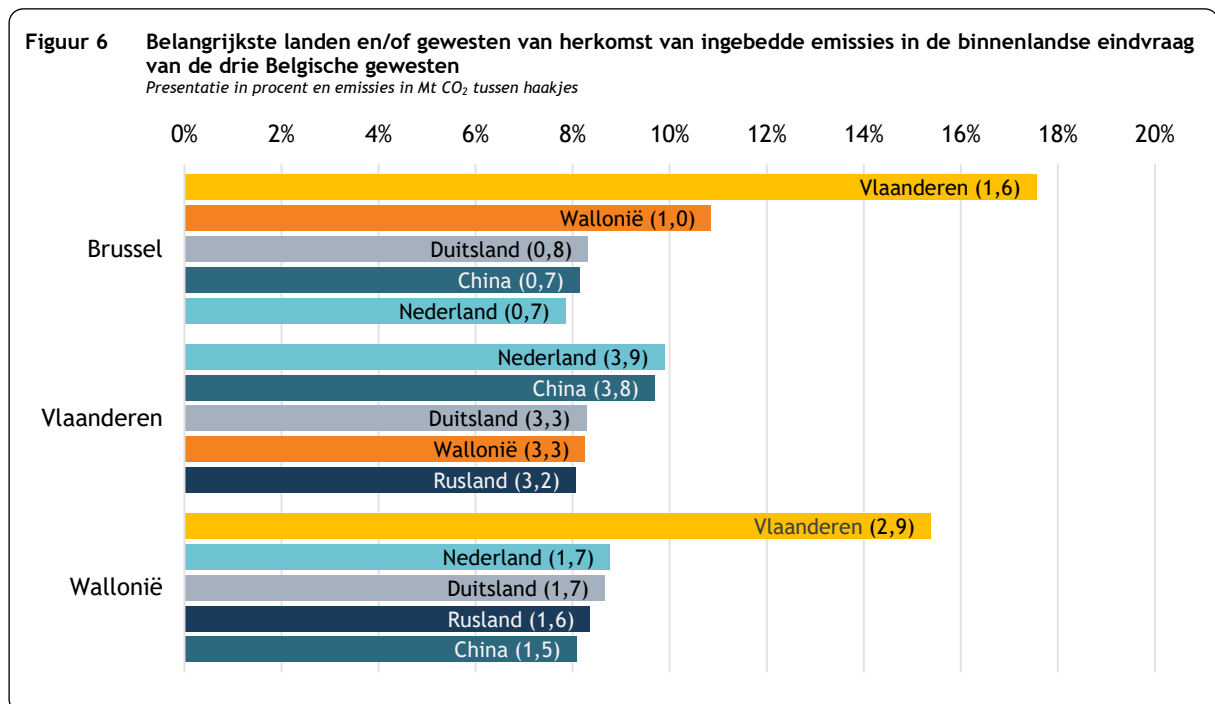
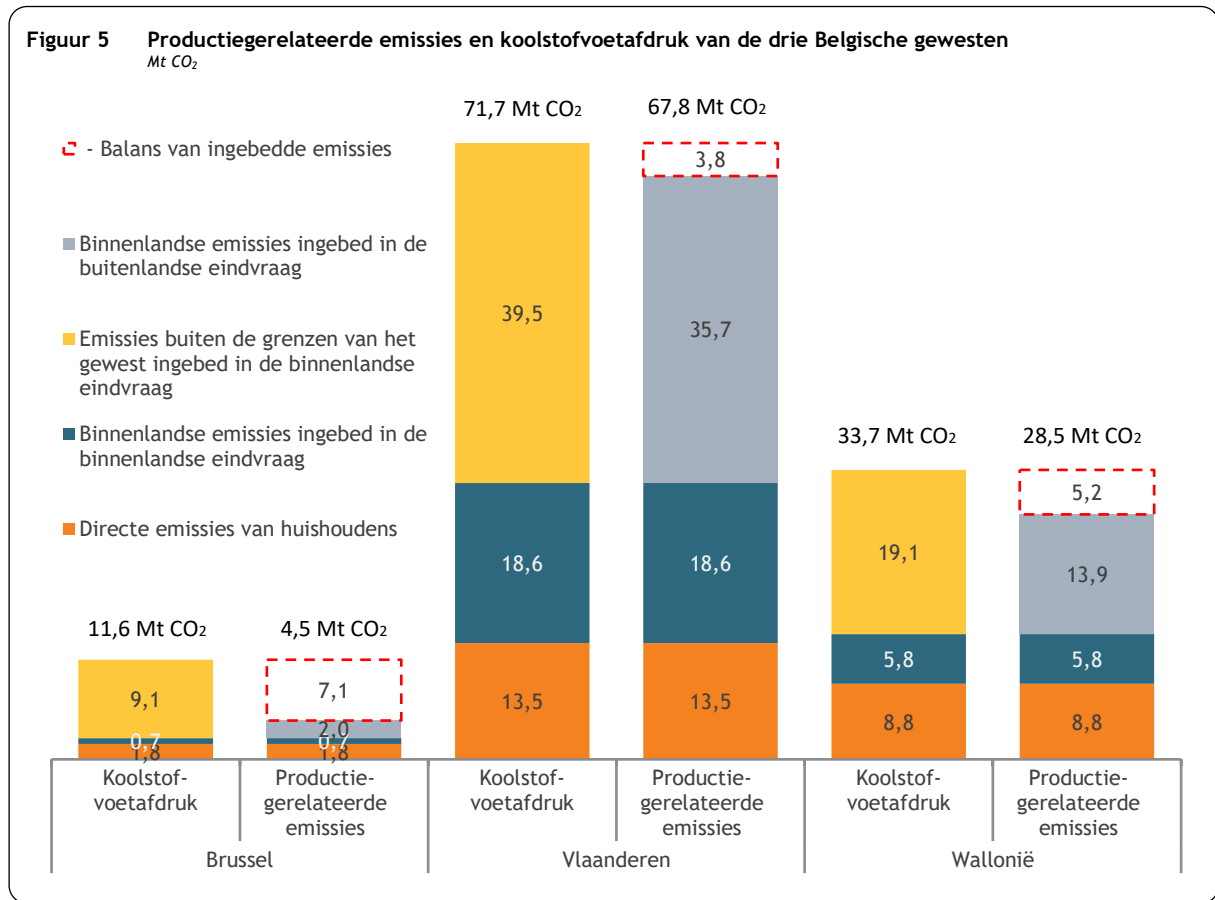
Op basis van onze berekeningen bedraagt de koolstofvoetafdruk inclusief directe emissies van huishoudens 11,6 Mt CO₂ voor Brussel, 71,7 Mt CO₂ voor Vlaanderen en 33,7 Mt CO₂ voor Wallonië. Ter herinnering: voor elk van de drie gewesten zijn dit alle CO₂-emissies die vrijkomen tijdens het productieproces van goederen en diensten die aan de binnenlandse eindvraag worden geleverd, alsook de directe emissies van huishoudens.⁵ Figuur 5 toont dat de voetafdruk van elk gewest groter is dan de productiegerelateerde emissies. Dit betekent dat Brussel, Vlaanderen en Wallonië een tekort vertonen op de balans van ingebedde emissies. Die balans zal meer in detail behandeld worden in deel 3.4. Het tekort voor Brussel is bijzonder groot (7,1 Mt CO₂) en is groter dan voor Wallonië (5,2 Mt CO₂) en Vlaanderen (3,8 Mt CO₂).

Voor de drie Belgische gewesten komt de CO₂ die in de koolstofvoetafdruk is opgenomen voornamelijk van buiten de gewestgrenzen. Die vertegenwoordigt respectievelijk 55 % en 57 % van de voetafdruk in Vlaanderen en Wallonië, en bijna 80 % in Brussel. Met andere woorden, meer dan de helft van de CO₂ om aan de eindvraag van de ingezetenen van elk gewest te voldoen, wordt uitgestoten in het buitenland of in de andere gewesten van België. De ingebedde binnenlandse emissies in de binnenlandse eindvraag zijn goed voor iets meer dan een kwart van de voetafdruk in Vlaanderen en 17 % in Wallonië, tegenover slechts 6 % in Brussel. Ten slotte bedraagt het aandeel van de directe emissies van de huishoudens in de voetafdruk 16 % in Brussel, 19 % in Vlaanderen en 26 % in Wallonië.

Emissies buiten de regionale grenzen die zijn ingebed in de binnenlandse eindvraag van een gewest (het gele deel op figuur 5) kunnen worden opgesplitst in: (i) emissies van de andere gewesten in België en (ii) emissies van andere landen. Voor Vlaanderen bedraagt het aandeel van de emissies van andere landen in de totale emissies buiten de regionale grenzen 90 %, tegenover een aandeel van 10 % voor de emissies van de andere gewesten. Voor Wallonië en Brussel bedragen deze aandelen respectievelijk 82 % en 18 %, en 72 % en 28 %. De emissies van buiten België domineren dus, maar individueel zijn de aandelen van emissies uit andere gewesten aanzienlijk, vooral voor Brussel. Dit blijkt uit figuur 6, die aantoont dat Vlaanderen en/of Wallonië systematisch tot de belangrijkste landen of gewesten van herkomst behoren voor de emissies die in de binnenlandse eindvraag van de drie gewesten zijn ingebed.

