



Vlaanderen
is economie, wetenschap
& innovatie



Onderzoeksoverzicht van de Vlaamse bio-economie

Eindrapport

DEPARTEMENT
ECONOMIE
WETENSCHAP &
INNOVATIE

www.ewi-vlaanderen.be

Eindrapport

Onderzoeksoverzicht
van de Vlaamse bio-economie

Colofon

Het Eindrapport "Onderzoeksoverzicht van de Vlaamse bio-economie" is een publicatie in opdracht van het Departement Economie, Wetenschap en Innovatie (EWI) van de Vlaamse overheid uitgevoerd door Technopolis Group.

Verantwoordelijke uitgever

Johan Hanssens, Secretaris-generaal

Vlaamse overheid, Departement Economie, Wetenschap en Innovatie (EWI)
Koning Albert II-laan 35, bus 10
1030 Brussel

Info.ewi@vlaanderen.be

Tel.: 02 553 59 80

Auteurs

Gerwin Evers, Lisanne Saes, Alfredo Yegros, Wout Lamers, Erwin Karsten, Lonneke Schrijver, Geert van der Veen
Technopolis Group, www.technopolis-group.com

Contact

Dries Maes, Beleidsmedewerker, dries.maes@vlaanderen.be

Datum van uitgave

maart 2023

Depotnummer

D/2023/3241/126

Coverbeeld

© Shutterstock

Overname is alleen toegestaan met bronvermelding.

Het Departement EWI aanvaardt geen aansprakelijkheid voor het gebruik van de in dit rapport opgenomen informatie.

Inhoudsopgave

Managementsamenvatting	2
1 Introductie	4
1.1 Achtergrond	4
1.2 Scoping van de opdracht	4
1.3 Methodologische benadering	5
1.4 Indicatoren	6
1.5 Opzet van het rapport	7
2 Overzicht Vlaanderen	8
2.1 Trends in Vlaanderen	8
2.2 Indicatoren per OESO-onderzoeksgebied	9
2.3 Vlaamse onderzoeksgroepen: onderzoeksprojecten	12
2.4 De Vlaamse maatschappelijke impact	12
3 De Vlaamse bio-economie in internationaal perspectief	14
3.1 Selectie benchmarks	14
3.2 Landen benchmarks	15
3.3 Regio benchmarks	16
3.4 Samenvatting benchmark	17
4 Beloftevolle subdomeinen voor Vlaanderen	19
4.1 Selectie subdomeinen	19
4.2 Gezamenlijk overzicht van de zes domeinen	20
4.3 Analyse subdomeinen	22
4.4 Contextualisering en validatie statistieken	23
4.5 Gemeenschappelijke trends	23
4.6 Fiches subdomeinen	24
5 Conclusies en aanbevelingen	37
5.1 Samenvatting	37
5.2 Aanbevelingen	38
Bijlage A Bibliometrische analyse	39

Managementsamenvatting

Context

De bio-economie kan en zal een belangrijke rol spelen in de transitie naar een duurzame Vlaamse economie. Aangezien er nog veel technieken te ontwikkelen zijn, ligt er een belangrijke taak voor de Vlaamse wetenschap op dit gebied. Omdat er nog onvoldoende zicht was op de sterktes van het Vlaamse wetenschappelijk bio-economische onderzoek, heeft Departement EWI onderzoeksbureau Technopolis en het Centrum voor Wetenschaps- en Technologiestudies van Universiteit Leiden (CWTS) gevraagd om inzicht te geven in de elementen binnen de bio-economie waarop Vlaanderen excelleert of zou kunnen excelleren.

Methode

Voor deze studie is de bio-economie afgebakend tot alle activiteiten die gebruik maken van organisch materiaal of van biologische processen. Enige uitzondering hierop vormt onderzoek dat enkel het menselijk lichaam zelf tot onderwerp heeft. Met deze afbakening wordt ongeveer 30% van de totale Vlaamse academische output geschaard onder de bio-economie. Dit betekent dat we spreken over een veld met vele duizenden onderzoekers en tienduizenden publicaties over de periode 2014-2020. Voor dit veld moet inzicht gegeven worden in (het potentieel tot) wetenschappelijke, economische en maatschappelijke impact in de onderzoeksactiviteiten die plaatsvinden in Vlaanderen.

Gezien deze omvang is de insteek voor dit onderzoeksoverzicht grotendeels kwantitatief georiënteerd, waarbij op een geautomatiseerde wijze gestandaardiseerde indicatoren bij elkaar zijn gebracht. Daarnaast is een brede vertegenwoordiging van stakeholders uit de Vlaamse wetenschap betrokken bij het onderzoek via onder meer een klankbordgroep met vertegenwoordigers van de Vlaamse kennisinstellingen, interviews met Vlaamse experts en workshops met Vlaamse wetenschappers.

Bevindingen

Op basis van de data-analyses en de stakeholder workshops met wetenschappers voor zes beloftevolle subdomeinen kwamen de volgende aandachtspunten naar voren:

Sterke regio, al blijft absolute omvang beperkt: in de benchmark met andere vooraanstaande Europa's scoort Vlaanderen zowel goed op kwantiteit en kwaliteit van het onderzoek en behoort het tot top 3 of 4 van de gebenchmarkte regio's. Tegelijkertijd zijn dit kleine aantallen in mondiaal perspectief.

Samenwerking met bedrijfsleven gaat goed, al missen er echt grote bedrijven: er is in vergelijking met andere landen veel aansluiting van het onderzoek op industrie. Samenwerking met bedrijfsleven als vereiste voor onderzoeksfinanciering en valorisatiemanagers helpen de brug te slaan tussen de academie en het bedrijfsleven. Hoewel er voldoende kleinere bedrijven zijn, worden grote bedrijven gemist in Vlaanderen.

Beperkte kennisdeling, al zijn er wel beloftevolle initiatieven op het gebied van 'citizen science': kennis blijft beperkt tot onderzoekers zelf of wordt enkel gedeeld met academische collega's. Er moet meer ruimte komen voor verdere verspreiding van de ontwikkelde kennis. 'Citizen science' initiatieven worden ervaren als waardevolle initiatieven om het onderzoek breder onder de aandacht te brengen.

Beperkte toevoer van nieuw talent: in sommige domeinen van de bio-economie, zoals die terreinen die aansluiten op de agrarische sector, is er een beperkte en afnemende

interesse van studenten. Ook bestaat er nu al een ruime onvervulde behoefte aan bio-informatici. Het op niveau krijgen van de interesse van jongeren in deze sectoren is cruciaal voor de toekomst van het onderzoek op het gebied van de bio-economie en de mogelijkheden voor benutting van nieuw ontwikkelde kennis op dit terrein door het bedrijfsleven

Mismatch onderzoeksfinanciering en onderzoekspraktijk: op het gebied van onderzoeksfinanciering zat het grootste pijnpunt in de korte perioden waarin gesubsidieerd onderzoek verricht en de impact gerealiseerd moet worden, welke niet goed aansluiten bij de onderzoekswerkelijkheid in deze sector. In bio-economie onderzoek gaat al veel tijd zitten in de opzet van een onderzoek, en duren onderzoeken ook vaak lange tijd (o.m. vanwege trage natuurlijke processen). Op onderzoeksterrein is er verder behoefte aan meer specifieke calls en panels gericht op de specifieke uitdagingen van de verschillende subdomeinen binnen de bio-economie.

Onduidelijkheid en achterblijvende wetgeving: in verschillende subdomeinen zorgt onduidelijkheid over wetgeving en beperkende Europese en Vlaamse wetgeving ervoor dat de benutting van de Vlaamse kennis en expertise achterblijft.

Aanbevelingen

De voorliggende studie bevestigt bestaande inzichten over de Vlaamse bio-economie en heeft geleid tot verschillende nieuwe inzichten. Op basis van onze bevindingen doen we een aantal aanbevelingen voor de verdere ontwikkeling van de Vlaamse bio-economie:

Versterk Europese samenwerking: Europese samenwerking kan op verschillende terreinen kansen bieden om ook als relatief kleine regio in mondiaal perspectief een sterke positie te behouden. Vlaanderen nabijheid tot andere sterke regio's in Europa, sterke infrastructuur en een goed opgeleide bevolking bieden een goede uitgangspunt om een leidende rol te spelen in Europese netwerken.

Versterk menselijk kapitaal: de interesse onder jongeren voor opleidingen aansluitend op maatschappelijk relevante gebieden van de bio-economie moet versterkt worden zodat zowel onderzoeksorganisaties als bedrijfsleven voldoende aanvoer hebben van talent, op bijvoorbeeld het gebied van landbouw of bio-informatica.

Kennisinstellingen dienen hun samenwerking te intensiveren en beter te communiceren met elkaar: hoewel de individuele onderzoeksinstellingen en -groepen hun expertisen hebben, is er in veel gevallen beperkte kennis van welke andere activiteiten er plaatsvinden in Vlaanderen binnen hetzelfde expertisegebied. Er zijn wel initiatieven zoals AgroLink om instellingen samen te brengen, maar deze hebben er nog niet voor gezorgd dat deze uitwisseling tussen instellingen beter verloopt.

Breng opzet financieringstrajecten en eigenschappen onderzoek met elkaar op één lijn: korte financieringstrajecten kunnen belemmerend werken in sectoren waar de opstart van onderzoek meer tijd in beslag neemt. Onderzoeksfinanciering moet qua opzet beter aansluit bij de dynamiek en timing van het onderzoek

Versterk kennisdeling: een bredere disseminatie van de ontwikkelde kennis via open access kan zorgen via betere toegang en transparantie zorgen voor een betere benutting van de aanwezige kennis.

Verbeter (duidelijkheid over) regelgeving: Hoewel het tot op zekere hoogte onvermijdelijk is dat wetenschap vooruit loopt op de regelgeving, zijn tijdige en duidelijkheid over wetgeving belangrijke voorwaarden om de Vlaamse kennis en expertise in de verschillende subdomeinen van de bio-economie beter te benutten.

1 Introductie

Achtergrond

De bio-economie vormt een belangrijke schakel in de transitie naar een duurzame Vlaamse economie. In deze nieuwe economie moeten nieuwe waardeketens zorgen voor een circulaire productie van goederen en diensten en bijdragen aan gezondheids-, biodiversiteits- en klimaatopgaven voor Vlaanderen.

Hoewel er al veel activiteiten in Vlaanderen gebeuren op het gebied van de bio-economie, zullen er in de komende decennia verdere stappen gezet worden in de ontwikkeling van nieuwe technieken en om het potentieel van de bio-economie verder te ontwikkelen en benutten. Om dit proces te kaderen heeft de Vlaamse regering op 18 december 2020 het Beleidsplan bio-economie goedgekeurd. Dit plan geeft een beleidskader, gericht op onder meer het uitbaten van wetenschappelijke sterktes en het verbeteren van de aansluiting tussen wetenschap en industrie en landbouw, dat nog verder met concrete acties ingevuld dient te worden. Een belangrijke component in het denken over toekomstige ontwikkelingen in de bio-economie is, dat veel van deze ontwikkelingen kennisintensief zijn en dat derhalve op wetenschap gebaseerde innovatie een belangrijke rol zal spelen in de verdere ontwikkeling van de bio-economie.

Vanuit eerdere studies weten we dat Vlaanderen over de gehele breedte van de wetenschap tot de leidende kennisregio's in Europa behoort met vele onderzoekcentra en universiteiten van internationaal niveau. Hoewel dit ook het geval is op diverse wetenschappelijke terreinen die aan de basis van de bio-economie liggen, was er nog geen duidelijk genoeg zicht op de precieze sterktes in het Vlaams onderzoeklandschap voor de bio-economie. Om dit in kaart te brengen heeft Departement EWI onderzoeksbureau Technopolis en de bibliometrie-experts van het Centrum voor Wetenschaps- en Technologiestudies van Universiteit Leiden (CWTS) de opdracht gegeven een onderzoeksoverzicht op te stellen van de Vlaamse bio-economie.

Scoping van de opdracht

Het doel van de opdracht is het creëren van een overzicht van de onderzoeksactiviteiten die plaatsvinden in Vlaanderen op het gebied van de bio-economie. Voor deze studie is de bio-economie afgebakend tot alle activiteiten die gebruik maken van organisch materiaal of van biologische processen. Enige uitzondering hierop vormt onderzoek dat enkel het menselijk lichaam zelf tot onderwerp heeft. Het produceren van medicijnen langs biologische weg, of uit biologische grondstoffen hoort wel tot het domein van de bio-economie. In Bijlage A staan we in meer detail stil bij hoe de bio-economie is afgebakend. Met deze afbakening wordt ongeveer 30% van de totale Vlaamse academische output geschaard onder de bio-economie. Dit betekent dat we spreken over een veld met vele duizenden onderzoekers en tienduizenden publicaties over de periode 2014-2020. Voor dit veld moet inzicht gegeven worden in (het potentieel tot) wetenschappelijke, economische en maatschappelijke impact in de onderzoeksactiviteiten die plaatsvinden in Vlaanderen.

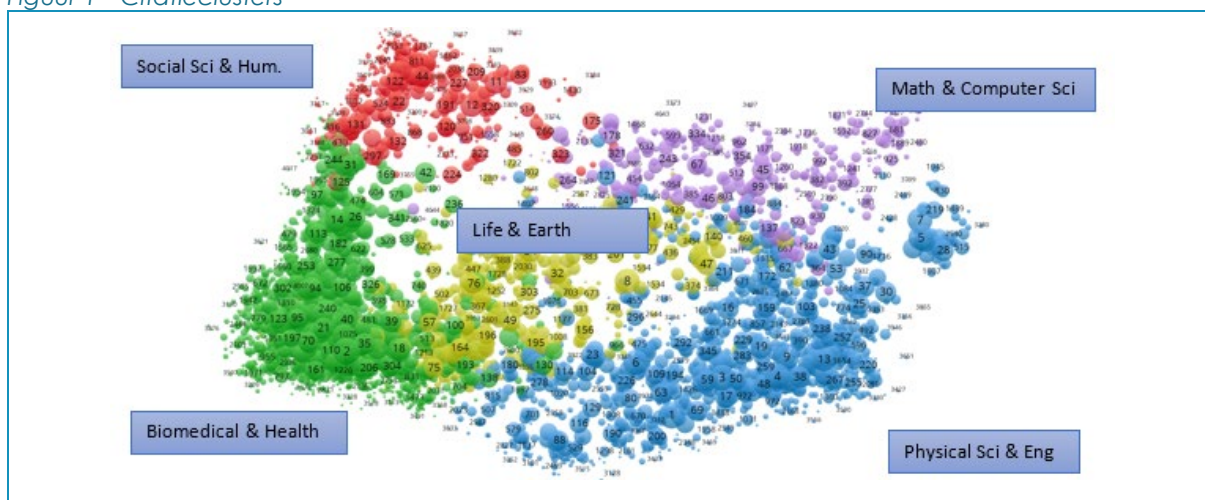
Gezien deze omvang is de insteek voor dit onderzoeksoverzicht grotendeels kwantitatief georiënteerd, waarbij op een geautomatiseerde wijze gestandaardiseerde indicatoren bij elkaar zijn gebracht. Daarnaast is een brede vertegenwoordiging van stakeholders uit de Vlaamse wetenschap betrokken bij het onderzoek via onder meer een klankbordgroep met vertegenwoordigers van de Vlaamse kennisinstellingen, interviews met Vlaamse experts en workshops met Vlaamse wetenschappers.

Methodologische benadering

De belangrijkste brondata voor deze studie is bibliometrische data uit de Web-of-Science (WoS) database. Bibliometrie is het gebruik van de meta-data van publicaties om statistische analyses uit te voeren over de productiviteit en impact van onderzoekers en onderzoeksinstellingen. Voor dit doeleinde is WoS een veel gebruikte database, mede vanwege haar brede en diepe dekking van de wetenschappelijke literatuur¹.

Een traditionele uitdaging voor bibliometrische studies betreft de opdeling van de wetenschap in disciplines. Veel van de bestaande classificaties gebruiken wetenschappelijke tijdschriften om publicaties op te delen in disciplines. Hoewel dit op hoofdlijnen een beeld geeft, valt de bio-economie lastig te classificeren op basis van deze structuren vanwege haar multidisciplinaire karakter en snelle ontwikkelingen welke nog niet gereflecteerd zijn in de statische disciplineclassificaties. Om dit te ondervangen is voor dit onderzoeksoverzicht gebruik gemaakt van de CWTS-classificatiestructuur waarbij de wetenschappelijke output opgedeeld wordt in meer dan 4000 clusters op basis van citatiepatronen (zie ook onderstaande figuur). Daarbij is de aanname dat onderzoekers die elkaar citeren of overlappende referentielijsten hebben vergelijkbaar onderzoek doen. Deze beproefde methode is sinds haar ontwikkeling in 2012 al voor vele onderzoeken ingezet en gedocumenteerd². Door het gebruik van citatieclusters heeft deze classificatiestructuur in vergelijking met traditionele discipline classificaties een bottom-up insteek en is met meer dan 4000 clusters ook veel fijnmaziger dan bestaande classificaties.

Figuur 1 Citatieclusters



CWTS (2022)

De volgende stap naar het gebruik van deze classificatie betrof de identificatie van clusters gerelateerd aan de bio-economie. Hiervoor hebben we op basis van een zoekwoordenlijst gekeken welke clusters publicaties bevatten waarin deze zoekwoorden voorkomen in de titel of abstract en op basis hiervan verschillende drempelwaarden voor inclusie gezet. Meer hierover leest u in Bijlage A. In aanvulling op de bibliometrische data is er ook data uit FRIS over deelname van Vlaamse onderzoekers aan onderzoeksprojecten meegenomen in dit onderzoeksoverzicht.

