

# **Toekomstplan sterrenkunde 2011-2015**

**Nederlands Comité Astronomie**

**Mei 2010**

## **Preambule**

Dit toekomstplan is door het Nederlands Comité Astronomie (NCA) opgesteld namens de gehele Nederlandse astronomische gemeenschap (NOVA, Universiteiten, NWO-ASTRON, -SRON en -EW) op verzoek van de Nederlandse Organisatie voor Wetenschappelijk Onderzoek (NWO). Het maakt deel uit van een groter planningsproces dat de Nederlandse sterrenkunde systematisch uitvoert. Het nieuwe strategisch plan van de Nederlandse astronomie voor de periode 2011-2020 met vooruitblik tot 2025 zal in 2011 verschijnen.

## **Context**

Dit toekomstplan sterrenkunde is gebaseerd op drie belangrijke nationale en Europese documenten die de afgelopen jaren zijn verschenen: 1) *Astronomy in the Netherlands, mid-term update of the Strategic Plan 2001-2010 and forward look to 2015* dat in 2006 door het NCA is opgesteld; 2) *A science Vision for European Astronomy* dat in 2007 tot stand is gekomen met steun van de Europese Commissie vanuit het Europese ERANET programma ASTRONET; en 3) *The ASTRONET Infrastructure Roadmap: A strategic Plan for European Astronomy* dat in 2008 gereed is gekomen.

## **Inhoudsopgave**

<b>Samenvatting</b>	<b>3</b>
<b>I. De kwaliteit van de Nederlandse sterrenkunde</b>	<b>6</b>
<b>II. De organisatie van de sterrenkunde in Nederland</b>	<b>7</b>
<b>A.) Het Nederlands Comité Astronomie</b>	<b>7</b>
<b>B.) De toponderzoeksschool NOVA</b>	<b>8</b>
<b>1.) Optisch-Infrarood laboratorium</b>	<b>9</b>
<b>C.) De Universiteiten</b>	<b>9</b>
<b>1.) Vaste staf en tijdelijke onderzoeksposities</b>	<b>9</b>
<b>2.) Vrouwen in de sterrenkunde</b>	<b>10</b>
<b>3.) Astronomisch oogsten van LOFAR investeringen</b>	<b>11</b>
<b>D.) De deelname van Nederland aan ESO E-ELT</b>	<b>11</b>
<b>E.) Het NWO instituut ASTRON</b>	<b>11</b>
<b>F.) Het NWO instituut SRON</b>	<b>12</b>
<b>G.) Het NWO gebied Exacte Wetenschappen</b>	<b>14</b>
<b>1.) Subsidie van onderzoek</b>	<b>14</b>
<b>2.) Grootschalige Onderzoeksfaciliteiten</b>	<b>15</b>
<b>3.) De Isaac Newton Group of Telescopes (ING)</b>	<b>15</b>
<b>4.) De James Clerk Maxwell Telescope (JCMT)</b>	<b>15</b>
<b>H.) Het Joint Institute for VLBI in Europe (JIVE)</b>	<b>16</b>
<b>III. Onderwijs in de sterrenkunde en opleiding tot astronoom</b>	<b>16</b>
<b>IV. Impact op de kennismaatschappij</b>	<b>17</b>
<b>V. Acties &amp; Aanbevelingen</b>	<b>19</b>
<b>Appendix A. Totaal astronomie budget in Nederland in 2009</b>	<b>22</b>
<b>Appendix B. Vergelijking van 22 wetenschapsgebieden in Nederland over de periode 1999-2009 volgens de Essential Science Indicators van Thomson Reuters</b>	<b>23</b>
<b>Appendix C. De wereld top-20 van landen op het gebied van de sterrenkunde over de periode 1999-2009 volgens de Essential Science Indicators van Thomson Reuters</b>	<b>25</b>
<b>Lijst van afkortingen en begrippen</b>	<b>26</b>

## Samenvatting

De sterrenkunde betreft de studie van alles buiten de aarde. Het houdt zich bezig met grote vraagstukken die de mens al sinds zijn ontstaan hebben geboeid. *Science Magazine* stelde in 2005 een lijst op van 125 belangrijkste wetenschappelijke vragen voor de komende 25 jaar. Bovenaan staat: *What is the universe made of?* De sterrenkunde kan bijdragen aan een aantal van dit soort grote vragen over onze plaats in het heelal. Wat is de aard en oorsprong van het heelal, van tijd, ruimte en materie, en wat is de aard, oorsprong en verspreiding van leven?

De Nederlandse sterrenkunde is een kleine en zeer goed georganiseerde groep van ongeveer 300 wetenschappers aan de universiteiten en 360 stafmedewerkers bij de NWO instituten voor radioastronomie ASTRON en ruimteonderzoek SRON. Dankzij schoolvorming (talent-trekt-talent) en het maken van scherpe strategische keuzes behoort zij al meer dan 100 jaar tot de wereldtop. NOVA, ASTRON, SRON en NWO-EW trekken hierin gezamenlijk op. De Nederlandse Onderzoekschool voor Astronomie (NOVA), waarin het sterrenkundig onderzoek aan de universiteiten (LEI, RU, RUG, UU, UvA) is verenigd, is sinds 1999 één van de zes toponderzoeksscholen in Nederland. Mede door NOVA kon de Nederlandse sterrenkunde het afgelopen decennium zijn internationale toppositie sterk verbeteren. In dit plan worden een aantal actielijnen beschreven die er voor moeten zorgen dat het sterrenkundig onderzoek in Nederland ook de komende 5-10 jaar aan de top blijft.

## Visie van de Nederlandse sterrenkunde

De ambitie van de Nederlandse sterrenkunde is tot de wereldtop te blijven horen met een leidende rol in baanbrekend onderzoek en de ontwikkeling van de daarvoor benodigde toekomstige faciliteiten, en om hiermee één van de *top-brands* van Nederland te blijven.

Om dit te bereiken moet zij

- astronomisch onderzoek op het hoogste niveau blijven uitvoeren op het nationale thema *The Life cycle of Stars and Galaxies: from high redshift to the present*, dat gefocust is op drie coherente onderzoeksprogramma's in samenwerking tussen de universiteiten;
- tot hoog niveau jonge sterrenkundigen blijven opleiden;
- de wetenschappelijke resultaten uit ontwikkelingen en investeringen in grote (internationale) infrastructuren blijven oogsten;
- deelnemen aan, en waar mogelijk het leiden van, de ontwikkeling en bouw van instrumenten voor de belangrijkste faciliteiten.

Concreet is hiervoor nodig

- Bij gebleken succes, continuering en stabiele lange termijn/structurele financiering van de toponderzoekschool NOVA na 2013;
- verhoging van het ESO budget tbv de E-ELT;
- verhoging van het basisbudget van de universiteiten;
- verhoging van de budgetlijn van het NWO instituut ASTRON;
- verhoging van de budgetlijn van het NWO instituut SRON;
- verhoging van het aandeel vrouwen in de sterrenkunde;
- verhoging van het sterrenkunde budget van NWO-EW;
- continuering van JIVE na 2013 als European Research Infrastructure Consortium.

Het budget hiervoor bedraagt M€ 28,3/jaar voor de periode 2011-2015. Dit budget is opgebouwd uit drie elementen, zie Tabel 1: M€ 16,75/jaar zijn nieuwe middelen bovenop de huidige basisbijdrage en die na 2016 structureel zouden moeten worden, M€ 7,5/jaar

is een voortzetting van financiering die er nu al is en waarvan de continuering afhangt van evaluaties en besluitvorming en M€ 4,06/jaar is nodig voor tijdelijke projectfinanciering. De structurele toename bedraagt 20% ten opzichte van de totale bestaande financiering voor de astronomie van M€ 75,8/jaar in het jaar 2009 (zie Appendix A). Merk op dat de M€ 16-20 aan nieuwe middelen voor meer dan de helft in de plaats komt van de ad hoc middelen (zie de post External funding in Appendix A) waarover de Nederlandse sterrenkunde thans beschikt.

Twee acties zijn in het bijzonder urgent en moeten op zeer korte termijn verwezenlijkt worden:

- De continuering van NOVA na afloop van de huidige fase 2009-2013 is van essentieel belang om de Nederlandse astronomie op een top niveau te houden, voor het opleiden van een nieuwe generatie astronomen, om een leidende rol te verkrijgen in het instrumentatieprogramma voor de E-ELT en voor het wetenschappelijk oogsten van grote investeringen in de belangrijkste internationale faciliteiten die eerder vanuit Nederland zijn gedaan (zoals 2<sup>e</sup> generatie ESO-VLT instrumenten, HIFI, LOFAR, ALMA, JWST, etc.).
- Vergroting van de Nederlandse ESO bijdrage voor de bouw van de E-ELT. Zowel de E-ELT als de SKA heeft een hoge prioriteit in de ASTRONET Roadmap en de Nederlandse Roadmap Grootschalige Onderzoeksfaciliteiten. Er is sprake van een fasering tussen beide faciliteiten. De E-ELT is het eerst te financieren grote infrastructurele project voor de sterrenkunde, in overeenstemming met de internationale ontwikkelingen en de aanbevelingen van de Commissie Nationale Roadmap Grootschalige Onderzoeksfaciliteiten uit 2008.

De prioriteiten van de overige acties zullen in het strategisch plan voor de astronomie 2011-2020, dat in 2011 zal verschijnen, worden vastgesteld.