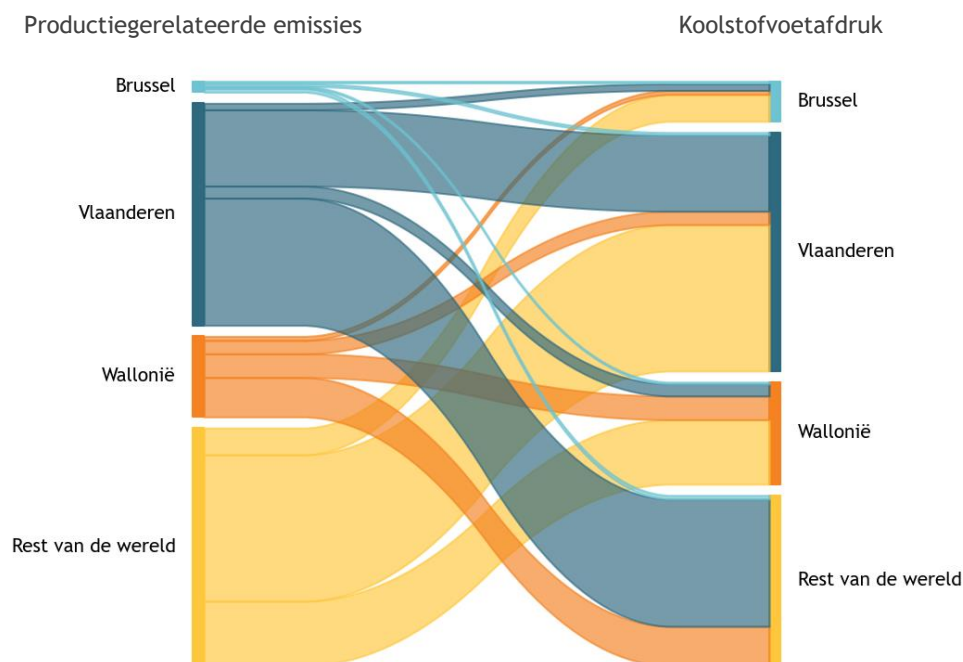
⁵ Zoals vermeld in het methodologische deel bestaat de eindvraag van een land of gewest uit verschillende categorieën. Uit figuur A.1 in bijlage blijkt dat het eindverbruik van de huishoudens (inclusief directe emissies van de huishoudens) de grootste bijdrage levert aan de voetafdruk, vóór de bruto-investeringen in vaste activa en het eindverbruik van de overheid.

Internationaal zijn de belangrijkste landen van herkomst voor de drie gewesten, de buurlanden, met name Duitsland en Nederland, alsook China en Rusland.



Figuur 7 geeft een overzicht van de belangrijkste bevindingen tot nu toe. Eerst worden links de productiegerelateerde emissies voor de drie gewesten en rechts de koolstofvoetafdruk weergegeven. Hieruit blijkt dat voor elk van de drie gewesten de productiegerelateerde emissies lager zijn dan de koolstofvoetafdruk, wat betekent dat ze alle drie een tekort op de balans van ingebedde emissies hebben. Het centrale deel van de figuur toont, in de vorm van een stroom, de in een gewest uitgestoten CO₂ die is ingebed in de eindvraag van het verbruikende gewest. De rest van de wereld is opgenomen om de emissies in het buitenland te tonen die in de eindvraag van elk Belgisch gewest zijn ingebed. Deze figuur toont (i) dat de emissies uit de rest van de wereld een aanzienlijk deel van de voetafdruk van de drie gewesten vertegenwoordigen en (ii) het belang van bepaalde ingebedde CO₂-stromen tussen gewesten, met name tussen Vlaanderen en Brussel en tussen Vlaanderen en Wallonië.

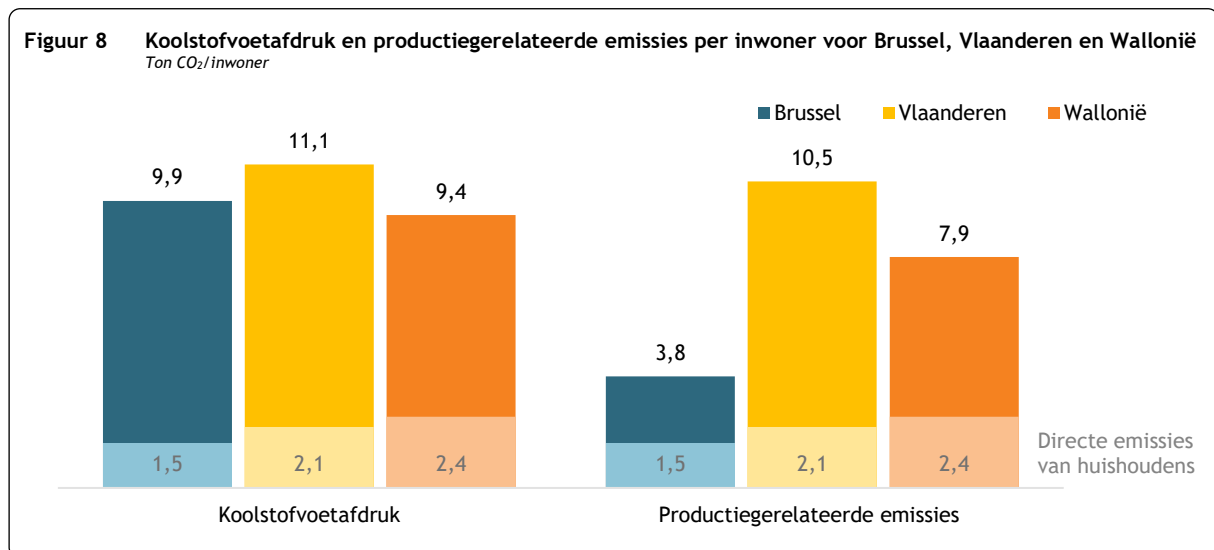
Figuur 7 Stroom van ingebedde emissies tussen productiegerelateerde emissies en koolstofvoetafdruk van de drie Belgische gewesten



Opmerking: De linkerkant van de figuur toont de productiegerelateerde emissies voor de drie Belgische gewesten en de rechterkant toont hun koolstofvoetafdruk. De rest van de wereld is in deze figuur opgenomen om aan te geven (op de linkerzijde) welke emissies in het buitenland zijn ingebed in de eindvraag van de drie gewesten en (op de rechterzijde) welke emissies van de drie gewesten zijn ingebed in de eindvraag van andere landen. Emissiestromen tussen landen die de rest van de wereld vormen, zijn niet in deze figuur opgenomen. De directe emissies van huishoudens zijn niet opgenomen in deze figuur.

3.3. Internationale vergelijking

Voor een regionale of internationale vergelijking moeten de resultaten worden uitgedrukt per inwoner.⁶ Uit figuur 8 blijkt dat de koolstofvoetafdruk per inwoner in Vlaanderen 11,1 ton CO₂ bedraagt en dat in Brussel en Wallonië de koolstofvoetafdruk per inwoner lager is, respectievelijk 9,9 en 9,4 ton CO₂. In de internationale vergelijking⁷ (figuur 9) is de koolstofvoetafdruk per inwoner van elk van de drie gewesten hoger dan de mediaan van de EU-landen (8,0 t CO₂), maar nog steeds aanzienlijk lager dan die van landen als Australië, de VS of Canada. De voetafdruk per inwoner van Brussel en Wallonië ligt dicht bij die van Oostenrijk en het Verenigd Koninkrijk (respectievelijk 10,2 en 10,0 ton CO₂), en de voetafdruk per inwoner van Vlaanderen is vergelijkbaar met die van Nederland (10,9 ton CO₂). Van de andere buurlanden hebben Luxemburg (16,7 ton CO₂) en Duitsland (11,6 ton CO₂) een grotere koolstofvoetafdruk per inwoner dan de Belgische gewesten, terwijl Frankrijk een kleinere voetafdruk heeft (7,6 ton CO₂). Ten slotte is de koolstofvoetafdruk, uitgedrukt per inwoner, aanzienlijk lager in opkomende economieën zoals India, Indonesië en Brazilië, wat de verschillen weerspiegelt in het niveau en de samenstelling van de consumptie.



De figuren 8 en 9 maken ook een regionale en internationale vergelijking van de productiegerelateerde emissies per inwoner van de drie gewesten mogelijk. Ze bedragen 3,8 ton CO₂ voor Brussel, 10,5 ton CO₂ voor Vlaanderen en 7,9 ton CO₂ voor Wallonië. Het niveau van deze emissies voor Brussel is lager dan voor enig ander EU-land. In Wallonië en Vlaanderen liggen de productiegerelateerde emissies per inwoner hoger dan de mediaan van de EU-landen.

