The Hague Centre for Strategic Studies

# AARDOBSERVATIE OP DE KAART

The Hague Centre for Strategic Studies

SECURITY

The Hague Centre for Strategic Studies

HCSS ondersteunt overheid, bedrijfsleven en kennisinstellingen met het inzichtelijk maken van de snel veranderende omgeving en het anticiperen op toekomstige uitdagingen.

This report is from the HCSS theme SECURITY. Our other themes are RESOURCES and GLOBAL TRENDS.

SECURITY

HCSS identifies and analyzes the developments that shape our security environment. We show the intricate and dynamic relations between political, military, economic, social, environmental, and technological drivers that shape policy space. Our strengths are a unique methodological base, deep domain knowledge and an extensive international network of partners.

HCSS assists in formulating and evaluating policy options on the basis of an integrated approach to security challenges and security solutions.

AARDOBSERVATIE OP DE KAART

*The Hague* Centre for Strategic Studies (HCSS)

ISBN/EAN: 978-94-92102-32-4

**Auteurs** Willem Oosterveld, Maarten Gehem, Petra Vermeulen, Peter Wijninga, Michel Rademaker, Paul Sinning. Ondersteuning bij onderzoek, opmaak en redactie: Dana Polackova, Rik Rutten.

© 2016 *The Hague* Centre for Strategic Studies behoudt zich alle rechten voor. Geen enkel onderdeel van dit rapport mag gereproduceerd of gepubliceerd worden in welke vorm dan ook, in print, microfilm, fotografie, of op enig andere manier zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van HCSS. De rechten van alle foto's zijn voorbehouden aan hun respectievelijke eigenaars.

**Grafisch ontwerp** Studio Maartje de Sonnaville, Den Haag
**© Omslagbeeld** BlackShore & European Space Imaging

*The Hague* Centre for Strategic Studies

Lange Voorhout 16
2514 EE The Hague
The Netherlands

info@hcss.nl
HCSS.NL

# AARDOBSERVATIE OP DE KAART

*The Hague* Centre for Strategic Studies

# INHOUDSOPGAVE


LIJST VAN AFKORTINGEN 7

MANAGEMENTSAMENVATTING 'AARDOBSERVATIE OP DE KAART' 13

1 INTRODUCTIE 25
1.1 Doelstellingen 28
1.2 Leeswijzer 30

2 AARDOBSERVATIE: HUIDIGE SITUATIE EN BLIK OP DE TOEKOMST 31
2.1 Wat bedoelen we met aardobservatie? 33
2.2 Technologische ontwikkelingen in aardobservatie 37
2.3 Toepassingen van aardobservatie voor defensie en veiligheid 39

3 MARKTONTWIKKELINGEN IN HET BUITENLAND 51
3.1 Wereldwijde marktontwikkelingen 53
3.2 Wereldwijde ontwikkelingen in defensie en veiligheid 59
3.3 Verenigd Koninkrijk 61
3.4 Verenigde Staten 62

4 DE MARKT VOOR AARDOBSERVATIE IN NEDERLAND 65
4.1 Omvang van de sector 68
4.2 Belangrijke in Nederland gevestigde spelers 71
4.3 Regelgeving 72
4.4 Vraagzijde 74
4.5 Technologische zwaartepunten en potentieel 82
4.6 Mate van organisatie 85
4.7 Financieringsinstrumenten voor sectorspecifieke plannen 86

5 DOORONTWIKKELING VAN DE NEDERLANDSE AARDOBSERVATIESECTOR 89
5.1 Theorie van clustervorming 91
5.2 De theorie toegepast op Nederland 95

6 POTENTIEEL VOOR CLUSTERVORMING IN AARDOBSERVATIE IN NEDERLAND 99
6.1 Vormen van clustering 101
6.2 Potentiële impact van samenwerking in de aardobservatiesector op de economie Zuid-Holland 108
6.3 Van organiseren naar programmeren 110

7 CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN 113
7.1 Conclusies 115
7.2 Aanbevelingen 117

BIJLAGE 1 123
1.1 Verenigd Koninkrijk 125
1.2 Verenigde Staten 132

BIJLAGE 2: TRENDS EN ONTWIKKELINGEN IN AARDOBSERVATIE 137
2.1 Aardobservatiesystemen 139
2.2 Trends in data en informatie 145
2.3 Belemmerende factoren 147

DANKBETUIGING 149

EINDNOTEN 153

BIBLIOGRAFIE 177

# LIJST VAN AFKORTINGEN

# LIJST VAN AFKORTINGEN

| | |
|---|---|
| ADI | Aardobservatie-Diensten-Infrastructuur |
| AIRICA | ATM Innovative RPAS Integration for Coastguard Applications |
| AIS | Automatic Identification System |
| AMS | American Meteorological Society |
| AO | aardobservatie |
| BARSC | The British Association of Remote Sensing Companies |
| BNP | Bruto Nationaal Product |
| CEOS | Committee on Earth Observation Satellites |
| CGI | CGI Group Inc. (Conseillers en gestion et informatique) |
| COTS | commercial-off-the-shelf |
| CSC | Colorado Space Coalition cluster |
| DaaS | Data as a Service |
| DARPAS | Dutch Association for Remotely Piloted Aircraft Systems |
| DEMs | digitale hoogtemodellen |
| DITSS | Dutch Institute for Technology, Safety & Security |
| DMC | Disaster Monitoring Constellation |
| DMSP | Defense Meteorological Satellite Program |
| EADS | European Aeronautic Defence and Space Company |
| EARSC | European Association of Remote Sensing Companies |
| EIGS | Enterprise for Innovative Geospatial Solutions |
| ENVISAT | Environmental Satellite |
| EOIA | Earth Observation Industry Alliance |
| EO-tech | Earth Observation Technology Cluster |
| ESA | European Space Agency |
| ESTEC | European Space Research and Technology Centre |
| EU | Europese Unie |
| FTE | Fulltime-equivalent |
| FTIR | Fourier Transform InfraRed |

| | |
|---|---|
| G4AW | Geodata for Agriculture and Water |
| GBN | GeoBusiness Nederland |
| GEO | Group on Earth Observations |
| GEO-CAN | Global Earth Observation Catastrophe Assessment Network |
| GEOSS | Global Earth Observation System of Systems |
| GFDRR | Global Facility for Disaster Reduction and Recovery |
| GIN | Geo Informatie Nederland |
| GMES | Global Monitoring for Environment and Security |
| GPS | Global Positioning System |
| HISWA | Nederlandsche Vereeniging voor Handel en Industrie op het Gebied van Scheepsbouw en Watersport |
| HSD | The Hague Security Delta |
| HTSM | HighTech Systems en Materialen |
| ICC | International Criminal Court |
| ICR | Interdepartementale Commissie Ruimtevaart |
| IDPS | Intrusion Detection and Prevention System |
| IFV | Instituut Fysieke Veiligheid |
| IMINT | Imagery intelligence |
| IRO | Industriële Raad voor de Olie- en Gasindustrie |
| ISO | International Organization for Standardization |
| ISPRS | International Society for Photogrammetry and Remote Sensing |
| ISPS | International Ship and Port Security |
| ITC | Faculteit Geo-Informatie Wetenschappen en Aardobservatie, Universiteit Twente |
| JMG | Joint Meteorologische Group |
| KNMI | Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut |
| KPN | Koninklijke PTT Nederland |
| LANCE | Land, Atmosphere Near real-time Capability for EOS |
| LiDAR | Light Detection And Ranging of Laser Imaging Detection And Ranging |
| LSHM | Large Scale Hydrological Model |
| MARIN | Maritime Research Institute Netherlands |
| MIVD | Militaire Inlichtingen- en Veiligheidsdienst |
| MKB | Midden- en Kleinbedrijf |
| NASA | National Aeronautics and Space Administration |
| NCEO | National Centre for Earth Observation |
| NEO | Netherlands Geomatics & Earth Observation |
| NERC | Natural Environment Research Council |

| | |
|---|---|
| NEVASCO | Netherlands Value-Adding Services Collectief |
| NGA | National Geospatial-Intelligence Agency |
| NGO | non-governmental organization |
| NIAV | Nationale Innovatieagenda Veiligheid |
| NIDV | Nederlandse Industrie voor Defensie en Veiligheid |
| NLR | Nederlands Lucht- en Ruimtevaartcentrum |
| NML | Nederland Maritiem Land |
| NOAA | National Oceanic and Atmospheric Administration |
| NSO | Netherlands Space Office |
| NSR | Northern Sky Research |
| NSTC | National Science and Technology Council |
| NSTP | National Space Technology Programme |
| NWO | Nederlandse Organisatie voor Wetenschappelijk Onderzoek |
| OGC | Open Geospatial Consortium |
| OPCW | Organization for the Prohibition of Chemical Weapons |
| PPP | publiek-private partnerschappen |
| R&D | Research & Development |
| ROC | Regionaal Opleidingen Centrum |
| Royal IHC | Royal Industriële Handels Combinatie |
| RPAS | Remotely Piloted Aircraft System |
| RVO | Rijksdienst voor Ondernemend Nederland |
| SAGE III ISS | Stratospheric Aerosol and Gas Experiment III on ISS |
| SAR | synthetic aperture radar |
| SEOSAR | Satélite Español de Observación SAR (SAR Observation Spanish Satellite) |
| SIEM | Security information and event management |
| SIG-EO | Special Interest Group Earth Observation |
| SSTL | Surrey Satellite Technology Ltd |
| STARS | Sensor Technology Applied in Reconfigurable Systems |
| STARS | Sensor Technology Applied in Reconfigurable systems for sustainable Security |
| STC-Group | Scheepvaart en Transport College Group |
| STEM | wetenschap, technologie, techniek en wiskunde |
| TKI | Topconsortia voor Kennis en Innovatie |
| TRL | Technology Readiness Level |
| TS&S | Turbine Services and Solutions |
| TU Delft | Technische Universiteit Delft |
| UAV | Unmanned Aerial Vehicle |

| | |
|---|---|
| UKSA | UK Space Agency |
| UNESCO-IHE | UNESCO-IHE Institute for Water Education |
| UN-SPIDER | United Nations Platform for Space-based Information for Disaster Management and Emergency Response |
| USGEO | U.S. Group on Earth Observations |
| USGS | U.S. Geological Survey |
| VenJ | Ministerie van Veiligheid en Justitie |
| VK | Verenigd Koninkrijk |
| VS | Verenigde Staten |
| VTS | Vessel Tracking Service |
| Wbp | Wet bescherming persoonsgegevens |
| WBSO | Wet bevordering speur- en ontwikkelingswerk |
| WUR | Universiteit Wageningen |

# MANAGEMENT-SAMENVATTING ‘AARDOBSERVATIE OP DE KAART’

# MANAGEMENTSAMENVATTING ‘AARDOBSERVATIE OP DE KAART’

In de wereld van vandaag is de beschikbaarheid van data en informatie enorm toegenomen en onontbeerlijk geworden voor vele toepassingen. Aardobservatie (AO) is één van de methodes om data te verzamelen en tot informatie te verwerken. Niettemin is AO vaak nog omgeven door onbekendheid, zeker bij het grote publiek. En dat terwijl op velerlei vlakken AO toepassingen al gebruikt worden, of het nu gaat de vitale infrastructuur, voor het meten van klimaatverandering, of voor waterbeheer. Op veiligheidsgebied kan de beschikbaarheid van informatie een groot verschil maken ter assistentie van politiediensten, in het kader van militaire operaties, of om bijvoorbeeld smokkelactiviteiten te traceren. Aardobservatie-informatie heeft er ook aan bijgedragen dat we ons bewust(er) worden van onze eigen leefomgeving, en “draagt daarmee bij aan oplossingen die sociaaleconomische waarde hebben voor de maatschappij.”[1]

Aardobservatie als industriële sector heeft veel potentieel. In Nederland zijn verschillende bedrijven en instellingen actief die zich met aardobservatie bezighouden, van bouwers van ruimtetechnologie tot ontwikkelaars van instrumenten en sensoren evenals bedrijven die informatie bewerken voor eindgebruikers. Tevens is er een zich ontwikkelende vraag naar AO-gedreven informatie bij de overheid en bedrijven. Echter, de sector in Nederland is nog onvoldoende ontwikkeld, waardoor veel partijen elkaar niet weten te vinden en synergie-effecten niet tot stand komen, in het bijzonder op het vlak van defensie- en veiligheidstoepassingen.

Doel van dit rapport is om mogelijkheden van AO-toepassingen voor een breder publiek inzichtelijk te maken, en zo de aardobservatiesector in Nederland meer zichtbaar te maken. Daarnaast is ook gekeken naar de economische potentie van de sector, waarbij met name wordt gefocust op het potentieel van de downstream aardobservatiesector, en hoe deze het beste kan worden ontwikkeld. Gegeven de fragmentatie van de sector in Nederland en de relatieve onbekendheid met de mogelijkheden en toepassingen van aardobservatie bij veel potentiële afnemers, kan

clustervorming bijdragen aan het zichtbaarder maken van de sector en helpen om het economisch potentieel ervan te vergroten. Daarmee kan de sector een stevigere economische en institutionele verankering verkrijgen waarmee de concurrentie met het buitenland kan worden aangegaan.

## Wat is aardobservatie?

Aardobservatie is het meten van veranderingen op (of onder) het aardoppervlak met behulp van sensoren die op satellieten, vliegtuigen, UAVs of andere vliegende voorwerpen zijn geplaatst, of door middel van 'in situ' grondgebonden sensoren. In dit rapport wordt de sector beschouwd als een keten bestaande uit upstream en downstreamsegmenten, waartoe delen van de ruimte-industrie, luchtvaartindustrie (met name UAVs) en data en informatieverwerkers (geo-informatie) worden gerekend.

## Technologische trends

Het aanbod aan aardobservatiesystemen en beschikbare data is sterk in ontwikkeling. Steeds meer satellieten, UAVs en andere platformen maken opnames van de aarde, waarvan de kwaliteit alsmaar beter wordt. Andere belangrijke trends zijn de miniaturisering van satellieten, de mogelijkheid om door *hosted payloads* eigen capaciteit in de ruimte te verkrijgen en de toename van opslag- en verwerkingscapaciteit van data uit AO. Als we deze ontwikkelingen doortrekken is het waarschijnlijk dat we binnenkort vrijwel constante gebiedsdekking zullen hebben. Doordat meer van deze data openbaar beschikbaar komt, zijn aardobservatiegegevens een nieuwe "grondstof" voor economische groei van zowel grote multinationals als het midden- en kleinbedrijf. Deze ontwikkelingen bieden daarmee eveneens veel kansen voor publieke instanties om toegang te krijgen tot nieuwe bronnen van informatie.

## Toepassingen van aardobservatie

Data en informatie uit AO wordt op velerlei vlakken gebruikt. In het civiele domein –en met name voor vitale infrastructuur– wordt het gebruikt voor het monitoren van waterwerken, energiecentrales of bij landbouwactiviteiten. Maar ook op het defensie- en veiligheidsvlak bestaan er vele toepassingen, of zijn deze in ontwikkeling. Zo kan AO een belangrijke rol spelen in alle fases van de militaire planning: van early warning, missieplanning en het uitvoeren van missies, tot het monitoren van fragiele post-conflict situaties.

Elders in de veiligheidssector kan AO eveneens worden toegepast. Zo kunnen politiediensten het gebruiken om misdaad in kaart te brengen. De Kustwacht kan middels AO beter zicht krijgen op bewegingen van kleine schepen op de Noordzee. Ook op

humanitair vlak kan AO een verschil maken door hulpverleners beter zicht te geven op waar bijvoorbeeld in rampgebieden hulp het meest nodig is, om schade in kaart te brengen, of om vluchtelingenstromen beter te kunnen analyseren. Tevens kan AO een grotere rol gaan spelen op forensisch vlak, en internationale strafrechtsinstanties helpen om bewijslast te verzamelen in geval van mensenrechtenschendingen of genocidale activiteiten.

## Marktontwikkelingen

Wereldwijd vormen aardobservatietoepassingen een sterk opkomende sector, met een geschatte huidige omzet in Europa van zo'n €2,1 miljard (upstream en downstream, 2015) en een jaarlijkse groei van 7-10%, ver boven de gemiddelde groei van het wereldwijde BNP. Deze groei lijkt zich ook in de komende jaren op dit niveau door te zullen zetten. De huidige omvang van de markt voor value-adding diensten en informatieproducten uit aardobservatie (downstream) wordt geschat op zo'n €2,1 miljard (2014), en kan verder groeien richting 3,8-4,4 miljard in 2023-24. De marktwaarde voor commerciële aardobservatiesatellieten is door Northern Sky Research (NSR) geraamd op €1,4 miljard (2013). Vooral het segment voor informatieproducten (oftewel downstream) zou hiervan moeten profiteren als de prijs voor hoge-resolutie fotografie op basis van AO-data en big data analyse afneemt. Voor 2014 is de waarde van de AO-dienstensector wereldwijd zo'n €900 miljoen, met een verwacht groeipercentage van 7,6%.

## De aardobservatiesector in Nederland

Nederland is op deze markt een relatief kleine speler met een totale jaarlijkse sectoromzet van rond de €59 miljoen (2014) en telt 120 bedrijven en zo'n 700 werknemers. Maar gezien de verschillende cross-overs van AO-expertise en toepassingen dient ook het grotere ecosysteem in beschouwing te worden genomen waar aardobservatie een onderdeel van uitmaakt. Dit omvat onder andere de upstream-ruimtevaartindustrie, die in Nederland een omzet van €178 miljoen en 760 FTE's telt (2015), alsmede de geo-informatie en dataverwerkingsindustrie, waar zo'n €1,4 miljard in omgaat en 15.000 FTE's telt (2014).

Nederland beschikt over een aantal sterke punten waarmee het zich op dit terrein op de kaart kan zetten: het heeft een hoogwaardige upstream ruimtevaartsector met toegang tot zeer geavanceerde technologie die via het Topsectorenprogramma wordt ondersteund, en er is een goed georganiseerde sector die zich met geo-informatie en dataverwerking bezig houdt. Tevens heeft Nederland belangrijke expertise opgebouwd met het gebruik van AO in landbouw, energie en watermanagement.

Ten opzichte van de Europese downstream-aardobservatiesector omzet kent Nederland diverse verschillen. Zo haalt de Nederlandse markt 40% van de omzet uit de sector energie en natuurlijke hulpbronnen, waar de gehele Europese sector hier slechts 14% uit haalt. Daarnaast valt op dat 30% van de omzet uit AO-downstream in Europa toe te schrijven is aan de publieke veiligheidssector, terwijl dit percentage in Nederland op 16% ligt. Er lijkt daarmee dus onontgonnen potentieel te zitten in verdere downstream ontwikkeling van veiligheidstoepassingen van AO in Nederland.

## Noodzaak tot marktversterkende maatregelen

Ondanks deze factoren en het bestaande potentieel blijft de ontwikkeling van de aardobservatiesector in Nederland vooralsnog achter. Hiervoor is kortweg een aantal redenen aan te voeren. Allereerst is er de onbekendheid met het fenomeen aardobservatie bij veel potentieel vragende partijen. Het wordt vaak geassocieerd met de noodzaak tot investeringen in dure satelliettechnologie terwijl het voor de meeste gebruikers erom gaat toegang te krijgen tot data en informatie. Daarnaast speelt fragmentatie de sector parten door een gebrek aan samenwerking tussen upstream- en downstreampartijen die potentiele synergieën belemmert en de vraagontwikkeling afremt. Tot slot is er onvoldoende aansluiting tussen vragende en aanbiedende partijen die gedeeltelijk is ingegeven doordat bij potentiële *launching customers* zoals de veiligheidsministeries uitgewerkte en geconsolideerde vraagarticulatie achterblijft.

## Clustervorming

Om deze problemen het hoofd te bieden kan versterkte samenwerking in de vorm van clustervorming een oplossing bieden. Voorbeelden uit de VS en het VK tonen aan dat clustervorming een positieve impact heeft op bedrijven die zich met aardobservatie bezig houden. In Nederland is gekeken naar hoe het *Maritieme cluster* en *The Hague Security Delta* zich als cluster hebben ontwikkeld alsmede de economische effecten hiervan.

Om tot succesvolle clustering over te kunnen gaan moet aan een aantal voorwaarden worden voldaan:

- Aanwezigheid van ambitie op verschillende niveaus: lokaal, regionaal, nationaal, internationaal;
- Aanwezigheid van een gemeenschappelijke drijfveer;
- Gesteunde, helder geformuleerde doeleinden en targets;
- Betrokkenheid bij het cluster van deelnemers;
- Bestaan van onderling vertrouwen (maakt het ontstaan van asymmetrische reciprociteit mogelijk).