**Tabel 1.** Overzicht van de benodigde nieuwe middelen voor de sterrenkunde voor de periode 2011-2015 in M€/jaar

	Voortzetting bestaande financiering	Benodigde nieuwe budgetten	Project financiering
<b>NOVA – continuering en versterking</b> - continuering na 2013 - versterking Optisch/IR lab	5,0	1,0	
<b>Universiteiten – versterking basisbudget</b> - Vaste en tijdelijke onderzoeksposities - extra posities tbv vrouwelijke onderzoekers - LOFAR astronomisch oogsten		3,0 0,75	0,56
<b>Verhoging ESO contributie tbv E-ELT</b>		2,0	
<b>ASTRON - versterking basis budget</b> - SKA voorbereidingen		3,0	*
<b>SRON - versterking basis budget</b> - PI rol SPICA/SAFARI - Instandhouding brede technologische competentie - Opbouw basis competentie Planeetonderzoek		1,0 1,0	3,5
<b>Exacte Wetenschappen – versterking basis budget</b> - Vrije Competitie - Vernieuwingsimpuls - Rolling grants - Interdisciplinaire onderzoeksprogramma's - ALMA expertise centrum - ING - JIVE	0,5** 1,0 1,0	1,0 2,0 1,0 1,0	
<b>TOTAAL (M€/jaar)</b>	7,5	16,75	4,06

\* Voor de deelname aan de bouw van de SKA fase 1 infrastructuur is na 2016 een projectmatige investering benodigd; voor de operationele fase van SKA (>2018) is een structurele bijdrage vanuit Nederland benodigd. De hoogte van deze bijdragen zal na afloop van de PREPSKA-voorbereidingsstudie (2011) duidelijk worden.

\*\* Het ALMA expertise centrum zal worden gefinancierd met de middelen die vrij komen als Nederland zich in 2013 uit de JCMT samenwerking zal terugtrekken.

## I. De kwaliteit van de sterrenkunde in Nederland

De sterrenkunde in Nederland kan worden beschouwd als *Big Science in a Small Country*, zoals verwoord in *Nature* (oktober 2008):

*"Astronomy is one of the country's prime science strengths. Dutch space researchers often work with international colleagues, while trying to maintain a strong domestic base for training students and young scientists. In the past 20 years more PhD students from Leiden have been selected for NASA's prestigious Hubble postdoctoral fellowship programme than from any other university outside the United States."*

Goede leermeesters trekken goede leerlingen. Dankzij deze schoolvorming heeft de Nederlandse sterrenkunde een sterk trackrecord opgebouwd. Dat begon eind 19<sup>e</sup> eeuw met Jacobus Kapteyn, die leverde onder andere Willem de Sitter en Jan Oort af als gepromoveerden, die op hun beurt weer belangrijke sterrenkundigen hebben opgeleid, enzovoort. Daarnaast is er in Nederland geen scheiding tussen astronomie en astrofysica, is er altijd een sterke link geweest tussen onderzoek en technologie, en stelde de overheid op belangrijke momenten middelen te beschikking voor onderzoek en onderzoeksfaciliteiten (bijvoorbeeld WSRT, NOVA, LOFAR, Herschel/HIFI) waardoor de Nederlandse sterrenkunde zijn wereldniveau kon handhaven. De toponderzoekschool NOVA heeft er voor gezorgd dat Nederland de afgelopen 10 jaar aan de wereldtop kon blijven door concentratie op drie onderzoeksthema's met middelen voor onderzoeksposities en investeringen in met name instrumenten voor de ESO-VLT en het daarmee doen van baanbrekend onderzoek.

Het beleid van de Nederlandse astronomie is coherent en gebaseerd op het maken van keuzes. Een belangrijk aspect daarbij is dat de verschillende projecten in elkaars verlengde staan. Een goed voorbeeld daarvan is het ALMA expertise centrum dat na 2013 de plaats inneemt van de Nederlandse bijdrage aan de JCMT. De Nederlandse betrokkenheid bij de JCMT heeft er voor gezorgd dat de sterrenkunde zich uitstekend heeft kunnen profileren voor deelname en betrokkenheid bij ALMA. Het zelfde geldt voor de lijnen WSRT – JIVE, LOFAR – SKA; VLT – E-ELT; IRAS – ISO – Herschel – SPICA; ANS – EXOSAT – XMM/INTEGRAL – IXO. De groei van het benodigde budget is een gevolg van het succes vanwege de lange-termijn visie en investeringen in (inter)nationale projecten.

In Nederland behoort de sterrenkunde tot de top vier van onderzoeksvelden gemeten in citaties per gepubliceerd artikel over de periode 1999-2009<sup>1</sup> (zie Appendix B, <http://sciencewatch.com/dr/cou/2009/09sepNeth/>). Langs internationale meetlat gelegd staat de Nederlandse sterrenkunde op de zesde plaats van de Top 20 Countries in Space Sciences<sup>2</sup> (zie Appendix C, <http://www.timeshighereducation.co.uk/story.asp?sectioncode=26&storycode=408577>). Wat hier opvalt is dat Nederland gemeten in citaties per artikel bij de traditioneel grote astronomische landen behoort zoals de Verenigde Staten (#5) en Engeland (#8). We zien dat landen zoals Schotland, Israel, Canada en Chili sterk in opkomst zijn met relatief weinig publicaties die relatief veel citaties hebben. In een vergelijkbare studie over de periode 1995-2005 stonden Schotland en Chili respectievelijk op de 9<sup>e</sup> en 7<sup>e</sup> plaats, achter de Verenigde Staten (#1), Engeland (#8) en Nederland (#5). Het aantal artikelen

---

<sup>1</sup> Gemeten volgens de Essential Science Indicators van Thomson Reuters, gepubliceerd door het Amerikaanse Science Watch. Thomson Reuters gebruikt Space Science als definitie voor publicaties op het gebied van: 1) astronomy and astrophysics, 2) celestial bodies, en 3) observation and interpretation of radiation from the component parts of the universe.

<sup>2</sup> Volgens een studie gebaseerd op de Essential Science Indicators database of Thomson Reuters over 1999-2009, gepubliceerd door het Britse tijdschrift Times Higher Education.

uit deze laatste drie landen is wel toegenomen over de laatste 5 jaar, net als het aantal citaties, maar de toename van de eerder genoemde landen is relatief groter. De Nederlandse sterrenkundigen kunnen zich nog steeds meten met de top van de Amerikaanse universiteiten, zowel wat betreft Hirsch-index, aantal publicaties en citaties per onderzoekers, als de gebruikelijke publicatie en citatie studies per artikel<sup>3</sup>. Volgens de meest recente NOWT studie is de impact van de Nederlandse astronomie afgenomen. Het lijkt erop dat het verschil tussen de NOWT en de Science Watch studies veroorzaakt wordt door een verschil in afbakening tussen bijvoorbeeld natuur- en sterrenkunde en het feit dat de Nederlandse astronomie zich geconcentreerd heeft op drie astronomische thema's die niet het gehele astronomische vakgebied beslaan. De recente CWTS studie over dezelfde periode die gedaan is voor de evaluatie van de toponderzoekscholen, levert voor NOVA resultaten die nogal afwijken van de NOWT resultaten en die meer in overeenstemming zijn met de Science Watch studies.

Ook als we de competitie voor de meest prestigieuze *postdoctoral fellowships* in de Verenigde Staten beschouwen (Hubble, Jansky, Chandra, Fermi, Einstein en Spitzer Fellowships) dan blijken in Nederland gepromoveerde astronomen zeer succesvol te zijn: Nederland voert de wereld lijst (inclusief de VS) aan van het aantal toekenningen genormaliseerd per capita. Het gaat hier om een keten van excellentie; in de afgelopen twee jaar zijn vier van de in totaal 12 Advanced Grants voor Space Sciences van de European Research Council (ERC) gewonnen door Nederlandse hoogleraren in de sterrenkunde.

Wil deze traditie van excellentie worden voortgezet dan moet er blijvend geïnvesteerd worden in toponderwijs en -onderzoek. De hoogste prioriteiten in dit toekomstplan hebben daarom de continuering van de toponderzoekschool NOVA na 2013 en de verhoging van de ESO contributie tbv de bouw van de E-ELT. Vanwege de toenemende bezuinigingen aan de universiteiten is het van belang dat ook het basis budget van de universiteiten voor de astronomie wordt verhoogd en dat het budget voor tijdelijke onderzoeksposities en programma's via de NWO-EW competities voor de sterrenkunde wordt versterkt. Omdat de technologische geavanceerdheid van de voor de sterrenkunde benodigde instrumenten toeneemt, zal ook het budget voor investeringen in de ontwikkeling en bouw van nieuwe instrumenten via ASTRON en SRON op peil moeten blijven.

## **II. De organisatie van de sterrenkunde in Nederland**

De Nederlandse sterrenkunde heeft zichzelf zeer goed georganiseerd. Niet alleen is er het Nederlands Comité Astronomie (NCA), dat de regie voert, maar ook is het onderwijs en het onderzoek op de universitaire instituten gebundeld in de Nederlandse Onderzoeksschool voor Astronomie (NOVA), en zorgt de Nederlandse Organisatie voor Wetenschappelijk Onderzoek (NWO) voor financiële ondersteuning van sterrenkundig onderzoek, verschillende observatoria en de instituten ASTRON en SRON. De Nederlandse bijdragen aan de Europese intergouvernementele organisaties ESO (European Southern Observatory) en ESA (European Space Agency) komen rechtstreeks van het ministerie van Onderwijs, Cultuur en Wetenschap (OCW) en het ministerie van Economische Zaken (EZ).

### **A.) Het Nederlands Comité Astronomie**

In het Nederlands Comité Astronomie (NCA) is de gehele Nederlandse sterrenkunde vertegenwoordigd. Het NCA bestaat uit de directie en/of bestuurders van de universitaire onderzoeksinstituten, NOVA, ASTRON en SRON, het sterrenkundig lid van het

---

<sup>3</sup> Zie bijvoorbeeld Kamphuis en van der Kruit 2010.

gebiedsbestuur van NWO-EW en het sterrenkundig lid van de ESO Council. Het NCA fungeert als het Nederlands liaisonorgaan met de International Astronomical Union en valt in die hoedanigheid onder de KNAW. Verder vertegenwoordigt het NCA de Kamer sterrenkunde van de VSNU in de landelijke onderwijszaken. Het NCA heeft geen budget, is onafhankelijk en geeft gevraagd en ongevraagd advies aan o.a. NWO en OCW. Overleg vindt regelmatig plaats en heeft als doel onderlinge afstemming en het creëren van draagvlak. Het NCA is verantwoordelijk voor het nationaal strategisch plan van de Nederlandse sterrenkunde (NOVA, ASTRON en SRON) dat elke 10 jaar verschijnt.

