

DE SOCIO- ECONOMISCHE IMPACT VAN DE EINSTEIN TELESCOPE

➤ **Impactmeting voor
een Vlaamse investering**





OVER ONS

Ortelius, voorheen Econopolis Strategy, is een dochteronderneming van Econopolis NV. Sinds de start van haar activiteiten in 2009 heeft Ortelius zich gevestigd als een centrale bron voor Belgische economische en financiële informatie, strategisch en economisch onderzoek en heeft zij opgetreden als adviseur voor een breed scala aan overheidsinstellingen, bedrijven en investeerders. Ortelius werkte mee aan de visie voor kustbescherming in België tot 2100, voerde jaren van onderzoek uit naar kunstmatige eilanden voor de Belgische kust en werkte mee aan het klimaatplan voor de regio Gent. In 2022 werd het boek "De Klimaatschok: 20 oplossingen voor overheden, bedrijven en burgers in België" gepubliceerd. In dit boek berekende Ortelius de impact van 20 klimaatoplossingen voor ons land, samengevat in een leesbaar, positief en visueel verhaal.

VOORWOORD

De Einsteinttelescoop is een grensverleggende onderzoeksinfrastructuur die het mogelijk maakt om door middel van zwaartekrachtgolven grensverleggend astronomisch onderzoek uit te voeren. Aan Vlaanderen werd de kans geboden om, binnen een internationaal kader, zich kandidaat te stellen voor het onderbrengen van deze infrastructuur ter hoogte van het drielandenpunt met Nederland en Duitsland. Aan deze kandidatuur is uiteraard ook een investering van het gastland verbonden.

In opdracht van het Fonds Wetenschappelijk Onderzoek (FWO) en POM Limburg voerde Ortelius een impactmeting uit voor Vlaanderen in geval van een potentiële investering in de Einsteinttelescoop (ET). De resultaten van deze impactmeting worden in onderstaand verslag beschreven.

Auteurs van de studie

- Geert Noels
- Toon De Vil
- Kristof Eggermont
- Prof. dr. Mark Vancauteran*

*Professor verbonden aan de UHasselt die de Input-Outputanalyse uitvoerde binnen de effectbeoordeling. Deze samenwerking was essentieel voor de ontwikkeling van de methodologieën en conclusies die in dit rapport worden gepresenteerd.

**De kandidatuur is
een opportuniteit
die zich in het
verleden nog niet
heeft voorgedaan,
en die zich wellicht
de komende
decennia niet
snel opnieuw zal
presenteren.**

INHOUD

6	Managementsamenvatting	46	De socio-economische impact van ET op Vlaanderen
11	Inleiding en situering	48	First order effecten
11	Einstein Telescope als blik op het heelal	48	Methodologie van de I/O-analyse
13	Hoe ziet ET eruit?	51	Resultaten
15	Organisatie en tijdslijn	69	Spillovereffecten
16	Kostenstructuur	81	Ecosysteemeffecten
17	Bouwfase van ET	90	Conclusie impactmeting
19	Operationele fase van ET		
22	Onderzoeksmethodologie – Socio-economische impactanalyse	92	Een langetermijnvisie voor ET
26	De socio-economische impact van Big Science projecten	92	Maximaliseren van de first-order effecten
28	Socio-economische impact van de projecten	92	Het garanderen van de competitiviteit bij de aanbestedingsprocedure
28	Het home country effect	101	De keuze voor een optimale financiering
32	Motor voor STEM-profielen	106	Maximaliseren van de spillover-effecten
35	Economische spillover-effecten	110	Maximaliseren van de ecosysteem-effecten
39	Een R&D-centrum als magneet voor bedrijven en talent	110	Lessons learned uit andere (Europese) BSPs
42	Toename in productiviteit en private investeringen in R&D	112	Gebruik ET als instrument om strategische Vlaamse beleidslijnen te realiseren
42	Serendipiteit		
44	Risico's verbonden aan BSPs	117	Bibliografie
		120	Appendix 1: BSP-Fiches
		146	Appendix 2: Methodiek en uitgebreide resultaten IO-analyse

MANAGEMENT- SAMENVATTING

Einstein Telescope (ET) is een observatorium dat grensverleggend wetenschappelijk onderzoek naar het universum mogelijk maakt via de detectie van zwaartekrachtgolven. Als een internationaal "Big Science"-project biedt ET België (en dus ook Vlaanderen) de unieke kans om, samen met Nederland en Duitsland, deze infrastructuur te realiseren in de regio rond het drielandenpunt. De kandidatuur is een opportuniteit die zich in het verleden nog niet heeft voorgedaan, en die zich wellicht de komende decennia niet snel opnieuw zal manifesteren. Desalniettemin is het essentieel om de kosten en baten van een Vlaamse participatie in dit project concreet te beoordelen. In deze studie wordt daarom een socio-economische impactanalyse uitgevoerd om de implicaties van een Vlaamse investering in ET te beoordelen.

Tijdens de bouwfase en de operationele fase van ET werd de **directe impact** – de totale toegevoegde waarde en tewerkstelling als gevolg van de aanbouw van het project – gemeten met behulp van een input-outputmodel (IO), gebaseerd op het aangeleverde kostenprofiel van de installatie. Hierbij werd ook gevarieerd in de impact van een basisscenario tot een competitiviteitsscenario waarin Vlaamse bedrijven actiever deelnemen aan aanbestedingen. Dit model biedt inzicht in de directe economische effecten van de investering:

- De bouwfase genereert cumulatief tussen de €295 en €839 miljoen aan toegevoegde waarde en creëert 2.300 tot 6.700 baanjaren.
- Over de gehele operationele fase van 30 jaar, genereert het project €185 tot €839 miljoen toegevoegde waarde en 2.300 tot 5.500 baanjaren.

Spillovereffecten zijn de indirecte economische voordelen die voortkomen uit een toename van intellectueel kapitaal en innovatievermogen in de regio. Omdat de investering in ET een Vlaamse bijdrage aan fundamenteel onderzoek betreft, worden

aanzienlijke spillovereffecten verwacht. Door de ET-investering te koppelen aan de bestaande Vlaamse R&D-uitgaven blijkt dat:

- Deze effecten zich manifesteren over een periode van 4 tot 20 jaar na de initiële investering, wat dus een vrij grote 'timelag' (vertraging in effect) is tussen het ogenblik dat er geld wordt geïnvesteerd en de materialisering van de spillovereffecten.
- Een netto stijging van de productiviteitsgroei over deze periode kan worden verwacht, met een maximale stijging tot 0,22% omstreeks 2041.
- Het aantal patentaanvragen stijgt ook over dezelfde tijdshorizon, met een maximum van 2,8% omstreeks 2039.
- Door het complementaire karakter dat werd aangetoond tussen beiden, stijgt door deze investering ook de hoeveelheid private investeringen in R&D.

Ecosysteemeffecten verwijzen naar bredere maatschappelijke en economische veranderingen die ontstaan door het grootschalige en grensoverschrijdende karakter van ET. Een meting van deze effecten toont aan dat het project:

- De vorming van een hoogtechnologische cluster rond de installatie aan het drielandenpunt, met name langs de assen Hasselt-Maastricht en Maastricht-Luik, kan stimuleren omdat deze regio's reeds een sterke infrastructuur en kennisbasis hebben. Dit maakt hen bijzonder geschikt om innovatieve samenwerkingen en economische groei

te stimuleren. De uitgroei wordt bovendien verder ondersteund door de aanwezigheid van ET Pathfinder, een proefproject dat reeds interesse in de regio heeft vergroot.

- Door in te zetten op brede bekendheid het project een uithangbord voor STEM-studenten kan vormen, waardoor het aantal afgestudeerden in deze richtingen stijgt. Een groei in STEM-doctorandi, met een toename tot 1,2% 10 jaar na de initiële investering, versterkt ook de wetenschappelijke basis in Vlaanderen.

Hoewel de directe economische effecten tijdens de bouw- en operationele fase een aanzienlijke positieve bijdrage leveren aan de Vlaamse economie in termen van tewerkstelling en toegevoegde waarde, vormen deze niet de primaire motivatie voor een Vlaamse investering in ET. De substantiële meerwaarde ligt in de spillovereffecten (zoals productiviteitsgroei en innovatie) en de ecosysteemeffecten (zoals clustervorming en de groei van STEM-profielen). Deze effecten bieden een sterk strategisch argument voor de investering en ondersteunen Vlaanderen in het realiseren van beleidsdoelstellingen op lange termijn.

Een groot aantal van de socio-economische voordelen die worden uiteengezet in de studie zijn echter **afhankelijk van het flankerend beleid** dat voor ET wordt opgezet:

- De IO-analyse benadrukt het belang van het stimuleren en informeren van Vlaamse bedrijven om deel te nemen aan

aanbestedingen, wat de toegevoegde waarde en werkgelegenheid tijdens de bouw- en operationele fase vergroot.

- De spillovereffecten worden maximaal wanneer kennis efficiënt wordt overgedragen naar Vlaamse bedrijven, iets wat kan worden bevorderd door een kennistransfercel op Vlaams niveau te coördineren.
- Het succes in het aantrekken van STEM-studenten hangt af van initiatieven zoals de integratie in lespakketten en publieke betrokkenheid door de aanwezigheid van een bezoekerscentrum.
- Ook het vestigingsklimaat, de aanwezigheid van een R&D-centrum waar wetenschappers aan de upgrades van de installatie werken, de bredere ontsluiting van de regio en betrokkenheid van private investeerders zijn cruciaal voor de vorming van een technologisch ecosysteem rond ET.

Tot slot kunnen enkele risico's die eigen zijn aan het project het terugverdieneffect van de investering negatief beïnvloeden. Budgetoverschrijdingen, als gevolg van toenames in kosten of gebrekkig projectmanagement, kunnen de publieke steun ondermijnen. De locatie van ET, op het drielandenpunt, vraagt bovendien om een nauwe coördinatie tussen lokale, regionale en nationale overheden. Met de juiste strategie en ondersteuning kan ET Vlaanderen zowel economische welvaart als wetenschappelijke excellentie laten uitstralen op het wereldtoneel.

Het rendement van ET is dus niet

gegarandeerd. Op basis van de studie kunnen enkele concrete aanbevelingen gedaan worden om de risico's te verminderen en het rendement te verhogen. Deze kunnen gekoppeld worden aan de drie types van impact die worden bestudeerd in de studie:

DIRECTE IMPACT:

- Zet in op een Vlaamse Industrial Liason Office (ILO) om de competitiviteit van eigen bedrijven in de bouwfase te maximaliseren
- Zet een valorisatiestrategie op die afgestemd is op de specifieke sterktes van de Vlaamse economie
- Werk met In-kind contributions om de terugverdieneffecten van bepaalde technologieën te garanderen
- Benader de bouwkost vanuit een project-financieringsstructuur om de investering realistisch in de begroting in te brengen
- Doe beroep op Publiek-Private Samenwerking (PPS) voor de investeerbare delen om het projectrisico te verlagen
- Doe beroep op CERN in de project-managementfase voor het minimaliseren van uitvoeringsrisico's

De substantiële meerwaarde van het project schuilt in de spillovereffecten en ecosysteemeffecten op de lange termijn.

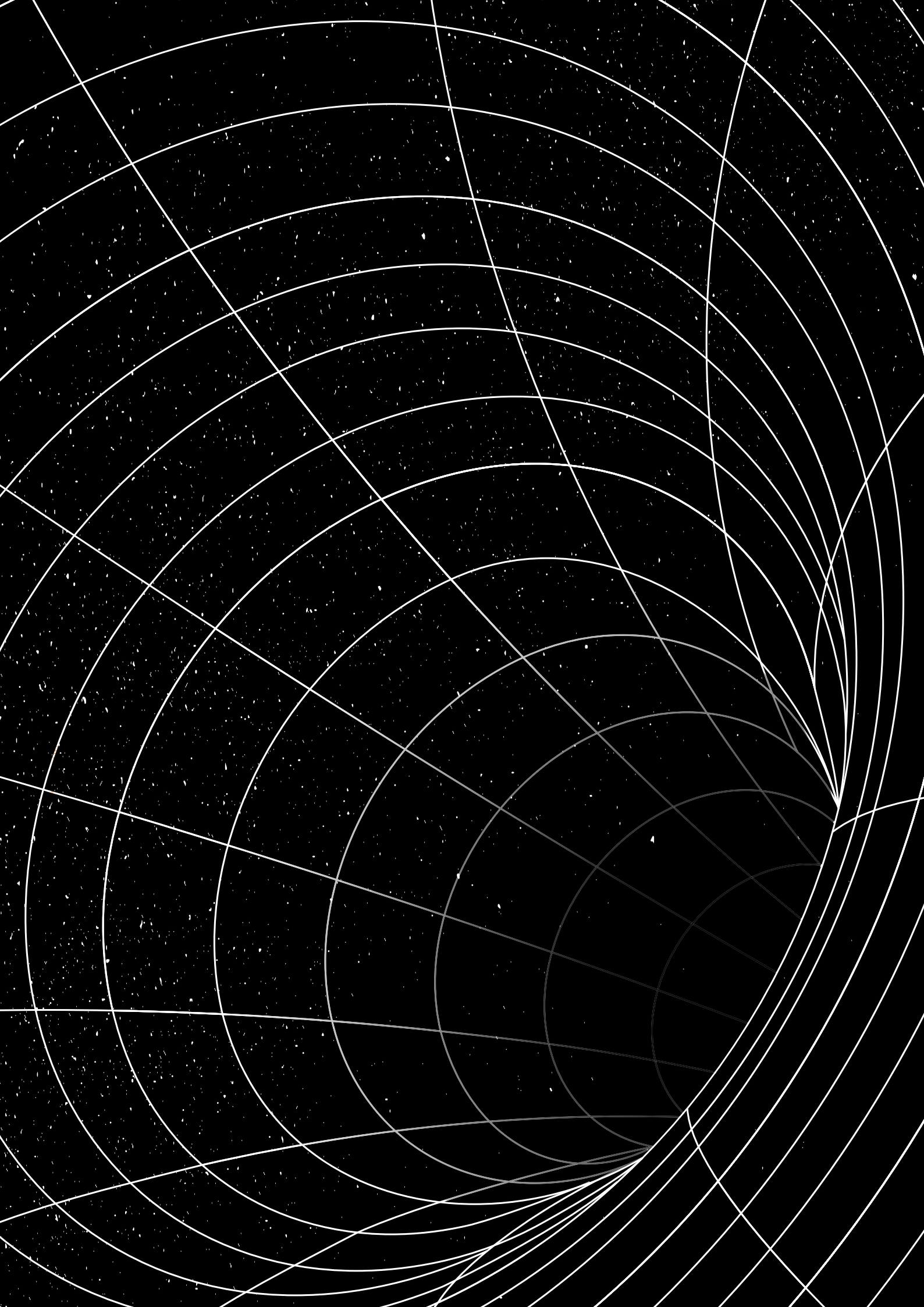
SPILLOVEREFFECTEN:

- Streamline de Vlaamse venture capital keten zodat nieuw IP, business modellen, producten en diensten vlot kunnen doorstromen
- Bevorder de coöperatie tussen publieke en private kapitaalverschaffers om financieringsinitiatieven voor ET-startups te promoten

ECOSYSTEEMEFFECTEN:

- Vergaar de "home status" om de socio-economische return te verhogen.
- Zet in op een "single site" infrastructuur zodat op de as tussen Maastricht en Luik een technologisch ecosysteem kan uitgroeien
- Voorzie een bijkomend R&D- en bezoekerscentrum om de blijvende aantrekkingskracht in de brede regio te vergroten
- Houd het vestigingsklimaat tegen het licht zodat de visaverlening en de woningnood geen bottleneck wordt
- Voorzie een grootschalige communicatiecampagne die de meerwaarde voor heel Vlaanderen rechtvaardigt
- Lijn een investering in ET uit met de Vlaamse beleidslijnen om transversale doelen te behalen

Heel concreet leert de impactmeting dus dat een investering in ET voor Vlaanderen een uitgesproken positieve return on investment levert, in het bijzonder omdat de spillovereffecten en ecosysteemeffecten die slechts op langere termijn naar boven komen in deze analyse werden meegenomen. Door de complexe en unieke aard van het project, vraagt het hoe dan ook om de juiste omkadering en strategie op Vlaamse niveau om de return te optimaliseren en de risico's te minimaliseren.



INLEIDING EN SITUERING

EINSTEIN TELESCOPE ALS BLIK OP HET HEELAL

Al duizenden jaren brengt de mens het heelal in kaart. Iets meer dan 400 jaar geleden was Galileo Galilei de eerste die een telescoop gebruikte om naar de sterren te kijken, een uitvinding die al snel instond voor een golf aan astronomische ontdekkingen. Als gevolg van verdere technologische vooruitgang werden tal van nieuwe telescopen ontwikkeld, die toelieten om alle vormen van elektromagnetische straling uit het heelal te meten en de gevoeligheid van onze meetinstrumenten steeds verder op te drijven. Tot recent was het meten van (alle mogelijke soorten) licht met telescopen de enige beschikbare informatiebron uit het heelal.

Daar brachten zwaartekrachtgolfdetectoren (ook “GW-detectoren” genoemd) verandering in. Om de werking van GW-detectoren te begrijpen, is het belangrijk om te weten wat zwaartekrachtgolven zijn. In 1915 publiceerde Albert Einstein zijn wereldvermaarde ‘relativiteitstheorie’, die aantoonde dat ruimte en tijd een vierdimensionale ruimtetijd vormen. Deze theorie voorspelt het bestaan van zwarte gaten, verklaart waarom het licht door hemellichamen wordt afgebogen, en impliceert het bestaan van zwaartekrachtgolven. De relativiteitstheorie voorspelt namelijk dat hemellichamen die een versnelde beweging maken, zoals twee zwarte gaten die op elkaar invallen, zwaartekrachtgolven uitzenden. Deze zwaartekrachtgolven zijn trillingen in de door Einstein getheoretiseerde ruimtetijd.

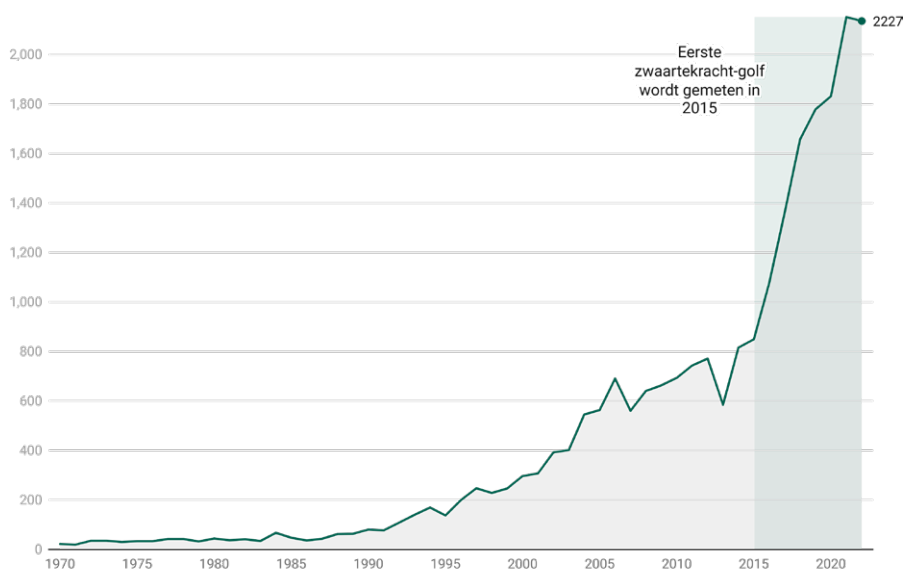
Een GW-detector probeert deze minuscule trillingen in de ruimte te meten. De huidige (tweede) generatie detectoren beschikt over twee lange armen in een L-vorm. In het hoekpunt van de L wordt een laserstraal gelijktijdig de twee armen in geschoten, waarbij spiegels aan het einde van elke arm deze laserbundel weerkaatsen. De weerkaatste lichtstralen vallen in op een detectorplaat. Bij een passage van een zwaartekrachtgolf trilt de ruimte en zal de laserbundel in de ene arm een minuscule stukje extra afstand afleggen ten opzichte van die in de andere arm, waardoor beide stralen niet meer gelijktijdig de detector bereiken en het signaal van een zwaartekrachtgolf gemeten wordt. Zwaartekrachtgolven werden voor het eerst gemeten op 14 september 2015, veroorzaakt door de samensmelting van twee zwarte gaten op een afstand van die 1,3 miljard lichtjaar van de aarde verwijderd is.

De meting van zwaartekrachtgolven betekent niets minder dan een revolutionaire ontwikkeling in de sterrenkunde.

De beschikbaarheid van GW-detectoren biedt astronomen een volledig nieuw zintuig om het universum te bestuderen, waarmee van bekende verschijnselen complementaire informatie beschikbaar komt, maar ook voor licht ontoegankelijke verschijnselen gemeten en bestudeerd kunnen worden. De zwaartekrachtgolf-astronomie is vandaag

1. GW-detectoren staan voor “Gravitational Wave” detectoren, of ook zwaartekrachtgolfdetectoren.

nog een jong domein binnen de natuurkunde, maar biedt een enorm potentieel. In 2015 – 100 jaar na de publicatie van Einsteins relativiteitstheorie – werden voor het eerst zwaartekrachtgolven gedetecteerd door de Amerikaanse GW-detector “LIGO”. In 2017 ontvingen de fysici Weiss, Thorne en Barish hiervoor de Nobelprijs voor Natuurkunde. De detectie van deze golven betekende een kantelpunt voor de zwaartekrachtgolf-astronomie, en luidde zo een nieuw tijdperk in voor misschien wel het meest beloftevolle domein binnen de fundamentele natuurkunde, astrofysica en kosmologie in de 21ste eeuw. Dit uit zich ook in het aantal wetenschappelijke publicaties over zwaartekrachtgolven. 57% van alle publicaties over zwaartekrachtgolven werden afgeleverd tussen 2015 en 2023.

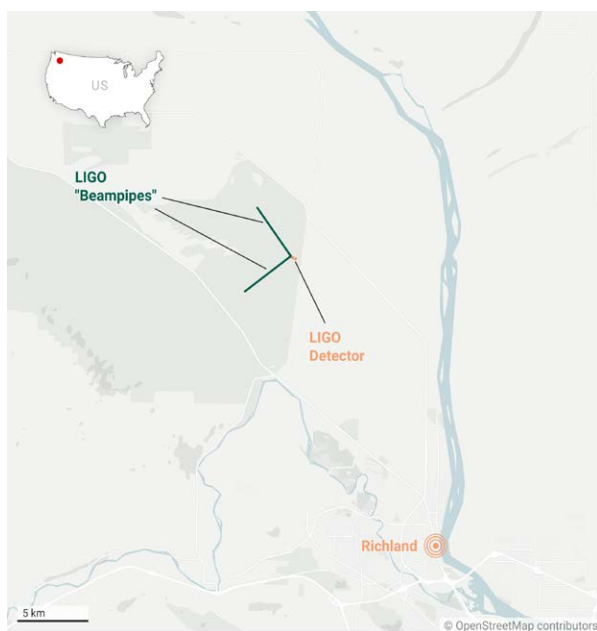


FIGUUR 1 Aantal publicaties over zwaartekrachtgolven wereldwijd sinds 1970. Bron: Scopus

Die ontluikende tak van de natuurkunde wordt vandaag vertaald naar een Europese ambitie voor een nieuwe GW-detector.

Een Europees consortium, bestaande uit regionale en nationale overheden, doet momenteel vooronderzoek naar de bouw van de ‘Einstein Telescope’ (ET), de eerste 3e generatie GW-detector ter wereld, die in staat moet zijn om 10 keer nauwkeuriger zwaartekrachtgolven te meten. De trillingen die het instrument zal proberen te meten zijn zo miniem, dat die equivalent staan met het meten van de dikte van een haar, ten opzichte van de afstand tussen de aarde en de dichtstbijzijnde ster buiten het zonnestelsel.

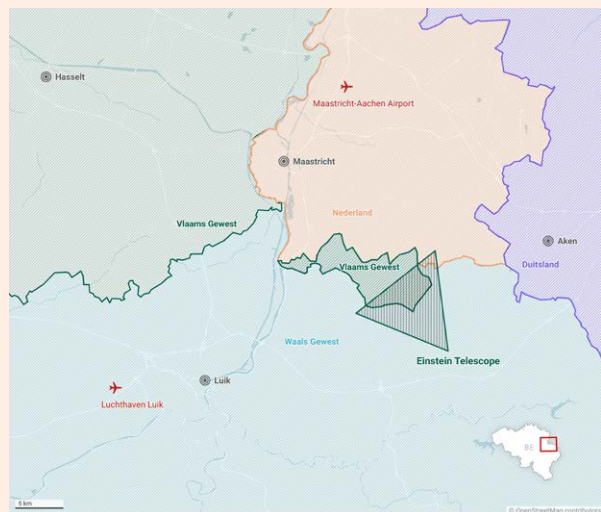
Dankzij die verhoogde nauwkeurigheid is ET in staat om veel 'zwakkere' signalen van zwaartekrachtgolven op te meten, waardoor er op een willekeurig tijdstip een superpositie van signalen gemeten zal worden, waar dit met de huidige generatie detectoren slechts enkele keren per week het geval is.



FIGUUR 1 Eén van de twee GW-detectoren van LIGO nabij Hanford, Washington in de Verenigde Staten. De andere installatie staat in Livingston, Louisiana. Dit is een L-vormige opstelling met twee armen van 4 km.

HOE ZIET ET ERUIT?

De dimensies van ET spreken enigszins tot de verbeelding: er wordt namelijk gekozen voor een driehoekvormige opstelling, waarbij de lengte van elke zijde van de driehoek maar liefst 10 km bedraagt. Bovendien wordt de detector op zowat 250 meter onder de grond ingegraven, zodat geologische trillingen en andere ruisbronnen gedempt kunnen worden. Al deze ontwerpkeuzes zorgen ervoor dat de nauwkeurigheid waarmee zwaartekrachtgolven kunnen opgemeten worden aanzienlijk zal toenemen, terwijl ook het frequentiebereik uitgebreid zal worden.



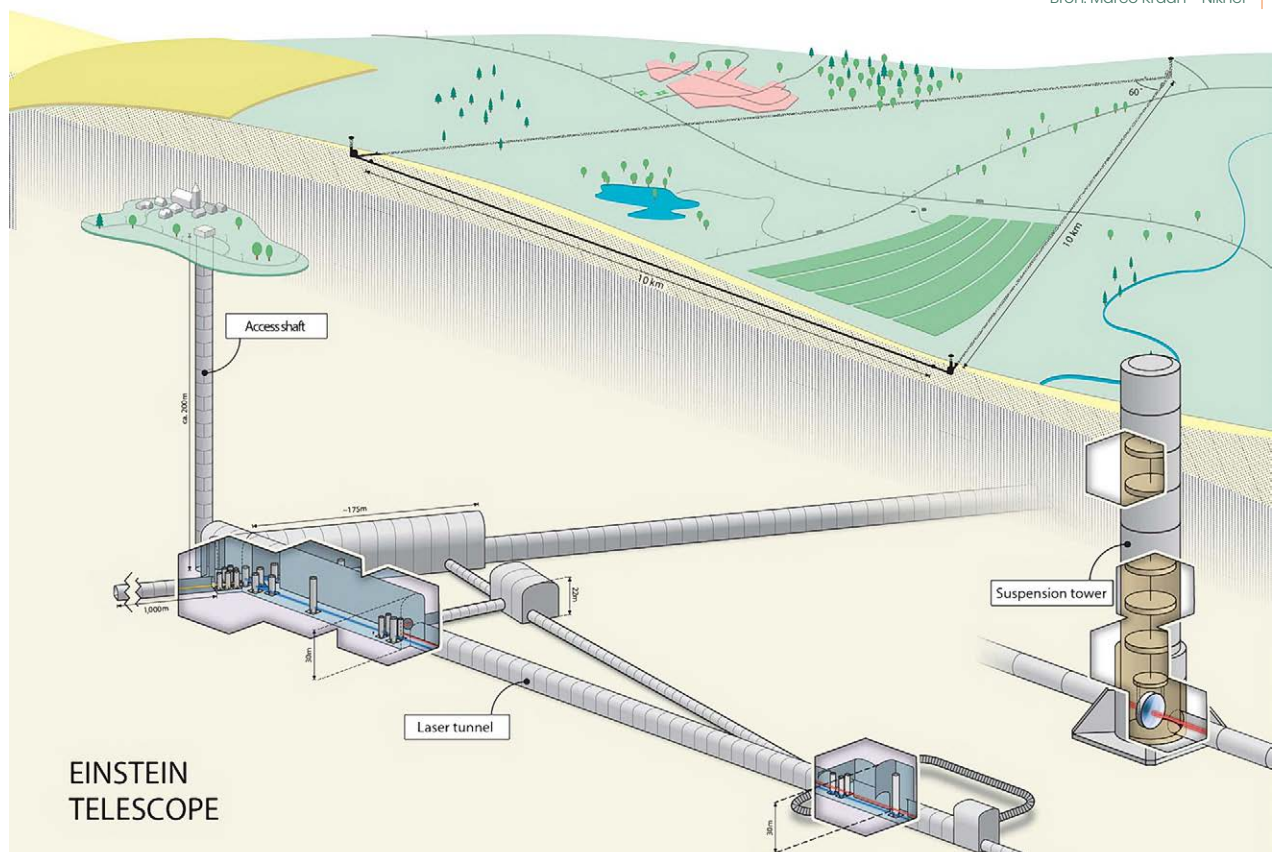
FIGUUR 2 Potentiële locatie van ET op het drielandenpunt. De locatie die wordt weergegeven is geen voorafname op de definitieve locatie, die op dit ogenblik nog het voorwerp is van technische haalbaarheidsstudies. Bron: Ortelius

Naast de aanzienlijke ruimtelijke impact, zullen de bijzondere ontwerpvereisten van ET ook de technologische grenzen van heel wat sectoren verleggen.

De belangrijkste technologieën die onderdeel zullen zijn van de ontwikkeling van ET zijn:

- **Optica:** De spiegels die het laserlicht terugkaatsen moeten perfect glad zijn en met een geschikte coating bezet zijn om de gewenste reflectie te verkrijgen. Dit wordt opgehangen aan een systeem van slingers om storingen uit het signaal te filteren.
- **Cryogenica:** De spiegels voor de lage frequenties moeten tot ongeveer $-260\text{ }^{\circ}\text{C}$ afgekoeld worden, om thermische ruis te elimineren.
- **Ultramoderne lasers:** Extreem stabiele en krachtige lasers zijn noodzakelijk om de minieme afstandsverandering doorheen een detectorarm op te merken.
- **Vacuümsystemen:** De laserbundel mag onderweg geen interactie aangaan met luchtdeeltjes, waardoor de buizen waarin het licht wordt gereflecteerd luchtdig moet worden getrokken.
- **Meet- en regelsoftware:** Voor ET is het belangrijk dat meet- en regelsoftware wordt ontwikkeld met een uitzonderlijk hoge precisie om zowel de spiegels binnen de vacuümtorens trillingvrij te houden, alsook ook om seismische trillingen tussen de vacuümtorens op onderlinge afstand van 10 km te compenseren.
- **Datamanagement:** Er zal heel veel data worden gegenereerd bij ET, waarbij de uitdaging erin ligt om met behulp van geavanceerde algoritmes en AI snel zinvolle informatie te genereren en te combineren met resultaten van andere sterrenkundige observatoria.

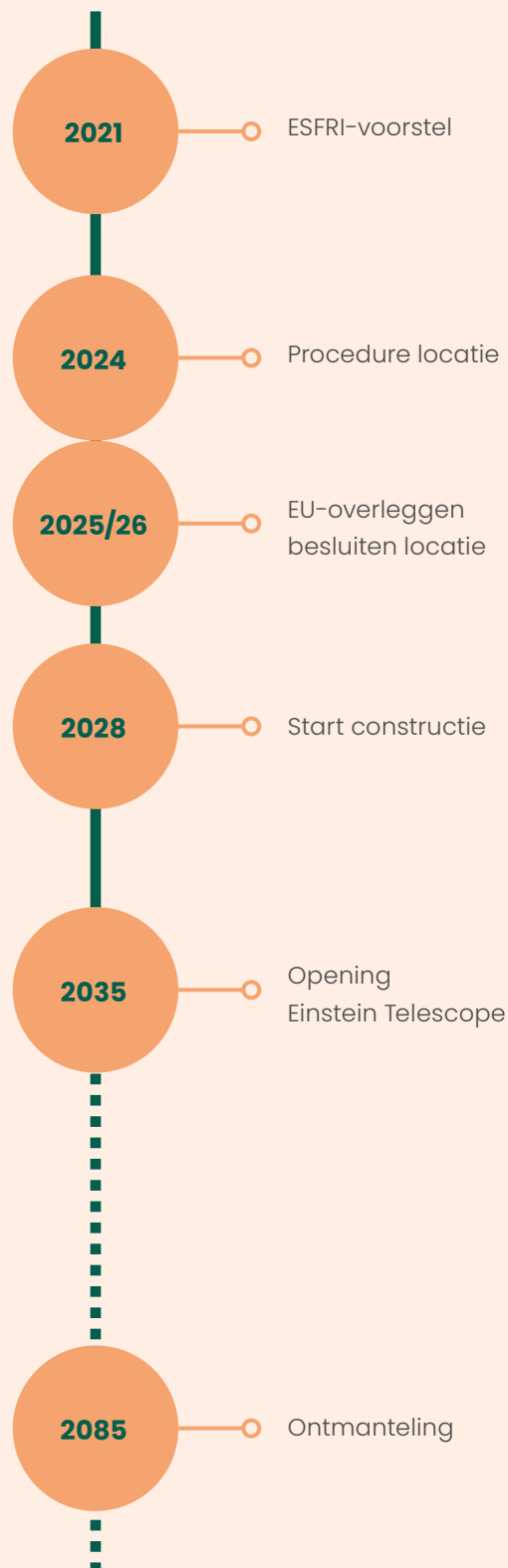
FIGUUR 2 Conceptuele schets van één hoekpunt van de driehoekige infrastructuur van ET.
Bron: Marco Kraan – Nikhef



Door de afmetingen van de constructie, gecombineerd met de hoogtechnologische componenten die nodig zijn voor de laserbundels en vacuümtechnologie, loopt de geschatte kostprijs op tot 2,266 miljard euro. De bouw van ET zal zo wellicht negen jaar in beslag nemen. Nadien zullen er – naar schatting – wel gedurende 50 jaar metingen worden gedaan op de locatie, en kan de regio een wereldwijde wetenschappelijke hotspot worden voor de zwaartekracht-astronomie.

ORGANISATIE EN TIJDSLIJN

Op Europees niveau wordt de ontwikkeling van ET gecoördineerd door de Einstein Telescope Organisation (ETO). De ETO is verantwoordelijk voor de technische ontwerpen, de organisatie en het financieel beheer van het project. Een belangrijke rol speelt hierbij de Einstein Telescope Board of Governmental Representatives, het hoogste beslissingsorgaan, dat instemt met het proces voor de realisatie van ET, inclusief de criteria en procedure voor locatiekeuze. Naar verwachting zal in 2025-2026 een site-selectieprocedure worden gepresenteerd, waarbij de voorbereiding hiervan tot en met 2026 in beslag zal nemen. Het project staat momenteel dus nog in de planningsfase, waarbij meerdere Europese locaties worden overwogen. De belangrijkste kandidaat locaties zijn de Euregio Maas-Rijn (EMR) enerzijds, met name de grensregio's van Nederland, België en Duitsland, en Sardinië in Italië anderzijds.



FIGUUR3 Tijdslijn voor de bouw van de operationele fase van ET. Bron: ET EMR Project Office – Nikhef

De ESFRI-aanvraag (European Strategy Forum on Research Infrastructures) is van cruciaal belang geweest voor de voortgang van het ET-project. De ESFRI-aanvraag, goedgekeurd in 2021, was een formele bevestiging van de wetenschappelijke waarde en de plannen voor de bouw van de Einstein Telescope in Europa. Dit is een belangrijke stap omdat het de steun van de Europese wetenschappelijke gemeenschap en de erkenning van de noodzaak van deze infrastructuur betekent. De ESFRI-aanvraag biedt een kader voor de verdere technische en organisatorische ontwikkeling van het project, en zorgt voor een gestructureerde aanpak van de benodigde stappen, inclusief de locatiekeuze en de financiële planning.

Op EMR-niveau speelt het ET-EMR Project Office een cruciale rol in de uitvoering van de studies die de haalbaarheid onderzoeken om de Einstein Telescope in de EMR te bouwen. Deze studies omvatten onder meer civiele techniek, geologie, milieukundige planning en financiering. Op de ET Ministeriële Conferentie op 26 september 2023 in Brussel kwamen delegaties van de betrokken Belgische entiteiten, Nederland en de Duitse deelstaat Noordrijn-Westfalen overeen om voorbereidingen te treffen voor het opstellen van een kwalitatief hoogstaand bidbook ter ondersteuning van de kandidatuur van de EMR en de uitbouw van een gezamenlijk consortium voor de Einstein Telescope. Daar staan inmiddels ook engagementen ten belope van 49 miljoen euro tegenover voor de financiering van de haalbaarheidsfase. Voor de bouw van de Einstein Telescope in de EMR werd er tot dusver enkel een reservering gemaakt door Nederland (870 miljoen euro) en Vlaanderen (200 miljoen euro).

De Europese planning is ambitieus maar nog onzeker. De indiening van het bidbook wordt ten vroegste eind 2026 verwacht. In het eerste kwartaal van 2024 werden aanzienlijke vorderingen gemaakt in de geotechnische en seismische metingen, en werden er boringen uitgevoerd in de grensregio. De analyses van deze data zullen worden geïntegreerd in een allesomvattend 3D-model van de ondergrond, dat dan kan leiden tot een duidelijker overzicht voor de civieltechnische werkzaamheden. De voortgang van het ET-project op zowel Europees als EMR-niveau toont dat een systematische aanpak en sterke samenwerking tussen de betrokken landen en organisaties zich stilaan heeft gevormd. De komende jaren zullen cruciaal zijn voor de verdere ontwikkeling en realisatie van het project, met nadruk op haalbaarheidsstudies, financiële zekerheid en juridische voorwaarden om een solide basis te leggen voor de Einstein Telescope in EMR.

KOSTENSTRUCTUUR

Bij aanvang van deze studie werd vastgesteld dat de enige schatting van de kostprijs voor de bouw van de Einstein Telescope uit 2019 te dateren. In die schatting wordt een bedrag van 1,7 miljard euro berekend. Dat bedrag fungeerde later ook als input voor het financiële projectplan dat in het kader van de ESFRI-aanvraag werd ingediend (Einstein Telescope Proposal Submission Questionnaire for ESFRI Roadmap 2021, 2020).

Verdere relevante databronnen in deze context zijn:

- De schattingen van de sub-kosten op basis van de technische ontwerpnota van ET (Einstein gravitational wave Telescope Conceptual Design Study, 2011). Met behulp van dit document werd een inschatting gemaakt van de kosten van elke component van ET (bijvoorbeeld het vacuümsysteem of cryogene koeling) als een percentage van de totale bouwkost.
- Een herziening van de geschatte bouwkosten voor de tunnelbouw en andere civiele werkzaamheden om deze te corrigeren voor inflatie in 2024 (Tractebel & Amberg Engineering, 2024).
- Data over de operationele kostenstructuur van andere zwaartekrachtgolf-observatoria, in het bijzonder de VIRGO-infrastructuur in Italië (The Virgo Collaboration, 2023).
- Expert-interviews en aanvullende documenten, die het toelieten om binnen een kostenpost een betere onderverdeling te maken van de gewichten van sub componenten (Ferreira, 2023).
- Een in-house berekening om een aantal grote kosten te corrigeren voor inflatie, daar de meest recente kostenschatting dateert van 2019. (TABEL 1)

Ortelius had in deze studie niet het mandaat om zelf de projectkost – zowel de investerings- als de onderhoudskosten – te schatten. Voor de analyse is ze dus afhankelijk van de aangeleverde kostendata, die mogelijks nog kunnen wijzigen in de toekomst door ontwerpveranderingen of een gewijzigde economische context.

Bouwfase van ET

Voor deze studie werd de geschatte kostprijs voor de bouw van ET naar best vermogen aangepast. Dit houdt in de eerste plaats in dat de cijfers uit 2019 gecorrigeerd werd voor inflatie. Verder werd de kost van de civiele technieken aangepast op basis van een rapport van Tractebel & Amberg Engineering uit 2024. De eigen ingeschatte kosten voor de bouw stijgen zo, zoals weergegeven in TABEL 1, naar €2,266 Mld. Dit bedrag wordt gespreid over een periode van negen jaar, beginnend in 2026. Dit cijfer werd in het vervolg van de studie als vertrekpunt gebruikt voor het uitvoeren van de I/O-analyse. Bij het ter perse gaan van dit rapport werd vernomen dat er in de tussentijd ook nieuwe schattingen gemaakt werden door het ET EMR Project Office, met 2,9 miljard euro als resultaat, terwijl er op basis van een gedetailleerder technisch ontwerp wellicht rond eind 2025 een grondige herziening van de kostenschatting komt. Zoals eerder vermeld was Ortelius afhankelijk van de aangeleverde kostendata, die ze in functie van enkele parameters zoals inflatie heeft geactualiseerd. De analyse is gebeurd op basis van die inschatting, maar het kan dus zijn dat de kosten nog sterk wijzigen in functie van bv. ontwerpwijzigingen. Hoe dan ook staat het ontwikkelde econometrisch model toe om eenvoudig een nieuwe ex ante analyse te maken op basis van nieuwe cijfers.



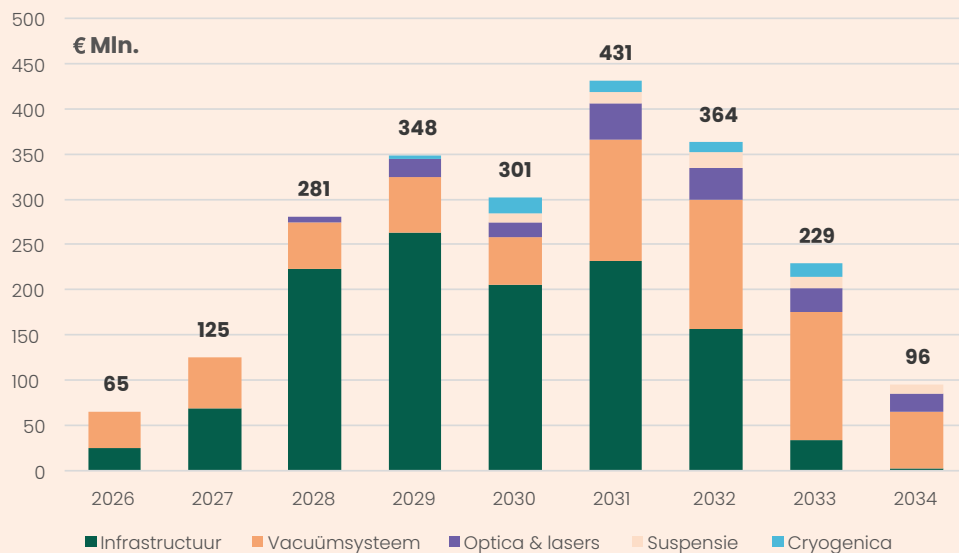
Totaalkost per deelcomponent van de bouwfase van ET

voor en na update voor inflatie door Ortelius

TABEL 1 |

KOSTTYPE	ORIGINELE SCHATTING – 2019 (€ MLN)	UPDATE ORTELIUS – 2024 (€ MLN.)	AANNAMES UPDATE
Uitgraving	782	1.014	Update door Tractebel & Amberg Engineering
Aansturing civiele werken	9	12	Bouwindex (1,295)
Civiele werken aan het oppervlak	98	127	
Ondergrondse werken	44	57	
Totaal infrastructuur	933	1.210	
Vacuümsysteem	566	744	Index Europese Producentenprijzen (1,31)
Optica & lasers	125	164	
Suspensie	48	63	
Cryogenica	45	59	
Installatiekosten	20	26	
Totaal detector	804	1.057	
Totaal ET	1.737	2.266	

Tot slot werd voor de absolute bouwkost ook een chronologische verdeling afgeleid, op basis van de conceptuele ontwerpstudie uit 2011. In die studie werden de kosten van de verschillende technologiecomponenten uitgezet op de projecttijslijn. Deze tijslijn werd overgenomen, waarbij de gelijke proporties werden gehanteerd ten aanzien van de hernieuwde bouwkost.



FIGUUR 4 Kostenprofiel van de bouwfase van ET

Operationele fase van ET

Na de bouw van ET zal de installatie gedurende 50 jaar de nodige experimenten vervullen in het domein van de zwaartekrachtgolfastrofomie. Tijdens deze operationele fase zijn er twee grote kostenposten die op recurrente basis gefinancierd dienen te worden:

- Er zijn de **recurrente operationele kosten**, meer bepaald de kosten voor de energievoorzieningen op de site, onderhoud, veiligheid, administratief werk en het wetenschappelijk personeel.
- Traditioneel bij de zwaartekrachtgolfobservatoria zijn er ook de **periodieke 'upgrades'** die worden uitgevoerd aan cruciale componenten van de installatie, die de nauwkeurigheid aanzienlijk verbeteren. Bij de voorgangers, met name VIRGO en LIGO, verloopt deze operationele cyclus gelijkaardig.

Door het specifieke fenomeen van de upgrades bij ET, heeft de operationele kost dus een cyclisch profiel. Om een meer granulaire inschatting te maken van de periodiciteit en de technologische sectoren waar in de upgradefase in wordt geïnvesteerd, werd beroep gedaan op de 'VIRGO_nEXT Preliminary R&D Plan', een rapport dat de aankomende R&D-cyclus voor VIRGO documenteert. Het document vermeldt de kosten per technologiedomein, staat toe een verdeling te maken tussen

goederen en personeelskosten, en geeft een chronologie van het uitgavepatroon weer. Op basis van deze data werd een extrapolatie uitgevoerd naar ET. De operationele kosten voor VIRGO werden eerst relatief ten opzichte van de totale operationele kost van de onderzoeksinstallatie uitgedrukt, waarbij nadien – onder de assumptie dat deze verhoudingen bij ET ook gelijk blijven – een vertaling naar de operationele kost van ET kan worden gemaakt.

Heel concreet wordt er dus gerekend dat:

- De recurrente operationele kosten geraamd worden op 2,1% van de totale bouwkost van ET, waarbij 60% wordt besteed aan lonen en 40% aan het aankopen van goederen en energie.
- De totale kost van een upgrade werd geraamd op 3% van de totale bouwkost van ET (**TABEL 2**).

Op basis van het document werd ook afgeleid dat de operationele cyclus een periode van zes jaar kent en hoe de kosten specifiek over technologiedomeinen en in de tijd verdeeld zijn. In de eerste jaren wordt de upgrade voorbereid via onderzoekswerk van wetenschappers werkzaam bij ET², waarna in de latere jaren de componenten voor deze upgrade aangekocht, geassembleerd en geïnstalleerd worden. Al deze kosten vormen ook productiewaarden die van de (al dan niet Vlaamse) economie gevraagd zullen worden, en op die manier tijdens de werking van de installatie bijkomende toegevoegde waarde en tewerkstelling zullen genereren. In **TABEL 2** worden de geschatte kostenverdelingen voor het opstellen van de operationele kost weergegeven, en in **FIGUUR 5** wordt een chronologische verdeling van de kosten gegeven voor een periode van zes jaar (wat dus overeenstemt met één upgradecyclus).

2. De kosten van dit onderzoekswerk worden verondersteld vervat te zitten in de personeelscomponent van de reguliere operationele kosten van ET.

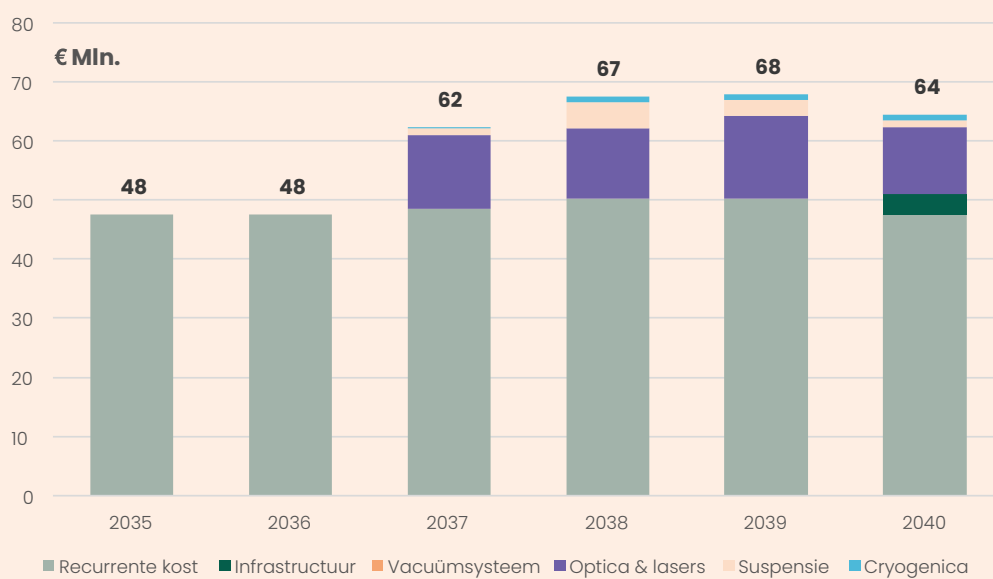


Geschatte kostenverdeling werking van ET

TABEL 2 |

RECURRENTE OPERATIONELE KOSTEN	IN % VAN BOUWKOST ET	IN € MLN.	WEGING PERSONEELSKOST
Personeel	1,3%	▪ € 29	▪ 100%
Materiaal, energie en onderhoud	0,8%	▪ € 19	▪ 0%
Totaal	2,1%	▪ € 48	▪ 60%

KOSTEN R&D-CYCLUS	IN % VAN BOUWKOST ET	IN € MLN.	WEGING PERSONEELSKOST
Infrastructuur	0%	▪ € -	▪ 50%
Optica	73%	▪ € 50	▪ 50%
Vacuümsysteem	0%	▪ € -	▪ 50%
Suspension	14%	▪ € 9	▪ 50%
Cryogenica	4 %	▪ € 3	▪ 50%
Andere	9 %	▪ € 6	▪ 10%
Totaal	3%	▪ € 68	▪ 47%



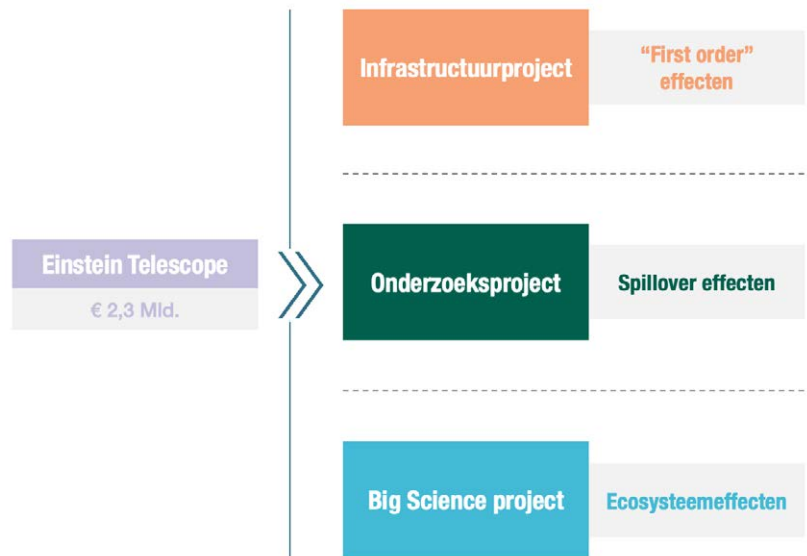
FIGUUR 5 Periodiek profiel van een zesjarige operationele cyclus van ET.

The background of the entire page is a vibrant, artistic representation of a cosmic scene. It features a deep blue and black space filled with numerous small, colorful spheres in shades of orange, red, blue, and white, resembling distant planets or stars. A prominent, bright orange and red spiral galaxy or nebula structure curves across the lower half of the image, adding a sense of depth and movement. The overall aesthetic is futuristic and scientific.

ONDERZOEKSMETHODOLOGIE

SOCIO-ECONOMISCHE IMPACTANALYSE

Om de socio-economische impact voor Vlaanderen te berekenen, wordt in verschillende 'scopes' naar de impact van het project gekeken:



First Order effecten omvatten de geschatte economische effecten van het realiseren van een groot infrastructuurproject als ET in het bestaande economische weefsel. Een dergelijk project vereist de productie van goederen en diensten van bedrijven die graafwerken verrichten, staal produceren, civiele werken uitvoeren, etc. (directe effecten). Deze bedrijven gaan op hun beurt beroep doen op hun toeleveranciers. Staalbedrijven kopen, bijvoorbeeld, grondstoffen aan van externe partijen, doen beroep op studiebureaus, etc. (indirecte effecten). Op die manier kan een schok zoals een infrastructuurproject als ET in het bestaande economische systeem een rimpel effect creëren doorheen heel het economisch systeem. Dit gebeurt doordat i) dit project beroep moet doen op een grote diversiteit van sectoren, die ii) op hun beurt "upstream" weer beroep moeten doen op andere sectoren. Tot slot zal de extra toegevoegde waarde in het economisch stelsel voor een gedeelte terugvloeien naar lonen, die op hun beurt leiden tot extra consumptie in tal van sectoren. Dit zijn de geïnduceerde effecten. Een input-output analyse probeert deze drie types van effecten door te rekenen, op basis van de karakteristieken van het ET-project.

Een belangrijke beperking van een input-output analyse houdt namelijk in dat een schok ten gevolge van een grootschalig project geprojecteerd wordt op het bestaande economische weefsel en er bijgevolg enkel gemeten wordt wat de impact is van dit project onder een statische economie. Dit is echter een zeer beperkende aanname om andere economische effecten te meten. De veranderingen van het project op het bestaande economische

weefsel moeten dus op een andere manier meegenomen worden. Om dit te bereiken peilt deze analyse dan ook naar de spillovereffecten en de ecosysteemeffecten. Waar het eersteorde-effect het directe 'rimpeleffect' bekijkt op de economie, beschrijven de laatstgenoemde de langdurige veranderingen in het economisch stelsel.

Spillover-effecten zijn externe effecten, doordat technologieën worden ontwikkeld binnen ET die potentieel nuttig kunnen zijn in andere sectoren van de economie, zoals de geneeskunde, telecom, maar ook toekomstige Big Science projecten. ET verandert namelijk het bestaande economische weefsel, doordat er via spin-offs nieuwe activiteiten kunnen ontstaan die waarde toevoegen aan de economie.

Om de spillover-effecten van ET in kaart te brengen, is er gebruikgemaakt van wetenschappelijk economisch onderzoek dat de impact van publieke R&D-investeringen op lange termijn bestudeert. Deze studies onderzoeken hoe investeringen in fundamenteel onderzoek kunnen leiden tot bredere economische voordelen, zoals een toename in innovatie, productiviteit, en de ontwikkeling van nieuw intellectueel eigendom. Dit soort effecten worden vaak pas jaren na de initiële investering zichtbaar, maar kunnen een substantiële en blijvende bijdrage leveren aan de economische en technologische ontwikkeling van een regio.

Daarnaast werd er een vergelijkende analyse uitgevoerd van innovatieclusters wereldwijd. Deze clusters worden gekenmerkt door een hoge concentratie van kennisinstellingen, technologiebedrijven, en ondersteunende infrastructuur, die samen een vruchtbare omgeving creëren voor technologische doorbraken en economische groei. De analyse richtte zich op hoe dergelijke clusters profiteren van publieke R&D-investeringen en hoe zij deze investeringen omzetten in economische meerwaarde en technologische innovaties. Het identificeren van de dynamieken binnen deze clusters biedt waardevolle inzichten in de factoren die de efficiëntie van R&D-investeringen en de daaropvolgende spillover-effecten beïnvloeden. De methodologie maakt gebruik van indicatoren zoals het aantal patenten, wetenschappelijke publicaties, en technologische startups om de prestaties van verschillende innovatieclusters te meten en te vergelijken.

Ecosysteemeffecten beschrijven de langetermijnveranderingen in de economische en sociale structuur van een regio die optreden als gevolg van de aanwezigheid van een groot wetenschappelijk project zoals ET. Terwijl first-order effecten voortkomen uit de directe investering in infrastructuur en spillover-effecten ontstaan door de technologische doorbraken die uit het project voortvloeien, zijn ecosysteemeffecten juist het resultaat van de unieke positionering van ET als een Big Science Project. Zulke projecten hebben de kracht om het regionale innovatie-ecosysteem blijvend te transformeren, doordat ze wetenschappelijke uitmuntendheid, hoogwaardige werkgelegenheid en internationale samenwerking aantrekken.

De analyse van ecosysteemeffecten is essentieel omdat de aanwezigheid van ET de regio kan omvormen tot een internationaal erkend kenniscentrum. Dit trekt niet alleen hoogopgeleide wetenschappers en ingenieurs aan, maar kan ook leiden tot de ontwikkeling van een hightechcluster rondom de projectsite. Dit ecosysteem omvat onderzoek en ontwikkeling, onderwijsinstellingen, en een breed scala aan ondersteunende diensten en industrieën. Daarnaast bevorderen projecten zoals ET de samenwerking tussen academische instellingen, de private sector en overheden, waardoor een veerkrachtig innovatienetwerk ontstaat dat verdere groei en ontwikkeling stimuleert.

Om de ecosysteemeffecten van ET in te schatten, is een vergelijkende analyse van bestaande Big Science Projecten onmisbaar. Eerdere BSPs hebben bewezen dat hun impact verder reikt dan alleen de directe economische voordelen en technologische spillovers. Ze hebben gezorgd voor blijvende positieve effecten op het gebied van regionale ontwikkeling, kenniscreatie, en maatschappelijke acceptatie van wetenschap en technologie. Door deze voorbeelden te bestuderen, kunnen we inzicht krijgen in de voorwaarden waaronder ET kan bijdragen aan een duurzaam en concurrerend ecosysteem. Zo wordt duidelijk hoe een strategische positionering en het creëren van een gunstig vestigingsklimaat voor bedrijven en talent kunnen zorgen voor een blijvende economische meerwaarde voor Vlaanderen.



DE SOCIO-ECONOMISCHE IMPACT VAN BIG SCIENCE PROJECTEN

De analyse van bestaande BSP's biedt inzicht in de variëteit aan socio-economische effecten die dergelijke projecten kunnen genereren. Aangezien ET kwalificeert als een Big Science project, biedt een vergelijking met andere BSP's de mogelijkheid om de potentiële impact van ET op de regio beter te begrijpen. Door te kijken naar de prestaties van vergelijkbare projecten, kunnen we de factoren identificeren die cruciaal zijn voor het succes van ET op economisch, technologisch

en maatschappelijk vlak. Deze vergelijkende analyse helpt ook om de voorwaarden te definiëren die nodig zijn om de positieve effecten van ET te maximaliseren en mogelijke valkuilen te vermijden. In **FIGUUR 7** worden de BSP's die voorwerp waren van de analyse op de kaart gesitueerd. **TABEL 3** vat de projecten samen die in deze analyse zijn opgenomen. Tevens kan in Appendix 1 van het verslag een uitgebreid overzicht per project worden teruggevonden.



FIGUUR 7 Big Science-centra in EU die voorwerp zijn van de analyse. Centra van ESA kleuren rood.

De analyse richt zich op de economische impact van BSP's op hun gastlanden, met aandacht voor thema's zoals werkgelegenheid, technologische spillovers, clustervorming en maatschappelijke acceptatie. Hierbij worden zowel BSP's waar België aan deelneemt als andere internationale voorbeelden meegenomen, om een breed perspectief te bieden en relevante lessen te trekken die toegepast kunnen worden op de ET-case.