Op dit moment wordt aan geen van deze voorwaarden niet of nauwelijks voldaan. Wel kan gesteld worden dat er op verschillende niveaus een latente of concrete ambitie is om tot versterkte samenwerking tussen partijen in de AO-sector over te gaan. Het belangrijkste initiatief in de downstreamsector is dat van NEVASCO, maar daarnaast helpt ook een organisatie als GeoBusiness om de sector te structureren. Om tot clustervorming over te gaan is echter een stevig commitment en betrokkenheid nodig van één of meerdere *launching customers*.

In het licht van de huidige stand van zaken is een viertal scenario's uitgewerkt voor clustervorming:

- Een nulscenario (voortzetting van de status quo);
- Cluster-lite of genetwerkt cluster;
- Aansluiting bij een bestaand cluster;
- Een full-fledged geïnstitutionaliseerd cluster.

De economische effecten van deze cluster-alternatieven richting 2020 zijn hieronder samengevat:

| | JAAR | NULSCENARIO | CLUSTER-LITE / AANSLUITING BESTAAND CLUSTER | FULL-FLEDGED CLUSTER |
|---|---|---|---|---|
| GROEI AANTAL BEDRIJVEN | 2015-2020 | 8,4% | 12% | 16% |
| OMZETGROEI | 2015-2020 | 7,4% | 10% | 12% |
| GROEI FTE | 2015-2020 | 6,4% | 11% | 16% |
| OMZET (MLN) | 2020 | € 29,5 | € 33,7 | € 38,5 |
| TOEGEVOEGDE WAARDE (MLN) | 2020 | € 27 | € 31,4 | € 36 |
| AANTAL FTE | 2020 | 280 | 365 | 475 |
| AANTAL BEDRIJVEN | 2020 | 55 | 68 | 81 |

Op basis van de huidige ontwikkeling wordt voorgesteld om over te gaan tot aansluiting bij een bestaand cluster of –mits er voldoende initiatief en ambitie bestaat bij leidende partijen aan de vraag- en aanbodkant– om een aanvang te maken met een cluster-lite, met als doel om partijen in de sector regelmatig bij elkaar te laten komen en virtueel tot gezamenlijke projecten te komen. Voor de ontwikkeling van de veiligheidssector wordt voorgesteld dat relevante partijen aansluiting zoeken bij *The Hague Security Delta*, dat zich al een aantal jaar in den brede bezig houdt met

maatschappelijke innovatie en economische ontwikkeling op het snijvlak van veiligheid en technologie.

## Financiële instrumenten

Om de ontwikkeling van de sector aan te jagen is toegang tot financiële middelen voor veel partijen onontbeerlijk. Dit rapport ziet de volgende instrumenten als kansrijk om hierin een rol te spelen:

- De inschrijving in de optionele programma's van ESA verhogen van iets minder dan 2% naar 4,53% van het totale ESA budget voor de optionele programma's. Dit is het niveau dat van Nederland als middelgrote economie verwacht mag worden, zeker als rekening gehouden worden met het feit dat Nederland de veruit grootste ESA-vestiging huisvest. 4,53% is hetzelfde percentage als Nederland op basis van de BNP verdeling bijdraagt aan de verplichte ESA programma's.
- De herintroductie van flankerend beleid dat sinds het aantreden van het kabinet Rutte-1 is vervangen door generiek innovatiebeleid en Topsectorenbeleid:
  - Technologieontwikkeling voor de ontwikkeling van ruimte-infrastructuur en applicaties;
  - Grote innovatieve projecten (als Tropomi);
  - Instrumentenbudget.

Naast de herintroductie van deze financieringsinstrumenten is ook het aanpassen van het generieke instrumentarium van belang. Het gaat daarbij om:

- Een ruimtevaartdeel in de SBIR voor haalbaarheidsstudies voor ontwikkeling van diensten op basis van satellietdata bij overheden;
- Kredietfaciliteiten voor de commerciële markt (rekening houdend met de lange terugverdientermijnen in de ruimtevaartsector);
- Een Revolving Fund, waaruit ontwikkeling en bouw gefinancierd kan worden en (gedeeltelijk) via royalties weer opnieuw geïnvesteerd;
- Een Investeringsfonds Aerospace.

## De rol van Den Haag en Zuid-Holland

Als standplaats voor een cluster zouden verschillende plaatsen in Nederland kunnen dienen. Voor een cluster dat zich vooral focust op AO en veiligheid is er een business case voor een aardobservatiecluster in Zuid-Holland en Den Haag met hubs elders in het land. Hiervoor is een aantal argumenten aan te dragen:

- de internationale uitstraling van de regio en de bereikbaarheid;
- de aanwezigheid van een aantal potentiële *launching customers* waaronder ministeries en andere overheidsdiensten;

- de aanwezigheid van een aantal belangrijke kennispartijen waaronder de TU Delft, Universiteit Leiden en de Erasmus Universiteit en gerelateerde startups;
- de aanwezigheid van verschillende grote bedrijven en internationale organisaties die AO eindproducten kunnen afnemen of kunnen participeren in de ontwikkeling hiervan;
- de aanwezigheid van ESA/ESTEC in Noordwijk;
- de aanwezigheid van juridische expertise bij internationale instanties in Den Haag zoals het ICC, Europol en OPCW biedt veel potentieel voor het verder ontwikkelen van aardobservatie voor specifiek forensische doeleinden. Een dergelijke focus is belangrijk voor Nederland en in het bijzonder relevant voor Den Haag als stad van 'Vrede, Recht en Veiligheid;'
- vestigingsplaats van clusters zoals *Maritime by Holland*, het *Holland Space Cluster* en *The Hague Security Delta* waarmee kan worden samengewerkt of aansluiting kan worden gezocht;
- Aanwezigheid van fysieke infrastructuur zoals datacentra en potentiële testfaciliteiten voor toepassingen.

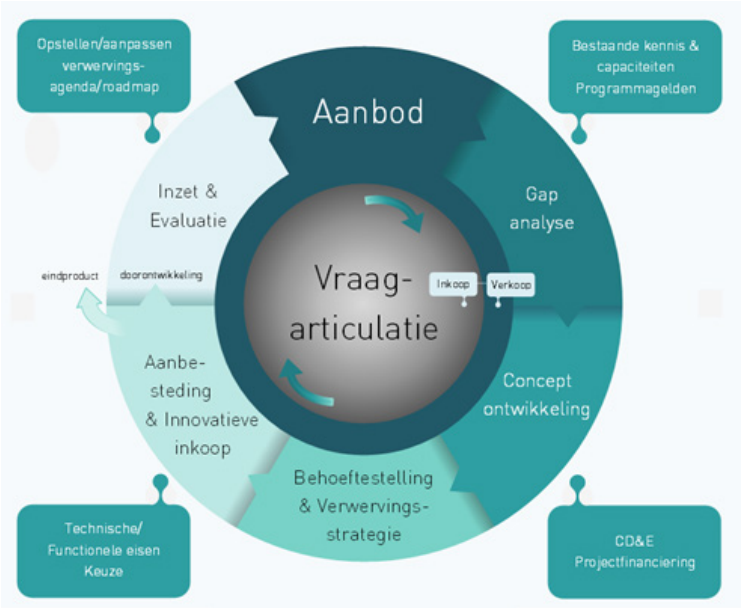
Als voor deze variant zou worden gekozen, dan zou een belangrijk deel van de downstream groei in Nederland terechtkomen in Zuid-Holland, mogelijk bijna 20%. Als ontwikkeling van de geo-informatiesector hierbij wordt meegerekend is er sprake van een toename van ongeveer €60 miljoen aan omzet in 2020.

### De rol van voormalig Vliegveld Valkenburg

Eén van de factoren die Zuid-Holland tot een gunstige vestigingsplaats zouden kunnen maken is de aanwezigheid van het voormalige Vliegveld Valkenburg. Het is gelegen in de nabijheid van ESA/ESTEC, en kan worden ontwikkeld tot een 'Unmanned Valley' waar UAVs en andere platforms voor aardobservatie kunnen worden getest. Uit een studie door Birch Consultants in opdracht van Innovation Quarter en de Gemeente Katwijk bleek dat een aantal randvoorwaarden Valkenburg tot een geschikte vestigingsplaats maken voor een testcentrum, of zelfs als standplaats van een cluster (een 'entrepreneurial ecosysteem') zou kunnen fungeren. Verschillende triple-helix partners hebben een behoefte uitgesproken ten aanzien van de ontwikkeling van een 'Unmanned Valley.' De economische betekenis van een dergelijk Unmanned Valley testcentrum in Valkenburg is afhankelijk van de omvang en functie ervan tussen de 13-45 of zelfs 80-160 miljoen euro.

## Marktstrategie

Het bepalen van de strategische marktsegmenten voor een cluster moet onderdeel van een strategie zijn. Er moet dan ook worden geprogrammeerd. Een cluster als centraal aanspreekpunt verkleint de transactiekosten voor alle partijen. Om tot programmering te komen kan de innovatiecyclus een leidraad vormen. Hierbij wordt inzichtelijk gemaakt hoe ontwikkeling van nieuwe technologieën en toepassingen aan de aanbodkant kan worden afgestemd op de vraagkant zodat er een kostenefficiënte en winstgevende interactie tot stand komt.




Om de herkenbaarheid van de aardobservatiesector te bevorderen en te consolideren zullen aanbieders en vragers samen moeten werken om zinvolle producten en services te ontwikkelen. Daarnaast is programmeren nodig om te zorgen dat de innovatiecyclus, waarbij innovatie en ontwikkeling nauw worden afgestemd met de vraagarticulatie, in gang wordt gebracht. Het rapport reikt een vijftal onderwerpen aan op het gebied van defensie en veiligheid:

- 24/7 situational understanding;
- handhaving;
- effectiviteit van inzet;
- business continuïteit; en
- forensics en risk.

Dit zijn onderwerpen waarbij sprake is van een concrete vraag en waar een markt voor lijkt te zijn. Inhoudelijke programmering, specifiek in het veiligheidsdomein, is van groot belang om de ontwikkeling van de sector te versnellen en tegelijkertijd de integrale werking goed op gang te brengen. Een sterke AO-sector met meer ervaring op de vijf verschillende thema's kan later op strategische wijze internationaal nichemarkten gaan proberen te ontwikkelen, en een belangrijke plaats in het Nederlandse economische- en veiligheidslandschap gaan innemen.

# 1 INTRODUCTIE

1.1 Doelstellingen 28
1.2 Leeswijzer 30

# 1 INTRODUCTIE

In de wereld van vandaag is de beschikbaarheid van data en informatie enorm toegenomen en onontbeerlijk geworden voor vele toepassingen. Aardobservatie is één van de methodes om data te verzamelen. Zo kan bijvoorbeeld op veiligheidsgebied de beschikbaarheid van informatie een groot verschil maken in het voorkomen of mitigeren van bedreigingen van menselijke of natuurlijke aard. Aardobservatie is van nut voor allerlei eindgebruikers, en vormt daarmee een belangrijke schakel in de big data-revolutie. Deze revolutie wordt deels gedreven door technologische innovatie in combinatie met afnemende kosten voor informatie-uitwisseling. De vraag wordt ook gedreven door een hoge mate van concurrentie: bedrijven proberen elkaar voor te blijven door eerder over bepaalde informatie te beschikken. Ook is er sprake van toenemende internationale samenwerking, ketenintegratie en dual-use technologie.

Niettemin is aardobservatie (AO) vaak nog omgeven door onbekendheid, zeker bij het grote publiek. En dat terwijl op velerlei vlakken AO-toepassingen al intensief gebruikt worden, of het nu gaat om de vitale infrastructuur; voor het meten van klimaatverandering; voor het opsporen en volgen van vijandelijke manschappen; voor waterbeheer of ter assistentie van politiediensten om bijvoorbeeld smokkelactiviteiten te traceren. Zo komen veel organisaties er nu pas achter dat ze al veel langer dan gedacht (indirect) gebruik maken van satellietdata en dat er nog veel meer met deze data, inclusief uit AO, is te doen.

Wereldwijd vormen aardobservatietoepassingen een sterk opkomende sector, met een geschatte huidige omzet in Europa van zo'n €2,1 miljard (2015) en een jaarlijkse groei van 7-10%, ver boven de gemiddelde groei van het wereldwijde BNP. Een groei die zich ook in de komende jaren op dit niveau zal doorzetten.

Nederland is op deze markt een relatief kleine speler met een totale jaarlijkse sectoromzet van rond de €59 miljoen (2014).[2] Maar vanuit een breder perspectief

bekeken beschikt Nederland over een aantal sterke punten waarmee het zich op dit terrein op de kaart kan zetten: zo beschikt het over een hoogwaardige upstream-ruimtevaartsector, is er toegang tot zeer geavanceerde technologie die via het Topsectorenprogramma wordt ondersteund en is er op deelterreinen al een goed georganiseerde sector die zich met geo-informatie[3] en dataverwerking bezig houdt. Tevens heeft Nederland belangrijke expertise opgebouwd met het gebruik van AO in landbouw, energie en watermanagement.[4] Ten slotte biedt het veiligheidsdomein veel potentieel voor AO-toepassingen met de aanwezigheid van veel partijen met vraagpotentieel, onder andere georganiseerd in The Hague Security Delta. Het probleem is echter dat er onvoldoende samenwerking en schaalvergroting plaatsvindt en vragende en aanbiedende partijen elkaar nog onvoldoende weten te vinden. Hierdoor loopt Nederland het risico internationaal (verder) achterstand op te lopen en economische kansen maar beperkt te kapitaliseren.

Juist nu, met een forse toename aan AO-downstreammogelijkheden, is het treffen van marktversterkende maatregelen van groot belang. Een aantal randvoorwaarden voor de ontwikkeling van de sector is dus al aanwezig, maar om het volledige potentieel van de sector te benutten is er meer nodig. Een belangrijke factor hierbij is om te zorgen dat vraag en aanbod elkaar beter leren kennen en gaan samenwerken.

## 1.1 Doelstellingen

Een eerste doelstelling van dit rapport is om mogelijkheden van AO-toepassingen voor een breder publiek inzichtelijk te maken, en zo de aardobservatiesector in Nederland meer zichtbaar te maken. Daarnaast wordt ook gekeken naar de economische potentie van de sector, waarbij met name wordt gekeken naar het potentieel van de downstream-aardobservatiesector, en onder welke condities en randvoorwaarden deze het beste kan worden ontwikkeld. Daarbij wordt in dit rapport specifiek gekeken hoe clustervorming hieraan kan bijdragen. Het idee hier achter is dat de robuustheid op lange termijn van een sector niet alleen samenhangt met het economische tij of technologische ontwikkelingen, maar ook met de manier waarop de sector zich in de markt zet, alsmede de mate van onderlinge samenwerking en benaderbaarheid voor vragende partijen. Gegeven de fragmentatie van de sector in Nederland en de relatieve onbekendheid met de mogelijkheden en toepassingen van aardobservatie bij veel potentiële afnemers, kan clustervorming bijdragen aan het zichtbaarder maken van de sector en helpen om het economisch potentieel ervan te vergroten door het stimuleren van synergieën en versterkte samenwerking. Daarmee kan de sector een stevigere economische en institutionele verankering verkrijgen waarmee de concurrentie met het buitenland kan worden aangegaan.

Bij de analyse van de sector is vooral gekeken naar de mogelijkheden om de ontwikkeling van de downstreamkant (waar toepassingen worden 'vermarkt') te bevorderen, en om vast te stellen hoe de vraagzijde meer gestimuleerd en gemobiliseerd kan worden. Momenteel worden in Nederland – en vaak ook daarbuiten – ontwikkelingen en toepassingen gedreven door technologische ontwikkelingen en mogelijkheden, en minder door vragen vanuit de markt. Met andere woorden, er is nog steeds veel *technology push* en nog niet voldoende *demand pull*.

Thematisch wordt in dit rapport de focus vooral op toepassingen in het veiligheidsdomein en de vitale infrastructuur gelegd. De roadmap Openbare Orde en Veiligheid[5] van het Netherlands Space Office (NSO) stelt dat de rol van defensie toeneemt in het civiele domein, en daarom meer aandacht verdient. Vitale infrastructuur, waartoe aardobservatie-instrumenten zelf ook kunnen worden gerekend, wordt in deze rapportage meegenomen omdat overal waar deze infrastructuur niet optimaal functioneert crisissituaties kunnen ontstaan met grote veiligheidsimplicaties. Ten slotte is bij het inventariseren van het potentieel gekeken hoe kan worden voortgebouwd op het ecosysteem waarin de aardobservatiesector is ingebed, zoals de ruimtevaart en de kennishubs op geo-informatiegebied.

Het uitgangspunt bij dit project is dat door middel van het bijeen brengen van relevante aardobservatiepartijen gestructureerde samenwerking, zo mogelijk door clustervorming, kan worden bevorderd. Hiermee zet de sector zich op de kaart en, zoals de *Uitvoeringsagenda Toepassingen Satellietdata* stelt, zorgt ze ervoor dat "de downstream-sector voor de overheid een duidelijk(er) gezicht heeft."[6] Dit is nuttig voor het ontwikkelen van draagvlak in het publieke en private domein om deze sector te ondersteunen in zijn ontwikkeling.

Het bijeenbrengen van partijen kan daarbij leiden tot het verdiepen van samenwerking en het creëren van cross-sectorale synergieën. Ten slotte is het belangrijk dat clustervorming op gang wordt gebracht door partijen die niet alleen als *innovation leaders*, maar ook als *launching customer* kunnen gaan optreden. Hier ligt een opgave voor de overheid om te sturen op eenduidig beleid en het creëren van goede randvoorwaarden voor deze sector. Maar ook de organisatie en verbinding van de upstream (o.a. bouwers van instrumenten en platforms zoals satellieten en UAVs) en de organisaties in de downstream-sector is van belang. De Taakgroep Toepassingen Satellietdata stelt dat het "geschetste beeld van de downstream-sector en de voorgestelde ambitie en strategie kunnen rekenen op draagvlak zowel vanuit de overheid als vanuit de sector."[7] In dit rapport wordt deze bevinding verder getoetst en waar mogelijk uitgebouwd.

Het Den Haag Centrum voor Strategische Studies (HCSS) bedankt de deelnemers aan het kernteam en de klankbordgroep voor hun inbreng en medewerking tijdens de totstandkoming van dit onderzoek.

## 1.2 Leeswijzer

De studie is als volgt gestructureerd: in het eerste gedeelte wordt kort toegelicht wat aardobservatie is en hoe AO tot ontwikkeling is gekomen. Daarnaast worden ook verschillende technologische toepassingen en ontwikkelingen beschreven. Alvorens de sector in Nederland te beschrijven worden belangrijke marktontwikkelingen wereldwijd uiteengezet en wordt kort gekeken naar de manier waarop AO-sectoren in de VS en het VK functioneren.

Daarop volgt een overzicht van de sector in Nederland: de omvang en huidige stand van zaken, de belangrijke spelers en de mate van organisatie. Tevens wordt hier gekeken in hoeverre de vraagarticulatie tot stand is gekomen bij een aantal potentiële *launching customers* aan de overheidskant en de rol die de private sector in deze kan spelen.

Dit alles vormt input voor reflectie op de mogelijkheden voor gestructureerde samenwerking, inclusief clustervorming: allereerst wordt uiteengezet wat er met clustervorming wordt bedoeld, welke verschijningsvormen voorkomen en hoe clustervorming binnen de sector aardobservatie in Nederland zou kunnen worden versterkt. Ook mogelijke obstakels of bevorderende aspecten komen hierbij aan bod, zoals regelgeving, infrastructuur en draagvlak. Hieruit volgt een aantal scenario's op basis waarvan inschattingen zijn gemaakt ten aanzien van de haalbaarheid en financiële impact van de sector op de economie in Zuid-Holland en Nederland. Meer specifiek wordt hierbij ook gekeken naar de defensie- en veiligheidssector. Ten slotte wordt uiteengezet hoe tot programmering kan worden gekomen in de sector onder andere op basis van bestaande perspectieven voor het organiseren van de sector en de beschikbaarheid van financiële instrumenten om zo het economisch potentieel van de aardobservatiesector maximaal te kunnen benutten.

Als bijlages zijn de landenstudies toegevoegd over de VS en het VK, waarin dieper wordt ingegaan op hoe de AO-sector zich in die landen heeft ontwikkeld en waar de zwaartepunten van de activiteiten liggen. In een tweede bijlage worden technologische ontwikkelingen in AO-verder uiteengezet waarmee een perspectief wordt geboden op mogelijkheden voor toekomstige toepassingen van informatie uit AO.

# 2 AARDOBSERVATIE: HUIDIGE SITUATIE EN BLIK OP DE TOEKOMST

2.1 Wat bedoelen we met aardobservatie? 33
2.2 Technologische ontwikkelingen in aardobservatie 37
2.3 Toepassingen van aardobservatie voor defensie en veiligheid 39

# 2 AARDOBSERVATIE: HUIDIGE SITUATIE EN BLIK OP DE TOEKOMST

Wat precies met 'aardobservatie' wordt bedoeld is niet vanzelfsprekend, en er bestaat dan ook geen consensus onder experts. Om de studie te structureren geeft dit hoofdstuk een definitie en afbakening van de actoren die tot deze opkomende sector moeten worden gerekend. Daaruit blijkt dat aardobservatie sterk is verweven met ons alledaagse leven.