¹ Li K, Rollins J, Yan E. Web of Science use in published research and review papers 1997-2017: a selective, dynamic, cross-domain, content-based analysis. *Scientometrics*. 2018;115(1):1-20. doi: 10.1007/s11192-017-2622-5.

² <https://www.leidenranking.com/information/fields>

Indicatoren

Voor de geselecteerde clusters hebben we vervolgens een set aan indicatoren verzameld, gericht op het inzichtelijk maken van de (potentie tot) wetenschappelijke, economische en maatschappelijke impact. Hierbij hebben we gefocust op indicatoren die breed gevalideerd zijn in de literatuur en waarvoor data op een gestandaardiseerde wijze verzameld kon worden. De onderstaande tabel geeft een overzicht van de gebruikte indicatoren voor iedere impactdimensie weer. Hierbij moet opgemerkt worden dat deze indicatoren enkel de kwantificeerbare impact meten; bij de interpretatie van deze indicatoren zal rekening gehouden dienen te worden met het specifieke karakter en onderliggende dynamiek van de bio-economie subdomeinen. In bijvoorbeeld sommige subdomeinen van de bio-economie is het gebruikelijker om te co-publiceren met bedrijven wat ook gereflecteerd zal worden in de indicatoren die industriële co-publicaties meten. Waar relevant worden de indicatoren voor de Vlaamse bio-economie ook vergeleken met internationale benchmarks waarbij de sector specifieke dynamiek minder relevant is.

De meeste van deze indicatoren zijn berekend voor zowel de Vlaamse als totale bio-economie. Een publicatie wordt gezien als zijnde onderdeel van Vlaamse bio-economie output wanneer er ten minste 1 auteur met een Vlaamse affiliatie in de auteurslijst voorkomt. Indien er ook niet-Vlaamse affiliaties voorkomen in de auteurslijst, dan wordt de publicatie verdeeld over deze landen. Deze fractionele toekenning van publicaties voorkomt dubbeltelling en is een breed geaccepteerde praktijk binnen de bibliometrische wetenschap.

Tabel 1 *Indicatorenoverzicht*

Dimensie	Indicator (brondata)	Toelichting
<i>Wetenschappelijke impact</i>		
Kwantiteit	Aantal publicaties (WoS)	Het aantal publicaties geeft een indicatie van de kwantiteit van de wetenschappelijke output
Kwaliteit	Aandeel in top10% geciteerd (WoS) Genormaliseerde citatiescore (WoS)	Beide indicatoren geven inzicht in de invloed die een publicatie heeft gehad in de wetenschap. Gezien grote verschillen in citatiepraktijken tussen velden zijn deze indicatoren genormaliseerd waarbij ze vergeleken worden met andere publicaties in hetzelfde vakgebied
Samenwerking	Co-publicaties (WoS)	Co-publicatie kan gezien worden als het eindresultaat van een samenwerking
Deelname aan internationale netwerken	Internationale co-publicaties (WoS)	Een internationale co-publicatie geeft aan dat er een internationale samenwerking heeft plaatsgevonden
<i>Economische impact</i>		
Samenwerking met bedrijfsleven	Industriële co-publicaties (WoS)	Een co-publicatie met een auteur die werkzaam is in de industrie geeft een indicatie voor een (samenwerkings)relatie tussen de onderzoeker en een bedrijf.
Relevantie van onderzoek voor bedrijfsleven	Citatie door industriële publicaties (WoS)	Citatie afkomstig van industriële academische publicaties geven een indicatie voor industriële relevantie van het onderzoek

Dimensie	Indicator (brondata)	Toelichting
	Citaties door patenten (WoS)	Citaties door patenten geeft aan dat de publicatie relevantie en toepasbaar is voor de industrie. Oorspronkelijk waren ook patenten als directe indicator meegenomen, maar de koppeling daarvan met Vlaamse onderzoekers op basis van auteursnamen was te gevoelig voor valse positieven en is daarom buiten beschouwing gelaten.
<i>Maatschappelijke impact</i>		
Maatschappelijke relevantie	SDG-gerelateerde publicaties (WoS)	Relatie tussen publicaties en de verschillende SDG's op basis van lijsten van zoekwoorden die CWTS heeft opgesteld. Hiervoor is er per SDG een lijst van zoekwoorden samengesteld die relateert aan deze SDG. Vervolgens heeft CWTS naar deze zoekwoorden gezocht in titels en abstracts van publicaties. Wanneer een of meer van de zoekwoorden van een SDG hierin gevonden werd, is de publicatie gelinkt aan deze SDG.
Samenwerking met maatschappelijke organisaties	Co-publicaties met niet-academische partners (WoS)	Co-publicaties met niet-academische en niet-industriële partners betreffen co-publicaties met partijen zoals overheden, Ngo's en ziekenhuizen en geven een indicatie van hoe relevant het onderzoek is voor maatschappelijke toepassingen.

Technopolis en CWTS (2022).

Opzet van het rapport

Het vervolg van dit rapport bestaat uit een viertal hoofdstukken. Het volgende hoofdstuk geeft een algeheel overzicht van de Vlaamse bio-economie. In het daaropvolgende hoofdstuk wordt dit in internationaal perspectief geplaatst via een benchmark met vooraanstaande Europese landen en regio's op het gebied van de bio-economie. In hoofdstuk 4 wordt vervolgens in meer detail gekeken naar zes subdomeinen met strategische relevante voor Vlaanderen. Hoofdstuk 5 sluit af met de conclusies en aanbevelingen van deze studie.

2 Overzicht Vlaanderen

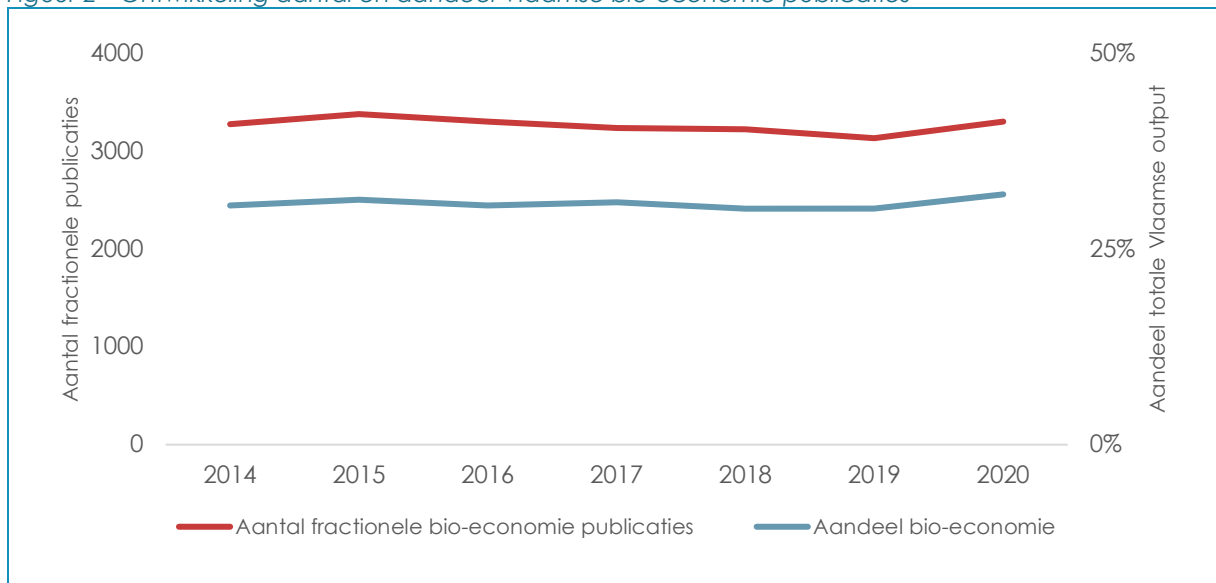
Dit hoofdstuk geeft een overzicht van de gehele Vlaamse bio-economie. Hierbij wordt zowel gekeken naar de ontwikkelingen over de tijd als verder ingezoomd op het wetenschappelijk, economisch en maatschappelijk potentieel.

Trends in Vlaanderen

De bio-economie is goed voor een substantieel deel van de totale Vlaamse wetenschappelijke output. Over de periode 2014-2020 zijn er 47.134 bio-economie publicaties verschenen met een of meerdere Vlaamse auteurs. Als we corrigeren voor publicaties met meer dan 1 auteur dan blijven er 23.662 fractionele publicaties over. Hiermee is Vlaanderen goed voor ongeveer 0,53% van de wereld output van publicaties op het gebied van de bio-economie.

Qua aandeel is dit bijna een derde van de totale Vlaamse wetenschappelijke output. De onderstaande figuur laat zien dat, hoewel er sprake is van enige fluctuatie gedurende de tijdperiode, er geen sprake is van een significante toename over de periode 2014-2020 van het aandeel van bio-economie publicaties in de totale Vlaamse wetenschappelijke output.

Figuur 2 Ontwikkeling aantal en aandeel Vlaamse bio-economie publicaties



Bron: Technopolis (2022) op basis van WoS-data verwerkt door CWTS

Over de periode 2014-2020 zijn er ook wat karakterwijzigingen waar te nemen in de Vlaamse output. Zo zien we het aandeel publicaties in de top 10% best geciteerde publicaties fluctueren tussen de 13% en 15%. Daarmee scoort de Vlaamse bio-economie substantieel boven het wereldgemiddelde dat per definitie op 10% ligt. Deze excellentie wijkt niet substantieel af van de Vlaamse excellentie zoals zichtbaar in andere sectoren, waarbij dit percentage op een vergelijkbaar niveau ligt.

In de data is ook een substantiële toename zichtbaar in het aandeel multi-auteur publicaties, van 70% in 2014 naar 79% in 2020. Daarnaast zien we ook dat een toenemend deel van de publicaties in internationale samenwerking wordt geschreven. Een mogelijke verklaring hiervoor zou zijn dat bio-economie onderzoek meer multidisciplinair en complexer van aard

wordt, een tendens die in veel wetenschapsgebieden wordt waargenomen, waardoor kennis van één auteur of onderzoeksgroep niet meer afdoende is.

Deze toename in samenwerking vertaalt zich echter niet in meer co-publicaties met de industrie. Dit percentage blijft fluctueren tussen de 8% en 10%

Tabel 2 Type publicaties over de jaren heen

	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	Δ2014-2020
Genormaliseerde citatiescore	1,30	1,27	1,28	1,25	1,24	1,31	1,29	-1%
Aandeel publicaties in top 10% best geciteerde publicaties	14,5%	14,3%	13,9%	14,3%	13,1%	15,2%	14,4%	-1%
Aandeel co-publicaties	70,1%	70,7%	74%	73,1%	76,5%	76,9%	78,9%	+13%
Aandeel internationale co-publicaties	43,3%	44,4%	47%	48,8%	49,3%	50,3%	51,2%	+18%
Aandeel industriële co-publicaties	8,4%	8,6%	9%	9,7%	9,1%	9,7%	8,6%	+2%
Aandeel non-academische co-publicaties	24,5%	26,6%	27,3%	30,2%	34,5%	37,6%	36,1%	+47%
Aandeel gerelateerd aan SDG's	47,4%	47,0%	48,6%	49,6%	50,0%	50,0%	51,7%	+9%

Bron: Technopolis (2022) op basis van WoS-data verwerkt door CWTS

Indicatoren per OESO-onderzoeksgebied

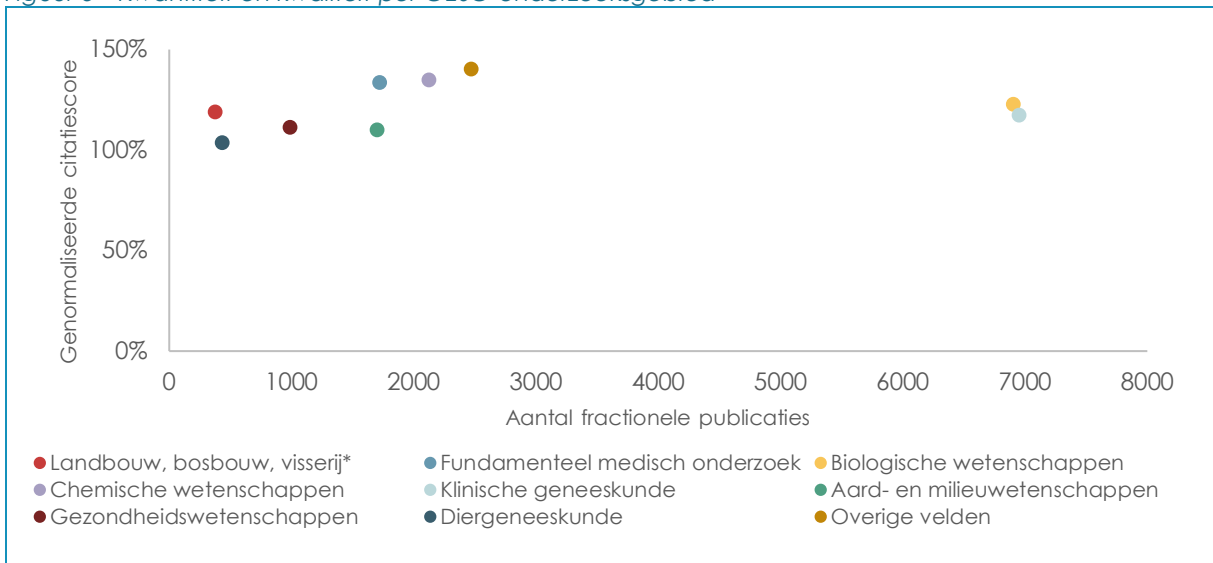
Om op hoofdlijnen een beeld te geven van de thematische focus van het Vlaamse bio-economieonderzoek zal deze sectie de indicatoren uitsplitsen naar OESO-onderzoeksgebied. Via deze onderzoeksgebieden heeft de OESO de wetenschappelijke wereld opgedeeld in negen disciplines. Deze disciplines zijn vrij breed en een groot deel van de onderzoeksgroepen actief op het gebied van de bio-economie zullen actief zijn in meerdere van deze onderzoeksgebieden. Hoewel deze brede classificatie niet geschikt is voor het verkrijgen van een fijnmazig beeld, kan het helpen een overzicht te krijgen van de brede onderwerpen en hun aandeel in de gehele bio-economie.

De onderstaande figuur zet voor de onderzoeksgebieden de kwantiteit (middels het aantal publicaties) af tegen de kwaliteit (gemeten via de genormaliseerde citatiescore). Daarin wordt al duidelijk dat er langs de opdeling van OESO-onderzoeksgebieden substantiële verschillen zijn in zowel de omvang als de excellentie.

Biologische wetenschappen en klinische geneeskunde zijn verreweg de grootste onderzoeksgebieden binnen de bio-economie met rond de 7000 publicaties door Vlaamse onderzoekers over de tijdsperiode. Dat klinische geneeskunde zo groot is, is geen verrassing. De omvang van biologische wetenschappen wordt deels verklaard door de onderliggende domeinclassificatie, waardoor veel onderzoek dat qua thematiek sterk gerelateerd is aan 'Landbouw, bosbouw en visserij' in veel gevallen ook wordt geclassificeerd als zijnde biologische wetenschappen.

De excellentie als gemeten door genormaliseerde citatiescore geeft een beeld dat in alle onderzoeksgebieden Vlaanderen boven gemiddelde aantal citaties binnenhaalt. Dat is geen verrassing gezien de algehele Vlaamse wetenschappelijke excellentie. Wel zien we enige variatie in de mate van excellentie tussen de verschillende OESO-gebieden. De categorie overige velden is de aggregatie van bio-economie publicaties die ingedeeld zijn in OESO-onderzoeksgebieden die buiten de acht gepresenteerde velden vallen.

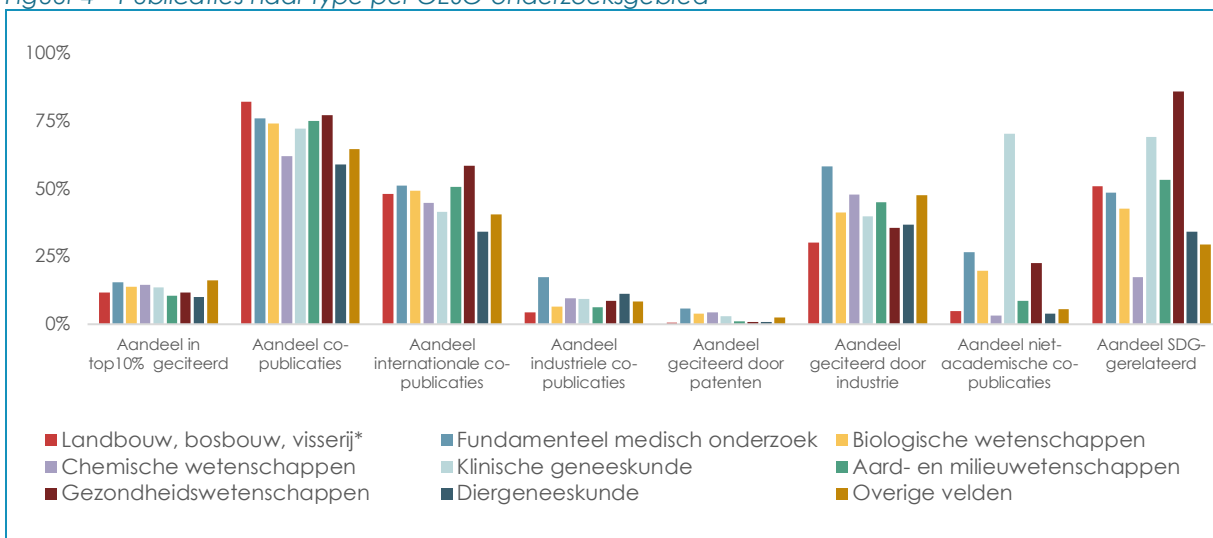
Figuur 3 Kwantiteit en kwaliteit per OESO-onderzoeksgebied



Bron: Technopolis (2022) op basis van WoS-data verwerkt door CWTS (zie voor onderliggende data de tabel aan het einde van dit hoofdstuk). *= een deel van het landbouw-gerelateerde onderzoek wordt ook in tijdschriften gepubliceerd die in de categorie 'biologische wetenschappen' vallen.