## **B.) De toponderzoekschool NOVA**

De universitaire instituten waar sterrenkundig onderzoek plaatsvindt (LEI, RU, RUG, UU en UvA) zijn verenigd in de Nederlandse Onderzoekschool voor Astronomie (NOVA). NOVA voert een strategisch onderzoek- en instrumentatieprogramma uit. Sinds 1999 is NOVA één van de zes toponderzoeksscholen in Nederland. Het onderzoek binnen NOVA is geconcentreerd in het thema *The Life cycle of Stars and Galaxies: from high redshift to the present*. Het thema beslaat drie netwerken: I) The formation and evolution of galaxies; II) The birth and death of stars and planets; III) The astrophysics of black holes, neutron stars and white dwarfs. Alle onderzoekers in Nederland verbonden aan de vijf eerder genoemde universiteiten maken onderdeel uit van NOVA. De drie onderzoeksgebieden waarop de Nederlandse sterrenkunde zich concentreert zijn interuniversitair, dynamisch en onderling met elkaar verbonden. De NOVA thema's zijn strategisch gekozen: het zijn onderzoeksgebieden waarop Nederland een traditie van excellentie heeft en voor de instrumenten benodigd voor dit onderzoek bestaat een goede synergie met de technologische ontwikkelingen bij ASTRON en SRON. De drie NOVA thema's vormen een integraal onderdeel van de vijf grote Europese onderzoeksthema's binnen het strategisch plan van ASTRONET. Al deze aspecten vormen de kracht van de Nederlandse sterrenkunde.

NOVA stelt de sterrenkunde in Nederland in staat om 1) een sterk en coherent onderzoeksprogramma uit te voeren op drie onderzoeksthema's; 2) internationaal toptalent (van promovendi tot hoogleraren) aan te trekken, deze op te leiden (promovendi) en aan Nederland te binden door het aanbieden van een aantrekkelijk onderzoeksklimaat met voldoende onderzoeksmiddelen; 3) een sterk instrumentatieprogramma uit te voeren; 4) de ontdekkingen in de sterrenkunde op een professionele manier met een eigen voorlichting en communicatie afdeling over te dragen aan het brede publiek.

Belangrijk strategisch speerpunt voor NOVA is het flankerend beleid ten aanzien van ESO. ESO voorziet in de bouw en de operaties van de aardgebonden telescopen (M€ 100-1000), maar de ontwikkeling en bouw van nieuwe instrumenten (zoals camera's en spectrografen) voor deze telescopen vindt in de ESO landen zelf plaats, vaak in de vorm van multinationale samenwerkingsverbanden met ESO als partner. Het NOVA instrumentatieprogramma levert met een relatief kleine investering (M€ 1-10) in de ontwikkeling en bouw van instrumenten een grote wetenschappelijke winst op. De reden hiervoor is drieledig: 1) Op deze manier worden onder leiding van een Nederlands Principal Investigator (PI) of co-Investigator (co-I) instrumenten ontwikkeld met specifieke technische eigenschappen die optimaal afgestemd zijn op de wetenschappelijke behoeften vanuit de drie Nederlandse onderzoeksthema's; 2) omdat je als PI of co-I de instrumentele eigenschappen als beste kent, ben je in staat het optimale halen uit dat instrument en daarmee nieuwe ontdekkingen te doen; 3) de PIs krijgen in ruil voor de aan ESO geleverde instrumenten als eerste toegang tot het gebruik ervan en bovendien een hoeveelheid gegarandeerde waarnemingsduur waarmee grote, coherente onderzoeksprogramma's kunnen worden uitgevoerd.

De Nederlandse sterrenkundigen doen via NOVA mee aan grote wereldwijde projecten, vaak vanuit een leidende rol, zoals VLT, JWST, Auger, ALMA en E-ELT en zijn belangrijk voor de astronomische uitbating van LOFAR en HIFI. De deelname aan grote internationale projecten is het gevolg van scherpe strategische keuzes. In al deze faciliteiten heeft Nederland een substantiële investering gedaan zowel wat betreft tijd, menskracht en middelen. Via NOVA oogsten Nederlandse sterrenkundigen van de nationale investeringen in ESO en ESA, en is Nederland binnen deze organisaties een partner met aanzien als het gaat om de realisatie van nieuwe grensverleggende instrumenten (met name in ESO). De toponderzoeksschool NOVA is daarom van vitaal belang om het sterrenkundig onderzoek in Nederland op het huidige topniveau te kunnen voortzetten en om toponderzoekers te kunnen blijven opleiden. Belangrijke elementen hierin zijn ook het voorzien in overlappingsposities om opvallende posities als gevolg van pensionering op te vullen en financiering van promovendi en postdocs in het coherente onderzoeksprogramma en netwerk.

Continuering van NOVA na afloop van de huidige fase 2009-2013 is van essentieel belang voor de Nederlandse sterrenkunde om

- een leidende rol te verkrijgen in het instrumentatieprogramma voor de E-ELT;
- wetenschappelijk te oogsten van grote investeringen in de belangrijkste internationale faciliteiten die eerder vanuit Nederland zijn gedaan (zoals 2<sup>e</sup> generatie ESO-VLT instrumenten, HIFI, LOFAR, ALMA, JWST, etc.).

Vanwege de lange aanlooptijd van Big-science instrument ontwikkeling in internationaal samenwerkingsverband, i.h.b. voor de E-ELT is een stabiele structuur en financiering voor een periode van minstens 10-15 jaar nodig.

## **1.) Optisch-Infrarood laboratorium**

De optisch-infrarood instrumentatie groep van ASTRON valt sinds 2008 onder NOVA. De afgelopen 10 jaar heeft deze groep de optisch-infrarood instrumentatie projecten uitgevoerd waarvoor NOVA de eindverantwoordelijkheid had naar ESO, ESA en internationale partners. De huidige overeenkomst tussen NOVA, ASTRON en NWO loopt tot minstens 2015 vanwege de continuïteit van reeds gestarte E-ELT instrumentstudies, en om de benodigde optisch-infrarood expertise aan de universiteiten op te bouwen. De financiering van deze groep vindt op dit moment plaats vanuit de ESFRI E-ELT instrumentatie ontwikkeling en bouw subsidie die een consortium onder leiding van NOVA heeft verkregen en vanuit de onderzoeksmiddelen van NOVA. Na afloop van de E-ELT R&D fasen dienen de R&D activiteiten van de O/IR-groep gecontinueerd te worden om een stabiele lange termijn inbedding te creëren.

## **C.) De Universiteiten**

### **1.) Vaste staf en tijdelijke onderzoeksposities**

De M€ 100 overheveling van de universiteiten naar NWO is na jaren van continue bezuinigingen de doodsteek geweest voor het kleine beetje aan middelen dat er op de universiteiten was voor promovendi en postdocs in de sterrenkunde. Verdeling van middelen op basis van competitie is goed, maar er moet ook een basis zijn van tijdelijke posities waarmee de universiteiten op snelle wijze in kunnen spelen op nieuwe wetenschappelijke uitdagingen en waarmee matching van o.a. EC-programma's die in competitie zijn verkregen mogelijk is.

Ook staan de vaste staf posities aan enkele universiteiten onder druk door bezuinigingen. Voor een relatief kleine onderzoeksgemeenschap als de sterrenkunde is dit een punt van

grote zorg. Als het onderzoeksklimaat in Nederland voor de sterrenkunde wordt aangetast zal er een negatieve spiraal ontstaan ingezet door het vertrek van toponderzoekers naar het buitenland. Het is daarom urgent dat het basisbudget van de sterrenkundige instituten van alle vijf universiteiten wordt versterkt met middelen om de vaste staf en het aantal tijdelijke onderzoeksposities boven een kritisch peil te houden en last-but-not-least voor Nederland om aantrekkelijk te blijven voor het aantrekken en behouden van internationaal toptalent.

## **2.) Vrouwen in de sterrenkunde**

Net als bij de andere bètawetenschappen zijn vrouwelijke wetenschappers in de sterrenkunde sterk ondervertegenwoordigd, zie Tabel 2. Er zijn wel rolmodellen van topvrouwen op universitair hoofddocent- en hoogleraarniveau, maar deze zijn op één hand te tellen. Bij NWO lopen een aantal acties met een bescheiden budget om hier iets aan te doen. Het MEERVOUD programma bij het gebied EW en het Aspasia programma zijn belangrijke initiatieven en zouden uitgebreid moeten worden. Belangrijk is wel dat dit in open competitie gebeurt. De Rosalind Franklin Fellowships van de RUG en de MacGillavry fellowships van de UvA/FNWI zouden daarbij als voorbeeld kunnen dienen.

De toename van het aantal vrouwen in de sterrenkunde zal moeten beginnen met een toename van het aantal vrouwelijke bachelor- en masterstudenten. Hiervoor moeten de bestaande initiatieven om meer vrouwen te trekken in bètawetenschappelijke studies gecontinueerd worden, maar daarnaast moet deze vrouwelijke sterrenkundigen een reëel perspectief worden geboden op een vervolgcarière in de wetenschap. Hierbij kan men denken aan het jaarlijks in competitie verdelen van enkele UD-, UHD- en hoogleraarposities via een Vernieuwingsimpuls-achtige subsidievorm over een periode van tien jaar. Zo kunnen op langere termijn meer vrouwelijke rolmodellen gecreëerd worden, die op hun beurt weer meer vrouwen zullen aantrekken. Om op korte termijn rolmodellen creëren zouden middelen beschikbaar kunnen worden gemaakt om excellente buitenlandse onderzoeksters voor langere periodes in Nederland uit te nodigen.

Daarnaast is het noodzakelijk om maatschappelijke maatregelen te treffen die Nederland als kennisland aantrekkelijker maken voor het opleiden, aantrekken en behouden van ambitieuze vrouwen. Een voorbeeld is het creëren van voldoende mogelijkheden voor betaalbare vijfdaagse opvang voor kinderen van wetenschappers. Daarnaast is een programma voor partners belangrijk; vaak is dat het grootste obstakel voor vrouwen om een carrière te vervolgen in de sterrenkunde. Een aantal van de vrouwen die in Nederland een positie is aangeboden zijn afgehaakt omdat hun partners niets geboden kon worden. Veel Amerikaanse universiteiten hebben een programma waarbij vanuit de universiteit centrale fondsen beschikbaar worden gesteld om de partner 2-3 jaar ergens aan te stellen, niet noodzakelijk in de sterrenkunde, plus een netwerk om de partner aan een baan te helpen als dat buiten de universiteit is.