Overzicht van alle BSP's die voorwerp zijn van het onderzoek

België is lid van in het groen gekleurde projecten

TABEL 3 |

Project	Jaarlijks werkbudget (€ Mln. cash) ▼	Aantal werknemers in dienst	Aantal lidstaten	Oprichtingsjaar	Missie
ESA	7,080	2,200	17	1975	Het ontwikkelen van een Europees ruimtevaartprogramma
CERN	1,470	2,658	23	1954	Het uitvoeren van fundamenteel onderzoek op het gebied van deeltjesfysica
ITER	591	1,069	35	2007	Het bouwen van de grootste kernfusiereactor in de wereld
EMBL	319	1,264	29	1974	Het uitvoeren van fundamenteel onderzoek op het gebied van moleculaire biologie
ESO	248	750	16	1962	Het uitvoeren van Europees astronomisch onderzoek in het zuidelijk halfrond
XFEL	140	450	12	2009	Het uitvoeren van fundamenteel en industrieel onderzoek met behulp van elektronen
ESS	130	525	13	2010	Het uitvoeren van fundamenteel en industrieel onderzoek met behulp van neutronenbundels
ESRF	116	399	13	1994	Het uitvoeren van fundamenteel en industrieel onderzoek met behulp van Röntgenstraling
ILL	108	536	14	1967	Het uitvoeren van fundamenteel en industrieel onderzoek met behulp van neutronenbundels
LIGO	41	80	1	1997	Het detecteren van zwaartekrachtsgolven
ELI	34	600	4	2013	Het uitvoeren van fundamenteel onderzoek met behulp van 's werelds krachtigste laserbron
SKA	25	214	8	2011	Het bouwen van 's werelds grootste radiotelescoop
VIRGO	9	40	3	2000	Het detecteren van zwaartekrachtsgolven

SOCIO-ECONOMISCHE IMPACT VAN DE PROJECTEN

HET HOME COUNTRY EFFECT

De directe economische return naar de lidstaten bestaat in de eerste plaats uit de aankoop van goederen en diensten die gebruikt worden bij de experimenten uitgevoerd door het Big Science project. Wanneer CERN, bijvoorbeeld, beroep doet op een Belgisch bedrijf voor het leveren van bepaalde technologie, vloeit er een deel van de Belgische bijdrage terug naar de eigen economie. Als gevolg van de werkingsstructuur van een dergelijk project is het zelden mogelijk om voor elke euro die wordt ingelegd als lidstaat, één euro return naar de eigen economie te verwachten. Om te beginnen blijft er geld 'kleven' bij de organisatie dat nodig is om de operationele kosten te dekken (het uitbetalen van lonen, kosten voor energie, etc.). In het voorbeeld van CERN wordt zo meer dan de helft van het werkingsbudget dat lidstaten bijeenleggen gebruikt voor operationele doeleinden. Van deze operationele uitgaven kan gezegd worden dat ze grotendeels doorvloeien naar de economie van het gastland. De consumptie van de lonen van werknemers wordt immers in de nabijheid van de infrastructuur gedaan (gesteld dat ze zich in de omgeving huisvesten), en voor nutsuitgaven wordt beroep gedaan op lokale/nationale leveranciers. Dit is een bewijs van het home country effect³ op het niveau van consumptie, en is in de eerste plek al een verklaring voor de lange onderhandelingen die vaak vooraf gaan aan de definitieve toewijzing van de onderzoekinfrastructuur tussen regio's. In sommige gevallen (bv. bij het ITER-project) wordt omwille van dit effect een extra bijdrage van het gastland gevraagd, al is dit eerder de uitzondering dan de regel.

Daarnaast doet het BSP ook kapitaalsuitgaven om te investeren in de onderzoekinfrastructuur. Vermits deze uitgaven vaker van hoog-technologische aard zijn, speelt het locatie-effect (in een eengemaakte markt als Europa)

hier in theorie minder mee, waardoor lidstaten via deze stroom een deel van hun inleg in het project kunnen terugverdienen. Toch is ook op het niveau van de investeringen in de praktijk vaak sprake van een home country effect. De verklaring hiervoor ligt voornamelijk bij het feit dat de algemene bekendheid van het project bij bedrijven in het gastland groter is dan bij andere lidstaten, waardoor er meer wordt ingetekend op aanbestedingen. Binnen de BSPs is er een algemene erkenning voor dit fenomeen, en worden er vaak maatregelen genomen om het te monitoren en binnen de mate van het mogelijke te corrigeren. De twee voornaamste systemen worden hieronder verder toegelicht.

Juste retour

In 2022 vloeide ongeveer 32% van het werkingsbudget van CERN terug naar lidstaten via de aankoop van goederen en diensten. Uiteraard wedijveren lidstaten onderling om zo veel mogelijk van deze aanbestedingen aan te trekken, vermits ze de investering in het project (gedeeltelijk) willen terugverdienen. In sommige oprichtingsverdragen is dan ook vastgelegd dat bij het gunnen van de opdrachten het principe van 'juste retour' moet gelden. Dit betekent dat een land zoals België, dat 3% bijdraagt aan het budget van CERN, in het ideale geval dus ook 3% van de totale waarde van de aanbestedingen binnenhaalt. Om dit principe te kwantificeren, wordt vaak beroep gedaan op de 'Industriële Return Coëfficiënt', verder afgekort tot IRC. De IRC is de verhouding van de procentuele bijdrage tot het werkingsbudget, en het aandeel contracten dat het land binnenhaalt. In het voorbeeld van hierboven, heeft België met die cijfers dus een IRC van 1⁴.

3. Voor de volledigheid wordt hiermee bedoeld op een een onbalans tussen hoeveel een land bijdraagt aan het BSP en hoeveel er terugvloeit via aanbestedingen.

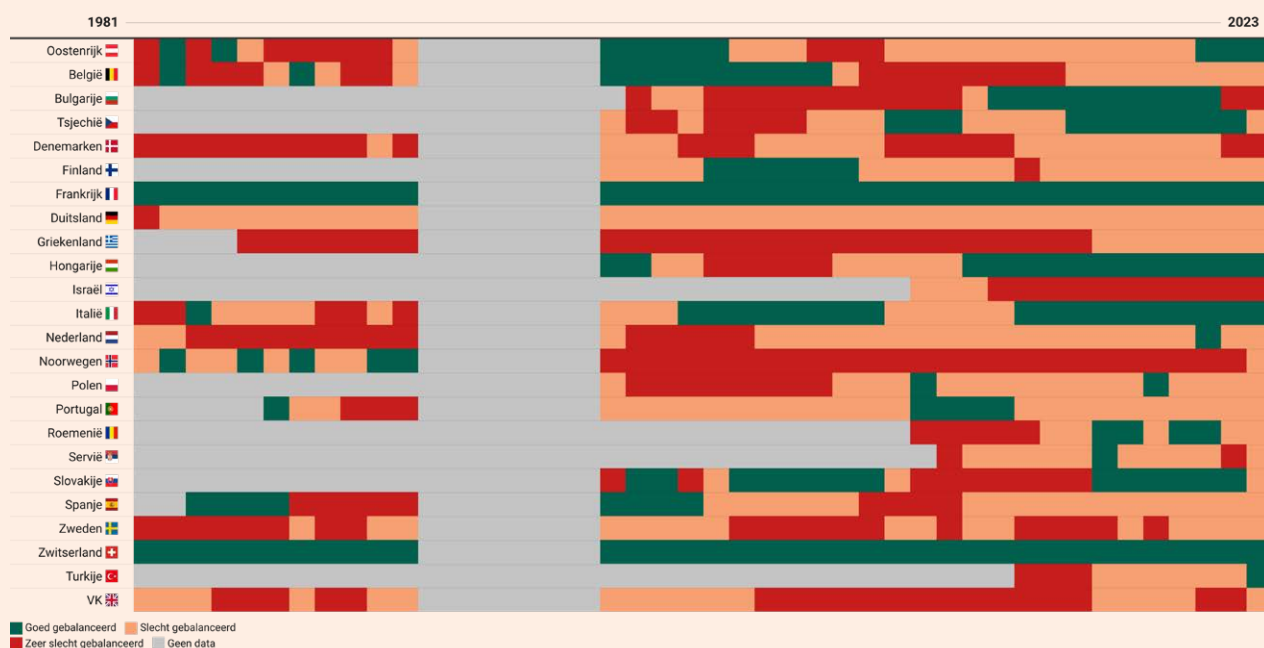
4. Indien België slechts 2% bijdraagt, maar nog steeds 3% van de waarde van de contracten binnenhaalt stijgt de IRC naar 1.5. Voor sommige Big Science centra, waaronder CERN, worden de IRC-prestaties per land op jaarlijkse basis herzien en online gepubliceerd.

In **FIGUUR 8** wordt een overzicht gegeven van de classificatie van een aantal belangrijke lidstaten in CERN. De figuur toont dat België een goed gebalanceerde IRC had tijdens de bouw van de Large Hadron Collider, maar dat de return sindsdien fors is gedaald. Dit staat in contrast met Frankrijk en Zwitserland – de twee gastlanden van CERN – waarvan we zien dat de IRC gedurende de gehele periode consistent hoger is dan 1. Voor geen enkel land zien we een gelijkaardig verschijnsel, waardoor we kunnen concluderen dat er een duidelijke kloof is tussen gastlanden en niet-gastlanden.

Dit resultaat is extra opmerkelijk als we in acht nemen dat lidstaten die gedurende

een langere periode een ongebalanceerde IRC laten optekenen, vanuit het principe van juste retour kunnen rekenen op een aantal maatregelen die deze onbalans proberen weg te werken. Afhankelijk van het aankoopbeleid dat is vastgelegd in de verdragen, kan de aankoopdienst opteren om een contract te gunnen aan een bedrijf dat niet de laagste prijs biedt, gegeven dit bedrijf afkomstig is uit een land met een ongebalanceerde return. Een ander voorbeeld is dat voor bepaalde opdrachten voor het CERN, transportkosten van werknemers en goederen tot in Zwitserland niet in rekening worden gebracht bij de globale prijs die het bedrijf biedt, waardoor de ‘home bias’ wordt afgezwakt⁵.

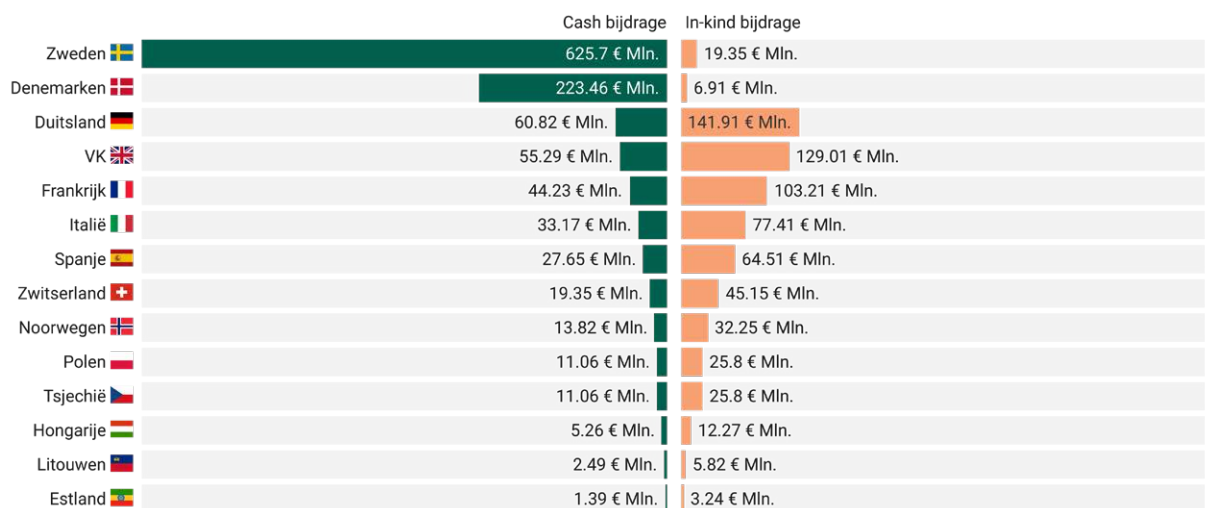
5. Twee belangrijke opmerkingen dienen gemaakt te worden bij dit corrigerend mechanisme: Maatregelen om het principe van juste retour te faciliteren zijn bepaald door de oprichtingsverdragen van het instituut. Deze principes worden voornamelijk aangetroffen bij internationale organisaties, die a priori minder onderhevig zijn aan de strengere Europese aanbestedingsregels. Vervolgens blijft het principe van juste retour om praktische, technische en economische redenen hoe dan ook niet absoluut afdwingbaar; het BSP kan bepaalde maatregelen treffen om onbalansen weg te werken, maar heeft nog altijd als kerntaak om een unieke, hoogtechnologische experimenten uit te voeren. Om de experimenten veilig, technisch haalbaar en economisch efficiënt te doen verlopen, blijft de prijs nog steeds een belangrijk criterium om de organisatie wetenschappelijk excellent te houden.



FIGUUR 8 Een classificatie van de IRC voor de lidstaten van CERN. De groene lijnen geven de start en het einde van de bouw van de Large Hadron Collider (LHC) aan. “Well balanced” lidstaten hebben een IRC ≥ 1 , “poorly balanced” lidstaten een IRC tussen 0.4 en 1, en “very poorly balanced” betekent een IRC ≤ 0.4 . Bron: Econoplis Analyse op basis van data van de CERN Financial Committee en de CERN Procurement Division

In-Kind Contributions

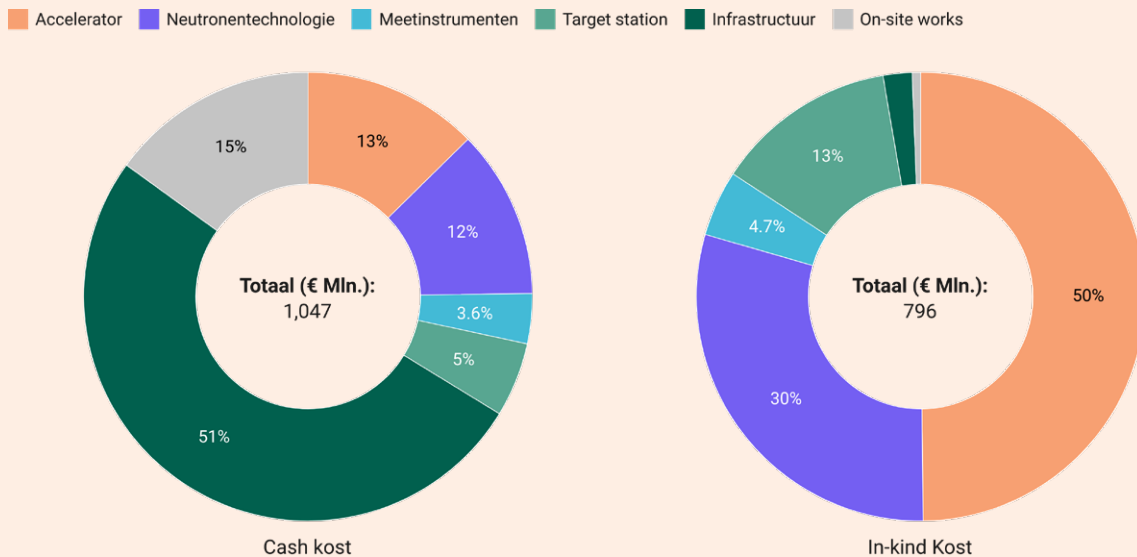
Een meer recent systeem dat wordt toegepast om tegemoet te komen aan het 'home country effect' is om te werken met een systeem van In-Kind Contributions (IKC). Dit mechanisme biedt deelnemende landen de mogelijkheid om hun bijdrage aan het project te leveren in de vorm van specifieke goederen, diensten of infrastructuur, in plaats van enkel financiële middelen. Recent werd het systeem bij de meeste BSPs toegepast, onder meer bij ITER en ESS. Een belangrijk voordeel van deze aanpak is dat het landen in staat stelt om technologieën te ontwikkelen die zij als strategisch belangrijk beschouwen, zelfs indien de fysieke infrastructuur van het project zich niet op hun grondgebied bevindt. Hierdoor kunnen zij hun eigen industriële en technologische capaciteit versterken zonder de site voor het project te hoeven huisvesten.



FIGUUR 9 Cash vs. In-Kind bijdrage lidstaten ESS. Bron: ESS

Het IKC-systeem speelt ook een belangrijke rol in het diplomatieke proces rond de definitieve locatiekeuze van dergelijke projecten. Door het aanbieden van significante in-kind bijdragen kunnen landen hun invloed vergroten en onderhandelen over andere voordelen, zoals deelname aan belangrijke technologische ontwikkelingen of de benoeming van eigen experts in cruciale rollen binnen het project. Dit systeem biedt dus een instrument om diplomatiek tot een consensus te komen over de locatie, waarbij landen bereid zijn hun kandidatuur voor de site in te trekken in ruil voor een substantiële in-kind bijdrage. In het geval van de ESS, bijvoorbeeld, werd Spanje zo overtuigd om zijn kandidatuur in te trekken ten gunste van Zweden door het aanbod van een cruciale in-kind bijdrage. Uit blijkt dan ook dat de IKC-kosten sterk gedomineerd worden door R&D-uitgaven, terwijl de cashkosten voornamelijk worden gebruikt om uitgaven aan infrastructuur mee te dekken.

FIGUUR 11 Cash versus In-Kind bijdragen lidstaten ESS. Bron: ITER



Voor het gastland biedt het IKC-systeem omgekeerd ook uitdagingen. Het gastland heeft vaak een hogere cash-bijdrage om de voordelen van het 'home country effect', dat voortvloeit uit de aanwezigheid van de infrastructuur, te compenseren. Deze hogere financiële inbreng kan gerechtvaardigd worden door de aanzienlijke economische en wetenschappelijke voordelen die het gastland geniet door de directe aanwezigheid van het project, zoals een verhoogde kans op aanbestedingen en een aantrekkingskracht op wetenschappelijk talent en industrie. Dit evenwicht tussen in-kind bijdragen en financiële compensatie is essentieel om een duurzame en rechtvaardige verdeling van kosten en baten te waarborgen binnen internationale Big Science projecten.

De grootste absolute waarde van in-kind bijdragen is te vinden bij het ITER-project, waar van over de hele wereld high-tech componenten worden aangevoerd. In FIGUUR 11 wordt duidelijk dat Euratom⁶ het grootste deel van de financiering voor ITER voor zijn rekening neemt, met een combinatie van cash- en in-kind bijdragen. De bijdrage van de EU aan ITER verloopt via Euratom, maar blijft proportioneel met de financiering van de EU-lidstaten. Frankrijk, als gastland, heeft daarnaast een extra financiële bijdrage geleverd aan Euratom om het 'home country effect' te compenseren, als gevolg van de aanzienlijke tewerkstelling op de site en de directe economische voordelen die voortvloeien uit de aanwezigheid van de infrastructuur op Frans grondgebied.

6. Euratom, voluit de Europese Gemeenschap voor Atoomenergie, is een Europese organisatie die in 1957 werd opgericht om het vreedzaam gebruik van kernenergie binnen de lidstaten te coördineren en te bevorderen.

MOTOR VOOR STEM-PROFIELEN

BSPs hebben een unieke aantrekkingskracht die het aantal STEM-profielen in een gastland kan stimuleren. Deze wetenschappelijke centra spelen een cruciale rol in het bevorderen van wetenschapscommunicatie door middel van initiatieven om het grote publiek te betrekken, zoals opendeurdagen, lezingen en tentoonstellingen, die complexe wetenschappelijke concepten toegankelijk maken voor een breed publiek. Bovendien organiseren de centra leerstages en summer schools, waarin studenten en jonge onderzoekers de kans krijgen om praktijkervaring op te doen en in contact te komen met de nieuwste technologieën en onderzoeksmethoden. Dit helpt niet alleen om abstracte begrippen binnen fysica, wiskunde en technische opleidingen tastbaar te maken, maar inspireert ook jongeren om een carrière in deze vakgebieden na te streven.

Daarnaast motiveren BSPs ook technische profielen om deel te nemen aan ambitieuze en grensverleggende projecten, wat kan leiden tot een sterk gevoel van trots en betrokkenheid bij het werk. De mogelijkheid om mee te werken aan baanbrekende onderzoeksprojecten en de realisatie van geavanceerde technologische infrastructuur trekt niet alleen wetenschappers aan, maar ook ingenieurs, technici en andere STEM-professionals. Deze projecten fungeren op die manier als katalysator voor het verhogen van de instroom van studenten in technische en wetenschappelijke opleidingen en versterken ook het menselijk kapitaal van het gastland in STEM-disciplines.

FIGUUR 12 geeft een overzicht van het totale aantal studenten dat sinds de oprichting betrokken was bij programma's van het ESRF. Met meer dan 2.400 studenten die deelnamen aan de Hercules Europese school en ESRF summer schools, en 1.500 hogeschoolstudenten via het Synchrotron programma, heeft ESRF een breed bereik in wetenschapseducatie. Deze programma's bieden studenten op verschillende niveaus, van hogeschool tot postdoctoraal, de mogelijkheid om deel te nemen aan geavanceerd onderzoek en de ontwikkeling van synchrone stralings-technologieën. Door zulke intensieve opleidingsprogramma's speelt ESRF een cruciale rol in het inspireren van de volgende generatie wetenschappers en ingenieurs, en draagt het bij aan het versterken van de Europese capaciteit op het gebied van geavanceerde technologieën.

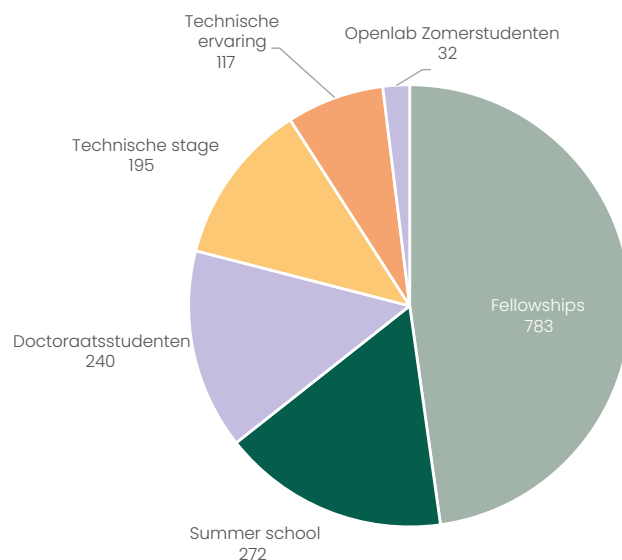
In 2023 namen in totaal 1.639 studenten deel aan verschillende educatieve activiteiten georganiseerd door CERN, zoals te zien in **FIGUUR 13**. Deze initiatieven variëren van technische stages en summer schools tot fellowships en specifieke programma's zoals Openlab Summer Students. Voornamelijk de fellowships, met 783 deelnemers, vormen een belangrijk aandeel in deze outreach. Dit type programma biedt jonge onderzoekers en studenten de kans om diepgaand betrokken te raken bij onderzoek en ontwikkeling, waardoor ze waardevolle ervaring opdoen in een geavanceerde wetenschappelijke omgeving. Dergelijke initiatieven stimuleren niet alleen de interesse in STEM-opleidingen, maar versterken ook de band tussen academische instellingen en de onderzoekinfrastructuur van CERN, wat bijdraagt aan een verhoogde

instroom van STEM-profielen in de regio. Dichterbij huis valt de opmerkelijke stijging van het aantal STEM-studenten aan de Universiteit van Maastricht sinds 2018 op (FIGUUR 14). Deze evolutie is het resultaat van een bredere strategie van de universiteit om meer studenten aan te trekken voor opleidingen in de bètawetenschappen, een verschuiving van haar traditionele focus op politieke wetenschappen en sociale studies. Het ET-pathfinder-project, de testfaciliteit voor ET, functioneert hierbij als een cruciaal instrument om deze strategische doelstelling te realiseren. Het project biedt namelijk niet alleen een unieke infrastructuur voor geavanceerd wetenschappelijk onderzoek, maar vergroot ook de aantrekkingskracht van de universiteit voor nieuwe studenten die geïnteresseerd zijn in STEM-opleidingen. Vanuit die filosofie werd de opstelling zo gelijktijdig met de oprichting van de ingenieurs- en wetenschapsfaculteit aangetrokken. Hoewel het op die manier moeilijker is om uit deze evolutie de causaliteit tussen aantal studenten en de aanwezigheid van ET-pathfinder, staat het vast dat beide aspecten elkaar in ieder geval versterken.

Deze aangroei van STEM-studenten heeft zich bovendien gemanifesteerd zonder een neerwaarts effect op het aantal inschrijvingen bij een nabijgelegen instelling als de Technische Universiteit van Eindhoven (FIGUUR 15).

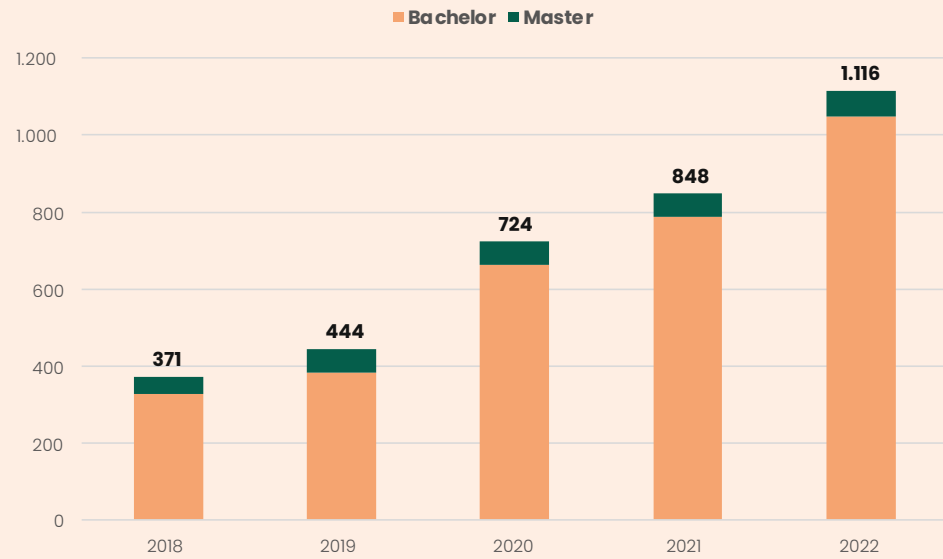


FIGUUR 12 Aantal studenten die aan een ESRF programma participeerden sinds de oprichting. Bron: ESRF

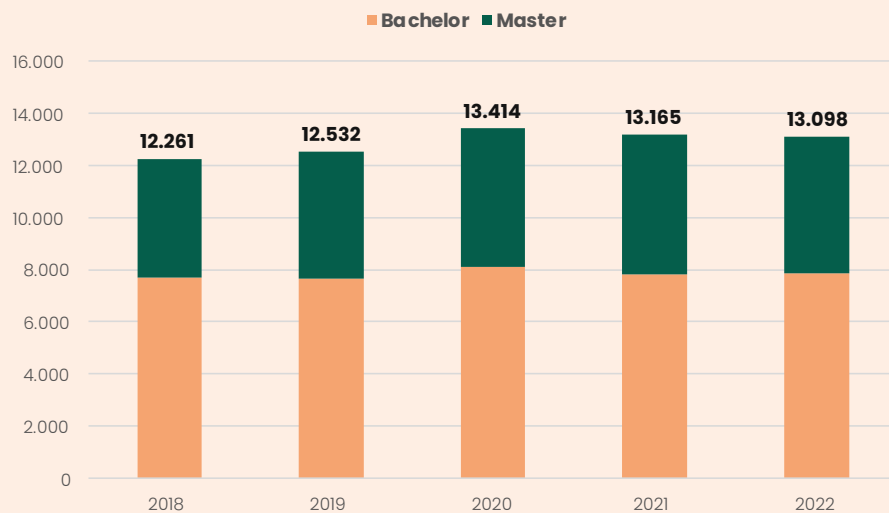


FIGUUR 13 Aantal STEM-studenten die in 2023 deelnamen aan een CERN-programma. Bron: Cern Annual Report

FIGUUR 14 Aantal STEM-studenten aan de universiteit van Maastricht. Bron: Dienst Uitvoering Onderwijs Nederland



FIGUUR 15 Aantal STEM-studenten aan de universiteit van Eindhoven. Bron: Dienst Uitvoering Onderwijs Nederland.

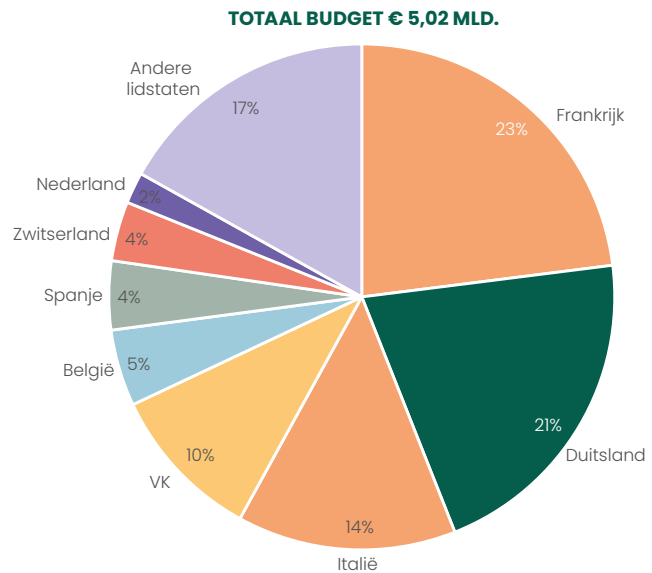


Deze trend laat zien hoe grootschalige onderzoeksprojecten zoals ET, zelfs al in de voorbereidende fase, de aantrekkingskracht en strategie van een universiteit kunnen bepalen en een katalysator kunnen zijn voor de ontwikkeling van academische programma's die aansluiten bij de behoeften van de regio. ETpathfinder fungeert daarbij niet alleen als wetenschappelijke proeftuin, maar ook als een vehikel dat Maastricht mogelijkwerijns positioneert als een belangrijke speler op het gebied van astrofysisch onderzoek en technologische innovatie.

ECONOMISCHE SPILLOVER-EFFECTEN

Technologische spillovereffecten zijn een van de belangrijkste economische voordelen die kunnen voortvloeien uit de samenwerking tussen technologiebedrijven en Big Science projecten (BSPs). Leveranciers die aanvankelijk technologieën ontwikkelen en leveren voor het onderzoekscentrum, krijgen vaak de kans om nieuwe producten en diensten te testen en te verfijnen in een geavanceerde wetenschappelijke omgeving. Dit biedt een unieke afzetmarkt en stelt hen in staat om innovatieve oplossingen te ontwikkelen die verder gaan dan hun oorspronkelijke toepassingen. Door de blootstelling aan complexe technische uitdagingen en de mogelijkheid om samen te werken met toonaangevende wetenschappers en ingenieurs, kunnen bedrijven waardevolle kennis en ervaring opdoen. Dit leidt vaak tot de creatie van nieuw intellectueel eigendom, de ontwikkeling van nieuwe businessmodellen en de oprichting van spin-offs en startups, die op hun beurt een bredere economische meerwaarde genereren buiten het oorspronkelijke project. Daarnaast fungeert de samenwerking met een BSP als een soort 'kwaliteitslabel' voor bedrijven, wat hun geloofwaardigheid verhoogt en hun competitief voordeel versterkt op andere markten.

Deze technologische spillovereffecten zijn echter sterk afhankelijk van het beleid inzake intellectueel eigendom (IP) dat het BSP hanteert. Wanneer het onderzoekscentrum bedrijven de vrijheid biedt om de kennis en technologieën die ze ontwikkelen verder te exploiteren buiten het oorspronkelijke contract, ontstaat er meer ruimte voor innovatie en commerciële toepassing. Een restrictief IP-beleid daarentegen kan de verspreiding van nieuwe technologieën en de ontwikkeling van vervolginnovaties belemmeren. De mate waarin een BSP erin slaagt om als



FIGUUR 16 Werkingsbudget ESA anno 2023.
Bron: ESA annual report.

katalysator voor technologische spillovers te fungeren, hangt daarom af van de balans die het weet te vinden tussen het beschermen van zijn eigen onderzoeksresultaten en het stimuleren van een bredere verspreiding en commercialisering van de geleverde technologieën. Het industrieel onderzoeksprogramma van ESA speelt een cruciale rol in het bevorderen van technologische spillovereffecten binnen de Europese ruimtevaartindustrie en daarbuiten. Met een jaarlijks budget van €5,02 miljard, bijeengebracht door de lidstaten in 2023, biedt ESA aan bedrijven een platform om hun technologieën te ontwikkelen en te verfijnen in een uiterst veeleisende omgeving. Deze initiële samenwerking fungeert vaak als een katalysator voor verdere innovatie, waarbij de geleverde technologieën na afloop van het project hun weg vinden naar andere sectoren en markten, wat leidt tot nieuwe producten, businessmodellen en startups, wat de basis legt voor langdurige economische meerwaarde, zowel binnen de ruimtevaart als in bredere industriële toepassingen.

Instrumenten die de spillovereffecten bevorderen

ESA maakt gebruik van twee belangrijke instrumenten om technologische spillovereffecten te maximaliseren: Business Incubation Centres (BICs) en technology brokers. Deze initiatieven zijn ontworpen om de economische impact van de ruimtevaartprogramma's te vergroten door innovaties naar de markt te brengen en de samenwerking met de industrie te bevorderen.

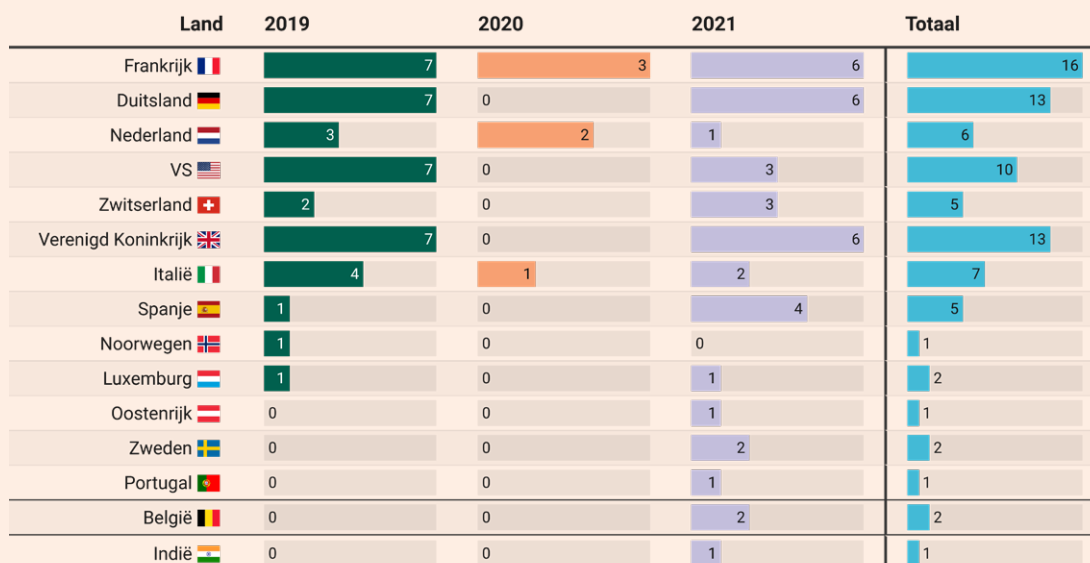
De **Business Incubation Centres (BICs)** vormen een netwerk van centra in verschillende lidstaten waar startups en ondernemers begeleiding, financiering en technische ondersteuning ontvangen om ruimtevaarttechnologieën om te zetten in commerciële producten en diensten. Door toegang te bieden tot ESA-expertise en faciliteiten, helpen de BICs jonge bedrijven om hun innovatieve ideeën te testen en te ontwikkelen in een competitieve omgeving. Dit ondersteunt niet alleen de groei van nieuwe bedrijven, maar bevordert ook de bredere toepassing van ruimtevaarttechnologieën in niet-ruimtevaartsectoren, zoals de gezondheidszorg, landbouw en energie. De effectieve werking van BICs hangt echter sterk af van de betrokkenheid en steun van de lidstaten, aangezien zij verantwoordelijk zijn voor

de inrichting en ondersteuning van deze centra. Dit betekent dat de lidstaten een cruciale rol spelen in het succes van deze spillovereffecten door het bieden van de juiste infrastructuur, netwerk en financiering.

Technology brokers zijn een ander essentieel instrument dat ESA inzet om de overdracht van ruimtevaarttechnologieën naar andere industrieën te faciliteren. Deze brokers zijn gespecialiseerd in het identificeren van technologieën die geschikt zijn voor toepassingen buiten de ruimtevaartsector en verbinden bedrijven en onderzoeksinstituten met de juiste expertise en middelen. Ze helpen bij het navigeren door het complexe landschap van intellectuele eigendomsrechten en commerciële mogelijkheden, waardoor bedrijven hun technologische innovaties efficiënter kunnen exploiteren. Ook hier ligt een deel van de verantwoordelijkheid bij de lidstaten, aangezien zij de implementatie en ondersteuning van deze brokers coördineren. Lidstaten moeten ervoor zorgen dat er een sterk netwerk van brokers is en dat er een effectieve samenwerking plaatsvindt met de nationale industrieën en kennisinstellingen om het potentieel van technologische spillovers volledig te benutten.

Land	% BBP aan ruimtevaart ▼	Aantal grote BICs	Aantal kleine BICs	Heeft een tech broker?	Aantal GSTP missies
Frankrijk 	0.122%	2	12	Nee	91
Italië 	0.070%	5	0	Nee	82
België 	0.065%	1	0	Ja	188
Duitsland 	0.050%	5	7	Ja	266
Verenigd Koninkrijk 	0.040%	1	3	Nee	138
Spanje 	0.030%	3	0	Nee	50
Zwitserland 	0.030%	1	0	Nee	54
Nederland 	0.025%	1	0	Nee	33
Ierland 	0.010%	1	4	Nee	40

FIGUUR 17 Lidstaten van ESA vergeleken. Bron: ESA



FIGUUR 18 Aantal patenten die via ESA verkregen werden. Bron: ESA

Uit FIGUUR 17 blijkt dat België, met een investering van 0,065% van het BBP in ruimtevaart, een van de grootste ruimtevaartinvesteerders is van de ESA-lidstaten, alleen overtroffen door Frankrijk en Italië. Deze hoge uitgaven zijn te danken aan de actieve deelname aan maar liefst 188 General Support Technology Programma's (GSTP)⁷. Ondanks deze aanzienlijke investeringen beschikt België echter slechts over één groot BIC, wat relatief laag is in vergelijking met andere landen met vergelijkbare investeringen, zoals Duitsland en Italië, die over meerdere BICs beschikken. Hoewel België ook een technology broker heeft om technologische overdracht te bevorderen, blijft de infrastructuur voor de ondersteuning van innovatie beperkt. Dit staat in schril contrast met de omvang van de investeringen en onderstreept het belang van verdere ontwikkeling van ondersteunende structuren om de economische meerwaarde van de ruimtevaartsector te optimaliseren.

FIGUUR 18 laat zien dat België onderaan staat in termen van aangevraagd intellectueel eigendom (IP) via ESA, met slechts twee aanvragen in de periode van 2019 tot 2021. Dit duidt mogelijk op een onderbenutting van de mogelijkheden voor valorisatie van technologieën en innovaties die voortkomen uit Belgische deelname aan ESA-programma's. Ondanks de aanzienlijke financiële investeringen, lijkt de kennis die wordt opgedaan via ESA-missies minder goed omgezet te worden in eigendomsrechten die economische waarde kunnen creëren voor de Belgische industrie. Dit patroon kan deels worden verklaard door de beperkte ondersteunende infrastructuur, zoals het lage aantal BICs, die essentieel zijn om technologieën verder te ontwikkelen en te commercialiseren.

7. De General Support Technology Programmes (GSTP) van ESA zijn programma's die de ontwikkeling en het testen van nieuwe ruimtevaarttechnologieën ondersteunen. Het doel van de GSTP is om technologieën te ontwikkelen en te verbeteren die essentieel zijn voor toekomstige ESA-missies en voor commerciële toepassingen in de ruimtevaartsector.

Daarnaast scoort België ook laag in termen van het aantal downstream en upstream spin-offs⁸ die zijn voortgekomen uit ESA-programma's, met slechts 31 spin-offs in totaal. Dit staat in schril contrast met landen zoals Duitsland en Nederland, die respectievelijk 399 en 103 spin-offs hebben gegenereerd, ondanks een relatief lagere investering van Nederland in verhouding tot het BBP. Deze cijfers suggereren dat een effectieve implementatie van BICs en een goed functionerend ecosysteem rond technologieoverdracht en ondernemerschap essentieel zijn om het volledige spilloverpotentieel te realiseren. De correlatie tussen het aantal BICs en het aantal spin-offs bevestigt dat de aanwezigheid

van ondersteunende structuren belangrijker is voor het genereren van economische meerwaarde dan enkel de hoogte van de investeringen in ruimtevaartprogramma's. Spillovers zijn dus niet vanzelfsprekend, maar vereisen een actief beleid en gerichte opvolging om deze effectief te stimuleren en te verzilveren.

FIGUUR 19 Aantal spin-offs die dankzij ESA-programma's werden gerealiseerd. Bron: ESA

Land	Downstream	Upstream	Totaal aantal spinoffs
Duitsland 	235	72	399
Frankrijk 	123	29	183
Verenigd Koninkrijk 	60	24	104
Nederland 	58	9	103
Spanje 	45	14	78
Zwitserland 	26	39	73
Italië 	44	21	69
Ierland 	25	8	34
België 	23	2	31

8. Upstream spin-offs zijn bedrijven die de ruimtevaartindustrie bedienen, terwijl downstream segmenten een bredere markt bedienen (bv. satelliettechnologie om tv uitzendingen mee te faciliteren).

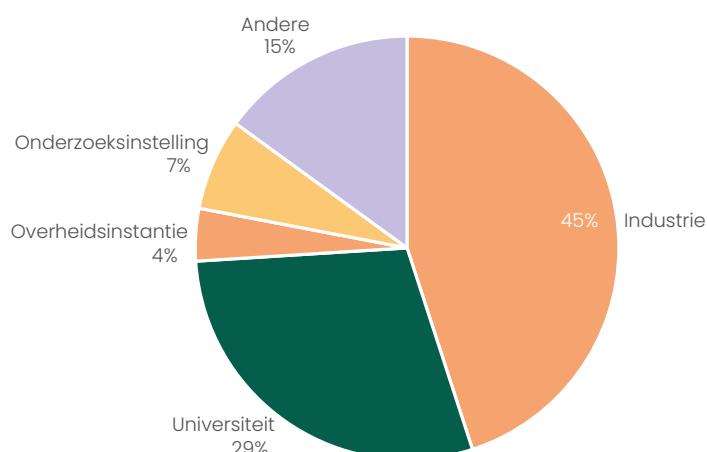
EEN R&D-CENTRUM ALS MAGNEET VOOR BEDRIJVEN EN TALENT

BSPs hebben het potentieel om niet alleen wetenschappelijke doorbraken te realiseren, maar ook een aanzienlijke impact te hebben op de lokale economie en arbeidsmarkt. Een belangrijk aspect hiervan is het R&D-centrum, waar wetenschappers onderzoeksresultaten verwerken en technologische upgrades voorbereiden. Deze faciliteiten fungeren vaak als een magneet voor bedrijven en internationaal talent, wat kan leiden tot cluster-vorming en een versterking van de regionale kennisinfrastructuur. Door de aanwezigheid van toonaangevende onderzoekers en geavanceerde onderzoeksfaciliteiten trekken R&D-centra gerelateerde bedrijven aan, die zich in de nabijheid willen vestigen om te profiteren van de nabijheid van expertise, samenwerking en technologische infrastructuur. Dit kan resulteren in een innovatie-ecosysteem waarin kennisdeling en samenwerking worden gestimuleerd, wat de ontwikkeling van nieuwe technologieën en producten bevordert.

Daarnaast hebben R&D-centra een aantrekkingskracht op internationaal talent, omdat ze uitdagende en hoogwaardige onderzoeksomgevingen bieden. Hooggekwalficeerde wetenschappers, ingenieurs en technici worden aangetrokken door de mogelijkheid om te werken aan grensverleggend onderzoek en samen te werken met andere topwetenschappers en bedrijven. Deze toestroom van talent versterkt de lokale arbeidsmarkt door het verhogen van het gemiddelde opleidingsniveau en het aanbrengen van nieuwe vaardigheden en expertise. Op lange termijn leidt dit tot een verhoogde competitiviteit van de regio, doordat er een concentratie van gespecialiseerde kennis en innovatie ontstaat. Dit kan ook de oprichting van nieuwe bedrijven en spin-offs stimuleren, wat bijdraagt aan de duurzame economische groei van de regio en de opbouw van een sterke kennis- en technologiesector.

Data van CERN toont aan dat een aanzienlijk deel van de onderzoekers die er actief zijn, na hun loopbaan bij het onderzoekscentrum doorstromen naar de privésector (FIGUUR 20). Maar liefst 45% van de medewerkers stapt over naar de industrie, terwijl 29% bij universiteiten terechtkomt en 15% naar andere sectoren gaat. Deze evolutie is gunstig voor de regio rondom CERN, maar dit patroon kan worden doorgetrokken naar BSPs. Dergelijke onderzoekscentra fungeren eerst als belangrijke werkgevers voor hoogopgeleide profielen en ontwikkelen zich vervolgens tot een 'talentpool' waaruit bedrijven uit de omgeving kunnen putten. Bedrijven hebben een sterke incentive om zich rond deze regio's te vestigen, omdat zij kunnen profiteren van de expertise en ervaring van voormalige onderzoekers die zich in de omgeving willen vestigen en hun kennis willen toepassen in de industrie.

FIGUUR 20 Waar komen CERN medewerkers terecht na een verblijf aan CERN? Bron: CERN



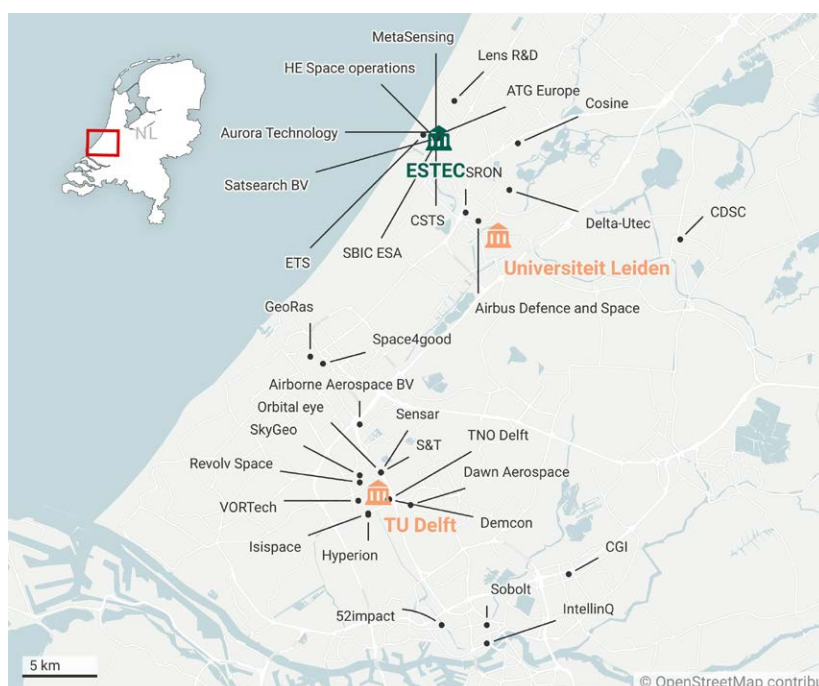
Dit effect is echter alleen duurzaam als er ook een goed vestigingsklimaat wordt gecreëerd. Aspecten zoals goede mobiliteit, voldoende en betaalbare huisvesting, en een aantrekkelijk leefklimaat zijn cruciaal om zowel wetenschappers als bedrijven aan te trekken en te behouden. Als deze randvoorwaarden niet in orde zijn, bestaat het risico dat het potentieel van BSPs om clustervorming en economische groei te bevorderen, onderbenut blijft. Het aanpassen van de infrastructuur en het vestigingsklimaat aan de behoeften van deze hoogopgeleide profielen is dan ook essentieel om de lange termijn impact van BSPs op de regionale economie en arbeidsmarkt te waarborgen.

Bij LIGO in de Verenigde Staten is bewust niet geïnvesteerd in een vestigingsklimaat of R&D-centrum rondom de zwaartekrachtgolf-observatoria, omdat men aanvankelijk door menselijke activiteit gegenereerde ruis wilde elimineren vanwege de bovengrondse locatie van de installaties en onzeker was of de detectoren ooit zwaartekrachtgolven zouden kunnen waarnemen. De observatoria worden daarom vanuit de duizenden kilometers verderop gelegen universiteiten Caltech en MIT aangestuurd (FIGUUR 21), wat heeft geleid tot een gebrek aan economische spillovereffecten en clustervorming in de directe omgeving. Dit voorbeeld benadrukt dat zonder gerichte investeringen in een ondersteunende infrastructuur en een aantrekkelijk vestigingsklimaat, zelfs baanbrekende wetenschappelijke projecten niet automatisch leiden tot regionale economische groei en ontwikkeling.

In tegenstelling tot de situatie bij LIGO in de Verenigde Staten, toont het succes van het European Space Research and Technology Centre (ESTEC) in Noordwijk, Nederland, hoe een strategisch ontwikkelde onderzoeksinfrastructuur kan leiden tot een bloeiend ecosysteem. Opgericht in 1968, is ESTEC het technologisch hart van ESA en speelt het een cruciale rol in de ontwikkeling van ruimtevaarttechnologieën in Europa. Door de jaren heen heeft het centrum een ecosysteem gecreëerd dat bestaat uit tientallen ruimtevaartbedrijven, onderzoeksinstellingen en onderwijsorganisaties, zoals te zien is in FIGUUR 22. Deze bedrijven profiteren van de nabijheid van ESTEC door toegang te krijgen tot geavanceerde onderzoeksfaciliteiten en samenwerkingsmogelijkheden. De langdurige aanwezigheid van ESTEC heeft geleid tot de sterke positionering van de TU Delft als een vooraanstaande instelling op het gebied van aerospace engineering, en heeft bijgedragen aan de vorming van een geïntegreerde hightech cluster die niet alleen binnen de ruimtevaartsector actief is, maar ook toepassingen vindt in andere industrieën, bv. medische technologie of de maritieme sector.



FIGUUR 21 De geografische spreiding van de onderzoekssites van de LIGO GW-detector.



FIGUUR 22 Het (hoogtechnologisch) ecosysteem van bedrijven rond het ESTEC-centrum van ESA in Nederland.

Ondanks dat Nederland aanzienlijk minder investeert in ruimtevaart dan België, heeft de strategische focus op clustervorming rondom ESTEC ervoor gezorgd dat de regio zich heeft ontwikkeld tot een toonaangevend kennis- en innovatiecentrum. Deze ontwikkeling onderstreept dat clustereffecten vaak van lange adem zijn en dat de impact van een onderzoekscentrum niet alleen afhangt van de initiële investeringen, maar ook van een consistente en gerichte ontwikkeling van het ecosysteem eromheen. ESTEC toont aan dat, met de juiste ondersteuning en infrastructuur, een relatief kleine investering kan leiden tot een grote economische en wetenschappelijke meerwaarde. Appendix 1 van het verslag geeft een overzicht van de ecosystemen rond verschillende Europese BSPs en illustreert hoe een strategisch beleid, zoals in het geval van ESTEC, kan leiden tot succesvolle clustervorming en innovatie.

TOENAME IN PRODUCTIVITEIT EN PRIVATE INVESTERINGEN IN R&D

BSPs kunnen aanzienlijke macro-economische voordelen genereren doordat ze een bron zijn van publieke investeringen in R&D. Deze projecten stimuleren niet alleen wetenschappelijke vooruitgang en technologische innovatie, maar dragen ook bij aan bredere economische groei en concurrentiekracht. Econometrisch onderzoek toont immers aan dat publieke R&D-investeringen een katalysator zijn voor productiviteitsverbetering en innovatie in de private sector, waardoor ze een belangrijke rol spelen in het versterken van de economische structuur van een land. Deze conclusies volgen uit het onderzoek van Fieldhouse & Mertens (2023) die op schaal van de Verenigde Staten onderzocht hebben wat het rendement is van publieke investeringen in R&D.

Het onderzoek toont aan dat investeringen in publieke R&D verantwoordelijk zijn voor bijna 25% van de productiviteitsgroei in de VS sinds de Tweede Wereldoorlog. Aangezien productiviteitsgroei een hefboom is die het hele BBP beïnvloedt, zijn de effecten hiervan op lange termijn niet te onderschatten. Een positieve schok van 1% in het publieke R&D-kapitaal leidt op termijn tot een productiviteitswinst van 0,2%, waarbij deze effecten gemiddeld pas na een periode van 7 jaar volledig tot uiting komen. Dit illustreert het langdurige karakter van R&D-spillovers en benadrukt het belang van dergelijke investeringen, zeker in Europa waar de productiviteitsgroei al jaren achterblijft. Daarnaast blijkt het geïmpliceerde rendement van publieke R&D tussen de 150% en 300% te liggen, wat aanzienlijk hoger is dan het rendement op traditionele publieke infrastructuurinvesteringen. Vanuit een fiscaal perspectief kunnen dergelijke investeringen zelfs als zelffinancierend worden beschouwd, aangezien de economische meerwaarde die ze genereren de initiële kosten ruimschoots

overstijgt. BSPs kunnen deze positieve effecten versterken door als ankerpunten te fungeren voor technologische vooruitgang en kenniscreatie. Ze stimuleren niet alleen directe technologische innovaties, maar hebben ook een complementair effect op bedrijven, die meer geneigd zijn om in R&D te investeren wanneer ze in de nabijheid van dergelijke projecten opereren. Dit verhoogt niet alleen de productiviteit en innovatiecapaciteit op de lange termijn, maar draagt ook bij aan een verhoogde concurrentiekracht en economische groei op nationaal niveau.

SERENDIPITEIT

Een belangrijk, maar vaak onderbelicht argument voor het ondersteunen van fundamenteel onderzoek in Big Science projecten is het principe van serendipiteit: de onvoorziene ontdekkingen en innovaties die voortkomen uit onderzoek waarvan de uitkomsten vooraf niet te voorspellen zijn. Dit fenomeen, vaak omschreven als de "unknown unknowns," benadrukt waarom investeren in fundamenteel onderzoek van cruciaal belang is. Door wetenschappers de ruimte te geven om vrij onderzoek te verrichten, ontstaan vaak toepassingen en technologieën die ver buiten het oorspronkelijk onderzoeksdoel liggen.

De geschiedenis toont aan dat enkele van de meest baanbrekende innovaties voortkwamen uit fundamenteel onderzoek zonder vooraf gedefinieerde praktische toepassingen. Voorbeelden hiervan zijn de ontdekking van röntgenstralen, de ontwikkeling van het World Wide Web bij CERN, en de vele toepassingen van lasertechnologie. Deze doorbraken hadden een enorme impact op diverse sectoren, variërend van gezondheidszorg tot communicatie en industriële productie, en onderstrepen dat de waarde

van fundamenteel onderzoek niet alleen ligt in de directe antwoorden die het biedt, maar vooral in de onverwachte mogelijkheden die het ontsluit. Big Science projecten hebben in het verleden talloze van dergelijke onvoorziene innovaties voortgebracht. Technologieën die oorspronkelijk zijn ontwikkeld door NASA en ESA voor ruimteverkenning, zoals het Tempur-materiaal voor schokdemping in ruimtepakken, vinden nu alledaagse toepassingen in bijvoorbeeld matrassen. Evenzo worden beeldverwerkingstechnieken die zijn ontworpen voor het analyseren van satellietbeelden nu ingezet in de medische sector voor geavanceerde beeldvormingstechnologieën zoals MRI-scanners.

Om de vruchten van deze ontdekkingen daadwerkelijk te plukken, speelt het proces van kennistransfer een essentiële rol. Kennistransfer, of technology transfer, omvat de activiteiten en structuren die ervoor zorgen dat fundamentele wetenschappelijke kennis en innovaties worden vertaald naar praktische toepassingen en commerciële producten. Dit proces kan echter sterk variëren in snelheid. Historisch gezien illustreert de ontwikkeling van het World Wide Web bij CERN dit: hoewel het WWW in 1989 werd ontwikkeld als intern communicatiemiddel, duurde het jaren voordat de technologie brede toepassing vond. Pas in de jaren 90, nadat een open standaard werd ingevoerd, begon het WWW de wereldwijde impact te realiseren die we vandaag kennen. Een vergelijkbaar verhaal geldt voor de touchscreen-technologie die bij CERN werd ontwikkeld; ook hier duurde het relatief lang voordat het potentieel ervan buiten de onderzoekscontext werd benut.

Om dergelijke vertragingen te voorkomen en de overgang van fundamentele wetenschap naar praktische toepassingen te versnellen, heeft CERN een gespecialiseerde Knowledge

Transfer-unit opgericht. Deze afdeling fungeert als brug tussen wetenschappelijke ontdekkingen en de industrie, met als doel technologieën sneller naar de markt te brengen en hun impact te maximaliseren. De unit voert een aantal concrete initiatieven uit om dit proces te ondersteunen, zoals:

- **CERN Technology Portfolio:** een database waarin alle potentiële toepasbare technologieën van CERN worden gedocumenteerd en toegankelijk gemaakt voor industriepartners.
- **Entrepreneurship Meetups:** sessies waarin onderzoekers, ondernemers en investeerders worden samengebracht om samen te werken aan de ontwikkeling van nieuwe toepassingen.
- **KT Fund** (Knowledge Transfer Fund): een intern financieringsmechanisme dat onderzoekers aan CERN ondersteunt bij het verder ontwikkelen van technologieën met commerciële potentie.
- **Licentieprogramma's:** CERN biedt licenties aan voor specifieke technologieën, zoals gepatenteerde medische beeldvormingstechnieken of data-analysetools, zodat bedrijven deze direct kunnen gebruiken in hun producten en diensten.
- **Open Hardware Licenses:** een initiatief waarmee CERN hardwareontwerpen vrij beschikbaar stelt, wat innovaties in bijvoorbeeld elektronica en robotica bevordert.

Deze initiatieven zorgen ervoor dat technologieën ontwikkeld aan CERN sneller hun weg vinden naar een breed scala aan toepassingen, variërend van medische beeldvorming tot energie-efficiëntie en van communicatiesystemen tot milieu-monitoring. Ook andere BSPs, zoals ESA of XFEL zetten in op gelijkaardige initiatieven om het proces van kennistransfer te versnellen. Het succes van dergelijke programma's toont aan dat serendipiteit niet alleen afhankelijk is van toevallige ontdekkingen, maar dat structurele ondersteuning essentieel is om deze ontdekkingen om te zetten in maatschappelijke en economische meerwaarde.

RISICO'S VERBONDEN AAN BSPS

BSPs zoals ET bieden onmiskenbare voordelen op het gebied van wetenschappelijke vooruitgang, technologische innovatie en economische groei. Toch gaan deze voordelen gepaard met aanzienlijke risico's, vooral wanneer het aankomt op grootschalige investeringen en de complexe uitvoering van dergelijke projecten. Een financieel engagement in een BSP vraagt niet alleen om een lange adem, maar ook om een grondig inzicht in de potentiële valkuilen die de maatschappelijke return van een dergelijke investering onder druk kunnen zetten. Hoewel het realiseren van ambitieuze wetenschappelijke doelstellingen lonend kan zijn, kunnen onverwachte complicaties en kostenoverschrijdingen leiden tot aanzienlijke uitdagingen voor de betrokken partijen.

Eenzijds zijn er aan de bouw van ET een aantal risico's verbonden die kunnen opduiken bij een grootschalig infrastructuurproject dat moeilijk standaardiseerbaar is:

- **Organisatorische risico's:** De complexiteit van een project zoals ET brengt aanzienlijke organisatorische uitdagingen met zich mee. De bouw van het project vereist de coördinatie van verschillende aannemers, elk verantwoordelijk voor specifieke deelprojecten. Indien deze niet voldoende op elkaar afgestemd zijn, of het ownership over de deelwerven niet duidelijk wordt gedefinieerd, kunnen vertragingen en inefficiënties ontstaan. Daarnaast zijn er meerdere beslissingsniveaus betrokken, met ook op het EMR-niveau opnieuw verschillende entiteiten die een stem hebben in de besluitvorming. Dit verhoogt de complexiteit van de organisatie en de kans op vertragingen door trage besluitvorming of tegenstrijdige belangen.
- **Logistieke risico's:** De bouw van ET zal een aanzienlijke logistieke operatie vereisen. Dit omvat het afvoeren van grote hoeveelheden uitgegraven grond, het transport van complexe installaties en de aanwezigheid van een groot aantal arbeiders op de bouwplaats. Elke verstoring in de logistieke keten kan leiden tot aanzienlijke vertragingen en kostenoverschrijdingen. Bovendien kan de impact van deze operaties op de lokale infrastructuur en omgeving voor aanvullende uitdagingen zorgen.
- **Financiële risico's:** Zoals bij veel unieke infrastructuurprojecten bestaat er een reëel risico op budgetoverschrijdingen en vertragingen. Deze zogenaamde "cost and time overruns" kunnen de kosten van het project aanzienlijk verhogen, wat extra druk legt op de financierende overheden. Onvoorziene technische complicaties of wijzigingen in de specificaties tijdens de bouw kunnen bovendien leiden tot substantiële extra kosten, die de oorspronkelijk geraamde budgetten overstijgen.
- **Juridische risico's:** Juridische complicaties kunnen het project op verschillende manieren belemmeren. Een risico is dat bepaalde delen van het project mogelijk niet worden vergund, of dat aanslepende vergunningsprocedures de bouwtijd verlengen. Gezien het internationale karakter van ET is er bovendien een kans dat verschillen in lokale wetgevingen of regelgeving tussen de betrokken regio's leiden tot juridische impasses. Dit kan niet alleen vertragingen veroorzaken, maar ook de kosten voor juridische bijstand en het oplossen van geschillen aanzienlijk doen toenemen.

Naast de eerder genoemde risico's zijn er nog enkele specifieke bijkomende risico's die eigen zijn aan de uitvoering van een Big Science project zoals ET, en die de realisatie en maatschappelijke return ervan in gevaar kunnen brengen:

- **Politieke risico's:** Politieke dynamieken kunnen op verschillende momenten tijdens de looptijd van het project verstorend werken. Zo kan er discussie ontstaan over de definitieve locatiekeuze van het project, waarbij regio's en lidstaten strijden om het gastheerschap en de bijbehorende economische voordelen. Ook het principe van "fair return" kan spanningen veroorzaken, waarbij bepaalde lidstaten verwachten dat de economische en wetenschappelijke opbrengsten in verhouding staan tot hun financiële bijdrage. Daarnaast rust de financiering van ET op intentieverklaringen die door de lidstaten zijn ondertekend, maar deze toezeggingen zijn niet juridisch bindend. Lidstaten behouden het recht om zich terug te trekken of hun bijdrage te herzien, wat de financiële stabiliteit van het project kan ondermijnen en de druk op de andere financierende partijen aanzienlijk kan vergroten.
- **Wetenschappelijke risico's:** Ondanks een rigoureuze planning en technische voorbereiding bestaat altijd de mogelijkheid dat de installatie niet in staat blijkt om de wetenschappelijke doelen te bereiken. Zelfs als aan alle technische eisen is voldaan, kunnen er onvoorziene problemen optreden die de nauwkeurigheid en betrouwbaarheid van de metingen beïnvloeden. Bovendien vereist een project zoals ET een continue cyclus van technologische upgrades om gedurende de hele levensduur wetenschappelijk relevant te blijven. Deze upgrades brengen niet alleen extra kosten met zich mee, maar kunnen ook de oorspronkelijke projectplanning verstoren en de operationele continuïteit in gevaar brengen.