## 2.1 Wat bedoelen we met aardobservatie?

In dit rapport vatten we aardobservatie op als:

> *Metingen van de chemische, fysieke en biologische aspecten van de aarde (oceanen, landoppervlaktes, aardmaterialen ('solid earth'), de biosfeer, cryosphere, de atmosfeer en de ionosfeer) afkomstig van al dan niet met elkaar verbonden 'in situ' of 'remote sensing' systemen.*[8]

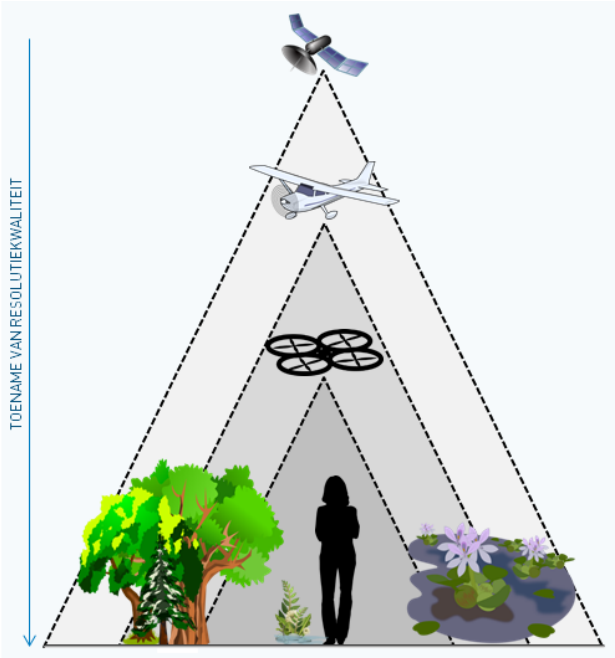
Aardobservatie verwijst dus naar het waarnemen van de aarde ten behoeve van het registreren van veranderingen op, of zelfs onder, het aardoppervlak.[9] Soms wordt deze data verkregen via 'remote sensing'-systemen die op grote afstand ('remote') van de aarde staan.[10] Waarnemingen vanaf systemen dichtbij noemen we 'in situ', zoals unmanned aerial vehicles (UAVs), zeeboeien of weerstations.[11] Waarnemingen kunnen worden verkregen door allerlei sensoren zoals camera's en radars die eigenschappen van het aardoppervlak vastleggen.[12]

Aardobservatie-informatie wordt gebruikt in talloze sectoren – van landbouw tot energie, en in de laatste jaren ook steeds vaker in het veiligheidsdomein. En met de revoluties in 'big data', 'the internet of things', 'data as a service' (DaaS), 'the internet of space' en 'cloud computing' wordt de impact en relevantie van aardobservatie in de komende jaren alleen maar groter.[13] Al deze aardobservatie-informatie heeft er ook aan bijgedragen dat we ons bewust(er) worden van onze eigen leefomgeving. Het

levert de informatie die "nodig is om economische vitaliteit en verantwoordelijke omgang met het milieu [te bevorderen]. Aardobservatie draagt daarmee bij aan oplossingen die sociaaleconomische waarde hebben voor de maatschappij."[14]

## Platformen en sensoren

Aardobservatiedata wordt verzameld met behulp van verschillende platformen en meetinstrumenten.[15]




FIGUUR 1. AARDOBSERVATIEPLATFORMEN[16]

Het meest bekende platform voor AO-sensoren is de **satelliet**. In vergelijking met het gebruik voor communicatie (bijvoorbeeld telefonie en internetverkeer) en navigatie (bijvoorbeeld GPS) is het aantal satellieten voor aardobservatie met zo'n 1% nog relatief klein, hoewel dit niet wil zeggen dat deze satellieten daarmee minder belangrijk zijn. Zij kunnen op verschillende hoogtes in een baan om de aarde draaien, en verschillende sensoren dragen: optische sensoren, infraroodstraling en radartechnologie zijn hier voorbeelden van. Deze sensoren zijn onder andere geschikt voor het observeren van het weer, natuurrampen, en vegetatie. Radar heeft als voordeel dat deze technologie ook 's nachts en bij bewolking data kan vergaren.[17]

Het gebruik van satellieten heeft een aantal voordelen ten opzichte van het gebruik van een vliegtuig of een meting aan de grond. Ten eerste hebben satellieten door de vaste baan om de aarde een systematisch karakter: steeds als een satelliet over een deel van de aarde vliegt, kan deze eenzelfde gebied waarnemen. Ook kan een satelliet plaatsen in kaart brengen die onbereikbaar zijn voor andere instrumenten, bijvoorbeeld in het geval van een bosbrand, een tropische cycloon, of boven conflictgebieden waar no-flyzones zijn ingesteld.

Het gebruik van satellieten heeft ook bepaalde nadelen. Zo is de aanschaf relatief duur ten opzichte van bijvoorbeeld UAVs. Daarnaast is er een probleem met de dekking die vaak niet constant is, waar veel gebruikers in het veiligheidsdomein wel behoefte aan hebben. Als men op korte termijn beelden van Europa nodig heeft, moet men ofwel wachten, wat soms enkele dagen kan duren, ofwel een andere satelliet gebruiken.[18] Daarnaast neemt de beeldscherpte (resolutie) in de regel af met de vlieghoogte, waardoor satellieten niet altijd geschikt zijn voor gedetailleerde waarnemingen. Aan de andere kant neemt het aantal satellieten verder toe en de kwaliteit van de sensoren ook waardoor het gebruik van informatie uit AO in de nabije toekomst voor veel meer partijen binnen handbereik komt.

In het luchtruim tot 12km hoogte bieden **vliegtuigen en UAVs** mogelijkheden voor aardobservatie.[19] De data die hiermee kan worden verzameld is doorgaans gedetailleerder dan wat met satellieten kan worden verzameld. Daar staat tegenover dat het bereik relatief beperkt is, en dat de wijze van data vergaren ook meer afhankelijk is van lokale weersomstandigheden.

Een derde belangrijke platform zijn **grondgebonden platformen** zoals weerstations of oceaanboeien. Deze hebben het voordeel dat ze relatief makkelijk en goedkoop in gebruik zijn. Ook kan de meting zo vaak als nodig herhaald worden. Een nadeel is echter dat metingen een klein oppervlak bestrijken en dus veelal meerdere sensoren vergen om een groter gebied af te dekken. Behalve op het aardoppervlak kunnen metingen ook onder grondniveau plaatsvinden. Hierbij gaat het bijvoorbeeld om metingen in het water, door middel van echo of sonartechnologie.

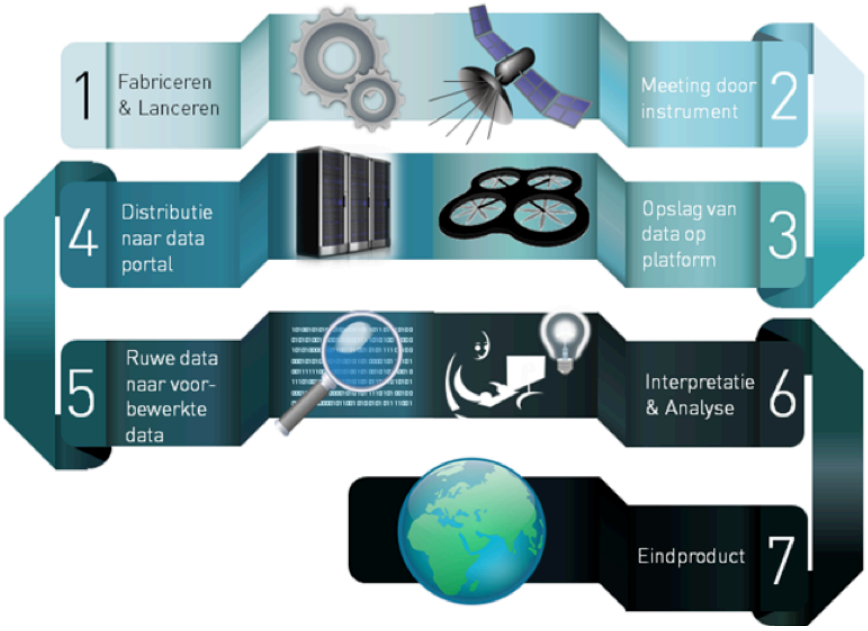
Schematisch kunnen deze platforms en hun functionaliteit als volgt worden weergegeven:

| TYPE PLATFORM | MEETINSTRUMENT | VOORBEELD | VOORDEEL | NADEEL |
|---|---|---|---|---|
| SATELLIET | Optisch, Infrarood, Radar | LANDSAT, MeteoSat, Copernicus | Systematisch karakter, groot bereik, mogelijkheid onbereikbare plaatsen in beeld te brengen. Soms: bruikbaar bij bewolking/'s nachts. | Hoge kosten, mogelijk geen directe dekking, medium resolutie (momenteel ontwikkelingen naar meer details). |
| VLIEGTUIG/ UAV | Thermodynamisch, microfysisch, stralings- en optische sensoren | GV HIAPER / Cryowing II Drone | Hoge resolutie/zeer gedetailleerde data | Niet elk model geschikt voor alle (weer)condities of gebruik 's nachts. Beperkt bereik. |
| METING OP GRONDNIVEAU | Optisch, Radar, Numerieke metingen | Grondweerstation, oceaanboei | Makkelijk, goedkoop, eenvoudig te herhalen | Data zeer lokaal en niet altijd representatief voor groot gebied. |
| METING ONDER GRONDNIVEAU | Sonar, Echo | Akoestische echosounding techniek (kartering / topografie zeebodem) | Kan gebieden (en trends) in kaart brengen die via andere platformen onbereikbaar blijven | Beperkt bereik. Daarnaast: sonar kan onbetrouwbaar worden door verschillende temperaturen tussen waterlagen, die het geluid 'te vroeg' terugkaatsen. Radarbeelden zijn in principe zwart wit; alleen door beelden te combineren kan een kleurbeeld geschetst worden. |

FIGUUR 2: PLATFORMEN EN FUNCTIONALITEIT

## De aardobservatieketen: van data naar informatie

Om tot gebruiksvriendelijke informatie te komen is het noodzakelijk dat de verzamelde data verder wordt verwerkt. Het proces van het maken van het platform en de sensoren tot het eindproduct in de vorm van gebruiksklare informatie (de 'aardobservatieketen') kan als volgt worden geïllustreerd:




FIGUUR 3. DE AARDOBSERVATIEKETEN GEÏLLUSTREERD[20]

In vergelijking met een aantal jaar terug is de aardobservatieketen steeds dynamischer geworden doordat er meer mogelijkheden zijn om de verschillende platforms en sensoren in combinatie te gebruiken.[21] Dit is terug te zien in de verwerking van aardobservatiedata, waarbij ook big data en opslag van data in de 'cloud' een steeds grotere rol gaan spelen. Niet alleen werken partijen op de grond meer samen, bijvoorbeeld door het opzetten van data-portals tussen partijen,[22] ook in de ruimte vindt meer samenwerking plaats. Zo communiceren ruimtevaartplatformen steeds vaker onderling.[23] Daarnaast valt er verdere integratie te verwachten van communicatie-, navigatie- en observatiesensoren, waardoor meer soorten data sneller in gecombineerde vorm beschikbaar zullen worden. Door het toenemende gebruik van aardobservatiegegevens zullen deze ontwikkelingen richting integratie van sensoren en platforms zich blijven voortzetten.[24]

## 2.2 Technologische ontwikkelingen in aardobservatie

Het aanbod aan aardobservatiesystemen en beschikbare data is sterk in ontwikkeling. Steeds meer satellieten, UAVs en andere platformen maken opnames van de aarde, waarvan de kwaliteit alsmaar beter wordt. Als we deze ontwikkelingen doortrekken is het waarschijnlijk dat we binnenkort vrijwel constante gebiedsdekking zullen hebben.

Door die verbeterde analysemogelijkheden zijn ook nieuwe producten en diensten ontwikkeld, van Google Earth tot het (near) real-time observeren van natuurrampen zoals bosbranden. En doordat meer van deze data openbaar beschikbaar is, zijn aardobservatiegegevens een nieuwe "grondstof" voor economische groei van zowel grote multinationals als het midden- en kleinbedrijf. Deze ontwikkelingen bieden daarmee eveneens veel kansen voor publieke instanties om toegang te krijgen tot nieuwe bronnen van informatie.

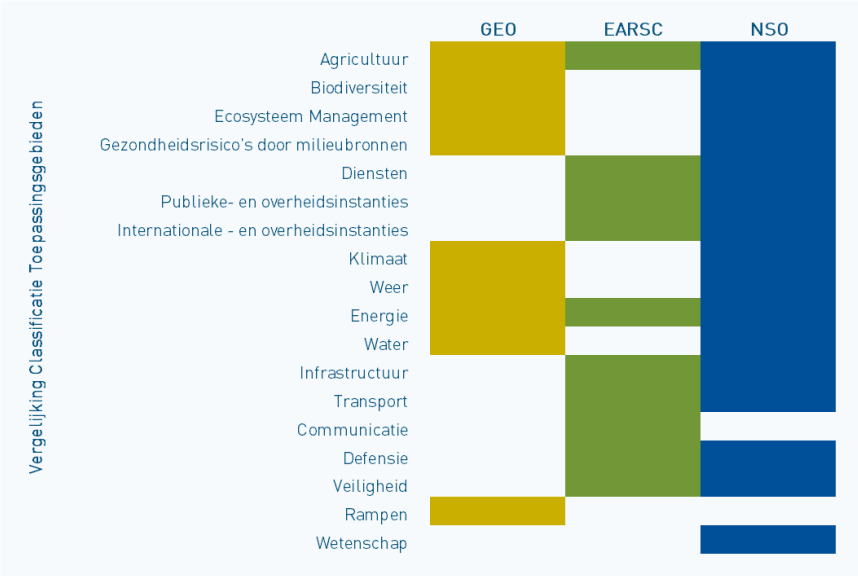
De verschillende dimensies van technologische ontwikkelingen worden hier onderscheiden naar systemen en data/informatie. Daarnaast signaleren we een aantal belemmerende factoren. De tabel hieronder vat de belangrijkste daarvan samen. Een meer uitgebreide beschrijving is te vinden in bijlage 2 trends in data en informatie.

| | TRENDS DATA & INFORMATIE | BELEMMERENDE FACTOREN |
|---|---|---|
| TOENAME RESOLUTIE | Groei opslagcapaciteit | Toename ruimtedebris |
| MINIATURISERING | Toename beschikbaarheid data | Veiligheid en privacy overwegingen |
| 'AUTONOMISERING' VAN SYSTEMEN | Verwerkingscapaciteit stijgt | Gebrekkige regelgeving |
| HOSTED PAYLOADS | Communicatiesnelheid neemt toe | Gebrek aan scholing |
| COTS | Datafusie wordt makkelijker | |
| TOENAME COMMERCIELE AANBIEDERS | | |

FIGUUR 4. TRENDS IN AO-SYSTEMEN EN -SENSOREN

## 2.3 Toepassingen van aardobservatie voor defensie en veiligheid

Wanneer de toepassingen van aardobservatie-informatie in kaart worden gebracht blijkt dat deze bij vrijwel elke menselijke activiteit relevant kunnen zijn. De onderstaande tabel geeft een overzicht weer van deze toepassingsmogelijkheden.




FIGUUR 5. VERGELIJKING VAN TOEPASSINGSGEBIEDEN AO-INFORMATIE[25]

Het belang van veiligheids- en defensietoepassingen wordt in veel studies onderstreept. En meer dan ooit is het veiligheidsdomein afhankelijk van informatie afkomstig uit remote sensing-instrumenten. Of het nu om gaat onderzoek naar misdrijven, het plannen van militaire operaties, of het monitoren van verkeersbewegingen — aardobservatie speelt bij deze toepassingen en vele anderen een steeds grotere rol. Maar hoewel de markt voor aardobservatieproducten in Europa en wereldwijd in sterke mate wordt bepaald door trends in de defensie- en veiligheidssector, blijft dit in Nederland relatief achter.[26] Om een beter beeld te krijgen van het potentieel van deze sector is hieronder een inventarisatie gemaakt van reeds bestaande toepassingen, en naar welke er mogelijk vraag kan gaan ontstaan in de komende jaren. Hierdoor ontstaat een beter beeld op veiligheidstoepassingen van AO die een goede kans hebben om te gaan renderen. Dit sluit ook aan bij de aanbeveling uit de *Uitvoeringsagenda* die in punt 14.2 de sector oproept om "samen met de overheid, bestaande en nieuwe mogelijkheden voor satellietgebruik in de Defensie & Veiligheid sector en kansen voor de downstream-sector hierbij" te onderzoeken.[27]

## Defensiesector

Informatie uit AO speelt een belangrijke rol in alle fases van de militaire planning: van early warning, missieplanning[28] en het uitvoeren van missies tot het bewaken van een staakt-het-vuren en het monitoren van fragiele post-conflictsituaties. Bij early warning gaat het bijvoorbeeld om het vroegtijdig detecteren van potentieel vijandelijke bewegingen, waarbij AO ook kan dienen voor het verifiëren van op andere wijze verkregen inlichtingen (ook wel "geospatial intelligence" genoemd).

Ten behoeve van militaire operaties wordt AO allereerst gebruikt om 'situational awareness' te verkrijgen bij het plannen of uitvoeren van missies, door belangrijke plaatsen en de omliggende omgeving actueel in kaart te brengen.[29] Zo kan analyse van het terrein veel informatie verschaffen over bijvoorbeeld strategisch kwetsbare plaatsen, het evalueren van de impact van bombardementen (door de tegenstander, of door eigen acties) of ter identificatie van soorten infrastructuur, zoals spoorwegen, belangrijke gebouwen en begaanbaarheid van het terrein voor militaire voertuigen. Hiermee kan AO ook dienen ten behoeve van het afleggen van verantwoording binnen de defensieorganisatie, maar ook richting het parlement. Ten slotte kan hiermee een systeem voor anomaliedetectie worden opgezet, waarmee nog sneller veranderingen in de omgeving kunnen worden gedetecteerd[30], zoals het opsporen van *improvised explosive devices* (IEDs).

FOTO 1: VOORBEELD VAN EEN ONBEMAND VERKENNINGS- EN SURVEILLANCESYTEEM, DE GENERAL ATOMICS PREDATOR-B UAV[31]

Aardobservatie wordt ook gebruikt om voertuigen te herkennen. Dit betreft bijvoorbeeld opsporing, herkenning en identificatie van militaire voertuigen, vliegtuigen, en marineschepen; soms ook met behulp van radardetectie, of door het differentiëren van getraceerde voertuigen.[32] Daarnaast kan aardobservatiedata gebruikt worden voor het monitoren van belangrijk transport, of om aanvallen door groepen te identificeren.[33] Ook het incalculeren van weersverwachtingen is belangrijk om op korte termijn operaties te kunnen inplannen. AO biedt daarmee een kritieke aanvulling op de brede ISR (intelligence, surveillance and reconnaissance) informatiebasis die defensieorganisaties opbouwen.