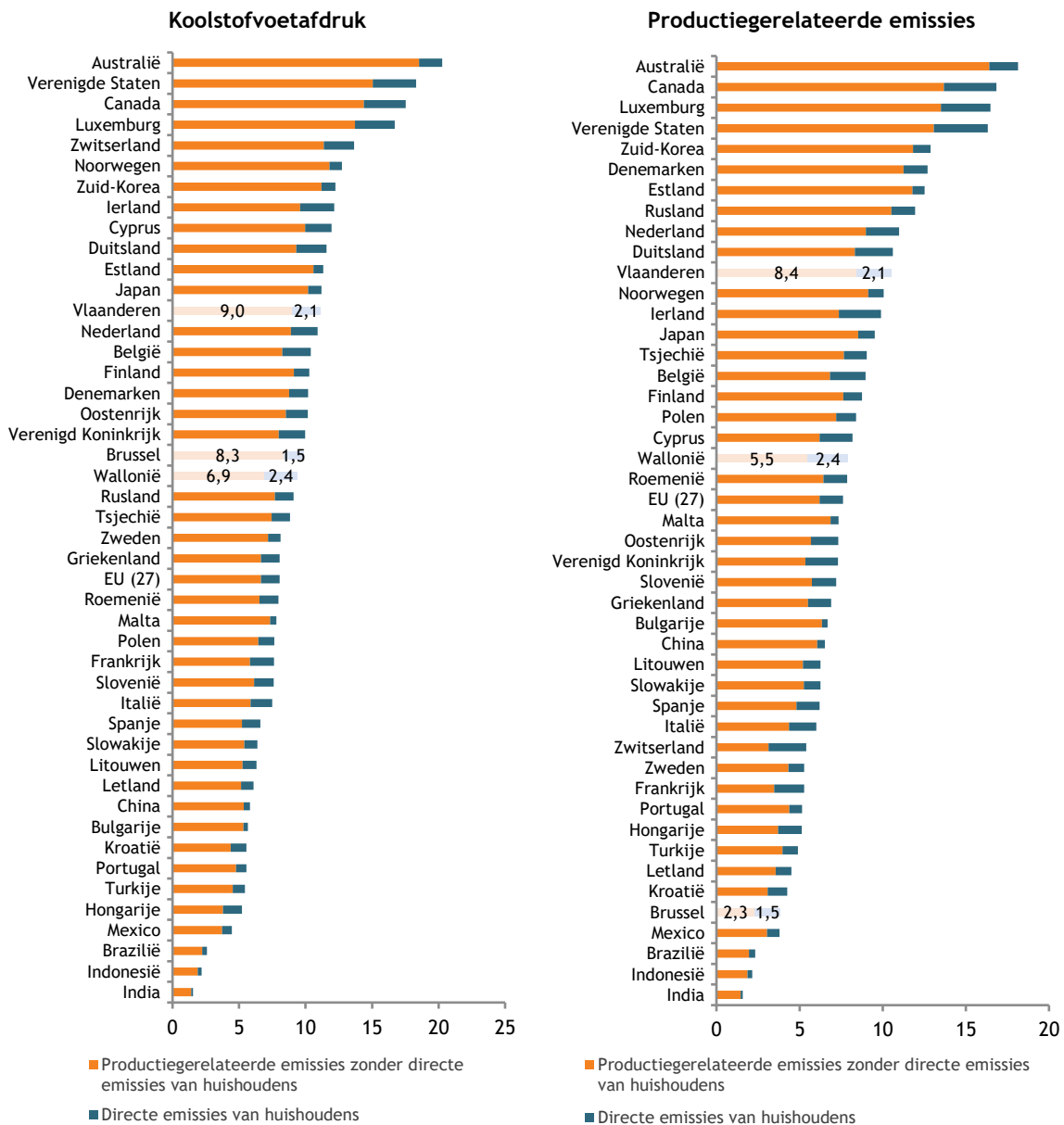
Bovendien verschillen de directe huishoudelijke emissies per inwoner tussen de drie gewesten van België. Ze zijn hoger in Wallonië (2,4 ton CO₂/inwoner) en Vlaanderen (2,1 ton CO₂/inwoner) dan in Brussel (1,5 ton CO₂/inwoner). Dat verschil wordt verklaard door de omvang en het stedelijk karakter van het Brussels Gewest die van invloed zijn op de twee belangrijkste bronnen van directe huishoudelijke emissies, namelijk vervoer en verwarming. In vergelijking met Wallonië en Vlaanderen

⁶ De gegevens voor het aantal inwoners in Brussel, Vlaanderen en Wallonië komen van Statbel, die voor het aantal inwoners in de andere landen komen uit de databanken van Eurostat en de Wereldbank.

⁷ Voor deze internationale vergelijking hebben wij de koolstofvoetafdruk voor alle landen in onze databank berekend volgens de methodologie in de bijlage.

zijn de afgelegde afstanden in Brussel inderdaad korter en is de bebouwing dichter. In de internationale vergelijking ligt de directe uitstoot van de huishoudens per inwoner in Wallonië, Vlaanderen en Brussel boven de EU-mediaan van 1,4 ton CO₂. Van de landen in de databank hebben alleen de Verenigde Staten, Canada, Luxemburg en Ierland hogere directe huishoudelijke emissies per inwoner dan Wallonië.

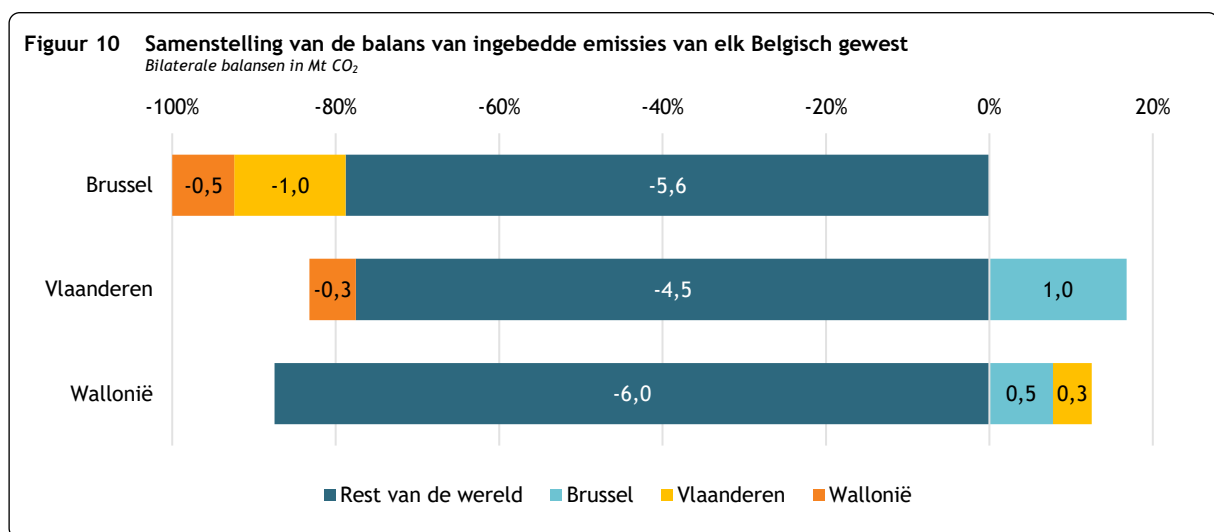
Figuur 9 Koolstofvoetafdruk en productiegerelateerde emissies per inwoner per land en voor de drie Belgische gewesten
Ton CO₂/persoon



3.4. Balansen van ingebedde emissies

De balans van ingebedde emissies vertoont een tekort voor de drie gewesten van België. Dit betekent dat, voor elk gewest, de emissies van andere landen of gewesten die in de regionale eindvraag zijn ingebed, groter zijn dan de emissies van het gewest die in de eindvraag van andere landen of gewesten zijn ingebed, of dat hun koolstofvoetafdruk groter is dan hun productiegerelateerde emissies.

Uit de vergelijking met de landen/gewesten in onze databank (zie figuur A.2 in de bijlage) blijkt dat het tekort op de balans van ingebedde emissies van Brussel per inwoner groter is dan voor alle andere EU-landen, inclusief de twee andere Belgische gewesten. Alleen Zwitserland heeft een hoger tekort per inwoner dan Brussel. Uit deze vergelijking blijkt ook dat slechts een tiental landen in onze databank een overschot heeft op de balans van ingebedde emissies. Die groep omvat Rusland, Denemarken, China en enkele Oost-Europese landen.