De onderstaande figuur splitst publicaties per OESO-onderzoeksgebied uit naar type. Hierbij zien we enige variatie in het aandeel co-publicaties en internationale co-publicaties. De variatie op de economische en maatschappelijke indicatoren is echter velen malen groter. Zo hangt het in sterke mate af van het veld hoe waarschijnlijk is dat een publicatie in samenwerking met industrie geschreven wordt of hoe relevant patenten zijn. Bij maatschappelijke impact zien we hoge scores voor klinische geneeskunde en gezondheidswetenschappen. Voor de indicator niet-academische publicaties hangt dit samen met dat ziekenhuizen ook tot deze categorie gerekend worden. Voor de SDG hangt dat samen met 'SDG 3: Goede Gezondheid en Welzijn' die een sterke link heeft met deze onderzoeksgebieden.

Figuur 4 Publicaties naar type per OESO-onderzoeksgebied



Bron: Technopolis (2022) op basis van WoS-data verwerkt door CWTS (zie voor onderliggende data de tabel aan het einde van dit hoofdstuk). *= een deel van het landbouw-gerelateerde onderzoek wordt ook in tijdschriften gepubliceerd die in de categorie 'biologische wetenschappen' vallen.

Tabel 3 Data voor indicatoren per OESO-onderzoeksgebied

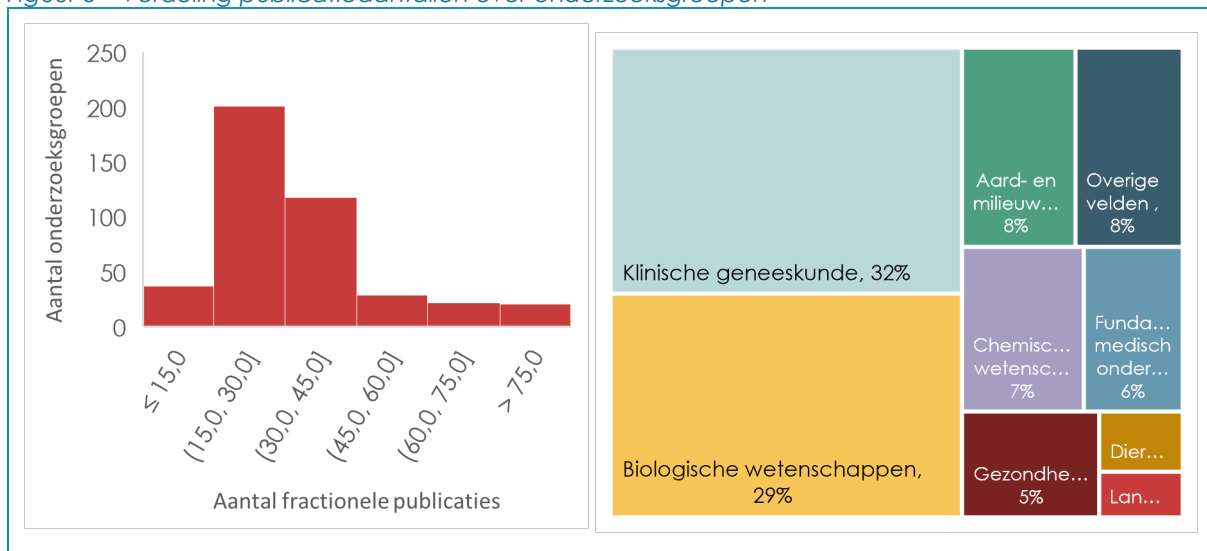
OESO-onderzoeksgebied	Aantal fractionele bio-economie publicaties	Genormaliseerde citatiescore	Aandeel in top10% geciteerd	Aandeel co-publicaties	Aandeel internationale co-publicaties	Aandeel industriële co-publicaties	Aandeel geciteerd door patenten	Aandeel geciteerd door industrie	Aandeel niet-academische co-publicaties	Aandeel SDG-gerelateerde publicaties
Landbouw, bosbouw, visserij	375	119%	11,7%	82,3%	48,1%	4,4%	0,7%	30,3%	4,9%	50,9%
Fundamenteel medisch onderzoek	1719	133%	15,6%	76,0%	51,1%	17,3%	5,8%	58,3%	26,7%	48,6%
Biologische wetenschappen	6902	123%	13,8%	74,2%	49,4%	6,4%	4,0%	41,3%	19,7%	42,8%
Chemische wetenschappen	2123	135%	14,6%	62,0%	44,8%	9,5%	4,3%	47,8%	3,3%	17,5%
Klinische geneeskunde	6952	117%	13,5%	72,3%	41,6%	9,4%	2,9%	39,8%	70,3%	69,2%
Aard- en milieuwetenschappen	1701	110%	10,5%	75,0%	50,6%	6,2%	1,1%	45,1%	8,6%	53,3%
Gezondheidswetenschappen	987	111%	11,6%	77,2%	58,6%	8,7%	0,9%	35,7%	22,7%	86,0%
Diergeneeskunde	433	104%	10,2%	59,0%	34,1%	11,2%	0,8%	36,9%	4,0%	34,1%
Overige velden	2471	140%	16,1%	64,6%	40,5%	8,4%	2,5%	47,6%	5,5%	29,4%

Bron: Technopolis (2022) op basis van WoS-data verwerkt door CWTS

Vlaamse onderzoeksgroepen

Voor Vlaanderen zijn ook de onderzoeksgroepen actief binnen de bio-economie in kaart gebracht. Bijlage A.2 gaat verder in op welke procedure hiervoor gebruikt is. Uiteindelijk zijn er 644 onderzoeksgroepen gevonden met ten minste 50 publicaties. Qua omvang zijn er aanzienlijke verschillen met het overgrote deel van de onderzoeksgroepen verantwoordelijk voor 15 tot 45 fractionele publicaties. De meeste onderzoeksgroepen publiceren voornamelijk in OESO-gebieden klinische geneeskunde en biologische wetenschappen

Figuur 5 Verdeling publicatieaantallen over onderzoeksgroepen



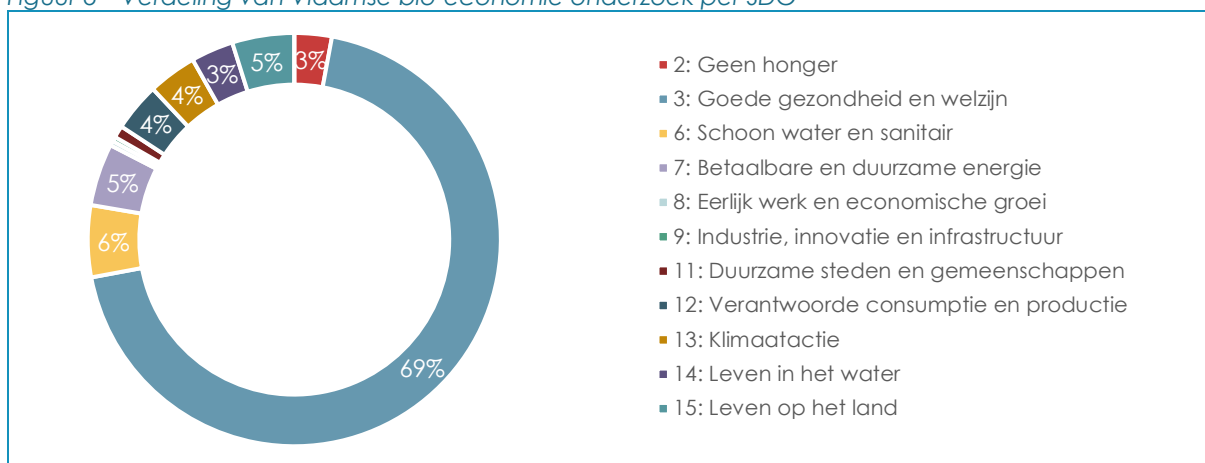
Bron: Technopolis (2022) op basis van WoS-data verwerkt door CWT5

De Vlaamse maatschappelijke impact

Maatschappelijke impact betreft de uiteindelijke doorwerking van onderzoek naar de maatschappij. Deels hangt dit samen met de economische relevantie, aangezien de economische benutting van kennis ook kan bijdragen aan de creatie van maatschappelijke waarde. Hoewel maatschappelijke impact niet ééndimensionaal te meten is, hebben we zoals bovenstaand gepresenteerd gekeken naar het aandeel niet-academische en het aandeel SDG-gerelateerde publicaties als indicatoren voor de maatschappelijke relevantie van kennis.

Onderstaande figuur splits deze statistieken verder uit naar aan welke SDG's publicaties gerelateerd zijn. Hierin is te zien dat van de publicaties die gelinkt kunnen worden aan 1 of meer SDG's, 69% gelinkt wordt aan SDG 3 Goede gezondheid en welzijn. Ook is te zien dat er een aantal SDG's zijn waar geen enkele publicatie aan gekoppeld wordt: SDG 1 Geen armoede, SDG 4 Kwaliteit van onderwijs, SDG 5 Gendergelijkheid, SDG 10 Ongelijkheid verminderen en SDG 16 Vrede, veiligheid en sterke publieke diensten.

Figuur 6 Verdeling van Vlaamse bio-economie onderzoek per SDG



Bron: Technopolis (2022) op basis van WoS-data verwerkt door CWTS

De bovenstaande indicatoren vangen echter maar een deel van de maatschappelijke impact van het Vlaamse bio-economie onderzoek. Daarom hebben we stakeholders in workshops en individuele interviews gevraagd te reflecteren op de maatschappelijke relevantie van het Vlaamse bio-economie onderzoek.

Vrijwel alle partijen zagen een grote rol voor de bio-economie in het adresseren van grote maatschappelijke vraagstukken. Op terreinen zoals stikstof, fosfaat, en klimaatadaptatie en -mitigatie was er een brede consensus over de belangrijke rol die de bio-economie daarin zou spelen. Ook de ontwikkeling van alternatieve eiwitten en bijdragen aan de menselijke gezondheid werden als gebieden gezien waarin er veel potentie zit voor maatschappelijke impact. Er waren ook een aantal personen die de bio-economie in een groter strategisch beeld plaatsten: gegeven de relatief beperkte oppervlakte van het Vlaanderen, zal het in de toekomst van groot belang zijn om slim en efficiënt met de ruimte om te gaan om het welvaartsniveau vast te houden en overeind te blijven in de mondiale competitie.

De gesproken stakeholders gaven ook aan dat er mogelijk ook negatieve maatschappelijke impacts zijn. Als voorbeelden hierbij werd genoemd dat er negatieve effecten kunnen zitten aan clinical trials en dat de toegankelijkheid en sociale impact van duurzame transitie aandacht behoeft. Tevens kan onderzoek gericht zijn op de optimalisatie van het huidige systeem en daarmee de overgang naar een ander duurzamer systeem in de weg zitten (zoals agro-ecologie). Ook werd het belang van open science benoemd zodat de resultaten en onderliggende data vrij en transparant toegankelijk zijn voor een breder publiek. Ook gaf één stakeholder aan dat er vanuit de overheid meer publiek geld gestoken kan worden in onderzoek dat specifiek aansluit op bepaalde maatschappelijke behoeften. Op sommige maatschappelijke thema's zoals stikstof, lijkt er in andere landen meer aandacht te zijn door ofwel hogere politieke prioritering of doordat enkele onderzoekers dit thema naar zich toetrekken.

3 De Vlaamse bio-economie in internationaal perspectief

Om een beter begrip te krijgen van de Vlaamse excellentie zijn er diverse benchmarks uitgevoerd op zowel nationaal als regionaal niveau. Dit hoofdstuk beschrijft eerst de wijze waarop de benchmarks gekozen zijn, waarna achtereenvolgens de resultaten van de landen en regio benchmarks worden voorgesteld.

Selectie benchmarks

Zoals we in het voorgaande hoofdstuk hebben gelezen vindt er veel activiteit plaats op het gebied van de bio-economie. In de selectie van benchmarks is dan ook de keuze gemaakt om Vlaanderen te vergelijken met vooraanstaande landen en regio's op het gebied van de bio-economie. Hiervoor hebben we gekeken naar zowel de betrokkenheid van deze regio's in Europese initiatieven als de aanwezigheid van gerenommeerde universiteiten in deze gebieden. Uiteindelijk heeft dit geleid tot de selectie van 8 landen, waarna we binnen deze landen nog verder inzoomden op een regio met een sterke reputatie op het gebied van de bio-economie. De onderstaande figuur geeft een geografisch overzicht van de geselecteerde landen en regio's:

Nederland met Provincie Gelderland

Frankrijk met regio Grand Est

Duitsland met regio Bayern

Finland met regio Helsinki

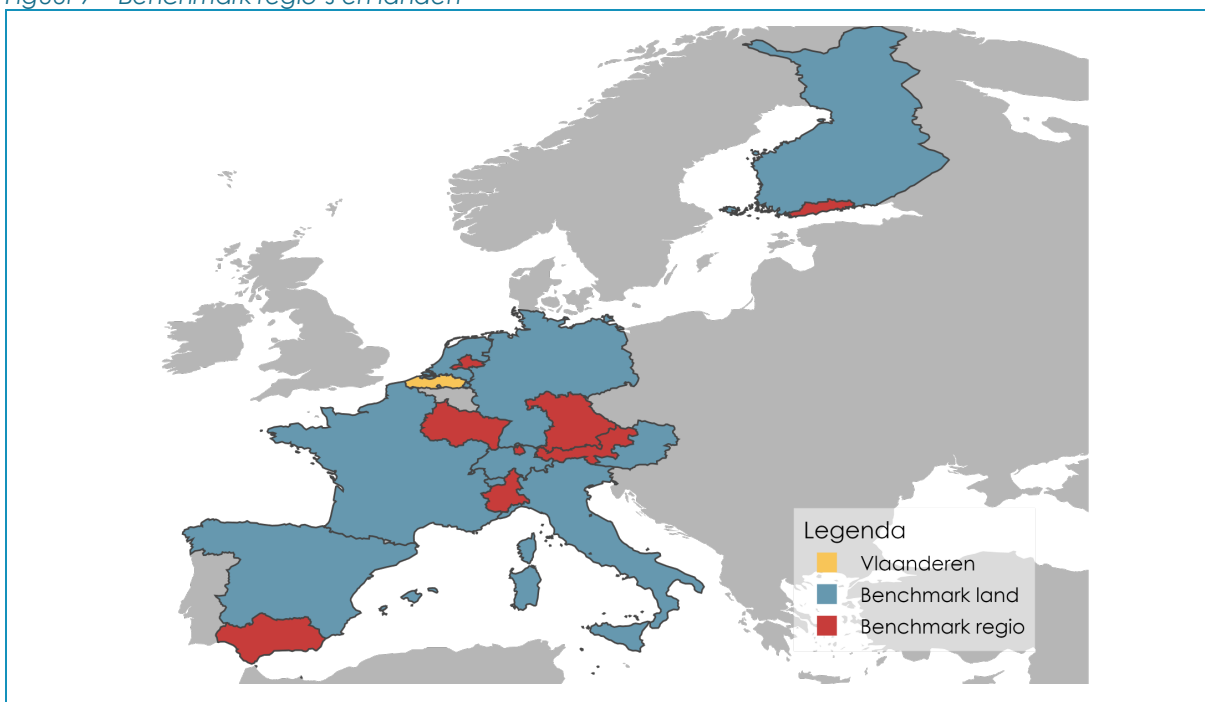
Italië met regio Piemonte

Oostenrijk met regio Westösterreich

Spanje met regio Andalucia

Zwitserland met regio Zurich

Figuur 7 Benchmark regio's en landen

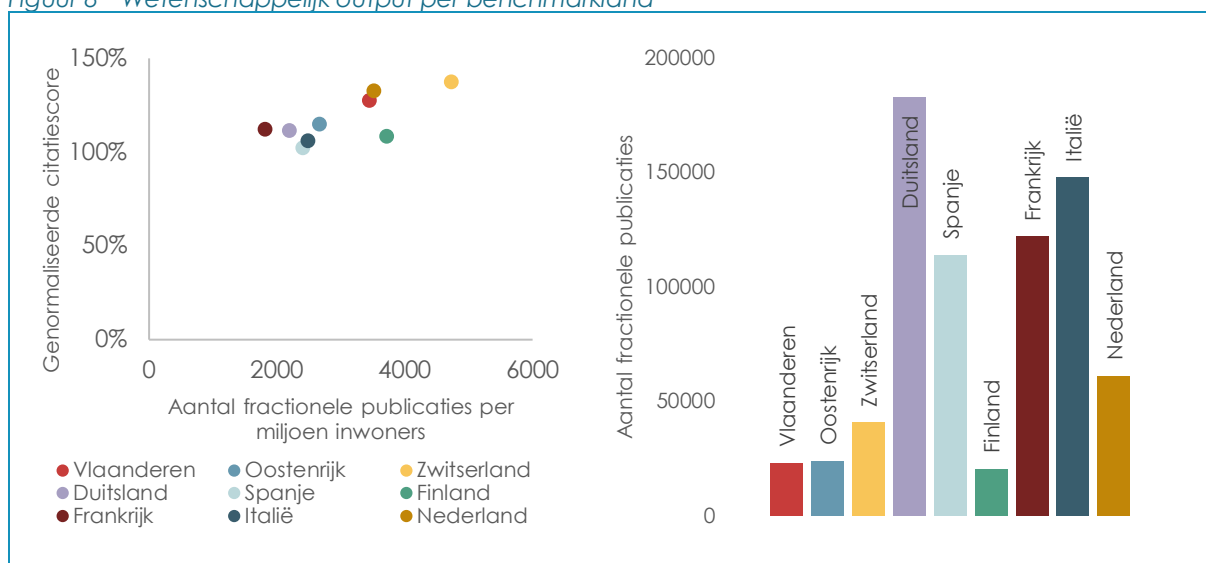


Landen benchmarks

De onderstaande figuur geeft voor de geselecteerde benchmark landen een overzicht van zowel de kwantiteit als kwaliteit van de academische bio-economie output. In absolute aantallen springen zoals verwacht de grote landen zoals Duitsland, Italië en Frankrijk eruit. Vlaanderen neemt in absolute aantallen de een na laatste plaats in en is qua output vergelijkbaar met Oostenrijk en Finland.