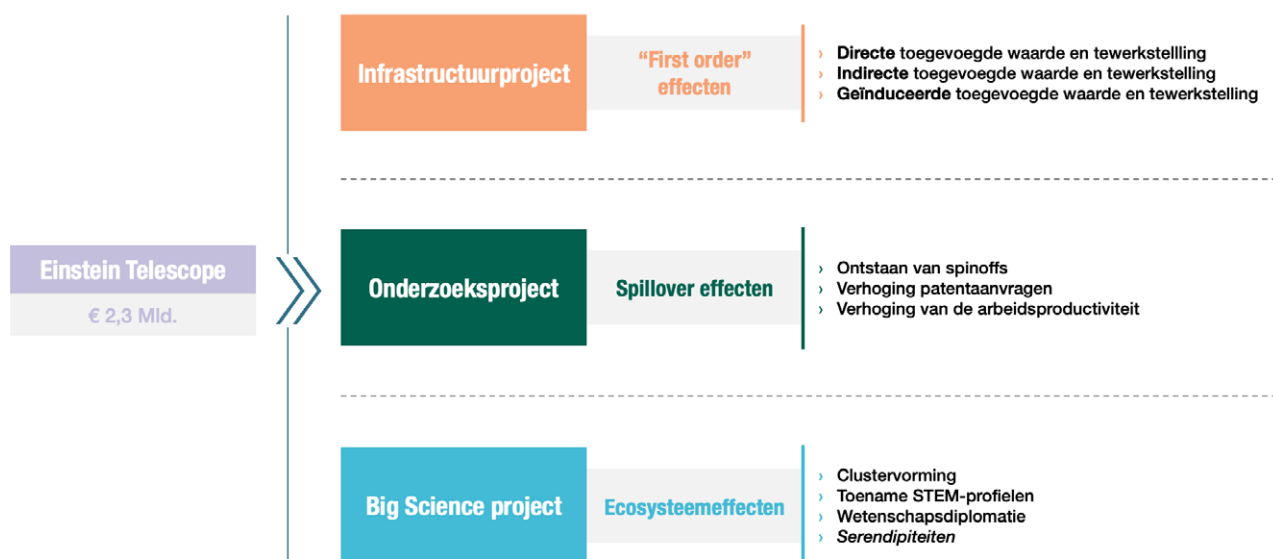
Een financieel engagement in een BSP vraagt ook om een grondig inzicht in de potentiële valkuilen die de maatschappelijke return van de investering onder druk kunnen zetten.

- **Sociale risico's:** Een ander belangrijk aandachtspunt zijn de sociale risico's die gepaard gaan met een project van deze omvang. Gebrekkige communicatie en coördinatie tussen de verschillende betrokken partijen kunnen leiden tot misverstanden en onvrede onder lokale gemeenschappen, overheidsinstanties en academische instellingen. Dit kan de maatschappelijke steun voor het project ondermijnen en zelfs tot protesten of vertragingen leiden. Daarnaast kunnen er spanningen ontstaan met bestaande academische structuren, bijvoorbeeld als de aandacht en middelen verschuiven van lokale onderzoeksprojecten naar het grote BSP. Het is daarom essentieel dat er van meet af aan een proactief communicatiebeleid wordt gevoerd en dat de belangen van alle betrokken partijen zorgvuldig worden afgewogen.

Deze risico's onderstrepen de noodzaak van een gedegen risicoanalyse en een uitgebreide strategie voor risicobeheer, die niet alleen gericht is op het beperken van de directe projectrisico's, maar ook oog heeft voor de bredere context waarin ET zal opereren.



DE SOCIO- ECONOMISCHE IMPACT VAN ET OP VLAANDEREN



FIGUUR 23 Categorisering van de impactmeting voor Vlaanderen.

In dit hoofdstuk wordt de impactmeting voor Vlaanderen uitgevoerd naar aanleiding van een investering in ET. De socio-economische impact wordt opgesplitst in drie types effecten die elk hun eigen deel vormen van de 'return on investment' ten opzichte van de originele investering van Vlaanderen:

- ET wordt eerst benaderd als een zuiver infrastructuurproject (en dus in essentie niet verschillend van een investering in openbare werken). Deze investering in infrastructuur rimpelt door in de Vlaamse economie, aangezien ze van bedrijven en werknemers een zekere productiehoeveelheid vraagt. Op die producten wordt door bedrijven toegevoegde waarde gerealiseerd, wat gesommeerd over Vlaanderen een bijdrage aan het BBP betekent. Daarnaast is om de producten te vervaardigen ook een hoeveelheid arbeid nodig, waardoor tewerkstelling ontstaat. Beide zijn de zogenaamde 'first order'-effecten.
- Nadien wordt ET benaderd als een investering in (fundamenteel) onderzoek. Dit type investering verschilt van openbare werken aangezien ze een nettobijdrage doet aan de bestaande kennisvoorraad doet die tot dan in de economie aanwezig was. Vlaamse bedrijven of ondernemers kunnen deze kennisvoorraad gebruiken om

innovatieve producten of verdienmodellen uit te denken, waardoor de economie in zijn geheel productiever wordt. Deze effecten worden spillovereffecten genoemd, vermits de kennisvoorraad 'overloopt' tot een verdienmodel voor Vlaamse bedrijven.

- Tot slot kan ET, als gevolg van de schaal en de tijdsch horizon van de investering, ook beschouwd worden als een investering in een Big Science project. In het vorig hoofdstuk werd de potentieel transformatieve impact van dergelijke projecten op de omliggende regio's aangetoond. Deze effecten doen onrechtstreeks een bijdrage aan de toegevoegde waarde van de Vlaamse economie (zoals het aantal STEM-studenten, de clustering van technologiebedrijven, etc.). Van alle drie de effecten zijn deze het meest voorwaardelijk aan het flankerend beleid en vaak pas op langere termijn te onderscheiden. Desalniettemin kunnen ze op lange termijn het meest impactvol blijken: in een goed ontwikkeld ecosysteem rond ET zou een aanzienlijk deel van de positieve waarde voor de regio overeind blijven voortbestaan, zelfs nadat ET uit dienst genomen wordt (wat niet het geval is voor de eerste twee effecten).

FIRST ORDER EFFECTEN

Om de first order effecten te schatten wordt een input-outputanalyse (I/O) uitgevoerd op de verwachte uitgaven voor ET vanaf de start van het bouwjaar, zijnde 2026, tot en met de eerste dertig operationele jaren, waarvan het eerste start in 2035. De analyse is een ex-ante beoordeling, die de voorspelde investeringen toepast op algemene econometrische indicatoren. Alvorens de resultaten van de analyse worden besproken, wordt kort ingegaan op de methodologie van de I/O-analyse en de scenario-variatie die wordt gehanteerd.

METHODOLOGIE VAN DE I/O-ANALYSE

Het Leontief-model

Het Leontief-model, genoemd naar Wassily Leontief, is een economisch model dat de relaties tussen verschillende sectoren in een economie beschrijft. Het uitgangspunt van het model is dat elke sector inputs van andere sectoren nodig heeft om zijn output te kunnen produceren. Deze interacties worden vastgelegd in de **Input-Output (I/O)-tabel**, waarin de onderlinge afhankelijkheden tussen de sectoren worden gemodelleerd. Een belangrijke aanname binnen het Leontief-model is dat er vaste verhoudingen bestaan tussen de inputs en outputs van elke sector. Dit betekent dat de productiestructuur van de economie stabiel is op de korte termijn en dat veranderingen in de vraag naar de output van een sector leiden tot proportionele veranderingen in de inputs van die sector. Met andere woorden, als de vraag naar een product toeneemt, moeten de sectoren die de inputs leveren in dezelfde mate hun productie verhogen.

De essentie van het Leontief-model is dat de economie wordt gezien als een systeem van onderling verbonden productieketens. Wanneer er in één sector vraag ontstaat, bijvoorbeeld door een investering in ET, verspreidt deze vraag zich naar andere sectoren via toeleveranciers en dienstverleners. Dit zorgt voor zowel directe als indirecte effecten. Een typisch gebruik van het Leontief-model is het meten van de economische impact van een bepaalde investering.

Dit wordt gedaan door te berekenen hoe een toename van de finale vraag in één sector leidt tot veranderingen in andere sectoren. Het model staat toe een onderscheid te maken tussen directe, indirecte en geïnduceerde effecten:

- **Directe effecten** zijn de onmiddellijke gevolgen van de initiële investering of uitgave, bijvoorbeeld de productie van goederen of diensten die direct door een investering worden gevraagd.
- **Indirecte effecten** ontstaan doordat de toeleveranciers van de direct betrokken bedrijven ook moeten opschalen om aan de vraag te voldoen. Dit zijn de effecten verderop in de productieketen.
- **Geïnduceerde effecten** zijn de economische activiteiten die ontstaan doordat werknemers hun inkomens besteden, wat op zijn beurt nieuwe vraag creëert in de economie.

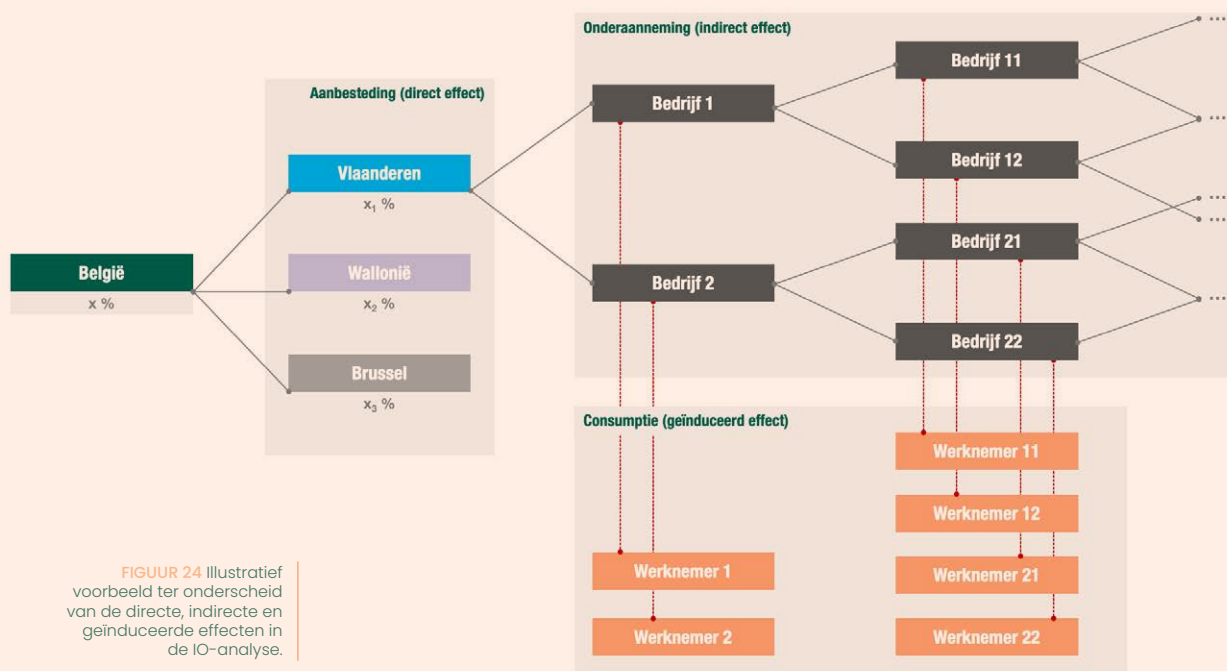
Het Leontief-model maakt gebruik van een matrix, bekend als de **Leontief-matrix**, om de input-output relaties tussen verschillende sectoren te modelleren. Sectoren worden vaak gecategoriseerd volgens **NACE-codes** (de Europese industriestandaard voor economische activiteiten), wat helpt om sectorale activiteiten en hun onderlinge verbanden nauwkeurig te definiëren. In een I/O-analyse zoals toegepast op ET, worden de investeringen in specifieke technologieën van ET dus toegewezen aan de bijbehorende NACE-codes. Deze codering helpt om de directe en indirecte effecten doorheen de Vlaamse economie te kwantificeren door te analyseren hoe verschillende sectoren afhankelijk zijn van elkaar.

ILLUSTRATIEF VOORBEELD VOOR ET

Stel dat ET een grote **aanbesteding** uitschrijft voor het uitvoeren van graafwerken in Vlaanderen. Dit vormt het startpunt van de keten en wordt weergegeven aan de linkerkant van **FIGUUR 24** als een directe investering die **productiewaarde** creëert in Vlaanderen, Wallonië en Brussel. In dit geval gaat een deel van deze investering naar een Vlaams bedrijf, dat de directe werkzaamheden uitvoert – bijvoorbeeld het graven van een tunnel.

De effecten zoals becijferd in een IO-analyse vallen dan uiteen in drie componenten:

- **1. Direct effect:** Wanneer het Vlaamse bedrijf de opdracht krijgt om te beginnen met de graafwerken, genereert dit bedrijf productie: het moet machines inzetten, materialen bestellen en arbeid inzetten. De totale waarde van de output die dit bedrijf produceert, wordt de directe productiewaarde genoemd. In deze stap wordt niet alleen het werk uitgevoerd, maar worden ook lonen betaald aan werknemers en winsten gegenereerd door het bedrijf, wat samen de **directe toegevoegde waarde** vormt. De toegevoegde waarde bestaat dus uit de lonen van de werknemers en de winsten van het bedrijf dat de opdracht uitvoert.
- **2. Indirect effect:** Het Vlaamse graafbedrijf is echter niet in staat om het volledige project alleen uit te voeren. Het heeft toeleveranciers nodig die machines, materialen of andere diensten leveren. Stel dat een ander Vlaams bedrijf graafmachines produceert en deze levert aan het graafbedrijf. De productie van deze machines is een **indirect effect** dat wordt veroorzaakt door de oorspronkelijke investering in ET. Dit noemen we de indirecte productiewaarde: de waarde van de goederen en diensten die door toeleveranciers worden geleverd om de directe werkzaamheden



FIGUUR 24 Illustratief voorbeeld ter onderscheid van de directe, indirecte en geïnduceerde effecten in de IO-analyse.

mogelijk te maken. Ook hier worden lonen uitbetaald en winsten gerealiseerd, wat zorgt voor **indirecte toegevoegde waarde**.

- **3. Geïnduceerd effect:** De werknemers van zowel het graafbedrijf als het bedrijf dat de graafmachines levert, ontvangen lonen voor hun werk. Deze werknemers besteden vervolgens hun inkomens in de bredere economie, bijvoorbeeld door hun boodschappen te doen in Vlaamse supermarkten of door diensten zoals een kapper te betalen. Deze bestedingen leiden tot verdere productie elders in de economie. Dit noemen we **geïnduceerde productie**, omdat de uitgaven van werknemers een extra laag van economische activiteit veroorzaken. Net zoals bij de directe en indirecte productie, ontstaat er ook hier toegevoegde waarde in de vorm van lonen en winsten, maar dan bij andere bedrijven in de economie, zoals supermarkten of dienstverleners. Dit effect verspreidt zich breder door de economie en versterkt de initiële investering nog verder.

Aangezien een investering in ET een netto verandering veroorzaakt van productiewaarden over verschillende industrieën, kan de I/O-tabel worden gebruikt om in kaart te brengen hoe en waar in de (Vlaamse) economie wordt gereageerd op die verandering. In de Appendix van dit verslag worden de concrete matrixbewerkingen toegelicht die in dit rapport werden gehanteerd om tot een berekening van die verandering te komen. De gekozen aanpak voor een I/O-analyse kijkt op die manier naar de werkzaamheden voor de telescoop, de toeleveringsketen en de bestede lonen van de betrokken werknemers. Wat niet in de cijfers zit, zijn allerlei spillovereffecten door bijvoorbeeld clustervorming of technologie-stimulans. De becijferde effecten gaan bovendien uit van verhoudingen tussen regio's en bedrijfstakken in 2015, gecorrigeerd voor inflatie, en van verhoudingen tussen toegevoegde waarde, lonen en werkgelegenheid in 2021. Het valt niet te voorzien hoe deze verhoudingen in de toekomst evolueren.

Resultaten van de IO-analyse

De resultaten van de IO-analyse bestaan uit verschillende belangrijke grootheden die de economische impact van een investering zoals ET kwantificeren. Deze resultaten kunnen worden opgedeeld in drie hoofdcategorieën: **productiewaarde, toegevoegde waarde en tewerkstelling**, en elk van deze grootheden kan verder worden opgesplitst in directe, indirecte en geïnduceerde effecten:

- **1. Productiewaarde:** Dit verwijst naar de totale waarde van de output die wordt geproduceerd als gevolg van de investering in ET. De productiewaarde kan op drie niveaus worden gemeten:
 - › **Directe productiewaarde:** De waarde van de goederen en diensten die direct worden geproduceerd door bedrijven die direct betrokken zijn bij het project, zoals bedrijven die werken aan de infrastructuur van ET.
 - › **Indirecte productiewaarde:** De waarde van de goederen en diensten die worden geleverd door toeleveranciers van de bedrijven die direct betrokken zijn bij het project.
 - › **Geïnduceerde productiewaarde:** De waarde van de economische activiteit die ontstaat door de bestedingen van werknemers die direct of indirect bij het project betrokken zijn.
- **2. Toegevoegde waarde:** Dit is de waarde die wordt gecreëerd boven op de kosten van de inputs die nodig zijn voor de productie. Het omvat lonen, winsten, en belastingen minus subsidies.
 - › **Directe toegevoegde waarde:** De toegevoegde waarde die ontstaat bij bedrijven die direct betrokken zijn bij de investering.

- › **Indirecte toegevoegde waarde:** De toegevoegde waarde die ontstaat bij bedrijven in de toeleveringsketen.
- › **Geïnduceerde toegevoegde waarde:** De toegevoegde waarde die ontstaat door de consumptieve uitgaven van werknemers die direct of indirect betrokken zijn bij het project.

- **3. Tewerkstelling:** De tewerkstelling geeft aan hoeveel banen worden gecreëerd door de investering. Dit wordt meestal uitgedrukt in baanjaren, wat overeenkomt met één voltijds baan gedurende één jaar. Het is belangrijk om het onderscheid te maken tussen baanjaren en voltijdsequivalenten (VTE). Terwijl een baanjaar een tijdelijke maatstaf is (een baan van één jaar), verwijst een VTE naar de langdurige inzet van een voltijdse werknemer. Zo kunnen meerdere deeltijdse werknemers samen één VTE vormen, maar hun bijdragen kunnen worden opgeteld tot meerdere baanjaren.
 - › **Directe werkgelegenheid:** De baanjaren die direct ontstaan bij bedrijven die direct werken aan ET.
 - › **Indirecte werkgelegenheid:** De baanjaren die ontstaan bij toeleveranciers van de direct betrokken bedrijven.
 - › **Geïnduceerde werkgelegenheid:** De baanjaren die worden gecreëerd door de bestedingen van werknemers in de economie.

Tot slot worden van deze drie grootheden ook **multipliatoren** gerapporteerd. Die geven aan hoe groot het totale economische effect is in verhouding tot de initiële uitgave van de ET-organisatie⁹. Het is belangrijk om op te merken dat hierbij uitgegaan wordt van het aanbestedingsbedrag door de ET-

9. Met 'ET-organisatie' wordt verwezen naar de (toekomstige) juridische entiteit die ET beheert en over het geheel van middelen beschikt dat door de diverse deelnemende entiteiten aangeleverd wordt.

organisatie, zonder rekening te houden met de specifieke bijdrage van Vlaanderen aan het totale investeringsvolume van de ET-organisatie. De multiplicatoren laten zien hoeveel extra productie, toegevoegde waarde of werkgelegenheid wordt gegenereerd voor elke aanbesteedde euro.

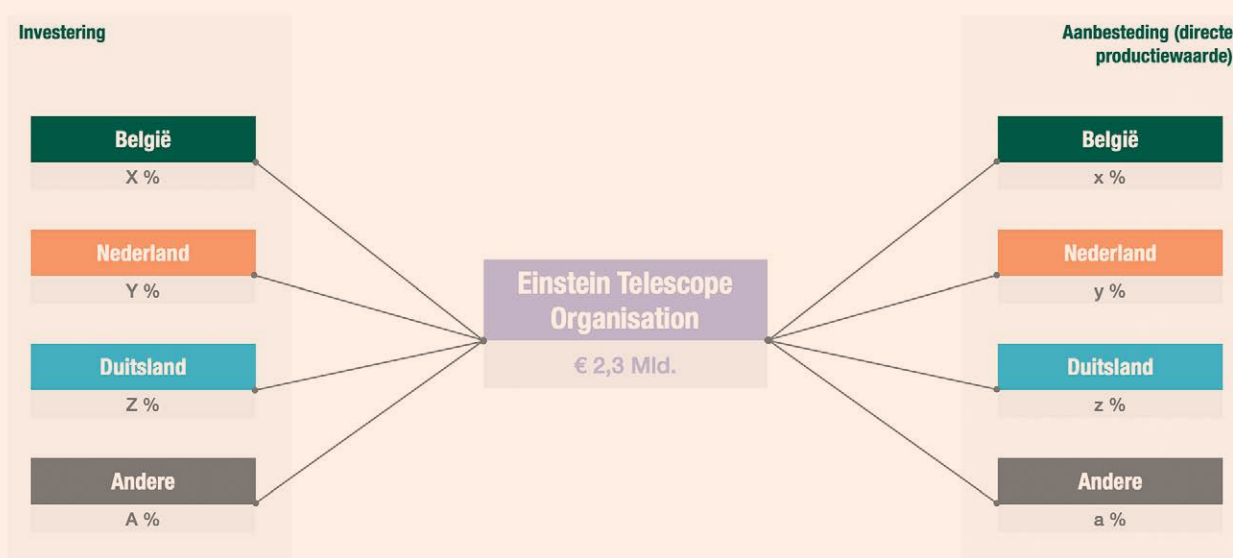
- **Productiemultiplier:** Geeft aan hoeveel euro aan totale productie wordt gegenereerd in de economie voor elke euro die door de ET-organisatie wordt aanbesteed. Dit toont de mate waarin de initiële uitgave door de productieketens in verschillende sectoren verspreidt.
- **Toegevoegde waardemultiplier:** Laat zien hoeveel extra toegevoegde waarde (lonen en winsten) wordt gecreëerd per aanbesteedde euro. Dit geeft een idee van de bijdrage van het project aan het bruto binnenlands product (BBP).

- **Tewerkstellingsmultiplier:** Meet hoeveel extra banen (in termen van baanjaren) worden gegenereerd voor elke euro die wordt aanbesteed, waardoor inzicht wordt gegeven in de arbeidsintensiteit van de economie als gevolg van de investering.

De Return On Investment (ROI) voor Vlaanderen

Een belangrijk onderscheid bij de IO-analyse van ET is het verschil tussen de investering van Vlaanderen in het project en de uiteindelijke aanbestedingen die naar de Vlaamse economie terugvloeien. **FIGUUR 25** illustreert hoe de **investering** van verschillende landen, waaronder België, samenkomt in de centrale organisatie van ET. Dit is de totale kost van de bouw en ontwikkeling van de Einstein Telescope, waar Vlaanderen ook een aandeel in heeft. Deze gezamenlijke investering wordt echter niet volledig in Vlaanderen

FIGUUR 25 Onderscheid tussen een Vlaamse investering en een Vlaamse aanbesteding voor ET.



besteed. De aanbestedingen die door de ET-organisatie worden uitgeschreven, verdelen de productiewaarde over de deelnemende landen, waarbij Vlaamse bedrijven enkel een deel van deze aanbestedingen winnen. Dit creëert het onderscheid tussen de initiële **investering** van Vlaanderen en de uiteindelijke **directe productiewaarde** die wordt gegenereerd door de aanbestedingen.

In een situatie waar Vlaanderen 1% van de totale bouwkost van ET financiert, wordt deze investering centraal door de ET-organisatie beheerd. Vlaanderen kan vervolgens aanbestedingen winnen, waardoor een deel van de productiewaarde naar de Vlaamse economie terugvloeit. Dit aandeel van de Vlaamse economie, bijvoorbeeld in de vorm van een aanbesteding voor bouwwerkzaamheden, is de **directe productiewaarde**. Het is mogelijk dat de aanbestedingen die naar Vlaamse bedrijven gaan, hoger zijn dan het aandeel van Vlaanderen in de investering. Stel dat Vlaanderen 1% van de investering draagt, maar Vlaamse bedrijven 2% van de aanbestedingen winnen. Dit verschil kan een hoger economisch rendement (ROI) voor Vlaanderen opleveren.

Hier komt het verschil tussen **multiplicatoren** en de **ROI** in beeld. De multiplicatoren berekenen het totale economische effect op basis van de aanbestedingen die Vlaamse bedrijven winnen (de directe productiewaarde). Ze geven aan hoeveel extra productie, toegevoegde waarde en werkgelegenheid wordt gegenereerd voor elke euro die wordt aanbesteed door ET. Dit effect wordt berekend door te kijken naar de rimpelingen die deze aanbestedingen veroorzaken in de Vlaamse economie: de multiplicatoren drukken uit hoeveel euro

aan totale productie of toegevoegde waarde wordt gegenereerd door elke euro die door ET wordt aanbesteed. De ROI voor Vlaanderen kijkt echter naar het rendement op basis van de initiële investering die Vlaanderen in het project heeft gedaan. Wanneer het aandeel van Vlaanderen in de aanbestedingen ($x\%$) groter is dan het aandeel in de investering ($y\%$), haalt Vlaanderen een hoger rendement, omdat er meer geld terugvloeit naar de Vlaamse economie dan oorspronkelijk geïnvesteerd. Dit kan positief zijn voor Vlaanderen, maar betekent ook dat andere landen een kleiner aandeel van de aanbestedingen krijgen, wat spanningen kan veroorzaken in de internationale samenwerking.

Scenario-variantie in de IO-analyse

Het doel van de scenario-analyse binnen de IO-analyse is om rekening te houden met onzekerheden en variaties in de manier waarop de investeringen in ET zich vertalen naar productiewaarde, toegevoegde waarde en werkgelegenheid voor de Vlaamse economie. Door verschillende scenario's te modelleren, kan de impact van variërende aannames over de competitiviteit van Vlaamse bedrijven, de locatie van ET, en andere factoren worden doorgerekend. Dit biedt een breder inzicht in mogelijke economische resultaten en helpt beleidsmakers beter voorbereide beslissingen te nemen.

Voor elk scenario zijn er enkele basisveronderstellingen gemaakt, die ten grondslag liggen aan de berekeningen. Deze aannames richten zich op de verdeling van de investeringskosten tussen de deelnemende landen en hoe deze zich vertalen naar aanbestedingen en productiewaarde in de Vlaamse economie.

- **Kostenverdeling:** Bij een participatie van Vlaanderen aan ET wordt ervan uitgegaan dat de totale bouwkosten worden verdeeld over de drie landen (Nederland, Duitsland, België), waarbij Vlaanderen een derde van de Belgische bijdrage draagt. Binnen België wordt de bijdrage gelijk verdeeld tussen Vlaanderen, Wallonië en het federale niveau, wat resulteert in een standaardbijdrage van 11% van de totale kost voor Vlaanderen.
- **Financiering:** Er wordt aangenomen dat de bouwkosten gedeeltelijk met schuld worden gefinancierd. Ongeveer 20% van de kosten wordt onmiddellijk vrijgemaakt, terwijl de resterende 80% wordt gefinancierd via schuld met een rente van 5% over een looptijd van 25 jaar.
- **Locatie en deelname:** In een scenario waarin ET volledig op Sardinië wordt gebouwd, wordt uitgegaan van een minimale bijdrage van Vlaanderen (2%)¹⁰ met de garantie dat enkele technologische componenten door Vlaamse bedrijven worden geleverd.

Er werden vier scenario's doorerekend, elk met verschillende aannames over de competitiviteit van Vlaamse bedrijven en de locatie van ET. Deze scenario's variëren om inzicht te krijgen in hoe verschillen in aanbestedingsresultaten en projectlocatie de economische effecten beïnvloeden:

- **1. Basis-scenario:** In dit scenario staat de bijdrage van Vlaanderen in verhouding tot het aandeel van de aanbestedingen die Vlaamse bedrijven winnen. Dit wordt beschouwd als een neutrale situatie, waarin Vlaamse bedrijven evenredig met de investering aanbestedingen binnenhalen.
- **2. Vlaamse valorisatiestrategie-scenario:** Dit scenario gaat uit van een situatie waarin Vlaanderen actief inzet op het verhogen van de competitiviteit van Vlaamse bedrijven in het aanbestedingsproces. Dit resulteert in een groter aandeel van de aanbestedingen dat naar Vlaamse bedrijven gaat, met een significante impact op de productiewaarde die in de Vlaamse economie terechtkomt. Specifieke sectoren zoals infrastructuur en het vacuümsysteem profiteren het meest van deze strategie.
- **3. Worst-case scenario:** Dit scenario veronderstelt dat Vlaamse bedrijven er niet in slagen een aanzienlijk deel van de aanbestedingen te winnen, met name in belangrijke sectoren zoals infrastructuur en technologische upgrades. Dit leidt tot een lager aandeel van de productiewaarde dat naar Vlaanderen vloeit.

10. Deze redenering is gestoeld op de veronderstelling dat het gastland, in dat geval Italië, instaat voor 90% van de bouwkost en de andere EMR-regio's (Duitsland, Nederland, Vlaanderen, Wallonië en het federale België) elk een gelijke bijdrage doen om de laatste 10% bij te passen.

- **4. Sardinië-scenario:** In dit scenario wordt ET volledig op Sardinië gebouwd. Vlaanderen draagt slechts minimaal bij, en enkel hoogtechnologische componenten worden mogelijk geleverd door Vlaamse bedrijven. De economische effecten voor Vlaanderen zijn hier beperkt.

Het gebruik van verschillende scenario's maakt het mogelijk om de onzekerheden rond de precieze economische impact van ET te modelleren. De variatie in deze scenario's richt

- **Het aandeel van de totale productiewaarde dat naar Vlaanderen vloeit:** Dit wordt beïnvloed door de competitiviteit van Vlaamse bedrijven in het aanbestedingsproces. Hoe competitiever de bedrijven, hoe groter het aandeel van de productiewaarde dat door Vlaamse bedrijven wordt gerealiseerd.
- **De locatie van het project:** De locatie van ET beïnvloedt vooral de geïnduceerde effecten. In een scenario waarin ET op Sardinië wordt gebouwd, zullen de geïnduceerde effecten voornamelijk daar plaatsvinden, terwijl in een scenario waarbij Vlaanderen een groter deel van de aanbestedingen wint, ook de geïnduceerde effecten in Vlaanderen groter zullen zijn.

Door deze scenario's te modelleren, ontstaat een completer beeld van hoe de investering in ET uiteenlopende economische resultaten kan opleveren, afhankelijk van externe factoren zoals de competitiviteit van bedrijven en de locatie van het project. In **TABEL 4** wordt een samenvatting gegeven van de aandelen van de productiewaarde die in Vlaanderen worden besteed in functie van het scenario dat voorligt. De percentages weergegeven zijn gelijk aan de parameter 'xl' weergegeven in het illustratief voorbeeld van **FIGUUR 24**.

De variaties in gewichten zijn het resultaat van stakeholdergesprekken met Belgische experts binnen het respectievelijk technologiedomein.

De hogere gewichten in de scenario's voor de domeinen van vacuümtechnologie en (tunnel) bouw zijn gebaseerd op de veronderstelling dat enkele grote contracten het merendeel van de kosten in deze domeinen bepalen. Voor de bouwcomponent, bijvoorbeeld, zal er een omvangrijk aannemersconsortium nodig zijn om de tunnelbouw en de volledige logistieke infrastructuur te realiseren. Het aantal bedrijven in de regio dat de capaciteit heeft om dergelijke omvangrijke contracten te dragen, is beperkt. Vlaanderen beschikt in dat opzicht over aanzienlijke expertise, mede dankzij de recente ervaring met de aanleg van de Oosterweelverbinding. Deze expertise omvat zowel technische als organisatorische kennis omtrent grootschalige bouwprojecten, wat de kans vergroot dat Vlaamse bedrijven een groot aandeel zullen hebben in deze bouwcomponent. De uiteindelijke grootte van dat aandeel zal waarschijnlijk afhangen van de deelname van Nederlandse of Duitse aannemers in het consortium.

Wat betreft het vacuümsysteem, wordt het merendeel van de kosten bepaald door de grote hoeveelheden staal die nodig zijn voor deze component. Ook hier geldt dat het aantal potentiële leveranciers binnen de omliggende economieën beperkt is, wat resulteert in een 'erop of eronder'-scenario voor een aantal bedrijven die op het contract zullen inschrijven. Op dit moment zijn Vlaamse bedrijven al sterk betrokken bij de voorbereidende studies rond het staal, in samenwerking met onderzoekers van CERN. Deze betrokkenheid kan bijdragen aan een competitief voordeel voor Vlaamse bedrijven in de aanbestedingsfase.

Voor de optica, specifiek de coatingtechnologie van de spiegels, is het aandeel afhankelijk van de gekozen technologie. Indien de voorkeur uitgaat naar de kristallijne oxide coating technologie, speelt Vlaanderen een sterke rol, dankzij de aanwezige expertise bij de Vlaamse universiteiten. Deze technologie verschilt van de polymorfe technologie die momenteel wordt gebruikt bij VIRGO en LIGO. Mocht de keuze op de kristallijne technologie vallen, dan is een groter Vlaams aandeel in deze component reëel.

De hogere gewichten in de scenario's zijn dus niet willekeurig, maar gebaseerd op concrete factoren zoals regionale expertise, lopende betrokkenheid bij voorbereidende studies, en de schaal en aard van de benodigde technologieën. Tegelijkertijd zijn deze veronderstellingen scenario-afhankelijk en kunnen de uiteindelijke gewichten variëren afhankelijk van de strategische keuzes en concurrentie tijdens de aanbestedingsfase.

Gewichten en aannames gehanteerd voor Vlaanderen bij de scenario-variantie.

TABEL 4 |

	BASIS	VLAAMSE VALORISATIE	WORST CASE	SARDINIË
Duur bouwfase	9 jaar	9 jaar	9 jaar	9 jaar
Bouwkost (€ Mld.)	€ 2,3 Mld.	€ 2,3 Mld.	€ 2,3 Mld.	€ 2,3 Mld.
Projectlocatie	EMR	EMR	EMR	Sardinië
Investering VL (incl. rentelasten)¹¹	€ 312 Mln.	€ 312 Mln.	€ 312 Mln.	€ 56 Mln.
Infrastructuur – tunnelbouw				
Bouwfase	0%	50%	0%	0%
Operationele fase	11%	50%	0%	0%
Infrastructuur excl. tunnelbouw				
Bouwfase	11%	50%	11%	0%
Operationele fase	11%	50%	11%	0%
Optica				
Bouwfase	15%	30%	15%	10%
Operationele fase	15%	40%	15%	10%
Suspension				
Bouwfase	10%	10%	5%	5%
Operationele fase	10%	10%	5%	5%
Cryogenica				
Bouwfase	5%	5%	5%	5%
Operationele fase	5%	5%	5%	5%
Vacuümsysteem				
Bouwfase	45%	60%	30%	10%
Operationele fase	45%	60%	30%	10%
Andere kosten				
Bouwfase	11%	40%	11%	3,3%
Operationele fase	11%	40%	11%	3,3%

11. Merk op dat dit bedrag verschilt van het door Vlaanderen toegezegde bedrag voor de bouw van ET, als gevolg van de schuldstructuur die werd gemodelleerd voor de investering en het feit dat door de opwaartse correctie van de bouwkost met de inflatie er een hogere bijdrage van de EMR-landen nodig is.

RESULTATEN

In dit deel wordt de resultaatbespreking van de input-output (I/O) analyse voor ET gepresenteerd. De resultaten bieden inzicht in de economische effecten van investeringen in dit project, uitgedrukt per jaar. Deze effecten omvatten directe, indirecte en geïnduceerde productiewaarden, toegevoegde waarde en werkgelegenheid.

Verloop van de directe productie

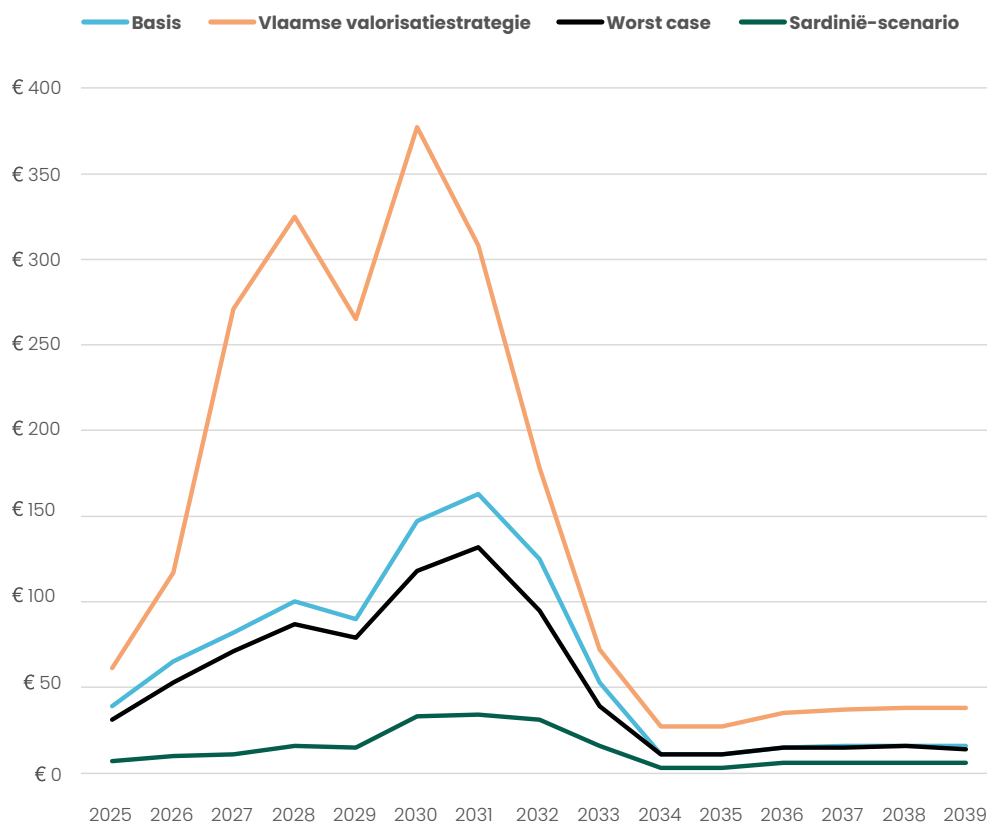
De evolutie van de productiewaarde doorheen de tijd is een essentiële parameter voor de verdere berekening van toegevoegde waarde en werkgelegenheid. Door de productiewaarde te analyseren, kan inzicht worden verkregen in de economische activiteit die direct door de aanbestedingen van ET in de Vlaamse economie wordt gegenereerd. De multiplicatoren zullen vervolgens de bredere economische effecten, zoals indirecte en geïnduceerde toegevoegde waarde en tewerkstelling, verder in kaart brengen en zo een completer beeld geven van de impact van ET op de Vlaamse economie.

De directe productie als gevolg van de aanbestedingen door de ET-organisatie verloopt niet gelijkmatig over de tijd, maar volgt een duidelijke cyclus die sterk afhankelijk is van de verschillende fases van het project (**FIGUUR 26**). Tijdens de bouwfase van ET, met name in de periode van 2025 tot 2035, kan een sterke stijging in de productiewaarde worden waargenomen. De variatie tussen de scenario's is hierbij opvallend, aangezien de competitiviteit van Vlaamse bedrijven in elk scenario anders is.

In het **Vlaamse valorisatiestrategie-scenario** is de piek in de productiewaarde bijzonder uitgesproken. Vlaamse bedrijven weten in dit scenario een groot deel van de aanbestedingen binnen te halen, wat resulteert in een aanzienlijke injectie van productiewaarde in de Vlaamse economie. Dit staat in contrast met het **basis-scenario** en het **worst-case scenario**, waarin de aanbestedingen die naar Vlaamse bedrijven vloeien veel beperkter zijn. In deze scenario's blijft de productiewaarde aanzienlijk lager, met pieken die de investeringsopbrengsten weerspiegelen.

In het geval van het **Sardinië-scenario**, waarin ET op een andere locatie wordt gebouwd, is de productiewaarde voor Vlaanderen het laagst. Dit komt doordat slechts een klein aantal gespecialiseerde aanbestedingen naar Vlaamse bedrijven gaat, met als gevolg dat de economische effecten voor Vlaanderen sterk beperkt blijven.

Naarmate het project overgaat naar de **operationele fase**, die begint rond 2035, daalt de productiewaarde aanzienlijk in alle scenario's. Dit is logisch, aangezien de bouwactiviteiten worden afgerond en er enkel nog aanbestedingen nodig zijn voor onderhoud en operationele ondersteuning. Hoewel de productiewaarde in deze fase kleiner is, blijft er in sommige scenario's een constante instroom van aanbestedingen, met name in sectoren waarin Vlaamse bedrijven actief blijven, zoals technologische componenten en onderhoud.



FIGUUR 26 Chronologie van de directe productie in Vlaanderen als gevolg van ET (€ Mln.)

Infrastructuurfase

De toegevoegde waarde die tijdens de bouwfase van het ET-project in Vlaanderen wordt gegenereerd, varieert sterk afhankelijk van de competitiviteit van Vlaamse bedrijven (**FIGUUR 27**). In het **Vlaamse valorisatiestrategie-scenario** is de totale toegevoegde waarde het hoogst, met een totaal van € 839 miljoen. De multiplier van 0,74 laat zien dat elke euro aanbesteed door ET bijna driekwart meer toegevoegde waarde oplevert, wat resulteert in aanzienlijke economische voordelen voor Vlaanderen. Dit scenario benadrukt het belang van een sterke positie van Vlaamse bedrijven in de aanbestedingsprocessen, met name in sectoren zoals infrastructuur en hightechcomponenten. Het **basis-scenario** genereert een totale toegevoegde waarde van €352 miljoen, waarbij de multiplier op 0,65 ligt. Dit is minder dan de helft van het valorisatiescenario, wat wijst op de impact van een gematigde competitiviteit van Vlaamse bedrijven. Zonder een sterke proactieve strategie wordt de economische meerwaarde voor Vlaanderen aanzienlijk beperkt. Opmerkelijk is dat in het **worst-case scenario**, hoewel de totale toegevoegde waarde lager is (€295 miljoen), de multiplier op 0,68 ligt—hogere dan die van het basis-scenario. Dit kan worden verklaard door de toewijzing van aanbestedingen in dit scenario: er wordt proportioneel meer toegewezen aan sectoren met een hogere toegevoegde waarde, zoals hightech, en minder aan traditionele bouwbedrijven. Dit verschuift de focus naar sectoren die per euro geïnvesteerd meer toegevoegde waarde genereren, ondanks het lagere algemene niveau van economische activiteit. Het **Sardinië**-scenario levert de laagste toegevoegde waarde op voor Vlaanderen, met slechts €70 miljoen. De multiplier van 0,59 geeft aan dat de economische impact hier zeer beperkt blijft, voornamelijk omdat de meeste aanbestedingen naar niet-Vlaamse bedrijven

gaan. Dit scenario toont duidelijk het belang van locatiekeuzes en de betrokkenheid van Vlaamse bedrijven bij de bouwactiviteiten van ET. Gemiddeld genomen, over de acht bouwjaren, is de toegevoegde waarde in het Vlaamse valorisatiescenario aanzienlijk hoger dan in de andere scenario's, met een jaarlijkse gemiddelde toegevoegde waarde van ongeveer €105 miljoen. In het worst-case scenario ligt dit rond de €37 miljoen per jaar, maar de hogere multiplier wijst op de rol van sectorale verschuivingen in het genereren van economische meerwaarde.

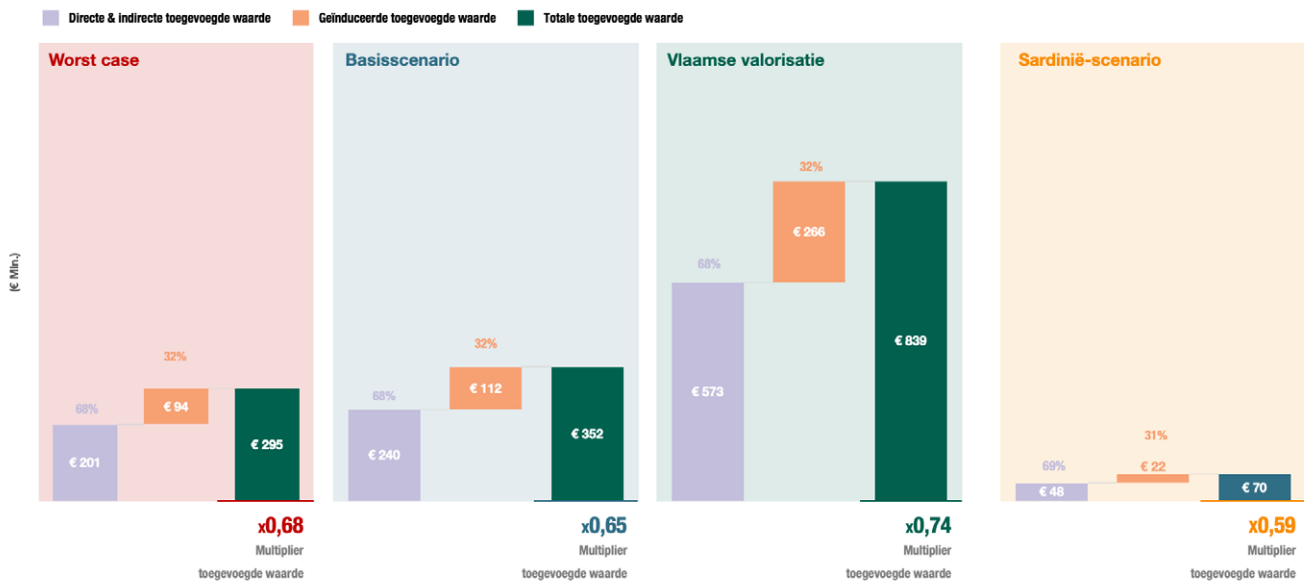
De tewerkstelling tijdens de bouwfase van het ET-project, uitgedrukt in **baanjaren**, varieert evenzeer sterk tussen de scenario's en wordt sterk beïnvloed door de competitiviteit van Vlaamse bedrijven in het binnenhalen van aanbestedingen (**FIGUUR 28**). In het **Vlaamse valorisatiestrategie-scenario** wordt de hoogste werkgelegenheid gegenereerd, met een totaal van 6.687 baanjaren en een multiplier van 5,89. Dit wijst op een sterke betrokkenheid van Vlaamse bedrijven in de aanbestedingen, wat niet alleen directe werkgelegenheid oplevert, maar ook significante indirecte en geïnduceerde effecten door de bredere Vlaamse economie. Het **basis-scenario** genereert een werkgelegenheid van 2.691 baanjaren met een multiplier van 4,96. Hoewel de werkgelegenheid per aanbesteedde euro nog steeds aanzienlijk is, blijft het resultaat aanzienlijk lager dan in het valorisatiescenario. Dit wijst op de noodzaak van een proactieve strategie om de competitiviteit van Vlaamse bedrijven te verhogen. Het **worst-case** scenario valt op door een hogere multiplier van 5,29, ondanks een lagere totale werkgelegenheid van 2.281 baan-jaren. Dit komt doordat de aanbestedingen in dit scenario meer gericht zijn op sectoren met een hogere arbeidsintensiteit, zoals de bouw.

Dit verschuift de werkgelegenheid naar sectoren die per euro aan productiewaarde meer banen genereren. In het **Sardinië-scenario** is de werkgelegenheid het laagst, met slechts 511 banenjaren en een multiplier van 4,29, wat het beperkte effect van aanbestedingen naar Vlaamse bedrijven benadrukt.

FIGUUR 27 Toegevoegde waarde per scenario gegenereerd tijdens de bouwfase.



FIGUUR 28 Tewerkstelling per scenario gegenereerd tijdens de bouwfase.



Operationele fase

De gerapporteerde impact van het ET-project tijdens de operationele fase (**FIGUUR 29/30**) dient te worden geïnterpreteerd als de gecumuleerde resultaten over een periode van 30 jaar. Deze langere tijdshorizon leidt tot een aanzienlijke economische impact, maar de verschillen tussen de scenario's worden vooral bepaald door de sectorale verschuivingen. In deze fase speelt de hightechsector een veel dominantere rol dan tijdens de bouwphase, wat de spreiding in de multipliers versterkt.

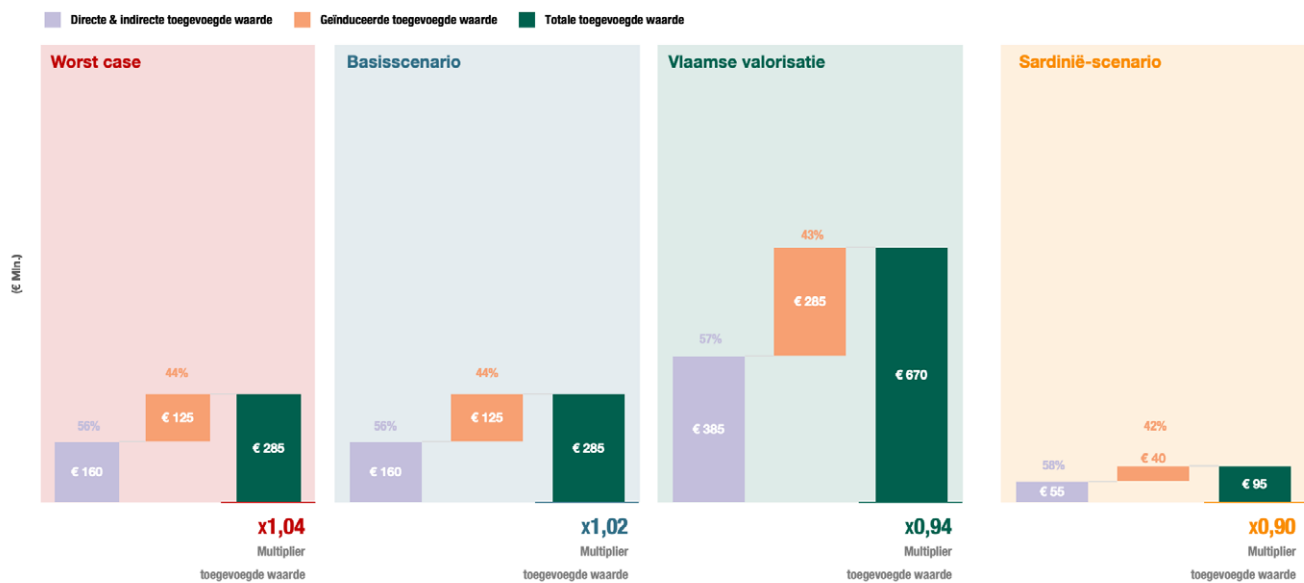
Het **Vlaamse valorisatiestrategie-scenario** genereert de grootste impact voor Vlaanderen, met een gecumuleerde toegevoegde waarde van €670 miljoen en een werkgelegenheid van 5.455 baanjaar. Dit betekent dat er gemiddeld jaarlijks €22,3 miljoen aan toegevoegde waarde wordt gegenereerd en 182 banen per jaar worden gecreëerd. De multiplier voor tewerkstelling bedraagt 7,68, wat aangeeft dat elke euro die in de operationele fase wordt aanbesteed, zorgt voor een sterke werkgelegenheidsgroei, vooral in hightech en kennisintensieve sectoren. Deze resultaten illustreren dat de competitiviteit van Vlaamse bedrijven tijdens de operationele fase een cruciale rol blijft spelen. In het **basis-scenario** blijft de totale economische impact ook aanzienlijk, met een totale toegevoegde waarde van €285 miljoen en 2.330 baanjaar. Dit vertaalt zich naar een gemiddelde jaarlijkse toegevoegde waarde van €9,3 miljoen en ongeveer 78 banen per jaar.

De multiplicatoren in dit scenario zijn gematigder (x1,02 voor toegevoegde waarde en x8,32 voor tewerkstelling), maar blijven toch substantieel. Dit bevestigt dat zelfs met een gematigde competitiviteit Vlaamse bedrijven in staat zijn om een blijvende economische impact te genereren tijdens de operationele fase.

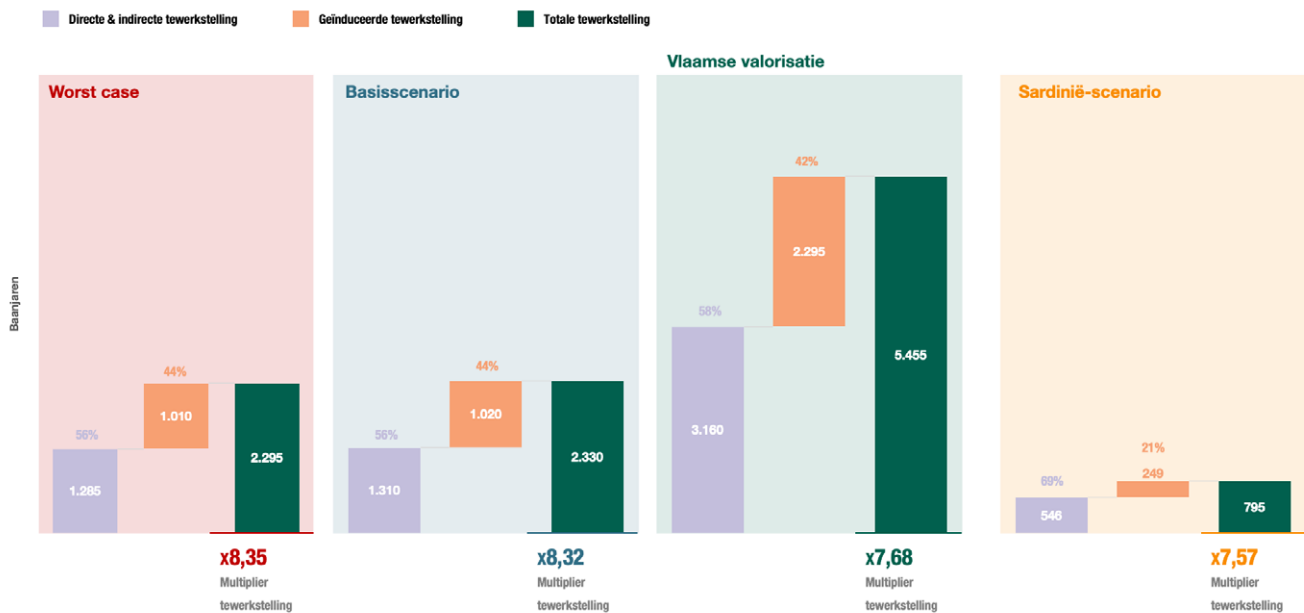
Het **worst-case scenario** toont een vrijwel gelijke totale impact (als gevolg van de afwezigheid van de infrastructuurcomponent), met een toegevoegde waarde van €285 miljoen en een werkgelegenheid van 2.295 baanjaar. Dit komt neer op een jaarlijkse gemiddelde toegevoegde waarde van €9,2 miljoen en een gemiddelde werkgelegenheid van ongeveer 77 banen per jaar. Toch valt op dat de multiplier voor tewerkstelling in dit scenario op 8,35 ligt, wat wijst op de concentratie van werkgelegenheid in sectoren met een hogere arbeidsproductiviteit.

Samengevat, toont de operationele fase aan dat de sectorale verschuiving naar hightech en kennisintensieve activiteiten zorgt voor sterkere multiplicatoreffecten, vooral voor werkgelegenheid. De resultaten benadrukken dat de betrokkenheid van Vlaamse bedrijven in deze sectoren van groot belang is om de blijvende economische impact tijdens de operationele fase te maximaliseren.

FIGUUR 29 Toegevoegde waarde per scenario gegenereerd tijdens de operationele fase (30 jaar).



FIGUUR 30 Tewerkstelling per scenario gegenereerd tijdens de operationele fase (30 jaar).



Multiplicators

De resultaten van de I/O-analyse tonen duidelijk de verschillen in economische impact tussen de scenario's, zowel in termen van multipliers als ROI's. De multiplicatoren geven inzicht in de mate waarin de Vlaamse economie profiteert van elke euro die door ET wordt aanbesteed. In scenario's zoals de **Vlaamse valorisatiestrategie**, waar Vlaamse bedrijven een groot aandeel van de aanbestedingen winnen, zijn de multipliers het hoogst, met een productiemultiplier van 2,2 en een werkgelegenheidsmultiplier van 7 banjaren per miljoen euro. Deze hoge waarden zijn te verklaren door de concentratie van investeringen in sectoren zoals het vacuüm-systeem en andere hightechsectoren, die van nature een hogere toegevoegde waarde en werkgelegenheid genereren. Bij het **worst-case scenario** wordt een verrassend hoge multiplier waargenomen, ondanks een lagere totale productiewaarde. Dit komt allicht doordat een groter deel van de investeringen in sectoren met een hogere toegevoegde waarde terechtkomt, die per euro meer toegevoegde waarde genereren. Dit fenomeen verklaart de hogere multiplicatoren voor toegevoegde waarde en werkgelegenheid in dit scenario, ondanks het lagere absolute resultaat in termen van totale productiewaarde. Wanneer echter naar de **ROI** wordt gekeken, wordt het verschil tussen de scenario's nog duidelijker. De ROI, die de totale opbrengsten voor Vlaanderen vergelijkt met de Vlaamse investering, is het hoogst in het valorisatiestrategie-scenario, waar de ROI voor toegevoegde waarde meer dan verdubbelt van 86% naar 226%. Dit toont

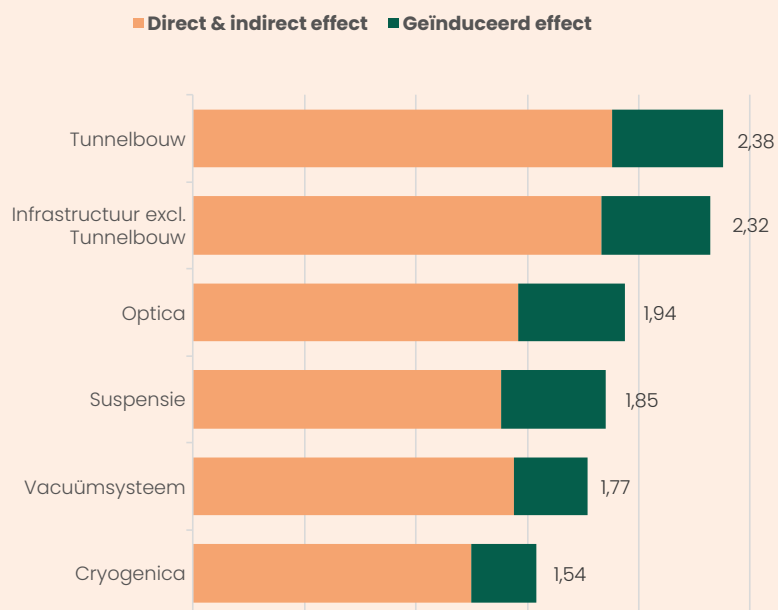
aan dat de valorisatiestrategie niet alleen de spreiding op de multipliers vergroot, maar ook een aanzienlijke extra meerwaarde voor Vlaanderen creëert. De reden hiervoor is dat in dit scenario een deel van de aanbestedingen 'op kosten van' andere lidstaten binnen Vlaanderen wordt gewonnen, wat resulteert in een groter rendement voor Vlaanderen. Het **Sardinië-scenario** biedt ook een hogere ROI dan verwacht, ondanks de beperkte participatie van Vlaanderen. De relatief lage investering van Vlaanderen in dit scenario wordt gecompenseerd door een vrij groot aandeel van de aanbestedingen voor technologische componenten die door Vlaamse bedrijven worden binnengehaald. Hierdoor is de ROI hoger dan in het basisscenario, hoewel de multipliers voor toegevoegde waarde en werkgelegenheid lager zijn. Samenvattend laat de vergelijking tussen multipliers en ROI's zien dat een proactieve valorisatiestrategie niet alleen zorgt voor hogere multiplicatoreffecten, maar ook voor een aanzienlijk hogere ROI. Dit effect wordt het meest duidelijk in termen van toegevoegde waarde en werkgelegenheid, waar het rendement voor Vlaanderen het hoogst is wanneer Vlaamse bedrijven strategisch worden gepositioneerd in het aanbestedingsproces.