Ook bij antiterrorisme operaties wordt informatie uit aardobservatie veel gebruikt.[34] Voorbeelden hiervan zijn het opsporen van trainingskampen, het traceren van toevoerwegen die door terroristen worden gebruikt, en het volgen van gesmokkelde wapens of van terroristen zelf.[35] Ook bij het vaststellen van oorlogsmisdaden, bijvoorbeeld het aanvallen van burgerdoelen of het opsporen van massagraven kan AO een cruciale functie vervullen.[36] Een voorbeeld van de vele toepassingen komt voort uit onderzoek door wetenschappers van de Faculty of Geo-Information Science and Earth Observation (ITC) aan de Universiteit Twente. Zij ontdekten dat de terreurbeweging al-Shabab in Somalië geld verdient met illegale houtkap voor de aanmaak van houtskool, met alle gevolgen van dien voor het milieu en de landbouw.[37] Bij operaties tegen militante groeperingen geldt dat aardobservatie niet alleen evidente voordelen heeft waar het observeren van afgelegen gebieden betreft, maar juist ook een uitkomst biedt in dichtbevolkte stedelijke agglomeraties en in gebieden die door de acties van opstandelingen effectief *no-go zones* zijn geworden voor de autoriteiten.[38]

Ook buiten de militaire werkzaamheden in engere zin zijn ter tal van toepassingen voor AO: zo kan het worden gebruikt om massavernietigingswapens op het spoor te komen zoals in Pakistan of Noord-Korea,[39] of anderszins om non-proliferatieafspraken of ontwapeningsakkoorden te verifiëren.[40] Het OPCW en de VN hebben van AO gebruikt gemaakt geleverd door het EU SatCen bij het onderzoek naar het chemische wapenprogramma van Syrië.[41] AO draagt in die zin ook bij aan internationale diplomatie en om vertrouwen tussen landen te kunnen kweken. Het adagium van oud-president Ronald Reagan, "trust but verify", leent zich dan ook goed voor AO. Voorts kan het ondersteuning bieden bij de verificatie en monitoring van projecten en infrastructuurprogramma's in het kader van stabilisatie- en wederopbouwprogramma's na het beëindigen van een conflict. Het maakt deze projecten bovendien efficiënter door zowel kosten als tijd te besparen. De data kan daarnaast helpen bij verantwoording en analyse van de behaalde resultaten.[42]

Het gebruik van aardobservatie voor monitoring gebeurt ook op andere vlakken: zo wordt het gebruikt om grensgeschillen (en schendingen van grensakkoorden) in kaart te brengen.[43] Meer in het algemeen kan het ook voor grenscontroles worden gebruikt, zoals gebeurt binnen het Copernicus-programma (voorheen het Global Monitoring for Environment and Security, GMES).[44] Zoals gezegd kan AO tevens wordt ingezet om schendingen van het oorlogsrecht vast te kunnen stellen, zoals het identificeren van massagraven of platgebrande dorpen en buurten, of zelfs het vaststellen van genocide.[45] Een voorbeeld hiervan is het opsporen van massagraven in Kosovo (1999) en Congo (2003).[46] Dezelfde methode wordt gebruikt door het Satellite Sentinel Project, dat op initiatief van George Clooney en John Prendergast in Zuid-Soedan aardobservatiedata verzamelt om mensenrechtenschendingen in kaart te brengen en onder de aandacht te brengen.[47] Ook bij de aanpak van stroperij komt AO van pas.[48] De gevolgen van conflict of armoede in de vorm van vluchtelingenstromen kunnen ook beter in kaart worden gebracht met behulp van aardobservatie. Hierbij kan waardevolle informatie worden verzameld die kan helpen om bijvoorbeeld netwerken van mensensmokkelaars aan te pakken. Ook in de maritieme sfeer heeft aardobservatie een plaats. Zo kunnen vlootverbanden en ook onderzeeboten makkelijker worden opgespoord met behulp van AO –door een combinatie van SAR, LIDAR en MAD-[49] of om de wrakstukken van vlucht MH370 te traceren.[50] Bij antipiraterijmissies kan AO-informatie op allerlei manieren een rol spelen: niet alleen kunnen zo schepen en bootjes worden gevolgd, of hun plaats van origine worden gevonden, maar ook kunnen op basis van *big data* en weerpatronen trends in piraterij worden vastgesteld.[51]

De commercialisering van de aardobservatiesector en de grotere beschikbaarheid van satellietbeelden zorgen er ook voor dat data en informatie waarover tot voor kort alleen militaire organisaties en inlichtingendiensten beschikten nu ook door bijvoorbeeld NGOs kunnen worden gebruikt.[53] Hierdoor ontstaat ook meer druk – zeker op landen met een democratisch bestel – om beslissingen ten aanzien van oorlog en vrede met nog meer zorgvuldigheid te behandelen.

Een specifieke ontwikkeling die inspeelt op de vraag naar meer betaalbare en sneller leverbare AO-satelliettechnologie is een concept dat bekend staat als 'responsive space' waarbij de ruimte en ruimte-instrumenten op korte termijn kunnen worden ingezet voor militaire doeleinden. Deze ontwikkeling wordt tevens gedreven door de noodzaak om in te kunnen spelen op snel veranderende veiligheidsomstandigheden. In de VS is hiervoor het Operationally Responsive Space-programma opgestart in 2007, waarmee beter kan worden ingespeeld op de meest recente technologische ontwikkelingen in AO, met name in het minisatellietensegment.[54] Sinds 2014 doet het Nederlandse Ministerie van Defensie hier ook aan mee.[55]

FOTO 2: AO-DATA WORDT ONDER ANDERE GEBRUIKT VOOR HET OPSPOREN VAN ROUTES GEBRUIKT DOOR MENSENSMOKKELAARS[52]

## De veiligheidssector

Binnen de veiligheidssector in brede zin zijn er meerdere organisaties die zich in de komende jaren zullen gaan – of zelfs moeten – toeleggen op het gebruik van informatie afkomstig uit aardobservatie. Op basis van algoritmes en correlatieanalyses van misdaadpatronen, samengesteld met behulp van AO-data, kan gerichter op preventieve wijze worden opgetreden.[56] Een recent TNO-rapport stelt dat "(Big) Data-analyse technieken hierbij het ondersteunend en het identificerend vermogen [kunnen] vergroten: ze kunnen helpen in het herkennen en verkrijgen van een beter inzicht in welke activiteiten plaatsvinden. Detectie- en preventietechnieken als IDPS en SIEM kunnen kwaadaardige activiteiten onderkennen en helpen voorkomen."[57] Zo kan AO-data worden gebruikt om drugscriminaliteit aan te pakken, bijvoorbeeld door hennepplantages te identificeren met behulp van thermische meetinstrumenten[58] in combinatie met gegevens over het gebruik van energie. Hierbij kan op basis van algoritmes worden vastgesteld welk soort gewas wordt verbouwd op basis van de vochtigheid of het oppervlak dat door bladeren wordt bedekt.[59] Daarnaast kan AO een bredere rol vervullen in allerlei forensisch onderzoek: om te achterhalen waar auto's of zelfs personen zich bevonden op bepaalde tijdstippen, om te zien of veldjes recentelijk

zijn omgewoeld bij misdrijven, of om vast te stellen of er ergens illegaal is bijgebouwd.[60] Ook op internationaal vlak worden dit soort technieken gebruikt, bijvoorbeeld in het kader van forensische activiteiten voor internationale tribunalen of andere strafrechtsinstanties.[61]

De veiligheidstoepassingen van aardobservatie reiken ook buiten het domein van de criminaliteitsbestrijding. Zo kunnen illegale houtkap, mijnbouw en visserij, met behulp van AO worden beteugeld.[62] Ook bij natuurrampen is aardobservatiedata inzetbaar: het voorspellen van overstromingen na bijvoorbeeld een zeebeving, evenals de omvang van een overstroming, kan door het vaststellen van golfpatronen of de zeestroming bijvoorbeeld verbeterd worden. Bij aardbevingen kunnen satellietbeelden van vóór de beving gecombineerd worden met beelden na de beving, waardoor veranderingen aan het aardoppervlak goed in kaart gebracht kunnen worden. Dit gebeurde bijvoorbeeld al bij de aardbeving bij L'Aquila (midden-Italië) in 2009. Hulpdiensten kunnen bovendien door het beschikbaar stellen van satellietbeelden van getroffen dorpen en steden sneller en doelgerichter worden ingezet. Zo boden zulke beelden ondersteuning bij het in kaart brengen van de eerste schade na de aardbeving in Haïti in 2010.[63]

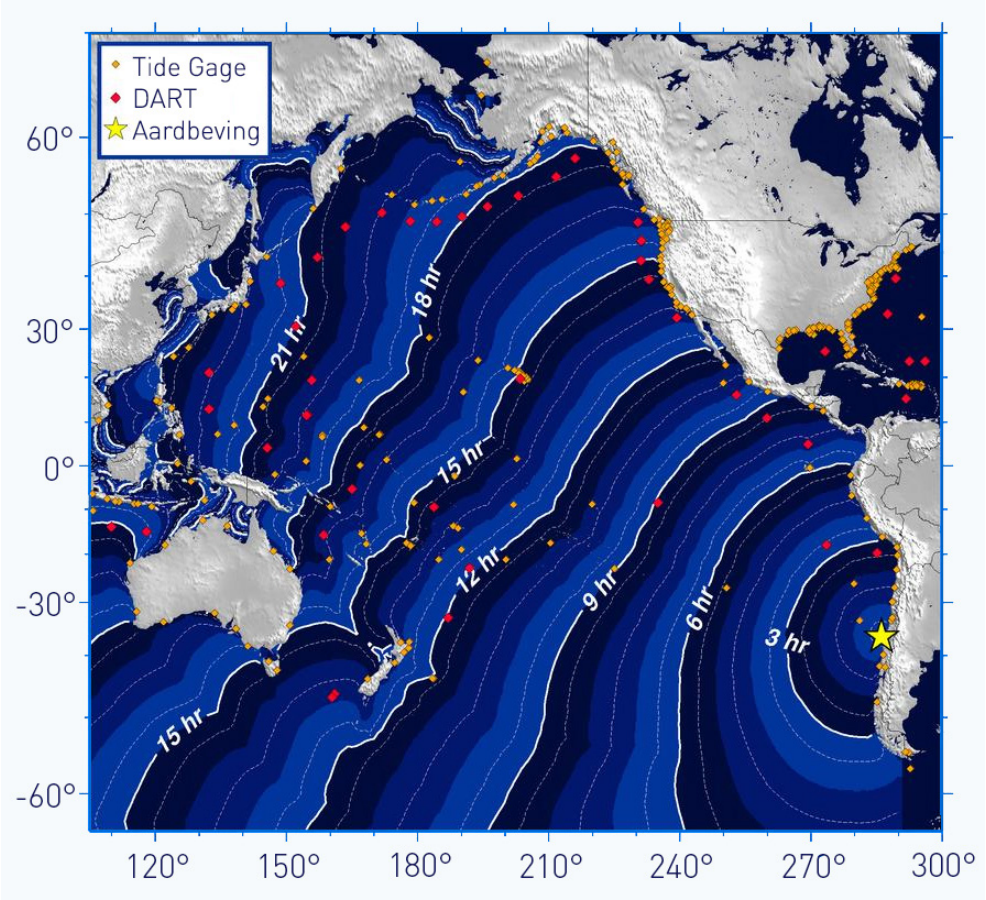



FOTO 3: VOORBEELD VAN AO-DATA UIT GETIJDEMETERS WAARMEE TSUNAMI GOLF IN BEELD WORDT GEBRACHT (PICHILEMU-AARDBEVING, 2010)[65]

Daarnaast kunnen bij bosbranden Europese satellieten en UAVs via uiterst gevoelige thermische remote sensing-sensoren zeer precies de locatie van (bos)branden doorgeven. Hierdoor is het mogelijk gericht SMS- en emailalerts uit te sturen, waarmee mensen tijdig gewaarschuwd kunnen worden. Observatie vanuit de lucht bij bosbranden heeft ook als voordeel dat slecht bereikbare plaatsen toch goed in beeld gebracht kunnen worden.[66] Tevens kan met AO-middelen de inzet van brandweer-eenheden beter worden gestuurd.

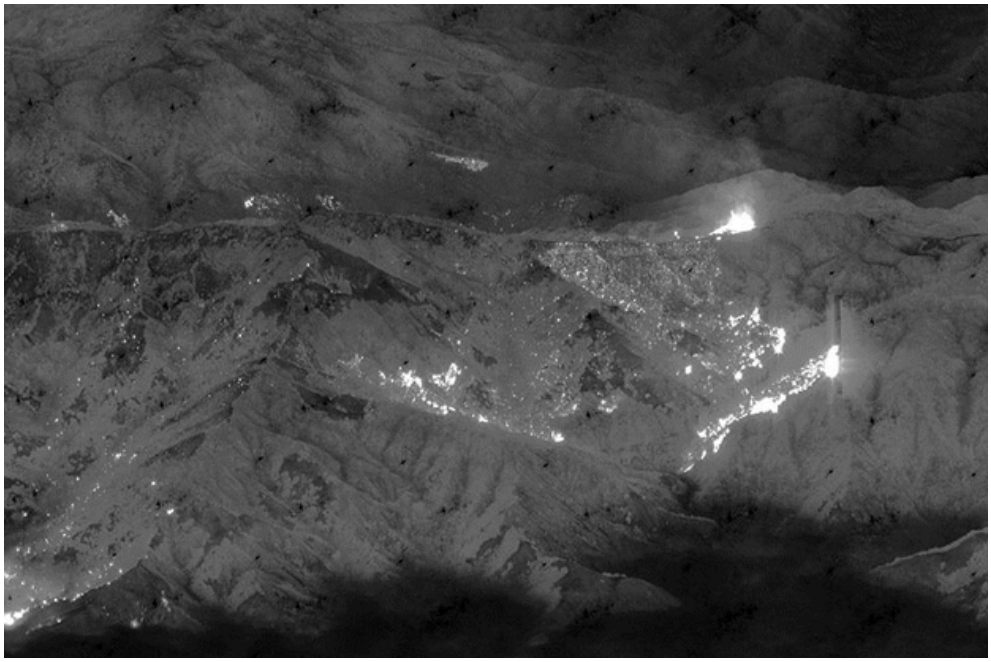


FOTO 4: FOTO GENOMEN DOOR DE RQ-4 GLOBAL HAWK UAV VAN BOSBRANDEN IN NOORD-CALIFORNIË (VS) IN JULI 2008[67]

Een andere veiligheidstoepassing is op het gebied van ziektebestrijding. Zo zijn satellietbeelden gebruikt voor waarschuwingen over cholera uitbraken, door onder andere informatie te vergaren over de temperatuur van oppervlaktewater, welke een belangrijke rol speelt bij het verspreiden van cholera. Ook bij het in kaart brengen van de ebolacrisis in 2015 is satellietdata gebruikt.[68] Zulke satellietdata kan verder helpen bij het bestrijden van pandemieën, bijvoorbeeld door het monitoren van de muggen-, muizen- of rattenpopulatie. In malariagebieden is satellietdata aangewend om de locatie en hoeveelheid van stilstaand water te onderzoeken, aangezien ziektedragende muggen zich daarin voortplanten.[69]

Tot slot kan aardobservatiedata worden ingezet bij humanitaire crisissituaties. Momenteel heeft de wereld te maken met één van de grootste vluchtelingenstromen sinds de Tweede Wereldoorlog, waarbij honderdduizenden mensen op de vlucht slaan voor het oorlogsgeweld in Syrië en Irak en een goed heenkomen zoeken in Europa. Met behulp van aardobservatie kunnen deze vluchtelingenstromen in kaart worden gebracht, en kan op basis hiervan de benodigde opvangcapaciteit beter worden bepaald.[70] Een ander voorbeeld is de inzet van aardobservatiedata voor het plannen en

monitoren van noodhulpoperaties. Dit gebeurde bijvoorbeeld met de oprichting van de Global Earth Observation Catastrophe Assessment Network (GEO-CAN) gemeenschap, die de Wereldbank en het Global Facility for Disaster Reduction and Recovery (GFDRR) heeft geholpen bij het kwantificeren van schade aan gebouwen met behulp van luchtfoto's en satellietbeelden die in de dagen na de beving in Haiti verzameld waren.[71] Bij de VN bestaat tot slot nog het UN-SPIDER-programma dat ten doel heeft "[to be] a gateway to space information for disaster management support, by serving as a bridge to connect the disaster management, risk management and space communities and by being a facilitator of capacity-building and institutional strengthening, in particular for developing countries. UN-SPIDER is being implemented as an open network of providers of space-based solutions to support disaster management activities."[72]

Kortom, aardobservatiedata is een zeer waardevolle informatiebron voor defensie en veiligheid, zowel vóór, tijdens, als na crisissituaties. Met Copernicus heeft Nederland toegang tot open source data, en kan daarnaast informatie worden gekocht van of geruild met bondgenoten en andere partijen. Dit kunnen nationale informatiediensten van andere landen zijn, maar ook commerciële aanbieders zoals DigitalGlobe.

### Vitale infrastructuur

Aardobservatie speelt ook een steeds belangrijkere rol bij het monitoren van vitale infrastructuur, zoals wegen, energiecentrales en waterwerken. Op een aantal van deze thema's, en met name binnen watermanagement, heeft Nederland wereldwijd al een goede reputatie gevestigd, en bestaat een robuust marktpotentieel.

In het segment water- en dijkbewaking kan aardobservatiedata bijvoorbeeld worden ingezet om bodembewegingen te meten die viaducten, bruggen, sluizen en dijken kunnen vervormen en verzwakken, waardoor er tijdig maatregelen kunnen worden genomen.[73] De data kan onder andere helpen bij kade-inspecties en dijkmonitorsystemen.[74] Tevens kan aardobservatiedata helpen bij watertekort en wateroverlast. Voorbeelden hiervan zijn het creëren van real-time overstromingskaarten, waardoor bevolking kan worden gewaarschuwd, of het opstellen van waarschuwingssystemen voor hoogwater. Ook kan AO-data nut hebben voor het opstellen van afstromings- en infiltratiemodellen voor stedelijke gebieden, en het monitoren van rivierwaterafvoer. Voor dat laatste doel is door onder andere het Nederlandse EARS in samenwerking met UNESCO-IHE het Large Scale Hydrological Model (LSHM) ontwikkeld.[75]

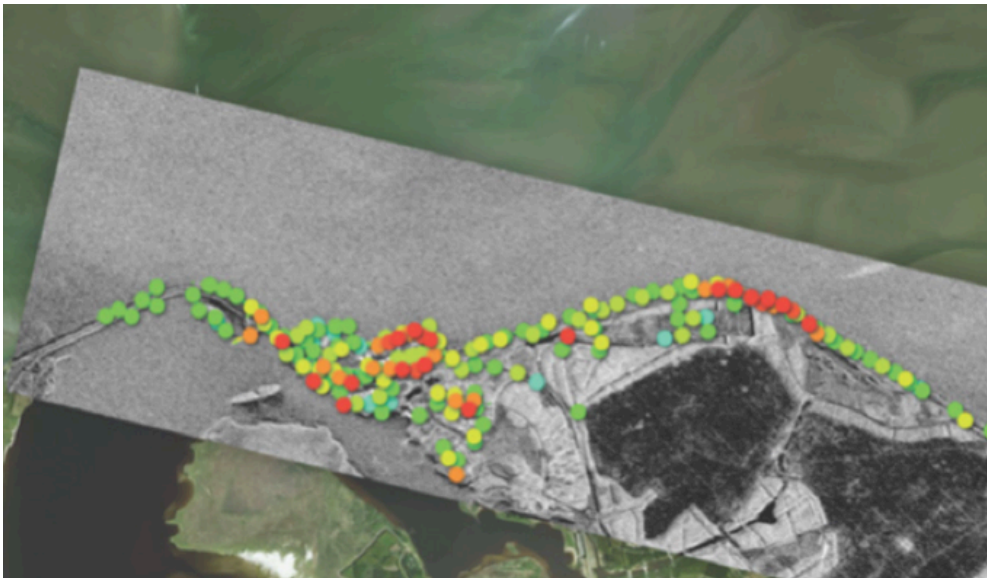


FOTO 5: VERZAKKING LAUWERSMEERDIJK, GEZIEN MET EEN RADARSATELLIET. DE RODE PUNTEN VERZAKKEN HET SNELST[76]

Bij waterschaarste komen "water resources"-kaarten op basis van AO-data van pas. In veel gebieden komt waterschaarste voor, zelfs als er op jaarlijkse basis veel water valt. Met aardobservatie is het mogelijk om tevens uit te vinden waar zoetwater kan worden gewonnen.[77] Daarnaast kan AO-data ingezet worden om het grondwaterniveau te peilen, zodat men precies weet hoeveel water er in de bodem beschikbaar is, en kan zulke data worden gebruikt voor het plannen, bouwen en onderhouden van waterkrachtcentrales.[78]

Voorts is AO-data een middel voor het effectief en efficiënt beheren van wegen. Door gebruik te maken van kwantitatieve en kwalitatieve real-time informatie kan een project efficiënter worden gepland en opgeleverd, met een aanzienlijke vermindering van de kosten.[79] Voor dit type infrastructuur is er al veel vraag naar aardobservatieproducten. Dit betreft vooral cartografie en specifiek thematische en morfologische kaarten, zoals digitale hoogtemodellen (DEMs).[80]

Met aardobservatie kan ook het spoor beter worden bestuurd en beheerd. Momenteel wordt er bijvoorbeeld getest met het gebruik van drones bij het controleren van bovenleidingportalen. De betonnen portalen langs het spoor, waarin betonrot wordt vermoed, kunnen daarmee gecontroleerd worden zonder een baanvak volledig af te

hoeven sluiten. In de toekomst kan dit worden uitgebreid met het gebruik van satellieten om de staat van het spoor te controleren, bijvoorbeeld door middels radar te constateren waar verzakkingen zitten.[81]

Voor havenbedrijven en de kustwacht is het gebruik van aardobservatiedata nuttig om scheepsroutes beter in kaart te brengen. Zo zijn veel schepen tegenwoordig uitgerust met een Vessel Tracking Service (VTS) systeem, of een "Automatic Identification System" (AIS). Hiermee wordt de positie van schepen bijgehouden en real-time op een kaart weergegeven. In 2009 lukte het Franse onderzoekers bovendien om een detectiesysteem te ontwikkelen dat het mogelijk maakt om met radarbeelden van ENVISAT bijna real-time de positie van schepen te meten. Door deze satellietbeelden gedurende zeven jaar te verwerken, was het vervolgens mogelijk om grote scheepsroutes binnen Europese wateren in kaart te brengen.[82] Sinds 2012 is de functie van ENVISAT overgenomen door de Copernicus Sentinels.