Dit toekomstplan streeft er naar om de komende 10 jaar extra middelen in te zetten om meer vrouwen aan te stellen als universitair docent (UD), universitair hoofddocent (UHD), of hoogleraar. Na deze 10 jaar zou het aandeel vrouwen minimaal 20% moeten zijn voor de drie bovengenoemde categorieën.

Tabel 2. De vertegenwoordiging van vrouwen in de Nederlandse sterrenkunde (stand 1 januari 2010)

	Totale staf	# vrouwen (fte)	% vrouw
Hoogleraar	21	1	5
Adjunct hoogleraar	8	2	25
UHD	24.7	3	12
UD	11	2	18
Postdoc	76	25	33
Promovendus	147	52	35

### 3.) Astronomisch oogsten van LOFAR investeringen

LOFAR is een van de grootste internationale wetenschappelijke faciliteiten in Nederland, een vlaggenschip voor Nederlands wetenschappelijk onderzoek en technologie ontwikkeling en van aanzienlijk strategisch belang voor de astronomie. In het besluit van het kabinet in 2004 voor de bouw van LOFAR als ICT-netwerk in Noord-Nederland uit de FES-middelen, was er geen reservering inbegrepen voor de wetenschappelijke uitbating van LOFAR als telescoop. Het ontwerp van LOFAR is gestuurd door vier fundamentele astrofysische vraagstellingen die verankerd zijn in de onderzoeksthema's waarop de Nederlandse sterrenkunde zich heeft gefocuseerd. In 2011 begint voor LOFAR de exploitatie fase. Om ervoor te zorgen dat de Nederlandse astronomie in de oogstfase van deze investering (ongeveer M€ 100 vanuit Nederland) een prominente rol kan spelen en voldoende wetenschappelijke ontdekkingen kan claimen, zijn er op elk van de vier sleutel onderwerpen die met LOFAR zullen worden onderzocht voldoende AIOs en Postdocs nodig voor de komende vijf jaar.

### D.) De deelname van Nederland aan ESO E-ELT

De bouw van de E-ELT en de SKA zijn topprioriteiten in het strategisch plan van de Europese astronomie. De voorbereidingen voor de E-ELT lopen voor op die van de SKA die zich op dit moment nog in de studie fase A bevindt. Cerro Armazones in Chili is recentelijk gekozen als locatie voor de E-ELT door het site selectie comité van ESO en eind 2010 zal de ESO Council een besluit nemen voor de bouw. Onderdeel van dit besluit is de verhoging van de contributies van de partner landen. Structurele verhoging van het ESO budget, en daarmee de verhoging van de Nederlandse contributie aan ESO, is nodig om ESO in staat te stellen de E-ELT te realiseren op een tijdschaal die competitief is in vergelijking met soortgelijke projecten in de Verenigde Staten. Een vlotte besluitvorming over de E-ELT is een impuls voor de kennisinfrastructuur in Europa. De ESO budgetverhoging is essentieel om de E-ELT te realiseren. In samenwerking met partners in andere Europese landen willen Nederlandse astronomen een leidende rol op zich nemen bij het verdere ontwerp en de bouw van een van de instrumenten voor de E-ELT.

### E.) Het NWO instituut ASTRON

ASTRON is het Nederlands instituut voor radio astronomie. ASTRON heeft, ontwikkelt en beheert onderzoeksfaciliteiten voor radioastronomie waar sterrenkundigen gebruik van kunnen maken. ASTRON heeft een eigen fundamenteel wetenschappelijk programma, in goede samenwerking met de universitaire groepen. ASTRON exploiteert de Westerbork Synthese Telescoop (WSRT) en de Low Frequency Array (LOFAR), waarvan de bouw in 2010 wordt afgerond (opening in juni 2010). ASTRON ontwikkelt nieuwe technologie voor de Square Kilometre Array (SKA) en is daarbij een van de leidende partners in een

mondiale samenwerking. LOFAR is inmiddels uitgebreid met buitenlandse stations, met participatie van het Verenigd Koninkrijk, Frankrijk, Duitsland en Zweden. Er is serieuze belangstelling van Italië, Polen en Spanje om daar stations te bouwen. Een Internationaal LOFAR Telescope consortium is in oprichting.

LOFAR is tevens een Pathfinder-project voor SKA, door de antennetechnologie, de netwerken, ICT en e-Science ontwikkelingen. Een belangrijk instrument in de eerste fase van SKA zal een laag-frequente radio telescoop zijn, een grote versie van LOFAR. Daarnaast schaal ASTRON met haar Europese partners de technologie van LOFAR op naar hogere frequenties in het Aperture Array Verification System (AAVS). Als concrete wetenschappelijk toepassing van dit type technologie ontwikkelt ASTRON een tweede SKA Pathfinder: APERTIF, een nieuwe generatie ontvangers voor de WSRT waarbij het beeldvlak met meerdere punten (een radio-camera, in het Engels: Focal Plane Array). Belangrijke strategische delen van de voorbereidingen voor SKA vinden hiermee in Nederland plaats. Aan de analyse van de data van de SKA Pathfinders zullen veel jonge onderzoekers werken. Het is belangrijk om de opgebouwde expertise van deze onderzoekers te behouden en uit te breiden. De Nederlandse astronomische gemeenschap heeft daarom de ambitie om de leiderschapsrol te spelen in één van de SKA Key Science Cases en de rol van medeprojectleider te vervullen in tenminste twee van de SKA Science Cases. Tevens is de ambitie van ASTRON om het International LOFAR Observatory en JIVE op natuurlijke wijze te ontwikkelen tot een Europees expertise Centrum voor de Radio Astronomie en daarmee het Europese knooppunt voor SKA data analyse te worden.

Om in SKA een leidende rol te spelen is het noodzakelijk dat ASTRON van LOFAR en WSRT-APERTIF de komende jaren een wetenschappelijk succes kan maken. Daarnaast moeten er voldoende middelen beschikbaar zijn voor de technologische voorstudies voor de SKA en voor de uitbreiding van de LOFAR en WSRT-APERTIF e-Science infrastructuur en algoritmes naar het SKA domein. Op deze wijze zal samen met JIVE een Europees expertise Centrum voor de Radio Astronomie kunnen ontstaan. Op de langere termijn is ook een bijdrage nodig aan de bouw van de centrale SKA faciliteit en na voltooiing aan de operatiekosten, deze investeringen zullen naar verwachting op vergelijkbare wijze als de Nederlandse bijdragen aan ESO en CERN geregeld moeten worden. De "domestic contribution" (flankerend beleid voor instrument ontwikkeling) zal in principe via ASTRON verlopen, in goede samenwerking met de Nederlandse universitaire gemeenschap.

## **F.) Het NWO instituut SRON**

SRON is het nationale expertise instituut voor ruimteonderzoek en heeft als hoofddoel om een leidende wetenschappelijke en technologische rol te spelen op geselecteerde gebieden van internationale wetenschappelijke programma's voor ruimteonderzoek van vooral ESA, maar ook steeds meer van NASA en JAXA (Japan). Deze gebieden zijn hoge- en lage-energie astrofysica, en aardobservatie en planeetonderzoek. SRON ontleent haar internationale statuur aan deskundigheid op elk van de drie aspecten van de "expertisedriehoek": wetenschappelijk onderzoek, *enabling technology* (o.a. Röntgen en FIR/Submillimeter detectoren) en *engineering* (instrumentontwikkeling en -bouw).

De onderzoeksinfrastructuur voor het ruimteonderzoek wordt al vanaf het ontstaan in internationale samenwerkingsverbanden opgebouwd, zoals dat in toenemende mate ook voor aardgebonden sterrenkundige faciliteiten noodzakelijk wordt (o.a. ESFRI).

Nederland speelt een vooraanstaande rol in het mondiale ruimteonderzoek door de kwaliteit van de mensen en door de hechte samenwerking tussen de universiteiten, voor het sterrenkundig onderzoek verenigt in NOVA, en SRON, met flinke inbreng van de industrie. De ontwikkelingen in het mondiale ruimteonderzoek gaan momenteel snel en

zijn van grote betekenis voor de toekomstige strategie van het nationale ruimteonderzoek en daarmee voor het programma van SRON.

Een aantal grote wetenschappelijke thema's zijn momenteel bepalend voor de programmering van het mondiale ruimteonderzoek. De drie onderzoeksthema's van NOVA en de Europese ASTRONET thema's vallen hier integraal binnen. SRON heeft een goede positionering om op deze thema's een belangrijke, internationaal onderscheidende rol te spelen. SRON is in staat om haar huidige programmatische lijnen door te trekken naar nieuw grensverleggend ruimteonderzoek met in potentie een hoge zichtbaarheid binnen de internationale onderzoeksgemeenschap. Dit wordt geïllustreerd door de volgende opgebouwde expertises en daaruit voortvloeiende perspectieven:

- De geleverde Principal Investigator (PI) bijdrages aan de röntgenmissie XMM (ESA) en Chandra (NASA) hebben geleid tot deelname in het Japanse (JAXA) röntgenobservatorium ASTRO-H (lancering 2014) en bieden een uitstekend perspectief op deelname in het toekomstig International X-ray Observatory (IXO) van ESA/NASA/JAXA. Deze missie zal naar verwachting echter pas na 2022 worden gelanceerd.
- Het succes van de ISO missie (ESA) met SWS, gevolgd door de bijdrage van de Herschel missie (ESA) met HIFI, hebben recent geleid tot de verwerving van de PI-status in het SAFARI instrument dat onderdeel zal zijn van de SPICA missie (JAXA, met inbreng van ESA), te lanceren in 2018.
- De expertise die SRON heeft opgebouwd in het aardatmosferisch onderzoek, ondermeer via de bijdrage aan en het gebruik van SCIAMACHY op de grote ESA aardobservatiesatelliet ENVISAT, heeft geleid tot TROPOMI, een nieuw instrument voor onderzoek van de Aardse troposfeer, te lanceren in 2015 aan boord van de Sentinel 5 precursor missie (ESA).
- Daarnaast dienen zich nu goede mogelijkheden aan om de opgedane expertise binnen het aardatmosferisch onderzoek in te zetten voor de karakterisering van planeetatmosferen, zowel binnen ons eigen zonnestelsel als exo-planetair. Centraal daarbij staat de ontwikkeling van spectropolarimetrie in samenwerking met UU als nieuwe *enabling technology*.