	BASIS	VLAAMSE VALORISATIE	WORST-CASE	SARDINIË
Infrastructuurfase				
Multiplier productie	2,03	2,24	2,10	1,84
Multiplier toegevoegde waarde	0,65	0,74	0,68	0,59
Multiplier tewerkstelling	4,96	5,89	5,29	4,29
Multiplier productie	2,96	6,84	2,44	3,28
Multiplier toegevoegde waarde	0,95	2,26	0,79	1,05
Multiplier tewerkstelling	7,25	18,01	6,14	7,65
Operationele fase				
Multiplier productie	2,50	2,27	2,49	2,33
Multiplier toegevoegde waarde	1,02	0,94	1,04	0,90
Multiplier tewerkstelling	8,32	7,68	8,35	7,57

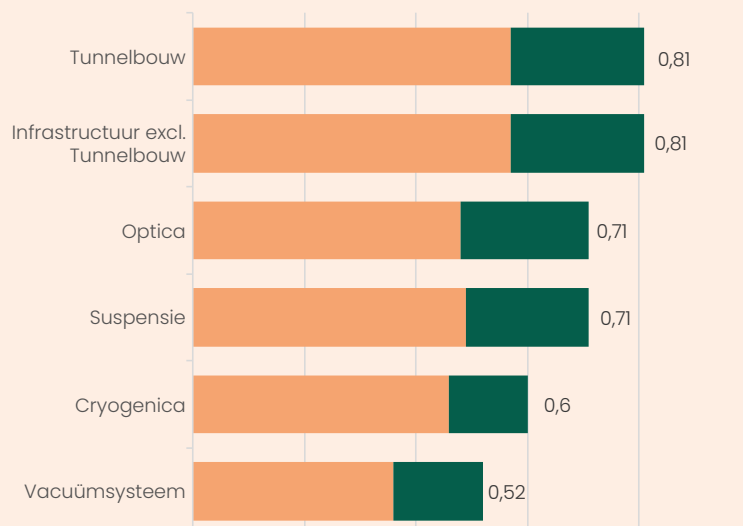
Om een aanvullende verklaring te zoeken voor het verschil in multiplicatoren tussen scenario's onderling, werd enerzijds gekeken naar de specifieke structuur van multipliers voor technologiecomponenten van de Einstein Telescoop, en anderzijds naar de alignering van deze technologiecomponenten met de 'hightech'-sectoren in Vlaanderen, zoals gehanteerd in het rapport van Statistiek Vlaanderen (Vergynst, 2022).

In **FIGUUR 31** worden de productiemultiplicatoren voor verschillende technologiedomeinen vergeleken. **FIGUUR 32** en **FIGUUR 33** geven dezelfde analyse weer voor de multiplicatoren van toegevoegde waarde en tewerkstelling. Uit deze figuren blijkt dat de (tunnel) bouwsector per euro aanbesteding vanuit ET de hoogste productie, toegevoegde waarde en tewerkstelling in Vlaanderen genereert. Aan de andere kant scoren cryogenica en het vacuümsysteem het laagste op deze parameters. De verschillen zijn het meest uitgesproken voor productie en tewerkstelling, en deze kunnen aan twee belangrijke factoren worden toegeschreven.

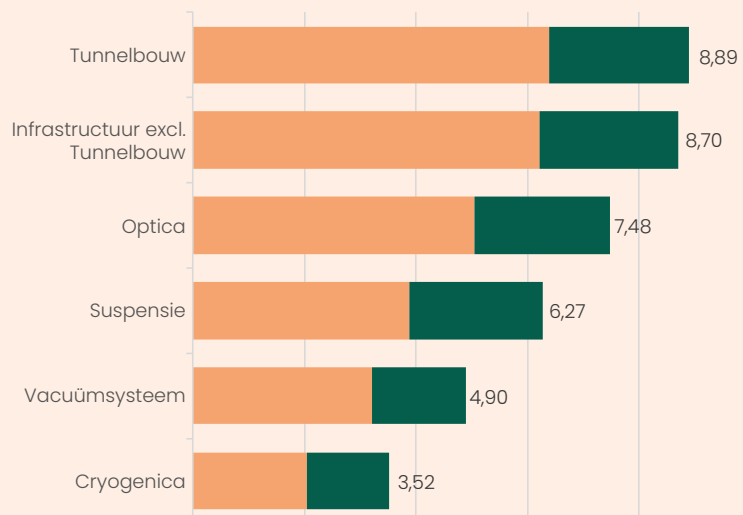
FIGUUR 31 Verschillen in productiemultiplicatoren tussen technologiedomeinen.



FIGUUR 32 Verschillen in toegevoegde waarde multiplicatoren tussen technologiedomeinen.



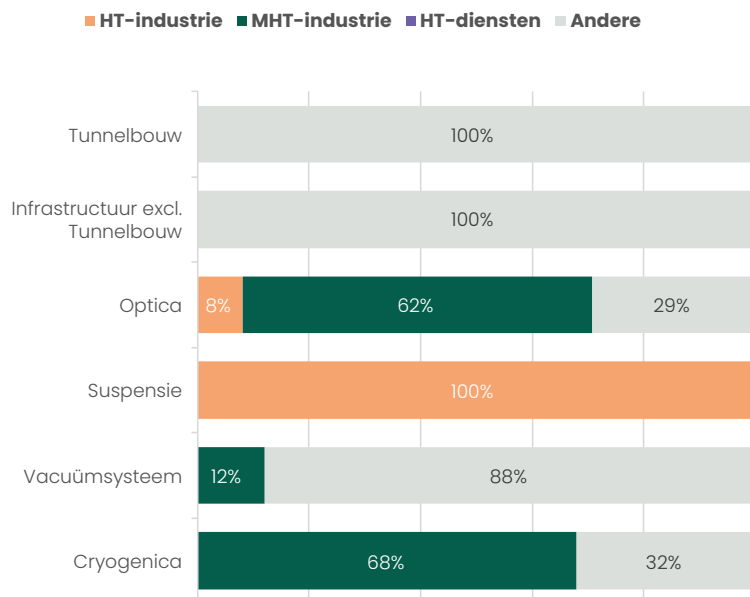
FIGUUR 33 Verschillen in tewerkstellingsmultiplicatoren tussen technologiedomeinen.



Eenzijds, vooral voor productie en toegevoegde waarde, speelt de geografische spreiding van toeleveringen een belangrijke rol. De bouw- en infrastructuuractiviteiten vinden grotendeels lokaal (in Vlaanderen) plaats, terwijl hightechsectoren zoals cryogenica en optica vaker afhankelijk zijn van toeleveringen uit andere Belgische gewesten of het buitenland. Hierdoor blijft een groter aandeel van de productieketen binnen Vlaanderen voor bouwactiviteiten, wat leidt tot hogere productiemultipliers. Bij hightechsectoren zijn de marges op lokaal niveau lager, omdat deze sectoren vaak werken met gespecialiseerde internationale toeleveranciers die efficiënter of goedkoper kunnen produceren. Dit verklaart waarom de multiplicatoren van de bouwsector hoger liggen dan die van hightech.

Anderzijds is de tewerkstellingsmultiplier voor technologieën zoals het vacuümsysteem en cryogenica opvallend laag. Dit komt doordat deze sectoren sterk overeenkomen met de zogenoemde 'hoogtechnologische sectoren', zoals gedefinieerd door (Vergynst, 2022). Deze sectoren maken vaak gebruik van geavanceerde automatisatie, wat resulteert in een hoge arbeidsproductiviteit per werknemer, maar een lagere directe werkgelegenheid per geïnvesteerde euro productie. In **FIGUUR 34** wordt de classificatie van de technologiecomponenten van ET in hoogtechnologische en middelhoogtechnologische industrieën geïllustreerd. Suspensie, cryogenica en optica vallen hierbij duidelijk in de categorieën van hoogtechnologische en middelhoogtechnologische industrieën, terwijl bouwsectoren daarbuiten blijven.

De verschillen in sectorale multiplicatoren verklaren de variaties tussen de scenario's. In het Sardinië-scenario, waarin de bouwsector een kleiner aandeel in de aanbestedingen heeft, liggen de multiplicatoren beduidend lager dan in de Vlaamse scenario's. Voor het Vlaamse valorisatiescenario wordt de hogere multiplier verklaard door een groter aandeel in de aanbestedingen voor bouw- en tunnelbouwactiviteiten. Dit staat in contrast met het base case-scenario, waar dit aandeel lager ligt. De ietwat hogere multiplier in het worst-case-scenario ten opzichte van het base case-scenario wordt verklaard door de lagere vertegenwoordiging van technologieën zoals cryogenica en optica, die gemiddeld lagere multiplicatoren hebben.



FIGUUR 34 Mapping van de ET-technologieën op de hoogtechnologische categorieën gehanteerd door Statistiek Vlaanderen.

Een belangrijke conclusie uit deze analyse is dan ook dat het vergroten van de competitiviteit van bedrijven in de bouw- en tunnelbouwsector directe economische effecten maximaliseert. Dit moet een belangrijk vertrekpunt zijn voor het verder uittekenen van de valorisatiestrategie. Het is echter essentieel om hierbij ook rekening te houden met de spillovereffecten, die later in het verslag aan bod komen. Sectoren met een hoogtechnologische component, zoals cryogenica en optica, genereren mogelijk minder directe werkgelegenheid en onmiddellijke toegevoegde waarde, maar dragen aanzienlijk meer bij aan kennisoverdrachten en productinnovaties. Dit maakt hen ook cruciaal voor het langetermijnpotentieel van de valorisatiestrategie en de bredere economische impact van ET.

Vergelijking alternatieve impactmetingen Einsteintelecoop

De impactstudie van Ortelius naar ET sluit bovendien aan bij eerdere studies, uitgevoerd door Italiaanse onderzoekers (Atzeni, Biagi, Deidda, & Vargiu, 2020), die de impact in Sardinië berekenden, en door het onderzoeksbureau

Technopolis (Technopolis Group, 2018), in opdracht van de Nederlandse regering. Om een vergelijking tussen deze drie studies mogelijk te maken, worden hieronder de belangrijkste methodologische verschillen toegelicht, alvorens de gerapporteerde multiplicatoren met elkaar worden vergeleken.

In de studie van Technopolis werd geen econometrisch model opgesteld om de kosten van het project te koppelen aan de specifieke nationale economie. In plaats daarvan werd gebruik gemaakt van rapporteringen over de toegevoegde waarde van andere Big Science-projecten. Deze resultaten, vaak gebaseerd op ex-post gemeten toegevoegde waarde, werden geëxtrapoleerd op basis van de totale kostprijs van ET. Een belangrijk punt hierbij is dat Technopolis geen productiemultiplicator rapporteerde. De toegevoegde waarde multiplicator, zoals die door Ortelius wordt erkend, is gebaseerd op een niet nader gespecificeerde formule voor de berekening van de 'totale winsten' door de auteurs. Hierdoor is een rechtstreekse vergelijking tussen de multiplicatoren beperkt.

Vergelijking andere impactstudies ET

TABEL 6 |

	(ATZENI, BIAGI, DEIDDA, & VARGIU, 2020) INCL. GEÏNDUCEERD	(ATZENI, BIAGI, DEIDDA, & VARGIU, 2020) EXCL. GEÏNDUCEERD	TECHNOPOLIS GROUP, 2018	ECONOPOLIS
Multiplicator productie	3,56	1,0	/	2,03
Multiplicator toegevoegde waarde	1,3	0,36	1,55	0,65
Multiplicator tewerkstelling	23,86	6,54	8	4,96

In de Italiaanse studie werd wel gebruikgemaakt van een econometrisch model, maar er zijn drie belangrijke verschillen met de methode van Ortelius:

- **1. NACE-classificering:** De technologie-componenten werden toegewezen aan sectoren volgens een andere NACE-classificering dan die in de Ortelius-studie wordt gehanteerd.
- **2. Nationale versus regionale focus:** De Italiaanse studie maakte gebruik van nationale input-outputtabellen, omdat de analyse voor heel Italië werd uitgevoerd. Ortelius baseerde zich daarentegen op regionale input-outputtabellen om de impact specifiek voor Vlaanderen te meten. Hierdoor wordt de export van goederen naar andere Belgische regio's niet meegeteld, aangezien deze buiten de Vlaamse economie vallen, maar wel binnen de Belgische economie blijven.
- **3. Geïnduceerde effecten:** In de Italiaanse studie werden geïnduceerde effecten geschat op basis van een generieke 'inductiemultiplier', die werd toegepast op de hele Italiaanse economie. Bij Ortelius wordt gebruikgemaakt

van een eigen consumptiemodel om deze effecten nauwkeuriger te schatten. Bovendien worden in de Italiaanse studie sommige indirecte effecten ook tot de geïnduceerde effecten gerekend, wat leidt tot een mogelijke overschatting van de geïnduceerde effecten.

In **TABEL 6** wordt een vergelijking tussen de drie studies weergegeven, waar mogelijk. Om een eerlijke vergelijking tussen de Ortelius-studie en de studie van Atzeni et al. te maken, werden de geïnduceerde effecten uit de Italiaanse multiplicatoren gehaald en apart gerapporteerd. Hierdoor komen de resultaten dichterbij elkaar, maar het valt het desalniettemin op dat de multiplicatoren in de Ortelius-studie over het algemeen lager zijn. Dit verschil kan voornamelijk worden verklaard door:

- Het gebruik van regionale in plaats van nationale input-outputtabellen, waardoor de Belgische impact buiten beschouwing wordt gelaten.
- Het gebruik van een eigen consumptiemodel, dat minder geneigd is tot overschatting van geïnduceerde effecten in vergelijking met traditionele IO-analyses.

SPILLOVEREFFECTEN

Spillovereffecten verwijzen naar de nieuwe economische meerwaarde die ontstaat als gevolg van investeringen in een project zoals ET en reiken verder dan de directe economische impact. Waar een klassieke Input-Output analyse zich richt op de directe uitgaven en economische activiteit die voortvloeien uit de bouw en exploitatie van een project, beschrijven spillover-effecten de bredere impact op het regionale en nationale economische ecosysteem. Dit omvat de ontwikkeling van nieuwe producten, diensten en intellectueel eigendom, die op hun beurt leiden tot nieuwe bedrijvigheid en economische groei. Deze effecten kunnen zowel optreden binnen bestaande bedrijven die hun activiteiten aanpassen of uitbreiden, als bij nieuw opgerichte bedrijven die inspelen op de kansen die door ET worden gecreëerd. Spillovereffecten illustreren hoe investeringen in een project zoals ET een katalysator kunnen zijn voor innovatie en economische dynamiek op lange termijn.

De eerste belangrijke noodzaak voor het stimuleren van deze spillovereffecten is het versterken van Europa's strategische autonomie in Key Enabling Technologies (KET's) (Europese Parlement Research Service, 2021). ET biedt een unieke kans om bij te dragen aan de ontwikkeling van cruciale technologieën zoals 'advanced manufacturing', 'advanced nanomaterials', 'micro-nano electronics & photonics', 'artificial intelligence' en 'security & connectivity technologies'. Deze technologieën vormen de bouwstenen voor toekomstige industriële en technologische toepassingen en zijn essentieel om Europa competitief en autonoom te houden. In een geopolitieke context, waarin technologische dominantie door de VS en China steeds prominenter wordt, is het cruciaal om in deze strategische domeinen te investeren. ET biedt niet alleen directe voordelen door technologische vooruitgang, maar ook een breder economisch voordeel door het versterken van Europa's technologische positie.

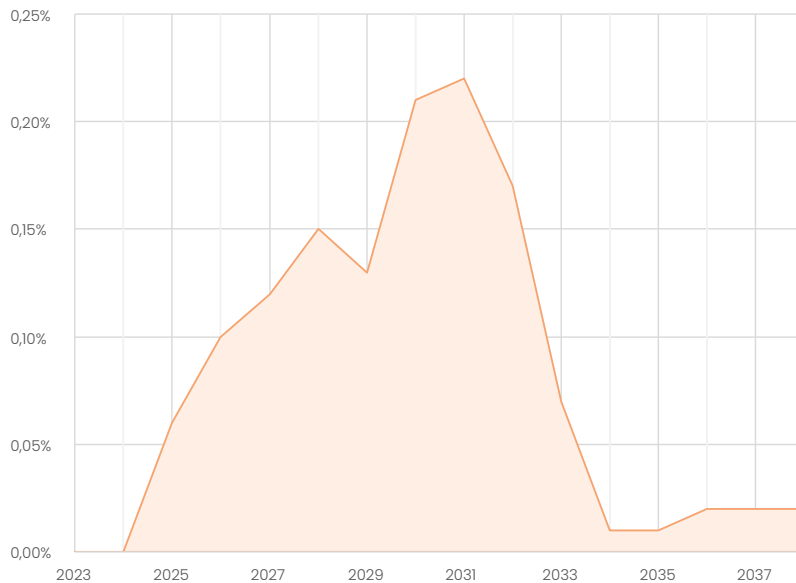
Daarnaast speelt de investering in ET een sleutelrol in het aanpakken van de stagnatie van productiviteitsgroei binnen Europa, zoals ook benadrukt in het Draghi-rapport over Europese competitiviteit (Draghi, 2021). Door te investeren in fundamenteel onderzoek en technologische ontwikkeling, kan ET een impuls geven aan de productiviteit, die essentieel is om economische groei te ondersteunen in een context van krimpende beroepsbevolking en

stijgende maatschappelijke kosten. Productiviteitsgroei is van vitaal belang om uitdagingen zoals vergrijzing en klimaatverandering het hoofd te bieden. De combinatie van strategische autonomie en verhoogde productiviteit versterkt niet alleen het economisch weefsel, maar biedt ook een duurzame basis voor economische en sociale vooruitgang in Europa.

De investering in ET als R&D-uitgave

Een investering in ET kan binnen een bredere context beschouwd worden als een positieve schok van Vlaamse publieke R&D-uitgaven en dient zo als basis voor de analyse van spillovereffecten. De impact van een dergelijke investering strekt dus verder dan de directe economische voordelen uit de IO-analyse. Door de geplande investering in ET wordt een belangrijke impuls gegeven aan de innovatiecapaciteit van Vlaanderen, wat leidt tot nieuwe economische meerwaarde in de vorm van technologische ontwikkelingen, nieuwe bedrijvigheid en een versterking van het regionale innovatie-ecosysteem. Voor de analyse van deze spillovereffecten is gebruikgemaakt van een model gebaseerd op de publicatie van Fieldhouse & Mertens (2023), dat zich richt op de effecten van publieke R&D-investeringen. Dit model drukt een additionele investering in R&D uit als een percentage van de bestaande publieke R&D-kapitaalvoorraad, zodat de impact kan worden gemeten ten opzichte van de economie. Voor Vlaanderen is daarom eerst de bestaande publieke R&D-kapitaalvoorraad geschat, gebaseerd op GERD (Gross Domestic Expenditure on R&D) en GBARD (Government Budget Allocations for R&D) data uit de databanken van Eurostat en Belspo. Deze kapitaalvoorraad kan worden gezien als de verzamelde publieke investeringen in onderzoek en ontwikkeling die over de jaren heen zijn opgebouwd. Het vormt de referentie om de investering in ET uit te drukken als een proportionele schok.

Op basis van het investeringsplan van ET werd geschat dat 20% van de totale investering in ET kan worden beschouwd als directe R&D-uitgaven, terwijl de overige 80% hoofdzakelijk infrastructuurkosten omvat die geen directe impact op R&D hebben. Deze R&D-investering, gespreid over de bouw- en exploitatieperiode, vertegenwoordigt bovendien een significante schok van meer dan 1% van de jaarlijkse publieke R&D-uitgaven van Vlaanderen gedurende de piekjaren van het project. Dit betekent dat de investering in ET als een belangrijke impuls kan worden gezien in de context van de bestaande kapitaalvoorraad



Figuur 35 Investering in ET in proportie tot het Vlaamse R&D-kapitaal.

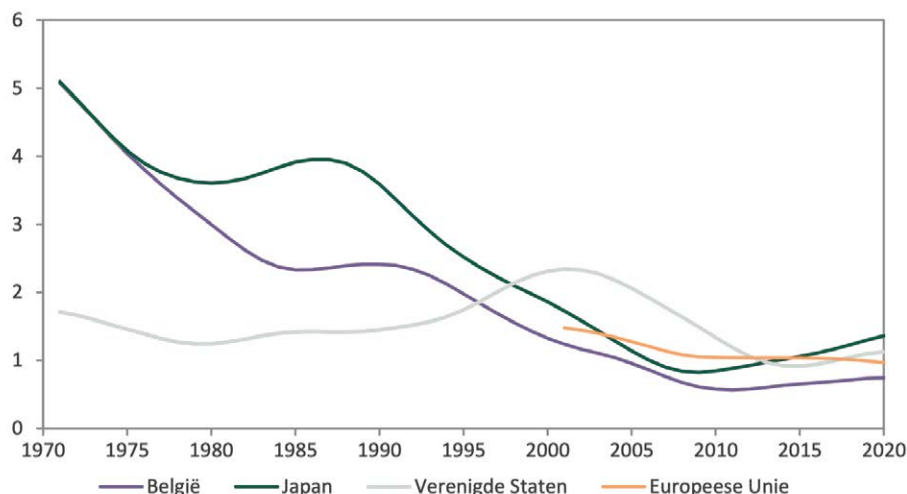
en haar vermogen om economische en technologische vooruitgang te ondersteunen. Om de omvang van de kapitaalvoorraad beter te duiden: deze representeert alle publieke middelen die Vlaanderen in het verleden in onderzoek en ontwikkeling heeft geïnvesteerd. Dit omvat bijvoorbeeld budgetten voor universitaire onderzoeksprogramma's, publieke onderzoeksinstituten en subsidies aan bedrijven voor technologische innovatie. **FIGUUR 35** visualiseert de investering in ET als een positieve schok in het reeds opgebouwde Vlaamse R&D-kapitaal. Het is deze proportionele schok op de R&D-kapitaalvoorraad die dan als vertrekpunt wordt gebruikt om de spillovereffecten in termen van innovatie en economische groei verder te kwantificeren.

Verwachte productiviteitsgroei als gevolg van ET

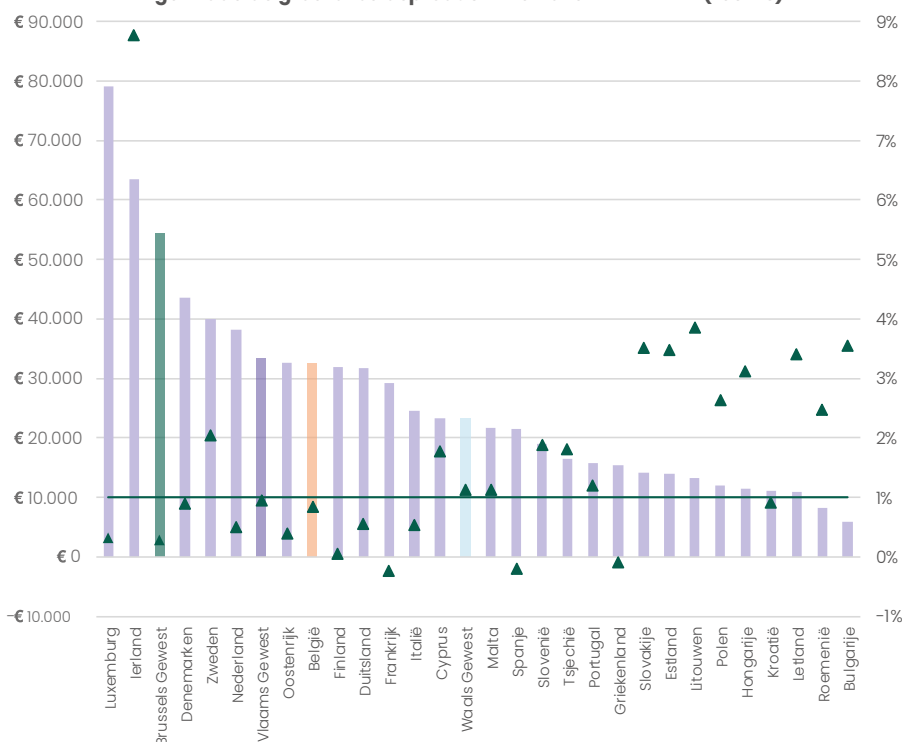
Productiviteit, de efficiëntie waarmee middelen worden omgezet in output, vormt de ruggraat van economische vooruitgang en maatschappelijke welvaart. Het is een indicator voor de waarde van goederen en diensten die per eenheid input, zoals arbeid of kapitaal, wordt geproduceerd. Een hogere productiviteit betekent meer output met dezelfde middelen, wat leidt tot welvaartsgroei, meer competitiviteit en een versterking van essentiële voorzieningen zoals de sociale zekerheid. Voor Vlaanderen is dit van cruciaal belang om structurele uitdagingen, zoals de vergrijzing, op te vangen.

Het is echter belangrijk om het onderscheid te maken tussen productiviteit en productiviteitsgroei. Waar productiviteit een momentopname is van hoeveel een regio of land per uur of per eenheid produceert, meet productiviteitsgroei hoe deze efficiëntie in de loop van de tijd verandert. Deze groei bepaalt de langetermijnvermogens van een economie om het bruto binnenlands product (BBP) te verhogen zonder extra middelen te verbruiken. Een stagnatie in productiviteitsgroei beperkt de mogelijkheden om de totale economische productie op te schalen, wat directe gevolgen heeft voor de welvaart en overheidsfinanciën. De dalende productiviteitsgroei in Vlaanderen, die sinds de jaren 1970 zichtbaar is, weerspiegelt een bredere trend in ontwikkelde economieën. In de jaren 1970 bedroeg de gemiddelde jaarlijkse productiviteitsgroei nog 4,5%. Dit was een periode waarin landen zoals België konden profiteren van technologische inhaalbewegingen, bijvoorbeeld door technologie uit de Verenigde Staten te integreren. Met het einde van deze inhaalfase is de technologische grens de nieuwe uitdaging geworden. Sinds 2000 ligt de gemiddelde productiviteitsgroei op slechts 0,8%, met een verdere vertraging na de financieel-economische crisis van 2008. Deze neerwaartse trend, zoals weergegeven in **FIGUUR 36**, illustreert dat dit fenomeen niet beperkt is tot België, maar zich voordoet in alle ontwikkelde economieën die niet langer profiteren van 'catching-up'.

FIGUUR 36 Gemiddelde jaarlijkse nationale productiviteitsgroei.
Bron: (NRP, 2023)



Arbeidsproductiviteit in 2021 in toegevoegde waarde per uur (links) & gemiddelde groei arbeidsproductiviteit over 2017 - 2021 (rechts)



FIGUUR 37 Productiviteit en productiviteitsgroei in de EU.
Bron: (ECOOM, 2024)

Binnen Europa scoort Vlaanderen, samen met zijn gewesten, nog steeds hoog op het gebied van arbeidsproductiviteit per uur, zoals blijkt uit **FIGUUR 37**. Toch blijft de gemiddelde jaarlijkse productiviteitsgroei van minder dan 1% een punt van zorg. Dit contrasteert scherp met landen zoals Zweden, die ondanks een hoge productiviteit erin slagen om verdere groei te realiseren, en Ierland, waar de dienstensector mede door fiscaal beleid een sterke productiviteitsstijging laat zien. Regio's met een lagere productiviteit, vaak in opkomende economieën, vertonen een veel hogere groei, wat wijst op lopende inhaalbewegingen. Vlaanderen moet daarentegen inzetten op innovatie en technologie om een nieuwe productiviteitsgolf te ontketen.

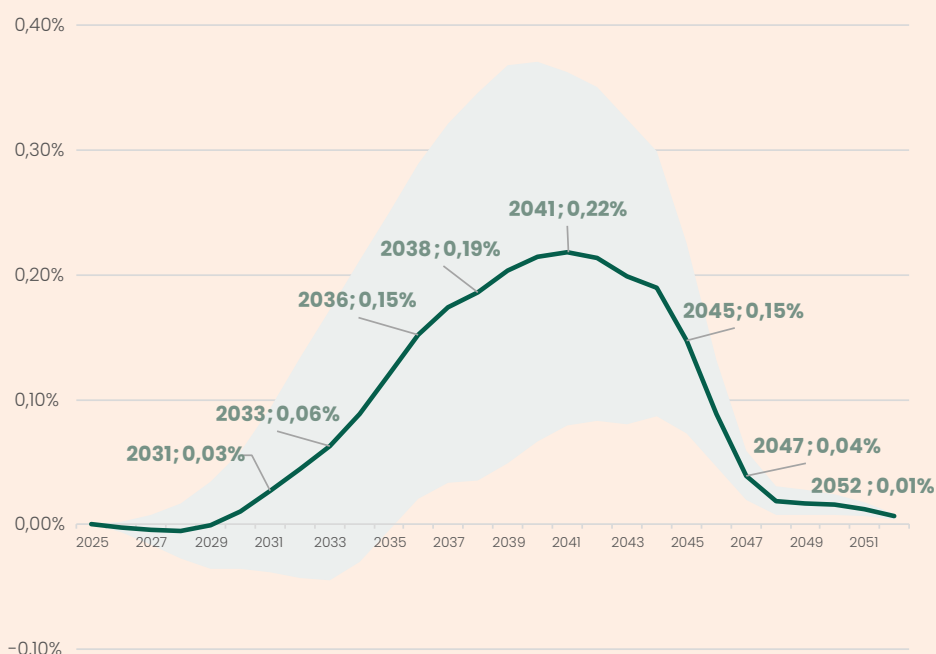
Dat productiviteit een terugkerend thema is in het economisch beleid van Vlaanderen, wordt bevestigd door de voortdurende aandacht van diverse instellingen en studies. Zo wijdde VARIO heel recent een uitgebreid rapport aan manieren om de productiviteitsgroei opnieuw aan te wakkeren (VARIO, 2024). De Nationale Raad voor Productiviteit (NRP) monitort structureel de evolutie van productiviteitscijfers en levert inzichten om beleidskeuzes te onderbouwen (NRP, 2023). Daarnaast biedt ECOOM waardevolle vergelijkingen tussen Vlaamse sectoren en internationale peers (ECOOM, 2024), waarmee knelpunten en opportuniteiten scherp in kaart worden gebracht. Deze inspanningen benadrukken hoe cruciaal het is om productiviteit systematisch te analyseren en te onderzoeken hoe structurele verbeteringen kunnen worden bereikt.

Om de verwachte groei van de arbeidsproductiviteit als gevolg van de investering in ET te schatten, werden de resultaten uit Fieldhouse & Mertens (2023) toegepast. Hierbij werd de impact van een additionele investering in R&D uitgedrukt als een proportionele schok op

de bestaande publieke R&D-kapitaalvoorraad. Dit model laat toe om de effecten van de ET-investering in verhouding tot de economie van Vlaanderen te analyseren.

De schatting toont aan dat de groei van de arbeidsproductiviteit het hoogst zal zijn in de periode 2036-2045, met een piek van 0,22% in 2041 (**FIGUUR 38**). Deze groei is significant, aangezien het gelijkstaat aan ongeveer een vijfde van de gemiddelde jaarlijkse productiviteitsgroei in Vlaanderen, die de laatste jaren onder de 1% ligt. Ter vergelijking: de VARIO adviseert een gemiddelde productiviteitsgroei van 1,2% per jaar om de economische uitdagingen van vergrijzing en stijgende maatschappelijke kosten het hoofd te bieden. Een jaarlijkse groei van slechts 0,9% leidt volgens VARIO tot extra kosten van 2,3% van het BBP, terwijl een productiviteitsgroei van 1,8% per jaar zou betekenen dat de vergrijzingskosten volledig worden gecompenseerd. De extra groei van 0,22% door ET kan daarom als een belangrijke bijdrage worden gezien aan het realiseren van deze doelstellingen.

FIGUUR 38
Verwachte groei van de arbeidsproductiviteit in Vlaanderen als gevolg van een investering in ET.



Om deze cijfers te concretiseren, kan de impact ook in euro's worden uitgedrukt. Met een gemiddelde arbeidsproductiviteit van circa €33.000 toegevoegde waarde per werknemer in Vlaanderen, vertaalt een stijging van 0,22% zich in een toename van €72,60 per werknemer per jaar. Bij een geschatte beroepsbevolking van ongeveer 2,5 miljoen werknemers betekent dit een jaarlijkse economische meerwaarde van ongeveer €180,7 miljoen tijdens de piekperiode. Het is belangrijk te benadrukken dat dit een illustratief voorbeeld is, bedoeld om de mogelijke economische impact te schetsen, en dat dit vereenvoudigingen bevat die niet alle economische nuances in rekening brengen. Desalniettemin toont dit de hefboom aan die een op het eerste zicht kleine verandering in productiviteitsgroei heeft op de totale welvaartcreatie.

Het profiel van de productiviteitsgroei toont aan dat de effecten pas op middellange termijn materialiseren, namelijk zeven tot acht jaar na de start van het project. Dit tijdsverloop weerspiegelt de lange doorlooptijd van fundamenteel onderzoek naar concrete toepassingen in bedrijven. Hoewel de groei na 2045 afneemt, blijven de productiviteitsniveaus verhoogd. Het is namelijk de productiviteitsgroei die afneemt, niet de productiviteit zelf.

Een investering in een innovatiecluster

De return in de vorm van spillover-effecten van een project als ET is echter niet gegarandeerd. De hoogte van de economische waarde hangt bijvoorbeeld sterk samen met de mate waarin het project is ingebed in een weefsel met een hoge R&D-productiviteit. In een regio met een sterke R&D-traditie, waarbij er een zekere aanwezigheid is van bedrijven die fundamenteel of experimenteel onderzoek kunnen omzetten in innovatieve producten, kan het rendement een stuk hoger zijn van een dergelijk project.

Vlaanderen noteert via de cluster Antwerpen-Brussel in de top 100 van meest innovatieve regio's, zoals blijkt uit de data van het World Intellectual Property Organization (WIPO). Deze positie weerspiegelt de sterke onderzoeks- en innovatiecapaciteit van de regio, die zich vertaalt in een hoge output aan wetenschappelijke publicaties en patentaanvragen. Het belang van deze toppositie kan niet genoeg benadrukt worden: het handhaven en versterken ervan vereist voortdurende investeringen in fundamenteel onderzoek en innovatie.

De WIPO-ranking toont dat Vlaanderen, samen met andere sterke innovatieclusters in de Euregio Maas-Rijn (EMR) zoals Eindhoven en Keulen, wereldwijd hoog scoort op criteria zoals het aantal patentaanvragen en wetenschappelijke publicaties per capita. Deze indicatoren zijn essentiële maatstaven voor de onderzoeksproductiviteit en de mate waarin kennis wordt omgezet in economisch waardevolle innovaties. Door de hoge concentratie aan kennisinstellingen en onderzoeksinfrastructuren in deze regio's is het potentieel voor spillovereffecten van ET bijzonder groot. Innovatieve regio's zoals deze halen een hoger rendement uit investeringen in fundamenteel onderzoek, omdat ze beschikken over de benodigde infrastructuur en het menselijke kapitaal om deze investeringen effectief om te zetten in economische meerwaarde.

Daarnaast profiteren veel Europese innovatieclusters van een hoge 'intensiteit', wat betekent dat ze een aanzienlijke innovatieve output per hoofd van de bevolking genereren. Deze hoge dichtheid aan innovatieactiviteit maakt deze regio's bijzonder geschikt voor het inplanten van onderzoeksinfrastructuur zoals ET. De nabijheid van andere topinstellingen en

WIPO-Rang	Cluster	Land	Patentaanvragen per capita	Wetenschappelijke publicaties per capita	Grootste technologiedomein patentaanvragen	Grootste technologiedomein wetenschappelijke publicaties
1	Tokyo-Yokohama		3,712	3,231	Computerwetenschappen	Chemie
3	Beijing		2,189	15,893	Digitale communicatie	Ingenieurswetenschappen
4	Seoul		2,542	532	Digitale communicatie	Chemie
7	Osaka-Kobe-Kyoto		2,435	3,341	Electronica	Chemie
8	Boston-Cambridge, MA		4,462	17,934	Farmaceutica	Klinische geneeskunde
12	Parijs		1,394	5,523	Transport	Fysica & Wiskunde
21	Londen		633	5,642	Consumentenproducten	Klinische geneeskunde
22	München		3,828	9,734	Transport	Technologie
26	Amsterdam-Rotterdam		614	7,451	Farmaceutica	Klinische geneeskunde
27	Keulen		731	3,463	Chemie	Chemie
29	Stuttgart		2,907	4,516	Electronica	Chemie
33	Singapore		688	4,701	Computerwetenschappen	Ingenieurswetenschappen
42	Eindhoven		7,536	5,011	Medtech	Ingenieurswetenschappen
45	Berlijn		814	6,993	Medtech	Chemie
50	Zürich		1,979	12,378	Medtech	Technologie
53	Brussel-Antwerpen		712	6,444	Farmaceutica	Klinische geneeskunde
54	Toronto, ON		630	6,397	Computerwetenschappen	Klinische geneeskunde
64	Heidelberg-Mannheim		1,968	6,716	Chemie	Klinische geneeskunde
66	Cambridge		6,379	35	Computerwetenschappen	Technologie
78	Oxford		2,806	32,312	Biotech	Technologie
92	Lyon		1,108	6,446	Chemie	Chemie
96	Basel		2,588	7,521	Farmaceutica	Klinische geneeskunde

Created with Datawrapper

FIGUUR 39
Belangrijkste wereldwijde innovatieclusters.
Data: WIPO

innovatieve bedrijven verhoogt namelijk de kans op succesvolle kennisoverdracht en samenwerking. Dit is van cruciaal belang voor het maximaliseren van de spillovereffecten van een project zoals ET, omdat de aanwezigheid van een innovatieve omgeving rondom het project de snelheid en schaal van kennisdeling kan vergroten.

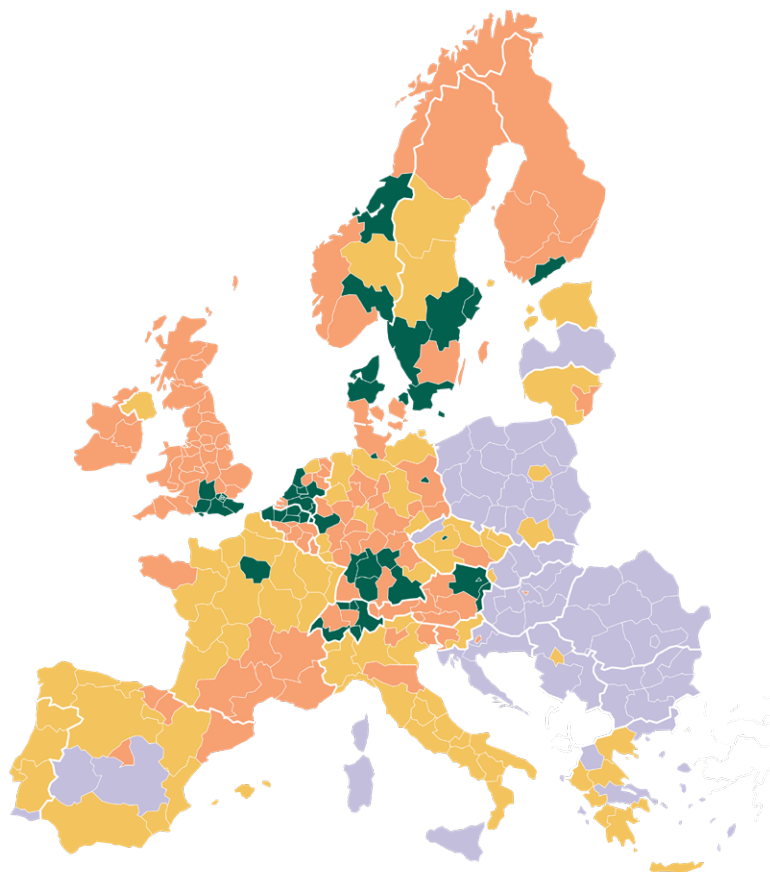
Bovendien is de medische sector één van de breedst vertegenwoordigde technologiedomeinen die bijdraagt aan innovatie binnen deze clusters, zoals blijkt uit **FIGUUR 39**. Dit is bijzonder relevant voor ET, gezien de potentiële toepassingen van

de technologieën die voor het project worden ontwikkeld in de medische sector (zie verder bij de bespreking van de serendipiteiten). De sterke aanwezigheid van medische onderzoeksinstellingen en bedrijven in de regio kan de kans vergroten dat dergelijke technologieën snel worden overgenomen en toegepast in de medische sector, wat de bredere economische en maatschappelijke impact van ET verder kan vergroten. Organisaties als MEDVIA, Health Campus, Bioville, Flanders Bio, VIB, etc. zijn relevant in deze context.

De European Innovation Scoreboard, die breder kijkt dan de patentaanvragen en wetenschappelijke publicaties maar ook peilt naar de innovatiekracht van ondernemingen, classificeert Vlaanderen bovendien als een 'innovation leader', samen met de omliggende regio's in Nederland en Duitsland. Dit betekent dat Vlaanderen zich bevindt in de hoogste categorie van Europese regio's wat betreft innovatieprestaties. Innovatieleiders kenmerken zich door een sterke focus op R&D-uitgaven, een hoog aantal wetenschappelijke publicaties en patenten, en een nauwe samenwerking tussen onderzoeksinstellingen en bedrijven. Deze factoren dragen bij aan een gunstig klimaat voor kennisoverdracht en technologische vooruitgang, wat de basis legt voor een hoge R&D-productiviteit en innovatieve output.

De nabijheid van andere innovatieve regio's binnen de EMR, zoals Noord-Brabant en Keulen (FIGUUR 41), versterkt het potentieel voor een verhoogde spillover-rendement van ET. Dit vergroot tenslotte de scope van industrieën waarin kennis kan omgezet worden in innovatieve producten, denk maar aan de biotech-cluster en chemiecluster in Vlaanderen, of Brainport in Eindhoven.

Emerging innovators Moderate innovators Strong innovators Innovation leaders

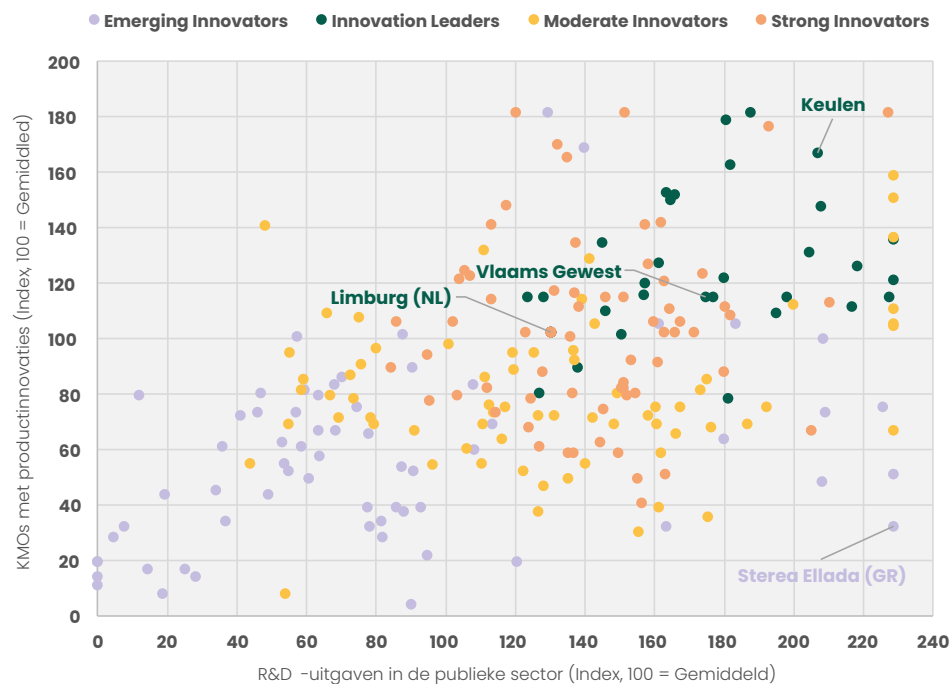


FIGUUR 40 Classificatie van innovatieve regio's in de EU. Bron: European Innovation Scoreboard.

De synergie tussen deze regio's creëert een kennisintensief ecosysteem dat aantrekkelijk is voor bedrijven en onderzoekers. Dit vergroot de kans dat de fundamentele wetenschappelijke ontdekkingen en technologische ontwikkelingen die voortkomen uit ET worden vertaald naar concrete economische toepassingen. Door te investeren in ET in een omgeving met een sterke innovatiecapaciteit, kan Vlaanderen niet alleen zijn eigen positie versterken, maar ook profiteren van de kruisbestuiving met andere topregio's.

Duitsland	Globale score innovatie-index	Tewerkstelling in kennisgedreven bedrijven	R&D-uitgaven in de privésector	Aantal internationale publicaties
Regio Keulen	142	114	96	274
Regio Düsseldorf	120	104	106	111
België	Globale score innovatie-index	Tewerkstelling in kennisgedreven bedrijven	R&D-uitgaven in de privésector	Aantal internationale publicaties
Vlaams Gewest	141	105	134	277
Waals gewest	123	93	145	141
Nederland	Globale score innovatie-index	Tewerkstelling in kennisgedreven bedrijven	R&D-uitgaven in de privésector	Aantal internationale publicaties
Noord-Brabant	141	125	107	154
Limburg	136	102	107	393

FIGUUR 41 Regionale vergelijking van innovatie-indices in de EU. Data: European Innovation Scoreboard.



FIGUUR 42 De innovatiekracht van KMO's (Index) in functie van de publieke R&D uitgaven (Index) bij Europese regio's. Bron: European Innovation Scoreboard.

Het belang van R&D-intensiteit

FIGUUR 42 illustreert de positieve correlatie tussen publieke investeringen in R&D en het aantal productinnovaties bij KMO's. De waarden op de x- en y-as zijn uitgedrukt als indices, waardoor de relatieve positionering van regio's belangrijker is dan de absolute cijfers. Regio's met hogere publieke R&D-uitgaven, zoals Vlaanderen, bevinden zich aan de rechterkant van de grafiek en tonen een hogere concentratie van innovatieve KMO's.

Dit patroon bevestigt dat publieke investeringen in R&D een cruciale hefboom zijn voor innovatie. Vlaanderen presteert sterk in vergelijking met andere Europese regio's, maar de grafiek maakt ook duidelijk dat er nog ruimte is voor verbetering. Regio's zoals Keulen slagen erin om een hoger rendement te halen uit hun publieke R&D-uitgaven, wat suggereert dat niet alleen de omvang van de investeringen, maar ook de efficiëntie van kennisoverdracht en samenwerking tussen publieke en private

sectoren bepalend is. Aan de andere kant toont een regio als Sterea Ellada dat hoge publieke uitgaven weinig effect hebben wanneer het kennissysteem errond onvoldoende ontwikkeld is.

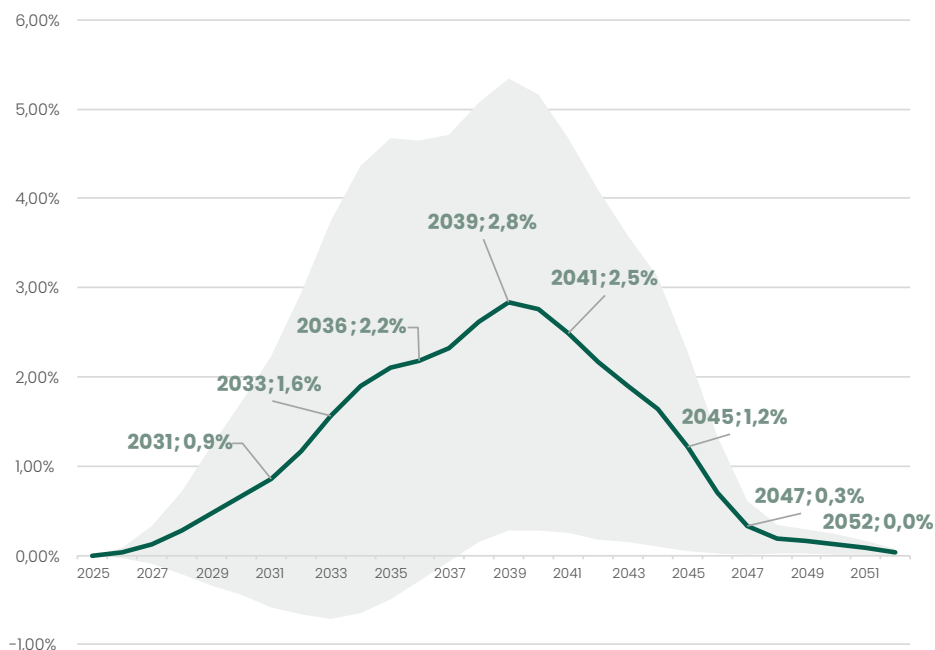
Heel concreet betekent dit dat Vlaanderen, ondanks haar sterke positie als innovatieleider, ook nog kan leren van regio's zoals Keulen. Door strategieën te ontwikkelen die de kennistransfer tussen onderzoeksinstituten en bedrijven verder verbeteren, kan Vlaanderen zijn rendement op publieke R&D-uitgaven verhogen. Dit maakt een investering in ET bijzonder strategisch: het project betekent een extra publieke R&D-uitgave, maar kan ook fungeren als een katalysator om de bestaande innovatiecapaciteit te versterken door de rendabiliteit van publieke R&D-uitgaven tegen het licht te houden.

Op Europees niveau is een investering in ET, in een regio met een reeds sterk ontwikkeld innovatiesysteem, zoals Vlaanderen, Noord-Brabant of Keulen, een grotere garantie op maximale economische meerwaarde en wetenschappelijke impact. De regio's beschikken immers over een hogere 'omzetfactor' van fundamenteel onderzoek naar productinnovaties. Elke euro die voor ET naar fundamenteel onderzoek gaat, zal zo naar verwachting een hoger rendement opleveren in de vorm van nieuwe technologieën, kennisontwikkeling en een versterking van de concurrentiekracht van KMO's.

Toename van het aantal patentaanvragen

Het aantal aanvragen voor bescherming van intellectueel eigendom, zoals patenten, is een belangrijke indicator voor de innovatiekracht van een onderneming en de bredere economie. Patenten beschermen niet alleen de intellectuele en technologische vooruitgang van bedrijven, maar stimuleren ook de economische waardecreatie. Ze bieden een concurrentievoordeel door innovaties exclusief te exploiteren en zorgen ervoor dat bedrijven meer investeren in R&D, omdat hun inspanningen en resultaten juridisch worden beschermd. Bovendien faciliteren patenten kennisdeling: de openbaarmaking van technologieën in patenten kan leiden tot verdere innovaties in de markt en stimuleert een gezond innovatie-ecosysteem.

FIGUUR 43
Verwachte groei van de Patent Innovatie Index in Vlaanderen als gevolg van een investering in ET.



Om de verwachte groei van het aantal patenten in Vlaanderen als gevolg van de investering in ET te schatten, werden opnieuw de resultaten uit Fieldhouse & Mertens (2023) toegepast, waarbij dezelfde positieve schok in het Vlaams R&D-kapitaal als input werd gehanteerd voor het model. Het model toont aan dat de Patent Innovatie Index, een maatstaf voor de jaarlijkse groei van nieuwe patenten, positief blijft gedurende de gehele bouw- en exploitatieperiode van ET. De piek wordt bereikt in 2039 met een groei van 2,8% (FIGUUR 43). In absolute cijfers waren er in 2022 1.800 patentaanvragen in Vlaanderen en in 2023 1.755. Een jaarlijkse groei van 2,8% betekent dus een bijkomende 49 aanvragen op basis van de 2023-cijfers. Deze groei is significant en wijst op een sterke toename in innovatieactiviteit als gevolg van de investering. Het is belangrijk op te merken dat de piek samenvalt met de periode vlak na de bouwfase, wat logisch is aangezien de R&D-inspanningen in deze fase vruchten beginnen af te werpen in de vorm van nieuwe technologieën en producten. Na 2039 neemt de groei af, omdat het cumulatieve effect van de jaarlijkse investeringen in R&D geleidelijk begint uit te doven na het laatste bouwjaar in 2038.

Technologietransfer verbonden aan ET

De ontwikkeling van technologieën binnen zwaartekrachtgolfobservatoria zoals LIGO en Virgo illustreert het principe van technologietransfer, waarbij kennis en innovaties uit fundamenteel onderzoek worden toegepast in andere sectoren. Een specifiek voorbeeld hiervan is de ontwikkeling van uiterst precieze mechanische actuatoren voor het positioneren van de spiegels in deze detectoren. Deze technologie heeft geleid tot de techniek 'nanokicking', waarbij stamcellen worden blootgesteld aan mechanische trillingen om hun ontwikkeling naar specifieke celtypen te bevorderen. Hoewel dit onderzoek nog in de beginfase verkeert, biedt het de potentie om nieuwe behandelingen te ontwikkelen voor medische aandoeningen zoals auto-immuunziekten. Dit is een schoolvoorbeeld van hoe technologieën die oorspronkelijk voor Big Science projecten zijn ontwikkeld, via technologietransfer toepassingen vinden in onverwachte domeinen, zoals de medische sector.

Zwaartekrachtgolfobservatoria zoals LIGO, Virgo en toekomstige observatoria zoals ET hebben dus het potentieel voor het creëren van technologietransfer op brede schaal, met toepassingen in uiteenlopende sectoren. Enkele prominente voorbeelden van sectoren waarin technologietransfers typisch verlopen, zijn:

- **Aerospace:** Technologieën ontwikkeld voor sensoren en precisie-instrumenten worden vaak toegepast in ruimtevaartprogramma's, bijvoorbeeld bij het ontwerpen van satellieten en navigatiesystemen.
- **Energie:** Innovaties in cryogene systemen en vacuüm-technologie, nodig voor detectoren, hebben directe toepassingen in de opslag en het transport van vloeibare waterstof of andere duurzame energiebronnen.
- **Medische sector:** Naast 'nanokicking' zijn geavanceerde optische technieken, zoals die gebruikt worden in detectoren, verder ontwikkeld tot medische beeldvormingstechnologieën, zoals geavanceerde endoscopie.
- **ICT en datawetenschappen:** De enorme hoeveelheden data die worden gegenereerd door ET vereisen innovatieve software en algoritmen, die later worden toegepast in sectorspecifieke dataverwerkingsplatforms, zoals in de financiële sector of logistieke optimalisatie.
- **Materialen en productie:** Geavanceerde materialen ontwikkeld voor detectorcomponenten, zoals hittebestendige of ultralichte materialen, vinden toepassingen in de automobiellindustrie en geavanceerde productieprocessen.

Deze voorbeelden tonen aan hoe ET kan fungeren als een krachtige motor voor innovatie, met brede economische en maatschappelijke spillovereffecten. Het succes van technologie-transfer hangt echter ook af van gerichte strategieën voor samenwerking tussen onderzoeksinstituten, industrie en overheden. Het verder versterken van deze samenwerking kan de impact van technologietransfer vanuit projecten zoals de Einstein Telescoop nog vergroten.

ECOSYSTEEMEFFECTEN

Ecosysteemeffecten vormen een belangrijk aspect van de impact van ET op Vlaanderen, omdat ze de langetermijnvoordelen en de structurele transformaties beschrijven die het project kan teweegbrengen. In tegenstelling tot directe economische voordelen en spillovereffecten, hebben ecosysteemeffecten betrekking op de duurzame veranderingen die plaatsvinden binnen de regionale economie en het bredere innovatie-ecosysteem, zelfs nadat het project zelf mogelijk niet meer operationeel is.

Competitiviteit

Door de aanwezigheid van ET kan Vlaanderen zich positioneren als een wereldspeler op het gebied van astrofysica en gerelateerde technologieën. Dit trekt niet alleen hoog-opgeleide wetenschappers en ingenieurs aan, maar kan ook de aandacht vestigen van hightechbedrijven die willen profiteren van de nabijheid van wetenschappelijk talent en geavanceerde infrastructuur. Op basis van een analyse van andere Big Science projecten, kan gesteld worden dat de aanwezigheid van ET aanleiding geeft tot de ontwikkeling van gespecialiseerde toeleveringsketens, waarin Vlaamse bedrijven geavanceerde componenten en diensten leveren die specifiek zijn afgestemd op de behoeften van het project. Dit versterkt de concurrentiepositie van de regio en kan een katalyserende werking hebben op de bredere economie, door kennis en technologieën die voor ET zijn ontwikkeld toe te passen in andere sectoren, zoals de productie-industrie, medische technologie en ICT.

Clustervorming

Een van de meest blijvende ecosysteemeffecten is de potentiële clustervorming rond ET. De aanwezigheid van een groot onderzoekscentrum creëert een aantrekkingskracht voor andere onderzoeksinstituten, bedrijven en startups die betrokken willen zijn bij de geavanceerde technologieën en kennisontwikkeling die in het kader van het project plaatsvinden. Dit leidt tot de vorming van een ecosysteem waarin samenwerking, kennisuitwisseling en innovatie centraal staan. De ontwikkeling van een hightech cluster rond ET kan ook samenwerking stimuleren met bestaande Vlaamse kennisinstellingen, zoals universiteiten en onderzoekscentra, en zorgen voor nieuwe initiatieven en gezamenlijke onderzoeksprojecten. De interactie tussen academische, publieke en private actoren kan zo de innovatiekracht van de regio versterken en leiden tot de oprichting van nieuwe bedrijven en spin-offs die hun oorsprong vinden in de technologieën en kennis die binnen ET zijn ontwikkeld.

Het belang van clustervorming is bijvoorbeeld duidelijk bij de vrij jonge offshore windcluster in België, die anno 2024 op wereldniveau speelt. Met een reeds sterk aanwezige maritieme knowhow, gecombineerd met overheidsstimulansen om op lokale bodem offshore wind te ontwikkelen, is België erin geslaagd zich op twee decennia tijd als wereldspeler te positioneren in deze groeisector. Het ecosysteem ontwikkelde zich vanuit twee ankerspelers (Belgische baggeraars) tot bedrijven die marktleider zijn geworden in het bouwen van onderstations voor offshore windparken (Smulders), ondernemingen in maritieme engineering die via innovaties de groei van offshore wind in België en Europa hebben gefaciliteerd, en nichebedrijven die zich richten op veiligheid, onderhoud, verificatie,

accreditatie en remote sensing. Het belang van financiële knowhow rond projectfinanciering bij Belgische banken, R&D door organisaties zoals Sirris, en een overheid die de initiële groei van deze markt heeft gestimuleerd, is van groot belang geweest voor de ontwikkeling van dit ecosysteem.

Een gelijkaardige narratief kan opgesteld worden voor Silicon Valley, een van de meest succesvolle technologieclusters ter wereld. Silicon Valley, gelegen in Californië, ontstond in de jaren vijftig en zestig door een combinatie van factoren. De regio werd een epicentrum van innovatie door de nabijheid van toonaangevende universiteiten zoals Stanford en UC Berkeley. Daarnaast speelde de overheid een cruciale rol in de beginfase van het ecosysteem door via defensie- en ruimtevaartprogramma's fors te investeren in technologie en R&D. Bedrijven zoals Fairchild Semiconductor, dat vaak wordt gezien als de bakermat van Silicon Valley, werden gesteund door publieke middelen en vormden de basis voor een netwerk van technologiebedrijven. Het succes van deze eerste ondernemingen leidde tot een golf van nieuwe bedrijven, spin-offs en startups, ondersteund door de opkomst van durfkapitaal als financieringsmodel. Silicon Valley is sindsdien uitgegroeid tot een ecosysteem dat gekenmerkt wordt door sterke samenwerkingsverbanden tussen bedrijven, universiteiten, en investeerders. De aanwezigheid van toonaangevende technologiebedrijven zoals Apple, Google en Tesla heeft geleid tot een continue stroom van innovaties en het aantrekken van talent uit de hele wereld. Het ecosysteem wordt verder versterkt door gespecialiseerde diensten zoals advocatenkantoren, consultancybedrijven en financiële instellingen die gericht zijn op de technologie-industrie. Dit geïntegreerde

netwerk vormt de basis voor een continue cyclus van innovatie en economische groei.

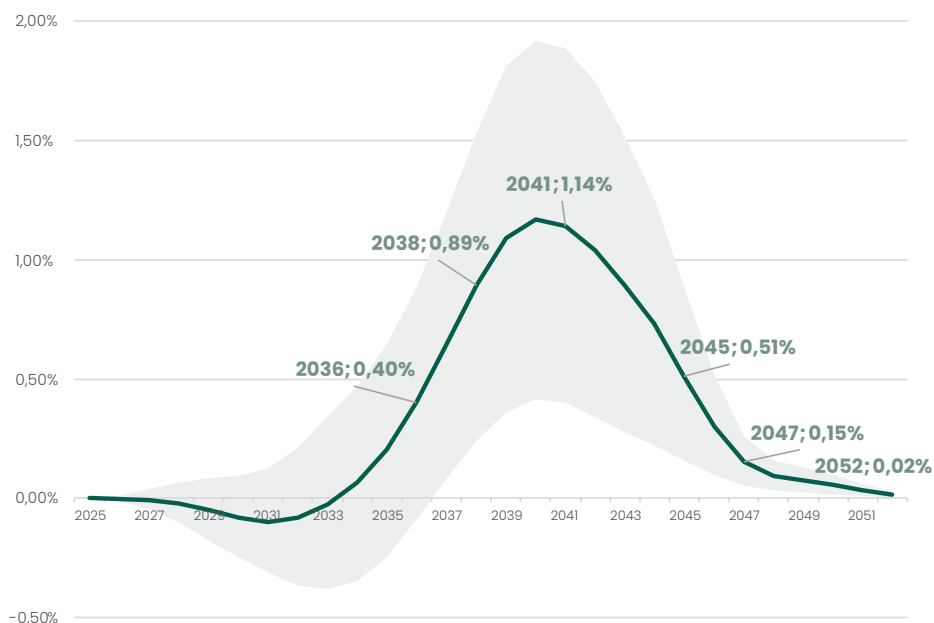
De parallellen met Silicon Valley illustreren hoe ET, met de juiste stimulansen en ondersteuning, kan bijdragen aan de vorming van een vergelijkbaar innovatie-ecosysteem in Vlaanderen. Door in te zetten op samenwerkingen tussen kennisinstellingen, bedrijven en overheden, kan een technologisch cluster rond ET een langdurige impact hebben op de regionale en internationale positie van Vlaanderen als innovatieregio.