Als er echter gekeken wordt naar het aantal publicaties per miljoen inwoners dan zien we Vlaanderen een vierde plaats in nemen, net achter Nederland en Finland. Zwitserland is op enige afstand het meest productieve land. Als er gekeken wordt naar kwaliteit dan schuift Vlaanderen nog een plaats op naar voren en neemt het een derde plaats in achter Nederland en Zwitserland.

Figuur 8 Wetenschappelijk output per benchmarkland

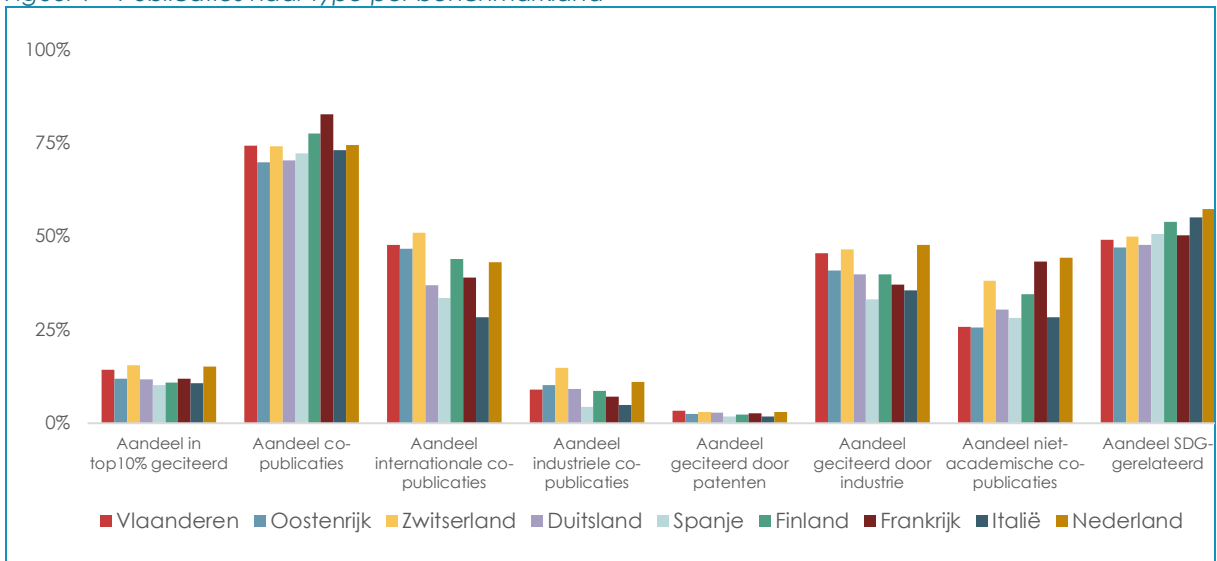


Bron: Technopolis (2022) op basis van WoS-data verwerkt door CWTS (zie voor onderliggende data de tabel aan het einde van dit hoofdstuk).

De onderstaande figuur geeft een verder inzicht in het karakter van de publicatieoutput van de landen. Op sommige indicatoren presteren landen vergelijkbaar. Zo hebben in de meeste landen ongeveer 75% van de publicaties meerdere auteurs. Voor het aandeel internationale publicaties zien we de kleinere landen en Vlaanderen naar voren komen, wat deels komt omdat er relatief minder mogelijkheden zijn voor samenwerking binnen het eigen land in vergelijking met de grotere landen, al kan dit wellicht ook voor een meer internationale oriëntatie hebben gezorgd waarin het meer voor de hand ligt om internationale samenwerkingen aan te gaan.

Als er gekeken wordt naar interacties met industrie, dan valt op dat Vlaanderen slechts een 5de plaats in neemt als gekeken wordt naar het aantal industriële co-publicaties, terwijl Vlaanderen wel industrieel relevant onderzoek doet als gekeken wordt naar de scores op het aantal publicaties geciteerd door patenten en het aandeel publicaties dat geciteerd wordt door de industrie. Het aandeel niet-academische publicaties en SDG-gerelateerd blijven enigszins achter, al hangen deze publicatietypen ook in sterke mate af van het discipline profiel van een land binnen de bio-economie.

Figuur 9 Publicaties naar type per benchmarkland

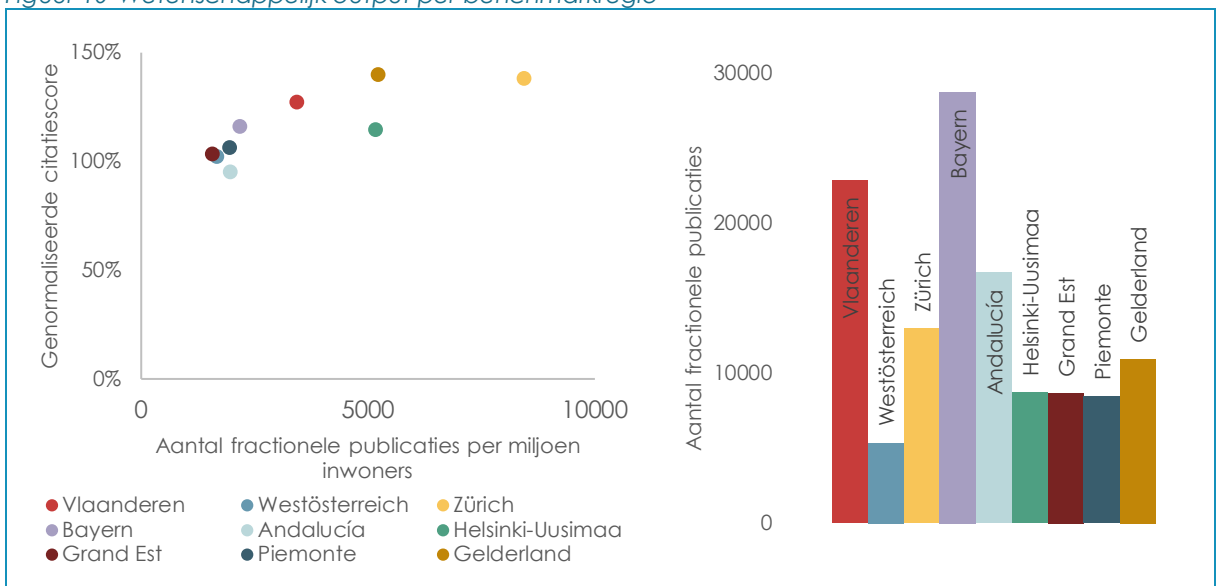


Bron: Technopolis (2022) op basis van WoS-data verwerkt door CWTS. (zie voor onderliggende data de tabel aan het einde van dit hoofdstuk)

Regio benchmarks

Na bovenstaande analyse op landniveau zoomen we nu verder in op de regio's binnen de benchmark landen. Hier zien we op hoofdlijnen een vergelijkbaar patroon als voor de landen. Zurich (Zwitserland), Gelderland (Nederland) en Helsinki-Uusimaa (Finland) behoren in aantal publicaties per capita tot de meeste productieve regio's, gevolgd door Vlaanderen op een vierde plaats. In kwaliteit neemt Vlaanderen hier ook een derde plaats in. De absolute aantallen zijn op dit niveau beter vergelijkbaar en geven het inzicht dat qua massa Vlaanderen substantieel meer output heeft dan Bayern (Duitsland), Andalucia (Spanje), Grand Est (Frankrijk) en Piemonte (Italië), maar ook substantieel achterblijft ten opzichte van de leidende regio's in Europa.

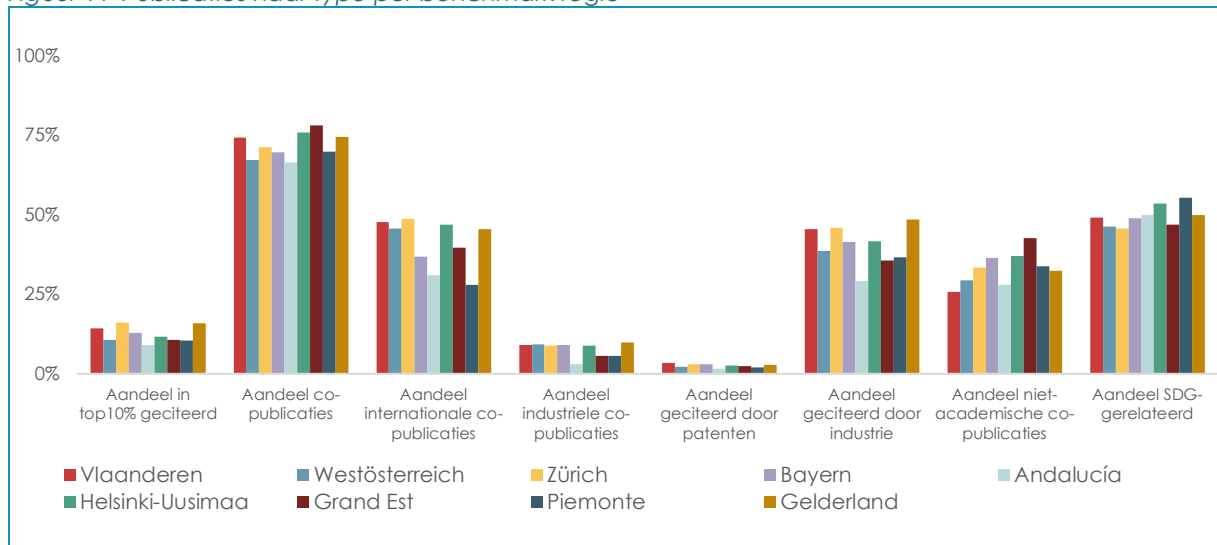
Figuur 10 Wetenschappelijk output per benchmarkregio



Bron: Technopolis (2022) op basis van WoS-data verwerkt door CWTS. (zie voor onderliggende data de tabel aan het einde van dit hoofdstuk)

Voor het type publicaties zien we een vergelijkbaar beeld als in de landen benchmark.

Figuur 11 Publicaties naar type per benchmark regio



Bron: Technopolis (2022) op basis van WoS-data verwerkt door CWTS (zie voor onderliggende data de tabel aan het einde van dit hoofdstuk).

Samenvatting benchmark

Op basis van de bovenstaande benchmark rijst het beeld dat Vlaanderen in vergelijking met andere vooraanstaande regio's op het gebied van de bio-economie goed presteert en in veel gevallen tot de leidende regio's behoort. Desalniettemin is Vlaanderen qua totale output een relatief kleine speler land in vergelijking met grotere Europese landen.

De onderstaande tabel presenteert de data voor de hierboven weergegeven grafieken.

Tabel 4 Overzicht data over bio-economie publicaties voor de benchmarks

	Aantal fractionele bio-economie publicaties	Aantal publicaties per miljoen inwoners	Genormaliseerde citatiescore	Aandeel in top 10% geciteerd	Aandeel co-publicaties	Aandeel internationale co-publicaties	Aandeel industriële co-publicaties	Aandeel geciteerd door patenten	Aandeel geciteerd door industrie	Aandeel niet-academische co-publicaties	Aandeel SDG-gereleerde publicaties
Vlaanderen	22854	3442	127%	14,2%	74,3%	47,7%	9,0%	3,3%	45,5%	25,8%	49,2%
Oostenrijk	23733	2666	115%	11,9%	69,9%	46,8%	10,2%	2,5%	40,9%	25,7%	47,0%
Zwitserland	40676	4727	137%	15,6%	74,1%	51,0%	14,9%	3,1%	46,5%	38,2%	49,9%
Duitsland	182646	2196	111%	11,7%	70,3%	36,9%	9,2%	2,8%	39,9%	30,4%	47,8%
Spanje	113925	2407	102%	10,2%	72,2%	33,5%	4,4%	1,8%	33,3%	28,3%	50,7%
Finland	20507	3712	108%	10,9%	77,6%	43,9%	8,6%	2,3%	39,8%	34,5%	54,0%
Frankrijk	122147	1810	112%	11,9%	82,7%	39,0%	7,1%	2,7%	37,1%	43,3%	50,2%
Italië	147802	2478	106%	10,8%	73,1%	28,4%	5,0%	1,9%	35,5%	28,3%	55,0%
Nederland	61174	3514	133%	15,2%	74,5%	43,2%	11,1%	3,0%	47,8%	44,3%	57,3%
Westösterreich	5342	1667	102%	10,6%	67,3%	45,8%	9,2%	2,1%	38,7%	29,5%	46,4%
Zürich	12991	8440	138%	16,1%	71,4%	48,8%	8,8%	3,0%	45,9%	33,4%	45,8%
Bayern	28713	2188	116%	12,9%	69,7%	36,8%	9,1%	3,1%	41,5%	36,4%	48,9%
Andalucía	16718	1972	95%	9,1%	66,5%	31,0%	3,0%	1,6%	29,2%	27,9%	49,9%
Helsinki-Uusimaa	8727	5165	115%	11,7%	76,0%	46,8%	8,8%	2,6%	41,7%	37,0%	53,6%
Grand Est	8685	1569	104%	10,6%	78,2%	39,6%	5,5%	2,5%	35,6%	42,7%	46,9%
Piemonte	8423	1954	106%	10,6%	69,8%	28,0%	5,7%	2,1%	36,7%	33,9%	55,4%
Gelderland	10918	5234	140%	16,0%	74,6%	45,5%	9,9%	2,7%	48,6%	32,4%	49,9%

Bron: Technopolis (2022) op basis van WoS-data verwerkt door CWTS.

4 Beloftevolle subdomeinen voor Vlaanderen

Na het geven van het totaaloverzicht over de bio-economie was de volgende stap om een zestal subdomeinen verder uit te diepen via zowel via verdere data-analyse als via het betrekken van stakeholders uit deze domeinen via workshops. Dit hoofdstuk beschrijft eerst hoe de subdomeinen gekozen zijn waarna vervolgens een algeheel overzicht van de indicatoren voor de subdomeinen wordt gepresenteerd. Daarna geven we een overzicht van de gemeenschappelijke trends die uit de workshops naar voren gekomen zijn. Het hoofdstuk sluit af met een samenvatting van de belangrijkste indicatoren en trends voor ieder subdomein.

Selectie subdomeinen

Voor de selectie van de subdomeinen heeft de stuurgroep van het Departement EWI voor deze studie een inventarisatie gemaakt van relevante (Europese) beleidsprioriteiten en ontwikkelingen. Hierbij is gekeken naar onderwerpen waarop Vlaanderen idealiter sterk zou moeten staan, omdat hierin veel opportuniteiten worden gezien. Op basis van deze inventarisatie zijn de volgende subdomeinen geselecteerd voor verdere uitdieping in dit rapport:

- Microbioom voor de landbouw
- Klimaatadaptatie en -mitigatie voor de landbouw
- Duurzame en circulaire voedselketens
- Alternatieve gewasbescherming
- Synthetische biologie
- Microbioom voor menselijke gezondheid

Door de wijze van selectie reflecteert deze lijst de beleidsprioriteiten en ontwikkelingen in de Vlaamse en Europese bio-economie, en niet direct de aanwezige Vlaamse excellentie. Daarnaast moet opgemerkt te worden dat deze subdomeinen maar een beperkt deel van de bio-economie afdekken, en ook buiten deze geselecteerde subdomeinen bestaan er beloftevolle gebieden binnen de bio-economie. Sommige subdomeinen zijn direct gelinkt aan een specifiek toepassingsgebied zoals de landbouw, waar andere subdomeinen, zoals synthetische biologie, een breder toepassingsgebied hebben. Verderop in dit hoofdstuk zullen we deze domeinen in meer detail beschrijven.

Na het opstellen van de lijst met subdomeinen is er vanuit de stuurgroep van Departement EWI een eerste lijst met zoekwoorden opgesteld gerelateerd aan het domein. Wij hebben deze lijst verder aangevuld en met de resulterende lijst een eerste zoektocht gedaan in de academische literatuur en gekeken welke veel voorkomende woorden we terug zagen komen in abstracts die nog niet in de zoekwoorden lijst waren opgenomen. Op grond hiervan hebben we de lijst nogmaals aangepast en de resulterende lijst en selectie van subdomeinen voorgelegd aan de klankbordgroep. Van hen ontvingen wij diverse aanvullingen voor zoekwoorden. Na een check op vals positieven is de finale lijst nog ter validatie voorgelegd aan de stuurgroep van Departement EWI (zie bijlage A.3 voor de finale lijst van zoekwoorden).

De finale lijst van zoekwoorden per domein hebben we gebruikt om te zoeken in de academische literatuur. Als meer dan 1% van de publicaties in een meso-cluster aanslaat op een of meerdere zoekwoorden, dan beschouwen we dit meso-cluster als onderdeel van het subdomein. Doordat we niet enkel publicaties meenemen die de zoekwoorden bevatten,

maar het gehele meso-cluster indien de grens van 1% gepasseerd wordt, zorgt ervoor dat deze methode minder gevoelig is voor het missen van bepaalde zoekwoorden.