Met de komst van smartphones is het telecommunicatienetwerk ook een vorm van "vitale infrastructuur" geworden. Voor de telecommunicatieindustrie heeft het gebruik van aardobservatiedata bijgedragen aan het ontwikkelen van het fysieke netwerk, bijvoorbeeld om te kunnen zoeken naar gebieden waar het mobiele signaal maximaal verspreid kan worden. Dit kan vervolgens ingenieurs helpen om zendmasten optimaal te positioneren.[83]

| GEBRUIKER | DOMEIN (DEFENSIE/ VEILIGHEID/VITAAL) | TOEPASSING |
|---|---|---|
| BURGER | Veiligheid | Ontvangen van SMS- en E-mail waarschuwingen bij rampen of bosbranden |
| | Veiligheid | Veiliger werken in de Mijnbouw (EstrellaSat Mobile Data Platform) |
| PRIVATE PARTIJEN | Vitaal | Controle van het spoor, Vessel Tracking Service (scheepsroutes) voor havenbedrijven/ kustwacht |
| PUBLIEKE PARTIJEN | Defensie | Situational Awareness, voertuigherkenning & monitoring transport, contraterrorisme operaties, detectie van (chemische of massavernietigings-) wapens, in kaart brengen van grensgeschillen, vaststellen van schending oorlogsrecht, ondersteuning piraterijmissies. |
| | Veiligheid | Aanpakken drugscriminaliteit, vaststellen misdaadpatronen, tegengaan illegale houtkap/mijnbouw/ visserij, hulp bij natuurrampen, tegengaan ziekteverspreiding. |
| | Vitale Infrastructuur | Dijkbewaking, water-resources kaarten, hulp bij projecten mbt de aanleg van wegen |

FIGUUR 6. TOEPASSINGEN VAN AARDOBSERVATIE

# 3 MARKT-ONTWIKKELINGEN IN HET BUITENLAND

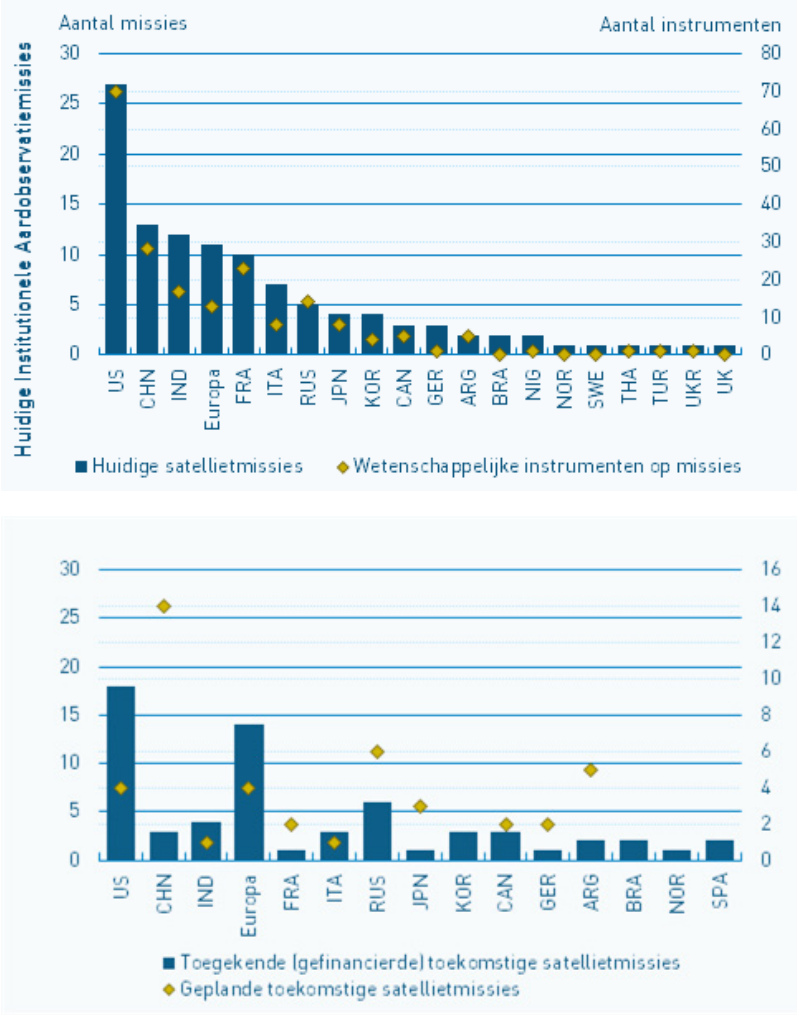
3.1 Wereldwijde marktontwikkelingen 53
3.2 Wereldwijde ontwikkelingen in defensie en veiligheid 59
3.3 Verenigd Koninkrijk 61
3.4 Verenigde Staten 62

# 3 MARKTONTWIKKELINGEN IN HET BUITENLAND

Dit hoofdstuk kijkt vanuit verschillende invalshoeken naar ontwikkelingen in de aardobservatie-industrie. Het eerste deel brengt wereldwijde marktontwikkelingen in kaart. Daarna wordt ingezoomd op de defensie- en veiligheidsgerelateerde AO-industrie. Ten slotte worden twee landen met een grote AO-industrie nader bestudeerd: de Verenigde Staten en het Verenigd Koninkrijk.

## 3.1 Wereldwijde marktontwikkelingen

De aardobservatie-industrie is aan de vraagkant traditioneel gedreven door de overheid. Aan de aanbodkant[84] spelen grote bedrijven als Boeing of Airbus traditioneel een grote rol. Door dalende kosten en de toename aan AO-data neemt het aandeel van kleinere private partijen uit andere sectoren in de aardobservatieketen al jaren toe.[85] Het grootste deel van de commerciële dataverkoop die uit deze commerciële satellieten voortkomt verloopt via Airbus Defence and Space (Pléiades satellieten) en DigitalGlobe (WorldView series).[86] De meer kosten-intensieve upstreamactiviteiten in de AO-keten worden nog steeds vooral door overheden gefinancierd en door grotere bedrijven uitgevoerd. Zo'n 51 landen investeren momenteel in AO of daaraan verwante diensten. Hoewel de budgetten van landen in Europa en Noord-Amerika gelijk blijven, groeien deze juist in markten zoals India en Zuid-Korea, en zien China en Rusland hogere opbrengsten uit investeringen.[87] In figuur 7 is het aantal huidige en aankomende aardobservatiemissies door civiele instanties per land geregistreerd.




FIGUUR 7. AARDOBSERVATIE SATELLIETMISSIES[88]

De komst van goedkopere AO-platformen als UAVs heeft een nieuwe fabricagemarkt geopend voor bedrijven, van MKB tot multinationals. MKB's spelen met name in het snel groeiende downstreamsegment een rol, waar ze waarde kunnen toevoegen door informatieanalyse.[89] In de VS gaan UAV's een belangrijkere rol spelen ten opzichte van satellieten.[90] Ook het aandeel dat private partijen in fabricage hebben in de lancering van satellieten is aan het verschuiven. Het Franse Astrium Services (onderdeel van EADS) bouwde en lanceerde Spot-6 en 7. De non-space-industrie, voornamelijk IT- en technologiebedrijven, begeeft zich eveneens op het terrein van AO, zoals Google met

Skybox Imaging, Elon Musk's SpaceX of Virgin met Virgin Galactic. Eind 2015 gaat in Nieuw Zeeland de eerste lanceringssite van start die alleen door een commerciële partij wordt uitgebaat.[91]

De huidige omvang van de markt voor value-adding diensten en informatieproducten uit aardobservatie wordt geschat op zo'n €2,1 miljard (2014), en kan verder groeien richting 3,8-4,4 miljard in 2023-24.[92] Aan de upstreamkant maakt de aardobservatiesector deel uit van de ruimtevaartsector, die wereldwijd in dat jaar een omzet bereikte van zo'n €94 miljard. De marktwaarde voor commerciële aardobservatiesatellieten is door Northern Sky Research (NSR) geraamd op €1,4 miljard (2013).[93] Vooral het segment voor informatieproducten (oftewel downstream) zou hiervan moeten profiteren als de prijs voor hoge-resolutie fotografie op basis van AO-data en big data analyse afneemt.[94] Voor 2014 is de waarde van de AO-dienstensector wereldwijd zo'n €900 miljoen, met een verwacht groeipercentage van 7,6%.[95]

| IN MILJOEN EUR | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | AUG-13 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| DATA | € 526 | € 642 | € 745 | € 793 | € 828 | € 758 | 7,6% |
| VALUE ADDED PRODUCTEN | € 266 | € 284 | € 323 | € 351 | € 357 | € 339 | 5,0% |
| INFORMATIEDIENSTEN | € 506 | € 573 | € 671 | € 767 | € 804 | € 842 | 10,7% |
| TOTAAL | € 1.297 | € 1.499 | € 1.739 | € 1.911 | € 1.990 | € 1.939 | 8,4% |

FIGUUR 8. WERELDWIJDE OMZET EN GROEI AO DOWNSTREAM MARKTSEGMENTEN[96]

Het rapport "Satellite-Based Earth Observation: Market Prospects to 2024" van Euroconsult geeft soortgelijke cijfers, met een commerciële marktwaarde van €1,4 miljard ($1,6 miljard) in 2014 – een groei van 12% ten opzichte van 2013. Euroconsult verwacht dat deze groei het komende decennium toeneemt, waarbij de commerciële aardobservatiedatamarkt een waarde van €3,2 miljard ($3,5 miljard) bereikt in 2024. De Aziatische, Latijns-Amerikaanse, en Afrikaanse markt zullen hierbij de sterkste groei kennen. Daarnaast wordt het beheer van natuurlijke hulpbronnen, engineering & infrastructuur, locatie-gebaseerde diensten en defensie naar verwachting de belangrijkste toepassingsgebieden zijn die de groei zullen ondersteunen.[97]

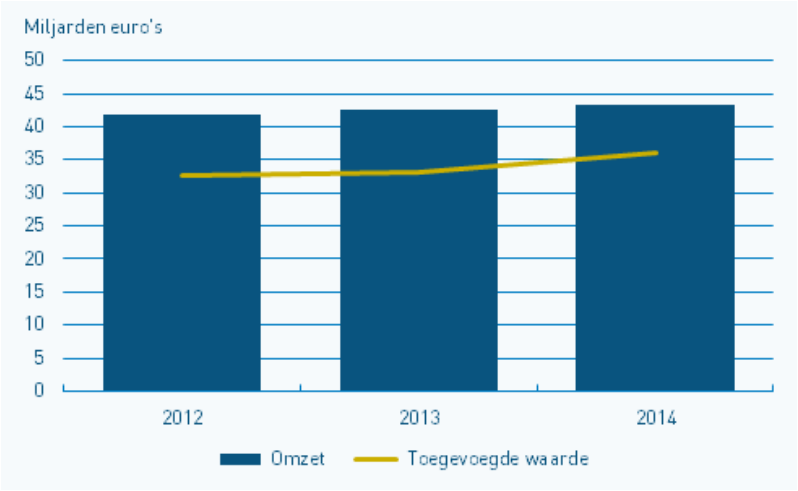
In Europa is het downstream-aardobservatiesegment in de afgelopen jaren met gemiddeld 8% per jaar toegenomen. Voor de Nederlandse downstream-aardobservatiesector groeide deze gemiddeld met 7% per jaar. Het aantal bedrijven

en het aantal FTE zijn ook gestegen in Europa met circa 8%. Het aantal bedrijven in de downstream-aardobservatiesector in Nederland is de afgelopen jaren met circa 20% per jaar toegenomen.[98]

| EUROPA | RUIMTEVAART-UPSTREAM | LUCHTVAART- EN UAV-UPSTREAM | DOWNSTREAM (EXCL. GEO-INFORMATIE) | TOTAAL |
|---|---|---|---|---|
| OMZET (MLN) | € 1.063 | € 433 | € 592 | € 2.088 |
| TOEGEVOEGDE WAARDE (MLN) | € 504 | € 205 | € 493 | € 1.202 |
| AANTAL BEDRIJVEN | 570 | 700 | 300 | 1570 |
| AANTAL FTE | 5900 | 3700 | 4400 | 14000 |

FIGUUR 9. TOTAALOVERZICHT AO EUROPA (EX. GEO-INFORMATIE), 2014

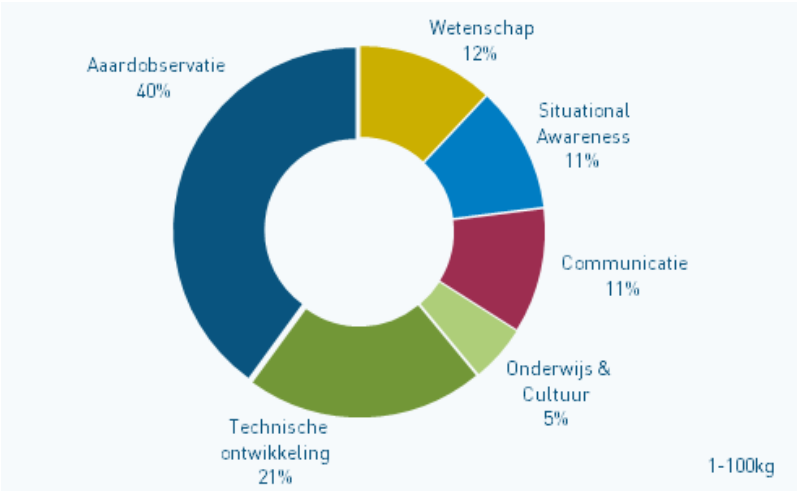
De verdere ontwikkeling van het Copernicus-programma, de toename van de commerciële ruimtevaart en de groei in clouddiensten die beschikbaarheid van data zullen helpen vergroten en de prijs doen afnemen maken dat de verwachting is dat de huidige groei in Europa zich zal voortzetten. Als geo-informatie wordt meegerekend dan komt de totale omvang van de downstreammarkt voor aardobservatie in Europa uit op zo'n €43 miljard in 2014.[99]




FIGUUR 10. ONTWIKKELING DOWNSTREAM-AARDOBSERVATIE IN EUROPA INCL. GEO-INFORMATIE[100]

AO-informatie zal in de komende jaren makkelijker beschikbaar komen voor eindgebruikers, en verder worden geïntegreerd in informatieproducten.[101] Bovendien wordt value-adding gezien "als 'versneller' waarmee de concurrentiekracht van het sectorspecifieke bedrijfsleven wordt vergroot. Deze extra economische activiteit wordt door de Boston Consulting Group geschat op een factor 15 tot 20. Daarmee komt de totale economische impact van value-adding op de Nederlandse economie [potentieel] uit op ca. €1,5 à 2 miljard (2020)."[102]

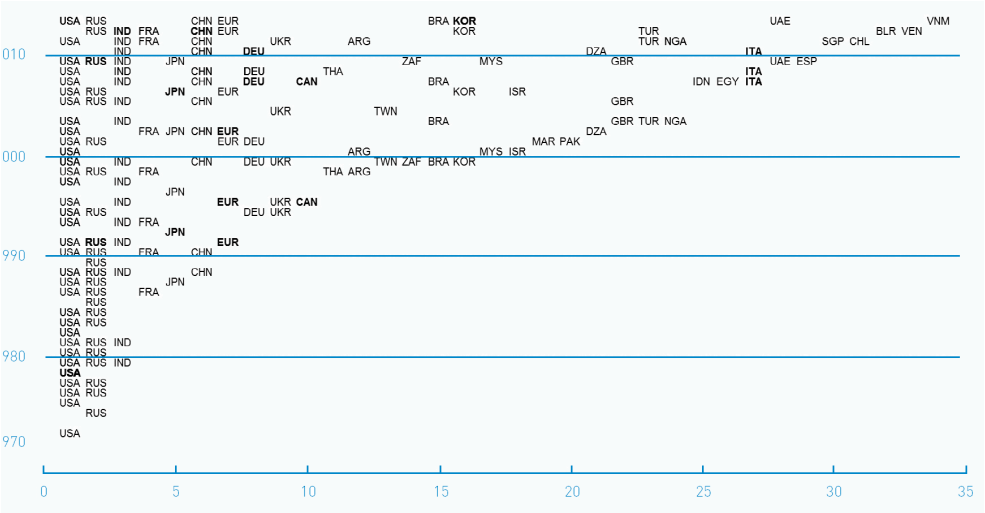
Het aantal landen en het aantal satellieten dat in de ruimte wordt gebracht neemt ook elk jaar toe. Naar verwachting zal het aantal AO-satellieten tot 100kg dat tot 2024 zal worden gelanceerd 40% van het totaal aantal vormen.[103] Het wereldwijde aantal gelanceerde civiele en commerciële AO-satellieten van boven de 50kg is voor het komende decennium circa 400. Dit komt neer op €35 miljard ($39 miljard) opbrengsten uit fabricage, 80% meer dan in het vorige decennium (2005-2014). Deze stijging is grotendeels te danken aan toenemende private en publieke investeringen in AO-technologieën. Een andere studie vermeldt dat van de ongeveer 250 satellieten die in 2014 in de ruimte zijn gebracht, er 86 aardobservatie betroffen.[104]




FIGUUR 11. WERELDWIJDE SATELLIET LANCERINGEN TUSSEN 2015 EN 2024[105]

Tot midden jaren '80 hadden slechts drie landen AO-satellieten: de VS, Rusland en India.[106] Inmiddels is dat aantal gegroeid naar 33. Eind januari 2014 waren er bijna 200 AO-satellieten uit 45 landen/organisaties, waarvan ongeveer een kwart Amerikaans en

een kwart Chinees. Iets meer dan de helft zijn satellieten van overheden, een kwart is militair en de rest is commercieel of privaat.[107] Gezien de dalende kosten en verbeterde kwaliteit van aardobservatiesystemen is het de verwachting dat deze trend zich ook in de toekomst doorzet.[108]




FIGUUR 12. LANCERINGEN VAN AO-SATELLIETEN PER LAND PER JAAR[109]

Deze marktbewegingen worden ook gedreven door meer specifieke ontwikkelingen. Eén ervan is het delen van data en van grondstations. Dit wordt bijvoorbeeld gedaan in het kader van het Disaster Monitoring Constellation (DMC), een initiatief ten behoeve van rampenbestrijding. Dit project bestaat uit een aantal aardobservatiesatellieten gebouwd door Surrey Satellite Technology Ltd. (SSTL), en bedient verschillende overheden (o.a. Algerije, Nigeria, Turkije, Verenigd Koninkrijk, China). Daarnaast wordt aardobservatiedata gebruikt voor een groot scala aan civiele applicaties, zoals het monitoren van ontbossing en het monitoren van wereldwijde landbouwsystemen.[110] DMC heeft onder andere beelden geleverd naar aanleiding van de tsunami in de Indische Oceaan in 2004[111] en bij orkaan Katrina in 2005.[112]

De ontwikkeling van de dienstensector zal zich sterk gaan ontwikkelen in de komende 10 jaar,[113] waarbij de veiligheidssector een belangrijke bijdrage levert. Zo stelt het EARSC dat "de omzetgroei in [een aantal West Europese] landen in de afgelopen vier jaar afkomstig is uit de verkoop van data/gegevens van onlangs gelanceerde satellieten

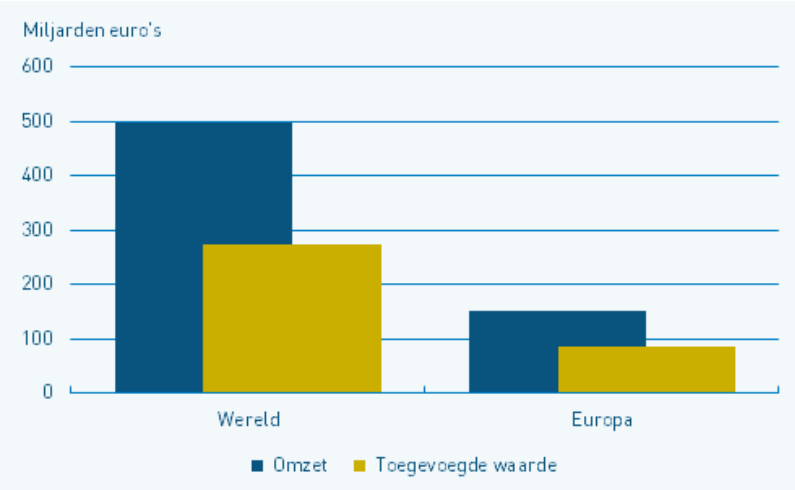
en dat de sector Defensie en Veiligheid het grootste aandeel heeft in die omzet."[114] Met betrekking tot downstream-applicaties gerelateerd aan UAVs wordt verwacht dat "de private sector de belangrijkste drijfveer zal zijn voor groei."[115] Een bedrijf dat zich actief op het vlak van AO begeeft is Google. Met de overname van Skybox Imaging voor $500 miljoen is het wereldwijd één van de toonaangevende private partijen op dit vlak geworden.[116] Google bouwt zelf geen satellieten, maar koopt data op de markt, onder andere van DigitalGlobe.[117] Eén van de platforms die Google heeft ontwikkeld is GoogleEarth Engine.[118] Dit is een online platform dat helpt om milieutrends inzichtelijk te maken. Het model wordt dagelijks bijgewerkt en kan door de hele wereld worden gebruikt. Door opgeslagen satellietgegevens te analyseren en interpreteren wordt informatie visueel weergegeven op een kaart. De gebruiker kan hiermee bijvoorbeeld veranderingen in het Amazonegebied of watervoorraden in Congo bekijken.[119]