STEM-onderwijs en talentontwikkeling

ET kan een blijvende impact hebben op het Vlaamse onderwijslandschap, met name op het gebied van STEM. De aanwezigheid van een internationaal gerenommeerd onderzoeksproject kan jonge mensen inspireren om een carrière in wetenschap en techniek na te streven. Door samenwerkingsverbanden met universiteiten en hogescholen kan ET bijdragen aan de ontwikkeling van gespecialiseerde opleidingen en onderzoeksprogramma's die studenten voorbereiden op een loopbaan in geavanceerde technologieën. Summer schools, stageprogramma's en betrokkenheid van ET-wetenschappers bij het onderwijs kunnen ervoor zorgen dat Vlaanderen een aantrekkelijke regio wordt voor STEM-studenten.

De investering in ET heeft ook een meetbaar effect op het aantal STEM-doctorandi in Vlaanderen. Uit het model van Fieldhouse & Mertens (2023) blijkt dat de positieve schok in het R&D-kapitaal van Vlaanderen resulteert in een stijging van het aantal STEM-doctorandi, met een piek van 1,14% in 2041 (**FIGUUR 44**). De stijging blijft ook in de jaren daarvoor en daarna significant positief, wat logisch is gezien de lange

FIGUUR 44
Groei in aantal STEM-doctorandi in Vlaanderen als gevolg van een investering in ET.



doorlooptijd van doctoraatsopleidingen. In absolute termen vertaalt een stijging van 1,14% zich naar ongeveer 8 extra STEM-doctorandi per jaar, uitgaande van de 2022-cijfers waarin 2300 doctoraatstitels werden uitgereikt, waarvan circa 32% (736 doctorandi) in STEM-opleidingen.

Wat betreft de concrete economische impact van meer STEM-doctorandi, kunnen harde kwantitatieve parameters moeilijk direct worden gekoppeld. Het belang van STEM voor economische groei en transitie wordt echter bevestigd door beleidsmakers en diverse economische experts. In de STEM-Agenda 2030 (VARIO, 2021) benadrukt VARIO het cruciale belang van STEM-competenties voor de Vlaamse welvaart en het aanpakken van uitdagingen zoals de energietransitie en digitale transformatie. Vlaanderen kent al een structureel tekort aan STEM-profielen, en de verwachting is dat dit tekort zonder interventies verder zal oplopen. Het VARIO-advies pleit voor het verhogen van het aandeel STEM-afgestudeerden naar 30% tegen 2030 om deze transitie te ondersteunen en de kenniseconomie te beschermen. Het stimuleren van extra instroom en doorstroom in STEM via projecten zoals ET sluit naadloos aan bij deze

doelstellingen. Het positieve effect op STEM-doctorandi en de bredere kenniseconomie onderstreept het belang van ET als katalysator voor langetermijnontwikkeling. Deze zachte economische effecten, zoals het inspireren van jong talent en het versterken van de kennisindustrie, vormen een essentieel onderdeel van de bijdrage van ET aan de Vlaamse economie.

Innovatiecapaciteit en ondernemerschap

De aanwezigheid van ET kan een cultuur van innovatie en ondernemerschap stimuleren in de regio. Onderzoekscentra zoals ET trekken vaak een breed scala aan innovatieve geesten aan, wat leidt tot de oprichting van startups en spin-offs die voortkomen uit onderzoek en technologieën die voor ET zijn ontwikkeld. Dit effect kan worden versterkt door een nauwe samenwerking tussen ET en bestaande incubators en accelerators in Vlaanderen, zoals imec. Het imec.istart-programma specifiek fungeert er als een accelerator voor jonge startups en biedt hen financiering, begeleiding en toegang tot een breed netwerk van industrie-experts. Een voorbeeld van de werking binnen imec.istart is het BlueHealth Innovation Center, dat specifiek focust op

digitale gezondheidsoplossingen. Startups die voortkomen uit technologieën ontwikkeld voor ET kunnen hier profiteren van imec's infrastructuur en expertise, met name op het gebied van sensortechnologie, AI en medische toepassingen.

Naast imec zijn er andere initiatieven die een belangrijke rol kunnen spelen in de versterking van het ondernemerschap rond ET. The Beacon in Antwerpen, dat zich richt op Internet of Things en AI, biedt bijvoorbeeld een platform voor samenwerking tussen technologiebedrijven en onderzoeksinstituten. Een ander voorbeeld is Start it @KBC, een van de grootste startup-ecosystemen in België, dat startups in uiteenlopende sectoren ondersteunt met toegang tot netwerken, financiering en expertise. Door deze samenwerking met gevestigde incubators en accelerators kan ET niet alleen bijdragen aan een dynamische ondernemerscultuur, maar ook aan het versterken van de Vlaamse positie als innovatiehub. Het resultaat is een ecosysteem waarin kennis, technologie en ondernemerschap samenkomen, wat leidt tot een duurzame economische groei en een grotere internationale zichtbaarheid van de regio.

Toename van internationale samenwerkingen

ET kan fungeren als een platform voor internationale samenwerking, waarbij Vlaamse kennisinstellingen en bedrijven nauwer betrokken raken bij grensoverschrijdende onderzoeksprojecten en internationale consortia. Deze samenwerking biedt niet alleen wetenschappelijke voordelen, maar versterkt ook de toegang tot internationale kennis en markten. Economisch gezien kan dit leiden tot schaalvoordelen, bijvoorbeeld door gedeelde onderzoeksinspanningen en gezamenlijke

ontwikkelingskosten. Vlaamse bedrijven kunnen profiteren van toegang tot grotere markten en de mogelijkheid om hun innovatieve producten en diensten sneller en op grotere schaal te commercialiseren.

Daarnaast kan ET de integratie van Vlaanderen in het Europese en mondiale onderzoeksnetwerk versterken, wat cruciaal is in strategische sectoren zoals chiptechnologie en de energietransitie. Een voorbeeld hiervan is de potentiële samenwerking tussen België, Nederland en Duitsland, waarbij ET als katalysator kan dienen voor grensoverschrijdende projecten in deze domeinen. Door het bundelen van middelen en expertise kan de regio een concurrerende positie innemen op wereldniveau, met concrete economische voordelen zoals een verhoogde export en meer buitenlandse investeringen.

Verbeterde infrastructuur en regionale ontwikkeling

De ontwikkeling van een groot onderzoeksproject zoals ET vereist vaak substantiële investeringen in lokale infrastructuur, zoals wegen, openbaar vervoer en digitale netwerken. Hoewel deze verbeteringen voornamelijk bedoeld zijn om het onderzoeksproject te ondersteunen, leveren ze ook blijvende voordelen op voor de regio. Door de mobiliteit en bereikbaarheid te verbeteren, kan de regio aantrekkelijker worden voor andere investeerders en bedrijven, wat indirect bijdraagt aan een bredere economische ontwikkeling en een hogere levenskwaliteit in de omliggende gebieden. Dit effect moet echter gezien worden als een gunstig neveneffect van de investering in ET, en niet als het primaire argument voor de realisatie ervan. Als regionale ontwikkeling het hoofddoel zou zijn, zijn er andere fondsen, zoals EFRO (Europees Fonds voor Regionale

Ontwikkeling), die meer geschikt zijn om dat doel te ondersteunen. Het potentieel van ET om bij te dragen aan de innovatiecapaciteit in Vlaanderen sluit echter wel goed aan bij de bredere regionale ontwikkelingsdoelstellingen van Vlaanderen (en Wallonië).

Versterking van de maatschappelijke betrokkenheid bij wetenschap en technologie

Door het creëren van bewustzijn en interesse in wetenschap en technologie kan ET een bredere maatschappelijke betrokkenheid stimuleren. Wetenschapscommunicatie-initiatieven, zoals open dagen, lezingen en educatieve programma's, kunnen de algemene wetenschappelijke geletterdheid in de regio verhogen. Dit leidt tot een samenleving die meer openstaat voor innovatie en nieuwe technologieën, wat op lange termijn gunstig is voor de acceptatie en implementatie van wetenschappelijke ontwikkelingen. Dit wordt bevestigd in het onderzoek van Fieldhouse & Mertens (2023), waarbij een positieve toename van het R&D-kapitaal leidt tot een significante toename van het aantal gepubliceerde technologieboeken.

Aantrekken talent en beperking van de brain drain

Door hooggekwalificeerde wetenschappers en ingenieurs aan te trekken en te behouden, kan ET bijdragen aan het beperken van de brain drain uit Vlaanderen. Dit kan de regio helpen om toptalent te behouden dat anders mogelijk naar het buitenland zou vertrekken. Verder kan een sterk wetenschappelijk ecosysteem dat uitdagende carrière mogelijkheden biedt, ook Vlamingen die in het buitenland werken aanmoedigen om terug te keren en bij te dragen aan het regionale kennis- en innovatiepotentieel. Sterker nog, het project

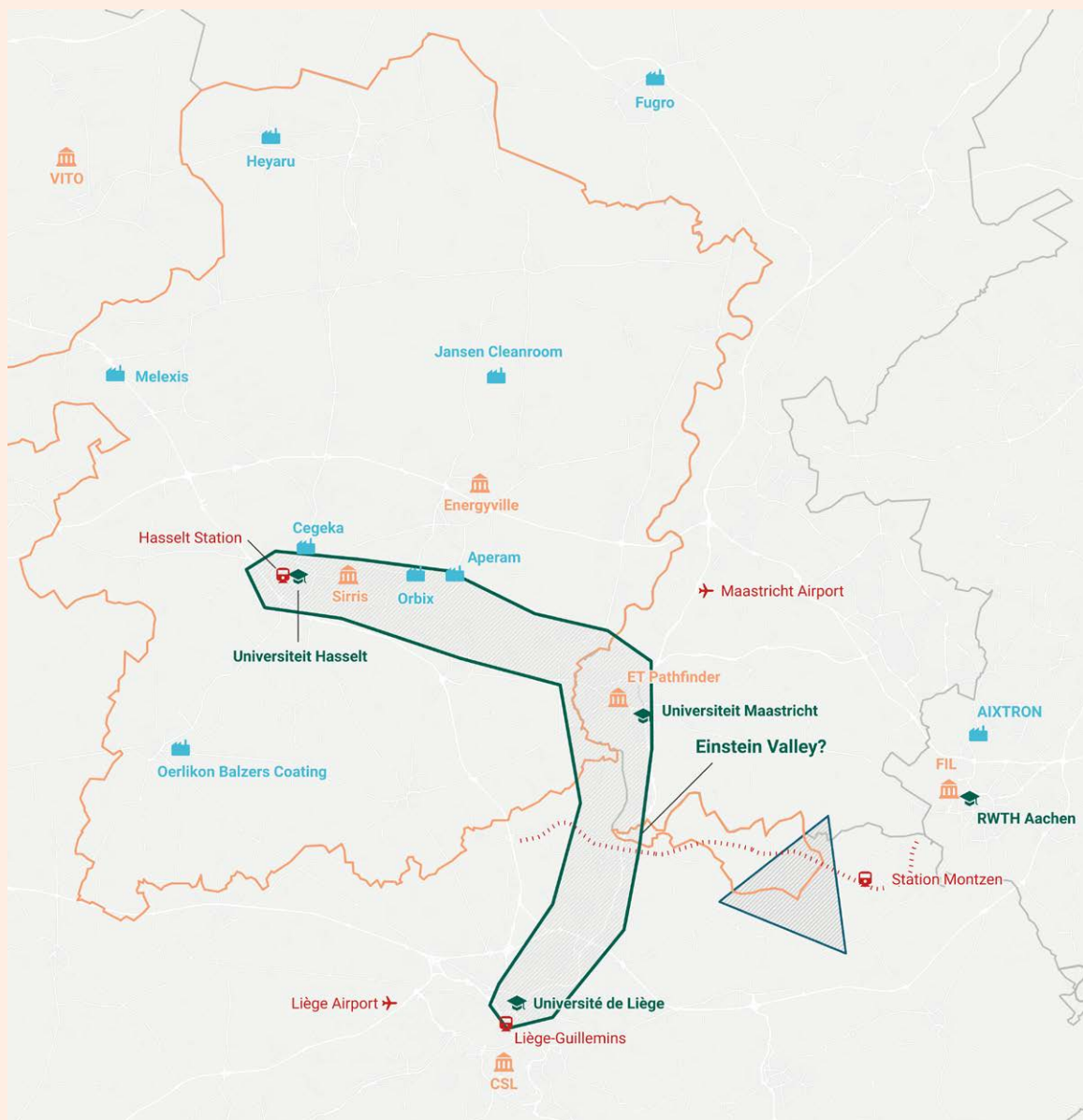
kan als een magneet werken voor buitenlands talent, dat zich permanent in onze regio zal vestigen. Bij ASML zien we bijvoorbeeld dat 8.800 van de 21.000 werknemers in Nederland (40%) uit het buitenland komt. De Silicon Valley Index 2022 gaf bijvoorbeeld aan dat bijna 75% van het personeelsbestand in Silicon Valley niet van de US is, of in het buitenland geboren werd (Joint Venture Silicon Valley, 2022).

De ontwikkeling van een "Einstein Valley" ecosysteem

De regio rondom de potentiële Einstein Valley, gelegen langs de assen Luik-Maastricht en Hasselt-Maastricht, biedt een unieke gelegenheid voor de ontwikkeling van een innovatief ecosysteem dat niet alleen het wetenschappelijke potentieel van ET benut, maar ook duurzame economische en maatschappelijke waarde creëert. De strategische ligging, goede infrastructuur en bestaande kennisinstellingen en bedrijven vormen de eerste kiemen voor een "Einstein cluster" die in de toekomst kan uitgroeien tot een hightech hub van wereldformaat.

Logistiek is de regio goed ontsloten.

De nabijheid van de snelwegen E25, E314 en E40 biedt directe verbindingen met belangrijke economische knooppunten in België, Nederland en Duitsland. Bovendien zorgt de Montzenlijn, een spoorlijn die van strategisch belang is voor vrachtvervoer, voor een uitstekende ontsluiting tijdens de infrastructuurfase van ET. Deze lijn kan een sleutelrol spelen in het efficiënte transport van bouwmaterialen en gespecialiseerde apparatuur naar de bouwplaats, wat de logistieke complexiteit van het project aanzienlijk kan verminderen. Daarnaast profiteert de regio van haar ligging in het hart van de vierhoek tussen Aken, Maastricht,



FIGUUR 45 Een ontluikend ecosysteem rond Einstein Valley.
Bron: Ortelius

Hasselt en Luik, vier steden die gezamenlijk een dynamisch kennis- en innovatienetwerk vormen. Dit maakt het gebied niet alleen aantrekkelijk voor bedrijven en onderzoeksinstituten, maar ook voor hoogopgeleide professionals die aangetrokken worden door het gevarieerde vestigingsklimaat en de levenskwaliteit in deze grensoverschrijdende regio.

De regio beschikt ook al over een **sterke basis aan wetenschappelijke en technologische instellingen** die nauw aansluiten bij de onderzoeks- en ontwikkelingsdoelstellingen van ET. Universiteiten zoals de Universiteit Maastricht, de Universiteit Hasselt, en de Universiteit Luik bieden een breed scala aan onderzoeksdisciplines die relevant zijn voor het project, variërend van natuurkunde en ingenieurswetenschappen tot data-analyse en materiaalwetenschappen. Daarnaast zijn er zelfstandige onderzoekscentra zoals het EnergyVille in Genk, dat zich richt

op duurzame energie en slimme steden, en het Sirris-centrum in Diepenbeek, dat bedrijven ondersteunt bij technologische innovaties. Deze instellingen vormen een solide kennisbasis en bieden ET de mogelijkheid om te profiteren van bestaande expertise en infrastructuur.

Ook vanuit **economisch oogpunt** biedt de regio potentieel voor de ontwikkeling van een robuust ecosysteem rondom ET. Er bevinden zich verschillende grote bedrijven in de omgeving die mogelijk een rol kunnen spelen als contractuele partners voor de bouw en exploitatie van de infrastructuur. Deze bedrijven kunnen bovendien een magneetfunctie vervullen voor een netwerk van KMO's die als toeleveranciers en ondersteunende dienstverleners kunnen opereren, wat een gezonde economische dynamiek creëert en het KMO-ecosysteem in de regio versterkt. Het gebied rond het geplande bezoekerscentrum van ET biedt voldoende ruimte voor de ontwikkeling van nieuwe bedrijventerreinen, waar startups en spin-offs zich kunnen vestigen. Door de aanwezigheid van deze ruimte kunnen er bedrijven en instellingen worden aangetrokken die zich specifiek richten op het valoriseren van de technologieën en kennis die binnen ET worden ontwikkeld. Hierdoor ontstaat er een ecosysteem dat niet alleen afhankelijk is van het ET-project zelf, maar ook een bredere economische basis creëert die bestand is tegen toekomstige veranderingen. Belangrijke regionale ontwikkelingsmaatschappijen zoals LRM en POM Limburg hebben bovendien de ervaring en de middelen om deze ontwikkelingen te ondersteunen. Ze hebben eerder bewezen brownfieldlocaties te kunnen herontwikkelen tot bloeiende industrieparken en innovatieve campussen. Deze expertise kan van onschatbare waarde zijn bij het realiseren van een

toekomstgericht en duurzaam ecosysteem rond ET. Daarnaast kan de betrokkenheid van deze instanties helpen bij het aantrekken van investeringen en het bevorderen van publiek-private samenwerkingen die cruciaal zijn voor het succes van het ecosysteem.

Hoewel de kiemen voor een innovatief ecosysteem rond ET duidelijk aanwezig zijn, is het belangrijk te onderkennen dat **gericht flankerend beleid** nodig is om het potentieel in het bijzonder voor het Vlaamse Gewest volledig te benutten. Het creëren van een aantrekkelijk vestigingsklimaat voor zowel bedrijven als hoogopgeleid talent vereist investeringen in infrastructuur, mobiliteit en huisvesting. Ontsluiting naar de specifieke projectsite zal moeten worden verbeterd, zodat niet alleen de initiële bouwfase, maar ook de operationele fase van ET vlot kan verlopen. Daarnaast is het van belang om de synergieën tussen de verschillende onderzoeksinstituten en bedrijven te stimuleren door gezamenlijke innovatieprogramma's, clustersamenwerkingen en het oprichten van incubatoren en accelerators. Bovendien leert een visuele analyse dat de as Luik-Maastricht in het bijzonder momenteel enkele structurele voordelen op het vlak van bereikbaarheid en infrastructuur. De nabijheid van de snelwegen E25 en E40 zorgt voor directe verbindingen met belangrijke economische knooppunten in België, Nederland en Duitsland. Daarnaast heeft de as Luik-Maastricht sterke verbindingen met andere universiteitssteden zoals Eindhoven, Leuven en Brussel, dankzij een snelle treinverbinding. De internationale aantrekkingskracht van de Universiteit Maastricht en de Universiteit Luik, beide met grote studentenaantallen en een ingenieursfaculteit, versterkt deze regio als academisch en technologisch knooppunt.

Hoewel voor de as Hasselt-Maastricht eveneens een belangrijke rol is weggelegd binnen het ecosysteem, ondervindt deze enkele beperkingen die het potentieel op korte termijn kunnen inperken. De afwezigheid van een treinverbinding tussen Hasselt en Maastricht en een langere reistijd voor autoverkeer maken deze as namelijk minder toegankelijk in vergelijking met Luik-Maastricht. Bovendien biedt de zone langs de Maas tussen Luik en Maastricht meer mogelijkheden voor brownfieldontwikkeling voor jonge bedrijven dan de regio langs het Albertkanaal, waar natuurgebieden en een gebrek aan directe aansluiting met een autosnelweg (E314) beperkingen opleveren. Dit benadrukt het belang van een gerichte strategie om de rol van Hasselt binnen het ecosysteem te versterken, bijvoorbeeld door in te zetten op betere infrastructuur en samenwerking tussen kennisinstellingen. De ontsluiting van Hasselt en de omliggende regio met andere grote universiteitssteden zoals Brussel en Leuven is momenteel vergelijkbaar met die van Luik, maar vereist verdere optimalisatie. De universiteit van Hasselt heeft een sterke onderzoeksbasis, maar mist de internationale bekendheid van Maastricht en Luik. Dit kan ertoe leiden dat de universiteit onderbenut wordt binnen het ecosysteem. Hoewel het uiteraard niet problematisch is als de as Luik-Maastricht iets dominanter wordt binnen het ecosysteem, gezien deze deels overlapt met het Vlaams Gewest, pakt het flankerend beleid deze aspecten best aan. Dit kan deels op Vlaams en deels op universitair niveau, zoals de promotie van strategische onderzoeksprogramma's of gezamenlijke projecten, om zo de positie van Hasselt als cruciale partner in de Einstein Valley verder te versterken.

NAAM	CATEGORIE	BESCHRIJVING KERNACTIVITEITEN
Universiteit Hasselt	Universiteit	Focus op biomedische wetenschappen en duurzaam mobiliteitsonderzoek.
Universiteit Maastricht	Universiteit	Focus op gezondheidszorg, biowetenschappen en internationaal recht.
Université de Liège	Universiteit	Focus op ruimtevaart, biowetenschappen en energieonderzoek.
RWTH Aachen	Universiteit	Focus op techniek, natuurwetenschappen en grensverleggend onderzoek naar hernieuwbare energie.
KU Leuven	Universiteit	Focus op technologie, geneeskunde en multidisciplinair onderzoek.
Fugro	Ingenieursdiensten	Wereldleider in geo-intelligence en geotechnisch advies voor infrastructuurprojecten.
Heyaru	Maakbedrijf	Gespecialiseerd in de productie van synthetische diamanten voor industriële toepassingen.
Jansen Cleanroom	Maakbedrijf	Ontwerpt en bouwt hightech cleanrooms voor diverse industrieën.
Melexis	Maakbedrijf	Ontwikkelt halfgeleiders voor de automotive industrie en sensortoepassingen.
Oerlikon Balzers Coating	Maakbedrijf	Gespecialiseerd in coatingoplossingen voor verhoogde duurzaamheid en prestaties van materialen.
Karl Hugo	Maakbedrijf	Ontwerpt en produceert op maat gemaakte industriële machines en mechanische systemen voor sectoren zoals staal, chemie en energie.
AMOS	Maakbedrijf	Ontwerpt en produceert hoogprecisie optische en mechanische systemen voor de (ruimtevaart)industrie en fijnmechanica.
Cegeka	IT-bedrijf	Leverd IT-oplossingen en digitale transformatie voor bedrijven in diverse sectoren.
Orbix	Maakbedrijf	Innovatief in duurzame toepassingen van restmaterialen uit de staalindustrie.
Aperam	Maakbedrijf	Wereldleider in de productie van roestvrij staal en speciale staalsoorten.
AIXTRON	Maakbedrijf	Fabrikant van apparatuur voor de productie van halfgeleiders en nanomaterialen.
VITO	Onderzoeksinstituut	Gespecialiseerd in duurzame energie, chemische technologie en milieukundig onderzoek.
Energyville	Onderzoeksinstituut	Richt zich op duurzame energie en slimme energienetwerken.
Sirris	Onderzoeksinstituut	Biedt technologische innovatie en ondersteuning aan de maakindustrie.
ET Pathfinder	Onderzoeksinstituut	Faciliteert onderzoek naar geavanceerde technologieën voor gravitatiegolvendetectoren.
FIL	Onderzoeksinstituut	Onderzoekt innovaties in de landbouw en levensmiddelentechnologie.
Centre Spatial de Liège (CSL)	Onderzoeksinstituut	Gespecialiseerd in ruimtevaarttechnologie en optische instrumenten voor satellieten.

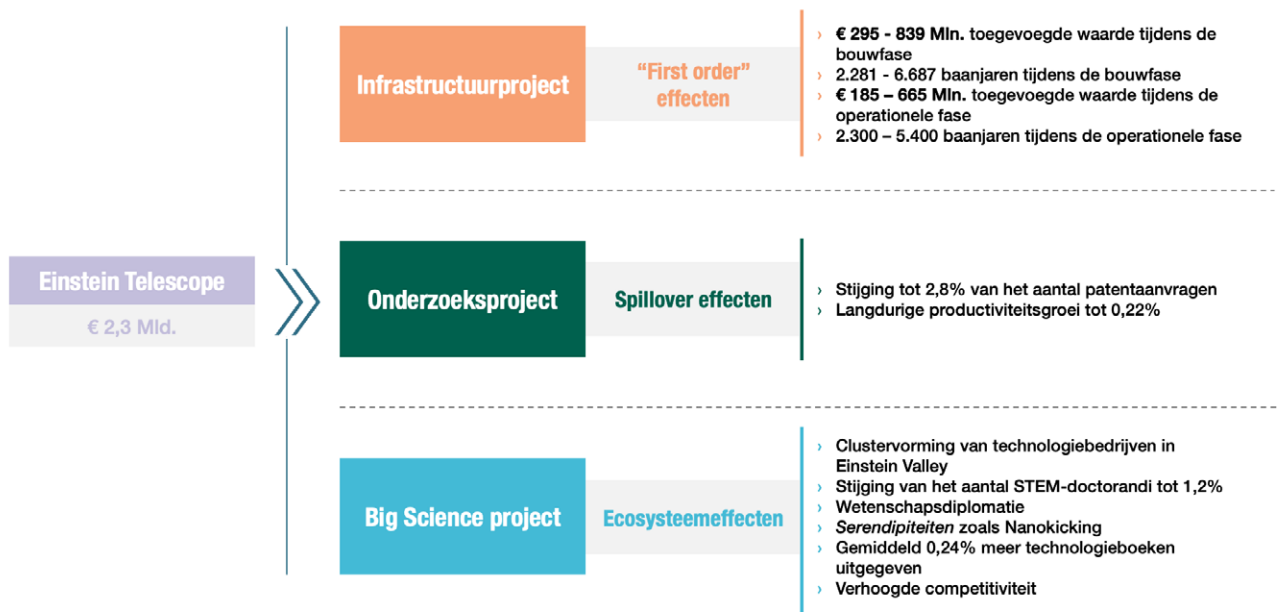
CONCLUSIE IMPACTMETING

De investering van €2,3 miljard in de Einstein Telescope heeft voor Vlaanderen een aanzienlijke socio-economische impact die zich manifesteert op verschillende niveaus. Deze impact werd onderverdeeld in drie categorieën: de “first order” effecten, de spillovereffecten en de ecosysteemeffecten.

Als **infrastructuurproject** genereert de Einstein Telescope first order effecten tijdens zowel de bouwfase als de operationele fase. Tijdens de bouwfase wordt een toegevoegde waarde van €295 tot €839 miljoen verwacht, samen met 2.281 tot 6.687 baanjaren. Gedurende de operationele fase, die een periode van 30 jaar omvat, wordt een cumulatieve toegevoegde waarde van €185 tot €665 miljoen gegenereerd, met 2.300 tot 5.400 extra baanjaren.

Daarnaast fungeert de Einstein Telescope als een **onderzoeksproject** dat aanzienlijke spillovereffecten creëert voor Vlaanderen. Er wordt een stijging van 2,8% verwacht in het aantal patentaanvragen, wat duidt op een toename van innovatie in de regio. Deze innovaties dragen bij aan een langetermijnproductiviteitsgroei van 0,22%, wat een blijvende meerwaarde genereert voor de Vlaamse economie. Technologietransfers, zoals de ontwikkeling van nieuwe technologieën als Nanokicking, dragen verder bij aan de diverse economische baten van het project.

Ten slotte heeft de Einstein Telescope als **Big Science project** diepe ecosysteemeffecten, die zich op langere termijn manifesteren. De clustering van technologiebedrijven in de regio, beter bekend als de Einstein Valley, stimuleert verdere economische groei. Bovendien leidt het project tot een stijging van het aantal STEM-doctorandi met 1,2% en verhoogt het het wetenschappelijk aanzien van het Vlaams gewest.



FIGUUR 46
Resultaten impactmeting

Samenvattend levert de investering in de Einstein Telescope een sterke, meerlagige economische impact voor Vlaanderen, met directe voordelen in termen van werkgelegenheid en toegevoegde waarde, en indirecte en langdurige voordelen via spillover- en ecosysteemeffecten die de competitiviteit van de regio op lange termijn verhogen.

EEN LANGETERMIJN- VISIE VOOR ET

Op basis van de impactanalyse die werd uitgevoerd wordt tot slot een langetermijnvisie voor Vlaanderen uitgewerkt die rekening houdt met de eerder besproken 'gelaagdheid' van de economische effecten. Voor elke laag van economische effecten kan de Vlaamse overheid namelijk een aantal begeleidende maatregelen nemen die de return van de effecten verhogen, waardoor het algemeen maatschappelijk rendement op de ET-investering toeneemt.

MAXIMALISEREN VAN DE FIRST-ORDER EFFECTEN

HET GARANDEREN VAN DE COMPETITIVITEIT BIJ DE AANBESTEDINGSPROCEDURE

Uit de IO-analyse blijkt dat de uitrol van een Vlaamse valorisatiestrategie, die bedrijven reeds voor aanvang van de bouwfase betreft bij de technische vereisten van de installatie, een significant upside potential biedt op vlak van creatie van toegevoegde waarde en tewerkstelling. Hoe meer bedrijven in Vlaanderen op de hoogte zijn van de tenders die worden uitgeschreven door ET, hoe hoger het aantal intekeningen op de opdracht, wat van nature resulteert in een hoger aandeel aan opdrachten dat wordt binnengehaald door Vlaamse bedrijven.

Een sterke Industrial Liason Officer

Een zeer belangrijke rol om bedrijven gedurende de levenstijd van het project te betrekken is weggelegd voor de Industrial Liaison Officer (ILO). Dit is een rol die bij veel andere BSPs ook bestaat. Deze persoon heeft als taak de link te vormen tussen de lokale industrie in de lidstaat en de aanbestedingen die op locatie worden uitgeschreven. De ILO brengt bedrijven op de hoogte van producten of diensten die door het BSP worden aanbesteed en in het gamma van lokale bedrijven te vinden is. Kenmerken van een daadkrachtige ILO-werking zijn voornamelijk:

- Continuïteit van de werking, zodat in het geval van functierotatie van de ILO er niet van nul gestart moet worden
- Een sterk netwerk in de lidstaat met de lokale industrie, zodat de noden van het BSP snel gekoppeld kunnen worden aan de technologie die door eigen bedrijven wordt aangeboden
- Een sterk netwerk op de locatie van de onderzoeksinfrastructuur, zodat proactief aan de slag kan worden gegaan met geplande aanbestedingen
- Een lage drempel om te participeren voor bedrijven die interesse tonen in het leveren van componenten of diensten aan de BSP

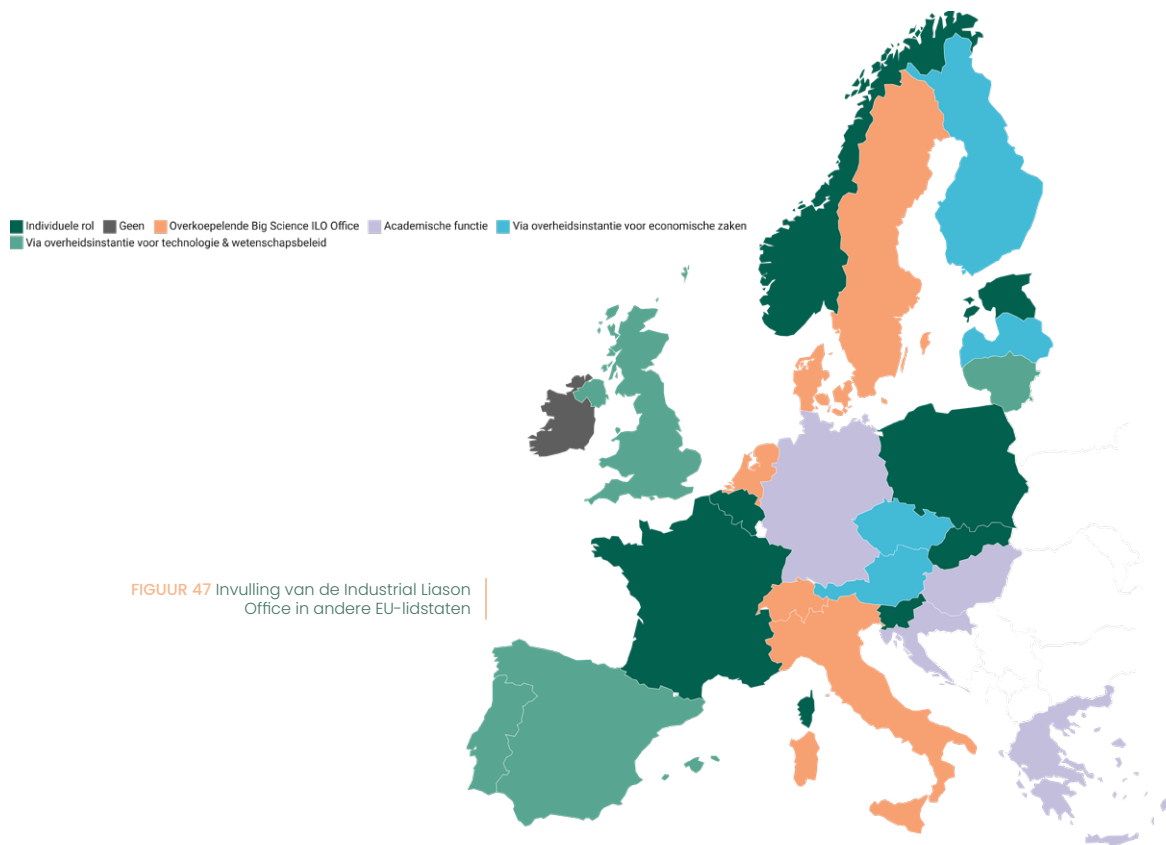
Een vergelijking van de aanpak van de ILO-rol over de grenzen heen leert dat deze bijzonder verschilt van land tot land (FIGUUR 47).

De volgende soorten van aanpak kunnen worden onderscheiden.

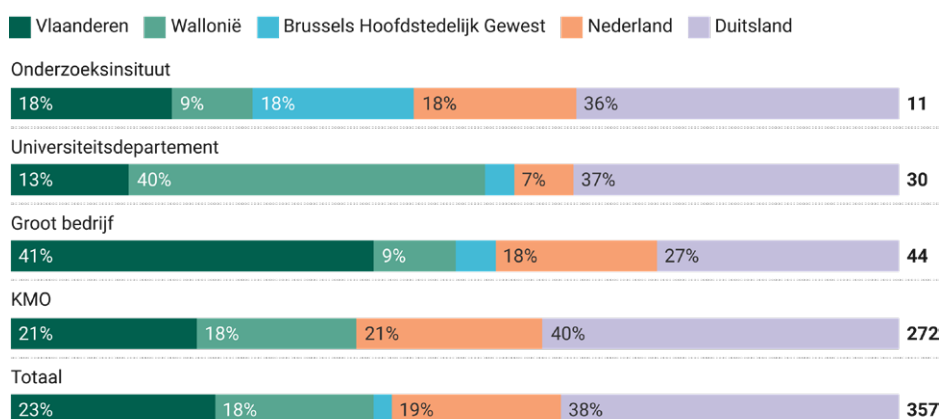
- Sommige landen opteren voor het opzetten van een dedicated ILO-office, dat de engagementen van het land overheen alle BSPs bundelt. De Swiss Industry Liaison Office, bijvoorbeeld, coördineert de betrokkenheid van alle Zwitserse bedrijven voor deelname aan alle BSPs waar het land lidstaat van is. Deze aanpak vertoont – gelet op het feit dat bedrijven geen vergoeding betalen om toegang te krijgen tot de informatie uit het ILO-netwerk – alle kenmerken van een succesvolle ILO-werking. Dankzij de overkoepelende werking voor alle BSPs profiteert de werking tot slot ook van een aantal schaalvoordelen, die het rendement op deze investering verhogen.
- In een aantal landen valt de ILO-rol op

de schouders van een individuele academicus die via de lidstaat nauw betrokken is bij de wetenschappelijke realisaties van het project. Dit heeft als voordeel dat de ILO in kwestie goede connecties heeft op de locatie van de BSP, dankzij de verankering in de wetenschappelijke gemeenschap. De connectie met de bedrijven in de lidstaat zijn echter minder gegarandeerd, aangezien dit een ander netwerk is. Ook de continuïteit van de werking is niet gegarandeerd, gezien bij een eventuele functierotatie van de persoon in kwestie een groot deel van de wetenschappelijke verankering wegvalt.

- Andere landen leggen de ILO-rol bij ministeries die bevoegd zijn voor wetenschapsbeleid of voor economische zaken. Op die manier wordt de continuïteit gegarandeerd en is er een sterkere connectie met de lokale industrie. Echter zijn deze ministeries vaak minder goed op de hoogte van het wetenschappelijk reilen en zeilen op locatie, waardoor het lokale academisch netwerk zwakker staat.
- Wat betreft Vlaanderen is de invulling van de ILO-rol op dit moment ambivalent. Voor projecten als CERN wordt vandaag beroep gedaan op een economisch attaché van Flanders Investment and Trade (FIT). Voor projecten als ESA en ITER, wordt de rol dan weer ingevuld via een Belgische sectorfederatie (Flanders Space, Agoria), die – tegen betaling van een vergoeding – geïnteresseerde bedrijven op de hoogte houdt van aanbestedingen uit deze projecten. In beide gevallen ontbreken dus een aantal cruciale kenmerken van een performante werking van de ILO-office.



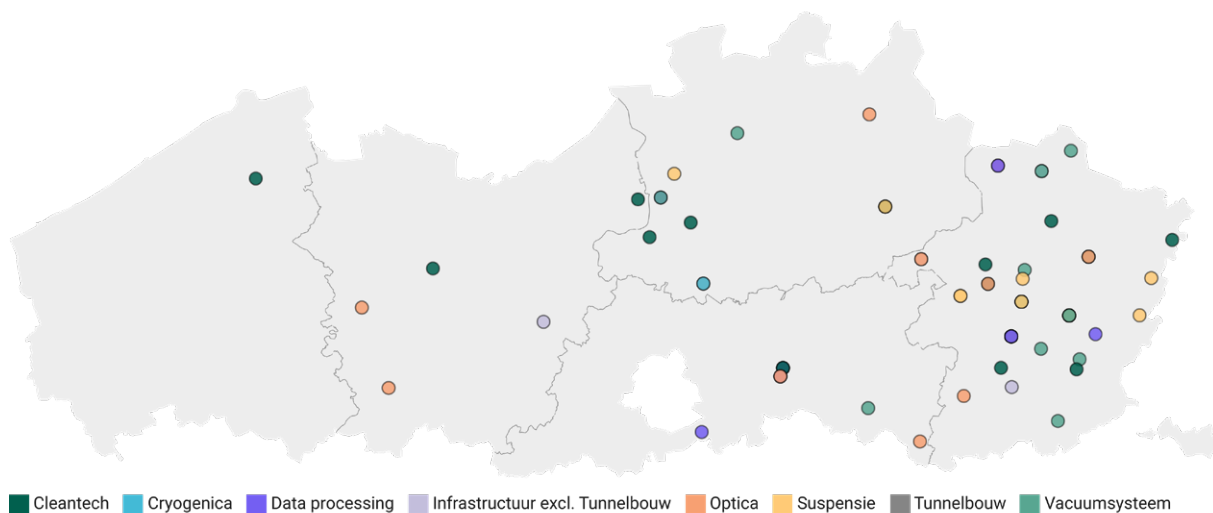
FIGUUR 47 Invulling van de Industrial Liaison Office in andere EU-lidstaten



FIGUUR 48 Aandeel Vlaamse bedrijven die een samenwerking aangingen binnen het ET2SME-project. Data: ET2SME

Een eerste advies luidt dus om de huidige ILO-werking tegen het licht te houden, waarbij idealiter de huidige ILO-werking overkoepelend wordt over alle participaties van België of Vlaanderen aan BSPs, de coördinatie wordt geïnstitutionaliseerd om continuïteit te garanderen, en specifiek wordt gezocht naar personen die een sterke Vlaamse en wetenschappelijke verankering kunnen garanderen.

Een dedicated ILO-office, zoals in Zwitserland, biedt dus waarde door een verlaagd continuïteitsrisico, economische schaalvoordelen doordat er bijvoorbeeld een grote overlap is van netwerken die onderhouden moeten worden voor de verschillende BSPs, synergieën tussen BSPs die anders moeilijker te identificeren waren, en een rationalisering van budgetten, doordat alle projecten onder één instituut vallen, wat de mogelijkheid biedt om alle zaken eenduidiger te vergelijken met elkaar (bv. financiële return).



FIGUUR 49 Vlaamse bedrijven die deelnamen aan het ET2SME project. Data: ET2SME

Een Vlaamse valorisatiestrategie

Ter aanvulling van de ILO-rol is het in de beginfase van het project aangewezen om de interesse en expertise voor het project bij Vlaamse bedrijven aan te wakkeren.

Een belangrijke stap die hierin reeds genomen werd is de deelname aan het ET2SMEs-project, een INTERREG-project dat in samenwerking met Nederland en Duitsland als doel had om de betrokkenheid van KMO's in de omgeving van de EMR-regio bij het ET-project te vergroten. Bedrijven die, in samenwerking met een ander bedrijf over de grens, een deelprobleem voor een voorbereidende analyse oplossen, kregen via het project een subsidie tot €50.000 toegewezen. Een belangrijke voorwaarde was de grensoverschrijdende samenwerking, waarbij dus expliciet met bedrijven uit een andere EMR-land diende te worden samengewerkt.

Gebaseerd op de resultaten van het INTERREG-project, die al een indicatie geven van de terreinen waarop Vlaamse bedrijven goed scoren, dient men nu verder te werken in de richting van een brede, Vlaamse valorisatiestrategie. Uit FIGUUR 49 blijkt immers dat er voorlopig nog sprake is van een onevenwichtige verdeling van de participerende bedrijven uit het ET2SMEs-project over de Vlaamse provincies heen. Dit valt voornamelijk te verklaren door de scope van het werkingsgebied dat beperkt was tot het Maas-Rijn gebied waar Limburg en regio Leuven enkel in aanmerking kwam. Het is dan ook van belang dat een Vlaamse overheidsinstantie de coördinatie van de strategie op zich neemt, waarbij het zich kan laten bijstaan door provinciale stakeholders om de juiste bedrijven te bereiken.

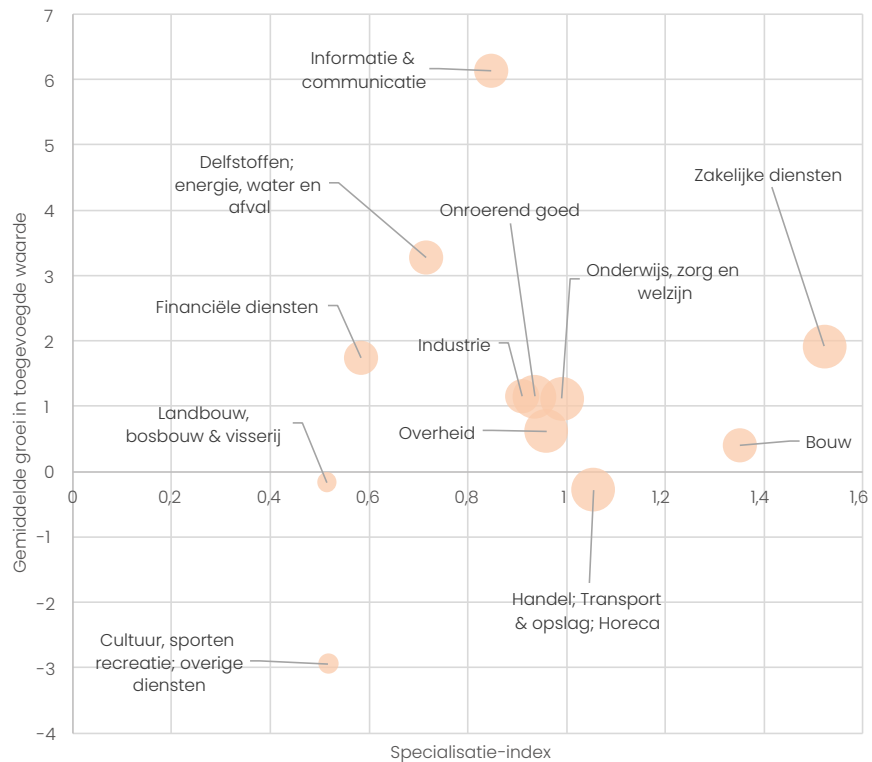
Deze strategie dient te voorzien in een innovatie- en mobiliseringsprogramma voor bedrijven op basis van een aantal strategische sectoren die van belang zijn bij de bouw en de werking van ET om deze sectoren competitief te krijgen voor de aanbestedingsfase. Hierbij kan over de landsgrenzen heen worden gekeken (zie kader), waar met hetzelfde doel reeds een valorisatieprogramma werd opgezet.

De Nederlandse valorisatiestrategie

Ter navolging van het ET2SME-project werd in Nederland reeds een valorisatieprogramma opgezet, dat gefinancierd wordt vanuit het Nationaal Groeifonds en gecoördineerd wordt door de regionale ontwikkelingsmaatschappij voor Limburg (LIOF). Hiervoor werd €12,085 Mln. vrijgemaakt. Het programma wordt uitgesplitst over de verschillende sectoren of technologiedomeinen die relevant zijn voor ET en door Nederland als prioritair worden beschouwd. De vijf technologiedomein in kwestie zijn het trillingsvrij koelen, vacuümtechnologie, trillingsdemping, optica en thermische deformaties. Per thema wordt een tijdsvenster opengesteld waarin een bedrijf of consortium van bedrijven een subsidieaanvraag kan indienen om onderzoek en ontwikkeling op het specifiek technologiedomein te ontwikkelen. Het doel van dit programma is finaal om Nederlandse bedrijven klaar te stomen om op de hoogtechnologische componenten van ET competitief in te tekenen.

Gezien de middelen voor een dergelijke valorisatiestrategie niet onbeperkt zijn, wordt best zo efficiënt mogelijk gewerkt. Die focus vertaalt zich in het onderscheiden van relevante technologiedomeinen, gelijkaardig aan de aanpak in Nederland, waar prioritair op wordt ingezet om het onderzoek en ontwikkeling in die domeinen te versnellen. Daarom wordt een eigen selectiemethodologie ontwikkeld als leidraad voor de valorisatiestrategie. De valorisatiestrategie dient zich in Vlaanderen best te focussen op sectoren die gecombineerd zo hoog mogelijk scoren op vier criteria:

- › **1. Een competitief voordeel ten opzichte van bedrijven uit andere regio's;** Vlaanderen is sterk gepositioneerd in een aantal sectoren, waardoor bij competitieve aanbestedingen dit de doorslaggevende factor kan worden. Dergelijke bedrijven vereisen immers minder overtuigingskracht om in te tekenen op de opdracht, en kunnen een kwalitatieve offerte indienen.
- › **2. De sectoren leveren bij voorkeur een zo hoog mogelijke graad van toegevoegde waarde** op aan de Vlaamse economie;
- › **3. De sectoren leveren bij voorkeur een zo hoog mogelijke hoeveelheid tewerkstelling per euro** die via ET zal worden aangewend in het domein.
- › **4. Het spilloverpotentieel** (m.a.w. de mate waarin de technologie aanleiding kan geven tot nieuwe producten, businessmodellen en startups in de economie) is bij voorkeur ook zo hoog mogelijk.



FIGUUR 50 Specialisatie-index en groei in toegevoegde waarde van verschillende Vlaamse sectoren. Bron: (ECOOM, 2024)

Om het competitieve voordeel en het spillover-potentieel van Vlaamse bedrijven ten opzichte van Europese sectoren te analyseren, is gebruik gemaakt van data uit een recent ECOOM-rapport aan het departement EWI (ECOOM, 2024). In dit rapport wordt de competitiviteit van verschillende Vlaamse sectoren vergeleken met Europese gemiddelden. De resultaten zijn weergegeven in **FIGUUR 50**, waarin zowel de score op de specialisatie-index als de gemiddelde groei in toegevoegde waarde op Europees niveau worden gevisualiseerd. De grootte van de cirkels in de figuur weerspiegelt de economische omvang van de sector binnen Vlaanderen.

De **specialisatie-index** wordt berekend door het marktaandeel van een Vlaamse sector te vergelijken met dat van dezelfde sector in Europa. Een specialisatie-index groter dan 1 wijst op een competitief voordeel: de sector is relatief sterker vertegenwoordigd in Vlaanderen

dan gemiddeld in Europa. Bijvoorbeeld, een Vlaamse sector met een marktaandeel van 10% ten opzichte van een Europees marktaandeel van 8% heeft een specialisatiegraad van 1,25. Daarentegen duidt een index kleiner dan 1 op een relatieve zwakte, waarbij de sector in Vlaanderen minder aanwezig is dan elders in Europa. In deze analyse wordt de specialisatie-index gebruikt als maatstaf voor het competitieve voordeel van Vlaamse bedrijven in het kader van ET.

De **gemiddelde groei in toegevoegde waarde** wordt beschouwd als een eerste indicatie van het spilloverpotentieel van een sector. Het uitgangspunt hierbij is dat sectoren met een hogere groei in toegevoegde waarde meer kansen bieden voor spillovers, zoals nieuwe producten, diensten of technologieën die voortvloeien uit een investering in ET omdat er in die groeimarkten actief naar innovatie wordt gezocht.

Uit de analyse blijkt dat Vlaanderen sterke specialisaties heeft in sectoren zoals bouw, transport en opslag van goederen, en zakelijke diensten. Deze sectoren hebben een specialisatie-index groter dan 1, wat wijst op een competitief voordeel. Aan de andere kant scoren sectoren zoals industrie en informatie & communicatie onder het Europese gemiddelde, met een specialisatie-index kleiner dan 1. Dit betekent dat deze sectoren in Vlaanderen minder sterk ontwikkeld zijn dan in andere Europese regio's, wat aandacht vereist bij het ontwikkelen van een strategie voor de valorisatie van ET. Interessante sectoren met een bovengemiddeld spilloverpotentieel zijn onder andere informatie & communicatie en de sectoren energie, water en afval. Deze sectoren hebben een hogere groei in toegevoegde waarde, wat erop wijst dat investeringen in technologieën die met ET verband houden een grotere kans hebben om economische voordelen te genereren binnen deze domeinen.

Wat betreft de technologieën van ET en hun overeenkomst met de sectorclassificaties in het ECOOM-rapport, werd een specifieke mapping gehanteerd (TABEL 6).

Uit de mapping van ET-technologieën naar de Vlaamse sectoren, op basis van het ECOOM-rapport (2024), blijkt dat Vlaamse bedrijven actief in de (tunnel)bouwsector het grootste competitieve voordeel genieten bij de aanbestedingen voor ET. Deze sector scoort aanzienlijk boven het Europese gemiddelde, wat betekent dat Vlaamse bedrijven relatief goed gepositioneerd zijn om deel te nemen aan de bouwgerelateerde onderdelen van het project. Voor technologische componenten van ET, zoals cryogenica, optica en vacuümsystemen, blijkt echter een lichte achterstand ten opzichte van het Europese gemiddelde. Hoewel deze resultaten de relatieve positie van Vlaanderen in kaart brengen, geven ze geen uitsluitsel over hoe Vlaamse bedrijven presteren ten opzichte van



Mapping ET-technologieën op ECOOM-sectorclassificatie

TABEL 6 |

ET-TECHNOLOGIE	ECOOM-CLASSIFICATIE
Cleantech	Energie, water en afval
Data processing	Informatie & communicatie
Suspensie	Industrie
Optica	Industrie
Infrastructuur excl. tunnelbouw	Bouw
Tunnelbouw	Bouw
Cryogenica	Industrie



Ranking spilloverpotentieel verschillende ET technologieën.

TABEL 7;
BRON: ORTELIUS ANALYSE

Domein	Innovatie	TRL Niveau	Impact	Groei toegevoegde waarde (ECOOM)
Cryogenica	Trillingsvrij koelen	6	Gemiddeld	Gemiddeld
Suspension	Trillingsdemping	6	Gemiddeld	Gemiddeld
Vacuumsysteem	Ondergrondse productielijn	5	Gemiddeld	Gemiddeld
Vacuumsysteem	Low-carbon staal	5	Hoog	Gemiddeld
Optica	High grade spiegels	5	Laag	Gemiddeld
Optica	Spiegelcoatings	3	Gemiddeld	Gemiddeld
Optica	Sensors	8	Gemiddeld	Gemiddeld
Optica	Lasers	6	Laag	Gemiddeld
Data processing	Geavanceerde algoritmes	5	Hoog	Hoog
Data processing	Quantum computing	2	Hoog	Hoog
Infrastructuur excl. Tunnelbouw	3D-modellering	8	Gemiddeld	Laag
Infrastructuur excl. Tunnelbouw	Geografische beeldvorming	9	Laag	Laag
Tunnelbouw	Tunnelbouw	9	Gemiddeld	Laag
Infrastructuur excl. Tunnelbouw	Grondwatertechnieken	9	Gemiddeld	Laag
Cleantech	Low-carbon cement	9	Hoog	Hoog
Cleantech	Duurzaam grondverzet	8	Hoog	Hoog
Cleantech	Klimaat- & energieneutraliteit	8	Hoog	Hoog
Cleantech	Logistiek	8	Hoog	Hoog
Cleantech	Onderhoud	4	Gemiddeld	Hoog
Cleantech	Decommissioning	4	Gemiddeld	Hoog

Nederlandse of Duitse bedrijven, die al dan niet een aanzienlijk aandeel van de aanbestedingen kunnen binnenhalen.

Om het spilloverpotentieel van ET-technologieën vollediger in kaart te brengen, werd de analyse aangevuld met twee aanvullende dimensies: het Technological Readiness Level (TRL) en een kwalitatieve inschatting van de bredere impact van de innovaties binnen elk technologiedomein. Het TRL beoordeelt hoe marktklaar een technologie is en geeft een indicatie van hoe snel een innovatie door bedrijven kan worden toegepast. Daarnaast werd een kwalitatieve

score toegekend aan de potentiële impact van innovaties op bredere sectoren. Bijvoorbeeld, een technologie die uitsluitend binnen een niche een probleem oplost, scoort lager dan een technologie met toepassingen in andere sectoren, zoals de financiële of medische sector. Deze kwalitatieve scores werden bepaald op basis van expertgesprekken met specialisten in de respectievelijke technologiedomeinen. De uiteindelijke totale score op spilloverpotentieel per ET-technologie is het resultaat van een gelijke weging van de drie dimensies: de groei in toegevoegde waarde, de TRL-score en de kwalitatieve impactscore (TABEL 7).

FIGUUR 51 Beslissingstabel
Vlaamse valorisatiestrategie.
Bron: Ortelius

Technologie	Toegevoegde waarde	Werkgelegenheid	Spilloverpotentieel	Competitiviteit bedrijven	Globale score
Cleantech					
Data processing					
Optica					
Infrastructuur excl. tunnelbouw					
Suspensie					
Vacuümsysteem					
Tunnelbouw					
Cryogenica					

Voor een verdere beoordeling van de economische bijdrage van ET-technologieën aan Vlaanderen werd ook gekeken naar de resultaten van de IO-analyse. Deze analyse bracht de multiplicatoren in kaart per technologiedomein, zoals weergegeven in **FIGUUR 32** en **FIGUUR 33**. Ter herinnering: deze multiplicatoren meten de **toegevoegde waarde en de tewerkstelling** die elke euro aan investeringen in een specifieke technologie genereert binnen Vlaanderen. Zoals eerder besproken in de resultaatbespreking van de IO-analyse, leveren technologieën die nauwer aansluiten bij de bouwsector hogere multiplicatoren op. Dit is in lijn met de eerder geïdentificeerde competitieve sterktes van Vlaanderen in deze sector.

De combinatie van deze vier factoren leidt tot een classificering van de verschillende technologiedomeinen die worden onderscheiden voor ET, weergegeven in **FIGUUR 51**.

Op basis van deze analyse kan een eerste onderscheid worden gemaakt met betrekking tot de technologiedomeinen die idealiter het speerpunt zijn van **de Vlaamse valorisatiestrategie**.

- De domeinen cleantech, (tunnel)bouw en dataprocessing vormen best de focus van de valorisatiestrategie. De sectoren hebben een hoog spilloverpotentieel (in het geval van Cleantech en Dataprocessing) en er is sprake van een competitief voordeel (of net op het Europees gemiddelde) op vlak van concurrentiekracht.
- Ten tweede kan dan ingezet worden op twee 'best of the rest' technologieën, die evenwel nog steeds sterk scoren op het competitief voordeel en een ook een zeker spilloverpotentieel vertonen. Dit zijn het vacuümsysteem enerzijds, aangezien er bij het ET2SMEs project bovendien reeds enkele succesvolle partnerschappen werden aangegaan met Vlaamse spelers om een ondergrondse quasi-continue productiefaciliteit voor het staal van de beampipes te produceren (CERN, 2023). De tweede technologie, de optica biedt ook specifieke spillovervoordelen en heeft een gemiddelde competitiviteit op Europees niveau.
- De technologiedomeinen Suspensie en Cryogenica zijn in het algemeen het meest 'kostelijk' om prioriteit aan te geven in de valorisatiestrategie, vermits er beperkte expertise voor bestaat in Vlaanderen, de multiplicators de laagste graad van werkgelegenheid en toegevoegde waarde aanwijzen er geen bijzondere specialisatie van Vlaamse bedrijven uit gaat.

DE KEUZE VOOR EEN OPTIMALE FINANCIERING

In-Kind Contributions (IKC)

Het In-Kind Contribution (IKC) systeem is een mechanisme waarbij deelnemende landen en private partners specifieke goederen, diensten of infrastructuur bijdragen in plaats van financiële middelen. Dit systeem werd afgelopen decennia reeds met succes toegepast bij diverse andere Europese BSPs, vooral voor de levering van hoogtechnologische componenten zoals gespecialiseerde apparatuur en bouwmaterialen. Ook voor ET kan het IKC-systeem een strategisch voordeel bieden.

Het IKC-systeem biedt twee belangrijke voordelen voor Vlaanderen. Ten eerste kan het helpen om de financiële druk op de overheidsbegroting te verlichten door een deel van de financiering te vervangen door niet-financiële bijdragen. Dit betekent dat Vlaanderen minder directe investeringen hoeft te doen, aangezien, bijvoorbeeld, partnerlanden of bedrijven kunnen bijdragen door de levering van specifieke technologieën of expertise. Hierdoor kan Vlaanderen zijn budgettaire ruimte optimaliseren voor andere noodzakelijke investeringen binnen het ET-project.

Ten tweede biedt het IKC-systeem Vlaanderen de mogelijkheid om buiten het reguliere aanbestedingsproces al vroegtijdig leveringen van belangrijke technologieën veilig te stellen. Dit is vooral relevant wanneer Vlaanderen bepaalde technologieën als strategisch belangrijk heeft geïdentificeerd en deze graag in het project wil integreren. Door dergelijke componenten als in-kind bijdrage te verkrijgen, kan Vlaanderen vooraf garanties krijgen dat deze technologieën ook daadwerkelijk in de ET worden ingezet, wat bijdraagt aan de positionering van Vlaanderen als technologisch speerpunt in Europa.

Daarnaast kan het IKC-systeem ook fungeren als diplomatiek instrument om de locatiekeuze voor de ET in de EMR te bevorderen. Een precedent hiervan is de ESS, waarbij Spanje afzag van zijn kandidatuur in ruil voor een grote IKC-bijdrage, waardoor de keuze uiteindelijk op Zweden viel. Voor Vlaanderen betekent dit dat een strategisch gebruik van in-kind contributions andere landen kan overtuigen om hun kandidatuur voor de locatie in te trekken, wat de kans vergroot dat de ET in de EMR wordt gerealiseerd.

De medaille heeft ook een keerzijde: door met IKC te werken kan de EMR-regio andere landen overtuigen om hun kandidatuur los te laten, in ruil voor het inbrengen van technologie. Dit betekent dat Vlaanderen de locatie van de telescoop naar hier trekt, maar allicht technologieën die elders ontwikkeld worden definitief misloopt. Het is daarom essentieel om een goed afgewogen strategie te ontwikkelen, waarbij Vlaanderen inzet op die technologieën en bijdragen die cruciaal zijn voor de positionering van het project én die niet gemakkelijk elders kunnen worden verworven.

Schuldfinanciering

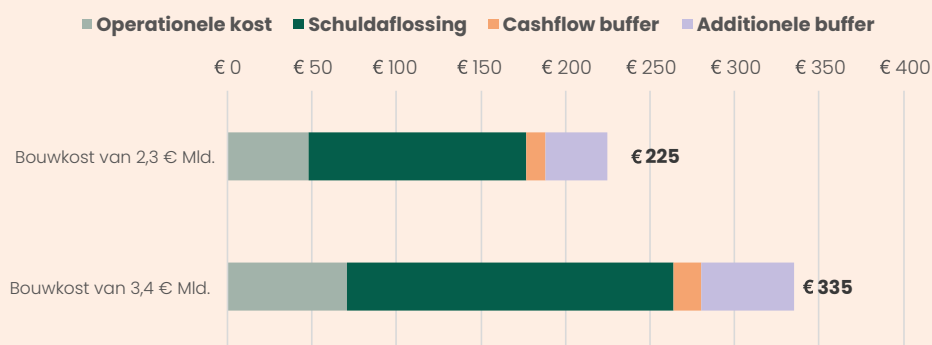
De investeringskost van ET lijkt met een bedrag van €2,3 miljard en jaarlijkse werkingskosten van €48 miljoen op het eerste zicht een aanzienlijke budgettaire onderneming. Bij deze absolute bedragen horen echter enkele kanttekeningen.