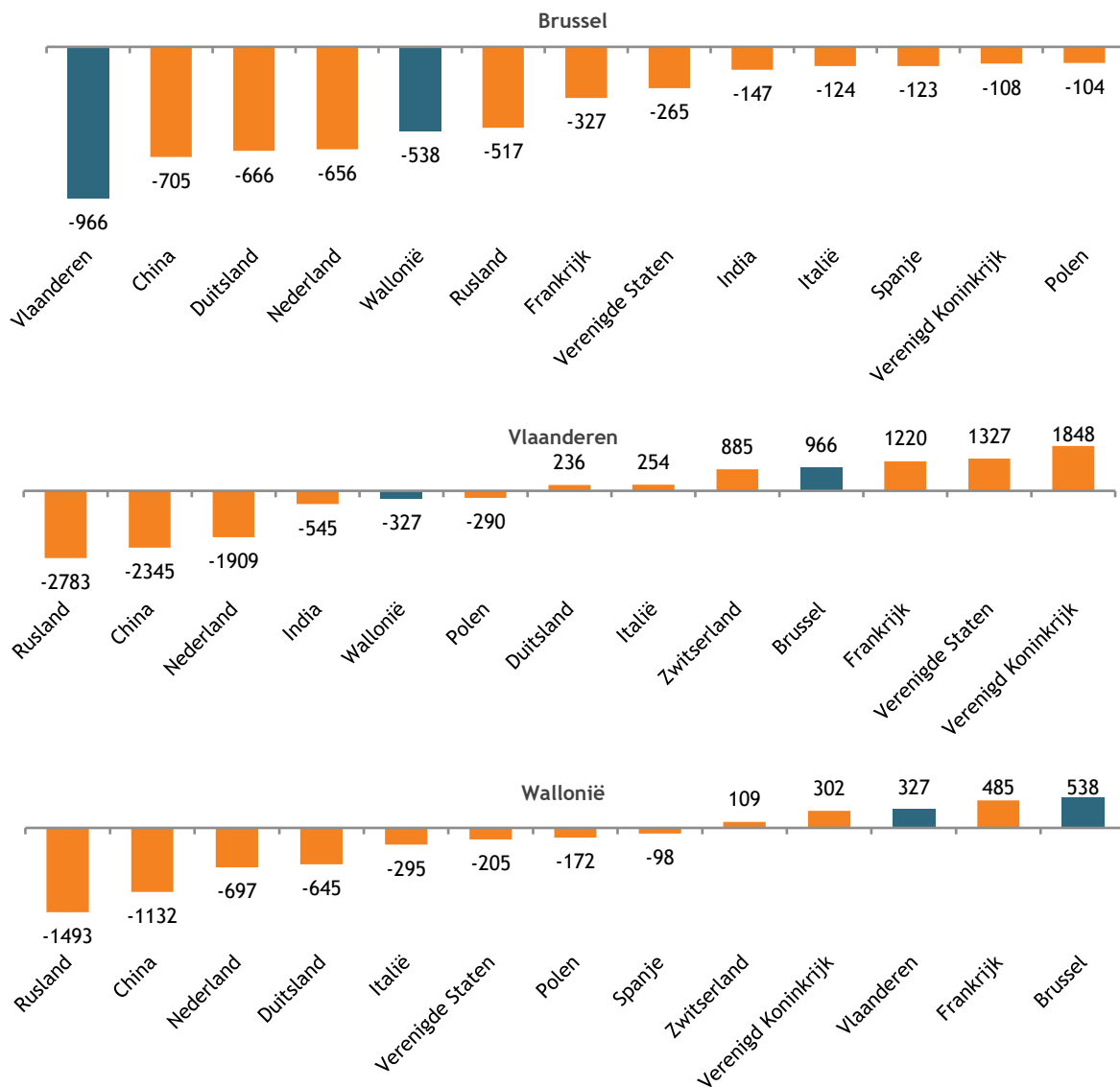


Figuur 10 toont voor elk van de drie gewesten een uitsplitsing van zijn balans van ingebedde emissies in bilaterale balansen met de twee andere gewesten van België en een internationale balans met alle andere landen. Die laatste is verantwoordelijk voor het grootste deel van het tekort op de balans van ingebedde emissies van elk gewest. Niettemin vertegenwoordigen de bilaterale balansen met andere gewesten aanzienlijke hoeveelheden emissies. Vlaanderen heeft een overschot ten opzichte van Brussel (1,0 Mt CO₂), vooral als gevolg van de emissies van de bedrijfstak 'productie en distributie van elektriciteit en gas' in Vlaanderen die in de eindvraag in Brussel zijn ingebed. Bovendien zijn de Brusselse emissies die in de eindvraag in Vlaanderen zijn ingebed laag, aangezien Brussel vooral diensten produceert. Ook Wallonië heeft een overschot van 0,5 Mt CO₂ ten opzichte van Brussel. In dat geval is de belangrijkste bijdrage afkomstig van de emissies van de bedrijfstak 'vervaardiging van andere niet-metaalhoudende minerale producten' in Wallonië, die in de eindvraag in Brussel zijn ingebed. Die bedrijfstak wordt in Wallonië gedomineerd door bedrijven die gespecialiseerd zijn in de productie van cement, een activiteit die aanzienlijke hoeveelheden CO₂ uitstoot. De emissies van die bedrijfstak in Wallonië verklaren ook grotendeels het overschot op de bilaterale balans van Wallonië met Vlaanderen (0,3 Mt CO₂).

Om een gedetailleerder beeld van de bilaterale balansen te geven, geeft figuur 11 voor elk van de drie gewesten de belangrijkste bilaterale balansen van ingebedde emissies per partner. De bilaterale

balansen van Brussel zijn allemaal negatief, met uitzondering van die met Finland en Zwitserland. Met andere woorden, de emissies die in de eindvraag van Brussel zijn ingebed zijn voor bijna al haar partners hoger dan de emissies in Brussel die in de eindvraag van deze landen of gewesten zijn ingebed. Dat kan grotendeels worden verklaard door het belang van de dienstenactiviteiten in Brussel, die weinig CO₂ uitstoten. De situatie is heel anders voor Vlaanderen en Wallonië. Hun belangrijkste deficitaire bilaterale balansen zijn die met Rusland, China en Nederland. Twee elementen verklaren die resultaten voor Rusland en China: (i) het belang van de bijdragen van deze twee landen aan het productieproces van goederen en diensten die aan de eindvraag in Vlaanderen en Wallonië worden geleverd, en (ii) de aanzienlijk hogere gemiddelde emissiefactoren in die landen. De voornaamste bilaterale balansen van Vlaanderen met een overschot zijn die met het Verenigd Koninkrijk, de Verenigde Staten en Frankrijk, terwijl die van Wallonië die met Frankrijk en de twee andere gewesten van België zijn.

Figuur 11 Voornaamste bilaterale balansen van ingebedde emissies voor Brussel, Vlaanderen en Wallonië
In Kt CO₂



3.5. Indirecte emissies en het mechanisme voor koolstofcorrectie aan de grens

De invoering van een mechanisme voor koolstofcorrectie aan de grens (*Carbon Border Adjustment Mechanism*, CBAM) voor de invoer van bepaalde industrieproducten in de Europese Unie is een centraal element van de European Green Deal. In december 2022 hebben het Europees Parlement en de Raad een voorlopig akkoord bereikt over een reglementering dienaangaande... Het doel van het CBAM, zoals gedefinieerd in dit akkoord, is te voorkomen dat de door het EU-emissiehandelssysteem opgelegde koolstofprijs (EU-ETS) leidt tot ‘koolstoflekkage’, d.w.z. dat de productie van bepaalde goederen in de EU wordt vervangen door invoer uit landen buiten de EU waar de koolstofprijs lager of zelfs nul is. Het CBAM zal dus een koolstofprijs opleggen die equivalent is met het EU-ETS voor de invoer in de EU van de beoogde producten. Onderstaand kader bevat gedetailleerde informatie over het CBAM en het EU-ETS. De informatie over het CBAM beantwoordt aan het standpunt dat het Europees Parlement heeft ingenomen.

Kader EU-ETS & CBAM

Het **emissiehandelssysteem van de Europese Unie** (EU-ETS) werd vanaf 2005 geleidelijk ingevoerd. Oorspronkelijk was het bedoeld om de EU-landen in staat te stellen hun CO₂-emissiereductiedoelstellingen in het kader van het Kyoto-protocol te halen. In grote lijnen werkt het systeem als volgt: de EU kent jaarlijks een vast aantal CO₂-emissiecertificaten toe voor de sectoren die onder het systeem vallen. De toewijzing geschiedt gratis of via een veiling en het aantal certificaten neemt in de loop der jaren af. De certificaten zijn verhandelbaar, d.w.z. de deelnemende bedrijven (installaties) kunnen ze kopen of verkopen op de Europese koolstofmarkt die voor dit doel is opgericht. Het aanbod en de vraag naar certificaten op deze markt leidt tot een koolstofprijsstelling die een efficiënte toewijzing van certificaten mogelijk moet maken. Die prijs is de afgelopen jaren sterk gestegen. Het EU-ETS bestrijkt de landen van de Europese Economische Ruimte (d.w.z. de EU-landen, Noorwegen, Liechtenstein en IJsland).

Het **mechanisme voor koolstofcorrectie aan de grens** (CBAM) van de EU zou op 1 oktober 2023 in werking treden. Het vult het EU-ETS aan in die zin dat voor de invoer in de EU koolstofcertificaten moeten worden gekocht tegen een prijs die zou zijn betaald als de goederen in de EU waren geproduceerd. Om de koolstofkosten in het kader van het EU-ETS te vermijden, zouden in de EU geproduceerde goederen immers kunnen worden vervangen door ingevoerde goederen. Deze vervanging wordt vaak ook ‘koolstoflekkage’ genoemd. Door ingevoerde producten dezelfde koolstofprijs op te leggen als in het kader van het EU-ETS, moet het CBAM ervoor zorgen dat alle producenten op de EU-markt gelijke concurrentievoorwaarden hebben. Bovendien wil het CBAM met deze koolstofarifiering van de invoer bedrijven die naar de EU exporteren ertoe aanzetten inspanningen te leveren om hun CO₂-emissies te verminderen.

Het CBAM zal geleidelijk worden ingevoerd. In het begin zal het beperkt blijven tot de volgende producten: ijzer en staal, cement, meststoffen, aluminium, elektriciteitsopwekking en waterstof. Deze producten zouden een hoog risico op koolstoflekkage hebben. Gedurende een overgangperiode tot eind 2026 zullen importeurs alleen de broeikasgasemissies in de producten die zij invoeren moeten aangeven. Vanaf 2027 wordt de tarifiering voor de aangegeven emissies van kracht. Gedurende de overgangperiode zullen de aangiften beperkt worden tot de directe emissies. De indirecte emissies zouden in het mechanisme geïntegreerd moeten worden na de overgangperiode. Om gelijke toegangsvoorwaarden tot de Europese markt te waarborgen, zal de gratis distributie van certificaten in het kader van het EU-ETS geleidelijk worden afgeschaft voor producten die onder het CBAM vallen.

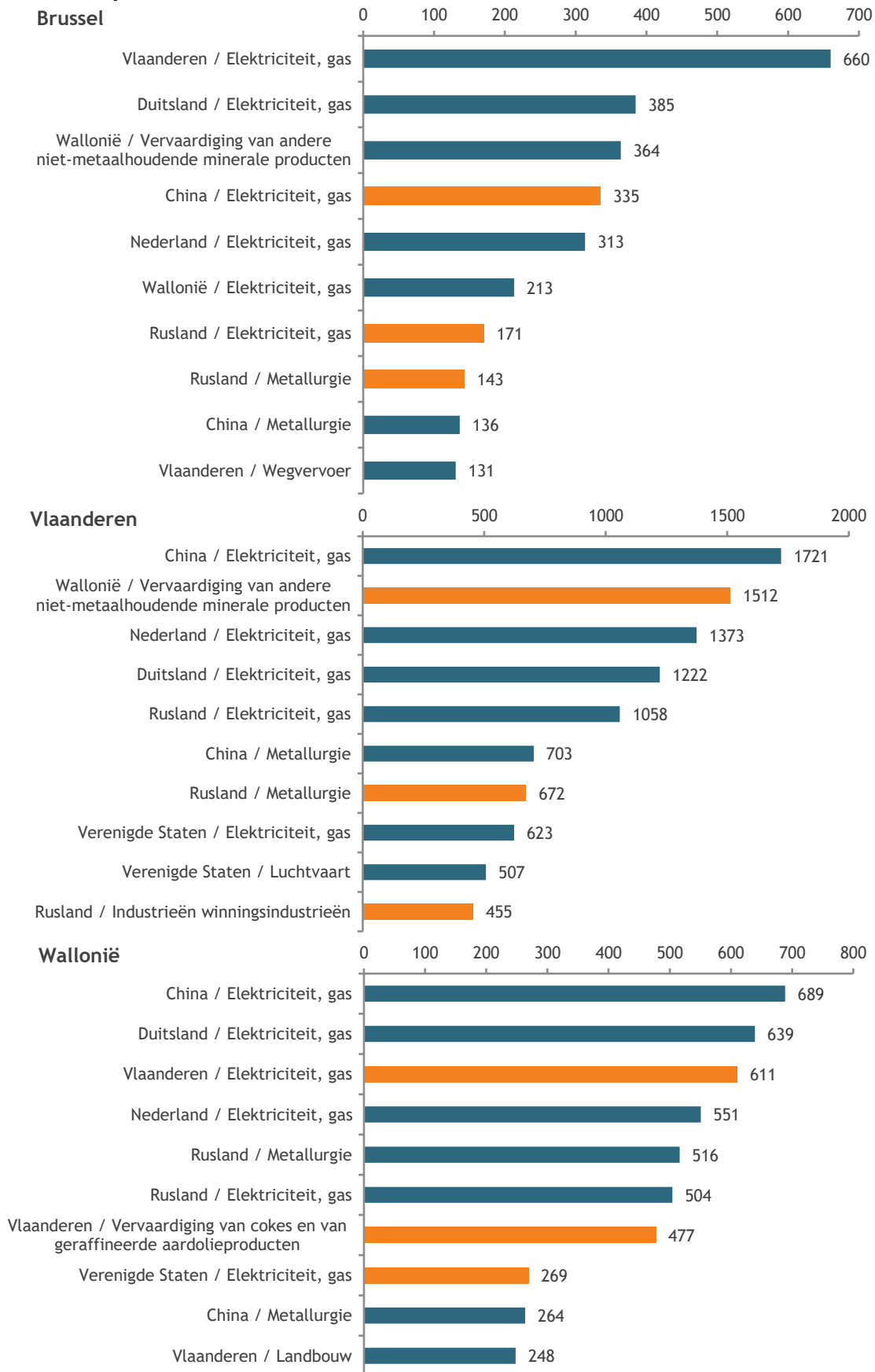
Volgens het oorspronkelijke voorstel van het Europees Parlement zout bij de toepassing van de koolstofprijs op de invoer in het CBAM rekening moeten worden gehouden met zowel directe als indirecte emissies, d.w.z. emissies verder stroomopwaarts in het productieproces van ingevoerde goederen en diensten. Noch het oorspronkelijke voorstel van het Parlement, noch het voorlopig akkoord tussen het Parlement en de Raad bevat echter concrete elementen voor het meten van indirecte emissies. Zij dragen de Europese Commissie slechts op methoden te ontwikkelen voor de berekening van indirecte emissies en de vaststelling van de koolstofprijs voor deze emissies.