Deze werkwijze betekent dat er overlap kan bestaan tussen subdomeinen, en dat is hier ook het geval zoals onderstaande tabel laat zien, waarin de getallen het aantal meso-clusters aangeeft dat in beide subdomeinen valt. In het algemeen valt op dat er aanzienlijke overlap is tussen de verschillende landbouw-gerelateerde subdomeinen.

Tabel 5 Aantal overlappende meso-clusters tussen sub-domeinen

	Microbioom voor de landbouw	Alternatieve gewasbescherming	Klimaatadaptatie en mitigatie	Circulaire voedselketens	Synthetische biologie	Microbioom voor menselijke gezondheid
Microbioom voor de landbouw	16	2	10	4	6	0
Alternatieve gewasbescherming		3	2	1	0	0
Klimaatadaptatie en mitigatie voor de landbouw			22	5	4	0
Circulaire voedselketens				6	2	0
Synthetische biologie					30	1
Microbioom voor menselijke gezondheid						5

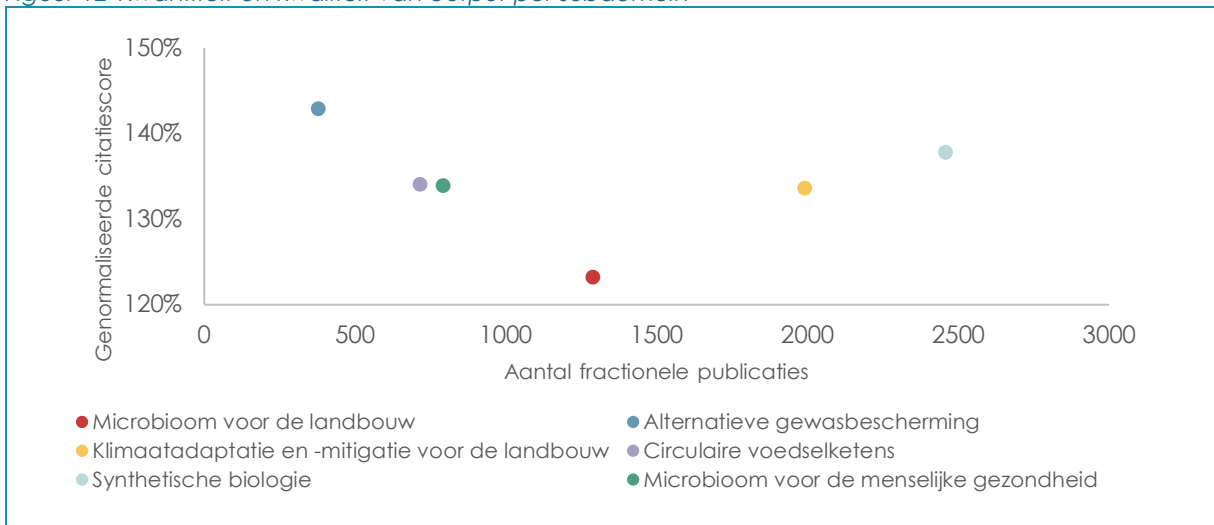
Bron: Technopolis (2022) op basis van WoS-data verwerkt door CWTS. De diagonaal geeft het aantal meso-clusters per subdomein weer

In de bespreking van de subdomeinen kwamen deze overlap en afbakening veelvuldig aan bod. Vanwege de vaak jonge leeftijd van deze subdomeinen en de multi- en interdisciplinariteit is een geheel sluitende afbakening niet mogelijk. Zoals de bovenstaande figuur al laat zien zijn veel van de subdomeinen tot op enige hoogte met elkaar verbonden. In het kader van deze studie is deze afbakening alleen strikt toegepast op de presentatie van de statistieken, en derhalve dienen de statistieken op het niveau van deze subdomeinen met deze overweging in het achterhoofd geïnterpreteerd worden.

Gezamenlijk overzicht van de zes domeinen

Deze paragraaf zal een algeheel overzicht geven van de zes subdomeinen aan de hand van de indicatoren. De onderstaande figuur geeft een overzicht van de kwantiteit en kwaliteit voor ieder subdomein. Dit laat al zien dat er substantiële verschillen bestaan in de omvang van de subdomeinen variërend van 378 publicaties voor alternatieve gewasbescherming tot 2500 voor synthetische biologie. Alle domeinen hebben een genormaliseerde citatiescore die ruim boven het wereldgemiddelde ligt, waarvan alle, behalve microbioom voor landbouw, ook ruim boven het Vlaamse gemiddelde van 127% voor de totale bio-economie scoren.

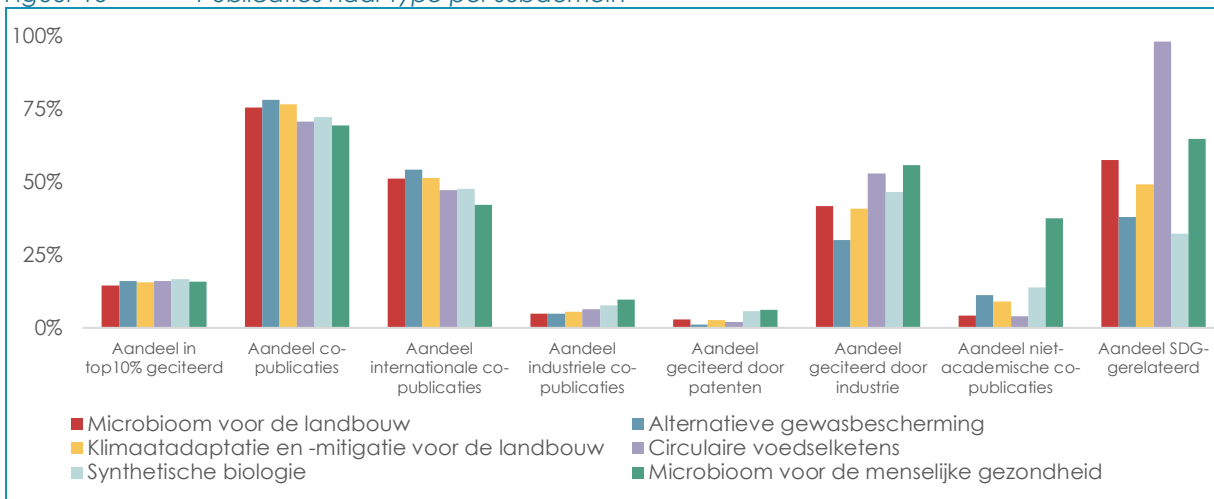
Figuur 12 Kwantiteit en kwaliteit van output per subdomein



Bron: Technopolis (2022) op basis van WoS-data verwerkt door CWTS (zie voor onderliggende data de tabel aan het einde van deze sectie).

De onderstaande figuur geeft een overzicht van het type publicaties per subdomein. In de aan landbouw gerelateerde domeinen zien we een relatief lage scores op de economische indicatoren. Deze lage scores hangen sterk samen met de dynamiek van deze subdomeinen. Waar in sommige sectoren een co-publicatie een logische uitkomst is van een samenwerking met een industriële partner, is dat in de landbouwsector minder gebruikelijk. Vergelijkbare sectorspecifieke dynamieken kunnen de lage scores op aandeel citaties door patenten verklaren: patentering wordt mede vanwege de relatief lage marges weinig gebruikt binnen de landbouwsector. Ook op aandeel niet-academische en SDG-gerelateerde publicaties zien we grote fluctuaties, wat sterk te maken heeft met de aanwezigheid van veel niet-academische publicatie partners (zoals bijv. ziekenhuizen) of een SDG sterk gerelateerd aan de kern van een subdomein (zoals bijv. menselijke gezondheid).

Figuur 13 Publicaties naar type per subdomein



Bron: Technopolis (2022) op basis van WoS-data verwerkt door CWTS (zie voor onderliggende data de tabel aan het einde van deze sectie).

De onderstaande tabel presenteert de onderliggende data voor de hierboven gepresenteerde grafieken

Tabel 6 Data voor indicatoren subdomeinen

	Aantal fractionele publicaties	Genormaliseerde citatiescore	Aandeel in top 10% geciteerd	Aandeel co-publicaties	Aandeel internationale co-publicaties	Aandeel industriële co-publicaties	Aandeel geciteerd door patenten	Aandeel geciteerd door industrie	Aandeel niet-academische co-publicaties	Aandeel SDG-gerelateerde publicaties
Microbioom voor de landbouw	1288	123%	15%	76%	51%	5%	3%	42%	4%	57%
Alternatieve gewasbescherming	378	143%	16%	78%	54%	5%	1%	30%	11%	38%
Klimaatadaptatie en mitigatie voor de landbouw	1990	134%	16%	77%	51%	6%	3%	41%	9%	49%
Circulaire voedselketens	716	134%	16%	71%	47%	6%	2%	53%	4%	98%
Synthetische biologie	2458	138%	17%	72%	48%	8%	6%	47%	14%	32%
Microbioom voor menselijke gezondheid	791	134%	16%	69%	42%	10%	6%	56%	37%	65%

Bron: Technopolis (2022) op basis van WoS-data verwerkt door CWTs

Analyse subdomeinen

Na het bovenstaande overzicht op hoofdlijnen is de volgende stap om in te zoomen op de individuele subdomeinen om een beter beeld te krijgen van de Vlaamse positie binnen deze subdomeinen. In aanvulling op de indicatoren is hiervoor voor ieder subdomein een workshop georganiseerd met onderzoekers van Vlaamse onderzoeksinstituten die werkzaam zijn binnen het subdomein. Om te voorkomen dat alleen onderzoekers die al bekend waren bij Departement EWI of de klankbordgroep aanwezig zouden zijn, zijn aanvullend op basis van de literatuur Vlaamse onderzoekers geïdentificeerd die meerdere publicaties hadden binnen een subdomein. Dit heeft geleid tot een brede lijst met onderzoekers met een goede spreiding over expertise, loopbaanfase, affiliatie en gender. Vervolgens zijn voor ieder domein 20 tot 30 onderzoekers uitgenodigd om deel te nemen aan een workshop in Brussel in november 2023. Met het oog op de belasting, zijn onderzoekers die in sterke mate publiceerden in meerdere overlappende domeinen slechts voor één workshop uitgenodigd. De opkomst varieerde per subdomein, maar in het algemeen was er een goede bezetting met voldoende spreiding over universiteiten, expertisen, loopbaanfasen en gender.

De workshopsessies duurden ongeveer twee uur en de voertaal was Vlaams of Engels, om ook niet-Vlaams sprekende onderzoekers de mogelijkheid te bieden deel te nemen aan de workshops. De doelstelling van deze workshops was tweeledig:

Statistieken contextualiseren en te valideren: de waarde voor een indicator hangt in zekere mate af van de dynamiek die specifiek is voor een bepaald vakgebied en waarvan begrip nodig is alvorens over te gaan tot interpretatie van de statistieken.

Kwalitatief begrip van kansen en mogelijkheden: In aanvulling op de indicatoren waren de workshops ook gericht op het krijgen van een kwalitatiever beeld van de sterktes, zwaktes, kansen en bedreigingen voor de (benutting van) Vlaamse wetenschappelijke excellentie binnen het subdomein.

Contextualisering en validatie statistieken

Hoewel directe interpretatie van data altijd lastig is, vonden de genodigden allen dat zij behoorden tot het subdomein waar zij voor uitgenodigd waren, wat in zekere mate valideert dat de keywords die gebruikt zijn voor zowel de verzameling van de statistieken als identificatie van experts, passend warend voor het subdomein. Ook herkennen de meeste onderzoekers zich in de geschetste hoofdlijnen voor hun subdomein, afgezien wat opmerkingen over de exacte afbakening aangezien een geheel sluitende afbakening niet bestaat. De belangrijkste opmerkingen betroffen de contextualisatie van de statistieken. Veel van de gepresenteerde statistieken hangen sterk af van de dynamiek van onderzoeksvelden. Zo werden discussies geïllustreerd waarom co-publicatie niet vaak plaats vindt als er wordt samengewerkt met landbouwers.

Om dit te ondervangen vergelijken we de statistieken in de volgende sectie met een wereldwijde benchmark om een begrip te krijgen van of de score van Vlaanderen op een indicator als bijvoorbeeld 'aandeel industriële co-publicaties' onder of boven verwachting is.

Gemeenschappelijke trends

Voordat we verder ingaan op de individuele subdomeinen, geeft deze sectie een overzicht van de belangrijkste gemeenschappelijke waarnemingen uit de workshops. In de workshops zagen we een aantal onderwerpen veelvuldig terugkomen in de discussies:

Betrekken van maatschappij door middel van 'citizen science': citizen science kan een nuttige rol spelen ter ondersteuning van het onderzoek en het beter betrekken van burgers bij onderzoek.

Centrale locatie: de centrale locatie van Vlaanderen in Europa maakt het eenvoudiger deel te nemen in internationale netwerken. Zeker gezien de nabijheid van andere sterke regio's in onder andere Nederland, Duitsland en Frankrijk.

Vraag bio-informatici: er bestaat een (groot) tekort aan bio-informatici die nodig zijn voor het verwerken van data en communicatie met data experts. Daarnaast zijn veel bio-informatici gericht op kanker, en is er minder aandacht en expertise specifiek voor het gebied van landbouw. Het is daarom zaak om ook deze specifieke landbouwgerichte bio-informatica skills in groene onderwijsprogramma's aan bod te laten komen.

De rol van financieringstrajecten: de verplichting samen te werken met industrie voor sommige VLAIO-calls werd als nuttig ervaren. Daarentegen voelen onderzoekers zich beperkt door de korte looptijd van de financiering en de impacteisen vanuit financiers. Van fundamenteel onderzoek naar toepassing kan (in dit domein) niet binnen enkele jaren gebeuren.

Daarnaast zagen we in de subdomeinen gerelateerd aan de landbouw een aantal punten terugkomen:

Beperkte interesse in groene biotech: weinig interesse onder jongeren om iets gerelateerd aan landbouw te studeren. Heeft een ouderwets imago, en wordt alleen nog gestudeerd door boerenzoons, maar daar zijn er steeds minder van. En als ze het al willen studeren, dan heeft een instelling als Wageningen UR een beter imago dan de Vlaamse instellingen (en is ook relatief dichtbij).

Partijen kennen elkaar niet voldoende: hoewel er initiatieven zijn zoals Agrolink om de sector bijeen te brengen, bestaat er het gevoel dat er te weinig zicht is op wat er binnen andere onderzoeksgroepen en instellingen gebeurt in Vlaanderen

Stikstof en klimaat: stikstof- en klimaatuitdagingen waren terugkerende discussies waarbij er een vanuit verschillende subdomeinen gekeken werd naar mogelijke oplossingen.

Ook voor de subdomeinen van synthetische biologie en microbiom voor menselijke gezondheid waren er een aantal terugkerende punten:

Beperking van GDPR: in aanvulling op de al bestaande wet- en regelgeving heeft de Europese GDPR-verordening voor meer administratie en beperkingen gezorgd voor wanneer gewerkt wordt met mensen of menselijke materiaal zorgt de Europese

Hoge kosten opzet onderzoek: de onderzoeken gerelateerd aan deze subdomeinen hebben hoge opstartkosten, welke soms niet goed gedekt worden door bestaande instrumenten.

Fiches subdomeinen

Op de volgende pagina's vindt u voor ieder subdomein een fiche die de afbakening, indicatoren en bevindingen van de workshop beschrijft. Deze gegevens zijn enerzijds een presentatie van de statistieken en anderzijds een synopsis van de onderwerpen die aangedragen zijn door de deelnemers aan deze workshops.

Microbioom voor de landbouw

Het microbiom in de landbouw verwijst naar de diverse gemeenschap van micro-organismen die aanwezig zijn in de landbouwomgeving, zoals in de bodem, op planten en in dierlijke productiesystemen. Het microbiom heeft verschillende functies in de landbouw, zoals het bevorderen van de groei van planten, het helpen om het milieu te reinigen en het beperken van de groei van schadelijke microben. Er is veel onderzoek gaande naar het begrijpen van het microbiom en hoe het kan worden gebruikt om de landbouw te verbeteren.



Overzicht subdomein

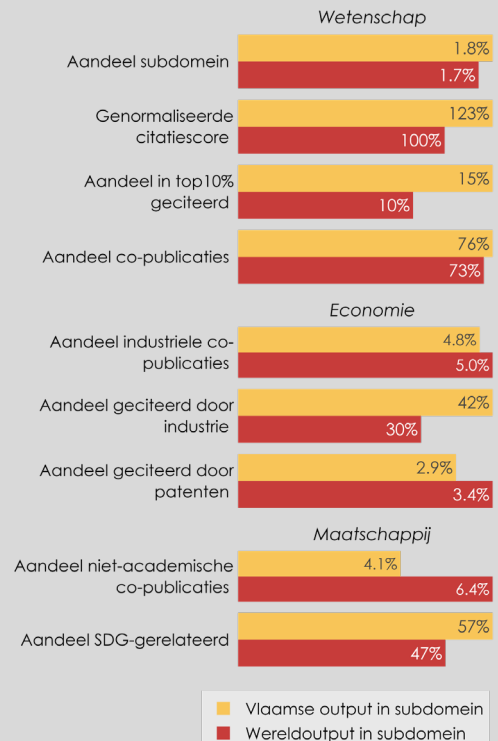
Over de periode 2014-2020 hebben Vlaamse onderzoekers aan 2587 publicaties op het gebied van 'Microbioom voor landbouw' gewerkt. In 76% betreft dit co-publicaties, waarvan 51% internationale co-publicaties zijn. Als we daarvoor corrigeren blijven er in totaal 1288 fractionele publicaties over. Dit betekent dat er ieder jaar een kleine 200 publicaties gegenereerd worden binnen Vlaanderen op het gebied van 'Microbioom voor landbouw'. Dat vertaalt zich in de activiteit van diverse onderzoeksgroepen op dit subdomein en vele tientallen onderzoekers, waarmee Vlaanderen goed is voor 0.5% van de wereldoutput binnen dit subdomein. Dit is goed voor 1.8% van de totale Vlaamse wetenschappelijke output.