Ten eerste is het mogelijk om de totale investeringskosten te spreiden over ten minste drie gastlanden. Voor Vlaanderen betekent dit verder dat de financiële last niet enkel op het regionale budget impact heeft, maar dat ook de federale en Waalse niveaus een deel van de kosten voor hun rekening kunnen nemen. Dit decentraliseert

de financiële verantwoordelijkheid en maakt het project voor elk van de betrokken partijen haalbaarder. Bovendien is het de verwachting dat, na de bouwfase van de telescoop, landen die niet als gastland fungeren zich zullen aansluiten en een bijdrage zullen leveren aan de werkingskosten van de Einsteintelecoop. Dit zal niet alleen de financiële last voor de oorspronkelijke investeerders verlagen, maar ook de internationale samenwerking en betrokkenheid bij het project vergroten.

Een ander belangrijk aspect is dat de initiële investering van €2,3 miljard niet in één schijf wordt opgevraagd. Een groot deel van de kosten, mogelijk tot 80%, kan gefinancierd worden via schulden. Voor belangrijke spelers zoals de Europese Investeringsbank, die in het verleden al een groot deel van de Europese BSPs met schuld heeft gefinancierd, is dit een bedrag dat beheersbaar. Bovendien kadert dit project binnen de strategische pijlers die ze financiert. Dit betekent dat de hoge investeringskost over een periode van 20 tot 30 jaar uitgespreid kan worden, wat de jaarlijkse financiële druk aanzienlijk vermindert.

Om de financiële structuur verder te verduidelijken, werd een projectfinancieringsmodel opgesteld dat een scenario van schuldfinanciering simuleert. Het basisscenario gaat uit van een totale investering van €2,3 miljard. Hierbij wordt aangenomen dat de drie belangrijkste lidstaten – België, Nederland en Duitsland – samen 90% van de kosten dragen, terwijl de resterende 10% wordt gefinancierd door andere partnerlanden zoals Italië, het Verenigd Koninkrijk of Frankrijk. Van de totale infrastructuurkosten wordt 20% direct door de betrokken lidstaten gefinancierd, wat neerkomt op een directe bijdrage van €450 miljoen.



FIGUUR 52 Jaarlijkse bijdrage vereist van alle ET lidstaten tijdens de eerste 25 jaar.

De overige 80% wordt geleend via een lening met een looptijd van 25 jaar en een rentevoet van 5%. Naast de schuldaflissing omvatten de jaarlijkse kosten ook de operationele kosten van €48 miljoen per jaar. Banken eisen bovendien een buffer bovenop deze kosten. Deze buffer varieert afhankelijk van de risicobeoordeling tussen 10% (best-case scenario) en 30% (worst-case scenario). De buffer wordt bij het afsluiten van de lening vastgelegd en weerspiegelt het risicoprofiel van het project. Hoe langer de betrokken landen hun engagement formaliseren, hoe lager het risico voor financiers, wat een buffervereiste van 10% aannemelijk maakt.

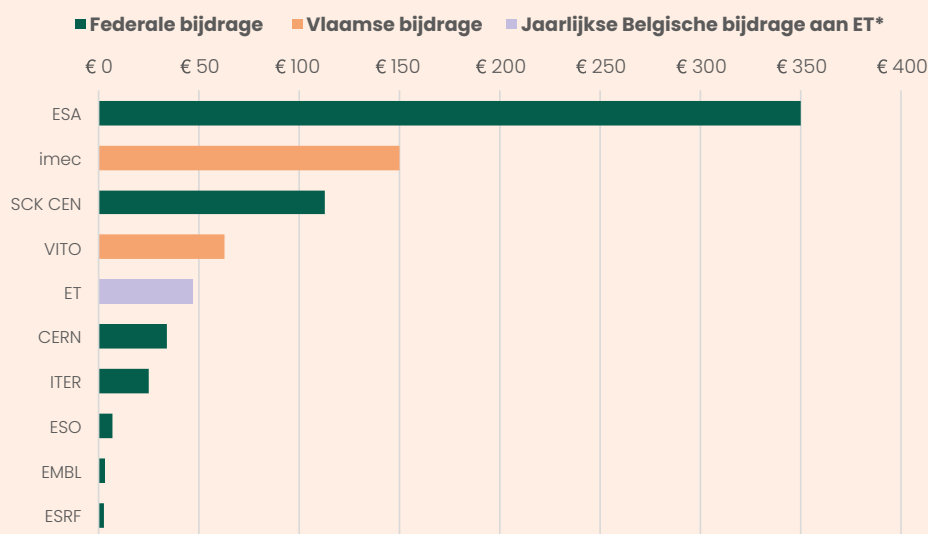
De resultaten van het model tonen aan dat de totale jaarlijkse bijdragen voor alle lidstaten in het basisscenario van €2,3 miljard variëren van €188 miljoen (met een buffer van 10%) tot €225 miljoen (met een buffer van 30%). In het scenario van een kostenstijging tot €3,4 miljard lopen deze bijdragen op tot €280 miljoen tot €335 miljoen, afhankelijk van de buffervereiste. Deze bedragen omvatten de operationele kosten, de schuldaflissing en de buffer, en worden in detail weergegeven in de bijgevoegde figuur. Door de lasten te spreiden over meerdere lidstaten en de kosten te decentraliseren naar federale en regionale overheden, blijft het project op

die manier financieel haalbaar. Bovendien sluit het financieringsmodel naadloos aan bij de strategische prioriteiten van instellingen zoals de Europese Investeringsbank, die eerder soortgelijke projecten heeft ondersteund. Het model toont aan dat zelfs bij een kostenstijging de jaarlijkse lasten beheersbaar blijven, wat de haalbaarheid en financiële duurzaamheid van ET onderstreept.

Wanneer de potentiële jaarlijkse Belgische bijdrage¹² aan ET wordt vergeleken met bijdragen aan andere internationale wetenschappelijke projecten, zoals CERN of ITER, blijkt dat deze relatief beperkt blijft (FIGUUR 53). Daarbij werd aangenomen dat België en zijn gewesten 30% van de operationele kosten dragen, wat neerkomt op een jaarlijkse bijdrage van €47 miljoen. Deze schatting gaat uit van een minimale cashbuffer van 10%, dankzij de lange termijn engagementen van de betrokken landen. Hoewel dit bedrag hoger is dan de huidige Belgische bijdrage aan CERN, blijft het significant lager dan de bijdragen aan andere grote projecten, zoals ESA of imec. Het is bovendien opmerkelijk dat een aantal van deze projecten, in tegenstelling tot ET, niet rechtstreeks in Vlaanderen zijn gevestigd of een directe regionale impact hebben.

12. Er werd voor een verdeling op Belgisch niveau gekozen om geen voorafnames te doen aan intraregionale verdeelsleutels.

FIGUUR 53 Jaarlijkse Belgische bijdragen aan (Europese) onderzoeksinfrastructuur



Deze vergelijking toont aan dat de jaarlijkse bijdrage aan ET binnen de ordegrootte valt van bestaande Belgische bijdragen aan wetenschappelijke projecten. Dit maakt de investering financieel haalbaar en strategisch verantwoord. Bovendien wijst deze analyse erop dat het risico op financiële verdringing binnen het budget voor wetenschappelijk onderzoek beperkt is. De positionering van ET als een project met zowel internationale als regionale relevantie versterkt de argumentatie voor deze investering. Door in te zetten op een project dat in Vlaanderen gevestigd is, biedt deze bijdrage niet alleen wetenschappelijke meerwaarde, maar ook economische en maatschappelijke voordelen voor de regio.

Publiek-Private Samenwerking (PPS)

Een Publiek-Private Samenwerking (PPS) is een samenwerkingsvorm tussen overheidsinstanties en private partijen waarbij beide partijen gezamenlijk investeren in, ontwikkelen en beheren van publieke projecten, zoals infrastructuur of dienstverlening. Deze samenwerking stelt beide partijen in staat om elkaars expertise en middelen te benutten, met als doel efficiëntere en effectievere projectrealisatie en risicoverdeling te bekomen. PPS-constructies worden vaak toegepast om publieke voorzieningen te realiseren die anders moeilijk of niet haalbaar zouden zijn binnen de traditionele publieke financieringsmodellen.

Een PPS bij de bouw van de Einstein Telescope (ET) in Vlaanderen kan vorm krijgen door private partijen een deel van de infrastructuurcomponenten te laten ontwikkelen en beheren. Deze infrastructuur, zoals de bouw van de tunnels en ondersteunende faciliteiten, kan vervolgens door het consortium dat de ET gebruikt, worden gehuurd tegen een 'terbeschikkingstellingsvergoeding'. Deze vergoeding wordt op haar beurt verhaald op de lidstaten door middel van jaarlijkse bijdragen.

Om het PPS-model aantrekkelijk te maken kan er gebruik gemaakt worden van 'tranchering', waarbij de minder risicovolle, investeerbare onderdelen van de infrastructuur, in de PPS-constructie worden ondergebracht. Met "investeerbare onderdelen" wordt verwezen naar de infrastructuurcomponenten van ET die niet als hoog risico of technisch niche worden beschouwd. Dit omvat elementen waarvan de bouw- en exploitatieprocessen algemeen bekend zijn en waarvoor gedetailleerde koststudies beschikbaar zijn, zoals toegangswegen, basale bouwconstructies en andere standaardinfrastructuur. Deze onderdelen worden als geschikt beschouwd voor een PPS-constructie, omdat ze een voorspelbaar risicoprofiel hebben en aantrekkelijk zijn voor investeerders. Daarentegen vallen uiterst gespecialiseerde en innovatieve onderdelen, zoals de optische spiegels van ET, buiten deze categorie, omdat hun unieke karakter en technische complexiteit een hoger risico met

zich meebrengen en minder marktinteresse genereren binnen een PPS-structuur. Uit gesprekken met private spelers blijkt dat er interesse bestaat om deze componenten van de ET via een PPS te realiseren, waardoor de overheid het bouwrisico voor deze onderdelen kan overhevelen naar private partijen, die door gedetailleerde koststudies en voorbereidende werken het risico beter kunnen beheersen.

Vlaanderen beschikt over de nodige expertise en ervaring op het gebied van PPS, bijvoorbeeld bij de bouw en het onderhoud van snelwegen en gevangenissen, en grensoverschrijdend met Nederland bij de bouw van sluizen. Door deze ervaring kan Vlaanderen een voortrekkersrol spelen bij het opstellen van complexe PPS-dossiers. Indien deze strategie slaagt, zou dit de financieringsdruk voor de lidstaten aanzienlijk kunnen verlichten en zorgen voor een meer duurzame en haalbare realisatie van de Einstein Telescope.

MAXIMALISEREN VAN DE SPILLOVER-EFFECTEN

Spillovereffecten verwijzen naar de positieve economische en maatschappelijke impact die voortvloeit uit technologische innovaties en onderzoeksinspanningen en die verder reiken dan het oorspronkelijke project. In het geval van ET kunnen deze effecten zich manifesteren in de vorm van nieuwe businessmodellen, producten, diensten en startups die ontstaan door de toepassing en verdere ontwikkeling van technologieën die voor de ET werden ontwikkeld. Deze spin-off activiteiten hebben het potentieel om niet alleen direct economische waarde te creëren, maar ook om Vlaanderen te positioneren als een centrum van technologische en wetenschappelijke innovatie, wat op zijn beurt weer nieuwe investeringen, talent en samenwerkingen kan aantrekken.

Om de economische spillovereffecten van ET optimaal te benutten, is het van cruciaal belang dat de Vlaamse innovatie- en financieringsinfrastructuur goed op elkaar is afgestemd. Technologische doorbraken die voortvloeien uit het ET-project moeten namelijk naadloos kunnen doorstromen van idee tot volwassen product, zodat ze uiteindelijk kunnen bijdragen aan nieuwe businessmodellen, producten, diensten en startups. Om dit te realiseren, moeten verschillende publieke en private actoren die actief zijn in de verschillende fasen van de business life cycle, zoals afgebeeld in **FIGUUR 54**, efficiënt samenwerken.

Allereerst is het essentieel dat er een vlotte doorstroming is tussen de verschillende ontwikkelingsfasen van een product. In de initiële fase, waarin een idee wordt omgezet in een potentieel product (TRL 1-3), speelt het Fonds Wetenschappelijk Onderzoek (FWO) een cruciale rol als belangrijkste financier van fundamenteel onderzoek. Een nauwe samenwerking tussen strategische onderzoeksinstituten zoals VITO, imec of Flanders Make en FWO is van groot belang om innovatieve ideeën vanuit een sterke wetenschappelijke basis te ontwikkelen. Deze ondersteuning vergroot de slaagkans van toekomstige technologische doorbraken en legt de basis voor verdere ontwikkeling in latere TRL-stadia. De oprichting van een toegewijd ondersteuningsteam, al dan niet binnen de overkoepelende werking van het FWO als sectorneutrale partij, gericht op ET-gerelateerde technologieën, kan dit proces verder versterken. Dit team kan wetenschappers helpen om toegang te krijgen tot de juiste financieringsmogelijkheden en begeleiding, waardoor onderzoeksprojecten op de lagere TRL-niveaus sterker gepositioneerd worden voor verdere valorisatie.

Door het proces in deze fase te optimaliseren, kan Vlaanderen zijn concurrentiepositie in baanbrekende technologieën verder uitbouwen.

Zodra innovaties verder ontwikkeld en gevalideerd moeten worden (TRL 4-6), is een goede afstemming met de Provinciale Ontwikkelingsmaatschappijen (POMs) essentieel. Deze organisaties kunnen zorgen voor regionale ondersteuning en netwerken, waardoor bedrijven die zich in deze fase bevinden, toegang krijgen tot aanvullende middelen en relevante contacten. Daarnaast spelen werkgeversorganisaties zoals VOKA, Unizo, AGORIA en Embuild een belangrijke rol. Zij kunnen bedrijven ondersteunen door hun netwerk te benutten, kennisdeling te faciliteren en innovatie te stimuleren binnen sectoren die baat hebben bij de technologieën die uit ET voortkomen. In deze fase is ook de rol van VLAIO onmisbaar. VLAIO kan bedrijven begeleiden bij het vinden van geschikte financieringsinstrumenten, en met gerichte programma's en subsidies bijdragen aan de valorisatie van innovatieve technologieën. Door samenwerking tussen VLAIO, de POMs en werkgeversorganisaties kunnen bedrijven in deze cruciale fase sterker worden ondersteund, wat de kans op succesvolle valorisatie vergroot.

In de volgende fase, waarin producten de groeifase bereiken (TRL 7-8), moet er een naadloze overgang zijn naar groeifinanciering. Dit kan gerealiseerd worden door partijen zoals LRM of PMV vroegtijdig te betrekken bij de monitoring van VLAIO-projecten. Zo kunnen zij potentiële kandidaten voor verdere ondersteuning identificeren en begeleiden, wat de stap naar opschaling en commercialisatie vergemakkelijkt. Om de innovatieketen efficiënt te laten verlopen, is het verder belangrijk om een gespecialiseerde pipeline voor seed-funding op te zetten. Een specifiek VLAIO-programma, gericht op de financiering van startups die ET-technologieën willen commercialiseren, kan hieraan bijdragen. Dit programma zou, in samenwerking met het Einstein Telescope Office (ETO), een apart fonds kunnen oprichten dat zich richt op de ondersteuning van innovatieve ondernemingen, vergelijkbaar met de aanpak bij andere grote wetenschappelijke centra zoals CERN. Om ervoor te zorgen dat deze ondersteuning effectief is, moet er duidelijke communicatie zijn naar beginnende startups over de aanvraagprocedures en de criteria voor financiering, zodat zij snel en efficiënt toegang kunnen krijgen tot deze middelen.



Hoewel een gespecialiseerde pipeline voor ET-technologieën in de vroege fases essentieel is, is het minder realistisch om dit door te trekken naar de groeifase. De schaal van ET-gerelateerde innovaties is mogelijk te klein om een apart programma te rechtvaardigen, wat kan leiden tot suboptimale investeringskeuzes. In plaats daarvan zou een bredere aanpak moeten worden gehanteerd, waarbij ET-startups die de scale-up fase bereiken, zich aansluiten bij bestaande groei-financieringsinitiatieven van bijvoorbeeld PMV of private equity spelers zoals Gimv. Dit voorkomt de goedkeuring van minder sterke investeringsdossiers en zorgt ervoor dat enkel de sterkste en meest veelbelovende technologieën verdere ondersteuning krijgen.

Tot slot kan de oprichting van een ET Innovation Desk bijdragen aan een betere coördinatie en monitoring van de voortgang van ET-gerelateerde innovaties. Deze desk zou fungeren als centraal aanspreekpunt voor alle actoren in de innovatieketen, van onderzoekers tot groeifinanciers. Om de werking van desk op te zetten, kan daarbij gekeken worden naar de inrichting van Business Incubation Centres voor ESA. Daarnaast is het belangrijk om grensoverschrijdende samenwerking te bevorderen, gezien de internationale dimensie van de Einstein Telescope en de betrokkenheid van Wallonië, Duitsland en Nederland. Door een coherente benadering bij de financiering en ondersteuning van ET-technologieën over de landsgrenzen heen, kan Vlaanderen zijn positie als Europees knooppunt voor wetenschappelijke en technologische innovatie verder versterken en zo de spillovereffecten van de Einstein Telescope maximaal laten renderen.

FIGUUR 54. Overzicht van een traditionele 'business life cycle'.



MAXIMALISEREN VAN DE ECOSYSTEEMEFFECTEN

Ecosysteemeffecten verwijzen naar de langdurige, duurzame en blijvende positieve impact die een groot infrastructuurproject, zoals ET, heeft op een regio, en die verder reiken dan de initiële economische effecten van de investering. Deze effecten omvatten onder meer een toename in het aantal STEM-studenten, doordat de aanwezigheid van ET het onderwijsaanbod en de interesse in wetenschap en technologie stimuleert. Daarnaast kunnen bedrijven zich rondom het project clusteren, wat leidt tot een innovatie-ecosysteem dat zich richt op geavanceerde technologieën en onderzoek. Zelfs als ET in de verre toekomst zijn wetenschappelijke relevantie verliest of wordt afgeschreven, blijven deze ecosysteemeffecten aanwezig. Ze zorgen voor een blijvende versterking van het regionale kennis- en innovatiepotentieel, verhogen de aantrekkelijkheid van de regio voor nieuwe investeringen en talent, en bevorderen een duurzame economische groei die voortvloeit uit de initiële investering.

LESSONS LEARNED UIT ANDERE (EUROPESE) BSPS

Zoals uit voorgaande hoofdstukken blijkt, zijn er een aantal BSPs in de wereld die erin geslaagd zijn om een succesvol ecosysteem te ontwikkelen, terwijl er andere projecten zijn waarbij dit niet het geval was. In de laatste categorie zien we vooral heel wat van de huidige GW-detectoren terugkomen. Toch zijn er specifiek voor ET een aantal factoren aanwezig die maken dat deze derde generatie detector het wel in zich heeft om een ecosysteem tot uitgroei te brengen. ET heeft namelijk drie belangrijke voordelen ten opzichte van vroegere GW-detectoren die het ontstaan van een ecosysteem waarschijnlijker maken:

- **1. Er is nog geen enkele GW-detector in de wereld gebouwd na de ontdekking van de eerste zwaartekrachtgolf in 2015.**

Zoals **FIGUUR 1** ook al aangaf, is het domein van de zwaartekrachtgolf-astronomie pas sinds toen in een echte stroomversnelling geraakt. Gelet op het feit dat het bestaan van deze golven voor 2015 nog niet bewezen was, is het dus ook evident dat er weinig draagvlak was om een ecosysteem met onderzoeksinfrastructuur uit te bouwen rondom de huidige detectoren.

- **2. Op KAGRA (Japan) na zijn alle bestaande GW-observatoria bovengronds gebouwd, waardoor elke vorm van menselijke aanwezigheid een bijkomende ruisbron vormt.** De installaties hebben er dus baat bij dat er zo weinig mogelijk menselijke activiteit rond de toestellen bestaat, met als gevolg dat er geen

incentive bestaat om een lokaal ecosysteem uit te bouwen.

- **3.** Het meest gekende observatorium is LIGO, dat bestaat uit twee L-vormen (de ene L in de dunbevolkte staat Washington, en een andere opstelling in Louisiana). **Multi-sited onderzoekinfrastructuur biedt een lagere aantrekkingskracht voor de vestiging van toponderzoekers.** Het onderzoek bij LIGO wordt voornamelijk gevoerd vanop de campussen van het California Institute of Technology (beter bekend als Caltech) en het Massachusetts Institute of Technology (beter bekend als MIT). Slechts een handvol operatoren zijn ter plaatse om de installatie te bedienen en te onderhouden.

De huidige GW-detectoren zijn dus geen goede referentie voor de Einsteintelecoop. De ondergrondse opstelling van ET laat immers menselijke activiteit bovengronds toe. Ook is de focus verschoven van het louter beantwoorden van de vraag of zwaartekrachtgolven bestaan en meetbaar zijn naar het opzetten van een wetenschappelijk onderzoeksprogramma hieromtrent. ET is er wel degelijk bij gebaat om zo veel mogelijk onderzoekers samen te brengen op de locatie waar de detecties plaatsvinden, juist omdat dit de sterkste garantie geeft op de uitgroei van een ecosysteem en het bevorderen van kennistransfer.

Het is de vraag of grootschalige projecten zoals CERN of ITER een betere vergelijkingsbasis vormen voor de ET. Een groot deel van de voor- en nadelen die werden opgesomd, en die Vlaanderen dankzij ET ten deel kunnen vallen, zijn namelijk **voorwaardelijk**: hun totstand-koming hangt in grote mate af van een aantal factoren die (momenteel) nog niet definitief in een strategie zijn verankerd:

- ET berust best op een **single-site ontwerp**. Meer concreet houdt dit in dat er gekozen wordt voor een driehoekige opstelling in de EMR-regio. Op die manier kan op de as tussen Maastricht (ET Pathfinder) en Luik (E-TEST) een ecosysteem uitgroeien, waarbij eerdergenoemde laboratoria als testopstellingen gebruikt kunnen worden om de hoogtechnologische upgrades tijdens de operationele fase voor te bereiden. Het is bovendien belangrijk dat werken op de single-site kunnen worden aangestuurd door de onderzoekers, technici en andere werknemers in een nabijgelegen gebouw, omdat er op die manier een hogere kans bestaat dat zich een kennisgedreven ecosysteem rond de site ontwikkelt.
- Dit nabijgelegen gebouw krijgt best de vorm van **een onderzoekscentrum**, van waaruit de werken worden opgevolgd en de upgrade fases kunnen worden voorbereid, **gecombineerd met een bezoekerscentrum** waarvan een internationale aantrekkingskracht uitgaat.
- Om het lokaal draagvlak te blijven behouden en het vestigingsklimaat voor onderzoekers te versterken, worden deze gebouwen best ingeplant **langs een reeds vlot ontsloten verkeersas**.
- Het aanbieden van een **aantrekkelijk vestigingsklimaat** voor internationale onderzoekers. Meer concreet moet de visaverlening gestroomlijnd blijven en zal een strategie moeten worden opgemaakt die de lokale woningnood monitort.
- Een **aantrekkelijk ondernemersklimaat**, zodat gemakkelijk spin-offs kunnen ontstaan. Dit wordt gestimuleerd door de aanwezigheid van zogeheten Business Incubation Centres (**BICs**), het opzetten van het systeem van Technology Brokers,

het bestaan van een **transparante IP-policy** van de organisatie, en een vlotte **toegang tot financiële middelen** voor elke fase in de business life cycle van een product.

- Het **inzetten op de (internationale) uitwisseling** van middelbare scholieren, universiteits- en doctoraatsstudenten en postdocs, door het aanbieden van summer schools, stages en beurzen.
- Een **brede bekendheid** van het project bij de bevolking, waarbij eerlijk wordt gecommuniceerd over de kosten en baten van het project.
- Het **betrekken van het grote publiek** bij de ET, door regelmatige publieke communicaties, mogelijkheden om de ET te bezoeken, randactiviteiten, en het opzetten van een communicatiebureau gekoppeld aan de ET. De interesse kan verder versterkt worden door in te zetten op Citizen Science, waarbij amateurs en vrijwilligers mee onderzoek kunnen doen.

GEbruik ET als instrument om strategische vlaamse beleidslijnen te realiseren

Het inzetten van ET als instrument om strategische beleidslijnen over verschillende departementen heen te versterken, biedt Vlaanderen een unieke kans om de impact van haar beleidsdoelen te maximaliseren en tegelijkertijd de positie van de regio op het vlak van wetenschap en technologie te consolideren. Door ET te integreren in het bredere beleidskader kan Vlaanderen niet alleen wetenschappelijke en technologische vooruitgang stimuleren, maar ook bijdragen aan economische groei, onderwijs en innovatie, en de internationale positie van de regio versterken. Bovendien kunnen de middelen en inspanningen die worden geïnvesteerd in ET op deze manier leiden tot een bredere maatschappelijke return, door een synergie

te creëren tussen de doelstellingen van verschillende beleidsdomeinen. Deze aanpak zorgt niet alleen voor een efficiënter gebruik van publieke middelen, maar vergroot ook de kans op het behalen van de gestelde beleidsdoelen, wat uiteindelijk een win-winsituatie oplevert voor alle betrokken partijen.

Beleidsnota Departement EWI (2019–2024)

De beleidsnota van het Departement Economie, Wetenschap en Innovatie legt de nadruk op technologische vooruitgang, versterking van het innovatie-ecosysteem en duurzame economische groei in Vlaanderen. ET sluit zo ook naadloos aan bij deze visie door de ontwikkeling en implementatie van innovatieve technologieën die bijdragen aan de circulaire economie en de energietransitie.

ET fungeert bovendien als een katalysator voor de integratie van circulaire bouwmaterialen en innovatieve bouwmethoden, met als doel de grondstoffenkringlopen te sluiten en afvalstromen te minimaliseren. Dit draagt niet alleen bij aan duurzaamheid, maar ook aan de competitiviteit van Vlaamse bedrijven in deze snelgroeende markt. Het project biedt bedrijven en kennisinstellingen een platform om nieuwe technieken te testen en verder te ontwikkelen, waardoor het innovatievermogen van Vlaanderen wordt versterkt.

Daarnaast speelt ET een cruciale rol in de ontwikkeling van wetenschappelijke kennis en technologische toepassingen voor waterbeheer en biodiversiteit. Het geavanceerde monitoringsprogramma voor grondwaterkwaliteit en de inzet van innovatieve meet- en analysetools dragen bij aan een beter begrip van natuurlijke processen en stellen bedrijven in staat om hun ecologische impact te verkleinen. Dit sluit aan

bij de doelstelling van EWI om wetenschap en innovatie in te zetten voor duurzame oplossingen en economisch voordeel.

Tot slot ondersteunt ET ook de transformatie van het Vlaamse innovatie-ecosysteem door samenwerking te stimuleren tussen bedrijven, kennisinstellingen en overheden. Dit gebeurt door middel van partnerschappen die gericht zijn op de ontwikkeling van nieuwe technologieën, het behoud van natuurlijke hulpbronnen en het bestrijden van klimaatverandering. Hiermee draagt ET bij aan de positionering van Vlaanderen als koploper in circulaire innovatie en duurzame groei.

Door het combineren van ecologische verantwoordelijkheid met economische en technologische vooruitgang, fungeert het ET-project als een showcase voor hoe innovatie kan bijdragen aan zowel maatschappelijk als economisch succes. Het project onderstreept de ambitie van Vlaanderen om een pionier te zijn in de wereldwijde transitie naar een duurzamere en innovatieve samenleving.

Beleidsadvies VARIO 37: Naar een hogere productiviteitsgroei

Het VARIO-advies over productiviteitsgroei in Vlaanderen benadrukt verschillende kernelementen die rechtstreeks aansluiten bij de strategische doelstellingen van ET. De aanbevelingen in het document bieden zo een kader waarin ET een belangrijke hefboom kan vormen om beleidsprioriteiten te realiseren.

Een van de centrale aanbevelingen in het VARIO-advies is het versterken van het O&O&I-beleid door kennisvalorisatie en diffusie te verbeteren. ET sluit perfect aan bij deze ambitie. De geavanceerde technologieën

die ontwikkeld worden voor ET, zoals optische systemen en sensortechnologie, bieden brede toepassingsmogelijkheden in andere sectoren. Dit ondersteunt de aanbeveling om innovatiekracht te verbeteren via laagdrempelige toegang tot kennis. Door ET te positioneren als een knooppunt van geavanceerd onderzoek, kan Vlaanderen haar capaciteit vergroten om onderzoek en innovatie strategisch te benutten.

VARIO wijst ook op de noodzaak om een prominente rol te spelen binnen Europese initiatieven en allianties aan te gaan met gelijkgestemde regio's. De positionering van ET als grensoverschrijdend project tussen België, Nederland en Duitsland sluit hierbij aan. ET kan niet alleen bijdragen aan de Vlaamse inbreng in het Europese wetenschaps- en innovatiebeleid, maar ook de internationale samenwerking versterken. Door deel te nemen aan een wereldwijde wetenschappelijke infrastructuur zoals ET, krijgt Vlaanderen een unieke kans om haar wetenschappelijke reputatie verder uit te bouwen.

Het VARIO-advies onderstreept het belang van digitale transformatie voor de Vlaamse economie. De Einsteintelecoop, met haar enorme dataverwerkingsbehoeften en focus op real-time analyse, biedt een krachtige stimulans voor de ontwikkeling van nieuwe digitale tools en big data-platforms. Dit biedt kansen voor Vlaamse bedrijven en kennisinstellingen om hun expertise in AI, dataverwerking en cyberveiligheid verder uit te bouwen. Dit element kan specifiek worden gekoppeld aan de beleidsdoelstelling om Vlaanderen te positioneren als een digitale pionier.

STEM-agenda 2030

Het gebruik van ET als strategisch instrument biedt Vlaanderen niet alleen wetenschappelijke

en economische voordelen, maar kan ook bijdragen aan de verwezenlijking van belangrijke beleidsdoelen zoals vastgelegd in de STEM-Agenda 2030. Deze agenda, opgesteld door VARIO, streeft ernaar om het aandeel van STEM-diploma's in het hoger onderwijs te verhogen naar 30% tegen 2030. Door de bouw en exploitatie van ET te integreren in deze beleidsdoelstelling kan Vlaanderen de instroom in STEM-opleidingen en het aantal afgeleverde STEM-diploma's aanzienlijk verhogen. ET biedt unieke academische en professionele mogelijkheden binnen STEM-velden door universiteiten en onderzoekscentra te betrekken bij geavanceerd onderzoek. Dit stimuleert niet alleen studenten om voor STEM-opleidingen te kiezen, maar zorgt er ook voor dat zij na hun studies gemakkelijker de stap zetten naar een carrière in wetenschap en technologie.

Daarnaast speelt ET een cruciale rol in het koppelen van STEM-competenties aan grote maatschappelijke uitdagingen zoals klimaatverandering, digitalisering en de circulaire economie. Door haar innovatieve karakter en de ontwikkeling van geavanceerde technologieën kan ET bijdragen aan wetenschappelijke doorbraken die nodig zijn om deze transformaties te ondersteunen. Dit sluit perfect aan bij de oproep van VARIO om STEM-vaardigheden in te zetten voor het aanpakken van complexe maatschappelijke vraagstukken.

Het project biedt bovendien de kans om STEM-banen aantrekkelijker te maken. Werken aan een prestigieus project zoals ET verhoogt de aantrekkingskracht van STEM-carrières, zowel voor jongeren als voor ervaren professionals. De betrokkenheid bij een baanbrekend wetenschappelijk project zoals ET kan de instroom van toptalent naar Vlaanderen bevorderen en de regio positioneren als een aantrekkelijke bestemming voor hoogopgeleide arbeidskrachten.

Tot slot benadrukt VARIO het belang van grootschalige initiatieven met bindende afspraken en langdurige engagementen om duurzame resultaten te boeken. ET, als grootschalig project met internationale samenwerking, biedt Vlaanderen de mogelijkheid om zich te profileren als kernregio in baanbrekend wetenschappelijk onderzoek. Dit draagt bij aan de opbouw van duurzame samenwerkingen en het behalen van langetermijnresultaten binnen het STEM-onderwijs.

Septemberverklaring Vlaamse regering (2024)

De Septemberverklaring van de Vlaamse regering benadrukt het cruciale belang van innovatie en technologie om maatschappelijke uitdagingen aan te pakken, zoals de klimaatcrisis, de energietransitie en economische versterking. ET speelt hierin een sleutelrol, niet alleen door baanbrekend wetenschappelijk onderzoek te ondersteunen, maar ook door technologieën te ontwikkelen die toepasbaar zijn in diverse sectoren, van duurzaamheid tot industrie. Dit sluit nauw aan bij de ambitie van Vlaanderen om via een verhoogde investering in O&O&I (onderzoek en ontwikkeling) een leidende positie te blijven innemen binnen Europa.

ET versterkt ook de visie van Vlaanderen als een regio die haar innovatie-ecosysteem uitbreidt, zoals weerspiegeld in de verhoogde doelstelling om 5% van het BBP te investeren in innovatie. Met haar geavanceerde technologieën draagt ET bij aan het versterken van strategische partnerschappen en internationale samenwerking, wat essentieel is voor de Vlaamse ambitie om te excelleren als logistieke en technologische hub in Europa.

Daarnaast sluit ET naadloos aan bij het streven naar een duurzamer Vlaanderen, een speerpunt van de Septemberverklaring. Het project biedt kansen om nieuwe klimaattechnologieën te ontwikkelen en te valoriseren, waardoor het niet alleen bijdraagt aan de energietransitie maar ook aan economische groei en internationale concurrentiekracht. De focus op een circulaire aanpak en innovaties in grondstofbeheer onderstrepen de rol van ET in het realiseren van deze doelen.

Tot slot versterkt ET de positie van Vlaanderen als een internationaal knooppunt voor wetenschappelijk en technologisch onderzoek, wat de aantrekkingskracht vergroot voor zowel investeerders als toptalent. Door technologie en wetenschap te verbinden met maatschappelijke uitdagingen, draagt ET bij aan de ambitie van Vlaanderen om een koploper te zijn in de klimaattransitie, innovatie en economische groei, zoals verwoord in de Septemberverklaring van 2024.

Beleidsnota Departement EWI (2024-2029)

ET fungeert als een krachtige hefboom voor het versterken van strategische doelstellingen in Vlaanderen en sluit naadloos aan bij de vernieuwde beleidsprioriteiten van het Departement Economie, Wetenschap, Innovatie en Industrie (EWI) voor de periode 2024-2029. Een kernpunt van deze beleidsnota is het duurzaam versterken van de productiviteit en concurrentiekracht door extra investeringen in Onderzoek, Ontwikkeling en Innovatie (O&O&I) en door economische valorisatie van onderzoeksresultaten te stimuleren.



ET levert hieraan een substantiële bijdrage door Vlaanderen te positioneren als innovatieleider in astrofysica en andere geavanceerde technologieën. Het project heeft de potentie om niet alleen grensverleggende wetenschappelijke ontdekkingen te faciliteren, maar ook nieuwe economische modellen en technologieën te genereren, wat perfect aansluit bij de beleidsdoelstelling om economische impact te maximaliseren.

Daarnaast speelt ET een cruciale rol in de transitie naar een duurzamere economie. Hoewel het project primair gericht is op fundamenteel onderzoek, bieden de innovatieve technologieën die tijdens de bouw en exploitatie worden ontwikkeld – zoals energie-efficiënte oplossingen en duurzame materialen – belangrijke aanknopingspunten voor klimaatneutrale oplossingen. Dit sluit aan bij de Vlaamse Klimaatsprong en de ambitie om strategische autonomie in sectoren zoals energie en circulaire economie te vergroten.

ET draagt tevens bij aan de versterking van het Vlaamse innovatie-ecosysteem door internationale samenwerking te stimuleren en talent aan te trekken. Dit komt overeen met het beleid om strategische onderzoeksinfrastructuren in te bedden in een netwerk van kennisinstellingen, bedrijven en overheden, conform het Quadruple Helix-model. Met educatieve programma's en wetenschapscommunicatie kan ET bovendien bijdragen aan het stimuleren van STEM-onderwijs en maatschappelijke betrokkenheid, zoals beoogd in de STEM-agenda 2030.

Tot slot sluit het project aan bij de ambitie van Vlaanderen om door te stoten naar de wereldtop van innovatieleiders op het Europese Regionale Innovatie Scorebord (RIS). ET versterkt niet alleen het netwerk van Vlaamse topinstellingen zoals imec, VIB, VITO en Flanders Make, maar biedt ook mogelijkheden voor intensieve samenwerking en kennisdeling tussen deze instituten, de academische wereld en de industrie. Door te fungeren als katalysator voor fundamenteel en toegepast onderzoek, onderstreept de Einsteintelecoop Vlaanderen's positie als koploper in wetenschappelijke excellentie en economische valorisatie.

BIBLIOGRAFIE

- (2020). Einstein Telescope Proposal Submission Questionnaire for ESFRI Roadmap 2021.
- (2011). Einstein gravitational wave Telescope Conceptual Design Study.
- Tractebel & Amberg Engineering. (2024). Review Of Implenia's Cost Estimation For Einstein Telescope Construction.
- Ferreira, J. A. (2023). Cost Assessment Guidelines for Beam Piping. CERN.
- Europese Parlement Research Service. (2021). Key enabling technologies for Europe's technological sovereignty. Retrieved from [https://www.europarl.europa.eu/thinktank/en/document/EPRS_STU\(2021\)697184](https://www.europarl.europa.eu/thinktank/en/document/EPRS_STU(2021)697184)
- Draghi, M. (2021). Report on the future of European competitiveness. Retrieved from https://commission.europa.eu/document/download/97e481fd-2dc3-412d-be4c-f152a8232961_en
- Joint Venture Silicon Valley. (2022). Silicon Valley Index. Retrieved from <https://jointventure.org/images/stories/pdf/index2022.pdf>
- CERN. (2023). CERN Document Server. Retrieved from <https://cds.cern.ch/record/2854761>
- The Virgo Collaboration. (2023). VIRGO_nEXT Preliminary R&D Plan. Retrieved from https://indico.ego-gw.it/event/636/contributions/5562/attachments/2953/5207/V_nEXT_RnD-prelim-plan.pdf
- Vergynst, T. (2022). De Vlaamse Hoogtechnologische sector in kaart gebracht. Retrieved from <https://publicaties.vlaanderen.be/view-file/51395>
- ECOOM. (2024). Groeisectoren in Vlaanderen in internationaal perspectief. Brussel: Departement EWI.
- VARIO. (2021). STEM-Agenda 2030. Brussel.
- VARIO. (2024). Naar een hogere productiviteitsgroei. Brussel.
- NRP. (2023). Jaarverslag 2023. Brussel: Nationale Raad voor Productiviteit.
- Atzeni, G., Biagi, B., Deidda, L., & Vargiu, L. (2020). Einstein Telescope: An assessment of its economic, social and environmental impact in Sardinia.
- Technopolis Group. (2018). Impact assessment of the Einstein Telescope.

APPENDICES

BSP-FICHES



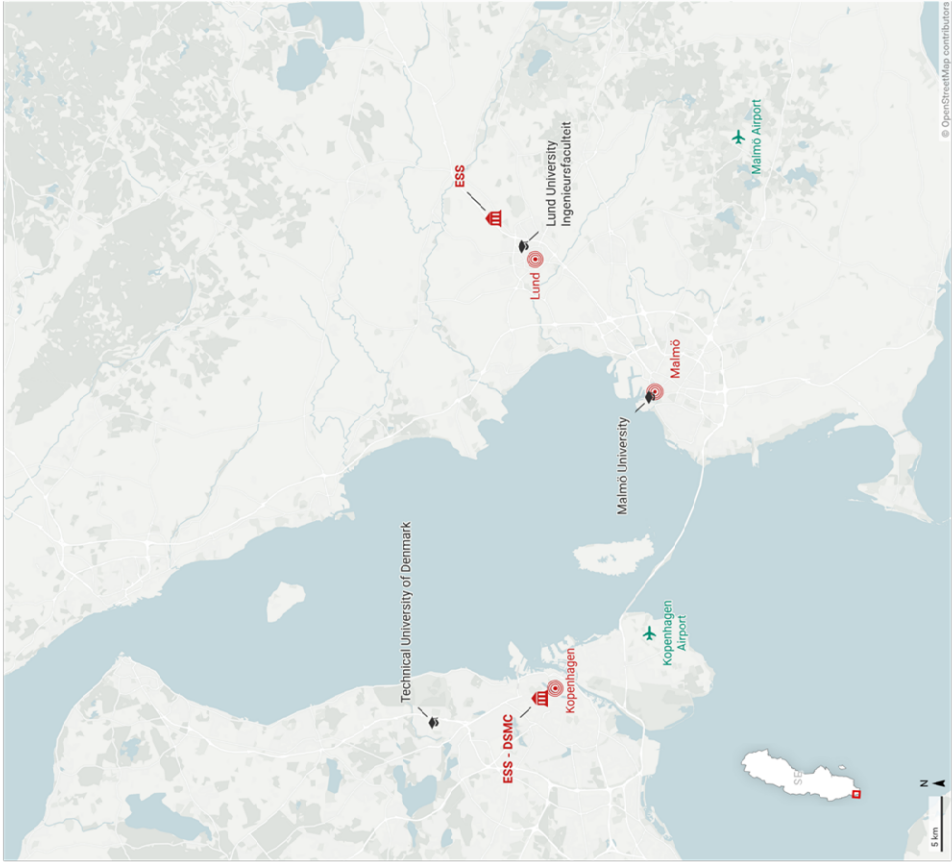
Created with Datawrapper

FIGUUR 55 Big Science projecten in Europa die voorwerp zijn van de vergelijkende analyse.



EUROPEAN SPALLATION SOURCE (ESS)

HELIKOPTERZICHT



QUICK FACTS

Kosten		Onderzoek	Aantal werknemers on-site	Aantal lidstaten	Vestigingslocatie
Bouw	Operationeel	Bestuderen van atomaire structuren en krachten met behulp van een krachtige neutronenbron	525	14	Lund, Zweden
1,85 € Mld.	140 € Mln				
Organisatievorm	Oprichtingsjaar	Aantal wetenschappelijke publicaties (2023)		Fair return principe?	

KOSTENVERDELING (*)

	Cash bijdrage	In-kind bijdrage
Zweden	35.0%	626 € Mln.
Denemarken	12.5%	223 € Mln.
Duitsland	11.0%	61 € Mln.
VK	10.0%	55 € Mln.
Frankrijk	8.0%	44 € Mln.
Italië	6.0%	33 € Mln.
Spanje	5.0%	28 € Mln.
Zwitserland	3.5%	19 € Mln.
Noorwegen	2.5%	14 € Mln.
Polen	2.0%	11 € Mln.
Tsjechië	2.0%	11 € Mln.
Hongarije	1.0%	5 € Mln.
Litouwen	0.5%	2 € Mln.
Estland	0.3%	1 € Mln.

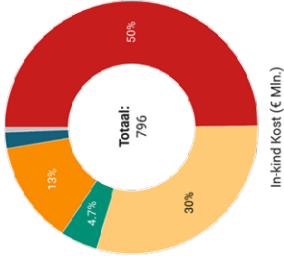
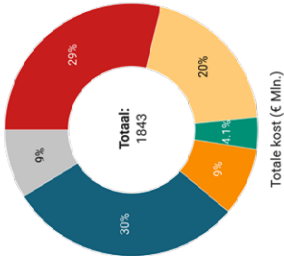
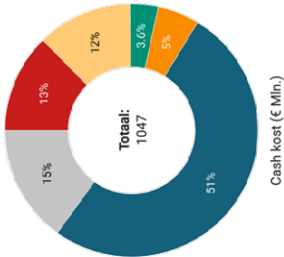
(*) Deze bedragen en percentages zijn een weergave van de bijdragen aan de bouwkost van het ESS-project van de verschillende lidstaten anno 2023.



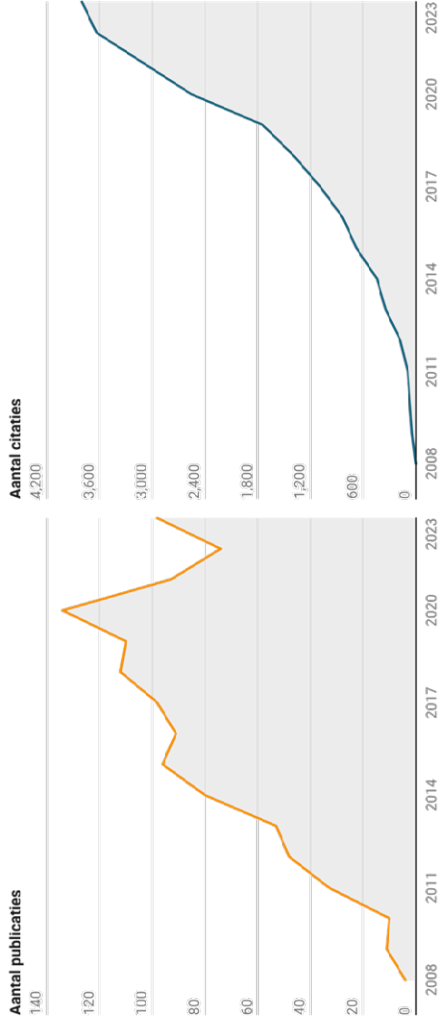
EUROPEAN SPALLATION SOURCE (ESS)

KOSTENVERDELING TECHNOLOGIE

Accelerator Neutronentechnologie Meetinstrumenten Target station Infrastructuur On-site works

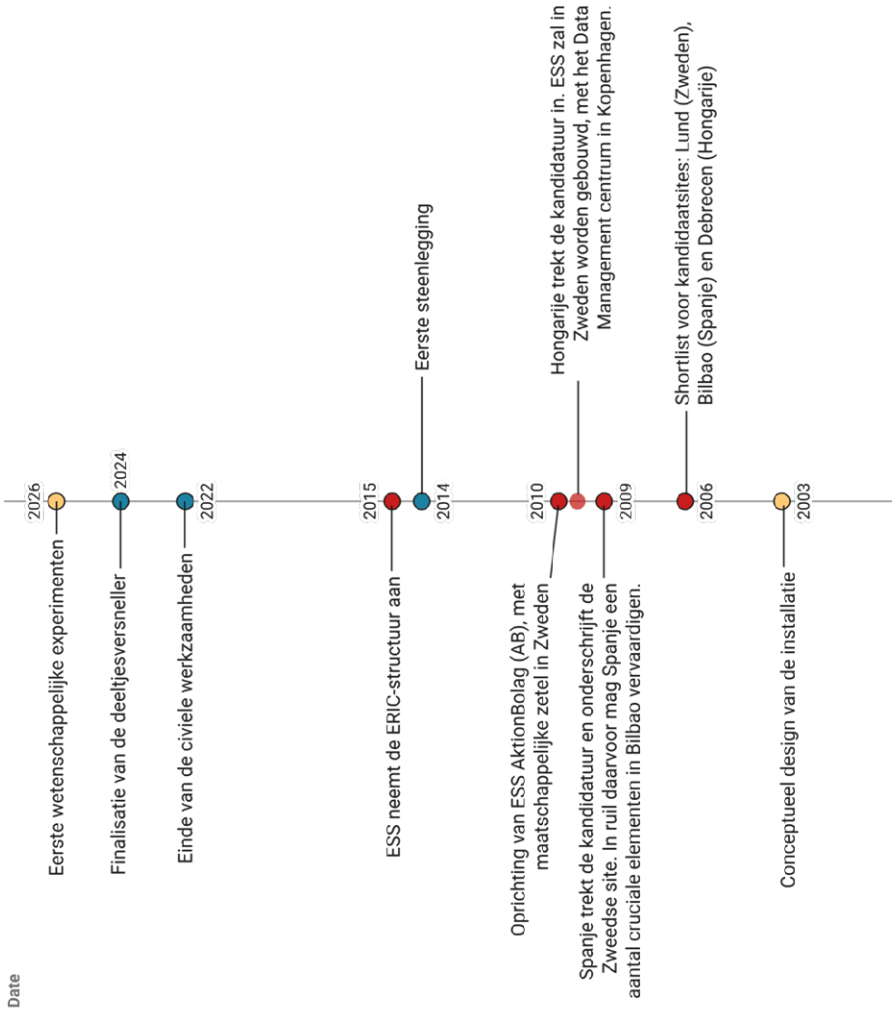


WETENSCHAPPELIJKE IMPACT



TIJDSLIJN

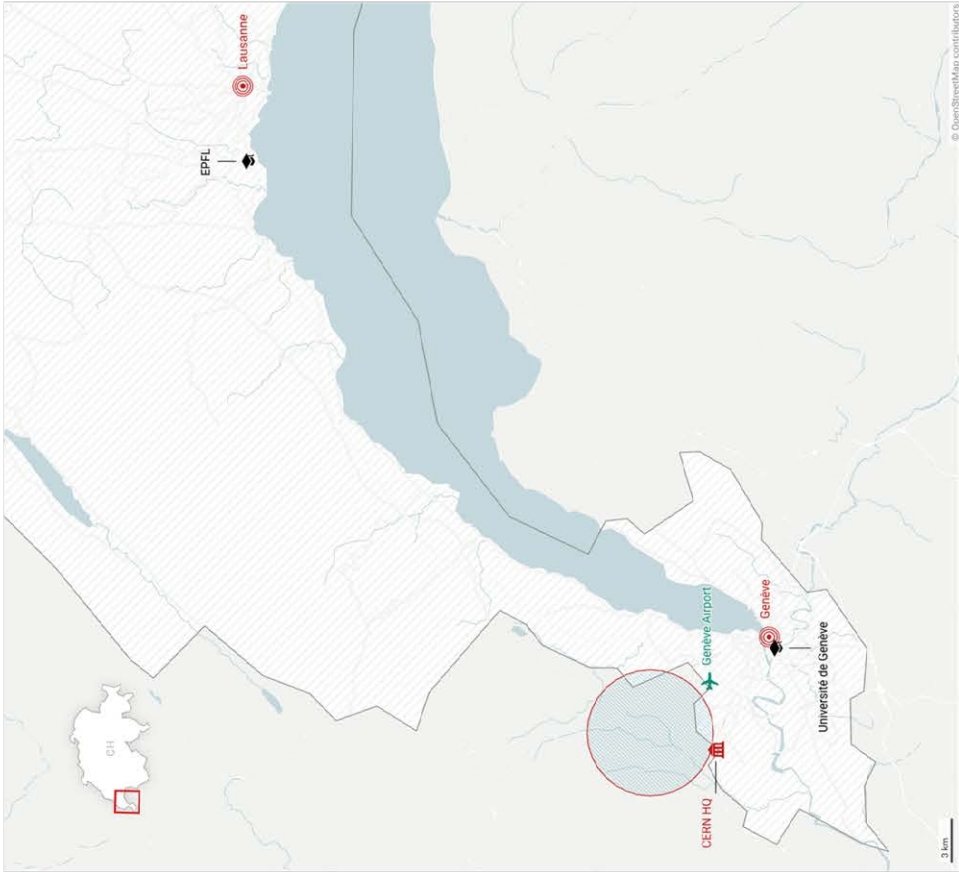
Politiek Technisch Wetenschappelijk





CONSEIL EUROPÉEN POUR LA RECHERCHE NUCLÉAIRE (CERN)

HELIKOPTERZICHT

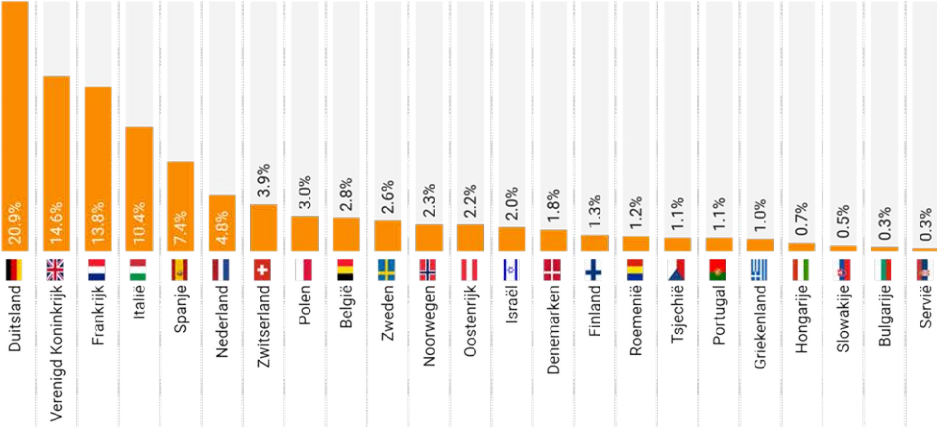


QUICK FACTS

Kosten	
Kostprijs installatie (LHC)	Jaarlijks werkingsbudget
4,75 € Mld.	1,47 € Mld.
Organisatievorm	
Internationale Organisatie	Oprichtingsjaar
	1954
Onderzoek	
Fundamentele deeltjesfysica	Aantal werknemers on-site
	2658
Aantal lidstaten	
23	Vestigingslocatie
	Genève, Zwitserland
Aantal wetenschappelijke publicaties (2023)	
192.000	
Fair return principe?	

Neen; lichte correcties op aankoop van goederen met lage waarde naargelang 'Industrial Return Coefficient'

KOSTENVERDELING (*)

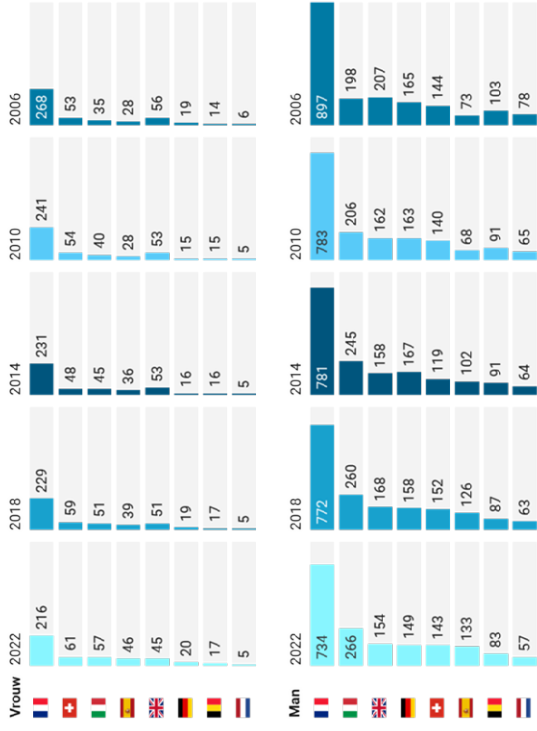


(*) De percentages zijn een weergave van de jaarlijkse cash bijdragen (anno 2022) van de lidstaten die bijdragen van het CERN.