De in deze studie toegepaste berekeningsmethode van de koolstofvoetafdruk houdt rekening met zowel directe als indirecte ingebedde emissies. De methode steunt op gegevens per bedrijfstak en meet de directe en indirecte ingebedde emissies in de goederen en diensten die aan de eindvraag van een gewest of land worden geleverd. In dit opzicht verschilt het van de koolstofariferingsmethode die in het CBAM zal worden ingevoerd om de directe en indirecte ingebedde emissies in de invoer van specifieke producten in de EU te bepalen. Ondanks deze verschillen leveren de voor de voetafdruk verkregen resultaten een aantal nuttige lessen op voor de verrekening van indirecte emissies in het kader van het CBAM. In dat verband toont figuur 12 de belangrijkste bijdragen van bedrijfstakken in andere landen of gewesten aan de koolstofvoetafdruk van de drie Belgische gewesten. De emissies van bedrijfstakken in niet-EU-landen (oranje) zijn met een andere kleur gemarkeerd dan de emissies van bedrijfstakken in de andere Belgische gewesten of in EU-landen (blauw), om de niet-EU-emissies die onder het CBAM vallen, te belichten.

Het is duidelijk dat een aanzienlijke hoeveelheid emissies van de bedrijfstakken ‘elektriciteit en gas’ en ‘metaalnijverheid’ in China en Rusland in de eindvraag van elk van de drie gewesten is ingebed. Zoals vermeld in de kader, zal de invoer van producten uit deze bedrijfstakken onderworpen worden aan tarieven in het kader van het CBAM. Voor de bedrijfstak ‘elektriciteit en gas’ gaat het vrijwel uitsluitend om indirecte emissies, d.w.z. stroomopwaartse emissies in het productieproces van goederen en diensten die aan de eindvraag van een van de drie gewesten worden geleverd, aangezien de directe leveringen van deze twee landen aan de eindvraag van de drie gewesten verwaarloosbaar of onbestaande zijn. Dat illustreert hoe belangrijk het is dat indirecte emissies in het kader van het CBAM in aanmerking worden genomen, omdat anders belangrijke emissiebronnen van tarifiering zouden worden uitgesloten.

De situatie is anders voor de ‘metaalnijverheid’. Net zoals voor ‘elektriciteit en gas’ is de invoer uit China en Rusland voor de eindvraag van de gewesten zeer gering. Daarom zijn de emissies van deze bedrijfstak in deze twee landen die in de eindvraag van de gewesten zijn ingebed, hoofdzakelijk emissies die vanuit het oogpunt van de koolstofvoetafdruk als indirect worden beschouwd. Anderzijds importeren Vlaanderen en Wallonië aanzienlijke hoeveelheden producten van de Chinese en Russische metaalnijverheid voor intermediair verbruik. De in deze invoer ingebedde emissies zullen in het kader van het CBAM moeten worden getarifeerd. Zij zijn echter slechts gedeeltelijk ingebed in de eindvraag van de gewesten. Een groot deel van de ingevoerde producten van de metaalnijverheid van China en Rusland wordt namelijk gebruikt als intermediaire input in het productieproces van goederen en diensten die aan de eindvraag in andere landen worden geleverd. Uit dit voorbeeld blijkt dat het opleggen van een koolstofprijs op de invoer gevolgen kan hebben voor de kosten van intermediaire inputs voor de productie van goederen en diensten die uiteindelijk voor de uitvoer bestemd zijn.

Figuur 12 Combinaties landen/bedrijfstakken die het meest bijdragen tot de koolstofvoetafdruk van elk Belgisch gewest
Kt CO₂



Ten slotte moet bij de tarifiering van ingebedde indirecte emissies in het kader van het CBAM ook rekening worden gehouden met wat in de literatuur over de koolstofvoetafdruk 'feedback loop' wordt genoemd (Moran et al., 2017). Het probleem van deze 'feedback loops' kan worden geïllustreerd aan de hand van een voorbeeld. De CO₂-emissies die in Vlaanderen worden uitgestoten bij de productie van een goed dat naar een land buiten de EU wordt uitgevoerd, kunnen als indirecte emissies in de invoer van Vlaanderen worden ingebed indien dat goed wordt gebruikt als intermediaire input bij de productie van goederen of diensten die door Vlaanderen worden ingevoerd. De berekeningsmethode voor de voetafdruk houdt rekening met deze mogelijkheid door gebruik te maken van een globale multiregionale IOT. Indien de door Vlaanderen ingevoerde goederen of diensten bestemd zijn voor de eindvraag, worden bij deze methode de emissies voor de aanvankelijk uitgevoerde productie geboekt als emissies in Vlaanderen die zijn ingebed in de eindvraag van Vlaanderen. In het kader van het CBAM zouden emissies die hun oorsprong vinden in een EU-land en indirect zijn ingebed in de invoer in de EU, logischerwijs moeten worden vrijgesteld van koolstoftarifiering.

4. Besluit

Deze studie presenteert de productiegerelateerde CO₂-emissies en de koolstofvoetafdruk van de drie Belgische gewesten voor het jaar 2015. Die twee indicatoren zijn alternatieve maatstaven voor de bijdrage van de gewesten aan de klimaatverandering. De eerste wijst de CO₂-emissies toe aan het gewest waar de productie plaatsvindt, terwijl de tweede de emissies toewijst aan het gewest waar de goederen en diensten worden geconsumeerd. Het is interessant om deze twee indicatoren op het niveau van de gewesten te bepalen, aangezien het milieubeleid in België in grote mate een regionale bevoegdheid is.

In het kader van deze studie hebben wij daarom luchtemissierekeningen voor de drie gewesten opgesteld volgens dezelfde methode als voor de Belgische luchtemissierekeningen. Deze rekeningen bevatten de regionale productiegerelateerde CO₂-emissies. Voor de berekening van de koolstofvoetafdruk van de gewesten hebben we gebruik gemaakt van een input-outputmodel en de volgende gegevens: (i) de interregionale input-outputtabel 2015 voor België, (ii) de globale multiregionale input-outputtabel van Eurostat en het Joint Research Centre van de Europese Commissie voor hetzelfde jaar, waarin we de interregionale tabel hebben geïntegreerd, en (iii) gegevens over productiegerelateerde CO₂-emissies op regionaal en internationaal niveau.

Uit onze resultaten kunnen verschillende vaststellingen worden gemaakt. Ten eerste tonen de productiegerelateerde CO₂-emissies de verschillen tussen het Brussels Hoofdstedelijk Gewest en de twee andere gewesten. In Vlaanderen en Wallonië liggen de CO₂-emissies per inwoner hoger dan de mediaan van de EU-landen, terwijl ze in Brussel lager zijn dan voor alle EU-landen. Het stedelijk karakter van het Brussels Gewest en zijn op diensten gebaseerde economie, die weinig CO₂ uitstoot, vormen hiervoor de verklaring.

Voor de koolstofvoetafdruk is de situatie heel anders. Per inwoner ligt de koolstofvoetafdruk in Brussel iets hoger dan in Wallonië, maar lager dan in Vlaanderen. Voor de drie gewesten ligt de voetafdruk per inwoner hoger dan de mediaan van de EU-landen. Wat de samenstelling betreft, wordt het grootste deel van de CO₂ die in de voetafdruk van de drie gewesten is opgenomen, buiten de regionale grenzen uitgestoten. Vooral de emissies van de andere gewesten en de buurlanden, met name Duitsland en Nederland, dragen bij aan de voetafdruk van de gewesten, maar ook de emissies van China en Rusland.