Impactindicatoren

Van de Vlaamse output valt 1.8% binnen het subdomein Microbioom voor de landbouw, waarmee de aandacht voor dit subdomein vergelijkbaar is met de wereldwijde aandacht voor dit subdomein. Als er gekeken wordt naar excellentie dan zien we wel dat de Vlaamse output van bovengemiddelde kwaliteit is.

Hetzelfde zien we terug in het relatief hoge aandeel publicaties dat geciteerd wordt door industriële publicaties. Dat laatste vertaalt zich alleen niet in citaties door patenten, een indicator waarop Vlaanderen lager scoort dan het wereldgemiddelde.

Op het gebied van co-publicaties met niet-academische partners scoort Vlaanderen binnen het subdomein onder gemiddeld. Daarentegen is er wel een groter aandeel van de publicaties gerelateerd aan een SDG.



Behouden en uitbouwen van Vlaamse wetenschappelijke excellentie

De volgende aspecten met betrekking tot wetenschappelijke excellentie werden besproken:

Veel van de output komt niet direct terug in impactindicatoren: boeren zijn geen onderzoekers en publiceren niet, maar zijn wel degenen bij wie de kennis gaat spelen en die hiervan profiteren. Daarnaast is er een grote hoeveelheid academisch onderzoek in samenwerking met bedrijven dat niet gepubliceerd wordt maar wel verder stroomt in de interne R&D van bedrijven. Ook is patenteren minder gebruikelijk in dit subdomein.

Maatschappelijke verwachtingen en druk als belemmering: Onderzoekers worden soms actief gemotiveerd om bedrijven niet mee te nemen of te citeren om de onafhankelijkheid van hun onderzoek te behouden. Daarnaast zijn er oordelen van collega's of de maatschappij met betrekking tot het samenwerken met het bedrijfsleven en kan maatschappelijke polarisatie rondom onderwerpen zoals stikstof als barrière ervaren worden om vrij te kunnen opereren als onderzoeker.

Te weinig netwerkvorming: hoewel er samenwerkingsinitiatieven zoals AgroLink bestaan, is er weinig kennis van het onderzoek dat er in andere onderzoeksgroepen en instellingen in Vlaanderen gebeurt binnen dit subdomein. Een substantieel deel van de deelnemers aan de workshop kent elkaar en elkaars werk niet, wat een eerste barrière is voor een eventuele samenwerking of gezamenlijke benutting van onderzoekersinfrastructuur.

Beperkende wetgeving: de valorisatie van reststromen wordt bemoeilijkt door wetgeving met betrekking tot afval en of dit van het terrein (bijv. van een boer) te halen is. Het is daarom belangrijk dit allemaal in closed loops op het terrein/boerderij zelf te houden.

Betere benutting van bestaande sterke onderzoeksinfra: onderzoeksinfra zoals het Vlaamse supercomputer centrum werken goed voor dit vakgebied (goed, snel, interface online en online geen wachttijden). Wel zijn er uitdagingen voor het gebruik ervan. Veel van de toepassingen zijn gericht op medisch onderzoek. Gebruik van supercomputers voor landbouw zijn ze niet gewend en hier is weinig over bekend. De interactie met bio-informatici wordt door enkelen als uitdagend ervaren.

Benutting van de Vlaamse expertise

Ontbrekende incentives: een goed microbioom is geen KPI voor landbouwbedrijven.

Proof-of-concepts: het realiseren van proof-of-concepts is een eerste stap richting verdere benutting en interactie met het bedrijfsleven. Het zorgt ook voor een stuk zichtbaarheid wat volgende samenwerkingen met bedrijfsleven kan faciliteren.

Tijd: er is te weinig tijd in een projectbudget om toe te werken naar toegepast onderzoek en disseminatie. Ook deelprojecten met industriële partners zijn uitdagend omdat de tijdslijn korter is dan in de academie en te kort voor sommige van deze onderzoeken.

Opleiding van mensen: een tekort aan mensen vormt een beperking voor de opname en verdere ontwikkeling van kennis in de praktijk. Deels komt dit doordat studenten meer geïnteresseerd zijn in menselijke toepassingen.

Verdere toepassing: kennis op het gebied van onderwerpen zoals bio-discovery heeft mogelijk brede toepassing bij de aanpak van huidige maatschappelijke uitdagingen zoals stikstof en klimaatverandering.

Alternatieve gewasbescherming

Alternatieve gewasbescherming is een aanpak voor het beheersen van plagen en ziekten in landbouwgewassen, gericht op het verminderen van het gebruik van chemische bestrijdingsmiddelen. In plaats daarvan gebruikt alternatieve gewasbescherming biologische, fysisch-mechanische en andere niet-chemische methoden om ziekten, plagen en onkruiden te bestrijden die de groei en opbrengst van gewassen kunnen schaden.



Overzicht subdomein

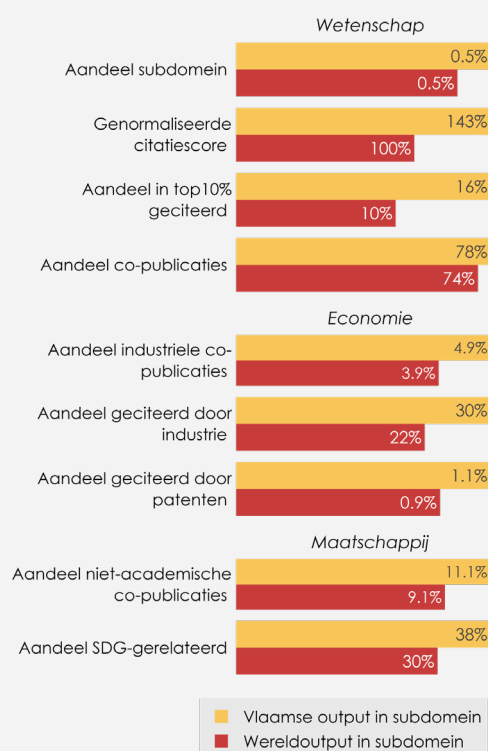
Over de periode 2014-2020 hebben Vlaamse onderzoekers aan 770 publicaties op het gebied van 'Alternatieve gewasbescherming' gewerkt. In 78% betreft dit co-publicaties, waarvan het 54% internationale co-publicaties zijn. Als we daarvoor corrigeren blijven er in totaal 378 fractionele publicaties over. Dit betekent dat er ieder jaar ruim 50 publicaties geschreven worden binnen Vlaanderen op het gebied van 'Alternatieve gewasbescherming'. Dat vertaalt zich in de activiteit van diverse onderzoeksgroepen op dit subdomein en vele tientallen onderzoekers, waarmee Vlaanderen goed is voor 0.5% van de wereldoutput binnen dit subdomein. Dit is goed voor 0.5% van de totale Vlaamse wetenschappelijke output.

Impact

Van de Vlaamse output valt 0.5% binnen het subdomein 'Alternatieve gewasbescherming', waarmee de aandacht voor dit subdomein vergelijkbaar is met de wereldwijde aandacht voor dit subdomein. Als er gekeken wordt naar excellentie dan zien we wel dat de Vlaamse output van bovengemiddelde kwaliteit is.

Hetzelfde zien we terug in het aandeel industriële co-publicaties, het aandeel publicaties dat geciteerd wordt door industriële publicaties en citaties door patenten.

Ook op het gebied van co-publicaties met niet-academische partners en aandeel SDG-gerelateerde publicaties scoort Vlaanderen bovengemiddeld.



Behouden en uitbouwen van Vlaamse wetenschappelijke excellentie

- **Disseminatie en bescherming kennis:** in toegepast onderzoek krijg je betaald om een onderzoek uit te voeren, en dan vertaalt zich dat naar een product in de praktijk en niet naar een publicatie. Dit kan ook deels door geheimhouding komen, een overweging die we ook terug zien komen in de keuze om wel of niet te patenteren. Daarnaast zijn in de agrarische sector de winstmarges klein waardoor patenten al snel te duur zijn.
- Verdwijnende voorsprong:** na een pionierende rol op verschillende technologieën wordt Vlaanderen op volume sterk ingehaald door landen zoals China die veel meer onderzoekers op een onderwerp kunnen zetten en is het zaak tijdig nieuwe wetenschappelijke specialisaties op te bouwen.
- Sterke infrastructuur maar benutting kan efficiënter:** qua infrastructuur zijn we op veel terreinen goed voorzien (bijv. Proefcentra), al lijkt er wel een gebrek aan state-of-the-art kassen. Goede infrastructuur kan ons ook een interessantere samenwerkingspartner maken voor industriële partners. Daarnaast kan de huidige infrastructuur beter benut worden door meer samen te werken waardoor proeven gecombineerd kunnen worden en de opstartkosten gedeeld.
- Impacteisen en focus op vernieuwend onderzoek in financiering:** VLAIO-Budgetten zijn voldoende, al wordt een economische impactfactor van 15x in 5 jaar na afloop van een fundamenteel onderzoeksproject als niet realistisch gezien. Daarnaast ligt de focus in toewijzing van de financiering op innovatief en vernieuwend onderzoek, wat ten koste kan gaan van onderzoek dat voortbouwt op elkaar.
- Loonkosten en inflatie:** de relatief hoge loonkosten maken Vlaanderen minder competitief t.o.v. Zuid-Europese partners. Deze belemmering wordt groter nu de inflatie stijgt, maar budgetten niet voldoende geïndexeerd worden.
- Samenwerking en profilering:** initiatieven zoals Praktijkcentra Plant en Agrolink worden als waardevol beschouwd. In sommige gevallen komt dit alleen nog niet helemaal van de grond. Echte samenwerking vereist ook grootschalige commitment van middelen.
- Uitdagingen in Europese calls:** hoewel er grote kansen liggen op Europees niveau via bijvoorbeeld CBE, schrikt de complexiteit van deze projecten in disciplines en type partners, Vlaamse partijen af om deel te nemen. Het is in deze complexe projecten vaak lastig om over zaken zoals IP goede afspraken te maken.

Benutting van de Vlaamse expertise

- Single point of contact:** De communicatie van de niet-peer reviewed kennis is minimaal en dat kan beter. Een vast aanspreekpunt voor contact met bedrijfsleven door valorisatiemanagers zoals bij Cropfit zou hierin helpen.
- Teruglopende instroom studenten:** de sector vergrijsst en de aanwas van onderaan is beperkt. Het fundament voor een keuze voor een carrière in de groene biotech wordt al op 8-12 jarige leeftijd gelegd. Deels is dit ook een prestigeprobleem. Wageningen had dit in het verleden ook, maar nu is het veel moderner qua infrastructuur en bedrijfsactiviteit op de campus. Ook blijft groene biotech minder aandacht krijgen dan de witte en rode biotech.
- Terughoudende wetgeving:** In Europa was beleid rondom RNAI beperkend en trekken bedrijven op dit terrein zicht terug. Voor Europese regelgeving op innovatieve alternatieven zijn recent stappen in de juiste richting gezet, al is het wel zaak dat deze regelgeving ook snel op nationaalniveau geïmplementeerd wordt.

Klimaatadaptatie en -mitigatie voor de landbouw



Klimaatverandering is een belangrijk probleem dat een significante impact heeft op de toekomstige ontwikkeling van de landbouw in Vlaanderen. De landbouw is niet alleen kwetsbaar voor de directe effecten van klimaatverandering, zoals extreme weersomstandigheden en droogte, maar kan ook bijdragen aan het versterken van de klimaatverandering door het uitstoten van broeikasgassen en onttrekken van grondwater. Via klimaatmitigatie kan enerzijds de bijdrage van de landbouw aan de klimaatverandering beperkt worden, waar klimaatadaptatie anderzijds kan helpen in de omgang met de impact van klimaatverandering.

Overzicht subdomein

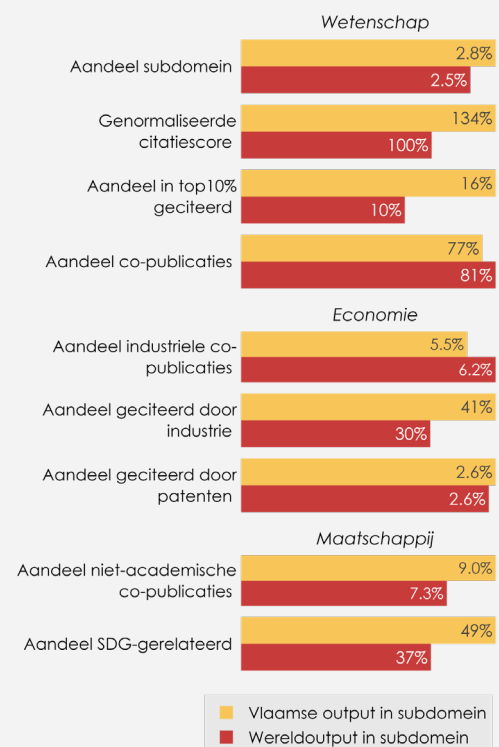
Over de periode 2014-2020 hebben Vlaamse onderzoekers aan 3966 publicaties op het gebied van 'Klimaatadaptatie en -mitigatie voor de landbouw' gewerkt. In 77% betreft dit co-publicaties, waarvan 51% internationale co-publicaties zijn. Als we daarvoor corrigeren blijven er in totaal 1990 fractionele publicaties over. Dit betekent dat er ieder jaar een kleine 300 publicaties geschreven worden binnen Vlaanderen op het gebied van 'Klimaatadaptatie en -mitigatie voor de landbouw'. Dat vertaalt zich in de activiteit van diverse onderzoeksgroepen op dit subdomein en vele tientallen onderzoekers, waarmee Vlaanderen goed is voor 0.5% van de wereldoutput binnen dit subdomein. Dit is goed voor 2.8% van de totale Vlaamse wetenschappelijke output.

Impact

Van de Vlaamse output valt 2.8% binnen het subdomein 'Klimaatadaptatie en -mitigatie voor de landbouw', waarmee de aandacht voor dit subdomein in relatieve termen ongeveer 10% hoger is dan de wereldwijde aandacht voor dit subdomein. Als er gekeken wordt naar excellentie dan zien we dat ook de Vlaamse output kwalitatief bovengemiddeld is.

Qua aandeel industriële co-publicaties scoort Vlaanderen onder gemiddeld, hoewel Vlaams onderzoek wel meer dan gemiddeld wordt geciteerd door de industrie en Vlaanderen ook net bovengegemiddeld scoort op het gebied van citaties door patenten.

Op het gebied van co-publicaties met niet-academische partners en het aandeel van de publicaties gerelateerd aan een SDG scoort Vlaanderen boven gemiddeld.



Behouden en uitbouwen van Vlaamse wetenschappelijke excellentie

Zeer goede kennis van natuurlijke systemen en geavanceerde infrastructuur, maar tegelijkertijd is de kennis voor natuurlijke systemen niet toepasbaar voor landbouwsystemen (geen monitoringopstellingen)

Duurzaamheid van ons onderzoek op lange termijn: de financieringstijdlijnen zijn veel te kort. We hebben veel langere financieringstijden nodig om bijvoorbeeld klimaatveranderingen op te sporen. Ook zouden meer gerichte panels voor de beoordeling van onderzoeksvoorstellen helpen het juiste onderzoek gefund te krijgen.

Landbouw versus voedsel: voor onderzoek over voedselproductie is veel gemakkelijker om financiering aan te vragen dan voor landbouwonderzoek gericht op duurzaamheid. Er zou binnen VLAIO ruimte moeten komen voor een landbouw- en klimaatcluster waarin ook ruimte is voor de achtergrond of principes van duurzame landbouw, met voorwaarden die qua timing passen bij dit onderzoek.

Veel platforms om verbinding te maken en samen te komen, maar kunnen beter worden gebruikt. Meer samenwerking kan leiden tot pooling van personeel en middelen, waardoor deze efficiënter ingezet kunnen worden en er minder nodig is om een onderzoek van de grond te krijgen. Matchmaking events tussen onderzoekers zouden hierin wellicht een rol kunnen spelen.

Kan een mismatch zijn tussen services en budgetlijnen. Het hebben van infrastructuur is een meerwaarde voor het aanvragen van financiering, maar het is lastig om voor het gebruik hiervan te budgeteren in een financieringsvoorstel, laat staan het opnemen van kosten voor het investeren in (verdere) infrastructuur.

Benutting van de Vlaamse expertise

Veelbelovende toepassingsgebieden: in Vlaanderen zijn er verschillende toepassingsgebieden waar de kennis van dit subdomein verder benut kan worden waaronder productie van alternatieve eiwitten, waterbeheer, technologiegedreven precisielandbouw en toepassing van de expertise op dieren. Al blijft het voor al deze toepassingsgebieden een uitdaging om de industrie zover krijgen om onderzoek dat gericht is op duurzaamheid te ondersteunen.

Te kort aan aansluitende onderwijsprogramma's: er zijn te weinig studieprogramma's die goed aansluiten op dit subdomein en de agrische sector in het algemeen; het is voor jongeren geen aansprekende sector om in te werken. Het is zaak studenten te triggeren om voor deze sector te kiezen.