De technologische voorbereidingen voor ruimtemissies vergen vaak een lange aanlooptijd (15-20 jaar). Continuïteit in de technologische ontwikkeling is daarbij van groot belang. De trend is dat ESA steeds in een later stadium een missie selecteert waardoor verschillende voorstudies gelijktijdig moeten plaatsvinden. Ook zou het verwerven in internationale competities van een PI-rol bijvoorbeeld op IXO en SAFARI moeten leiden tot voldoende middelen voor de ontwikkeling en bouw van nieuwe instrumenten en de wetenschappelijke uitbating daarvan. De nieuwe *enabling technology* spectropolarimetrie biedt SRON en NWO de mogelijkheid de Nederlandse universitaire, institutionele en industriële expertise te bundelen en een multidisciplinair onderzoeksprogramma op het gebied van "vergelijkende planetologie" op zetten.

Als SRON en de Nederlandse sterrenkunde in het mondiale ruimteonderzoek een toonaangevende rol willen blijven spelen is het van groot belang dat SRON voldoende middelen ter beschikking heeft voor de drie hierboven beschreven aspecten. Vergroting van het basisbudget is nodig voor de instandhouding van de brede technologische competentie, voorbereiding op nieuwe missies en de opbouw van de basiscompetentie planeetonderzoek. Daarnaast zou SRON op projectbasis voldoende middelen beschikbaar gesteld moeten worden bij het verwerven van een leidende (bijv. PI-status) rol bij nieuwe ruimte instrumentatie projecten.

## **G.) Het NWO gebied Exacte Wetenschappen**

NWO is verantwoordelijk voor de ontwikkeling van het wetenschapsbeleid in Nederland en het verdelen van onderzoeksmiddelen op basis van kwaliteit. Door het NWO gebied Exacte Wetenschappen (NWO-EW) worden door middel van competitie subsidies gegeven aan de beste onderzoekers met de sterkste onderzoeksvorstellen. Hierbij wordt in het bijzonder aandacht geschonken aan de ondervertegenwoordiging van vrouwen in de wetenschap. Bovendien heeft het gebied een aanzienlijk aandeel in de exploitatie van twee internationale observatoria op La Palma en Hawaii, en in het Joint Institute for Very Long Baseline Interferometry in Europe, JIVE.

### **1.) Subsidie van onderzoek**

De Vrije Competitie van NWO-EW is een subsidievorm bestemd voor tijdelijke onderzoeksposities (promovendi en Postdocs) die aangevraagd kunnen worden door de staf van onderzoeksinstituten. De Vrije Competitie is belangrijk om de resultaten van investeringen in de ontwikkeling en bouw van astronomische instrumentatie te oogsten, de resultaten te interpreteren door theoretische studies, numerieke en laboratorium simulaties; en het maximum te halen uit de unieke eigenschappen van de observatoria waarin NWO als partner participeert. Excellente en zeer goede onderzoeksvorstellen moeten een redelijke kans op honorering hebben. Dit geldt ook voor de Vernieuwingimpuls, in het bijzonder op Vidi en Vici niveau, waarmee jong talent (UD, UHD en hoogleraar) een onderzoeksgroep kan vormen. De honoreringskansen in de Vrije Competitie en de Vernieuwingsimpuls liggen echter al enkele jaren op een dramatisch laag niveau, tussen de 10 en 20 procent, zelfs voor excellente voorstellen. Een extra investering in deze belangrijke subsidie instrumenten is daarom noodzakelijk.

Het huidige subsidieapparaat van NWO voorziet vooral in instrumenten voor de beginfase van wetenschappelijke ontwikkeling. Er zijn echter geen mogelijkheden voor toptalenten die ver voor hun pensioen al aan de top staan. Er zijn ook geen mogelijkheden voor laatbloeiers en personen die hun carrière onderbroken hebben om wat voor reden dan ook. Een schakel tussen Vici en Spinoza en een post-Spinoza subsidievorm zijn hard nodig om onderzoekers, zo lang ze in topvorm zijn, te blijven steunen nadat ze een sterke onderzoeksgroep hebben opgebouwd. Het opzetten van een *rolling grant* systeem gebaseerd op past performance is daarom wenselijk, evenals een Spinoza+ systeem. Op deze wijze blijft deze absolute top voor Nederland behouden.

Op het grensvlak van bestaande onderzoeksgebieden ontstaan vaak nieuwe onderzoeksrichtingen. Voorbeelden hiervan zijn computational sciences, astrodeeltjes fysica, kosmologie, astrochemie, astrogeologie, en astrobiologie. Dit zijn spannende interdisciplinaire vakgebieden die zich snel ontwikkelen en waarin Nederlandse topsterrenkundigen actief zijn. Nederland is volgens een recente Science Watch citatie analyse op dit moment op het gebied van astrochemie het toonaangevende land in de wereld gemeten in citaties per artikel (zie <http://sciencewatch.com/ana/st/astro/nations/>). De astrodeeltjes fysica is een groeigebied dat nu nog erg fysisch is, maar in een later stadium waarschijnlijk een belangrijke tak van de sterrenkunde kan gaan vormen. Op veel vlakken nemen astronomen het voortouw (Auger, LISA, CTA). Voor deze en andere gebiedsoverstijgende vakgebieden worden door NWO start-up en netwerkactiviteiten ontwikkeld, maar er zijn vaak geen middelen beschikbaar voor een multi- of interdisciplinair onderzoeksprogramma met voldoende kritische massa. Om programma's als deze van start te laten gaan is het van groot belang dat extra budget voor het gebied Exacte Wetenschappen beschikbaar komt. Hierbij moet erop gelet worden dat er na de start ook ruimte is voor continuïteit, zodat de meest excellente initiatieven met andere disciplines zich tot een blijvend zwaartepunt in Nederland kunnen ontwikkelen.

## **2.) Grootschalige onderzoeksfaciliteiten**

Vanwege de instrumentele complexiteit van de R&D fase en het astronomisch hoge budget benodigd voor de bouw kunnen grote infrastructuren vaak alleen in Europees verband of zelfs alleen op mondiaal niveau tot stand komen. Voorbeelden hiervan zijn de E-ELT (European Extremely Large Telescope), SKA (Square Kilometre Array) en Xeus/IXO (X-ray Evolving Universe Spectroscopy space observatory/ International X-ray Observatory). Deze projecten staan hoog in de lijst van de belangrijkste faciliteiten voor de toekomst van de Europese sterrenkunde in de ASTRONET Infrastructure Roadmap. De E-ELT en SKA staan ook in de top van de lijst van het European Strategy Forum on Research Infrastructures (ESFRI) en in de nationale Roadmap Grootschalige Onderzoeksfaciliteiten. Vanuit het NWO budget voor Grootschalige Onderzoeksfaciliteiten is in 2008 een voorstel voor een E-ELT instrumentatieprogramma onder leiding van NOVA gehonoreerd. Voornamelijk was dit een eenmalige ronde. Continuïteit van deze subsidievorm is gewenst om ASTRON en SRON, die een leidende rol hebben in internationale voorstudies voor respectievelijk SKA en Xeus/IXO, ook in de bouw daarvan te laten participeren en een rol als PI te claimen. Daarnaast is ook een versterking van de huidige samenwerking tussen NOVA/Universiteiten en ASTRON en SRON belangrijk om de kans op wetenschappelijke doorbraken met deze nieuwe faciliteiten zo groot mogelijk te maken. Dit zou goed kunnen met een duo aanstelling van project scientists voor 50% bij een universiteit en 50% bij ASTRON of SRON. De huidige verhouding is vaak 80:20.

## **3.) De Isaac Newton Group of Telescopes (ING)**

Nederland is via NWO-EW partner (25%) in de Isaac Newton Group of Telescopes (ING) op La Palma, samen met Spanje en het Verenigd Koninkrijk. De ING bestaat uit de 2,5m Isaac Newton Telescope (INT) en de 4,2m William Herschel Telescope (WHT). De WHT, behoort tot de beste 4m klasse telescoop faciliteiten in de wereld en verwacht wordt dat dit ook het komende decennium zo zal blijven in de aanloop tot het Europese E-ELT project.

De WHT zal daarom in het komend decennium naast de toegang tot een topfaciliteit op het noordelijk halfrond met *state-of-the-art* instrumenten ook een grote rol blijven spelen voor de Nederlandse sterrenkunde op een aantal belangrijke terreinen: 1) als "test-bed" voor instrumentele ontwikkelingen (Integral Field Units, *adaptive optics*) die passen in het Nederlands flankerend beleid op het gebied van optische en nabij-infrarode instrumentatie voor de E-ELT waarvoor belangrijke mondiale spelers zich nu aan het positioneren zijn; 2) voor complementaire en *follow-up* waarnemingen van toekomstige ruimtemissies met een belangrijke Nederlandse inbreng zoals JWST (de opvolger van de Hubble Space Telescope), GAIA en Herschel, alsmede van radio interferometrische metingen vanaf de grond met LOFAR en JIVE.

Vanuit het strategisch plan van de Nederlandse astronomie streeft NWO-EW in de ING Board naast de bovengenoemde wetenschappelijke doelstellingen naar een wetenschappelijke samenwerking met de 10m Gran Telescopio Canarias (GTC). Hiermee kunnen ook de operatiekosten verder worden gereduceerd en kunnen de WHT en de GTC op termijn opgaan in een Common Northern Observatory.