Ten slotte is de koolstofvoetafdruk voor alle drie de gewesten groter dan de productiegerelateerde emissies. Bijgevolg vertoont hun balans van ingebedde emissies een tekort. Anders gezegd ze zijn netto-importeurs van CO₂-emissies. Daarom is de bijdrage van de gewesten aan de klimaatverandering groter vanuit consumptie-optiek dan vanuit productie-optiek. Om deze bijdrage te beperken, zouden de regionale overheden enerzijds maatregelen kunnen overwegen die de consument sturen in de richting van producten die minder emissie-intensief zijn en anderzijds maatregelen die de emissies tijdens het productieproces verminderen. Uit onze resultaten blijkt echter dat een aanzienlijk deel van de koolstofvoetafdruk van de gewesten bestaat uit emissies buiten hun grenzen, en dat de regionale overheden weinig invloed hebben op de emissie-intensiteit van delen van de productieprocessen in andere gewesten of landen. In de huidige economie, die gekenmerkt wordt door productiestructuren

die over vele landen verspreid zijn, is dan ook een gecoördineerde aanpak op Belgisch, Europees en mondiaal niveau nodig om de emissies tijdens de volledige productieprocessen terug te dringen.

In toekomstig onderzoek zouden verschillende wegen moeten worden verkend om de resultaten uit deze studie te bevestigen en uit te breiden. Ten eerste zou het nuttig zijn de productiegerelateerde emissies en de koolstofvoetafdruk van de gewesten voor andere, meer recente jaren te bepalen, zodat de evolutie van deze twee indicatoren in de tijd kan worden vergeleken. Daartoe moet de opmaak van regionale luchtmissierekeningen en interregionale input-outputtabellen worden voortgezet. Bovendien zou het bijzonder interessant zijn om te zien wat de impact van de gezondheids crisis in 2020 en 2021 op deze twee indicatoren is. Vervolgens moet een uitbreiding naar andere broeikasgassen dan CO₂ worden overwogen. Een dergelijke uitbreiding hangt echter af van de beschikbaarheid van gegevens over de emissies van die gassen op internationaal niveau. Ten slotte zou een opsplitsing van het eindverbruik van de gezinnen naar inkomensniveau en producttype de bijdragen van de verschillende inkomensgroepen aan de koolstofvoetafdruk kunnen belichten en deze kunnen koppelen aan hun respectieve consumptieniveaus en -profielen.

Bibliografie

- Avonds, L., Hertveldt, B. & Van den Cruyce, B. (2021). *Opmaak van de interregionale input-outputtabel voor het jaar 2015: databronnen en methodologie* (Working Paper 7-21). Federaal Planbureau. https://www.plan.be/publications/publication-2140-nl-opmaak_van_de_interregionale_input_outputtabel_voor_het_jaar_2015_databronnen_en_methodologie
- Christis, M., Geerken, T., Vercaesteren, A., & Vrancken, K. C. (2017). Improving footprint calculations of small open economies: combining local with multi-regional input-output tables. *Economic Systems Research*, 29(1), 25-47. <https://doi.org/10.1080/09535314.2016.1245653>
- European Commission, Joint Research Centre, Román, M., Corsatea, T., Amores, A. (2019). *World input-output database environmental accounts: update 2000-2016*, Publications Office. <https://data.europa.eu/doi/10.2760/024036>
- Edens, B., Hoekstra, R., Zult, D., Lemmers, O., Wilting, H., & Wu, R. (2015). A method to create carbon footprint estimates consistent with national accounts. *Economic Systems Research*, 27(4), 440-457. <https://doi.org/10.1080/09535314.2015.1048428> et al 2015
- Froemelt, A., Geschke, A., & Wiedmann, T. (2021). Quantifying carbon flows in Switzerland: top-down meets bottom-up modelling. *Environmental Research Letters*, 16(1). <https://doi.org/10.1088/1748-9326/abcdd5>
- Hambjæ, C., Hertveldt, B., & Michel, B. (2017). *Belgium's Carbon Footprint - Calculations based on a national accounts consistent global multi-regional input-output table* (Working Paper 10-17). Federaal Planbureau. https://www.plan.be/publications/publication-1712-nl-belgium_s_carbon_footprint_calculations_based_on_a_national_accounts_consistent_global_multi_regional
- Ivanova, D., Vita, G., Steen-Olsen, K., Stadler, K., Melo, P. C., Wood, R., & Hertwich, E. G. (2017). Mapping the carbon footprint of EU regions. *Environmental Research Letters*, 12(5), 54013-. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/aa6da9>
- Minx, J., Baiocchi, G., Wiedmann, T., Barrett, J., Creutzig, F., Feng, K., Förster, M., Pichler, P.-P., Weisz, H., & Hubacek, K. (2013). Carbon footprints of cities and other human settlements in the UK. *Environmental Research Letters*, 8(3), 35039-. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/8/3/035039>
- Moran, D., Wood, R., & Rodrigues, J. F. D. (2018). A Note on the Magnitude of the Feedback Effect in Environmentally Extended Multi-Region Input-Output Tables. *Journal of Industrial Ecology*, 22(3), 532-539. <https://doi.org/10.1111/jiec.12658>
- Osei-Owusu Kwame, A., Thomsen, M., Lindhal, J., Javakhishvili Larsen, N., & Caro, D. (2020). Tracking the carbon emissions of Denmark's five regions from a producer and consumer perspective. *Ecological Economics*, 177, 106778-. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2020.106778>
- Peters, G. P. (2010). Carbon footprints and embodied carbon at multiple scales. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 2(4), 245-250. <https://doi.org/10.1016/j.cosust.2010.05.004>

- European Commission & Eurostat (2019). *EU inter-country supply, use and input-output tables: full international and global accounts for research in input-output analysis (FIGARO): 2019 edition*, Publications Office. <https://data.europa.eu/doi/10.2785/385561>
- Scrucca, F., Barberio, G., Fantin, V., Porta, P. L., & Barbanera, M. (2020). Carbon Footprint: Concept, Methodology and Calculation. In *Carbon Footprint Case Studies* (pp. 1-31). Springer Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-15-9577-6_1
- Towa, E., Zeller, V., Merciai, S., Schmidt, J. & Achten, WM. (2022). Toward the development of subnational hybrid input-output tables in a multiregional framework. *Journal of Industrial Ecology*, 26(1), 88–106. <https://doi.org/10.1111/jiec.13085>
- Tukker, A. & Dietzenbacher, E. (2013). Global multiregional input-output frameworks: an introduction and outlook. *Economic Systems Research*, 25(1), 1–19. <https://doi.org/10.1080/09535314.2012.761179>
- Tukker, A., Bulavskaya, T., Giljum, S., de Koning, A., Lutter, S., Simas, M., Stadler, K. & Wood, R. (2014). The Global Resource Footprint of Nations. Carbon, water, land and materials embodied in trade and final consumption calculated with EXIOBASE 2.1 (TNO).
- Turner, K., Lenzen, M., Wiedmann, T., & Barrett, J. (2007). Examining the global environmental impact of regional consumption activities – Part 1: A technical note on combining input-output and ecological footprint analysis. *Ecological Economics*, 62(1), 37-44. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2006.12.002>
- Vercalsteren A., Boonen K., Christis M., Dams Y., Dils E., Geerken T. & Van der Linden A. (VITO), Vander Putten E. (VMM) (2017), *Koolstofvoetafdruk van de Vlaamse consumptie*, studie uitgevoerd in opdracht van de Vlaamse Milieumaatschappij, MIRA, MIRA/2017/03, VITO, VITO/2017/SMAT/R.
- Wackernagel, M. & Rees, W. (1996). *Our Ecological Footprint: Reducing Human Impact on the Earth*. Gabriola Island: New Society Publishers.
- Wiedmann, T. & Minx, J. (2008). A Definition of 'Carbon Footprint'. In: C. C. Pertsova, *Ecological Economics Research Trends* (pp. 1-11), Hauppauge NY, USA: Nova Science Publishers. Retrieved from https://www.novapublishers.com/catalog/product_info.php?products_id=5999
- Wiedmann, T. & Lenzen, M. (2018). Environmental and social footprints of international trade. *Nature Geoscience*, 11(5), 314–321. <https://doi.org/10.1038/s41561-018-0113-9>
- World Meteorological Organization (2022). *United in Science 2022*. https://public.wmo.int/en/resources/united_in_science
- Yamano, N. & Guilhoto, J. (2020). CO₂ emissions embodied in international trade and domestic final demand: Methodology and results using the OECD Inter-Country Input-Output Database. *IDEAS Working Paper Series from RePEc*, 2020(11), 1-57. <https://doi.org/10.1787/8f2963b8-en>
- Zeller, V. (2017). *Evaluating Environmental Impacts from Production and Consumption at Regional Level with Input-Output Life Cycle Assessment* (PhD thesis). Université Libre de Bruxelles, Belgium.

Bijlagen

A.1. Methodologie voor de berekening van de koolstofvoetafdruk

In deze bijlage wordt de methode voor de berekening van de koolstofvoetafdruk nader toegelicht. Ze wordt geïllustreerd aan de hand van een globaal input-outputmodel dat vier geografische zones bestrijkt, namelijk de drie Belgische gewesten (regio's $r = 1, 2$ en 3) en de rest van de wereld (regio $r = 4$). In feite bestaat de rest van de wereld uit veel landen, die we voor een vlotte leesbaarheid in de presentatie van het model samenvoegen. Op dezelfde manier is de productieactiviteit in elk gewest onderverdeeld in n bedrijfstakken, maar ter vereenvoudiging laten we de bedrijfstakindex uit de formules weg.