Beperkende werking maatschappelijke polarisatie: het maatschappelijke debat rond zaken zoals stikstof is gepolariseerd waardoor onderzoekers terughoudender worden in met wie ze samen werken en wat ze zeggen om te voorkomen dat ze direct in één van de kampen geschaard worden.

Financiering stimuleert samenwerking met het bedrijfsleven, maar mist langetermijnperspectief: Onder andere de VLAIO-financiering vereist dat je met belanghebbenden werkt, dat helpt in het zetten van de stap naar het bedrijfsleven. In veel financieringsinstrumenten ontbreekt het langere termijnperspectief: bijv. voor carbon farming is een project van 2 jaar (de normale termijn bij VLAIO) simpelweg niet lang genoeg, zeker als de tijd om het onderzoek op te zetten meegenomen wordt.

Circulaire voedselketens

Circulaire voedselketens zijn een manier om voedselproductie, -distributie en -afvalbeheer te organiseren op een manier die gericht is op het verminderen van afval en het maximaliseren van het gebruik van middelen. In plaats van de traditionele lineaire voedselketens, waarbij voedsel van de boer naar de consument gaat en afval naar de afvalverwerkingsfaciliteit, is de circulaire voedselketen gericht op het zoveel mogelijk hergebruiken van middelen.



Overzicht subdomein

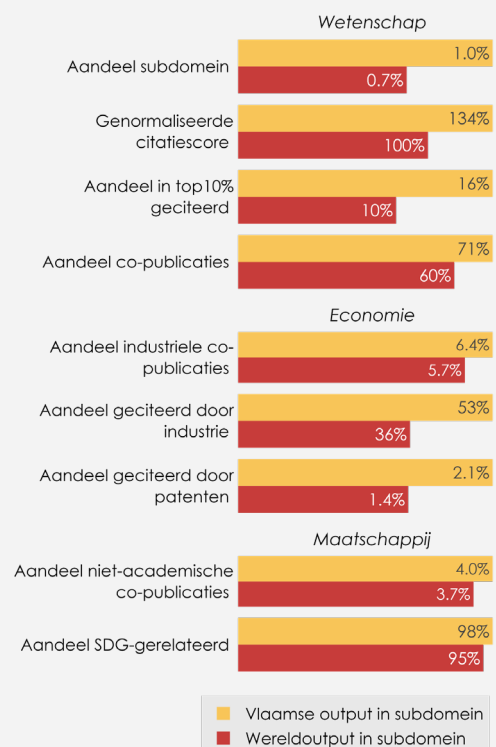
Over de periode 2014-2020 hebben Vlaamse onderzoekers aan 1248 publicaties op het gebied van 'Circulaire voedselketens' gewerkt. In 71% betreft dit co-publicaties, waarvan 47% internationale co-publicaties. Als we daarvoor corrigeren blijven er in totaal 716 fractionele publicaties over. Dit betekent dat er ieder jaar ruim 100 publicaties geschreven worden binnen Vlaanderen op het gebied van 'Circulaire voedselketens'. Dat vertaalt zich in de activiteit van diverse onderzoeksgroepen op dit subdomein en vele tientallen onderzoekers, waarmee Vlaanderen goed is voor 0.8% van de wereldoutput binnen dit subdomein. Dit is goed voor 1.0% van de totale Vlaamse wetenschappelijke output.

Impact

Van de Vlaamse output valt 1.0% binnen het subdomein 'Circulaire voedselketens', waarmee de aandacht voor dit subdomein groter is dan de wereldwijde aandacht voor dit subdomein. Als er gekeken wordt naar excellentie dan zien we wel dat de Vlaamse output van bovengemiddelde kwaliteit is.

Hetzelfde zien we terug in het aandeel industriële co-publicaties, het aandeel publicaties dat geciteerd wordt door industriële publicaties en citaties door patenten.

Op het gebied van co-publicaties met niet-academische partners en het aandeel van de publicaties gerelateerd aan een SDG scoort Vlaanderen dicht bij het wereldgemiddelde.



Behouden en uitbouwen van Vlaamse wetenschappelijke excellentie

Kennisdeling: er wordt te veel op eilandjes gewerkt. Men weet niet welke projecten er lopen bijv. Over resultaten worden er wel gepubliceerd. Maar tussentijds zijn er wellicht cross-links mogelijk Kennisuitwisseling werkt nu ad hoc, af en toe event bijv.

Imagoprobleem voor aantrekken studenten: Dalend aantal studenten richting specifiek voeding, en deze trend lijkt in recente jaren te versnellen. Dit gaat op termijn problemen opleveren voor het vinden van Vlaamse onderzoekers en doctoraat studenten en talent voor het bedrijfsleven. Er komen wel wat programma's bij, maar dat compenseert nog niet in het dalende aantal per opleiding. Curricula kunnen verbeterd worden, deels gebeurt dit ook al door meer aandacht voor duurzaamheid, maar er zijn nog veel stappen te zetten.

Verbinding tussen vakgebieden- circulair systeemdenken is (te) breed. Vaak spreken we niet hetzelfde jargon. In een call hebben we een soort checklist, hebben we: sociale wetenschapper, technische, Maar echte interactie vindt maar beperkt plaats

Tijdsduur beperkt van projecten: je hebt de ruimte niet om een stap verder te gaan. En moeilijk met zo'n grote groep stakeholders. Structureel financiering en projectfinanciering- meer structureel nodig voor een holistische visie.

Toegang tot infra: Technologische infrastructuur is van cruciaal belang. Hoewel er infrastructuur bestaat, is het gebruik hiervan kostbaar. Deze kosten zijn niet altijd in te passen in projectbudgetten.

Behoeftte aan het opbouwen van *communities of practice* naar het voorbeeld van Capture.

Benutting van de Vlaamse expertise

Efficiënt inspelen op huidige trends zoals voedselverspilling. Beter sluiten van nutriëntencycli is een duidelijk beleidsprioriteit met als doel 40% reductie in voedselverliezen voor 2030.

Veel samenwerking met industrie maar daardoor beperkte openheid: Er wordt veel samengewerkt met industrie, zowel bilateraal als in groter verband. Al leidt dit in veel gevallen tot vertrouwelijke informatie die je niet mag publiceren.

Valorisatiemanagers: die business developers van loF lijkt goed te werken. Geleid tot aantal samenwerkingen met industrie die we anders niet zouden hebben.

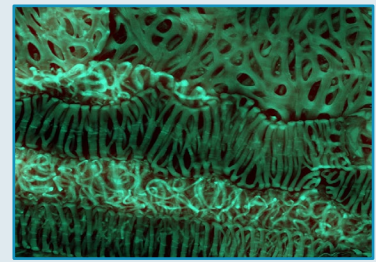
VLAIO-financiering voor innovatie: de financiering met verplichte samenwerking werkt goed, bedrijven voelen zich dan ook meer betrokken bij het resultaat.

Meer behoefte aan samenwerkingsstructuren: Al het onderzoek zou via Flanders' food moeten lopen, maar dat is niet altijd gepast. Ook organisaties zoals Essenscia en Catalisti kunnen beter benut worden, al zijn sommige bedrijven ook terughoudend voor deelname aan deze organisaties.

Meer systeemdenken: er zijn verschillende projecten op het gebied van circulariteit, maar er kan nog breder aandacht zijn voor het circulariteitsvakgebied door bijvoorbeeld te scharen onder een speerpuntcluster.

Synthetische biologie

Synthetische biologie is een interdisciplinair vakgebied dat zich bezighoudt met het ontwerpen en bouwen van biologische systemen en organismen die niet in de natuur voorkomen. Het doel van synthetische biologie is om biologische systemen te begrijpen en te manipuleren om zo nieuwe toepassingen te ontwikkelen in verschillende gebieden, zoals landbouw, gezondheidszorg en industrie. Er zijn verschillende manieren waarop synthetische biologie kan worden toegepast, waaronder op nieuwe materialen, brandstoffen of geneesmiddelen.



Overzicht subdomein

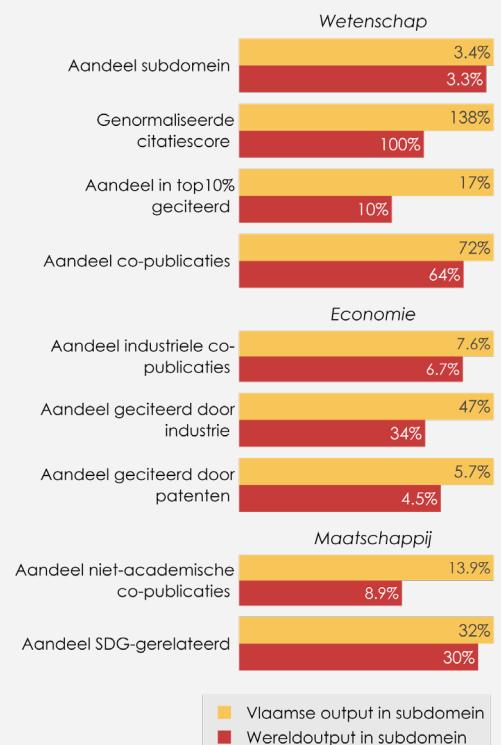
Over de periode 2014-2020 hebben Vlaamse onderzoekers op het gebied van 'Synthetische biologie' aan 4563 publicaties gewerkt. In 72% van de gevallen betreft dit co-publicaties, waarvan 48% internationale co-publicaties zijn. Na correctie hiervoor blijven er in totaal 2458 fractionele publicaties over. Dit betekent dat er ieder jaar 350 publicaties geschreven worden binnen Vlaanderen op het gebied van 'Synthetische biologie'. Dat vertaalt zich in de activiteit van diverse onderzoeksgroepen op dit subdomein en vele tientallen onderzoekers, waarmee Vlaanderen 0.5% van de wereldoutput produceert binnen dit subdomein. Dit is goed voor 3.4% van de totale Vlaamse wetenschappelijke output.

Impact

Van de Vlaamse output valt 3.4% binnen het subdomein 'Synthetische biologie', waarmee de aandacht in Vlaanderen vergelijkbaar is met de wereldwijde aandacht voor dit subdomein. In een vergelijking op excellentie, concluderen we dat de Vlaamse output van bovengemiddelde kwaliteit is.

Het aandeel publicaties dat geschreven wordt in samenwerking met industriële partners in Vlaanderen is hoog en we zien een relatief groot aandeel publicaties dat geciteerd wordt door industriële publicaties. Dat laatste zien we ook terugkomen in het aandeel publicaties dat geciteerd wordt door patenten.

Op het gebied van co-publicaties met niet-academische partners scoort Vlaanderen binnen het subdomein ruim boven het wereld gemiddelde en ligt ook het aandeel van de SDG-gerelateerde publicaties dicht bij het wereld gemiddelde.



Behouden en uitbouwen van Vlaamse wetenschappelijke excellentie

- **Sterke kennis in specifieke niches en communities:** de kennis op het gebied van non-model micro-organismen en 'specialized metabolites' en de aanwezigheid van biofoundaries zorgen voor een goede uitgangspositie. Ook is Vlaanderen een goede omgeving wat betreft communities en hubs, al komt dit nog niet samen in consortia.
- **Talent aantrekken en behouden is uitdagend:** hoewel Vlaanderen een goed opgeleide bevolking heeft, is het lastig om de instroom van nieuwe onderzoekers op peil te houden en is het lastig om internationale profielen aan te trekken. Daarnaast worden experts op gebied van computationele technologie weggetrokken naar andere domeinen of industrie. De hoge turnover van personeel zorgt dat kennis verloren gaat en werkt beperkend voor de verdere ontwikkeling van het veld.
- **Basisfinancieringskanalen zijn goed maar doorstroom is nodig:** Voor synthetische biologie is zowel fundamenteel als toegepast onderzoek nodig. Er is op het moment echter een mismatch in ontwikkeltijd en investeringsverwachtingen. De doorstroom van onderzoek moet beter kunnen en hiervoor is financiering nodig. Mogelijke oplossingen hiervoor zijn meer bottom-up financiering en/of de implementatie van een platform om gemakkelijk in te haken op kansen voor partnerships.
- **Zichtbaarheid van domein vergroten (bij financiers):** er is relatief weinig aandacht bij onderzoeksfinanciers voor synthetische biologie in vergelijking met andere domeinen zoals biomedische wetenschappen. Een roadmap voor synthetische biologie zal helpen in het verduidelijken van het potentieel van synthetische biologie. Daarnaast worden huidige financieringsprocedures als inefficiënt ervaren. Om dit te verbeteren werd het beschikbaar maken van financiering via specifieke calls gesuggereerd.

Benutting van de Vlaamse expertise

Toepassingsgebieden: Gebruik van expertise in industrie is goed: specifiek op internationaal niveau, waar het gebruik van de lokale industrie nog wat achter blijft. Het betreft een snel veranderend veld, waardoor een duidelijk langer termijn zicht op toepassingsgebieden uitblijft en er behoefte is aan meer bottom-up dynamiek.

Veel samenwerkingen met industrie: er zijn veel kleine bedrijven actief op dit domein, welke ook bijdragen aan de financiering voor de ontwikkeling van methoden. Dit betekent echter niet altijd dat de industrie meefinanciert in het geval van samenwerking. Er liggen nog mogelijkheden om deze samenwerking uit te breiden via verdere integratie van speerpuntclusters en -actoren.

Infrastructuren openstellen: samenwerkingen door zowel wetenschappers onderling als met industrie in de benutting van onderzoeksinfrastructuren kunnen verder uitgebreid worden. Dit kan de zichtbaarheid en vraag naar expertise door industrie vergroten.

Technologie transfer is sterk verbeterd met de komst van valorisatiemanagers. Al zijn er nog wel veel problemen met betrekking tot IP bij het opstarten van spin-offs en is er nog maar beperkte capaciteit beschikbaar bij incubatoren.

Regulatie van non-food GMO's: de perceptie van GMO's varieert per toepassingsgebied en de regulering in Europa gaat trager dan in andere gebieden.

Expertise rondom automatisering ontbreekt: verbeterde integratie van big data en het gebruik van AI zal het onderzoek in het subdomein versterken. Daarnaast zal meer standaardisatie van tools het gebruik en de doorstroom van tools versnellen.

Subdomein

Microbioom voor menselijke gezondheid

Het menselijke microbiom is de collectie van alle microbiële cellen en genen die voorkomen in verschillende delen van het menselijk lichaam, zoals de huid, de mond, het spijsverteringsstelsel en andere organen. Het microbiom vervult hier een aantal belangrijke functies voor de menselijke gezondheid.



Een van de belangrijkste functies van het microbiom is het versterken van het immuunsysteem. Daarnaast heeft het microbiom ook een belangrijke rol bij de spijsvertering. Het microbiom kan ook invloed hebben op andere aspecten van de menselijke gezondheid, zoals het gewicht en de mentale gezondheid.

Overzicht subdomein

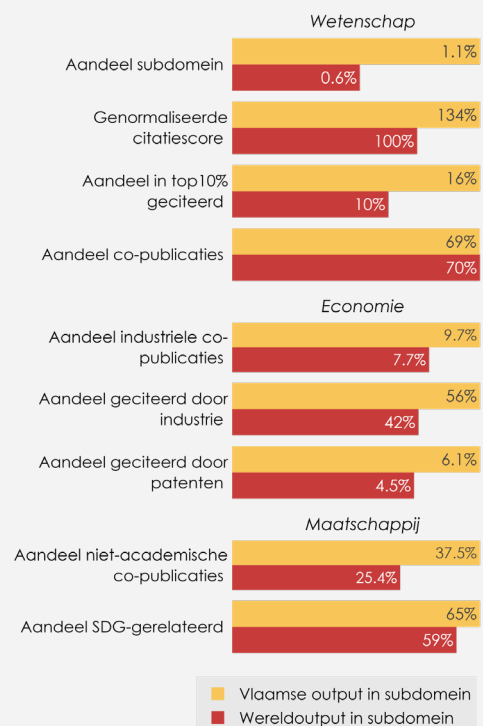
Over de periode 2014-2020 hebben Vlaamse onderzoekers op het gebied van 'Microbioom voor menselijke gezondheid' aan 1514 publicaties gewerkt. 69% van deze publicaties betreft co-publicaties, waarvan 42% internationale co-publicaties zijn. Als we daarvoor corrigeren blijven er in totaal 791 fractionele publicaties over. Dit betekent dat er ieder jaar ruim 100 publicaties geschreven worden binnen Vlaanderen op het gebied van 'Microbioom voor menselijke gezondheid'. Dat vertaalt zich in de activiteit van diverse onderzoeksgroepen op dit subdomein en vele tientallen onderzoekers, waarmee Vlaanderen goed is voor 1.0% van de wereldoutput binnen dit subdomein. Dit is goed voor 1.1% van de totale Vlaamse wetenschappelijke output.

Impact

Van de Vlaamse output valt 1.1% binnen het subdomein 'Microbioom voor menselijke gezondheid', waarmee de aandacht voor dit subdomein in Vlaanderen bijna twee keer zo groot is als de wereldwijde aandacht voor dit subdomein. Als er gekeken wordt naar excellentie dan zien we ook dat de Vlaamse output van bovengemiddelde kwaliteit is.

Hetzelfde zien we terug in het aandeel publicaties dat geschreven wordt in samenwerking met industriële partners en het relatief hoge aandeel publicaties dat geciteerd wordt door industriële publicaties. Dat laatste zien we ook terugkomen in het aandeel publicaties dat geciteerd wordt door patenten.

Op het gebied van co-publicaties met niet-academische partners scoort Vlaanderen binnen het subdomein bovengemiddeld. Daarentegen ligt het aandeel van de publicaties gerelateerd aan een SDG net wat lager.