## **4.) De James Clerk Maxwell Telescope (JCMT)**

Samen met het Verenigd Koninkrijk en Canada is Nederland via NWO-EW partner (20%) in de James Clerk Maxwell Telescope (JCMT), op Mauna Kea, Hawaii. De Nederlandse interesse in de JCMT is vooral gelegen in de toegang tot een faciliteit waarmee ver-infrarood/submillimeter continuüm- en spectroscopische waarnemingen mogelijk zijn met

*state-of-the-art* instrumenten. Het gebruik van de JCMT zal afnemen vanaf het moment dat ALMA operationeel wordt (2012). De komende jaren zal de jaarlijkse bijdrage aan de JCMT geleidelijk afgebouwd worden. De aldus beschikbaar komende middelen zullen worden gebruikt het opbouwen van een NWO "ALMA Regional Support Center" in Leiden als natuurlijk vervolg op de JCMT.

## **H.) Het Joint Institute for VLBI in Europe (JIVE)**

Het Joint Institute for VLBI in Europe (JIVE) is het Europese expertise centrum voor Very Long Baseline Interferometry (VLBI) waar data van radiotelescopen van verschillende landen en continenten worden samengebracht en gecorreleerd. De partners in JIVE zijn Duitsland, China, Frankrijk, Italië, Spanje, Zweden, Verenigd Koninkrijk en Nederland, en binnenkort waarschijnlijk ook Polen. JIVE is gehuisvest bij ASTRON in Dwingeloo. De ontwikkeling van e-VLBI is een belangrijke vernieuwing waarbij data van radiotelescopen in real-time via glasvezel verbindingen worden overgebracht naar JIVE. De datastroom neemt steeds meer toe vanwege de steeds grotere bandbreedte voor extra gevoeligheid en toename van het aantal aangebonden radiotelescopen. JIVE is de afgelopen tijd uitgegroeid tot hét internationaal *science support* en *operations center* voor e-VLBI door de overgang naar datatransport over glasvezel en door het ontwikkelen van een Next Generation Correlator. Deze ontwikkelingen vormen tegelijkertijd ook een SKA-*correlator pathfinder*, waarmee JIVE zich als een natuurlijke partner in de mondiale SKA voorbereidingen positioneert.

Een belangrijke ontwikkeling die recentelijk is ingezet is om van JIVE een European Research Infrastructure Consortium (ERIC) te maken. Met steun vanuit Nederland (OCW, NWO) is de eerste stap daartoe gezet. Het is de bedoeling dat uiterlijk na afloop van de huidige samenwerkingsovereenkomst in 2013, JIVE een nieuwe statuur krijgt als ERIC. Dit heeft veel voordelen voor JIVE, o.a. BTW vrijstelling en status als *eligible* en *preferred partner* voor deelname aan toekomstige EC projecten.

De Nederlandse steun voor een ERIC structuur alsmede voor de continuering van de huidige Nederlandse bijdrage aan JIVE na 2013 zijn daarom noodzakelijk.

## **III. Onderwijs in de sterrenkunde en opleiding tot astronoom**

"*That's the place where they grow tulips and astronomers for export.*" Dit beeld van Nederland bestond er in de Verenigde Staten al vanaf begin 1920. Het sterrenkundig onderwijs en opleiding tot astronoom in Nederland is al meer dan een eeuw van wereldklasse.

Alle promovendi in Nederland vallen onder NOVA. Het NOVA onderwijs legt nadruk op verbreding en verdieping van kennis. Dit wordt ondermeer ingevuld door de NOVA herfstscholen en de opname in één van de drie NOVA netwerken. Verder stimuleert NOVA het ontwikkelen en trainen van presentatietechnieken voor lezingen voor zowel een professionele doelgroep als het brede publiek. Promovendi worden begeleid door een onafhankelijke promotiebegeleidingscommissie.

Gedurende de laatste jaren is er een toename van het aantal bachelor studenten. Het aantal masterstudenten stijgt vooral door aantrekking van studenten uit andere Europese landen. Verder is ook het aantal promovendi de afgelopen jaren toegenomen. Dit tekent zowel de excellente reputatie van het onderwijs in de sterrenkunde, als de toegankelijkheid van het Nederlandse universitaire systeem met het Engels als de *lingua franca*, en de goede inbedding van de Nederlandse astronomie in internationale context.

Het is van belang dat Nederland aantrekkelijk blijft voor studenten en promovendi uit het buitenland. Daarnaast moet ook de instroom van Nederlandse studenten gewaarborgd worden. Het Platform Bèta Techniek dat in 2004 is opgezet door de overheid heeft een aantal programma's ontwikkeld om de bèta wetenschappen op elk stadium van het onderwijs te stimuleren. Daarnaast heeft de Commissie Vernieuwing Natuurkunde-onderwijs het natuurkunde curriculum vernieuwd, waarin enkele modules zijn ontwikkeld om de natuurkundige theorieën in astronomische context te plaatsen. In dit kader is ook het Leraar in Onderzoek programma van NWO belangrijk om Natuur- en Wiskundeleraren van middelbare scholen aan een universiteit astronomisch onderzoek te laten doen en op die wijze het enthousiasme voor de sterrenkunde uit te dragen.

Het Platform Bèta Techniek streeft in 2010 naar een verhoging van de in- en uitstroom in het hoger bèta onderwijs met 15% vergeleken met het niveau van 2000. Op dit moment lijkt dit doel voor de sterrenkunde te zijn bereikt.

De continuering van NOVA en de versterking van het basisbudget van de sterrenkundige instituten van de universiteiten zijn van groot belang om Nederland aantrekkelijk te laten blijven voor promovendi uit binnen en buitenland en om de kwaliteit van de afgeleverde promovendi op het kwalitatief hoge niveau in stand te houden.

#### **IV. Impact op de kennismaatschappij**

Sterrenkundig onderzoek wordt in de eerste plaats gedreven door nieuwsgierigheid. De publieke interesse en de culturele aspecten van de astronomie zijn een belangrijk uithangbord om meer kinderen te interesseren voor de Bèta wetenschappen en het aantrekken van studenten. De sterrenkunde is ook een wetenschap met toepassingen voor de samenleving. Dit geldt vooral op het gebied van instrumentatieontwikkeling.

Radioastronomische ontwikkelingen liggen het dichtst bij toepassingen op commercieel gebied. De door ASTRON ontwikkelde technieken om interferentie van sterke radiosignalen van radio en TV-stations te filteren wordt toegepast in alle mobiele telefoons. Bij het LOFAR technologie programma waren meer dan 20 MKBs betrokken en enkele multinationals. Maar liefst vijf technologie *start-ups* zijn ontstaan of groot geworden dankzij LOFAR. Dit effect zal nog groter zijn bij de SKA ontwikkelingen. De nieuwe productiemethoden die nodig zijn voor de grote hoeveelheid van benodigde antennes en detectoren en de extreme eisen die SKA stelt, zullen leiden tot nieuwe en uitdagende *product-markt* combinaties. Ook hier dient LOFAR als voorbeeld: een bedrijf dat *embedded* software ontwikkelt voor astronomische beam-vorming kon deze software ook inzetten voor toepassingen op medisch gebied. ASTRON heeft dit verder uitgewerkt in een *business case* voor SKA in Nederland.

Continu worden nieuwe technologie en technieken ontwikkeld bijvoorbeeld om met een steeds grotere gevoeligheid en pixel resolutie zwakke electromagnetische straling en deeltjes te detecteren en te corrigeren voor sterke effecten uit de voorgrond. Dit geldt ook voor ontwikkelingen in de ICT op het gebied van gegevensverwerking en calibratie van grote datastromen en data analyse technieken. Een goed voorbeeld is het project TARGET in Groningen waar voor de sterrenkunde ontwikkelde informatietechnologie wordt toegepast in de kunstmatige intelligentie en in de medische sector, in samenwerking met Oracle en IBM. Een ander voorbeeld is de Adaptieve Optica (AO) die helpt de turbulentie van de atmosfeer te corrigeren en zo een hogere resolutie te krijgen. Deze techniek wordt op het sterrenkundig Instituut Utrecht verder ontwikkeld voor toepassingen buiten de astronomie, bijvoorbeeld in hoge resolutie imaging van menselijk weefsel van buitenaf door de huid heen. Een andere techniek betreft hoge contrast imaging polarimetrie waarbij planeten in de buurt van heldere sterren kunnen worden gedetecteerd. Deze techniek wordt in Nederland door astronomen doorontwikkeld voor medische toepassingen om huidcarcinomen op te sporen, en voor de detectie van

landmijnen. Verder is de ontwikkeling van gevoelige THz-detectoren bij SRON van belang voor toepassingen in onderzoek van cultuurhistorisch erfgoed, zoals non-destructief schilderijenonderzoek, maar ook voor beveiliging. Dit geldt ook voor gevoelige X-ray detectoren voor medische toepassingen.

In de nabije toekomst zullen de technologische ontwikkelingen die plaatsvinden voor de instrumenten voor de E-ELT voorbeelden van kennisoverdracht en economische relevantie leveren. In het Nederlandse E-ELT consortium werken NOVA, Dutch Space, Cosine Research, Airborne Composites, Janssen Precision Engineering en Thales Cryogenics samen aan instrumentatie-ontwikkeling met voor de astronomie toepassingsmogelijkheden in o.a. instrumentatie voor de E-ELT en voor de industrie het opbouwen van expertise om zeer precies te werken met spin-off over 10-15 jaar.

Voor de bevordering van economische en industriële spin-offs van astronomische instrumentatie-ontwikkeling stelt dit toekomstplan voor om voldoende middelen beschikbaar te hebben voor een sterke Nederlandse betrokkenheid in grote internationale astronomische infrastructuren zoals die van ESA en ESO (waaronder de E-ELT), alsmede de SKA-voorbereidingen. De ontwikkeling daarvan verlegt de grenzen van de wetenschap en de techniek. Hieruit zullen talrijke toepassingen voor het dagelijks gebruik ontstaan en deze zullen vaak commercieel aantrekkelijk zijn.