Een meer algemeen voorbeeld van de ontwikkelende vraag naar AO in de private sector toont de opkomst van bedrijven die zich bezig houden met remote sensing. Nu al zijn bedrijven als RS Metrics en Geospatial Insight bezig met het verschaffen van real-time wereldwijde bedrijfsinformatie vanuit de ruimte. Op basis van aard-observatiedata kunnen deze 'Space IT'-bedrijven bijvoorbeeld een schatting maken van de omzet van de Amerikaanse winkelketen Walmart, gebaseerd op hoe vol hun parkeerplaatsen zijn, of het aantal containers tellen dat vanuit alle Chinese havens op een bepaalde dag verscheept is.[120]

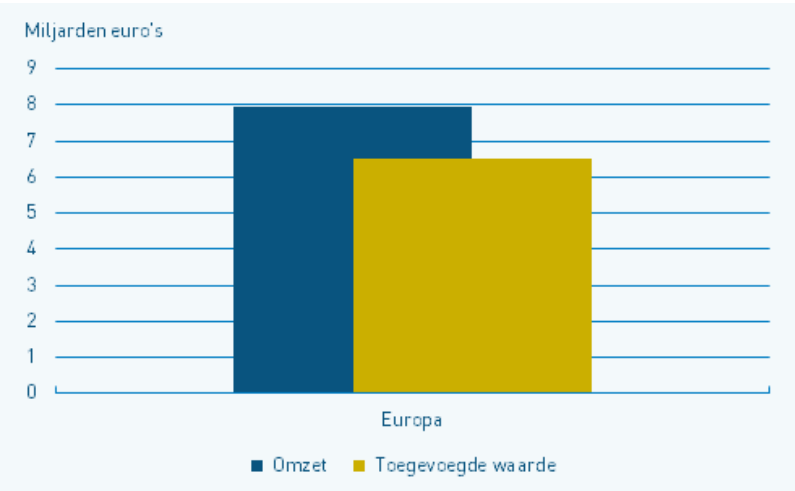
Een laatste marktontwikkeling die vermeld moet worden betreft de groei in dual-use systemen die zowel voor defensie en veiligheid als commerciële doeleinden kunnen worden gebruikt. Voorbeelden hiervan zijn onder andere e-GEOS voor het Italiaanse Cosmo-Skymed, Astrium GeoInformation Services voor de toekomstige Franse Pléiades-satellieten en HISDESAT voor het toekomstige Spaanse SEOSAR-ruimte-schip.[121]

## 3.2 Wereldwijde ontwikkelingen in defensie en veiligheid

De defensie- en veiligheidssector is traditioneel de belangrijkste drijvende kracht geweest achter ontwikkelingen in aardobservatie, met name in de Verenigde Staten. Een perspectief op de omvang en trends in deze sector is daarom een belangrijke indicator voor de AO-sector. Wereldwijd is de omzet in de defensie- en veiligheidssector circa €500 miljard. In Europa is de omzet in deze sector circa €150 miljard. Wereldwijd werken er in de defensie- en veiligheidssector circa 9,7 miljoen FTE. In Europa zijn dit circa 1,5 miljoen FTE, en was de omzet voor defensie- en veiligheidsproducten zo'n €7,9 miljard.




FIGUUR 13. WERELDWIJDE EN EUROPESE OMZET EN TOEGEVOEGDE WAARDE IN 2014 VOOR DE DEFENSIE- EN VEILIGHEIDSSECTOR, NIET GELIMITEERD TOT AARDOBSERVATIE[122]




FIGUUR 14. OMZET EN TOEGEVOEGDE WAARDE VOOR DEFENSIE- EN VEILIGHEIDSPRODUCTEN EN -DIENSTEN BINNEN DE AARDOBSERVATIESECTOR IN EUROPA[123]

Als de cijfers uit Nederland naast deze Europese cijfers worden gelegd dan blijkt dat het percentage van AO-producten en -diensten als deel van de totale uitgaven aan defensie- en veiligheidsproducten en diensten in Europa op 5,3% ligt, terwijl dit in Nederland slechts 0,8% bedraagt.[124]

Van de €935 miljoen die in 2012 door defensiepartijen aan commerciële data en informatie werd aangekocht komt ongeveer de helft op het conto van het Amerikaanse overheid, en met name dan de National Geospatial-Intelligence Agency (NGA). Opbrengsten van verkoop van AO-data aan defensie-gerelateerde organisaties zou in 2022 wereldwijd zo'n €2,07 miljard bedragen.[125] De commerciële markt lijkt de komende jaren ook in de defensiesector een belangrijkere rol te gaan spelen, en met name omdat het financieel onderhouden van eigen AO-programma's kostbaar is, en daarmee de neiging om data bij private partijen te kopen toeneemt.[126] Op dit vlak is er vooral belangstelling voor imagery intelligence, oftewel IMINT. Vanwege de hoge kosten van het ontwikkelen van IMINT-satellieten beschikten in 2012-2013 slechts 11 landen hierover, waarvan er in totaal 75 satellieten operationeel waren. Tot 2022 is de verwachting dat dit aantal zal toenemen tot 100 stuks, en dat drie extra landen zich bij deze markt zullen aansluiten.[127]

Om een beter perspectief te krijgen op hoe technologische- en marktontwikkelingen zich in landen buiten Nederland hebben gemanifesteerd, en hoe partijen daar mogelijkheden hebben aangegrepen om hun aardobservatiesector te ontwikkelen en organiseren wordt hier nader ingegaan op twee landen: het Verenigd Koninkrijk en de Verenigde Staten. Deze landen hebben een succesvolle doorontwikkeling van hun aardobservatie-activiteiten laten zien, en concrete stappen gezet op het gebied van het structureren van hun AO-sectoren. Een meer uitgebreide analyse is te vinden in Bijlage 1.

## 3.3 Verenigd Koninkrijk

In het Verenigd Koninkrijk heeft de aardobservatiesector de laatste jaren belangrijke ontwikkelingen doorgemaakt. De industrie groeit met name in ruimteprogramma's voor de commerciële en publieke sector. De ruimtevaartsector kent bijna 250 bedrijven[128] en heeft een geschatte omzet van €14,7 miljard. De industrie heeft 34.300 hooggeschoolde werknemers in dienst[129], en ondersteunt daarnaast nog 100.000 andere banen in het VK.[130]

De aardobservatiesector in het Verenigd Koninkrijk is, in tegenstelling tot de sector in Nederland, vooral groot in het downstreamsegment.[131] Ten aanzien van de aardobservatiesector is de ambitie van de Britse overheid vooral om de sector haar maatschappelijke relevantie via toepassingen aan te tonen, en om het VK als toonaangevende aardobservatiemarkt verder op de kaart te zetten.[132]

Het aantal Britse overheidsinstanties dat zich met AO bezig houdt is kenmerkend voor de ontwikkeling van de ruimtesector in het VK. De overheid is zowel de grootste klant als de grootste financier, en ziet graag zowel nationale als regionale ruimte-industrieën

tot ontwikkeling worden gebracht.[133] Ook grote private partijen spelen een belangrijke rol, zoals Lockheed Martin UK, Airbus Defence and Space (voormalig EADS Astrium), Thales Alenia Space, Surrey Satellite Technology Ltd. (SSTL), NPA Satellite Mapping, en CGI.[134]

Het Earth Observation Technology Cluster (EO-tech) uit Nottingham is het meest overkoepelende en actieve cluster in het VK. Het is gericht op kennisuitwisseling, het vergroten van communicatie, en begrip over innovatieve aardobservatie technologieën. Door een focus op vijf technologische thema's (in plaats van sectorale thema's) blijft het cluster breed georiënteerd. EO-tech voegt partijen uit zowel de academische wereld, overheid, en industrie samen: dit waarborgt de relevantie en impact van het cluster. Daarnaast vormen de Catapult-centra een belangrijk platform voor kennisuitwisseling. De kracht van deze centra is dat zij breed toegankelijk zijn: deelname is mogelijk voor wetenschappers, kleine start-ups, en grote bedrijven. Ideeën met een hoog potentieel kunnen zo worden omgezet naar concrete nieuwe producten en diensten, mede doordat de risico's van innovatie worden verkleind. Bij het opzetten van een Nederlands cluster voor aardobservatie kunnen het Nottingham (EO-tech) cluster en de Catapult-centra als model dienen. In beide gevallen zal overheidsfinanciering echter cruciaal zijn.

## 3.4 Verenigde Staten

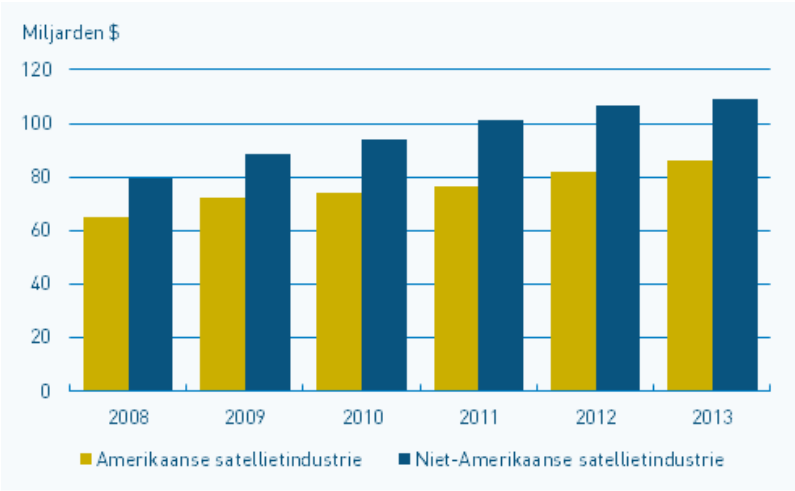
In de Verenigde Staten is de satelliet-gebaseerde aardobservatie markt zeer sterk ontwikkeld. Hoewel Europa bezig is met een inhaalslag, heeft de VS nog altijd het grootste aandeel in het satellietsegment van de wereldwijde aardobservatiemarkt.[135] Circa 35% van de wereldwijde markt voor aardobservatiediensten komt voor rekening van bedrijven in Noord-Amerika, wat gelijk staat aan een omzet van ongeveer €410 miljoen.[136] Het groeipercentage van de Amerikaanse satellietmarkt voor aardobservatie tussen 2015-2019 wordt geschat op 7,65%.[137]

Momenteel heeft de VS 38 missies, met nog 44 missies in de planning. Ter vergelijk: het Verenigd Koninkrijk heeft vier missies uitstaan en China dertien. De ruimte-industrie is eveneens een stuk groter in de VS dan in het VK; de industrie is goed voor 500.000 directe arbeidsplaatsen (in de wetenschappelijke en technische branche), en ondersteunt meer dan 700.000 indirecte banen (in gerelateerde industrieën).[138] Deze zijn verspreid over circa 700 in de VS gevestigde bedrijven.[139]

De grootste klant en financier in de Verenigde Staten is de overheid. De Amerikaanse regering investeert ieder jaar gemiddeld $3,5 miljard in civiele aardobservatie (upstream en downstream), verspreid over meerdere instanties. De grootste bijdrage

voor aardobservatiemissies komt hierbij van NASA, het National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) en het U.S. Geological Survey (USGS): een instantie van het Ministerie van Binnenlandse Zaken (Department of the Interior).[140] Op defensiegebied is de National Geospatial-Intelligence Agency (NGA) de centrale speler. Het levert onder meer strategische inlichtingen (Geo-intelligence) voor contraterrorisme en massavernietigingswapens; helpt bij militaire missieplanning; wordt gebruikt bij anti-drugsoperaties en voor het veiligstellen van transportroutes, ondersteunt humanitaire missies en faciliteert het analyseren van cybernetwerken.[141] Tevens bedient het verschillende inlichtingendiensten van de VS.[142] Aan de aanbodkant behoren DigitalGlobe, MacDonald, Dettwiler & Associates (MDA) en Skybox Imaging tot de toonaangevende partijen.

Hoewel zowel het aantal commerciële partijen als de opbrengsten voor aardobservatie groeien,[143] is de Amerikaanse overheid niettemin de grootste aanjager van deze groei. Een voorbeeld vormt DigitalGlobe, een commercieel bedrijf met een beurswaarde van $2,3 miljard. Circa 85% van de inkomsten van DigitalGlobe komt uit overheidscontracten over de hele wereld. Contracten met de Amerikaanse overheid alleen vormen al 58% van de inkomstenbron.[144] Ondanks een groeiend marktaandeel voor commerciële bedrijven, speelt de Amerikaanse overheid daarom nog altijd een cruciale rol – niet alleen in de VS, maar ook wereldwijd. Over de gehele linie is de groei echter gedaald na 2008, van 19% naar 3% in 2013.[145] In figuur 15 is de jaarlijkse omzet van de VS ten opzichte van de gehele satelliet-industrie weergegeven.




FIGUUR 15. AMERIKAANS AANDEEL IN WERELDWIJDE INKOMSTEN UIT SATELLIETEN[146]

Hoewel de aardobservatiemarkt in de Verenigde Staten in meerdere opzichten moeilijk met die in Nederland is te vergelijken, valt er toch een aantal lessen te trekken uit de Amerikaanse ervaringen. Zo speelt zelfs in de VS, waar veel meer investeringskapitaal aanwezig is dan in Nederland, de overheid een cruciale rol als aanjager en als afnemer van AO-producten. Dit geldt niet alleen voor het defensiesegment, maar ook voor andere segmenten zoals natuurbeheer en geologische bodemmetingen. De ontwikkelingen aan de technologische kant zoals miniaturisering en de lagere kosten van toegang tot AO-data hebben hier maar beperkt impact op. Ook bij de grotere clusters die in de VS zijn opgezet, zoals in Colorado en in Mississippi (zie bijlage 1), is een grote rol weggelegd voor overheidspartijen.

Tevens zien we dat de triple helix-benadering sterk aanwezig is, met name bij het cluster in Colorado. De rol van kennisinstellingen is hierbij niet te onderschatten. Veel AO-gerelateerde bedrijven komen voort uit universitaire instellingen, en de aanwezigheid van dergelijke instellingen hebben vaak weer een aanzuigende werking voor andere bedrijven. Ten slotte valt op te merken dat zich in de VS geen nationaal cluster heeft gevormd. Dit heeft voor een deel te maken met de federale structuur van het land, die aan de top wordt gekenmerkt door politieke inactie en veel ruimte voor initiatief overlaat aan lokale of regionale private initiatieven.[147]

# 4 DE MARKT VOOR AARDOBSERVATIE IN NEDERLAND


4.1 Omvang van de sector 68
4.2 Belangrijke in Nederland gevestigde spelers 71
4.3 Regelgeving 72
4.4 Vraagzijde 74
4.5 Technologische zwaartepunten en potentieel 82
4.6 Mate van organisatie 85
4.7 Financieringsinstrumenten voor sectorspecifieke plannen 86

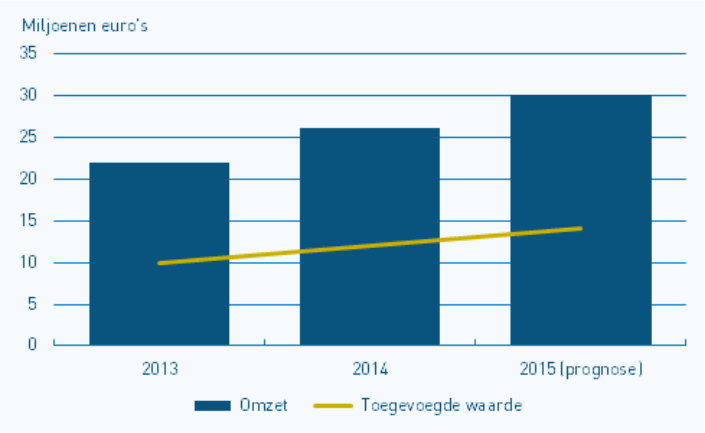
# 4 DE MARKT VOOR AARDOBSERVATIE IN NEDERLAND

De aardobservatiesector in Nederland wordt gekenmerkt door scheve verhoudingen tussen aanwezige kennis, ambities, infrastructuur en mate van organisatie van de sector. Qua kennis is er bij Nederlandse bedrijven en organisaties die zich met AO bezig houden (upstream en downstream) vaak goed ontwikkelde capaciteit, die ook marktpotentieel met zich meebrengt. Daarnaast spreekt uit agenda's zoals die van de Topsectoren een duidelijke ambitie ten aanzien van data verkregen uit satellieten en remote sensoren. Een ander sterk punt van Nederland is dat er aan de aanbodkant al op bepaalde vlakken een ontwikkelde infrastructuur bestaat: dit geldt zeker voor het ruimtevaartsegment, dat rond ESA in Noordwijk en de TU Delft een sector heeft opgebouwd met internationaal aanzien. Ook op het vlak van geo-informatie en data-analyse hebben Nederlandse bedrijven en organisaties, vaak ook gelieerd aan kennisinstellingen, behoorlijke expertise in huis. De sterke ontwikkelingen op en het groeiend belang van aardobservatie, zoals kan worden afgeleid uit het Copernicus-programma van de EU, verbreedt bovendien de afzetmarkt voor de hoogtechnologische Nederlandse instrumenttechnologie aanzienlijk.[148]

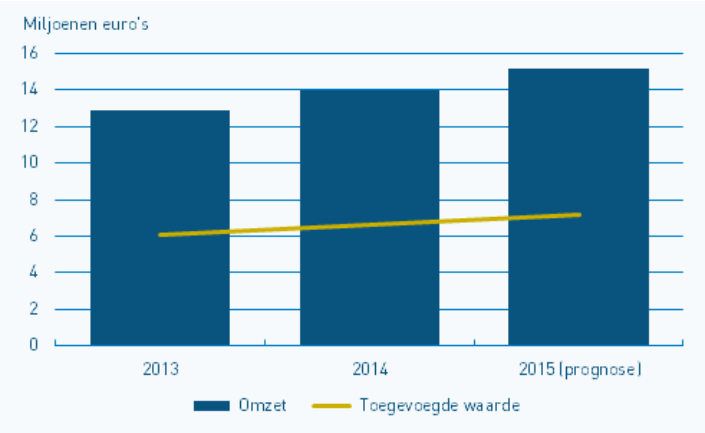
Ondanks deze factoren en het bestaande potentieel blijft de ontwikkeling van de aardobservatiesector in Nederland vooralsnog achter. Hiervoor is kortweg een aantal redenen aan te voeren. Allereerst is er de onbekendheid met het fenomeen aardobservatie bij veel potentieel vragende partijen. Het wordt vaak geassocieerd met de noodzaak tot investeringen in dure satelliettechnologie terwijl het voor de meeste gebruikers erom gaat toegang te krijgen tot data en informatie. Daarnaast speelt fragmentatie de sector parten door een gebrek aan samenwerking tussen upstream- en downstreampartijen die potentiele synergieën belemmert en de vraagontwikkeling afremt.

## 4.1 Omvang van de sector

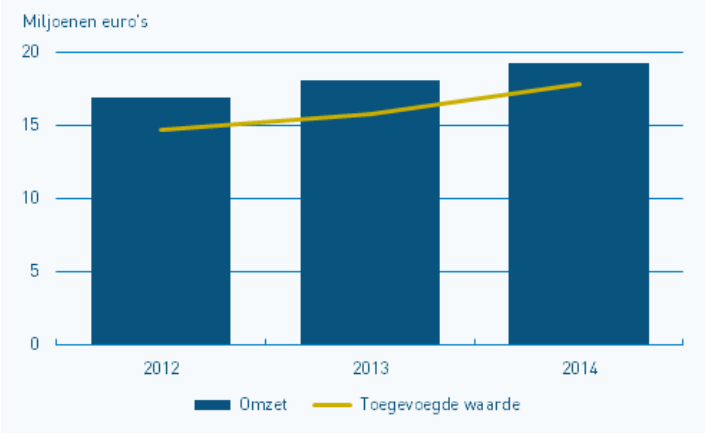
Op basis van de meest recente cijfers blijkt de aardobservatiemarkt in Nederland een omvang te hebben van €59 miljoen, en telt het 120 bedrijven en zo'n 700 werknemers.[149] Maar gezien de verschillende cross-overs van AO-expertise en toepassingen dient ook het grotere ecosysteem in beschouwing te worden genomen waar aardobservatie onderdeel van uitmaakt. Dit omvat onder andere de upstream-ruimtevaartindustrie, die in Nederland een omzet van €178 miljoen en 760 FTE's telt (2015), alsmede de geo-informatie en dataverwerkingsindustrie, waar zo'n €1,4 miljard in omgaat en 15.000 FTE's telt (2014).[150] Aldus zal de ontwikkeling van de aardobservatiesector als herkenbaar ijkpunt in het Nederlandse value-adding en technologielandschap onmiskenbaar effecten sorteren op de ontwikkeling van de economie, met name in die regio's waar de kennis-infrastructuur is gehuisvest.