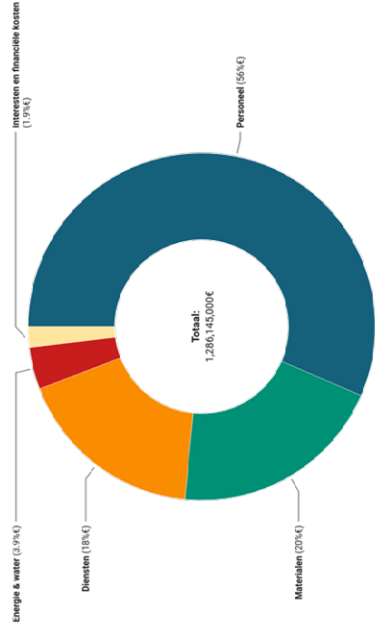


CONSEIL EUROPÉEN POUR LA RECHERCHE NUCLÉAIRE (CERN)

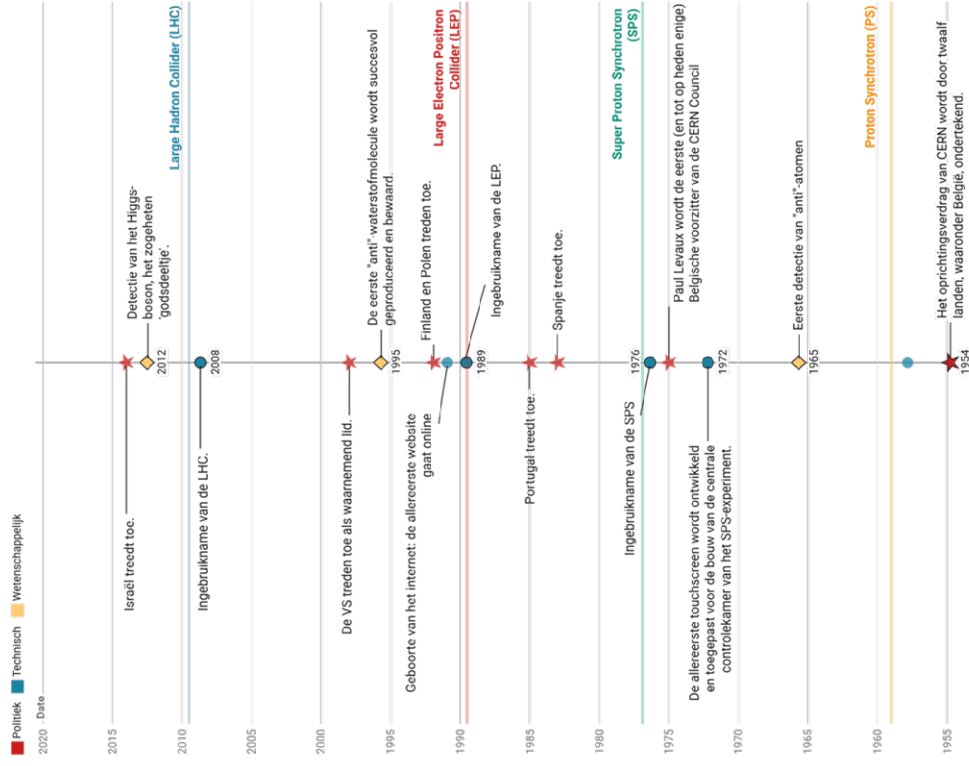
WERKNEMERS PER LAND & GESLACHT



WERKINGSKOSTEN CERN (2022)



TIJDSLIJN





HELIKOPTERZICHT - ELI BEAMLINES



HELIKOPTERZICHT - ELI NP

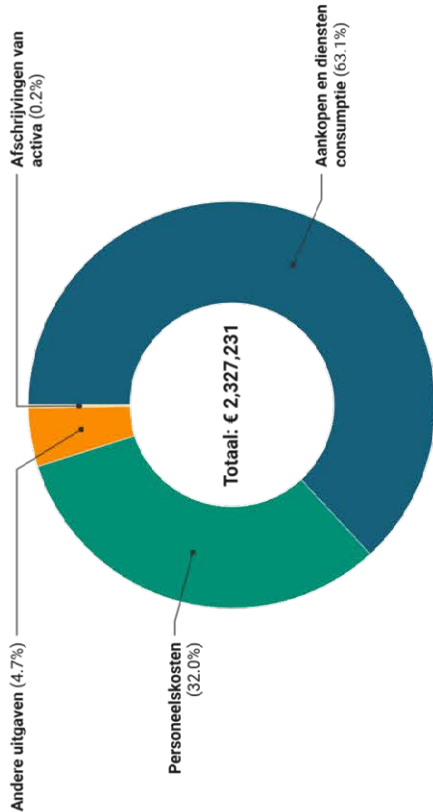


EXTREME LIGHT INFRASTRUCTURE (ELI)

QUICK FACTS

Kosten		Onderzoek	Aantal werknemers on-site	Aantal lidstaten	Vestigingslocatie
Kostprijs installatie	Jaarlijks werkingsbudget	multidisciplinair onderzoek en toepassingen van ultrakrachtige en ultrakorte laserpulsen.	574	4	ELI Beamlines: Dolní Břežany, Tsjechië ELI ALPS: Szeged, Hongarije ELI Nuclear Physics: Măgurele, Roemenië
Initiatie fase: ~6M€					
Implementatie fase: ~850M€	~60-80 M€				
Organisatievorm	Oprichtingsjaar	Onderzoek per locatie	Fair-return principe		

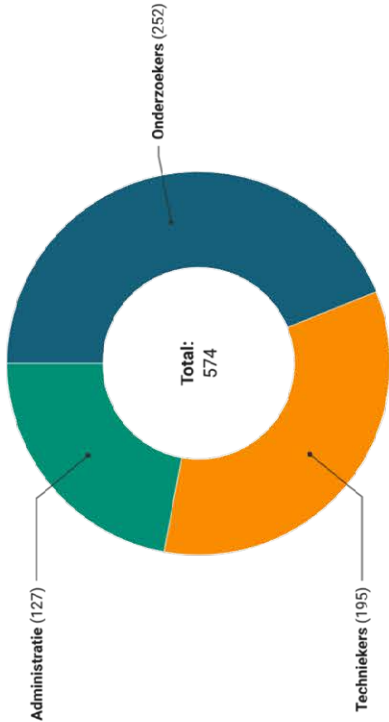
WERKINGSKOSTEN ELI (2021)





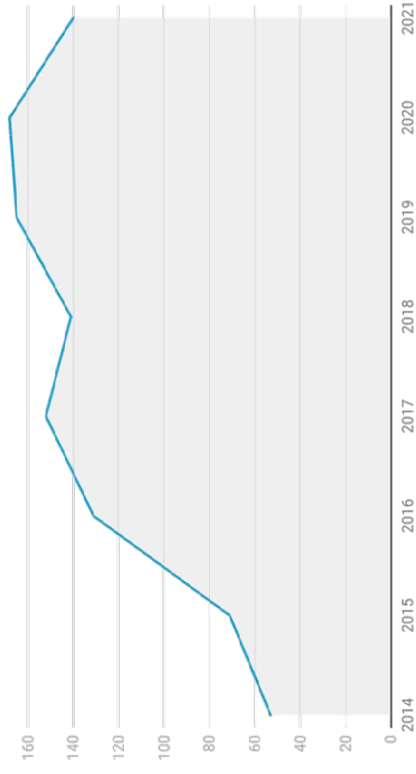
EXTREME LIGHT INFRASTRUCTURE (ELI)

WERKNEMERS PER CATEGORIE

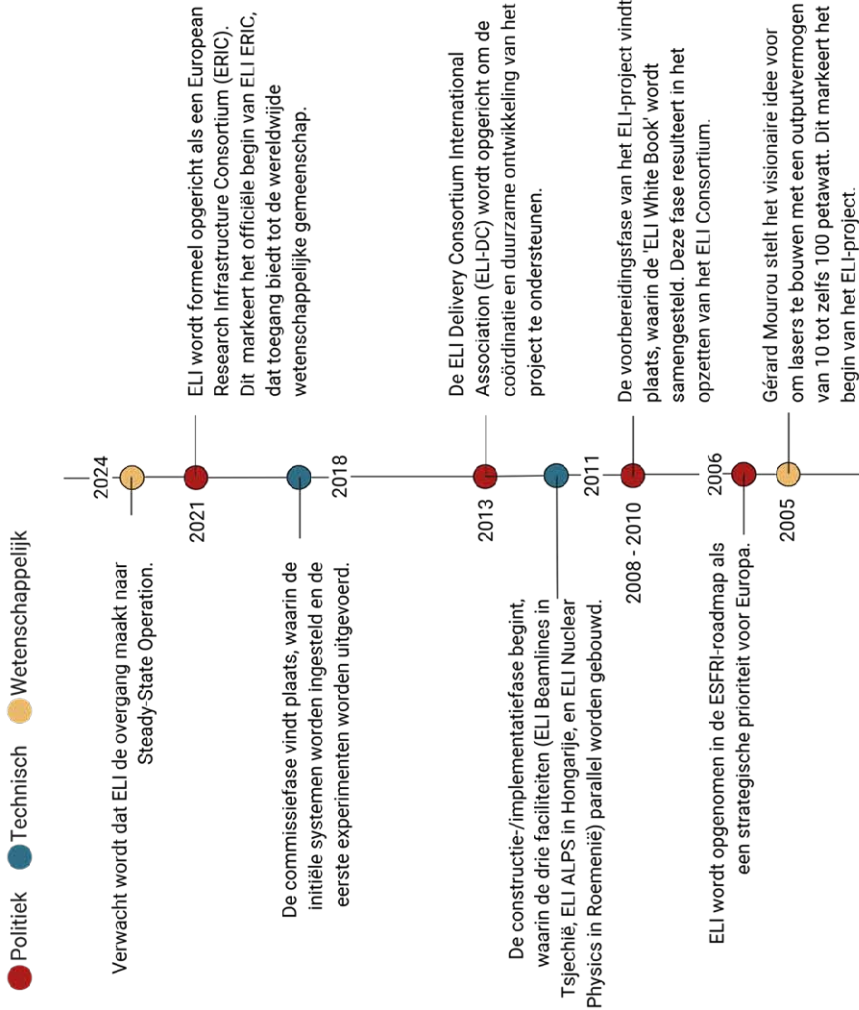


WETENSCHAPPELIJKE IMPACT

Aantal publicaties (door ELI ERIC faciliteiten)



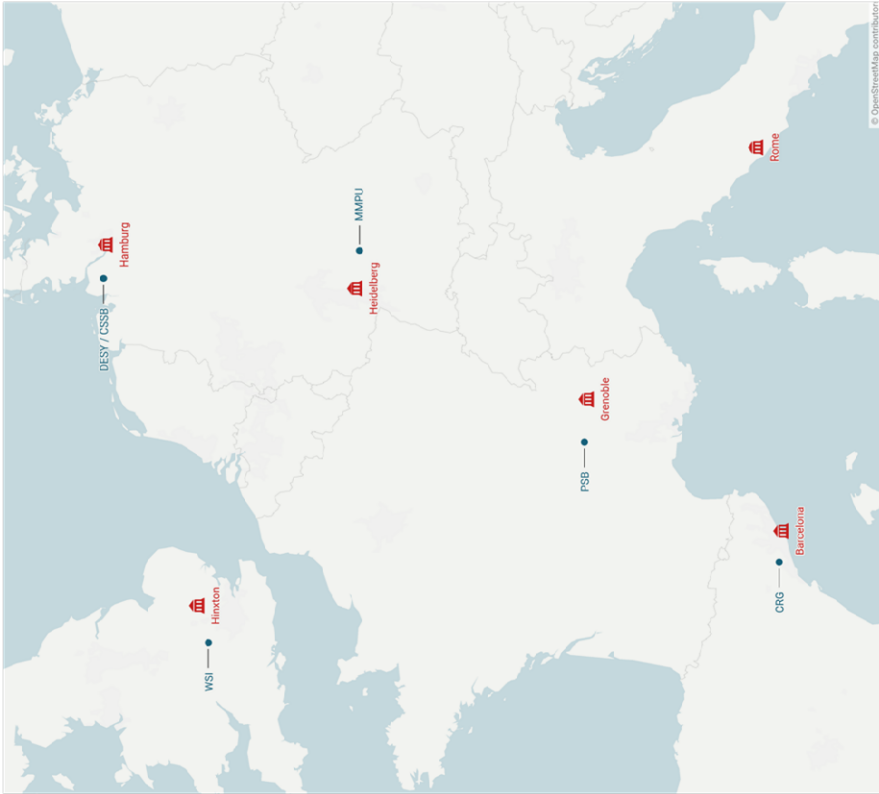
TIJDSLIJN





EUROPEAN MOLECULAR BIOLOGY LABORATORY (EMBL)

HELIKOPTERZICHT



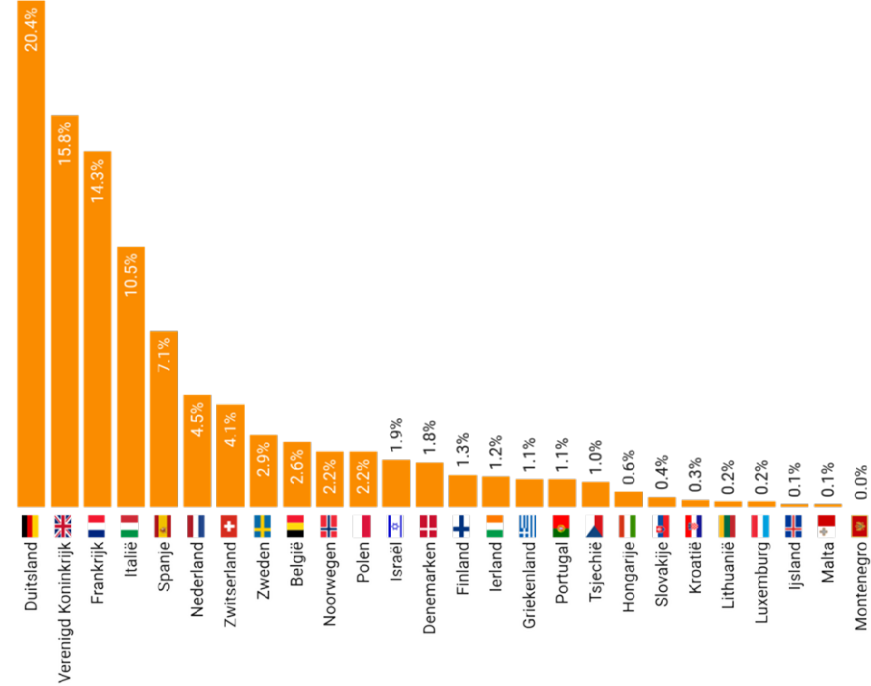
(*) Een verdere opsplitsing van het Ecosysteem van Rome, Heidelberg, Barcelona en Hinxton zijn terug te vinden op de volgende pagina. Het ecosysteem van Hamburg en Grenoble zijn terug te vinden bij de pagina's van XFEL en ESRF, respectievelijk

QUICK FACTS

Financiering
Operationeel budget van €315 miljoen, waarvan 40% gedragen door lidstaten.
Organisatievorm
EMBL is een intergouvernementele organisatie die wordt ondersteund door 27 Europese lidstaten en twee geassocieerde lidstaten.
Aantal werknemers on-site
1,986
Oprichtingsjaar
1974
Aantal lidstaten
27
Aantal wetenschappelijke publicaties (2023)
854
Vestigingslocatie & onderzoek per locatie
Heidelberg (DUI): Hoofdvestiging van EMBL
Hamburg (DUI): Focus op structurele biologie & functionering van biomoleculen
Grenoble (FR): Focus op structural biology
Hinxton (VK) (EMBL-EBI): Focus op bioinformatica & databeheer
Rome (IT): Focus op epigenetica en neurobiologie

Barcelona (ES): Focus op weefselbiologie en ziektemodellen

KOSTENVERDELING (*)

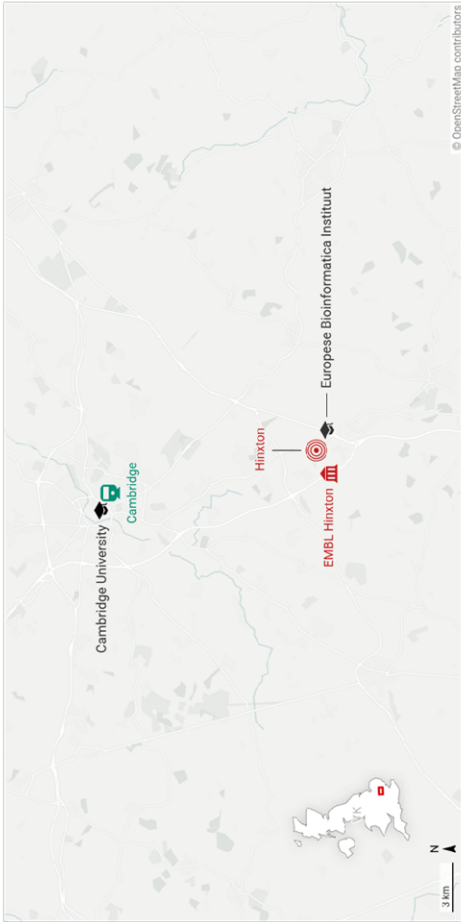


(*) Deze percentages zijn een weergave van de jaarlijkse bijdragen (anno 2022) van de verschillende lidstaten aan het EMBL project.

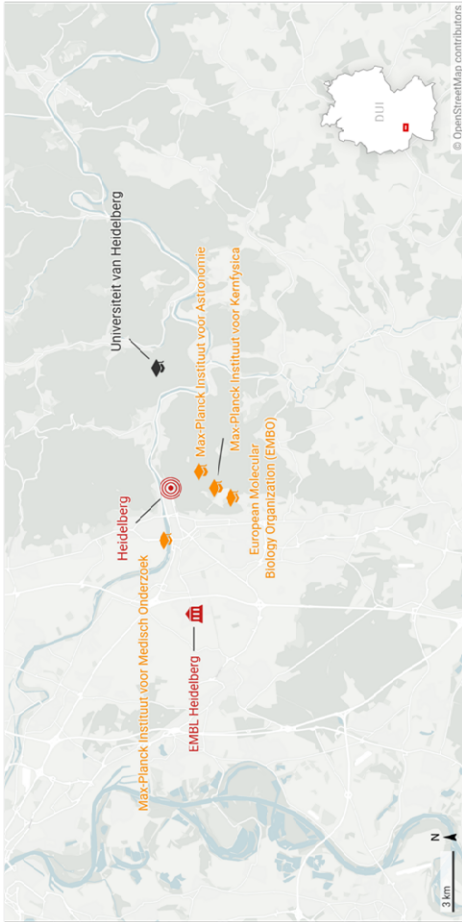


EUROPEAN MOLECULAR BIOLOGY LABORATORY (EMBL)

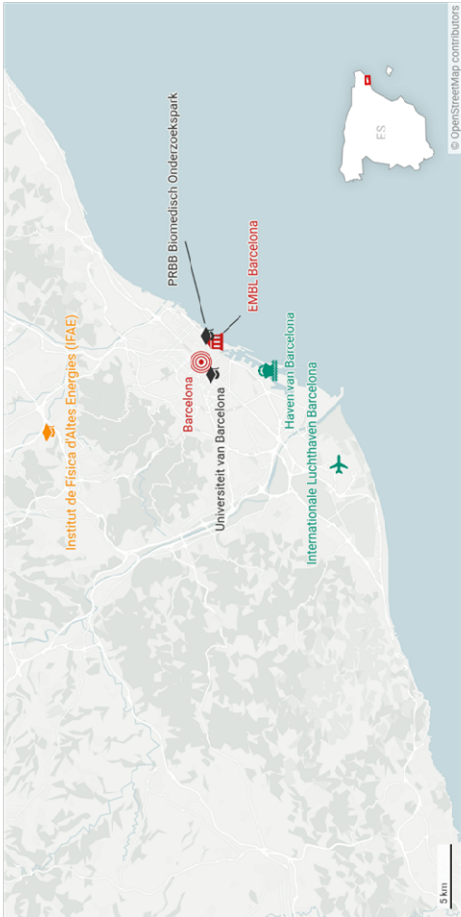
ECOSYSTEEM HINXTON



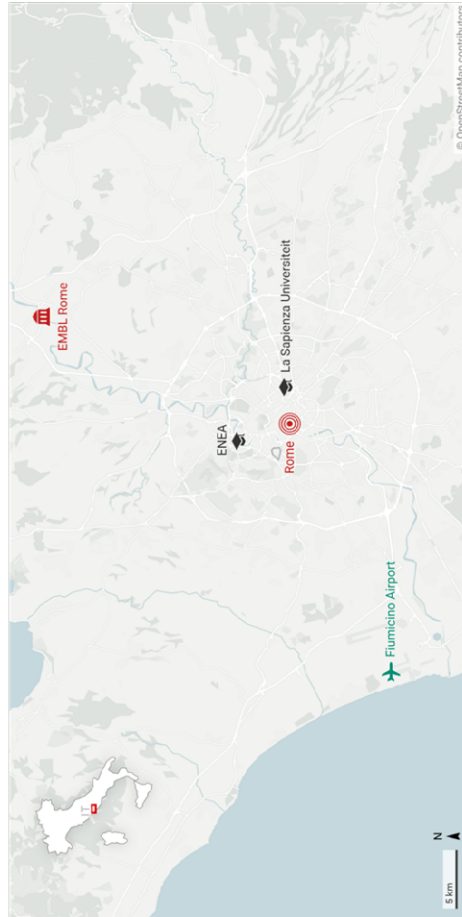
ECOSYSTEEM HEIDELBERG



ECOSYSTEEM BARCELONA



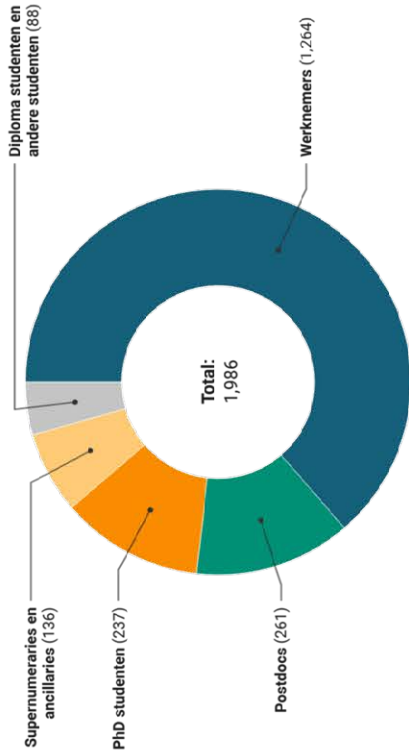
ECOSYSTEEM ROME



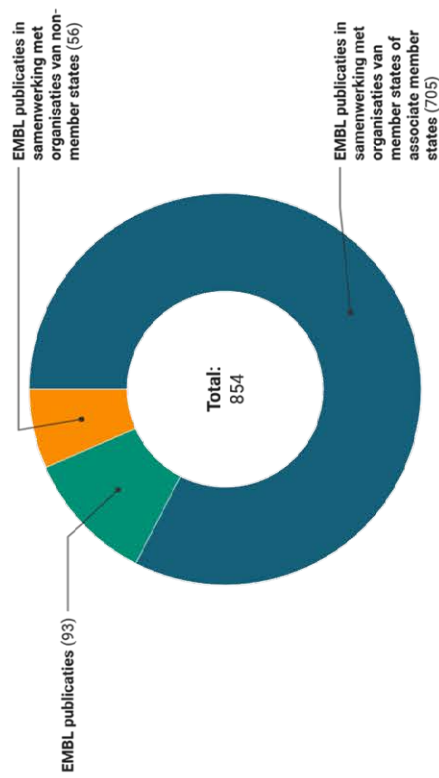


EUROPEAN MOLECULAR BIOLOGY LABORATORY (EMBL)

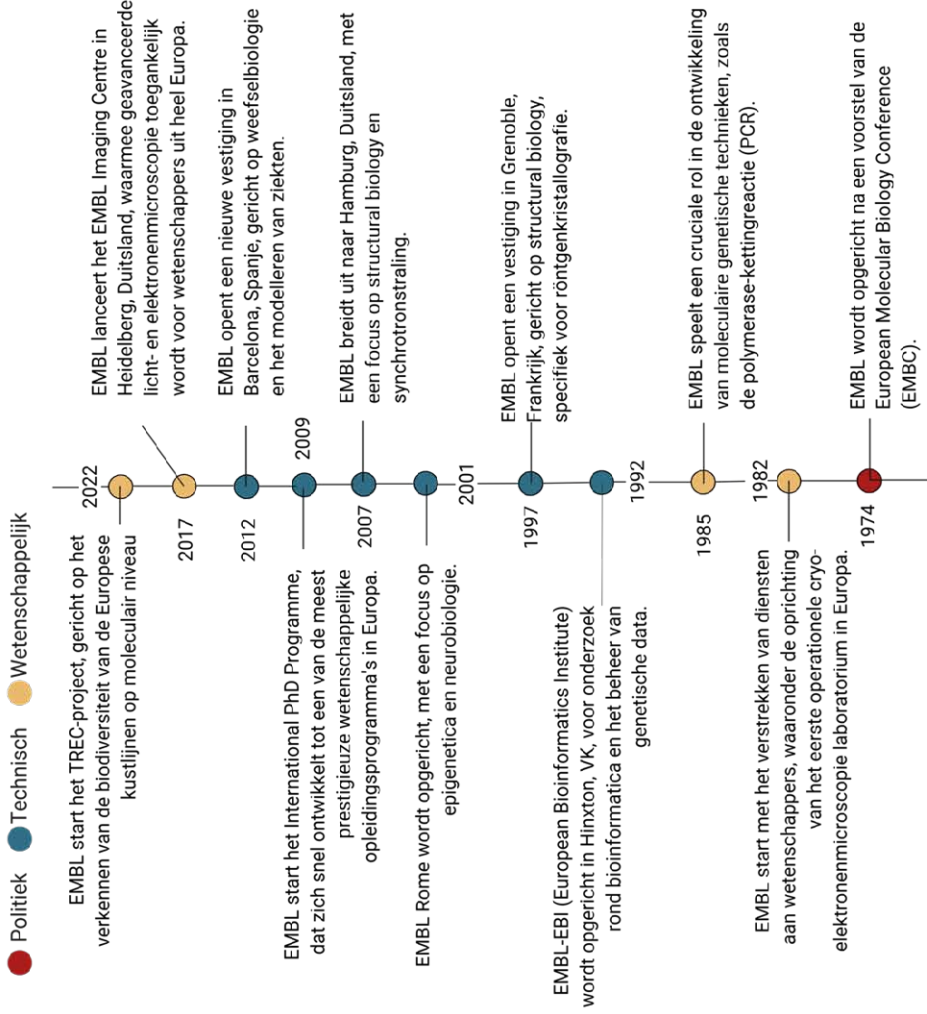
WERKNEMERS PER CATEGORIE (2022)



WETENSCHAPPELIJKE IMPACT (2022)



TIJDSLIJN



QUICK FACTS



Organisatievorm	Oprichtingsjaar	Aantal wetenschappelijke publicaties (2023)	Fair return principe?
IVZW onder Duits	2009	163	Onrechtstreeks via In-Kind Contributions

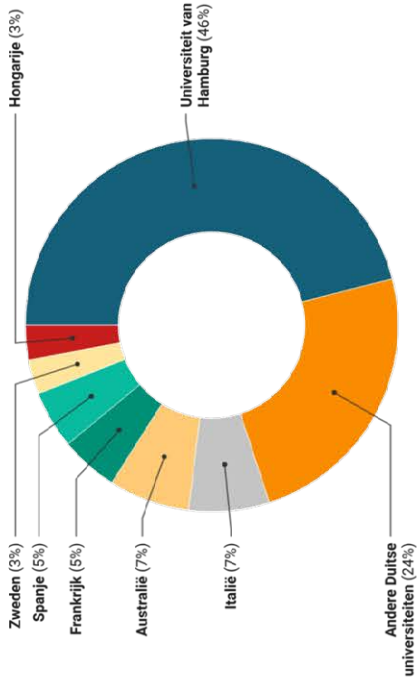
KOSTENVERDELING (*)



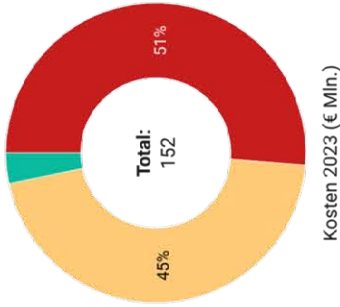
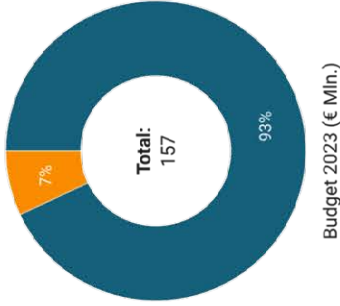


EUROPEAN X-RAY FREE-ELECTRON LASER (XFEL)

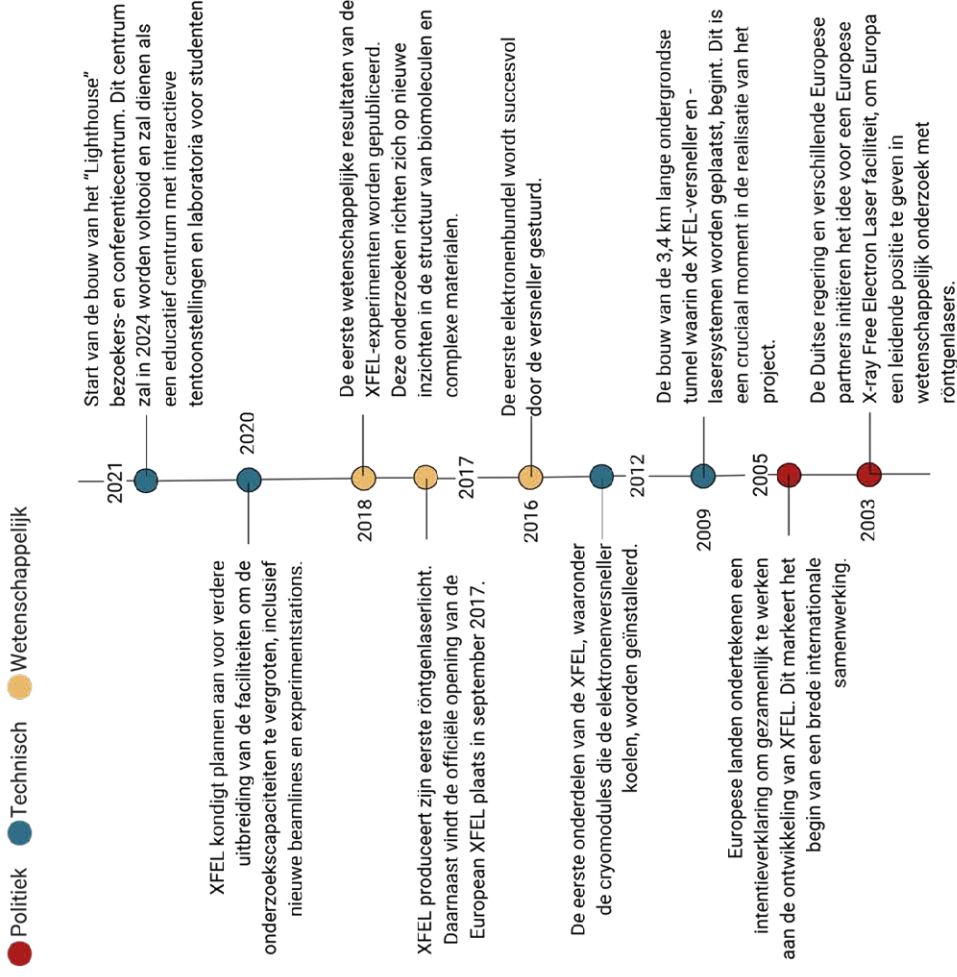
EUROPESE PHD STUDENTEN



BUDGET- EN KOSTENALLOCATIE 2023



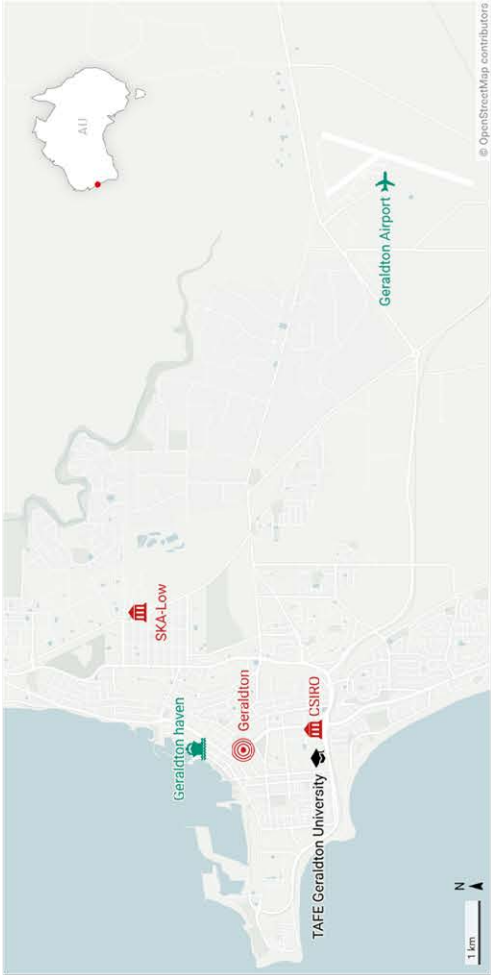
TIJDSLIJN





SQUARE KILOMETRE ARRAY OBSERVATORY (SKAO)

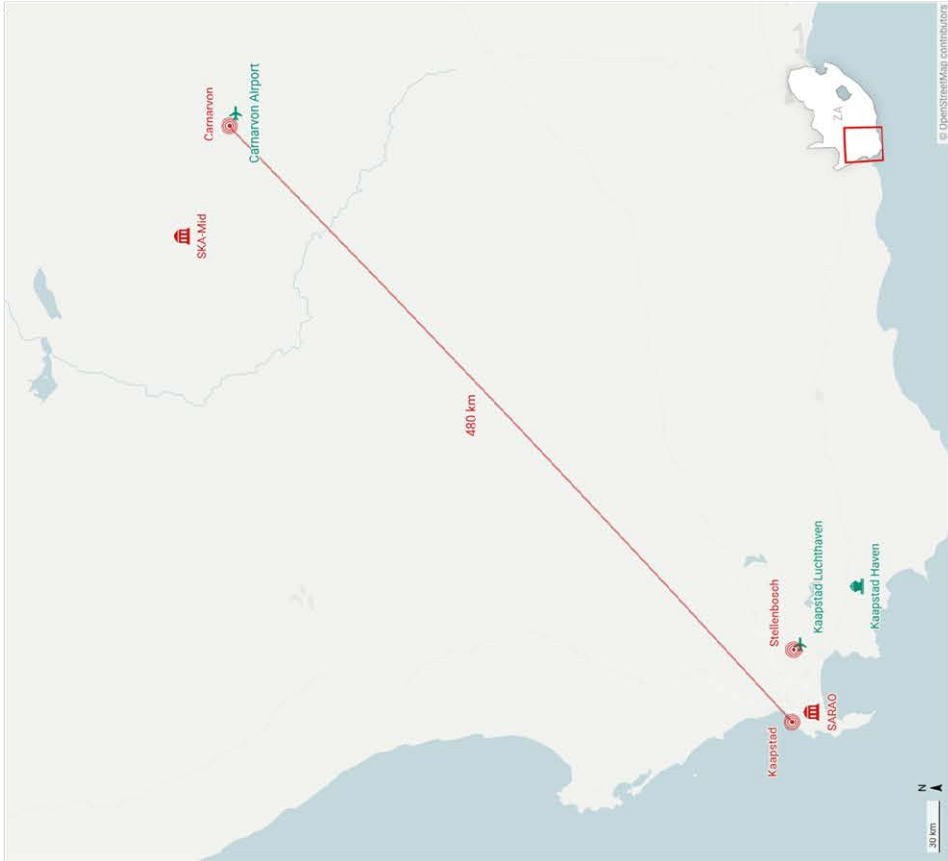
HELIKOPTERZICHT SKA-LOW



QUICK FACTS

Kosten	Onderzoek	Oprichtingsjaar	Aantal lidstaten	Vestigingslocatie
Infrastructuurkost: € 1,3 Mld. Operationele kost: € 70 Mln.	Fundamenteel onderzoek binnen de radio-astronomie (o.a. de oorsprong van het heelal, de evolutie van sterrenstelsels en de zoektocht naar buitenaards leven)	2021	8	Zuid-Afrika: SKA-mid; park van parabolische radio-antennes in de Karoo halfwoestijn, die werkzaam is in het middenfrequentiebereik (350 MHz - 15,3 GHz) Australië: SKA-low; park van dipoolantennes in het westen van Australië (Murchison), gericht op het laagfrequentiebereik (50 MHz - 350 MHz) Cheshire (VK): Hoofdkantoor van de SKAO International Organization
Organisatievorm	Fair return principe?			
Intergouvernementele organisatie	Aanwezig via de 'Fair Work Return'-clausule in het aanbestedingsbeleid			

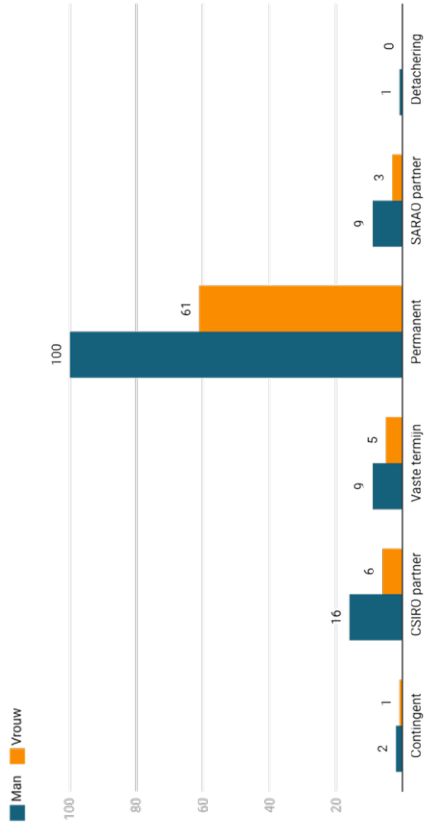
HELIKOPTERZICHT SKA-MID



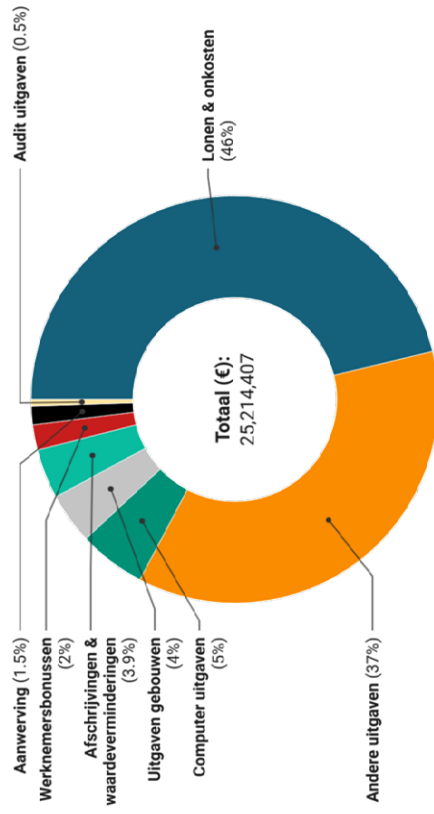


SQUARE KILOMETRE ARRAY OBSERVATORY (SKAO)

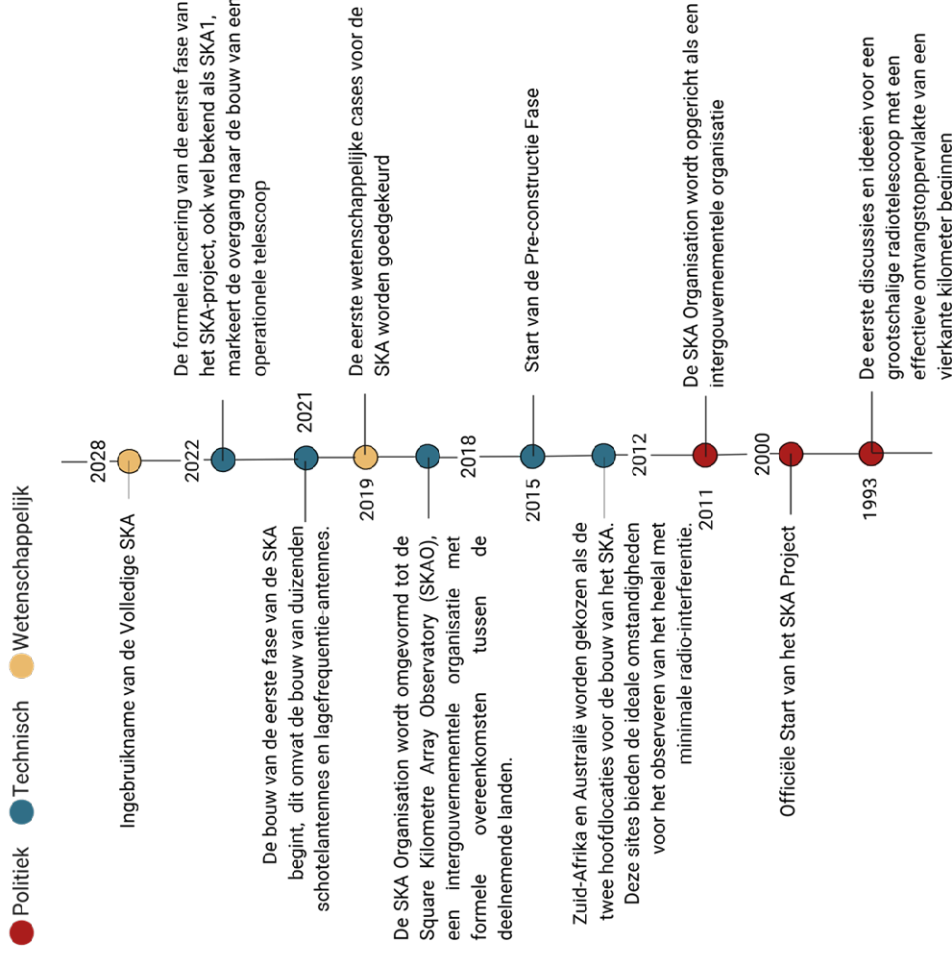
WERKNEMERS PER GESLACHT & CONTRACT TYPE



WERKINGSKOSTEN SKAO (*)



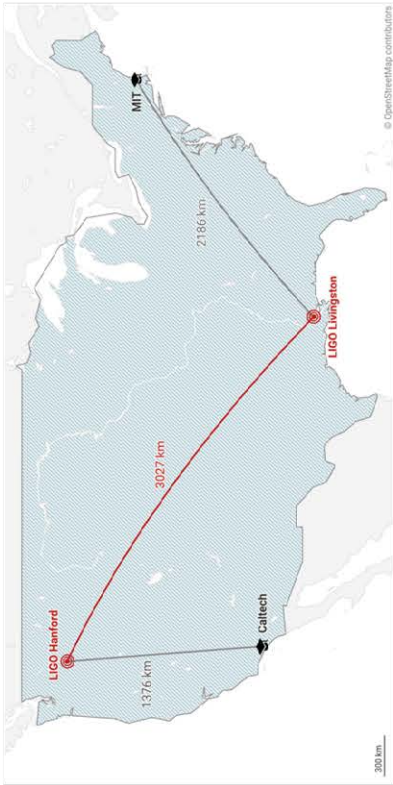
TIJDSLIJN





LIGO, VIRGO & KAGRA (LVK)

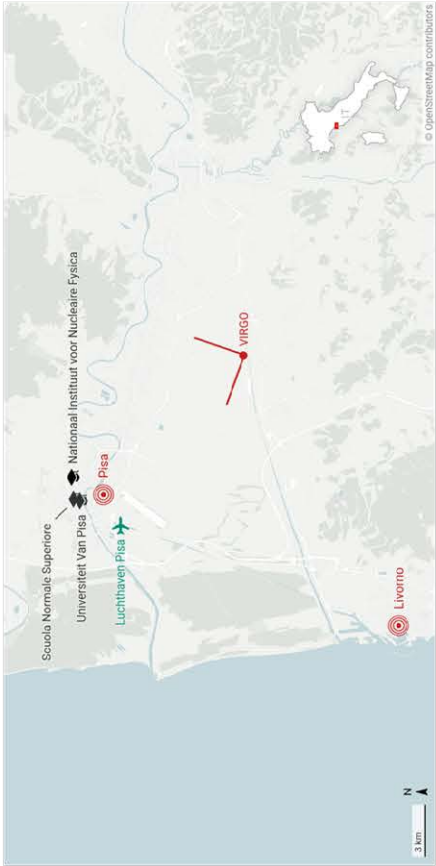
HELIKOPTERZICHT LIGO



QUICK FACTS

Kosten	Onderzoek	Aantal werknemers on-site	Aantal lidstaten	Vestigingslocatie
	LIGO, VIRGO en KAGRA zijn ontworpen om zwaarte krachtoegolven te detecteren, die rimpelingen in de ruimte zijn veroorzaakt door enorme kosmische gebeurtenissen zoals de botsing van zwarte gaten of neutronensterren	LIGO collaboration: >1000 wetenschappers VIRGO collaboration: > 700 leden KAGRA collaboration: > 400 leden		LIGO hoofdkantoor: de Verenigde Staten. VIRGO hoofdkantoor: Italië. KAGRA hoofdkantoor: Japan
Organisatievorm	Aantal wetenschappelijke publicaties (2023)	Fair return principe?	Oprichtingsjaar	
Intergouvernementele organisatie			LIGO: 1997 KAGRA: 1988	

HELIKOPTERZICHT VIRGO



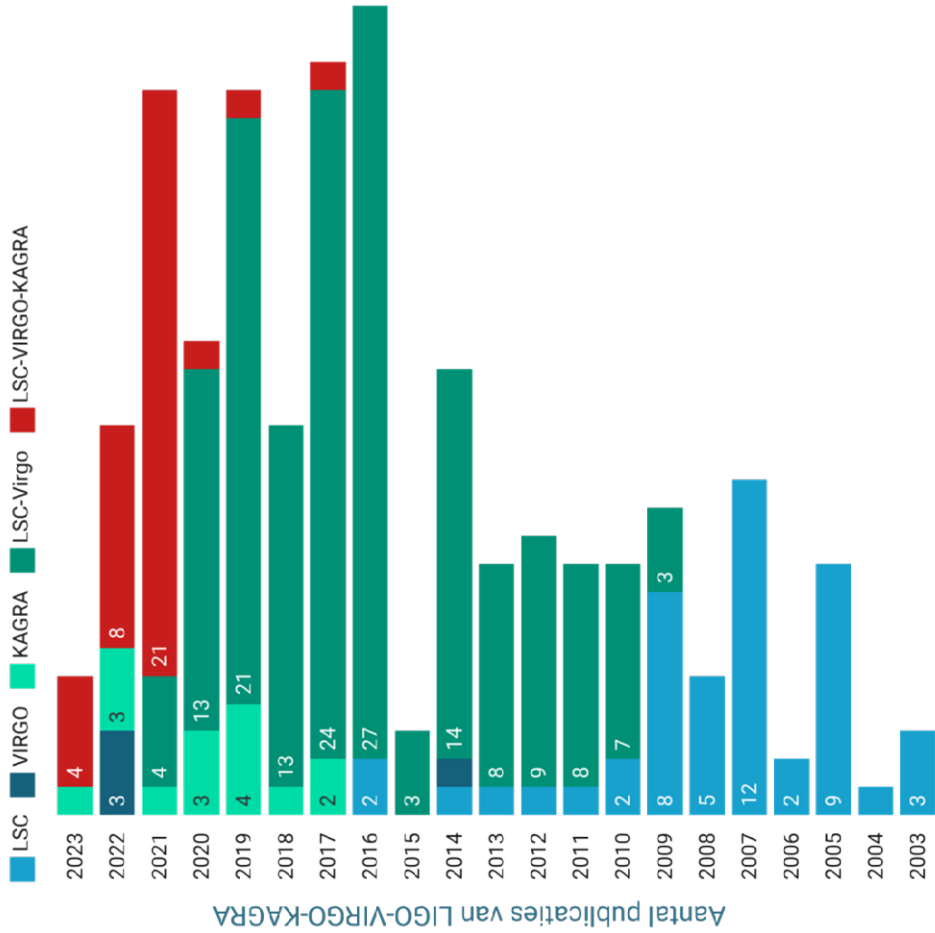
HELIKOPTERZICHT KAGRA



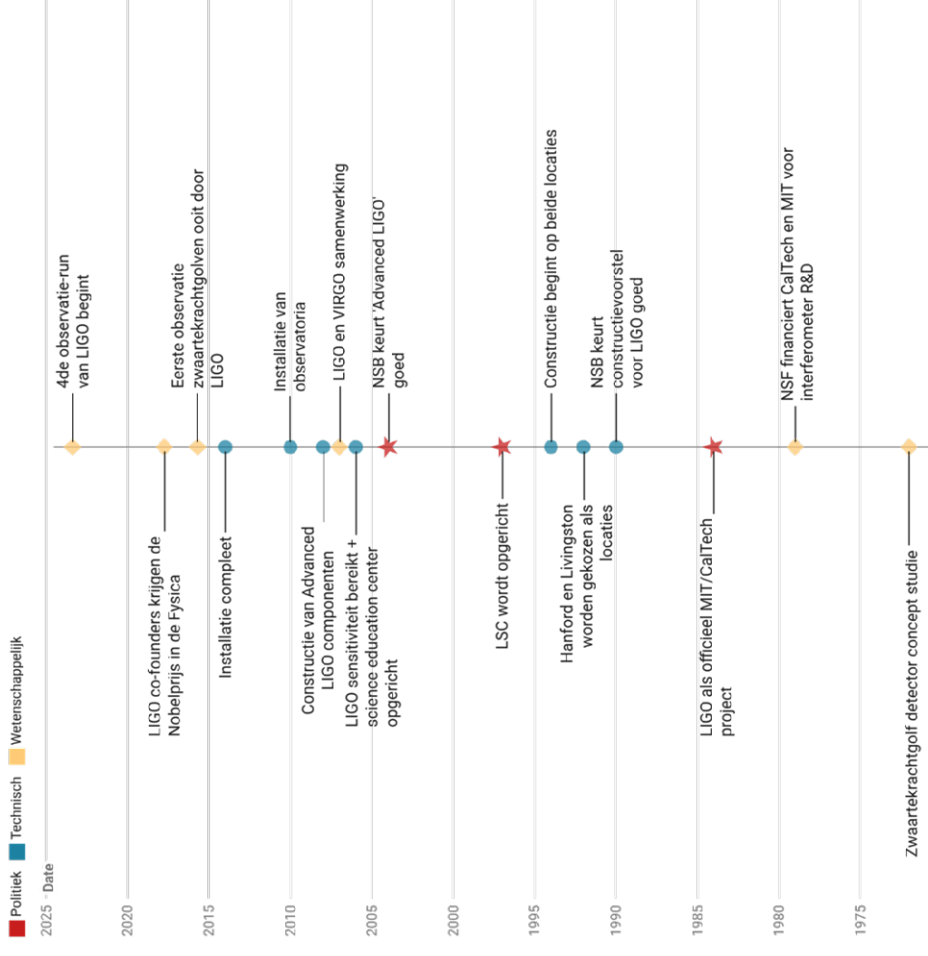


LIGO, VIRGO & KAGRA (LVK)

WETENSCHAPPELIJKE IMPACT

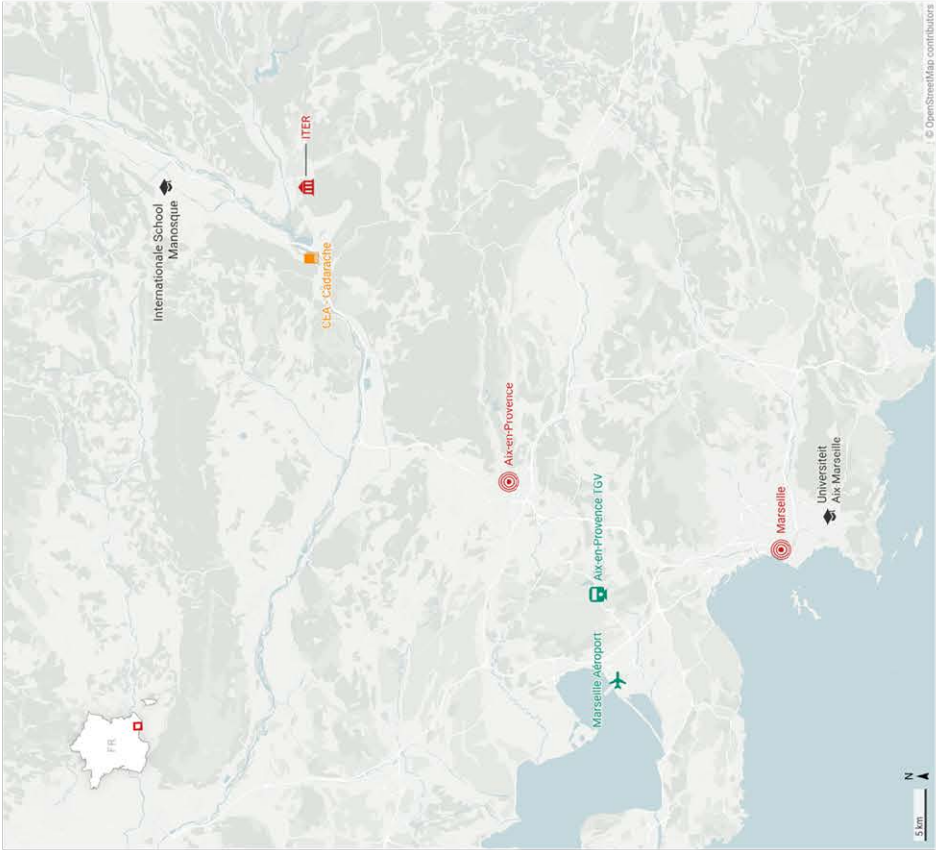


TIJDSLIJN



INTERNATIONAL THERMONUCLEAR EXPERIMENTAL REACTOR (ITER)

HELIKOPTERZICHT



QUICK FACTS

Kosten		Onderzoek	Aantal werknemers on-site	Aantal lidstaten	Vestigingslocatie	
Kostprijs installatie	Jaarlijks werkbudget	Haalbaarheid van kernfusie als duurzame bron van energie	Voorbereidingen: 1000 Constructie (2010-2014): 2500 Constructie (2014-2020): 1800	35	Saint-Paul-lès-Durance, Frankrijk.	
	18-22 € Mld.					
Organisatievorm	Oprichtingsjaar	Aantal wetenschappelijke publicaties (2023)		Fair return principe?		
	Internationale Organisatie	Voorbereidingen: 2007 Constructie: 2010				Onrechtstreeks via In-Kind Contributions
				167		

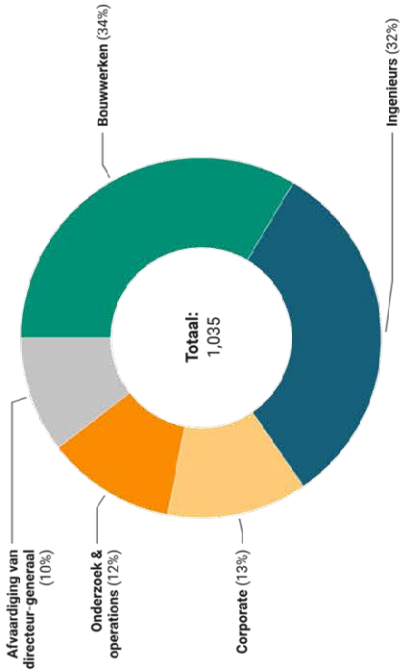
KOSTENVERDELING (*)

	Cash bijdrage		In-Kind bijdrage	
Euratom	43.6%	1875.3 € Mln.	897.8 € Mln.	
Japan	14.3%	333.5 € Mln.	574.2 € Mln.	
Korea	9.4%	341.0 € Mln.	257.7 € Mln.	
China	9.3%	338.2 € Mln.	254.9 € Mln.	
Rusland	8.6%	353.2 € Mln.	195.8 € Mln.	
India	7.6%	214.7 € Mln.	267.5 € Mln.	
VSA	7.1%	299.0 € Mln.	151.5 € Mln.	

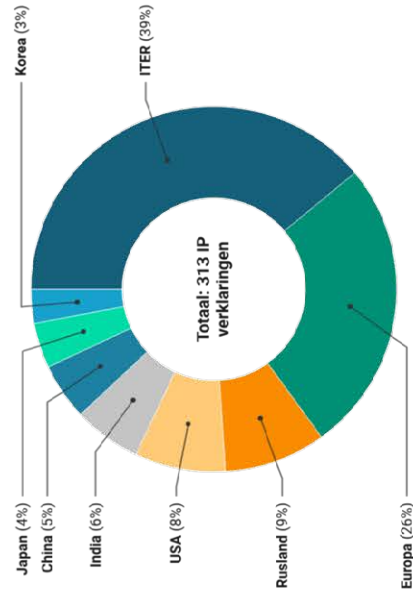
(*) De bedragen en percentages zijn een weergave van de cumulatieve bijdragen van de verschillende lidstaten aan de bouw van het ITER project

INTERNATIONAL THERMONUCLEAR EXPERIMENTAL REACTOR (ITER)

WERKNEMERS PER CATEGORIE

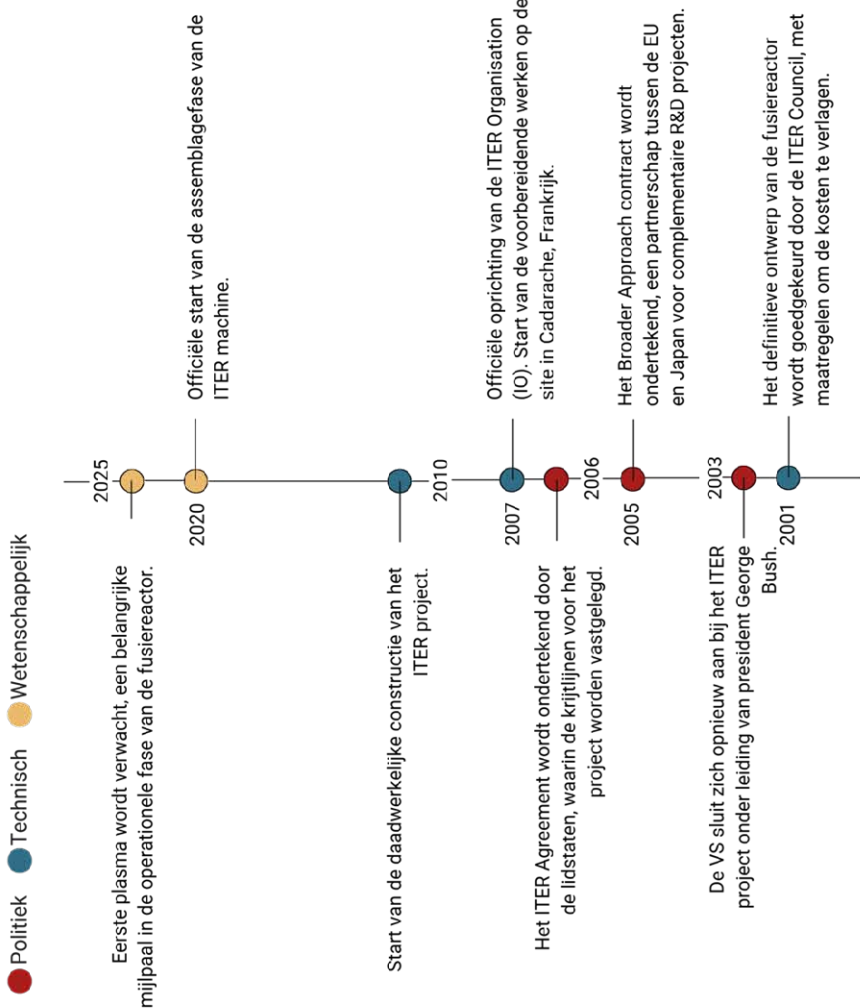


WETENSCHAPPELIJKE IMPACT (*)



(*) Deze percentages zijn een weergave van het aantal intellectueel eigendom verklaringen per land, cumulatief over de looptijd van het project (tot en met 2022)

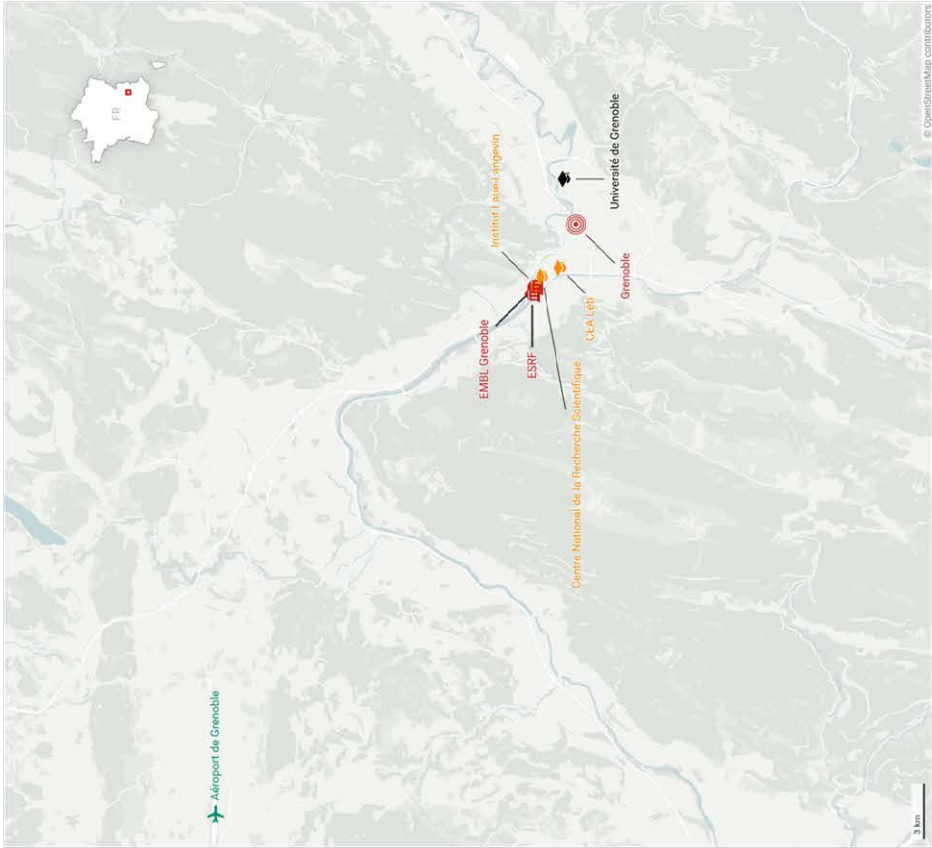
TIJDSLIJN





INSTITUUT LAUE LANGEVIN (ILL)

HELIKOPTERZICHT ILL

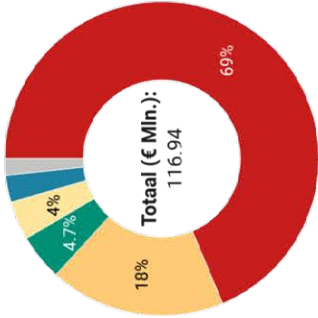


QUICK FACTS

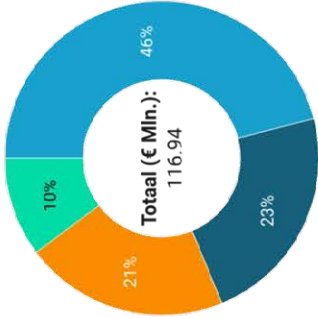
Kosten	Onderzoek	Aantal werknemers on-site	Aantal lidstaten	Vestigingslocatie
Operationeel budget: € 90 Mln.	Het ILL is gespecialiseerd in onderzoek met neutronen, met toepassingen in onder andere fysica, chemie, biologie, en materiaalwetenschappen.	Meer dan 1600 onderzoekers uit 40 verschillende landen kwamen in 2023 naar het ILL om er onderzoek te doen.	3 geassocieerde staten en 12 lidstaten	Grenoble, Frankrijk
Organisatievorm	Aantal wetenschappelijke publicaties (2023)		Fair return principe?	Oprichtingsjaar
Intergouvernementele organisatie	In 2023 zijn er 461 wetenschappelijke publicaties geregistreerd, waarvan 108 in gerenommeerde tijdschriften.		Ja	1967

WERKINGSBUDGET & KOSTENPOSTEN (2023)

- Contributies van geassocieerden leden
- Voortgedragen van 2022
- Personeelskosten
- Contributies van wetenschappelijke leden
- Reserven en cash
- Operationele kosten
- Eigen inbreng
- Contributies van lokale autoriteiten
- Investeringskosten
- Brandstofcyclus



Budget 2023

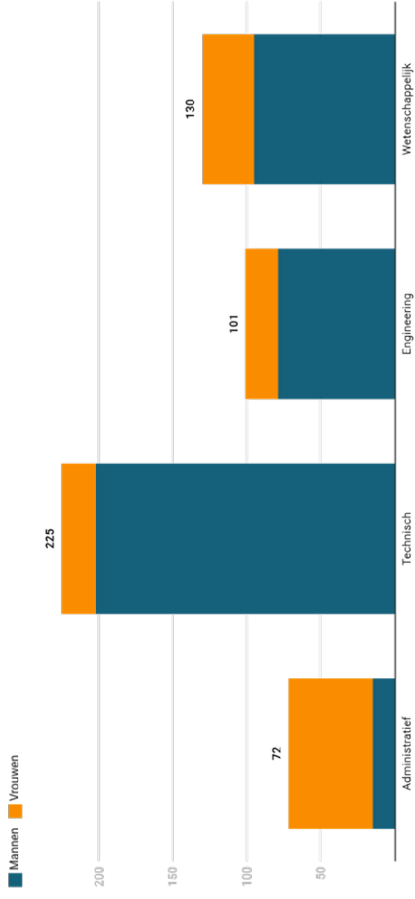


Kosten 2023

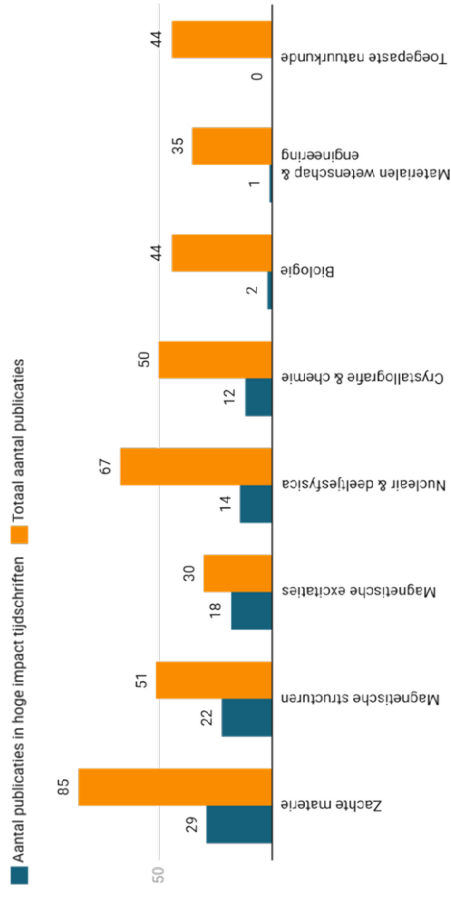


INSTITUUT LAUE LANGEVIN (ILL)

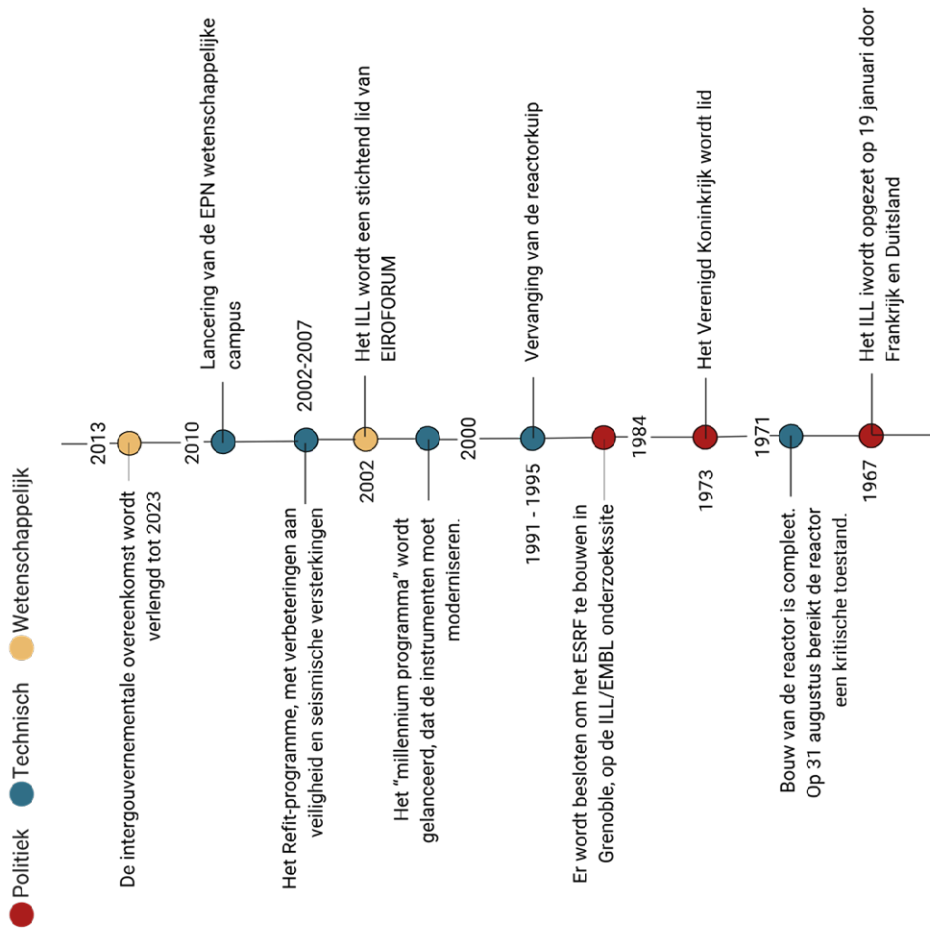
WERKNEMERS PER CATEGORIE & GESLACHT



WETENSCHAPPELIJKE IMPACT (2023)



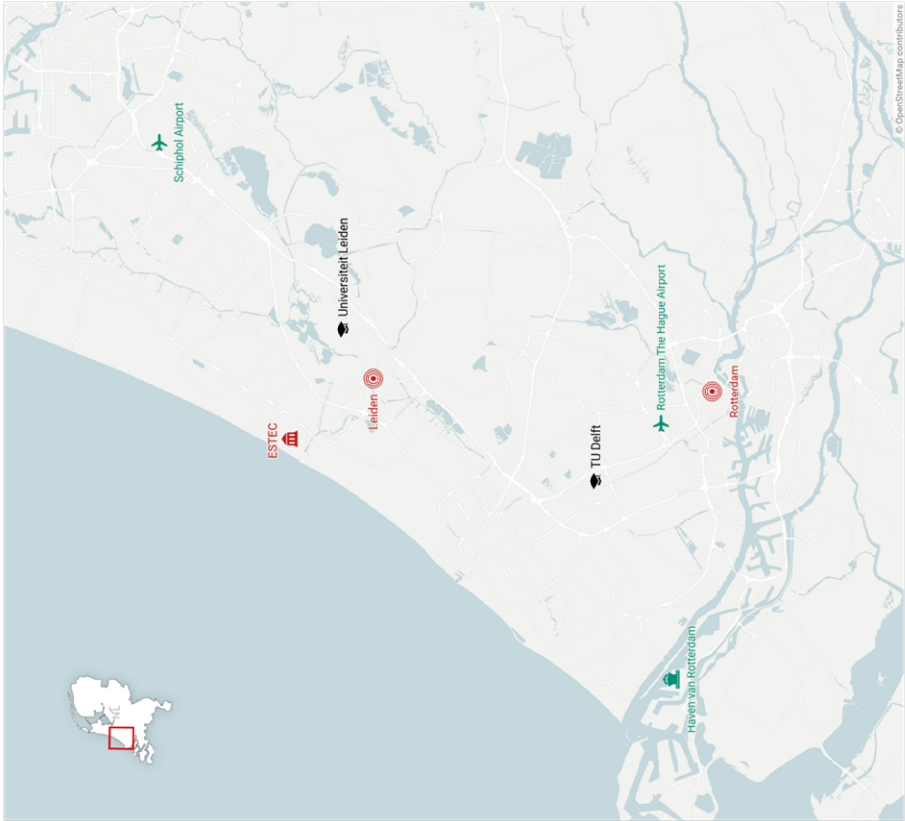
TIJDSLIJN





EUROPEAN SPACE AGENCY (ESA)

ECOSYSTEEM ESA

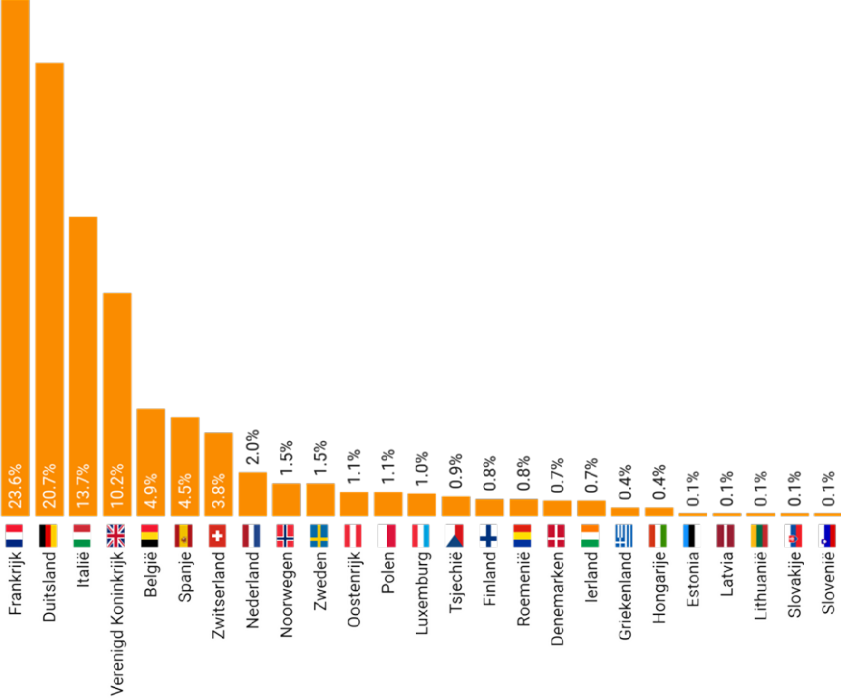


QUICK FACTS

Financiering	In totaal werd er in 2022 een budget voorzien van 7.3 B€, waarvan 5B€ bestaat uit contributies van de lidstaten en de geassocieerde lidstaten.
Organisatievorm	De European Space Agency (ESA) is een intergouvernementele organisatie.
Aantal werknemers on-site	ESA heeft meer dan 5000 werknemers
Oprichtingsjaar	Aantal lidstaten
1975	22
Fair-return principe?	ESA werkt met een geografische return, het investeert in elke lidstaat via industriële contracten voor ruimteprogramma's even veel als de lidstaat bijdraagt.
Vestigingslocatie & onderzoek per locatie	ESA voert onderzoek uit in verschillende domeinen, waaronder aardobservatie, ruimteverkenning, wetenschappelijke missies, telecommunicatie, en veiligheid in de ruimte. Ze spelen ook een cruciale rol in klimaatmonitoring door middel van hun aardobservatiesatellieten.