## **V. Acties & Aanbevelingen**

Voor een structurele versterking van het wetenschappelijk onderzoek en onderwijs in de sterrenkunde aan de Nederlandse universiteiten, en van SRON, ASTRON en het in Nederland gevestigde JIVE zijn de hieronder beschreven acties noodzakelijk. Alle genoemde acties zijn urgent. De eerste twee acties: Actie 1: Continuering van NOVA als toponderzoekschool na 2013 en Actie 2: Vergroting van de ESO bijdrage voor de bouw van de E-ELT, zijn bijzonder urgent en moeten op zeer korte termijn verwezenlijkt worden. De prioriteiten van de overige acties (Actie 3 t/m 8) zullen in het strategisch plan voor de astronomie 2011-2020, dat in 2011 zal verschijnen, worden vastgesteld.

### **Actie 1: Continuering van NOVA als toponderzoekschool na 2013**

De continuering van NOVA na 2013 als toponderzoekschool is van vitaal belang om de Nederlandse sterrenkunde in de wereldtop te houden. Het is wenselijk een perspectief op lange termijn te bieden vanwege de lange aanlooptijden (10-25 jaar) voor de ontwikkeling en bouw van grote internationale instrumenten in ESO verband. Het hiervoor benodigde budget bedraagt M€ 5,0 per jaar.

De stabiele financiering van de Optisch-Infrarood groep is essentieel voor de participatie in E-ELT instrumentatie ontwikkeling en het streven naar een PI-rol bij ten minste één instrument in de 1e generatie van instrumenten. Hiervoor is M€ 1,0 per jaar nodig.

Benodigd budget: M€ 6,0 per jaar.

### **Actie 2: Vergroting van de NL-ESO bijdrage voor de bouw van de E-ELT**

De ESO Council neemt eind 2010 een besluit over de bouw van de E-ELT op Cerro Armazones in Chili. Nederland heeft een sterke betrokkenheid in het ESO programma en de ontwikkeling en bouw van een E-ELT instrument in internationaal verband onder leiding van NOVA, dankzij de ESRFI middelen die daarvoor zijn toegekend. Het is daarom noodzakelijk dat Nederland één van de landen is die het voortouw nemen bij het instemmen met een verhoging van de contributie voor alle ESO landen voor de bouw van de E-ELT.

Benodigd Budget: M€ 2,0 per jaar.

### **Actie 3: Vergroting van het basisbudget van de universiteiten**

Door bezuinigingen van de laatste jaren staan de vaste staf posities en de tijdelijke onderzoeksposities bij de universiteiten sterk onder druk. Om sturing te blijven geven aan het onderzoek vanuit de universiteiten, alsmede vanwege de matchings verplichtingen van EC-projecten is een verhoging van het basisbudget van de universiteiten nodig van M€ 3 per jaar.

Voor het oogsten de wetenschappelijke opbrengst van LOFAR is M€ 5,6 nodig voor tijdelijke onderzoeksposities (AIOs en Postdoctoral fellows) over een periode van 5 jaar voor de periode 2011-2015. De helft hiervan kan via de bestaande competitiekanalen worden verkregen. Het hiervoor benodigde budget bedraagt M€ 0,56 per jaar.

Benodigd budget: M€ 3,56 per jaar.

#### **Actie 4: Vergroting van het basisbudget van ASTRON**

Voor de periode 2010-2012 heeft ASTRON financiering gezocht in technologische innovatieprogramma's. Voor de ontwerpfase van SKA en de ontwikkeling van een Europees expertise centrum is in de periode 2011-2015 een versterking van het ASTRON budget van minimaal M€ 3 benodigd. Hiermee kan Nederland een PI-rol in een van de SKA Key Science Cases en een Europees expertise centrum claimen.

De kosten voor de bouw van de Fase 1 SKA bedragen ca. M€ 320, een aandeel van Nederland van M€ 30 is gewenst voor de periode 2015-2019. De geschatte totale operatiekosten voor de Fase 1 SKA telescoop (vanaf 2018) zijn ongeveer M€ 30 per jaar vanaf 2020, een 10% aandeel daarvan voor Nederland lijkt realistisch. Deze investeringen zullen naar verwachting op vergelijkbare wijze als de Nederlandse bijdragen aan ESO en CERN geregeld moeten worden.

Benodigd budget: M€ 3,0 per jaar.

#### **Actie 5: Vergroting van het basisbudget van SRON**

Structurele verhoging van de basisfinanciering van SRON met M€ 2 per jaar is noodzakelijk ten behoeve van de instandhouding van de brede technologische competentie, voorbereiding op nieuwe missies en de opbouw van de basiscompetentie planeetonderzoek.

Als de Europese bijdrage aan de Japanse SPICA missie door ESA wordt geselecteerd (besluit in 2011) als één van de twee medium missies uit het COSMIC Vision programma, dan is voor de PI-rol van SRON voor het instrument SAFARI een budget gemoeid van ongeveer M€ 35, dit is circa 1/3 van de totale projectkosten. SRON verwacht de helft daarvan (voornamelijk in de vorm van menskracht) uit de huidige basisfinanciering te kunnen bekostigen. Daarnaast zou de eerste 5 jaar M€ 1 per jaar uit het verhoogde basisbudget kunnen worden aangewend en de resterende M€ 12,5 zou over een periode van circa vijf jaar als extra projectfinanciering beschikbaar gesteld kunnen worden.

Benodigd budget: M€ 4,5 per jaar voor de periode 2011-2015  
M€ 2,0 per jaar structureel vanaf 2016

#### **Actie 6: Vergroting van het aandeel vrouwen in de sterrenkunde**

Om de sterke ondervertegenwoordiging van vrouwen in de sterrenkunde te verbeteren dienen de komende 10 jaar vijf extra geormerkte posities voor vrouwen in de sterrenkunde (zowel aan de universiteiten als de NWO-instituten) gecreëerd te worden voor aanstellingen op het niveau van universitair docent, universitair hoofddocent, of hoogleraar.

Benodigd budget: M€ 0,75 per jaar.

#### **Actie 7: Vergroting het NWO sterrenkunde budget**

NWO-EW heeft op dit moment te weinig middelen om toptalent te ontwikkelen, naar Nederland te halen en te behouden. Hiervoor dient de bestedingsruimte vergroot te worden voor de Vrije Competitie (M€ 1 per jaar), voor het starten van interdisciplinaire

onderzoeksprogramma's (M€ 1 per jaar), voor de Vernieuwingsimpuls (M€ 2,0 per jaar), en voor *rolling grant* subsidies (M€ 1 per jaar). Dit betreft de behoefte van de sterrenkunde alleen.

Benodigd additioneel budget: M€ 5,0 per jaar

**Actie 8: Continuering van JIVE na 2013 als European Research Infrastructure Consortium: JIVE-ERIC**

Het uitbouwen van de strategische positie van JIVE als ERIC vereist na 2013 voortzetting van deelname vanuit Nederland op het huidige niveau van M€ 1 per jaar.

Benodigd budget: M€ 1,0 per jaar.

**Algemene aanbevelingen**

**Aanbeveling 1. Versterking van de samenwerking tussen NOVA/Universiteiten en de NWO instituten ASTRON en SRON**

**Aanbeveling 2. Continuering van het subsidie instrument voor Grootschalige Onderzoeksfaciliteiten**

**Aanbeveling 3. Het instellen van een SPINOZA+ premie**

Appendix A. Totaal budget Nederlandse sterrenkunde in 2009.

<b>Annual budget NL astronomy for year 2009</b>	
<b>Universities</b>	<b>in M€</b>
University departments	10,4
NOVA program (research+instrumentation)	4,8
<b>Subtotal universities</b>	<b>15,2</b>
<b>NWO physical sciences</b>	
Open competition astronomy +NWO-M	3,4
Participation ING, JCMT, JIVE	2,8
Other programs (Mainly Veni, Vidi, Vici)	3,5
<b>Subtotal NWO physical sciences</b>	<b>9,7</b>
<b>NWO general program</b>	
ASTRON basic funding	6,1
SRON astronomy basic funding	14,1
NWO-Groot investments	1,4
<b>Subtotal NWO general program</b>	<b>21,6</b>
<b>Government</b>	
ESO	6,5
ESA science program (2)	9,8
<b>Subtotal government</b>	<b>16,3</b>
<b>External funding</b>	
Through ASTRON (mainly LOFAR and SKADS)	7,2
Through SRON	0,6
Through NOVA + university institutes	5,2
<b>Subtotal external</b>	<b>13,0</b>
<b>Total NL astronomy</b>	<b>75,8</b>

Het getoonde budget is een optelsom van structurele middelen en middelen die op basis van open competitie zijn verkregen. Van de 16-20 M€ aan nieuwe middelen die in dit Toekomstplan gevraagd worden (zie Tabel 1), komt meer dan de helft in de plaats van de ad hoc middelen (External funding, hierboven) waarover de Nederlandse astronomie in 2009 beschikte.

Appendix B. Vergelijking van 22 wetenschapsgebieden in Nederland over de periode 1999-2009 volgens de Essential Science Indicators van Thomson Reuters. De sterrenkunde is hier gedefinieerd als Space Science. (Bron: Science Watch)



- ScienceWatch Home
- Inside This Month...
- Interviews

- Featured Interviews
- Author Commentaries
- Institutional Interviews
- Journal Interviews
- Podcasts

**Analyses**

- Featured Analyses
- What's Hot In...
- Special Topics

**Data & Rankings**

- Sci-Bytes
- Fast Breaking Papers
- New Hot Papers
- Emerging Research Fronts
- Fast Moving Fronts
- Corporate Research Fronts
- Research Front Maps
- Current Classics
- Top Topics
- Rising Stars
- New Entrants
- Country Profiles

**About Science Watch**

- Methodology
- Archives
- Contact Us
- RSS Feeds

Country Profiles : 2009 : Country Profile of the Netherlands, 1999-February 28, 2009

**COUNTRY PROFILES - 2009**

March 2009



**Country Profile of the Netherlands, 1999-February 28, 2009**



According to *Essential Science Indicators* SM from Thomson Reuters , among the 150 top-performing countries in all fields, the Netherlands ranked #13 for citations (3,161,426), #8 for papers (228,983), and #7 (13.81) for citations per paper. Average citation rates are across all nations for all papers published by field. Time period: 1999-April 30, 2009.