FIGUUR 16. UPSTREAM-RUIMTEVAART AO NEDERLAND[151]




FIGUUR 17. UPSTREAM LUCHTVAART-UAVS AO NEDERLAND[152]

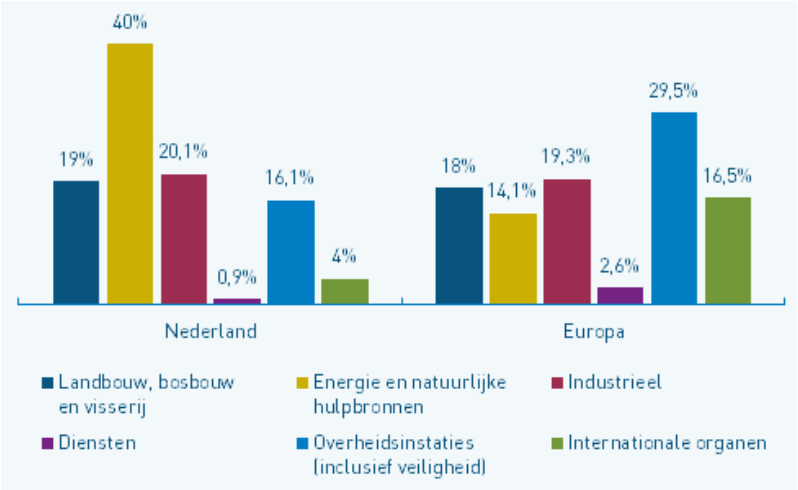



FIGUUR 18. DOWNSTREAMSECTOR AO NEDERLAND, EXCL. GEO-INFORMATIE[153]

| NEDERLAND | RUIMTEVAART-UPSTREAM | LUCHTVAART- EN UAV-UPSTREAM | DOWNSTREAM (EXCL. GEO-INFORMATIE) | TOTAAL |
|---|---|---|---|---|
| OMZET (MLN) | € 26 | € 14 | € 19 | € 59 |
| TOEGEVOEGDE WAARDE (MLN) | € 12 | € 7 | € 18 | € 37 |
| AANTAL BEDRIJVEN | 10 | 75 | 35 | 120 |
| AANTAL FTE | 100 | 400 | 200 | 700 |

FIGUUR 19. OVERZICHT NEDERLAND AO-INDUSTRIE 2014[154]

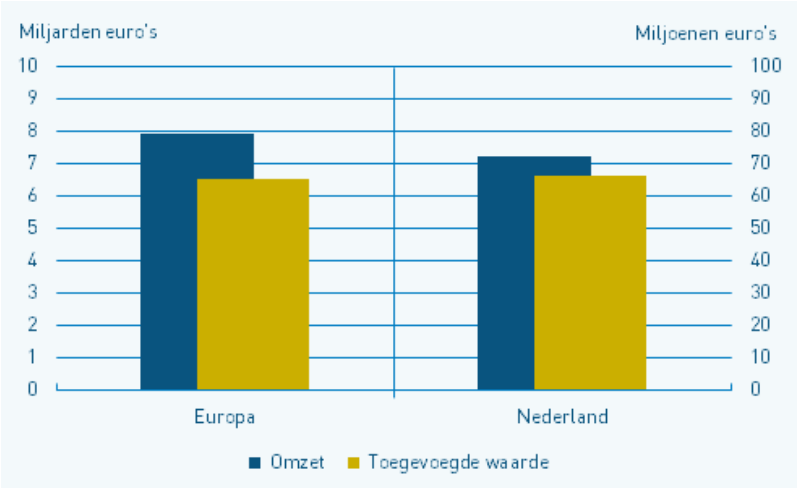
Ten opzichte van de Europese downstream-aardobservatiesector omzet kent Nederland diverse verschillen. Zo haalt de Nederlandse markt 40% van de omzet uit de sector energie en natuurlijke hulpbronnen, waar de gehele Europese sector hier slechts 14% uit haalt. [155] Daarnaast valt op dat 30% van de omzet uit AO-downstream in Europa toe te schrijven is aan de publieke veiligheidssector[156], terwijl dit percentage in Nederland op 16% ligt.[157] Er lijkt daarmee dus onontgonnen potentieel te zitten in verdere downstream-ontwikkeling van veiligheidstoepassingen van AO in Nederland.




FIGUUR 20. PERCENTAGE OMZET PER MARKTSEGMENT (2014)[158]

## Defensie en veiligheid

De totale defensie en veiligheidssector draaide in Nederland ongeveer €9,5 miljard aan omzet, met een toegevoegde waarde van €5,2 miljard.[159] Binnen de Nederlandse aardobservatiesector is de omzet voor defensie en veiligheids-producten en -diensten €72,3 miljoen (inclusief geo-informatie, 2014). In Europa was de omzet circa €7,9 miljard inclusief geo-informatie, met een toegevoegde waarde van €6,5 miljard.




FIGUUR 21. OMZET EN TOEGEVOEGDE WAARDE VOOR DEFENSIE- EN VEILIGHEIDSPRODUCTEN EN -DIENSTEN BINNEN DE AARDOBSERVATIESECTOR IN EUROPA EN NEDERLAND (2014)[160]

## 4.2 Belangrijke in Nederland gevestigde spelers

Om een beeld te krijgen van de aardobservatiesector, in het bijzonder aan de aanbodkant, is gekeken naar vier segmenten, in overeenstemming met de sectordefinitie in hoofdstuk 1: ruimtevaart, UAVs en bemande toestellen, bodemsensoren, en dataverwerking en -analysebedrijven. De sector in Nederland bestaat uit een aantal grote spelers in het upstreamsegement en een heleboel kleinere spelers in het downstreamsegment.[161]

Veel kracht van de sector zit in het lucht- en ruimtevaartsegment, waarbij de aanwezigheid van partijen zoals ESA/ESTEC en Airbus Space and Defense een groot verschil maken. Samenwerking tussen deze en een aantal andere partijen heeft al grote projecten opgeleverd met als meest tot de verbeelding sprekende voorbeeld het Tropomi-satellietinstrument, dat in het voorjaar van 2016 aan boord van de Sentinel-5 Precursor satelliet gelanceerd zal worden.[162] Met zo'n 125.000 werknemers en een totale omzet van rond de €15 miljard[163] is lucht- ruimtevaart momenteel het belangrijkste segment dat ontwikkelingen in de aardobservatiesector beïnvloedt.

Het segment van UAVs en bemande vluchten is daarentegen een stuk kleiner. Hoewel er geen exacte cijfers zijn lijken zich in dit segment z'n 40-50 kleine partijen in Nederland te bewegen. Delft Dynamics en Aerialtronics behoren tot de bekendere partijen, doch deze zijn klein qua omvang en omzet.

Het segment geo-informatie dat grondgebonden sensoren omvat is eveneens niet makkelijk te vatten qua omvang. De belangrijkste branchevereniging, GeoBusiness, stelt dat er zo'n 200 bedrijven in deze deelsector actief is, waarvan zo'n 100 aan GeoBusiness zijn verbonden. Onder deze leden bevinden zich ook bedrijven zoals CGI, Capgemini, en NEO.

Hiermee wordt dan ook de overlap duidelijk die bestaat met partijen die AO-data verwerken tot bruikbare informatie en services, waarin de hierboven genoemde partijen ook een belangrijke rol spelen. Deze sector heeft geen eigen branchevereniging, maar wordt gedeeltelijk bediend door GeoBusiness. Niettemin speelt juist dit segment een kritieke rol bij het bij elkaar brengen van de vraag- en aanbodkant, omdat één van de issues waar de sector mee kampt het feit is dat informatie uit AO vaak niet direct kan worden gebruikt door eindgebruikers omdat deze niet voldoende is bewerkt of niet goed aansluit op bestaande informatiebronnen en -verwerkingssystemen. Onder de belangrijkere aanbieders van zulke informatie behoren SkyGeo en Skylab Analytics.

Een vollediger beeld van de sector vraagt ook inzicht in de kennispartijen die in Nederland aanwezig zijn. Vanwege de lange geschiedenis die Nederland heeft met de lucht- en ruimtevaart alsmede met watermanagement en infrastructuur is deze basis zeer sterk ontwikkeld, en behoort in meerdere opzichten tot de wereldtop. In dit verband kunnen instellingen zoals de TU Delft (o.a. met de Faculteit Lucht- en Ruimtevaarttechniek en het TU Space Institute), het ITC aan de Universiteit Twente en het Centre for Geo-Information aan de Wageningen Universiteit worden genoemd, als ook de Universiteit Utrecht, TNO, NLR en het KNMI. Voor wetenschappelijk onderzoek wordt onder andere door het NWO financiering verstrekt, bijvoorbeeld voor een aantal nieuwe projecten op het gebied van aardobservatie in relatie tot aardwetenschappen en meteorologie.[164]

Door deze concentratie van instellingen op een relatief klein oppervlak wordt het ook voor buitenlandse partijen interessant zich in Nederland te vestigen. Zo is onlangs het Californische PlanetLabs, een van 's werelds meest toonaangevende fabrikanten van miniatuursatellieten, in Delft neergestreken. Nederland beschikt daarmee in meerdere opzichten over de juiste elementen die noodzakelijk zijn om een aardobservatiesector te ontwikkelen. Maar om een industrie te doen groeien die ook internationaal voet aan de grond krijgt is het noodzakelijk dat er ook voldoende afstemming plaatsvindt tussen de vraag en het aanbod binnen de eigen landsgrenzen. Dit is in de afgelopen jaren onvoldoende het geval gebleken, ondanks het feit dat er wel degelijk vraagpotentieel bestaat.

## 4.3 Regelgeving

Diverse wet- en regelgeving heeft een belangrijke impact op de ontwikkeling van de aardobservatiesector. Het meest relevant voor het gebruik van ruimtevaartuigen en drones is de wet Ruimtevaartactiviteiten[165], het besluit ongeleide satellieten[166], en de Wet bescherming persoonsgegevens (Wbp)[167], aangezien deze wetten beperkingen leggen op het gebruik van lucht- en ruimtevaartmiddelen en de bijbehorende data. Middels de wet Ruimtevaartactiviteiten en het besluit ongeleide satellieten is bijvoorbeeld geregeld dat ruimtevaartactiviteiten enkel mogen plaatsvinden met een vergunning verstrekt door de Minister van Economische Zaken.[168] De politiewet en het wetboek van strafvordering leggen daarnaast beperkingen op aan de inzet van bijvoorbeeld drones door ordediensten: deze mogen enkel worden ingezet bij strafrechtelijk onderzoek, voor opsporing en vervolging, met toestemming van de Officier van Justitie. Voor het gebruik van drones bij crisissituaties of het handhaven van de openbare orde is de burgemeester van de betreffende veiligheidsregio verantwoordelijk.[169]

FOTO 6: DRONES WORDEN STEEDS VAKER GEBRUIKT DOOR POLITIE[170]

Ondanks deze restricties is er een trend gaande naar meer inzetmogelijkheden. Tot 2014 hadden politie en brandweer bijvoorbeeld geen mogelijkheden om boven gebouwen, mensenmassa's, of na zonsondergang te vliegen. In juli 2015 is deze regeling voor de inzet van onbemande vliegtuigjes echter verruimd.[171] Een ander voorbeeld vormt het beroepsmatig gebruik van drones. Tot de zomer 2015 was het nodig een vergunning aan te vragen voor elke beroepsmatige inzet van drones. Sinds 1 juli 2015 gelden er echter nieuwe regels, waarbij men geen ontheffing meer hoeft aan te vragen maar enkel een ROC (RPAS Operator Certificate) moet bezitten.[172]

Een belangrijke beperking op het gebruik van aardobservatie vormt de Wet bescherming persoonsgegevens (Wbp), de Nederlandse invulling van de Europese Privacy richtlijn. In de Wbp liggen regels vastgelegd voor het verwerken van persoonsgegevens, met de nadruk op het geautomatiseerde verwerking daarvan. Gezien de beeldkwaliteit van de hedendaagse camera's en de kwaliteit van de beelden die na vastleggen worden opgeroepen, is identificatie van personen met behulp van beelden zeer goed mogelijk. Omdat camerabeelden van personen in het algemeen ook als persoonsgegevens beschouwd dienen te worden: het maken van beelden valt

daarmee gewoon onder de Wbp.[173] Dit is niet alleen een discussiepunt ten aanzien van wat wel en niet geregistreerd kan worden, maar kan ook complicaties opleveren als AO-informatie als juridisch bewijs in rechtszaken wordt gebruikt.[174]

## 4.4 Vraagzijde

Om de aardobservatiemarkt in Nederland verder in gang te krijgen vormt vraagarticulatie het onmisbare vliegwiel. Zoals ervaringen in andere landen ons leren is de rol van overheidspartijen als afnemer van aardobservatiedata en services hierbij van cruciaal belang. Dit wil niet zeggen dat private partijen niet als vragende partij kunnen optreden: verzekeringsmaatschappijen, IT-bedrijven zoals Google en bedrijven zoals Deltares profiteren eveneens van AO-data. Omdat aardobservatiedata in de komende jaren alleen maar toegankelijker gaat worden en goedkoper, zal de vraag ernaar in gelijke tred toenemen en duidelijke vraagarticulatie des te belangrijker worden.

Binnen de Nederlandse overheid is de verantwoordelijkheid voor het beleid rondom lucht- en ruimtevaart, waaronder satellieten voor communicatie, navigatie en observatie maar ook geodata, bij verschillende ministeries belegd. Het Ministerie van Economische Zaken is verantwoordelijk voor het upstream ruimte- en aard-observatiebeleid. Een ministerie zoals Infrastructuur en Milieu speelt een belangrijke rol bij downstreamtoepassingen. Daarnaast zijn zij afnemers van producten en services naast de Ministeries van Veiligheid en Justitie, Defensie en Binnenlandse Zaken en Koninkrijksrelaties. Ook is er de Interdepartementale Commissie Ruimtevaart (ICR) die voor coördinatie binnen de rijksoverheid verantwoordelijk is.[175] Niettemin ontbreekt het momenteel echter bij overheidspartijen aan een meerjarenstrategie en beleid waarin de ambities op het gebied van AO helder gearticuleerd zijn, zodat deze als katalysator in de markt kan worden gebruikt.

Rapporten zoals *De Ruimte voor het Gebruik*, gaan dieper in op civiele toepassingen van AO. Hier wordt gekeken naar vraagarticulatie binnen het veiligheidsdomein met focus op defensie en andere veiligheidsactoren, met name ook omdat deze sectoren in Nederland relatief achter lopen ten opzichte van elders in Europa. Van vitaal belang is om *launching customers* te kunnen identificeren, om twee redenen: 1) "de overheid moet bereid zijn risicodragend mee te gaan in de ontwikkeling van markten voor downstream-applicaties" en 2) "er moet een commitment zijn om (bij aangetoonde toegevoegde waarde van de applicatie) afnemer te worden."[176]

## Ontwikkeling van vraagarticulatie bij de overheid

Gegeven de impact van de defensiesector op AO-toepassingen in veel landen ligt het voor de hand dat vraagarticulatie bij het **Ministerie van Defensie** een belangrijke factor is bij het ontwikkelen van de sector. In dit opzicht is het bemoedigend dat Defensie zichzelf tot doel heeft gesteld om een organisatie te willen worden die draait om informatie[177] en over 'situational understanding' wil kunnen beschikken. In de toekomst zal de rol van defensie in de ruimte daarom vrijwel zeker alleen nog maar toenemen.[178] Versterking van het informatiedomein is één van de zes innovatiethema's bij het ministerie.[179] Naast deze algemene ambitie wil Defensie zich ook concreet in het ruimtesegment gaan begeven, daar het in 2015 had aangekondigd zelf satellieten aan te willen schaffen in de vorm van miniatuursatellieten.[180]

Defensie gebruikt AO-data en informatie al op velerlei vlakken, en al meerdere decennia. Een belangrijke gebruiker is de MIVD, de Militaire Inlichtingen- en Veiligheidsdienst. Deze organisatie ontleent haar bestaansrecht aan het beschikken over de best mogelijke inlichtingen verzameld waar dan ook ter wereld, en heeft de ambitie om de nodige veranderingen te ondergaan om ook in de toekomst over de beste informatiepositie te kunnen beschikken: "De organisatie van de MIVD zal verder worden aangepast om de informatiestromen, die beschikbaar komen met de introductie van nieuwe sensoren en onbemande systemen, aan te kunnen."[181] Omdat de MIVD op dit moment afhankelijk is van derde partijen om op commerciële basis data in te kopen lijkt het gezien de trends richting miniaturisering en dalende prijzen dat de MIVD op termijn ervoor zal kiezen om z'n eigen capaciteit te ontwikkelen.

Daarnaast wordt natuurlijk ook gebruik gemaakt van AO bij militair optreden zoals in Mali, en eerder in Afghanistan en elders. Ook maakt defensie veel gebruik van weersverwachtingen, daar deze zeer belangrijk zijn voor militair optreden. Middels een Joint Meteorologische Group (JMG) wordt 24 uur per dag ondersteuning geleverd aan militaire missies.[182] Defensie werkt ook al meerdere jaren samen met TNO, bijvoorbeeld op het gebied van remote sensors, en is betrokken in een project genaamd Milspace, waarbij samen met NLR wordt gekeken naar de militarisering van de ruimte en hoe op lange termijn *multi-temporal monitoring* kan worden toegepast. Met de Koninklijke Marine loopt er een project naar observatie op zee waar ook Noorwegen bij betrokken is.[183]

Ook heeft het Ministerie van Defensie in samenwerking met de ministeries van Binnenlandse Zaken, Economische Zaken, en Veiligheid en Justitie, in 2009 het eerdergenoemde Sensor Technology Applied in Reconfigurable systems for sustainable

Security (STARS) project opgezet, waarbij het ontwikkelen van flexibel inzetbare sensor technologie en het tijdig verkrijgen van informatie uit verschillende informatiebronnen centraal staat. Uitgangspunten voor het STARS-programma zijn het adequaat kunnen inspelen op (snel) veranderende omstandigheden, en een grote rol voor sensortechnologie: detectie, identificatie en classificatie.[184]

Een andere veiligheidsdimensie binnen het huidige Defensieonderzoek is om te onderzoeken hoe de gevolgen van een mogelijke uitval van het bestaande satellietsysteem kunnen worden opgevangen, bijvoorbeeld als gevolg van ruimtepuin dat een satelliet beschadigt, gerichte aanvallen of zonnewinden die deze systemen danig verstoren. Gezien onze grote afhankelijkheid van navigatie-, communicatie- en observatiesatellieten is dergelijke aandacht allerminst overbodig. Het onlangs gelanceerde Space Security Centre in Breda gaat zich hier nader mee bezig houden.[185] Kortom, AO is ter ondersteuning van vitale infrastructuur, maar kan dus ook zelf als vitale infrastructuur worden beschouwd.[186]

Waar Defensie als organisatie zich onderscheidt van andere overheidsorganisaties is niet alleen dat het al stappen heeft gemaakt op het gebied van AO, maar ook dat het een open houding aanneemt qua innovatie. Zo wordt er door middel van open innovatie naar nieuwe partners bij projecten gezocht, en wordt vrijheid van denken gestimuleerd waarbij projecten worden ondersteund die niet direct een duidelijk eindproduct moeten opleveren. Dit biedt zeker aan kleine(re) partijen een kans om met Defensie samen te werken. Momenteel loopt er een tiental kleinere onderzoeken die voornamelijk met Airbus, NLR en de TU Delft worden uitgevoerd, en wordt er ook een kenniscentrum opgezet met de Nationale Politie.[187] Binnen deze onderzoeken speelt ook de rol van, en aansluiting met, big data een belangrijke rol. En gegeven dat Defensie op korte termijn wil kunnen beschikken over hogere resolutiefoto's, en 24/7 wil kunnen detecteren, zal de vraag naar (near) real-time of zelfs filmen vanuit de ruimte steeds groter worden.

In het licht van de brede ambitie van defensie om als informatie-gestuurde organisatie op te treden ligt een rol als één van de belangrijkste – zo niet de belangrijkste – *launching customer* voor de AO-sector voor de hand. Maar meer dan dat Defensie direct projecten zal financieren zal het op zoek gaan naar partijen die met het ministerie willen werken aan het ontwikkelen van nieuwe toepassingen.