- ESA heeft verschillende belangrijke locaties in Europa:
- Hoofdkantoor: Parijs, Frankrijk
 - ESTEC: Noordwijk, Nederland (technisch centrum)
 - ESOC: Darmstadt, Duitsland (ruimtevaartoperaties)
 - ESRIIN: Frascati, Italië (aardobservatie)
 - EAC: Keulen, Duitsland (astronautentraining)

KOSTENVERDELING (*)

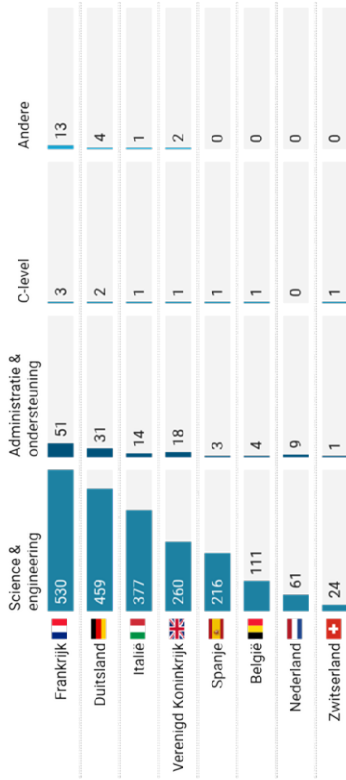


(*) Deze percentages zijn een weergave van de jaarlijkse bijdragen (anno 2022) van de verschillende lidstaten aan het ESA project.

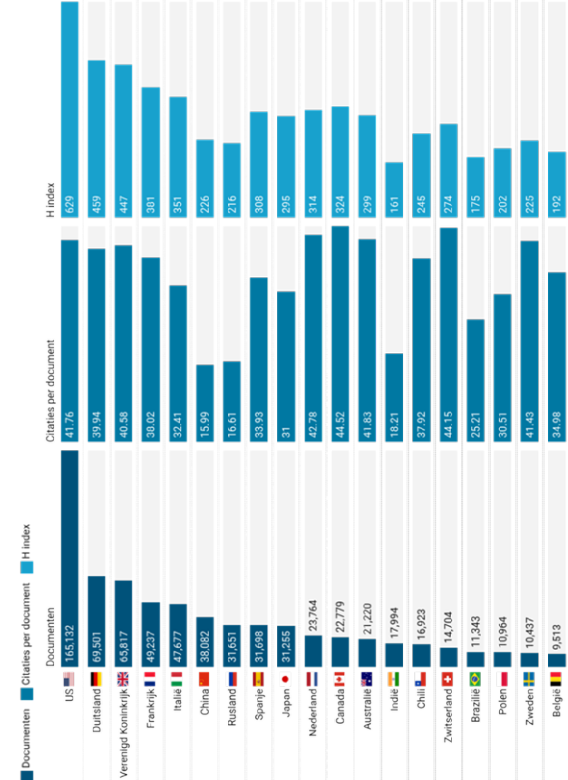


EUROPEAN SPACE AGENCY (ESA)

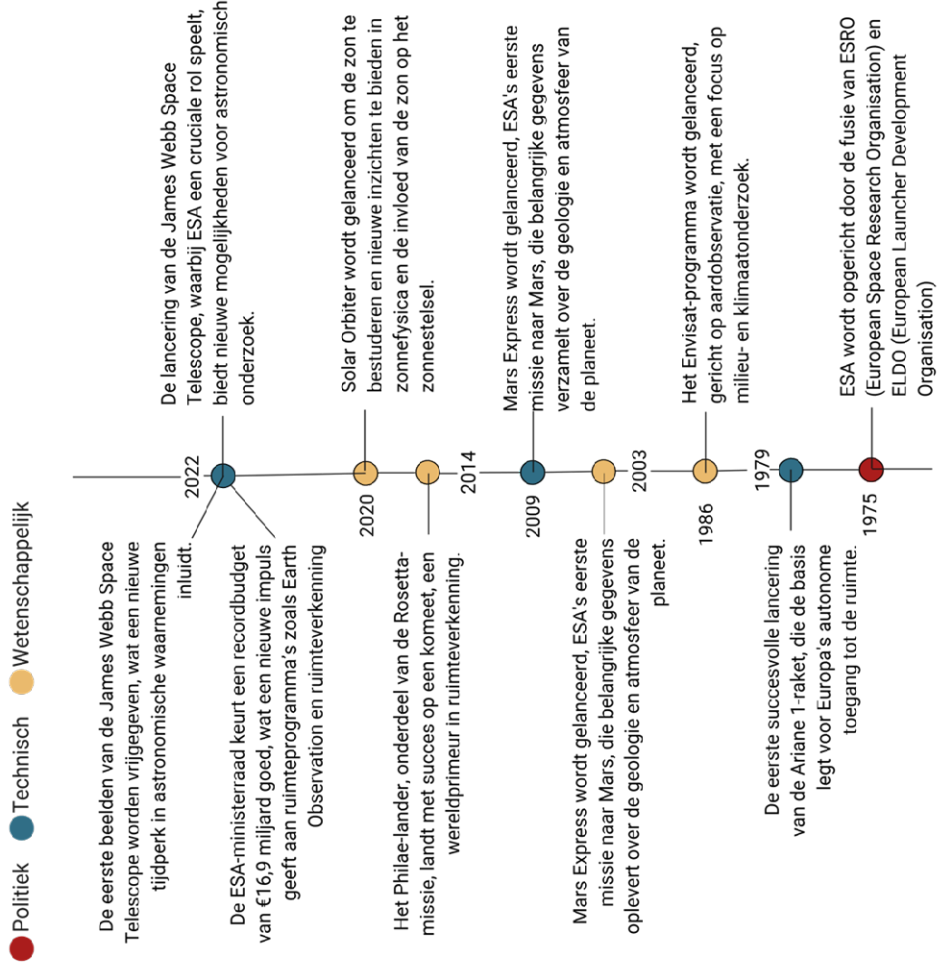
WERKNEMERS PER LAND & DEPARTEMENT (2022)



WETENSCHAPPELIJKE IMPACT



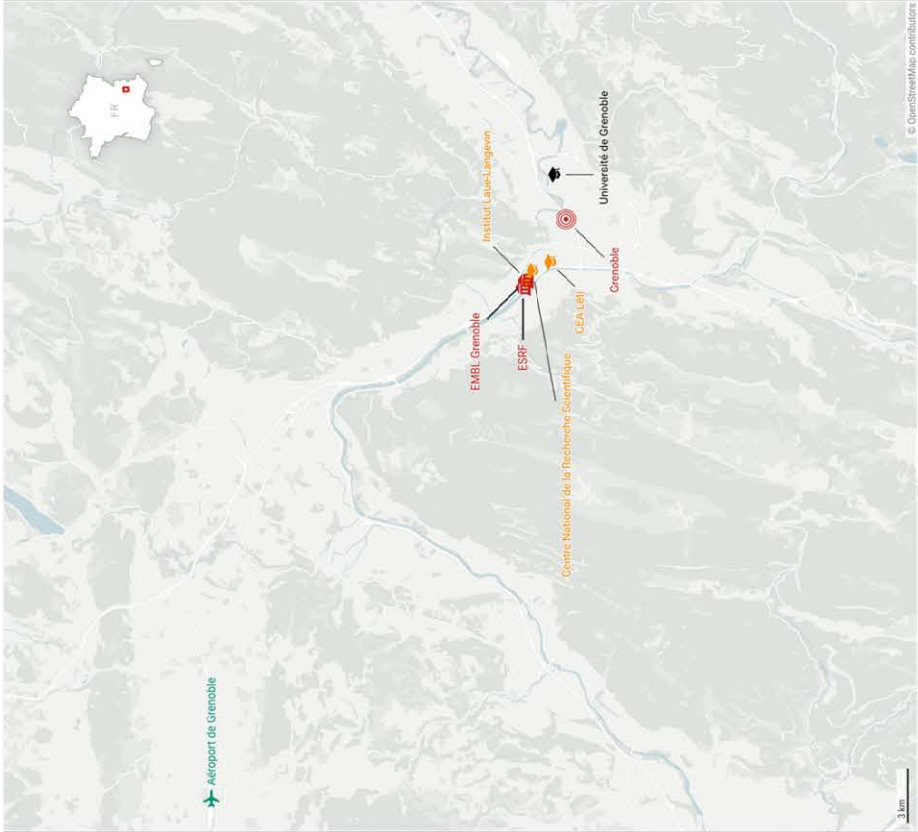
TIJDSLIJN





EUROPEAN SYNCHROTRON RADIATION FACILITY (ESRF)

ECOSYSTEEM ESRF



QUICK FACTS

Kosten	Onderzoek	Aantal werknemers on-site	Aantal lidstaten	Vestigingslocatie
Infrastructuurkosten: €150 Min. (laatste upgrade) Operationele kost: € 100 Min./y	ESRF biedt geavanceerde technieken zoals X-ray diffractie, spectroscopie en imaging om wetenschappelijke vragen in deze domeinen te onderzoeken.	700 werknemers, van over meer dan 40 landen	13 deelnemende lidstaten, 8 geassocieerde lidstaten	Grenoble, Frankrijk
Organisatievorm	Aantal wetenschappelijke publicaties (2023)		Fair return principe?	Oprichtingsjaar

ESRF is een internationale onderzoeksfaciliteit die wordt gefinancierd en bestuurd door een consortium van Europese landen en enkele niet-Europese partners. Het wordt gerund door ESRF GmbH.

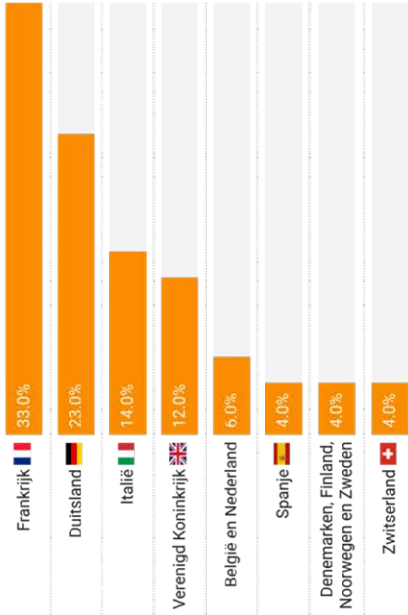
Meer dan 37,000 wetenschappelijke publicaties sinds 1994, circa 2000 wetenschappelijke publicaties per jaar

?

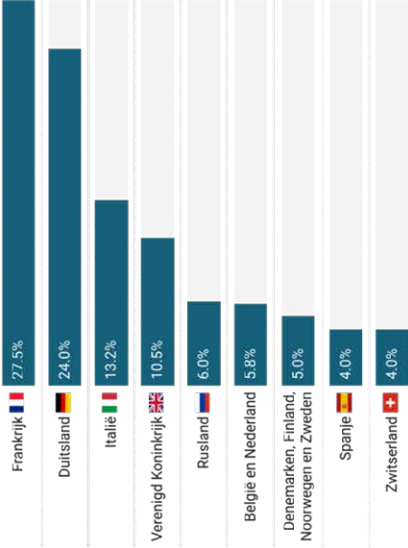
1988

KOSTENVERDELING (*)

Bijdrage tot bouwkosten



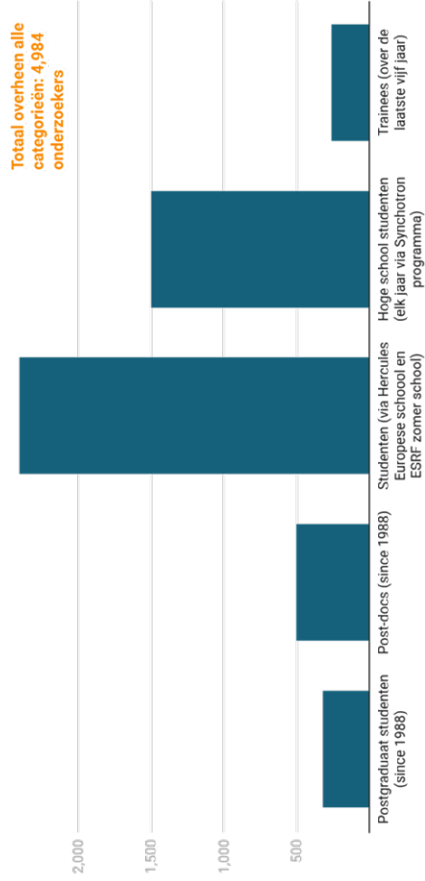
Bijdrage tot operationele kosten



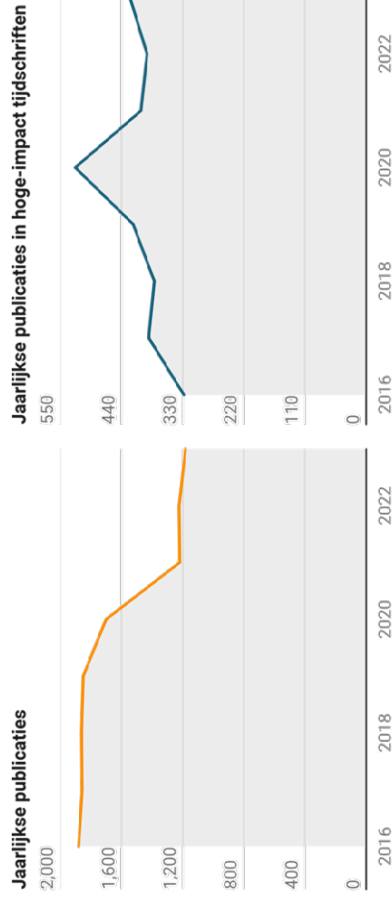


EUROPEAN SYNCHROTRON RADIATION FACILITY (ESRF)

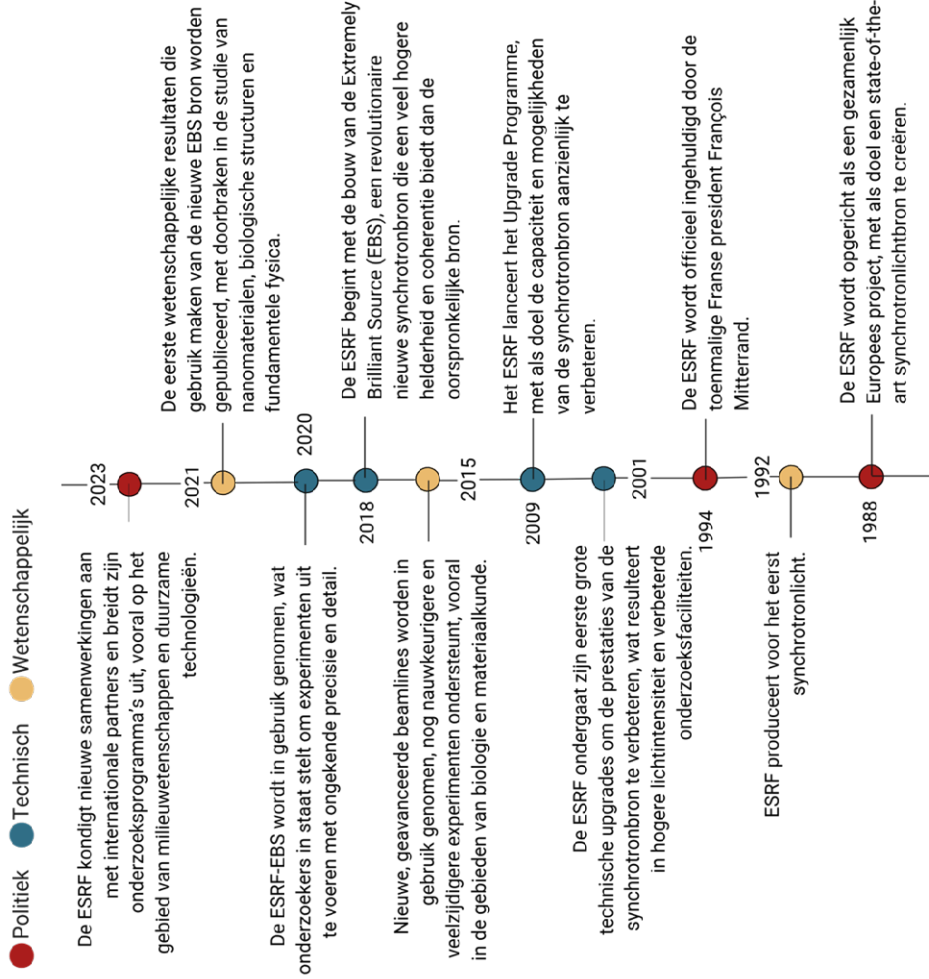
TYPE STUDENTEN BIJ DE ESRF



WETENSCHAPPELIJKE IMPACT



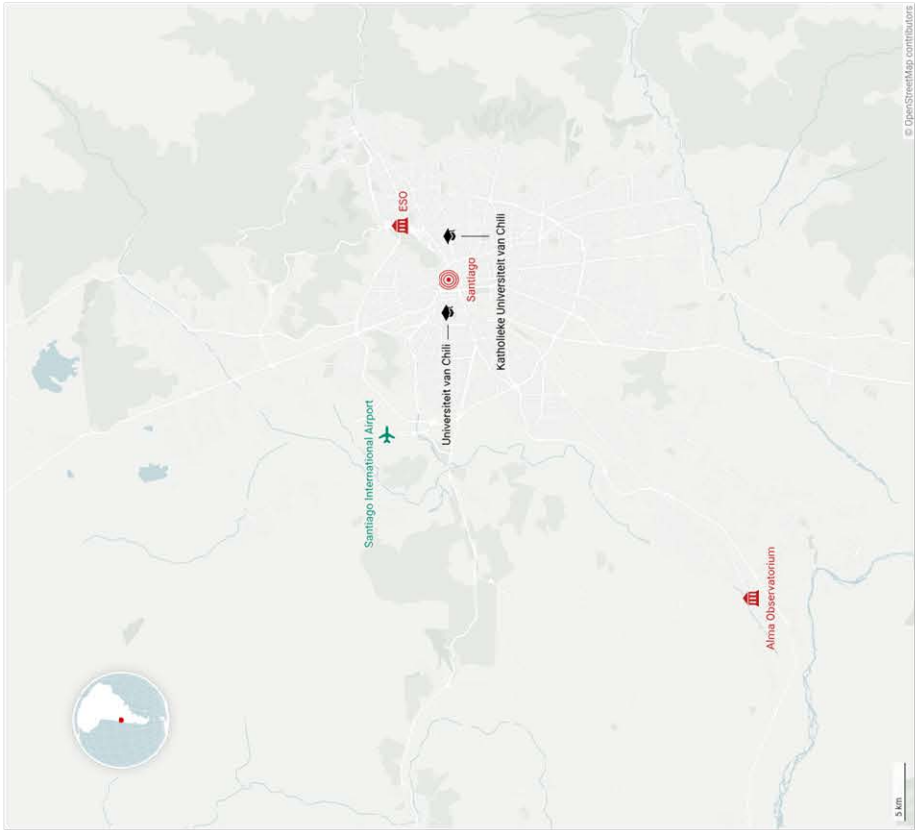
TIJDSLIJN





EUROPEAN SOUTHERN OBSERVATORY (ESO)

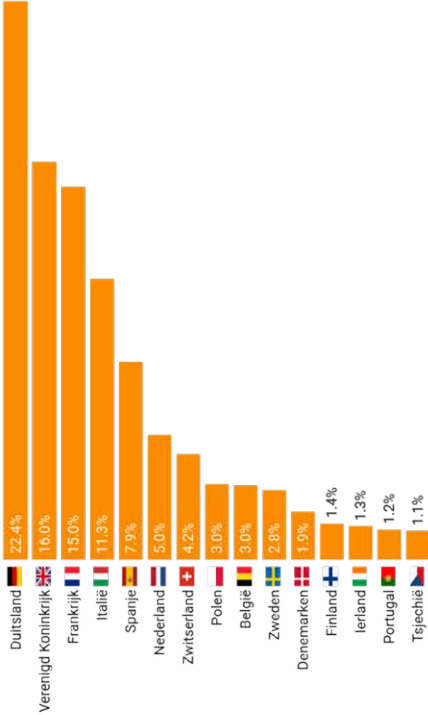
ECOSYSTEEM ESO



QUICK FACTS

Kosten	Onderzoek	Aantal werknemers on-site	Aantal lidstaten	Vestigingslocatie
Infrastructuurkosten ELT: 1,45 € Mld. Operationele kost: 50 € Mln.	ESO voert astronomisch onderzoek uit met een focus op de oorsprong en evolutie van sterren, planeten en sterrenstelsels, evenals onderzoek naar donkere materie en energie.	Meer dan 700 medewerkers uit meer dan 30 verschillende landen	16 lidstaten plus Chili als gastland en Australië als strategische partner	Hoofdkantoor in Garching, Duitsland; observatoria in La Silla, Paranal, en Chajnantor in de Chileense Atacama-woestijn
Organisatievorm	Aantal wetenschappelijke publicaties (2023)		Fair return principe?	Oprichtingsjaar
Internationale Organisatie (IO)	Het totale aantal datagerelateerde artikelen opgenomen in de ESO Telescope Bibliography (telbib), gepubliceerd tussen 1996 en 2022, is gestegen tot 19.500. In 2022 publiceerde de ESO-gemeenschap opnieuw meer dan 1000 wetenschappelijke artikelen die gebruikmaken van gegevens van ESO-faciliteiten		Impliciet vastgelegd in oprichtingsverdrag	1962

KOSTENVERDELING (*)

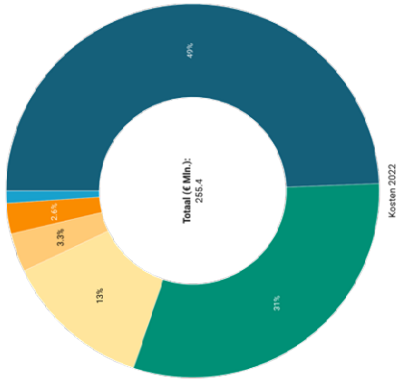
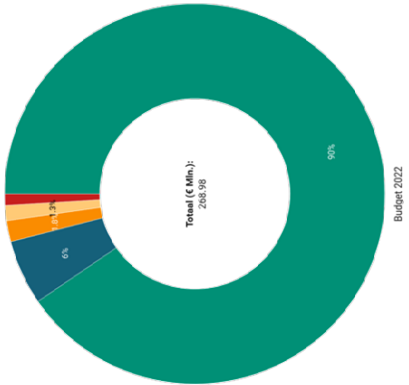


(*) Deze percentages zijn een weergave van de jaarlijkse bijdragen aan het ESO van de verschillende lidstaten in 2021

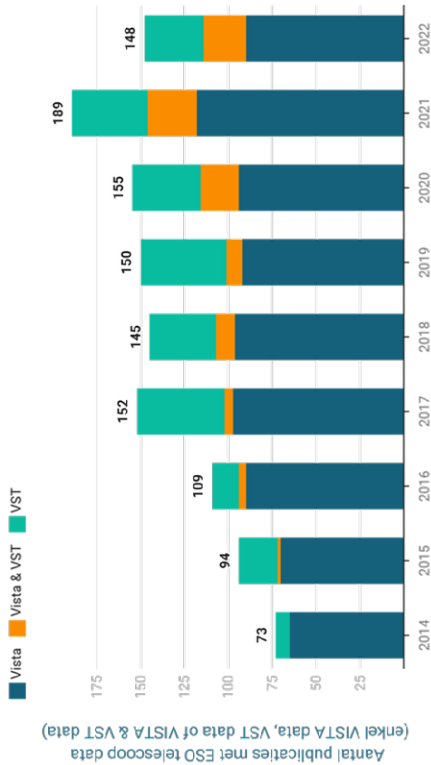


EUROPEAN SOUTHERN OBSERVATORY (ESO)

WERKINGSBUDGET & KOSTENPOSTEN (2022)

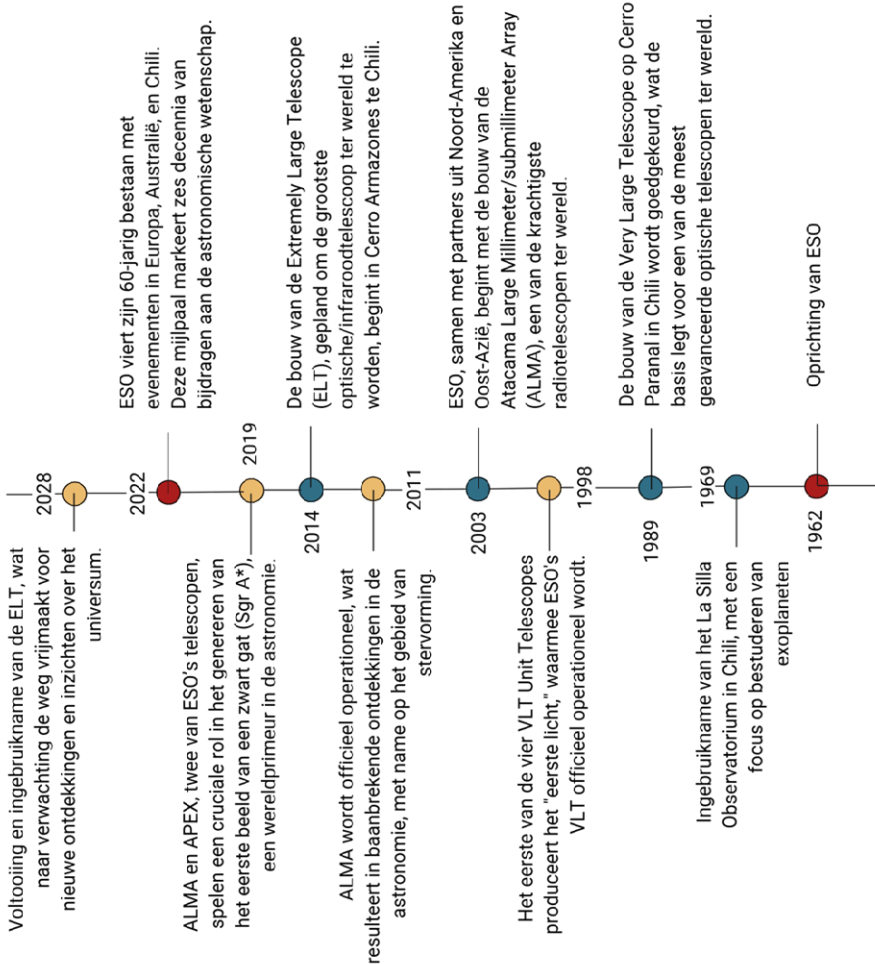
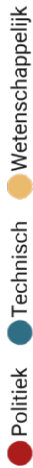


WETENSCHAPPELIJKE IMPACT



Aantal publicaties met ESO telescoop data (enkel VISTA data, VST data of VISTA & VST data)

TIJDSLIJN



METHODIEK EN UITGEBREIDE RESULTATEN IO-ANALYSE

PRODUCTIEWAARDEN

TABEL 8 toont de geschatte productiewaarden voor Vlaanderen in verschillende scenario's voor de bouw van ET, als resultaat van de I/O-analyse. In de tabel wordt het onderscheid gemaakt tussen de vijf eerder besproken scenario's, waarbij voor elk scenario de directe productie, de directe en indirecte productie, en de geïnduceerde productie worden weergegeven, zowel voor de totale bouwphase als voor de totale operationele fase over een periode van 30 jaar (waarbij dus met andere woorden vijf keer met een zesjarige operationele cyclus werd gewerkt).

Zoals enigszins te verwachten, genereert de Vlaamse valorisatiestrategie de hoogste economische impact. Dit scenario heeft de hoogste productiewaarden in zowel de bouwphase als de operationele fase, vermits er dankzij de hogere competitiviteit van Vlaamse bedrijven een hogere productiewaarde van ET aan de Vlaamse economie wordt uitbesteed. De Vlaamse valorisatiestrategie levert bijna dubbel zo veel economische impact op in vergelijking met het Basis-scenario. Ook het verschil met het worst-case scenario is significant. De Vlaamse valorisatiestrategie levert hogere productiewaarden in alle categorieën (directe productie, directe en indirecte productie, en geïnduceerde productie) tijdens zowel de bouwphase als de operationele fase van 30 jaar. Het verschil is het grootst in de directe en indirecte productiewaarden tijdens de bouwphase, waar de Vlaamse valorisatiestrategie bijna drie keer zoveel economische impact heeft als het worst-case scenario. Dit geeft aan dat een gerichte strategie voor valorisatie en toegevoegde waarde essentieel is om de economische voordelen in Vlaanderen te maximaliseren.

Directe en indirecte productie (€ Mln.)

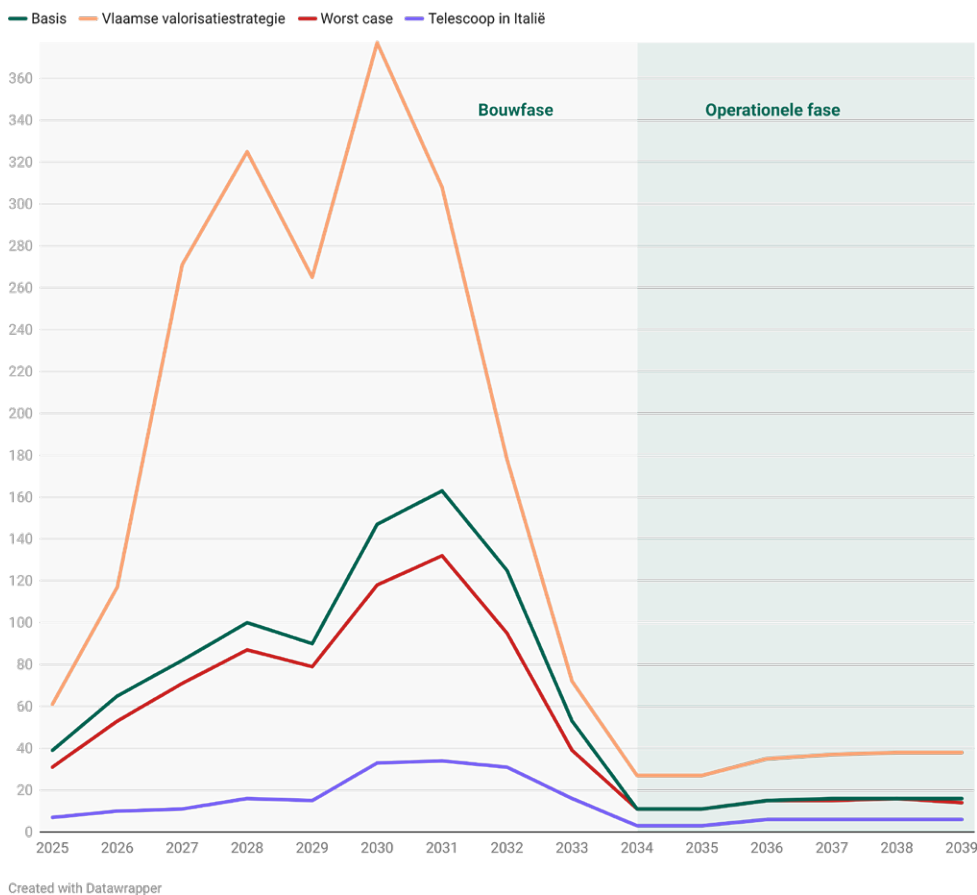
	Bouwphase (2026-2034)	Bouwphase gemiddeld	Operationele fase (2035-2064)	Operationele fase gemiddeld
Vlaamse valorisatiestrategie	1974	219	1010	34
Basis	864	96	425	14
Worst case	705	78	410	14
Telescoop in Italië	173	19	150	5

Geïnduceerde productie (€ Mln.)

	Bouwphase (2026-2034)	Bouwphase gemiddeld	Operationele fase (2035-2064)	Operationele fase gemiddeld
Vlaamse valorisatiestrategie	566	63	610	20
Basis	235	26	275	9
Worst case	201	22	270	9
Telescoop in Italië	45	5	80	3

FIGUUR 56 toont de directe en indirecte productie voor Vlaanderen van 2026 tot 2034 (dus de volledige bouwfase alsook de eerste zes jaar van de operationele cyclus) voor vijf verschillende scenario's met betrekking tot de bouw van ET. Daar is duidelijk dat de Vlaamse valorisatiestrategie over de hele periode de hoogste productiewaarden bereikt, met een piek net onder de €300 miljoen rond 2030. Dit scenario vertoont een snelle stijging vanaf 2026, met een scherpe piek in 2030, als gevolg van de hoge investeringsmassa voor het project tijdens de latere fase van de bouw van de ET.

Het basisscenario biedt gemiddelde productiewaarden, met een piek rond €120 miljoen in 2032. De trend is vergelijkbaar met de hogere impactscenario's, maar op een lager niveau, wat aangeeft dat het een solide optie is, maar een zeker onbenut potentieel verschuilt. Het worst-case scenario toont lagere waarden dan het basisscenario, met een piek rond €100 miljoen in 2032, en blijft consistent lager gedurende de hele periode, wat de lage economische impact benadrukt. Het scenario waarbij de telescoop op Sardinië wordt gebouwd, toont de laagste productiewaarden, en blijft consistent rond de €25 miljoen in 2031 zonder een significante stijging, wat de geringe economische voordelen voor Vlaanderen aantoont (al staat daar uiteraard een lagere investering tegenover).

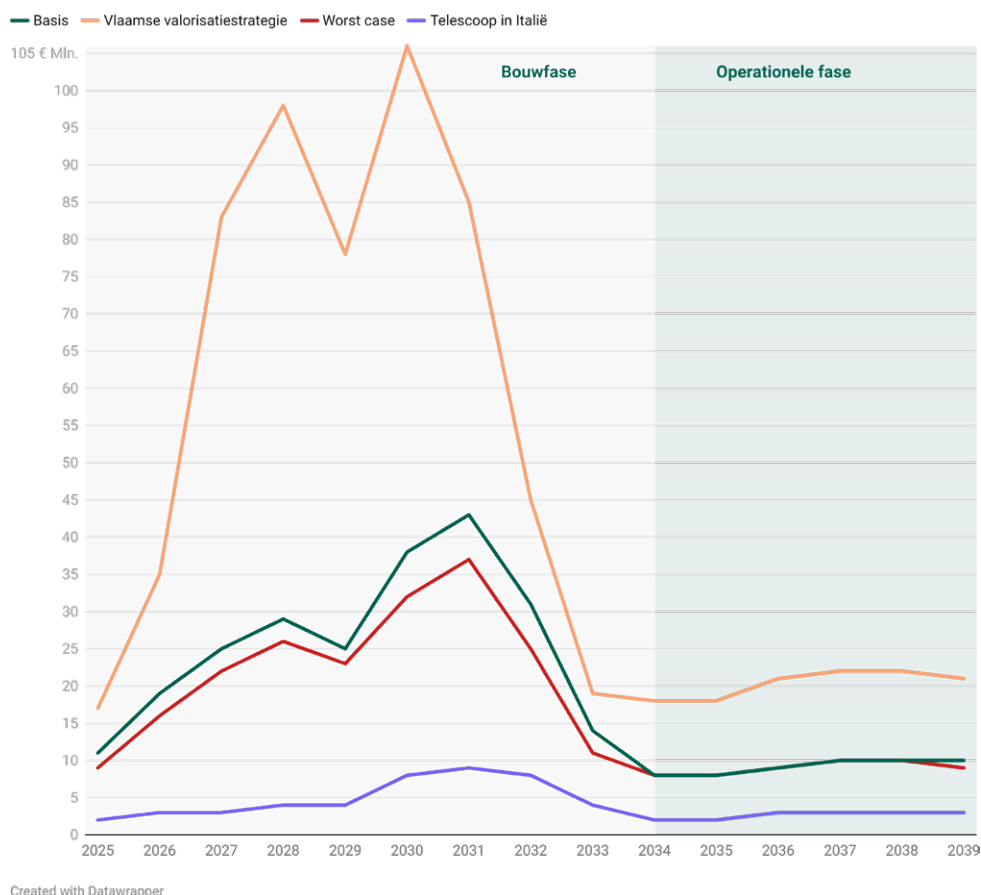


FIGUUR 56 Chronologie van de directe en indirecte productie in Vlaanderen als gevolg van ET

De Vlaamse valorisatiestrategie, biedt de meest voordelige strategie voor Vlaanderen, met de hoogste directe en indirecte productiewaarden, vooral tijdens de piekperiode rond 2030. Het basisscenario biedt een middelmatige impact, terwijl het worst-case scenario en het scenario waarbij de telescoop op Sardinië wordt gebouwd, de minste economische voordelen bieden.

FIGUUR 57, met name de geïnduceerde productie over diezelfde periode, schetst een gelijkaardig beeld als voorgaande grafiek over de verschillende scenario's, al is nu het verschil tussen de Vlaamse valorisatiestrategie en de telescoop in België en Italië scenario groter ten opzichte van de andere scenario's.

Het scenario dat de hoogste geïnduceerde productie oplevert is opnieuw de Vlaamse valorisatiestrategie, die piekt rond €80 miljoen in 2031. Dit scenario laat een snelle stijging zien vanaf de start van de bouw in 2025, gevolgd door een snelle daling na 2031. Het basisscenario levert gemiddelde geïnduceerde productiewaarden, met een piek rond €30 miljoen in 2032. Het worst-case scenario toont lagere waarden dan het basisscenario, met een piek iets boven de €25 miljoen in 2032, maar is slechts in een paar jaren van de bouwphase beduidend slechter dan het basisscenario. In de operationele fase is het enkel een Vlaamse valorisatiestrategie die een consistent hogere productiewaarde oplevert dan de twee scenario's met een installatie in EMR. Het scenario waarbij de telescoop op Sardinië wordt gebouwd, toont de laagste geïnduceerde productiewaarden, en komt niet boven de €10 miljoen gedurende de bouw -en operationele fase. Er is nauwelijks een significante stijging te zien, wat de minimale economische voordelen voor Vlaanderen aantoont.



FIGUUR 57
Geïnduceerde productie voor Vlaanderen als gevolg van de investering in ET.

TOEGEVOEGDE WAARDE

TABEL 9 toont de berekende toegevoegde waarde voor Vlaanderen als resultaat van de I/O-analyse voor verschillende scenario's met betrekking tot de bouw van ET. De belangrijkste inzichten kunnen worden afgeleid door de toegevoegde waarde te vergelijken voor zowel de totale bouwfase als de operationele fase van 30 jaar.

Weinig verrassend gezien dit scenario ook de hoogste productiewaarden opleverde, is de Vlaamse valorisatiestrategie ook hier het meest gunstige scenario in termen van toegevoegde waarde. Met de hoogste directe en indirecte toegevoegde waarde van €439 miljoen tijdens de bouwfase en €354 miljoen tijdens de eerste dertig operationele jaren. De geïnduceerde toegevoegde waarde is eveneens het hoogste in dit scenario, met €205 miljoen tijdens de bouwfase en €264 miljoen tijdens de operationele fase. Dit scenario maximaliseert de economische impact voor Vlaanderen. Voorts biedt het basisscenario een gemiddelde economische impact en vormt een solide, maar niet optimale, optie. De minst gunstige scenario's zijn het worst-case scenario en het scenario waarbij de telescoop alleen op Sardinië wordt gebouwd, die de laagste economische voordelen voor Vlaanderen opleveren..

Directe en indirecte toegevoegde waarde (€ Mln.)				
	Bouwfase (2026-2034)	Bouwfase gemiddeld	Operationele fase (2035-2064)	Operationele fase gemiddeld
Vlaamse valorisatiestrategie	€ 573	€ 64	€ 385	€ 13
Basis	€ 240	€ 27	€ 160	€ 5
Worst case	€ 201	€ 22	€ 155	€ 5
Telescoop in Italië	€ 47	€ 5	€ 50	€ 2

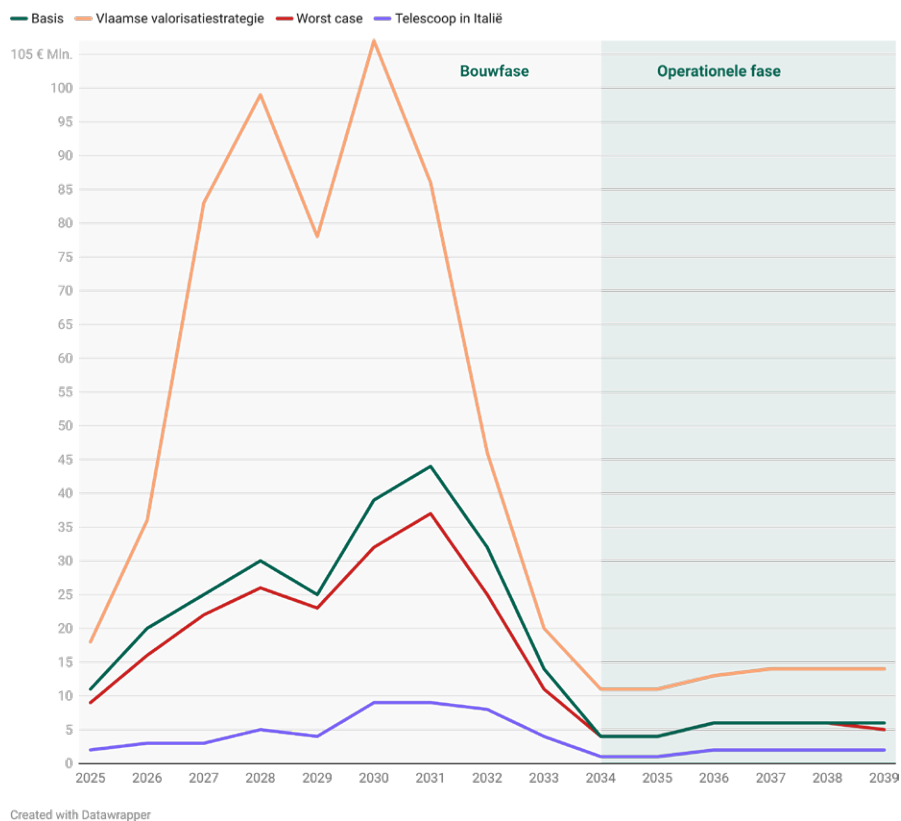
Geïnduceerde toegevoegde waarde (€ Mln.)				
	Bouwfase (2026-2034)	Bouwfase gemiddeld	Operationele fase (2035-2064)	Operationele fase gemiddeld
Vlaamse valorisatiestrategie	€ 266	€ 30	€ 280	€ 9
Basis	€ 112	€ 12	€ 130	€ 4
Worst case	€ 94	€ 10	€ 130	€ 4
Telescoop in Italië	€ 22	€ 2	€ 40	€ 1

Created with Datawrapper

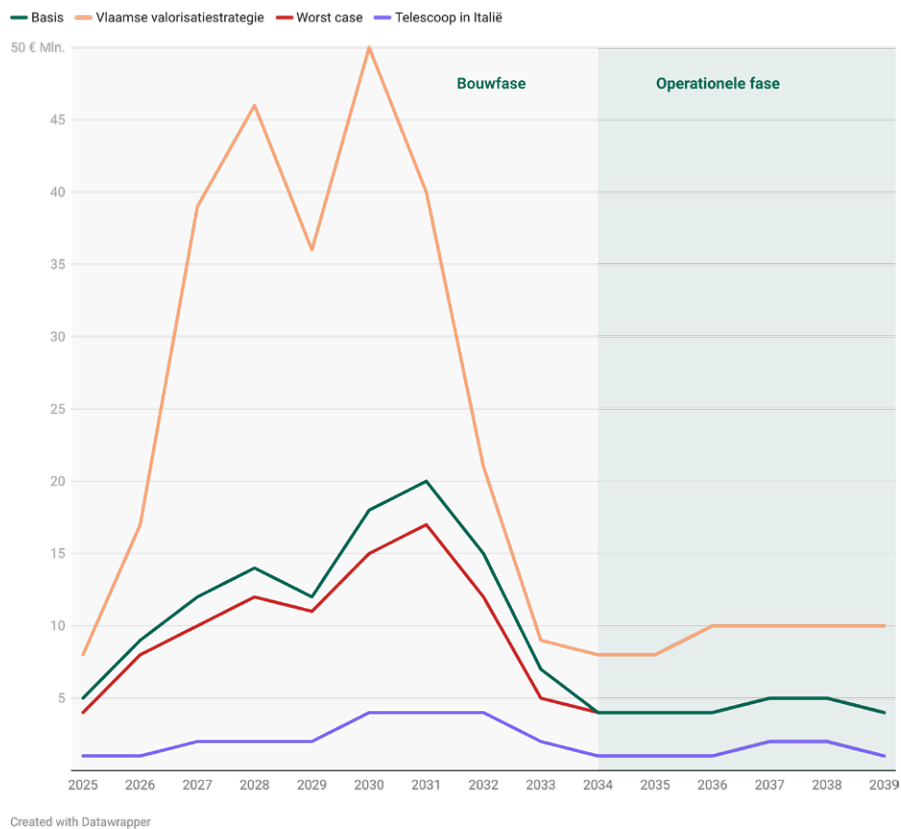
TABEL 9 Totale gecumuleerde toegevoegde waarde in Vlaanderen

FIGUUR 58 toont de directe en indirecte toegevoegde waarde voor Vlaanderen van 2026 tot 2040 voor de vijf scenario's, uitgezet overheen de tijd. Hier is wederom duidelijk dat de Vlaamse valorisatiestrategie de hoogste pieken heeft, met een maximale toegevoegde waarde boven €80 miljoen rond 2031. Het basisscenario en het worst-case scenario liggen lager, met pieken rond en onder €30 miljoen. Het scenario waarbij de telescoop op Sardinië wordt gebouwd, heeft de laagste waarden, met pieken onder €10 miljoen. Dit benadrukt dat de Vlaamse valorisatiestrategie de meeste economische voordelen opleveren, terwijl de andere scenario's aanzienlijk minder impact hebben.

De geïnduceerde toegevoegde waarde wordt getoond in FIGUUR 59. Het vertoont een gelijkaardig patroon als de grafiek van de directe en indirecte toegevoegde waarde, waarbij opnieuw de Vlaamse valorisatiestrategie het meest gunstige scenario voor België, met een geïnduceerde toegevoegde waarde piek van boven de €35 miljoen rond 2030.



FIGUUR 58
Directe en indirecte
toegevoegde waarde
voor Vlaanderen als
gevolg van ET



FIGUUR 59
Geïnduceerde
toegevoegde waarde
voor Vlaanderen als
gevolg van ET

TEWERKSTELLING

TABEL 10 toont de gegenereerde tewerkstelling in termen van banen die worden gecreëerd tijdens de bouwphase en de operationele fase van 30 jaar voor verschillende scenario's van de bouw van ET.

In het basis scenario worden er 1.815 banen gecreëerd tijdens de bouwphase en 1.596 tijdens de operationele fase voor directe en indirecte toegevoegde waarde. Voor geïnduceerde toegevoegde waarde zijn dit respectievelijk 903 en 1.230 banen. De Vlaamse valorisatiestrategie genereert de hoogste tewerkstellingscijfers, zowel tijdens de bouw- als de operationele fase. Dit scenario creëert 4.607 banen tijdens de bouwphase en 3.828 tijdens de operationele fase voor directe en indirecte toegevoegde waarde. De geïnduceerde toegevoegde waarde zorgt voor 2.170 banen tijdens de bouwphase en 2.778 tijdens de operationele fase. Dit zijn de hoogste aantallen banen in vergelijking met de andere scenario's, wat ook in termen van jobcreatie de significant grotere economische impact van deze strategie benadrukt.

Het worst-case scenario heeft de laagste tewerkstellingscijfers na het scenario waarbij de telescoop in Italië wordt gebouwd. Dit scenario creëert 1.542 banen tijdens de bouwphase en 1.572 tijdens de operationele fase voor directe en indirecte toegevoegde waarde, terwijl de geïnduceerde toegevoegde waarde zorgt voor 763 banen tijdens de bouwphase en 1.224 tijdens de operationele fase. Het minst gunstige scenario, waarbij de telescoop in Italië wordt gebouwd, heeft de laagste tewerkstellingscijfers. Dit scenario levert slechts 335 banen tijdens de bouwphase en 552 tijdens de operationele fase voor directe en indirecte toegevoegde waarde. De geïnduceerde jobcreatie bedraagt er 174 banen tijdens de bouwphase en 408 tijdens de operationele fase.

Directe en indirecte werkgelegenheid (Baanjaren)

	Bouwphase (2026-2034)	Bouwphase gemiddeld	Operationele fase (2035-2064)	Operationele fase gemiddeld
Vlaamse valorisatiestrategie	4544	505	3155	105
Basis	1797	200	1305	44
Worst case	1525	169	1285	43
Telescoop in Italië	335	37	455	15

Geïnduceerde werkgelegenheid (Baanjaren)

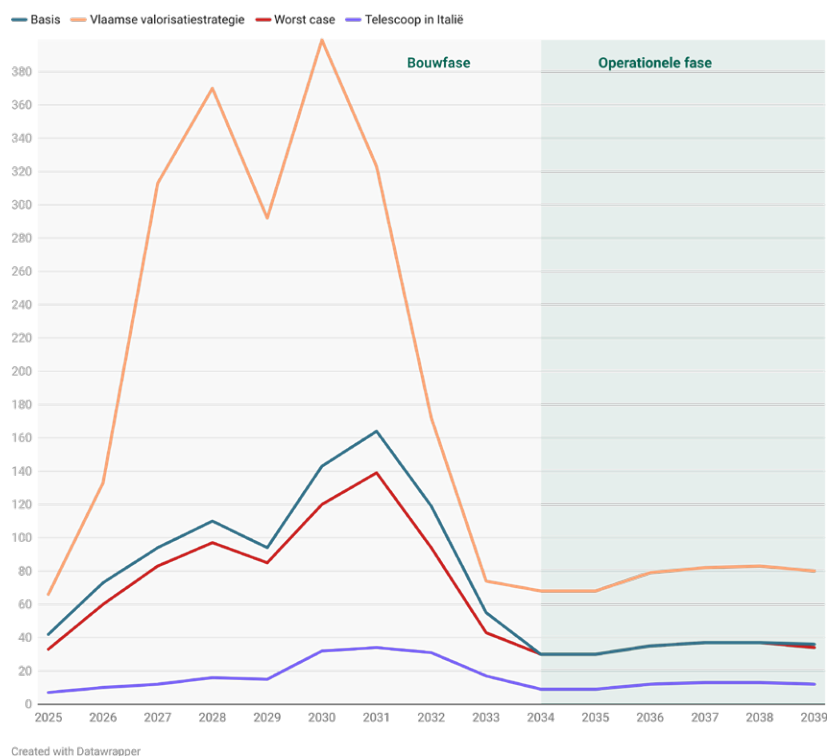
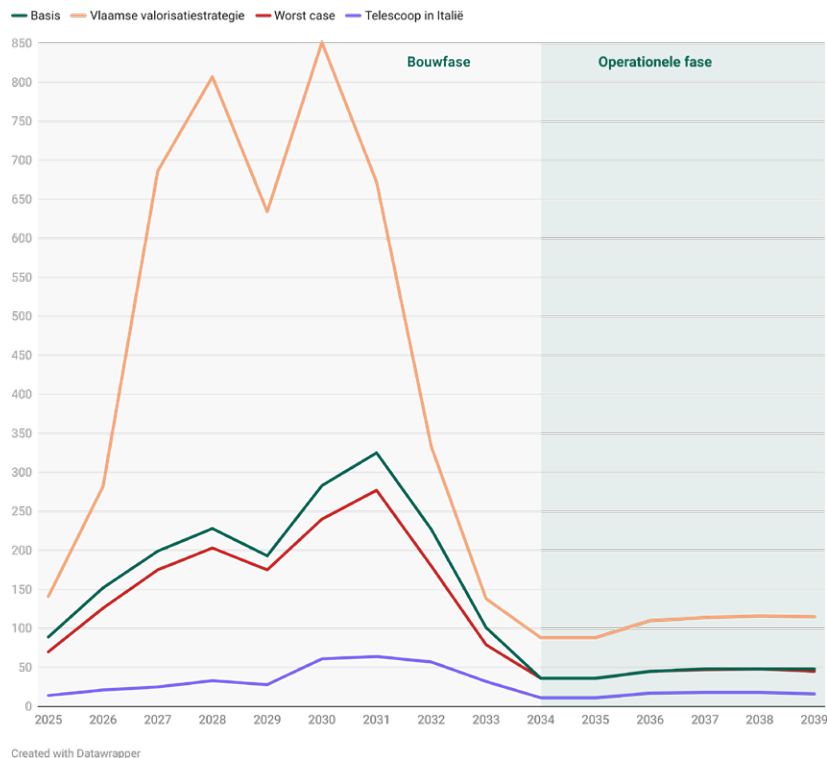
	Bouwphase (2026-2034)	Bouwphase gemiddeld	Operationele fase (2035-2064)	Operationele fase gemiddeld
Vlaamse valorisatiestrategie	2142	238	2300	77
Basis	894	99	1025	34
Worst case	754	84	1015	34
Telescoop in Italië	174	19	340	11

FIGUUR 60 Directe en indirecte jobcreatie voor Vlaanderen als gevolg van ET.

FIGUUR 60 en **FIGUUR 61** tonen de directe, indirecte en geïnduceerde jobcreatie voor Vlaanderen van 2026 tot 2040 voor vijf verschillende scenario's, alsook de geïnduceerde jobcreatie in de tweede grafiek. De Vlaamse valorisatiestrategie genereert de hoogste jobcreatie voor de directe en indirecte jobcreatie, met pieken rond 2031 waarbij bijna 900 banen worden gecreëerd. Er is een duidelijke stijging vanaf de start van de bouw in 2026, met een piek tussen 2030 en 2032. Voorts biedt het basisscenario een redelijke, maar niet optimale jobcreatie, terwijl het worst-case scenario en het scenario waarbij de telescoop in Italië wordt gebouwd de minste banen en economische voordelen opleveren.

Ook voor de geïnduceerde jobcreatie blijft de Vlaamse valorisatiestrategie veruit de beste manier om economische waarde te creëren. In termen van jobcreatie, volgt dan eerst het basis scenario, daarna het worst-case scenario en vervolgens het scenario met de laagste aantallen aan jobcreatie, wanneer de ET in Italië wordt geplaatst.

FIGUUR 61 Geïnduceerde jobcreatie voor Vlaanderen als gevolg van ET



Blank lined area for writing.



+32 3 366 65 55

www.ortelius.be

ortelius@econopolis.be