Behouden en uitbouwen van Vlaamse wetenschappelijke excellentie

Sterke connectie tussen fundamenteel, biotech en klinisch onderzoek: alle Vlaamse universiteiten zijn verbonden met ziekenhuizen, wat de doorstroom naar klinisch onderzoek vergemakkelijkt. Fundamenteel onderzoek is echter nog steeds nodig. Hiervoor zijn op het moment voldoende financieringsstromen.

Onderzoek stopt bij toepassing: de uitdaging zit in het feit dat effecten van microbiotica subtieler zijn dan in reguliere medicijnen en dat er sprake is van grote verschillen tussen individuen in de werking van microbiotica. Daarnaast worden internationaal veel "lege producten" gepromoot met onbewezen claims. Hierdoor is het moeilijker om financiering voor de ontwikkeling van microbiotica te krijgen. Momenteel lijkt de (politieke) aandacht voor preventie te groeien wat ook kansen biedt.

Actie op het gebied van skills: theoretische ecologie is uiterst belangrijk op dit gebied en er is geen geschiedenis van expertise hierover in Vlaanderen. Ook bestaan er geen grote microbiomprogramma's in het onderwijs, maar zijn deze verspreid over verschillende onderwijsprogramma's. Er is veel belangstelling voor het onderwerp, maar het vinden van hoogopgeleide onderzoekers is moeilijk. Ook is er behoefte aan meer bio-informatici en de integratie van deze skills in bestaande opleidingen.

Geen grote geschiedenis in epidemiologisch onderzoek: door de hoge opstartkosten zijn er weinig grote lange termijn cohortstudies in Vlaanderen. Hiertoe is herhaalde cyclusfinanciering vereist, al is dat lastig te verkrijgen vanwege het "stoffige" karakter.

Onderzoeksinfrastructuur versterken: er zijn o.a. lokale biobanken, diepvriezers en ruimte nodig om efficiënt en snel onderzoek te kunnen doen.

Beperking door GDPR: GDPR zorgt voor extra werk en onzekerheden in bijvoorbeeld het delen van patiëntgegevens.

Benutting van de Vlaamse expertise

Kansen op het gebied van probiotica: er is veel innovatie mogelijk zoals bijvoorbeeld al gebeurd in de VS, maar in Vlaanderen blijft dit achter. Er zijn op dit moment nog geen grote bedrijven voor pre-/probiotica in Vlaanderen.

Expertise over klinische studies, maar ook barrières in benutting: Vlaanderen wordt beschouwd als expert in Fase 1 studies voor medicijnontwikkeling. Regelgeving is echter een barrière bij het starten van Fase 1-onderzoeken. Kansen worden gezien in het versterken van deze expertise wanneer Federaal Agentschap voor Geneesmiddelen en Gezondheidsproducten (FAGG) hiertoe een speerpunt opneemt.

België heeft een sterke productiecapaciteit voor farmaceutica: dit vormt een goede basis voor mogelijke opschaling van microbiomen.

Positionering van het domein tussen farma- en voedingssector: doordat het subdomein raakt aan verschillende sectoren is het van belang deze industrieën beter te laten samenkomen. Er bestaan clusterorganisaties voor beide sectoren die verbonden moeten worden en er kan ook verbinding met aanpalende velden zoals synthetische ecologie gelegd worden.

(Onzekerheid over) regulering remt ontwikkelingsproces: de onduidelijkheid en onzekerheid in de classificatie van microbiomen belemmert het ontwikkelingsproces en commercialisering. Daarnaast bestaat er ook onzekerheid over GMO-regulering voor menselijke toepassingen.

5 Conclusies en aanbevelingen

Samenvatting

De bio-economie kan en zal een belangrijke rol spelen in de transitie naar een duurzame Vlaamse economie. Aangezien er nog veel technieken te ontwikkelen zijn, ligt er een belangrijke taak voor de Vlaamse wetenschap op dit gebied. Omdat er nog onvoldoende zicht was op de sterktes van het Vlaamse wetenschappelijk bio-economische onderzoek, heeft Departement EWI Technopolis en CWTS gevraagd om inzicht te geven in de elementen binnen de bio-economie waarop Vlaanderen excelleert of zou kunnen excelleren. Hiervoor is een breed aantal indicatoren in kaart gebracht om inzicht te geven in (het potentieel tot) wetenschappelijke, economische en maatschappelijke impact. Daarna is verder ingezoomd op een aantal strategische subdomeinen.

Uit de data-analyse en de stakeholder workshops kwamen de volgende aandachtspunten naar voren:

Sterke regio, al blijft absolute omvang beperkt: in de benchmark met andere vooraanstaande Europa's scoort Vlaanderen zowel goed op kwantiteit en kwaliteit van het onderzoek en behoort het tot top 3 of 4 van de gebenchmarkte regio's. Tegelijkertijd zijn dit kleine aantallen in mondiaal perspectief.

Samenwerking met bedrijfsleven gaat goed, al missen er echt grote bedrijven: er is in vergelijking met andere landen veel aansluiting van het onderzoek op industrie. Samenwerking met bedrijfsleven als vereiste voor onderzoeksfinanciering en valorisatiemanagers helpen de brug te slaan tussen de academie en het bedrijfsleven. Hoewel er voldoende kleinere bedrijven zijn, worden grote bedrijven gemist met veel innovatieactiviteiten in Vlaanderen.

Beperkte kennisdeling, al zijn er wel beloftevolle initiatieven op het gebied van 'citizen science': kennis blijft beperkt tot onderzoekers zelf of wordt enkel gedeeld met academische collega's. Er moet meer ruimte komen voor verdere verspreiding van de ontwikkelde kennis. 'Citizen science' initiatieven worden ervaren als waardevolle initiatieven om het onderzoek breder onder de aandacht te brengen.

Beperkte toevoer van nieuw talent: in sommige domeinen van de bio-economie, zoals die terreinen die aansluiten op de agrarische sector, is er een beperkte en afnemende interesse van studenten. Ook bestaat er nu al een ruime onvervulde behoefte aan bio-informatici. Het op niveau krijgen van de interesse van jongeren in deze sectoren is cruciaal voor de toekomst van het onderzoek op het gebied van de bio-economie en de mogelijkheden voor benutting van nieuw ontwikkelde kennis op dit terrein door het bedrijfsleven

Mismatch onderzoeksfinanciering en onderzoekspraktijk: op het gebied van onderzoeksfinanciering zat het grootste pijnpunt in de korte perioden waarin gesubsidieerd onderzoek verricht en de impact gerealiseerd moet worden, welke niet goed aansluiten bij de onderzoekswerkelijkheid in deze sector. In bio-economie onderzoek gaat al veel tijd zitten in de opzet van een onderzoek, en duren onderzoeken ook vaak lange tijd (o.m. vanwege trage natuurlijke processen). Op onderzoeksterrein is er verder behoefte aan meer specifieke calls en panels gericht op de specifieke uitdagingen van de verschillende subdomeinen binnen de bio-economie.

Onduidelijkheid en achterblijvende wetgeving: in verschillende subdomeinen zorgt onduidelijkheid over wetgeving en beperkende Europese en Vlaamse wetgeving ervoor dat de benutting van de Vlaamse kennis en expertise achterblijft.

Aanbevelingen

De voorliggende studie bevestigt bestaande inzichten over de Vlaamse bio-economie en heeft geleid tot verschillende nieuwe inzichten. Op basis van onze bevindingen doen we een aantal aanbevelingen voor de verdere ontwikkeling van de Vlaamse bio-economie:

Versterk Europese samenwerking: Europese samenwerking kan op verschillende terreinen kansen bieden om ook als relatief kleine regio in mondiaal perspectief een sterke positie te behouden. Vlaanderens nabijheid tot andere sterke regio's in Europa, sterke infrastructuur en een goed opgeleide bevolking bieden een goede uitgangspositie om een leidende rol te spelen in Europese netwerken.

Versterk menselijk kapitaal: de interesse onder jongeren voor opleidingen aansluitend op maatschappelijk relevante gebieden van de bio-economie moet versterkt worden zodat zowel onderzoeksorganisaties als bedrijfsleven voldoende aanvoer hebben van talent, op bijvoorbeeld het gebied van landbouw of bio informatica.

Kennisinstellingen dienen hun samenwerking te intensiveren en beter te communiceren met elkaar: hoewel de individuele onderzoeksinstellingen en -groepen hun expertisen hebben, is er in veel gevallen beperkte kennis van welke andere activiteiten er plaatsvinden in Vlaanderen binnen hetzelfde expertisegebied. Er zijn wel initiatieven zoals AgroLink om instellingen samen te brengen, maar deze hebben er nog niet voor gezorgd dat deze uitwisseling tussen instellingen beter verloopt.

Breng opzet financieringstrajecten en eigenschappen onderzoek met elkaar op één lijn: korte financieringstrajecten kunnen belemmerend werken in sectoren waar de opstart van onderzoek meer tijd in beslag neemt. Onderzoeksfinanciering moet qua opzet beter aansluit bij de dynamiek en timing van het onderzoek

Versterk kennisdeling: een bredere disseminatie van de ontwikkelde kennis via open access kan zorgen via betere toegang en transparantie zorgen voor een betere benutting van de aanwezige kennis.

Verbeter (duidelijkheid over) regelgeving: Hoewel het tot op zekere hoogte onvermijdelijk is dat wetenschap vooruit loopt op de regelgeving, zijn tijdige en duidelijkheid over wetgeving belangrijke voorwaarden om de Vlaamse kennis en expertise in de verschillende subdomeinen van de bio-economie beter te benutten.

Bijlage A Bibliometrische analyse

A.1 Selectie van wetenschappelijke publicaties met betrekking tot de bio-economie

De wetenschappelijke publicaties binnen de bio-economie zijn geïdentificeerd met behulp van het classificatiesysteem ontwikkeld door CWTS, dat alle wetenschappelijke publicaties in het Web of Science groepeerd in meer dan 4.000 clusters op basis van de citatierelaties tussen publicaties. Wetenschappelijke publicaties die in een bepaald cluster zijn opgenomen, behandelen vergelijkbare onderwerpen. De inhoud van elk van deze clusters wordt beschreven met behulp van trefwoorden die meestal specifiek in de publicaties in het cluster voorkomen en met de namen van de meest voorkomende tijdschriften in het cluster.

In samenspraak met de stuurgroep heeft Technopolis trefwoordenlijsten opgesteld voor verschillende domeinen binnen de bio-economie; (1) agri-food, (2) biobased chemicals, (3) biobased-materials, (4) bio-energy, (5) biotech, machines and technical expertise, (6) genetic engineering, (7) marine, (8) pharmaceuticals, (9) waste processing en (10) overige. Deze trefwoorden zijn vervolgens gebruikt om titels, samenvattingen en trefwoorden van de publicaties te doorzoeken. Op deze manier kon voor elk van de bijna 4.000 clusters het percentage publicaties met de geselecteerde trefwoorden berekend worden, wat werd beschouwd als indicatie van de potentiële relevantie van het cluster voor het gebied van de bio-economie. Vervolgens is er gezocht naar een passende drempelwaarde om een meso-cluster tot de bio-economie te rekenen. Hiervoor zijn verschillende drempelwaardes geprobeerd en via handmatige inspectie gekeken of dit tot een passende afbakening leidde.

Voor de uiteindelijke afbakening is de algehele drempelwaarde op 30% gezet wat betekent dat 30% van de publicaties in een meso-cluster ten minste een trefwoord uit een van de trefwoordenlijsten aan moet slaan voordat een meso-cluster tot de bio-economie gerekend wordt. Aanvullend op deze selectie zijn nog meso-clusters meegenomen waarvoor ten minste 20% van de publicaties aansloeg op de trefwoordenlijst van een individueel domein. Voor de domeinen marine (5%), pharmaceuticals (10%) en agri-food (2%) zijn na inspectie aangepaste drempelwaardes gebruikt omdat uit een inspectie bleek dat de gebruikte trefwoordenlijst minder gevoelig was voor deze domeinen. Op basis van deze procedure zijn uiteindelijk 1.313 clusters met betrekking tot de bio-economie geselecteerd. Deze clusters, en de publicaties daarin, vormen de basis van onze data-analyse.

A.2 Identificatie van Vlaamse onderzoeksgroepen binnen de bio-economie

Binnen deze reeks publicaties (d.w.z. die welke in de 1.313 geselecteerde clusters worden behandeld) werden Vlaamse publicaties geïdentificeerd op basis van Vlaamse NUTS-codes en een handmatig samengestelde selectie van in Brussel gevestigde Vlaamse organisaties, wat in totaal 47.134 publicaties opleverde in het kader van de bio-economie in Vlaanderen binnen het tijdsbestek van de analyse (2014-2020).

Deze Vlaamse publicatieset werd vervolgens gekoppeld aan de binnen CWTS ontwikkelde dataset voor auteursdisambiguatie, waarmee we individuele auteurs konden terugvinden die actief zijn in het Vlaamse bio-economiegerelateerde onderzoeksveld. Elk van deze auteursdossiers werd vervolgens geanalyseerd op het aantal publicaties binnen de Vlaamse dataset dat ze samen met een andere Vlaamse auteur hadden geschreven die minstens één affiliatie deelde - in eenvoudiger bewoordingen, het aantal publicaties dat ze samen met collega's van Vlaamse organisaties hadden geschreven. Zo kunnen we unieke auteursdossiers selecteren voor onderzoekers die actief zijn binnen een grotere Vlaamse onderzoeksgroep. Dit leverde 3.193 verschillende auteursrecords op met minstens 10 publicaties die samen met Vlaamse collega's werden geschreven.

Onderzoeksgroepen werden vervolgens gedefinieerd door deze lijst van Vlaamse auteurs te herhalen, te beginnen bij de meest publicerende auteurs en toe te werken naar de minst publicerende auteurs, en voor elke auteur te bepalen of er een meer publicerende co-geassocieerde auteur bestaat met wie ze meer dan 50% van hun publicatie-output co-auteur zijn. We beschouwen de meest publicerende auteur, de hoofdonderzoeker (PI) of groepsleider, en alle auteurs die meer dan de helft van hun publicatie-output delen met deze PI (of andere auteurs via dit proces in verband met deze PI) als onderdeel van dezelfde groep. Dit leverde een set van 1.122 onderzoeksgroepen op, elk gekenmerkt door een PI en hun co-gelieerde samenwerkende auteurs.

Vervolgens werd elk van deze groepen gekarakteriseerd door het cluster waarin hun PI het grootste deel van hun onderzoeksoutput publiceerde, om het belangrijkste wetenschappelijke aandachtsgebied van de groep aan te geven, evenals (via dit cluster) naar het meest relevante OESO-onderzoeksgebied. De grootste van deze onderzoeksgroepen bestaat uit 20 auteurs, We hebben de verdere analyse van onderzoeksgroepen beperkt tot die met ten minste 50 publicaties in totaal, wat neerkomt op 644 groepen.

A.3 Zoekwoorden per subdomein

De onderstaande tabel geeft een overzicht van de gebruikte zoekwoorden per subdomein. Deze lijst hebben we gebruikt om te zoeken in de academische literatuur. Als meer dan 1% van de publicaties in een meso-cluster aanslaat op een of meerdere zoekwoorden, dan beschouwen we dit meso-cluster als onderdeel van het subdomein. Doordat we niet enkel publicaties meenemen die de zoekwoorden bevatten, maar het gehele meso-cluster indien de grens van 1% gepasseerd wordt, zorgt ervoor dat deze methode minder gevoelig is voor het missen van bepaalde zoekwoorden.

Tabel 7 Gebruikte zoekwoorden voor afbakening subdomeinen

Subdomein	Gebruikte zoekwoorden
Microbioom voor de landbouw	Biostimulants, crop microbiome, growth promoting bacteria, healthy soil, livestock microbiome, microbial inoculants, microbial OR Microbiome AND engineering microorganisms AND sustainable agriculture, nitrogen AND fixing AND Bacteria plant microbiome, rhizosphere OR microbiome modulator, soil biodiversity, soil life soil microbiome, sustainable agriculture AND microbiome
Alternatieve gewasbescherming	biological pesticides OR organic pesticides, biostimulants, crop protection, eco toxicity, environmentally friendly pesticide OR environmentally friendly pesticide, low-input agriculture, new genetic technologies, pesticide impact, pesticide reduction, pesticides AND Alternatives OR Non-chemical, pesticides AND sustainability OR sustainable use, priming strategies
Circulaire voedselketens	Circular AND Food Chains, circular food production, coproduct valorization, food waste, harvest residues, harvest waste, high value proteins, nutrient recycling, organic waste AND treatment OR transformation OR valorisation, pruning residue, pruning waste, sewage water AND treatment, waste water AND Treatment OR food industry
Klimaatadaptatie en -mitigatie voor de landbouw	agricultural AND water usage, agro-ecology, alternative protein, arid stress, carbon farming, carbon sequestration, circular AND biomass, climate adaptation AND agriculture, livestock research, molecular breeding, new OR novel OR innovative AND gene OR genetic AND technolog, nutrient cycle AND food chain, organic AND carbon capture, permaculture, resilient farming, soil fertility, soil regeneration, sustainable farming AND microbiome, water recovery, water reuse
Microbioom voor menselijke gezondheid	commensal microbiota, dietary alterations, gut microbiome, gut-brain axis, host nutrition, human AND microbiome AND health, intestinal microbiome, microbiome AND restorat OR therapy OR healing, oral microbiome, plant-based extract, pre-post antibiotic, skin microbiome, vaginal microbiome
Synthetische biologie	algae research, biobricks, biodiscovery, biofoundries, biological computer OR biocomputer, bioprospection, biosynthetic pathway, cellular agriculture, chassis organism, dbtI cycle, iGEM, metabolic engineering, molecular engineering, Nano biotechnology OR Nanobiotechnology, Omic, producer strains, protein engineering, synbio, synthetic biology