Uit het klassieke Leontief input-outputmodel kan vergelijking (1) worden afgeleid. Dit is de centrale vergelijking die de eindvraag - eindverbruik van de gezinnen, eindverbruik van de overheid en investeringen - relateert aan de emissies, rekening houdend met alle in de input-outputtabel vermelde intermediaire toeleveringsschakels voor goederen en diensten. Zo kunnen we voor elk van de drie Belgische gewesten de koolstofvoetafdruk bepalen en deze vergelijken met de productiegerelateerde emissies. Ze wordt gepresenteerd in matrixvorm en in gepartitioneerde matrices om de verbanden tussen de vier geografische zones weer te geven.⁸

$$E = \hat{w} * L * Y \quad (1)$$

$$\begin{bmatrix} e^{11} & e^{12} & \dots & e^{14} \\ e^{21} & e^{22} & & \\ \vdots & & \ddots & \vdots \\ e^{41} & & \dots & e^{44} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \hat{w}^1 & 0 & \dots & \\ 0 & \hat{w}^2 & & \\ \vdots & & \hat{w}^3 & \\ & & & \hat{w}^4 \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} L^{11} & L^{12} & \dots & L^{14} \\ L^{21} & L^{22} & & \\ \vdots & & \ddots & \vdots \\ L^{41} & & \dots & L^{44} \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} y^{11} & y^{12} & \dots & y^{14} \\ y^{21} & y^{22} & & \\ \vdots & & \ddots & \vdots \\ y^{41} & & \dots & y^{44} \end{bmatrix}$$

In deze vergelijking geeft de diagonale vector \hat{w} de emissie-intensiteit per euro output weer voor alle bedrijfstakken in de vier geografische zones. Voor zone r is \hat{w}^r dus van dimensie (nxn) met alleen waarden op de diagonaal. De matrix L is de Leontief-inverse. Het element L_{ij}^{rs} van matrix L^{rs} meet de waarde van de output van bedrijfstak i in zone r die, via de toeleveringsketen van intermediaire inputs, nodig is voor één euro output van bedrijfstak j in zone s bestemd voor de eindvraag. De matrix L^{rs} , van dimensie (nxn) , bevat dus alle output van de bedrijfstakken in zone r die wordt gebruikt als intermediaire inputs voor de output van de bedrijfstakken in zone s bestemd voor de eindvraag. Tot slot vertegenwoordigt matrix Y de eindvraag en bestaat uit de vectoren y^{rs} van dimensie $(nx1)$ die de waarden bevatten van de leveringen van de bedrijfstakken van zone r aan de eindvraag van zone s . De eerste kolom van deze matrix Y vertegenwoordigt dus de vector van de eindvraag van zone 1, gericht aan alle bedrijfstakken in alle geografische zones.

De matrix E kan worden geïnterpreteerd door de matrixvermenigvuldiging van het rechterlid van vergelijking (1) uit te leggen.

⁸ In de voorgestelde formules worden de matrices voorgesteld met hoofdletters, de vectoren met kleine letters en de scalaren met schuingedrukte kleine letters.

$$\begin{bmatrix} e^{11} & e^{12} & \dots & e^{14} \\ e^{21} & e^{22} & & \\ \vdots & & \ddots & \vdots \\ e^{41} & & \dots & e^{44} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \sum_t \hat{w}^1 L^1 y^{t1} & \sum_t \hat{w}^1 L^1 y^{t2} & \dots & \sum_t \hat{w}^1 L^1 y^{t4} \\ \sum_t \hat{w}^2 L^2 y^{t1} & \sum_t \hat{w}^2 L^2 y^{t2} & \dots & \sum_t \hat{w}^2 L^2 y^{t4} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \sum_t \hat{w}^4 L^4 y^{t1} & \sum_t \hat{w}^4 L^4 y^{t2} & \dots & \sum_t \hat{w}^4 L^4 y^{t4} \end{bmatrix} \quad (2)$$

In gepartitioneerde vorm is matrix E dus samengesteld uit vectoren e^{rs} van dimensie $(nx1)$. Een dergelijke vector $e^{rs} = \sum_t \hat{w}^r L^r y^{ts}$ geeft de totale broeikasgassen aan die door zone r , bedrijfstak per bedrijfstak, worden uitgestoten om aan de eindvraag van zone s voldoen. Dat omvat niet alleen de CO₂ die wordt uitgestoten tijdens de productie in zone r van goederen en diensten die rechtstreeks worden geleverd aan de eindvraag in zone s , maar ook de emissies voor de productie in zone r van intermediaire inputs in de productieprocessen van goederen en diensten die worden geleverd aan de eindvraag in zone s .

Uit matrix E kunnen voor een zone r zowel de productiegerelateerde emissies ($p(r)$) als de voetafdruk ($c(r)$) worden bepaald, d.w.z. alle emissies die nodig zijn om aan de eindvraag van de zone te voldoen.

$$p(r) = i * p^r \text{ met } p^r = \sum_s e^{rs} \quad (3)$$

$$c(r) = i * c^r \text{ met } c^r = \sum_s e^{sr} \quad (4)$$

De vector p^r is van dimensie $(nx1)$ en bevat de productiegerelateerde emissies van de bedrijfstakken in zone r . Dit is dus de vector van de rijtotalen van E voor elke bedrijfstak van r . De som van p^r over de n bedrijfstakken ($i * p^r$ waarbij i een sommatievector is met dimensie $(1xn)$) geeft de totale productiegerelateerde emissies voor die zone ($p(r)$). De vector c^r is eveneens van dimensie $(nx1)$ en omvat de emissies die in alle zones worden uitgestoten om aan de eindvraag van zone r te voldoen (voor de output van elke tak). Dit is de som van de vectoren e^{sr} in de kolom van E die overeenkomt met zone r . De vectoren e^{sr} met $s \neq r$ omvatten emissies uit andere zones die dienen om aan de eindvraag van zone r te voldoen en maken het dus mogelijk het aandeel van verschillende zones in de voetafdruk van r te meten. De voetafdruk van de zone r ($c(r)$) bestaat uit de som van de elementen van c^r .

Het verschil tussen de productiegerelateerde emissies en de voetafdruk vormt de balans van ingebedde emissies (Serrano et Dietzenbacher, 2010). De term *ingebed* wordt toegevoegd om aan te geven dat het gaat om alle emissies uitgestoten in de toeleveringsketen voor de productie van een goed dat aan de eindvraag wordt geleverd.

$$beet(r) = eex(r) - eem(r) = p(r) - c(r) \quad (5)$$

In deze vergelijking staat $beet(r)$ voor de balans van ingebedde emissies van zone r , die het verschil weergeeft tussen de ingebedde emissies in de uitvoer ($eex(r)$) en de ingebedde emissies in de invoer

($eem(r)$).⁹ Als die balans positief is, is zone r een netto-uitvoerder van emissies, en als hij negatief is, is zone r een netto-invoerder van emissies. De vergelijking geeft ook aan dat netto-uitvoerders meer emissies produceren dan verbruiken, terwijl netto-invoerders meer emissies verbruiken dan produceren, d.w.z. dat ze voor de productie en emissies die nodig zijn om aan hun eindvraag te voldoen, afhankelijk zijn van andere zones. Op mondiaal niveau is de som van de koolstofvoetafdrukken gelijk aan de som van de productiegerelateerde emissies.

Ten slotte kunnen de elementen van de gepartitioneerde matrix E ook worden gebruikt om bilaterale balansen van ingebedde emissies te bepalen.

$$bbeet(r, s) = e^{rs} - e^{sr} \quad (6)$$

De som van de bilaterale emissiebalansen van een zone komt overeen met zijn totale emissiebalans ($beet(r) = \sum_s bbeet(r, s)$). Die bilaterale balansen zijn van bijzonder belang om de bijdrage van de interregionale stromen aan de totale emissiebalans voor de drie Belgische gewesten in te schatten.

A.2. Methodologische details over de opbouw van de gegevens

Input-outputgegevens

De input-outputgegevens voor de gewesten van België zijn afkomstig van de interregionale IOT 2015 voor België (iRIO). Die tabel werd in 2021 opgesteld door het FPB (Avonds et al., 2021)¹⁰ en is in overeenstemming met de vintage 2019 van de Belgische nationale rekeningen. Deze tabel is van het bedrijfstak x bedrijfstak type en heeft als voordeel dat hij grotendeels gebaseerd is op gegevens op individueel ondernemingsniveau. In de meest gedetailleerde versie (werkformaat) bevat deze tabel ongeveer 130 bedrijfstakken volgens een nomenclatuur die is afgeleid van NACE Rev.2.

Ter illustratie wordt de iRIO2015 hieronder in een sterk geaggregeerde vorm weergegeven (tabel A.1). De verticale lezing van de interregionale IOT geeft de kostenstructuur van de productie van de bedrijfstakken van elk gewest weer, namelijk de aankopen van intermediaire goederen en diensten naar oorsprong en de toegevoegde waarde. Intermediaire goederen en diensten kunnen afkomstig zijn uit het eigen gewest (intraregionaal), de andere gewesten (interregionaal) of het buitenland (internationale invoer). De horizontale lezing geeft de bestemming van de productie van elke bedrijfstak in elk gewest. Het kan worden geleverd aan de intermediaire of eindvraag in hetzelfde gewest (grijze cellen) of in een ander gewest, of het kan worden uitgevoerd, d.w.z. geleverd aan het buitenland.

⁹ De namen van de variabelen zijn afgeleid van de Engelse terminologie: *beet* voor 'balance of emissions embodied in trade', *eex* voor 'emissions embodied in exports', *eem* voor 'emissions embodied in imports' en *bbeet* voor 'bilateral balance of emissions embodied in trade'.

¹⁰ Deze werkzaamheden werden uitgevoerd in het kader van een conventie met de drie gewestelijke statistische autoriteiten, namelijk het Brussels Instituut voor Statistiek en Analyse (BISA), de Vlaamse Statistische Autoriteit (VSA) en het Institut wallon de l'évaluation, de la prospective et de la statistique (IWEPS).