Rank	Field	Papers	Cites	Citations per paper	Avg. citation rates
1	MOLECULAR BIOLOGY & GENETICS	7,427	199,169	26.82	6.10
2	IMMUNOLOGY	4,733	95,134	20.10	15.76
3	MICROBIOLOGY	4,670	90,881	19.46	9.60
4	SPACE SCIENCE	5,735	104,354	18.20	11.66
5	BIOLOGY & BIOCHEMISTRY	11,872	215,108	18.12	3.08
6	NEUROSCIENCE & BEHAVIOR	9,126	154,172	16.89	5.04
7	CLINICAL MEDICINE	65,223	1,095,560	16.80	3.92
8	CHEMISTRY	18,321	286,245	15.62	9.56
9	PHARMACOLOGY & TOXICOLOGY	3,903	52,584	13.47	8.46
10	ENVIRONMENT/ECOLOGY	6,966	92,887	13.33	19.95
11	PHYSICS	15,974	202,831	12.70	5.73
12	GEOSCIENCES	6,407	76,728	11.98	3.00
13	PSYCHIATRY/PSYCHOLOGY	9,569	100,338	10.49	14.46
14	PLANT & ANIMAL SCIENCE	12,121	121,909	10.06	23.90
15	AGRICULTURAL SCIENCES	4,272	42,849	10.03	4.19
16	MATERIALS SCIENCE	4,871	48,819	10.02	17.56
17	MULTIDISCIPLINARY	192	1,292	6.73	10.83
18	ENGINEERING	13,080	70,747	5.41	8.02
19	ECONOMICS & BUSINESS	5,391	28,410	5.27	6.83
20	SOCIAL SCIENCES, GENERAL	9,717	48,668	5.01	9.72
21	MATHEMATICS	3,514	13,827	3.93	4.06
22	COMPUTER SCIENCE	5,899	18,914	3.21	12.99

ALL FIELDS*	228,983	3,161,426	13.81	9.63
-------------	---------	-----------	-------	------

SOURCE : *Essential Science Indicators* from Thomson Reuters .

 PDF

[back to top](#) 

Country Profiles : 2009 : Country Profile of the Netherlands, 1999-February 28, 2009

[Science Home](#) | [About Thomson Reuters](#) | [Site Search](#)

[Copyright](#) | [Terms of Use](#) | [Privacy Policy](#)

Appendix C. De wereld top-20 van landen op het gebied van de sterrenkunde over de periode 1999-2009 volgens de Essential Science Indicators van Thomson Reuters. De sterrenkunde is hier gedefinieerd als Space Sciences. (Bron: Times Higher Education)



04 May 2010

## Top countries in space sciences

8 October 2009

Data provided by Thomson Reuters from its Essential Science Indicators, January 1999 through June 2009

	Country	Papers	Citations	Impact
1	Scotland	2,319	52,710	22.73
2	Israel	1,570	31,822	20.27
3	Canada	5,729	111,737	19.50
4	Chile	3,322	62,653	18.86
5	United States	55,539	1,039,395	18.71
6	The Netherlands	5,827	108,303	18.59
7	Denmark	1,511	27,991	18.52
8	England	15,968	293,401	18.37
9	Australia	4,990	89,928	18.02
10	Switzerland	2,959	51,649	17.45
11	Germany	17,572	304,158	17.31
12	Italy	11,944	186,411	15.61
13	Sweden	2,147	32,765	15.26
14	France	13,977	203,653	14.57
15	Spain	7,017	96,634	13.77
16	Japan	8,797	117,883	13.40
17	Poland	2,683	35,198	13.12
18	Mexico	2,376	28,985	12.20
19	Russia	8,567	59,669	6.96
20	China	6,022	36,777	6.11

The data above were extracted from the Essential Science Indicators database of Thomson Reuters. This database, currently covering the period January 1999 through June 2009, surveys only journal articles (original research reports and review articles) indexed by Thomson Reuters. Articles are assigned to a category based on the journals in which they were published and the Thomson Reuters journal-to-category field-definition scheme. Both articles tabulated and citation counts to those articles are for the period indicated. Here our ranking in space sciences, including astronomy and astrophysics, is by citations per paper among nations that collected 25,000 or more citations during the period to reveal weighted impact. For articles with multiple authors from different nations, each nation receives full, not fractional, citation credit. Essential Science Indicators lists nations ranked in the top 50 per cent for a field over a given period, based on total citations. In space sciences, 69 nations are listed, meaning 138 were surveyed. Twenty nations collected at least 25,000 citations in this field during the period. For more information on Thomson Reuters Essential Science Indicators, see <http://scientific.thomsonreuters.com/products/esi>

## Lijst van afkortingen en begrippen

AAVS	Aperture Array Verification System
AIO	Assistent In Opleiding
ALMA	Atacama Large Millimeter/submillimeter Array
ANS	Astronomische Nederlandse Satelliet (eerste Nederlandse satelliet in 1974 gelanceerd in samenwerking met NASA)
AO	Adaptieve Optica
APERTIF	Phased Array Feed receiver system for the WSRT
Aspasia	NWO programma ter vergroting van het aantal vrouwelijke UHDs
ASTRO-H	Satelliet voor X-ray astronomie (JAXA)
ASTRON	ASTRON – Netherlands Institute for Radio Astronomy
ASTRONET	ERANET op het gebied van de astronomie, gefinancierd vanuit het 6 <sup>e</sup> Kader Programma van de EC
Auger	Pierre Auger Observatory
CTA	Cherenkov Telescope Array
CERN	European Organization for Nuclear Research
Chandra	Chandra X-ray Observatory (NASA)
Co-I	Co-Investigator
CWTS	Centrum voor Wetenschaps- en Technologie-Studies
EC	Europese Commissie
E-ELT	European Extremely Large Telescope
ERANET	European Research Area Networks, beleidsinstrument van de Europese Commissie voor de coördinatie van nationale onderzoeksprogramma's in Europa
ERIC	European Research Infrastructure Consortium
ERC	European Research Council
ESA	European Space Agency
e-Science	systematische ontwikkeling van onderzoeksmethoden die gebruik maken van geavanceerde <i>computational thinking</i>
ENVISAT	ENVIronmental SATellite (ESA)
ESFRI	European Strategy Forum on Research Infrastructures
e-VLBI	electronic-VLBI, maakt gebruik van optische fiber netwerken om radiotelescopen te verbinden met een centrale data processor waarmee data stromen in <i>real-time</i> worden gecorreleerd
ESO	European Southern Observatory
EXOSAT	European X-Ray Observatory SATellite (ESA)
EZ	Ministerie van Economische Zaken
FES	Fonds Economische Structuurversterking
FIR	Far Infra-Red
FNWI	Faculteit der Natuurwetenschappen, Wiskunde en Informatica van de UvA
GAIA	Gaia – ESA's astrometric cornerstone mission
GBE	Gebiedsbestuur Exacte Wetenschappen van NWO (zelfde als NWO-EW)
GTC	Gran Telescopio Canarias
Herschel	Herschel – Far infrared space observatory (ESA)
HIFI	Heterodyne Instrument for the Far-Infrared
ING	Isaac Newton Group of Telescopes
INT	Isaac Newton Telescope
IXO	International X-ray Observatory (ruimtetelescoop onder studie van ESA, NASA en JAXA)
JCMT	James Clerk Maxwell telescope
IR	Infra-Rood
IRAS	InfraRed Astronomical Satellite
ISO	Infrared Space Observatory (ESA)
JAXA	Japan Aerospace Exploration Agency
JIVE	Joint Institute for VLBI in Europe
JWST	James Webb Space Telescope (opvolger van de Hubble Space Telescope)

KNAW	Koninklijke Nederlandse Academie van Wetenschappen
LEI	Universiteit Leiden
LISA	Laser Interferometer Space Antenna (ESA, NASA)
LOFAR	Low Frequency ARray
MEERVOUD	Het 'MEER Vrouwelijke Onderzoekers als UD' programma van NWO-EW
NASA	National Aeronautics and Space Administration
NCA	Nederlands Comité Astronomie
NOWT	Nederlands Observatorium van Wetenschap en Technologie
NOVA	Nederlandse Onderzoekschool Voor Astronomie
NWO	Nederlandse Organisatie voor Wetenschappelijk Onderzoek
NWO-EW	Gebiedsbestuur Exacte Wetenschappen van NWO
OCW	Ministerie van Onderwijs, Cultuur en Wetenschap
O/IR	Optisch/InfraRood
PI	Principal Investigator
PREPSKA	SKA Preparatory Study, gefinancierd vanuit het 7 <sup>e</sup> Kader Programma van de EC
RU	Radboud Universiteit
RUG	Rijksuniversiteit Groningen
SAFARI	SpicA FAR-infrared Instrument
SCIAMACHY	SCanning Imaging Absorption spectroMeter for Atmospheric CHartography
SKA	Square Kilometre Array
SPICA	Space Infrared Telescope for Cosmology and Astrophysics (JAXA)
SRON	SRON – Netherlands Institute for Space Research
SWS	Short Wavelength Spectrometer (instrument aan boord van ISO)
TARGET	Expertisecentrum Target - bouwt een duurzaam economisch cluster intelligente sensornetwerk informatiesystemen op in Noord-Nederland, gericht op databeheer bij zeer grote hoeveelheden data
THz	Tera Herz
TROPOMI	TROPOsferisch Monitoring Instrument
UD	Universitair Docent
UHD	Universitair Hoofddocent
UU	Universiteit Utrecht
UvA	Universiteit van Amsterdam
Vici	Het vernieuwingsimpuls programma voor excellente, zeer ervaren onderzoekers die met succes een vernieuwende onderzoeklijn hebben ontwikkeld
Vidi	Het vernieuwingsimpuls programma voor excellente onderzoekers die een aantal jaren onderzoek op postdocniveau hebben verricht en daarbij hebben aangetoond vernieuwende ideeën te genereren en succesvol zelfstandig tot ontwikkeling te brengen
VLBI	Very Long Baseline Interferometry
VLT	Very Large Telescope (ESO)
VSNU	Vereniging van universiteiten
WHT	William Herschel Telescope
WSRT	Westerbork Synthesis Radio Telescope
Xeus	X-ray Evolving Universe Spectroscopy space observatory (ESA)
XMM/Newton	X-ray Multi-Mirror Mission – Newton (ESA)