Tabel A.1 Geaggregeerde interregionale input-outputtabel voor België (iRIO), 2015
In miljard euro

		Intermediaire vraag						Eindvraag			Uitvoer	Totaal
		BR		VL		WA		BR	VL	WA		
		G	D	G	D	G	D					
BR	G	1,8	1,6	4,6	2,1	1,8	1,0	2,9	2,0	1,8	10,3	29,8
	D	2,3	20,4	3,7	12,0	2,0	5,5	23,1	15,4	11,8	27,5	123,5
VL	G	3,3	2,0	47,6	13,1	4,9	1,8	3,0	40,7	6,1	97,5	220,0
	D	1,0	7,7	23,6	64,6	2,6	4,7	4,5	120,3	9,5	60,6	299,3
WA	G	1,6	1,0	5,8	1,7	10,6	3,2	1,5	3,6	12,8	23,7	65,5
	D	0,5	3,4	1,7	3,5	5,9	16,8	2,3	7,0	51,1	16,7	109,1
Invoer	G	11,3	2,2	62,8	8,8	12,5	3,1	5,8	28,7	13,2	88,3	
	D	1,5	18,2	10,9	29,3	4,3	6,1	1,5	6,1	5,0	0,2	
Productgebonden belastingen		0,2	2,3	1,4	5,2	0,3	1,9	3,1	18,1	9,9	0,9	
Toegevoegde waarde		6,2	64,6	58,1	158,9	20,6	64,9					
Totale productie		29,8	123,5	220,0	299,3	65,5	109,1					

BR: Brussel, VL: Vlaanderen, WA: Wallonië

G = goederen (NACE Rev. 2 bedrijfstakken 01 t/m 43), D = diensten (NACE Rev. 2 bedrijfstakken 45 t/m 97).

Om de koolstofvoetafdruk van de gewesten te berekenen, moet de iRIO geïntegreerd worden in een globale multiregionale IOT. Er bestaan verschillende databanken van globale multiregionale IOT's.¹¹ We hebben de databank FIGARO (Full International and Global Accounts for Research in Input-Output Analysis) gekozen, die werd ontwikkeld door Eurostat en het Joint Research Centre (JRC) van de Europese Commissie.¹² De databank bevat globale multiregionale IOT's van het bedrijfstak x bedrijfstak type voor de jaren 2010 tot 2019. De FIGARO-IOT's omvatten 45 landen (de 27 EU-lidstaten (inclusief België) en 18 niet-EU-landen¹³), alsook een zone 'rest van de wereld' die zorgt voor een mondiale dekking. De gegevens voor de EU-lidstaten, het Verenigd Koninkrijk en de Verenigde Staten worden gepresenteerd op een detailniveau van 64 bedrijfstakken, terwijl ze voor de andere landen voorgesteld worden op een niveau van 30 bedrijfstakken. De bedrijfstakclassificatie is gebaseerd op NACE Rev.2.

Om de iRIO2015 te integreren in de globale multiregionale FIGARO-IOT van hetzelfde jaar dienen de gegevens voor België in de FIGARO-IOT vervangen te worden door de iRIO-gegevens. Het resultaat van deze integratie wordt schematisch weergegeven in figuur 3 in de hoofdtekst.

Bepaalde aspecten van de integratie van de iRIO in de globale multiregionale FIGARO-IOT verdienen meer aandacht. Eerst moet de internationale in- en uitvoer van de gewesten in de iRIO per partnerland worden uitgesplitst. Dat werd uitgevoerd op het meest gedetailleerde aggregatieniveau per iRIO-bedrijfstak, op basis van gegevens over de buitenlandse handel van goederen en diensten per onderneming, productcategorie en partnerland. Die werkwijze laat toe om voor elke bedrijfstak in elk gewest rekening te houden met de bijzonderheden van de handelsstructuren per partnerland. Ten tweede, hoewel de bedrijfstakclassificatie van de iRIO en van de multiregionale FIGARO-IOT allebei

¹¹ Voor een overzicht van de globale multiregionale IOT's, zie Tukker en Dietzenbacher (2013).

¹² Voor een gedetailleerde beschrijving van de FIGARO-databank, zie Rémond-Tiédrez, et Rueda-Cantucho (2019).

¹³ Het Verenigd Koninkrijk, de Verenigde Staten, Argentinië, Australië, Brazilië, Canada, Zwitserland, China, Indonesië, India, Japan, Zuid-Korea, Mexico, Noorwegen, Rusland, Saudi-Arabië, Turkije en Zuid-Afrika.

gebaseerd zijn op de NACE Rev.2, moesten – met het oog op de integratie – de iRIO-bedrijfstakken geaggregeerd worden op het niveau van de 64 bedrijfstakken die in de FIGARO-IOT voor België worden onderscheiden.

Tabel A.2. Bbp van België in 2015, vanuit de drie optieken, berekend op basis van de interregionale IOT voor België (iRIO) en de globale multiregionale FIGARO-IOT
In miljoen euro

Berekening van het bbp		iRIO	FIGARO	Vershil
Productie-optiek	Productie	847 248,4	847 249,2	0,8
	- Intermediair verbruik	473 946,6	473 947,6	1,0
	= Toegevoegde waarde	373 301,9	373 301,6	0,3
	+ productgebonden belastingen minus subsidies	43 399,9	43 129,8	270,1
	= bbp	416 701,8	416 431,4	270,4
Inkomensoptiek	Beloning van werknemers	208 128,0	208 128,0	0
	+ Bruto-exploitatieoverschot en bruto gemengd inkomen	168 450,8	168 450,8	0
	+ Saldo van de niet-productgebonden belastingen en subsidies	-3 277,2	-3 277,2	0
	= Toegevoegde waarde	373 301,6	373 301,6	0
	+ Nettobelastingen op producten	43 399,9	43 139,8	270,1
	= bbp	416 701,5	416 431,4	270,1
Bestedingsoptiek	Eindverbruik	312 334,5	312 334,5	0
	+ Bruto-investeringen in vaste activa	95 689,0	95 689,0	0
	+ Voorraadwijzigingen	2 769,2	2 769,1	0,1
	+ Uitvoer	237 262,4	230 133,7	7 128,7
	- Invoer	231 353,6	224 494,9	6 858,7
	= bbp	416 701,5	416 431,4	270,1

Ten slotte houdt de opbouw van een globale multiregionale IOT in dat nationale IOT's en internationale handelsgegevens worden gecombineerd in een evenwichtig kader, waardoor sommige gegevens moeten worden aangepast door inconsistenties tussen die verschillende bronnen. Bijgevolg wijken de gegevens in multiregionale IOT's vaak af van de gegevens in de oorspronkelijke nationale IOT's. Dat is ook het geval voor België in de FIGARO-IOT van 2015. De vervanging van de gegevens voor België in de multiregionale IOT door gegevens van de iRIO leidt dus tot onevenwichten, waarvan de omvang afhangt van de omvang van de aanpassing die de gegevens voor België ondergaan hebben bij het in evenwicht brengen van de multiregionale IOT. Een van de elementen die onze keuze voor FIGARO boven andere globale multiregionale IOT's hebben gemotiveerd, is juist dat de gegevens voor België dicht aanleunen bij de nationale tabellen. Tabel A.2 vergelijkt het bbp van België berekend volgens de drie traditionele optieken op basis van de iRIO enerzijds met de multiregionale FIGARO-IOT anderzijds. De verschillen voor deze grote aggregaten zijn klein, behalve voor de uitvoer en invoer, waar het verschil groter is door een verschil in de schatting van de wederuitvoer.

Daarom hebben we de iRIO (met een uitsplitsing van de internationale handelsstromen per partnerland) geïntegreerd in de globale multiregionale FIGARO-IOT door (i) de IOT-gegevens onveranderd te laten en (ii) de gegevens van de andere landen aan te passen met behulp van de bi-proportionele RAS-methode om de onevenwichten als gevolg van het injecteren van de Belgische gegevens weg te werken. Het resultaat is een globale multiregionale tabel die de drie gewesten van België omvat met een detail van 64 bedrijfstakken. In totaal omvat deze tabel 47 landen/gewesten plus de rest van de wereld.

CO₂-emissies

De constructie van de broeikasgasemissiegegevens voor de Belgische gewesten wordt beschreven in de hoofdtekst. Daarnaast zijn voor de berekening van de koolstofvoetafdruk van de gewesten emissiegegevens nodig voor de landen die zijn opgenomen in de globale multiregionale IOT. Eurostat heeft echter nog geen emissiegegevens gepubliceerd die compatibel zijn met de FIGARO-IOT. Daarom hebben we gebruik gemaakt van de milieugegevensbank die door het JRC is gepubliceerd in het kader van het WIOD-project (World Input-Output Database).¹⁴ Die databank bevat alleen CO₂-emissies, waardoor wij ons voor de berekening van de voetafdruk van de Belgische gewesten tot dat soort emissies moesten beperken. Voorts zijn die gegevens compatibel met de globale multiregionale IOT's van WIOD, wat betekent dat zij 43 landen en een rest van de wereld bestrijken met een uitsplitsing naar 56 bedrijfstakken volgens de NACE Rev.2. Ondanks een brede compatibiliteit komt de landendekking niet volledig overeen met die van de multiregionale FIGARO-IOT, noch met de uitsplitsing in bedrijfstakken. Er zijn dus verschillende aggregaties nodig geweest om die twee databanken te combineren. Concreet hebben we: (i) Zuid-Afrika, Saudi-Arabië en Argentinië samengevoegd met de rest van de wereld in de multiregionale FIGARO-IOT, aangezien die landen niet zijn opgenomen in de WIOD-emissiegegevens, (ii) de emissies van Taiwan toegevoegd aan de rest van de wereld voor de WIOD-emissiegegevens, aangezien Taiwan niet afzonderlijk is opgenomen in de multiregionale FIGARO-IOT, (iii) de gegevens van de multiregionale FIGARO-IOT voor de EU-landen, het VK en de VS van 64 bedrijfstakken samengevoegd tot de 56 bedrijfstakindeling van WIOD, en (iv) de emissiegegevens van WIOD voor andere landen samengevoegd tot de 30 bedrijfstakken van de multiregionale FIGARO-IOT.

Samengevat omvat de databank die voor onze berekeningen van de voetafdruk van de Belgische gewesten is opgebouwd dus een globale multiregionale IOT met 44 landen/gewesten, plus de rest van de wereld, gekoppeld aan gegevens over CO₂-emissies met dezelfde geografische dekking. Het detail is 56 bedrijfstakken voor de gewesten van België, de EU-landen, het VK en de VS, en 30 bedrijfstakken voor de overige landen.

¹⁴ De methode voor het opstellen van die gegevens is beschreven in Corsatea et al. (2019).

A.3. Extra figuren