Hoewel de **Nationale Politie** al ettelijke jaren satellietcommunicatie gebruikt, wordt ook AO belangrijker, zeker met betrekking tot 'predictive policing' en forensisch

onderzoek. Een bestaande toepassing is het CityGIS systeem door meldkamers die dienen om situaties zo snel mogelijk in kaart te brengen. Niettemin is de integratie met nieuwere vormen van AO-data nog gering. Dit kan verklaard worden door een aantal factoren. Ten eerste is de daadwerkelijke meerwaarde en gebruiksvriendelijkheid van nieuwe systemen die gedreven worden op AO-data onduidelijk bij de Politie. Dit probleem werd al eerder in een NSO roadmap gesignaleerd: "in Nederland [zijn] helaas reeds negatieve ervaringen opgedaan in de veiligheidssector met het invoeren van het ICT- en communicatiesysteem C2000 bij de politie, brandweer en collega's in de veiligheidsregio's. Het is dus zaak om stap voor stap de nieuwe technologie geaccepteerd te krijgen door steeds de toegevoegde meerwaarde ten opzichte van bestaande informatie mechanismen te toetsen en te vergelijken."[188] Daarnaast is er een probleem met de integratie van andere, bestaande, informatiesystemen. De toegevoegde waarde zou zitten in het feit dat 1) tijdsynchronisatie van groot belang is bij forensisch werk, waarmee het belang van gestroomlijnde datafusie wordt onderstreept, en 2) dat er een noodzaak is om tot betere opslag en ontsluiting van informatie te kunnen komen.

FOTO 7. POLITIEOFFICIEREN IN HET CENTRUM VAN BIRMINGHAM GEBRUIKEN AO-DATA OM MANIFESTATIES TE KUNNEN MONITOREN.[189]

Het **Ministerie van Veiligheid en Justitie** (VenJ) heeft recentelijk de eerste stappen gezet richting het formuleren van concreet beleid op AO-toepassingen voor haar domeinen van verantwoordelijkheid. Dit wil niet zeggen dat er niet al een latente behoefte bestaat: veel activiteiten in het werkveld van VenJ vragen om informatie over de actuele status op een locatie. AO-data kan het ministerie bijvoorbeeld helpen bij crisisbeheersing in de Openbare Orde en Veiligheidsketen.[190] Hoge-resolutiebeelden kunnen zorgen voor een actueel beeld van de (omgeving van) een ramp.[191] Voor VenJ is actualiteit dan ook een cruciaal punt. Ideaal zou zijn 'live video' 24/7.[192]

Daarnaast is vooral de betrouwbaarheid van de data een issue. Het gaat hier niet alleen om de accuraatheid van de informatie, maar ook of deze niet door derde partijen gecompromitteerd kan worden, en of wettelijke beperkingen het gebruik van informatie uit AO niet belemmeren. In die zin compliceren wetten en regels soms verdere innovaties.[193] Ook in de Nationale Innovatieagenda Veiligheid 2015 wordt dit punt onderstreept.[194]

Over het geheel genomen is er binnen het ministerie van Veiligheid en Justitie vooral vraag naar satelliet*diensten* op basis van de geo-informatie en satellietdata. Deze diensten zouden zich vooral moeten richten op rampen en ongelukken (bijvoorbeeld rookpluimen met giftige stoffen), opsporen en volgen (bijvoorbeeld van criminelen, voertuigen), persoonsbewaking, en beveiliging bij evenementen (bijv. mensenmassa's monitoren).[195] Dit soort informatie zou bijvoorbeeld op basis van de data uit de Copernicus Sentinels kunnen worden vergaard.[196] Het ligt dan ook niet in de lijn van de verwachting dat VenJ een eigen satellietcapaciteit zal willen ontwikkelen, in elk geval niet op korte termijn. Daarentegen zal bij VenJ zeker interesse bestaan in de toenemende vervlechting van aardobservatie met communicatie en navigatiedata. Als concreet initiatief heeft het Ministerie in de begroting voor 2015 toegezegd het gesprek aan te gaan met het Veiligheidsberaad over een landelijke beleidslijn inzake het gebruik en inzet van drones voor de brandweer.[197]

De vraag naar AO-informatie bij de **Kustwacht** zal naar verwachting gaan groeien in de komende jaren. Zo is er is veel vraag naar data over scheepsbewegingen. Nu al maken windmolenparken, grotere schepen en meer zeeverkeer varen op de Noordzee gecompliceerd. Dit wordt verder bemoeilijkt doordat schepen onder de 300 ton zich niet hoeven te registreren of melden. Momenteel worden radar en het ISPS-systeem (Internationale Code voor de beveiliging van schepen en havenfaciliteiten) gebruikt voor het bijhouden van scheepsroutes. Echter, voor ongeregistreerde schepen onder de 300 ton is ISPS niet actief. Om deze schepen in beeld te brengen is luchtwaarneming

nodig, dan wel aardobservatie met satellieten.[198] De Kustwacht wil preventief gaan werken, en heeft behoefte aan een breder (radar)beeld van de gehele Noordzee.[199] Hiermee moet de kans op ongevallen afnemen. Hierbij kan bijvoorbeeld worden voortgebouwd op e-navigation, waarbij informatie uitgewisseld wordt tussen schepen en stations op de kust.[200]

Tevens zet de kustwacht door middel van de "Visie Kustwacht 2020" in op een spilpositie met betrekking tot informatie over buitenwateren en varende middelen.[201] Om haar ambities in deze te concretiseren onderneemt de Kustwacht momenteel bijvoorbeeld in samenwerking met het Nederlands Lucht- en Ruimtevaartcentrum (NLR) het UAV project "AIRICA". Middels dit tweejarige project is een onbemande helikopter uitgerust met een "Detect and Avoid" systeem.[202] Dergelijke onbemande helikopters kennen diverse inzetmogelijkheden voor de Kustwacht, bijvoorbeeld voor Search and Rescue, maritieme hulpverlening en handhaving.[203]

FOTO 8. MONITORING DOOR DE USS MESA VERDE (MONITOREN VAN LUCHTGEVEERDE LANDINGSVAARTUIGEN VANUIT DE CONTROLEKAMER VAN HET TRANSPORTSCHIP.)[204]

Het **Ministerie van Buitenlandse Zaken** (BZ) heeft vooralsnog geen stappen gezet richting een ministeriebrede visie op gebruik van aardobservatie-toepassingen, maar heeft hier al wel ervaring mee op het vlak van ontwikkelingssamenwerking. In een eerder stadium had het ministerie de behoefte uitgesproken naar een soort catalogus die laat zien welke satellietdata er is, welke applicaties beschikbaar zijn, en wat daarmee gedaan kan worden. Op die manier kan tevens bewustwording worden gecreëerd, wat vervolgens weer kan helpen de behoeftestelling voor nieuwe applicaties te verduidelijken. Daarnaast zou het voor het ministerie helpen als de value-adding sector zich meer organiseert, zodat men niet met kleine, losse bedrijfjes zaken hoeft te doen.[205]

Toepassingen van aardobservatie liggen voor Buitenlandse Zaken op meerdere vlakken. Voor ontwikkelingssamenwerking liggen die in het verlengde van waar AO binnen Nederland ook voor wordt gebruikt, namelijk op het terrein van landbouw, watermanagement en het monitoren van grondbewegingen. Het beste voorbeeld hiervan zijn de G4AW-projecten, waarbij een database is ontwikkeld met onder andere AO-informatie om een alomvattend beeld te krijgen van klimaateffecten op landbouw in ontwikkelingslanden. Dit project is in tien landen uitgerold.[206]

Tevens zijn er informatiebehoeftes die overeenkomen met die bij Defensie, waaronder het in kaart brengen van vluchtelingenstromen, ontwikkelingen in falende staten, of bij natuurrampen.[207] In het kader van de 3D-benadering (Defence, Development & Diplomacy) zou er potentieel moeten zijn voor BZ en Defensie om op dit vlak verder te gaan samenwerken met betrekking tot het gebruik van informatie of zelfs gezamenlijke behoeftestelling en ontwikkeling. Een concreet initiatief op dit gebied is om de mogelijkheden te onderzoeken naar het opzetten van een big data centrum voor humanitaire aangelegenheden.[208]

Het **Ministerie van Economische Zaken** geeft al meerdere jaren vorm en inhoud aan het Nederlandse aardobservatiebeleid. In het afgelopen jaar is er onder andere gewerkt aan het bevorderen van de ontwikkeling van nieuwe diensten op basis van satellietdata die beschikbaar komen via de Copernicus-aardobservatiesatellieten van de EU en ESA, en het satellietdataportaal van het Netherlands Space Office (NSO). Voorbeelden hiervan zijn research en leveringsopdrachten aan de Nederlandse industrie en kennisinstellingen, en via diverse ruimtevaartprogramma's van ESA.[209]

## Ontwikkeling van de vraagarticulatie in de private sector

Afgezien van de overheid kan de **private sector** ook een rol spelen als *launching customer*. Zo is er vanuit ICT-bedrijven veel belangstelling voor AO-data om als input te gebruiken bij het creëren van geo-applicaties. Voor stadsarchitecten kan eenzelfde behoefte bestaan. Voor het monitoren van installaties zoals in de gas- en oliesector is AO ook een uitkomst, zeker in gevallen waar platforms ver op zee staan en bijvoorbeeld UAVs niet de juiste soort sensoren met zich mee kunnen dragen.

Daarnaast is ook het verzekeringswezen geïnteresseerd in aardobservatie voor het opnemen van schade evenals voor het vaststellen van premies op basis van bestaande track records. Gezien de bedragen die in deze sector omgaan (er werd zo'n €150 miljard uitgekeerd in het non-life segment in 2011) en de grote calamiteiten waarmee zulke instellingen te maken hebben zoals schade door conflicten, orkanen of infrastructurele ongelukken, is de verwachting dat de vraag naar AO-toepassingen in deze sector in de komende jaren sterk zal gaan stijgen.[210]

## Uitdagingen bij ontwikkeling van vraagarticulatie

Al meerdere jaren buigen partijen in de aardobservatiesector zich over de vraag waarom de vraagarticulatie is achtergebleven. Het rapport *De Ruimte voor het Gebruik* draagt hiervoor de volgende redenen aan:

- De Nederlandse overheid heeft zich onvoldoende opgesteld als *launching customer* en heeft vaak afgezien van het (geheel of gedeeltelijk) overschakelen naar innovatieve technieken.
- De continuïteit van missies en de daarmee samenhangende data was niet gegarandeerd, waardoor het voor bedrijven niet mogelijk was te beloven dat dezelfde diensten een jaar later ook geleverd zouden kunnen worden. Dat is op dit moment anders aan het worden.
- Financiering van innovatie in deze sector is in de praktijk uiterst moeizaam gebleken.[211]

Gedeeltelijk gaat het hier om een probleem van onbekendheid: aardobservatie wordt gezien als specialistisch en kostbaar, en niet als een bron van waardevolle informatie die voor menige overheidspartij relevant is. Het laatste punt, met betrekking tot financiering, komt hier gedeeltelijk uit voort: het blijkt niet makkelijk te zijn voor medewerkers in de operationele diensten en organisaties om collega's op het strategische beleidsniveau mee te krijgen als er een wens tot aanschaf van AO-informatie bestaat, laat staan om zelf zo'n capaciteit te ontwikkelen. Wat hier ook bij komt kijken is het feit dat aardobservatie als bron van informatie ook een

‘disruptieve’ werking kan hebben: om hier goed gebruik van te kunnen maken kan het noodzakelijk zijn om werkprocessen aan te passen wat soms ingrijpende veranderingen vergt binnen een organisatie.[212] Ook dit kan leidinggevenden huiverig maken.

Maar dit zijn niet de enige issues. Er zijn ook vragen over de praktische toepassing van informatie uit AO: zo kan het zijn dat de bewerkte data nog onvoldoende geschikt is voor dagelijks gebruik; dat deze data niet goed aansluit op bestaande informatiebronnen; of dat de toegevoegde waarde onvoldoende is, bijvoorbeeld omdat een eindgebruiker 24/7 observatie nodig heeft in plaats van één beeld per dag. Een ander issue met de data betreft de betrouwbaarheid: zo wil een gebruiker die overweegt te handelen op basis van aardobservatiedata niet het risico lopen op een civiele zaak doordat die data onjuist blijkt te zijn. In de verzekeringsbranche is dit een belangrijk issue. Hiermee komt certificering naar voren, en dat kan een marktonderscheidend criterium worden voor bedrijven die bewerkte aardobservatiedata willen gaan aanbieden.[213]

Tot slot is er dan nog het probleem van een gefragmenteerde aardobservatiemarkt die bestaat uit vele kleine partijen, op basis waarvan het moeilijk is voor grote partijen om op langdurige basis een overeenkomst aan te gaan. Er zal immers teveel onzekerheid bestaan of dezelfde leveranciers ook in navolgende jaren dezelfde diensten zullen kunnen leveren. Wat hier bij komt is dat “downstream start-ups onvoldoende in staat [bleken] zelfstandig kapitaal te verwerven om hun applicaties dóór te ontwikkelen en ze met name op de exportmarkt te introduceren en om het hoge innovatie-tempo gerelateerd aan steeds nieuwe data afkomstig van telkens nieuwe satellieten te volgen.”[214]

## 4.5 Technologische zwaartepunten en potentieel

Binnen het Topsectorenbeleid bestaat aandacht voor aardobservatie, hoewel er geen aparte agenda voor bestaat. Zo worden in het kader van de Kennis- en Innovatieagenda High Tech Systemen en Materialen (HTSM) onder andere roadmaps gecreëerd voor ‘advanced instrumentation’ en ‘security’, waarbij aandacht uitgaat naar respectievelijk “Optische instrumentatie, nieuwe sensoren en sensorsystemen, precisietechnologie voor onder andere satellieten en deeltjesversnellers, miniaturisering, en ICT-infrastructuur en datamanagement” alsmede “bescherming van de veiligheid van personen, zowel geweld zoals crises en rampen, met technologie in de domeinen system-of-systems oplossingen, cyber security, en sensoren.”[215]

Tevens bestaat er een Topsector HTSM Roadmap Space 2015-2020, waarin een deel-roadmap bestaat die door het KNMI wordt getrokken genaamd "Ground Segment Data processing" en zich bezig houdt met "verbindende technologieën voor diensten die nodig zijn om toegang te krijgen tot ruwe satellietdata voor astrofysica, aardobservatie en 'downstream' value-adding toepassingen. Thema's hierbij zijn dataverwerving, opslag, infrastructuur, (her-)processen en toegang tot data en het verzenden ervan."[216]

In het licht van de snel groeiende waaier aan toepassingen van informatie uit AO-sensoren heeft het Netherlands Space Office (NSO) een elftal roadmaps ontwikkeld waarin uiteen wordt gezet welke toepassingen op welke wijze per sector kunnen worden ontwikkeld in Nederland in de komende jaren. Sommige sectoren zijn wat dat betreft al ver gevorderd of hebben een bestaande infrastructuur, terwijl andere nog verdere ontwikkeling behoeven.

Volgens het rapport *De Ruimte voor het gebruik – Meer Waarde voor onze Aarde*, biedt "[h]et innovatieve gebruik van aardobservatiedata (...) nieuwe kansen om de concurrentiekracht van de Nederlandse bedrijven op de exportmarkten te versterken."[217] Punt is dat de thuismarkt wordt gebruikt als incubator voor nieuwe toepassingen die vervolgens in het buitenland kunnen worden verkocht. Dit heeft ook met geloofwaardigheid te maken. Het rapport neemt als het ware een voorschot op deze ontwikkelingen, en identificeerde in 2013 drie toepassingsmarkten die als meest kansrijk aangemerkt kunnen worden.

De eerste markt betreft **agro- en voedselzekerheid** en kent de deelmarkten "oogsten" (afnemers van informatie zijn overheden, ketenpartners voor boerenbedrijven, verzekeraars, handelsbedrijven, etc.), "precisielandbouw" (de markt voor informatie die de boer gebruikt om meer rendement te verkrijgen uit investeringen in productie van gewassen en vee), en "traceability": de markt voor informatie inzake herkomst en kwaliteit van producten die de consument koopt.

Een tweede kansrijke segment vormt de **energiemarkt**. De wereldwijde toenemende behoefte aan energie enerzijds, en toenemende schaarste aan eenvoudig te winnen energiebronnen anderzijds, maakt deze sector volgens het rapport zeer interessant. Er worden nieuwe regio's verkend en nieuwe technologieën ontwikkeld: betrouwbare omgevingsinformatie is hierbij cruciaal.

Een derde markt vormt **stedelijke ontwikkeling in delta's**. Beheerproblematiek en ontwikkeling van dichtbevolkte deltagebieden is één van de grootste uitdagingen waar de wereld voor staat. Het inrichten en beheren van gebieden vanuit deze tendensen is een kernactiviteit voor de gehele Nederlandse ingenieurs- en architectenbranche en vormt de basis voor export van diensten in deze sector. Tot op heden is het gebruik van aardobservatiediensten binnen Nederland in deze sector niet zo groot, maar de Taakgroep schat in dat de kansen voor deze sector in de toekomst zullen groeien.

Daarnaast constateren we in dit rapport dat er veel marktpotentieel voor aardobservatie- toepassingen voor de **defensie- en veiligheidssector** en voor vitale infrastructuur bestaat. De defensiesector leent zich bij uitstek voor een integrale benadering van downstream-toepassingen op basis van data van zowel satellieten als UAVs, met afwegingen van kwaliteit, effectiviteit en kosten van de bronnen. Deze sector is bovendien interessant omdat Defensie op deelgebieden als *innovation leader* en *launching customer* kan optreden en zo het vliegwiel van innovatie en economische ontwikkeling op gang kan brengen.[218] In de Nationale Innovatieagenda Veiligheid (NIAV) worden deze toepassingen van aardobservatie ook benoemd, bijvoorbeeld waar het verbeteren van handelingsgerichte informatievoorziening is betroffen.[219]

Om dit potentieel tot wasdom te brengen worden in de *Uitvoeringsagenda Toepassingen Satellietdata* al verschillende suggesties gedaan. Voor de overheid liggen er aanbevelingen zoals het aansluiten van alle departementen bij ruimtevaart-toepassingen, het laten optreden van de overheid als *launching customer* van satellietdiensten (veelal geïntegreerd in bredere geo-informatiediensten), en het aansluiten van het geo-informatiebeleid en het ruimtevaart-downstreambeleid zodat ze elkaar kunnen versterken.

Ook stelt het rapport dat het belangrijk is dat er een commercieel te exploiteren data- en diensteninfrastructuur komt, waarmee departementen en commerciële markten bediend kunnen worden. Deze Aardobservatie-Diensten-Infrastructuur (ADI) zou op commerciële basis door de industrie kunnen worden geëxploiteerd, en een brug slaan van diensten binnen ondernemingen en organisaties naar satellietdata. Een dergelijke ADI zou de vorm moeten krijgen van een publiek-private samenwerking waarbij zowel de sector als de overheid in de ADI investeert – bij voorkeur op een gelijke basis.

Daarnaast wordt het opzetten van een downstreamprogramma (bijvoorbeeld in de vorm van een Small Business Innovation Research, SBIR project) genoemd, waar het geaccepteerd krijgen van innovaties in een specifieke markt centraal staat ('vermarkten

van de innovatie'). Tot slot wordt het ontwikkelen van NSO-downstream-roadmaps genoemd en worden er diverse aanbevelingen in het kader van ESA en de EU gedaan.[220]

## 4.6 Mate van organisatie

In het algemeen kan gesteld worden dat de aardobservatiesector nog nauwelijks is georganiseerd en dat mede daardoor sectorale ontwikkeling is achtergebleven. Dit lijkt echter niet het gevolg te zijn van een gebrek aan wil. Al meerdere malen is in het verleden gepoogd om de sector meer te structureren, om zo de koppeling tussen vraag en aanbod beter gestalte te geven. Een veelgenoemde reden voor de trage ontwikkeling is dat de benadering te vaak gedreven werd door aanbod en te weinig door vraag. In dit onderzoek is getracht om de sector meer vanuit het perspectief van de vragende partijen te benaderen, zelfs al is *technology push* op sommige punten onvermijdelijk. Maar zoals een recente brief van de regering stelt: "[d]e vraagsturing is (...) cruciaal om de neiging tot 'technology push' om te buigen naar vraagsturing als basis voor het maatschappelijk draagvlak van ruimtevaart."[221]

Dit complex van feiten heeft ertoe geleid dat er momenteel geen eenduidig aanspreekpunt voor de sector bestaat, en dat de deelbelangen zijn ondergebracht in verschillende clusters en branchevereningingen. Zo zijn in het lucht- en ruimtevaartsegment de NIDV, het Holland Space Cluster en SpaceNed belangrijke spelers. Voor de UAV sector is dit DARPAS. Voor geo-informatie dienen Geo-Business Nederland alsmede Geo Informatie Nederland (GIN) als eerste aanspreekpunten. De datacentra hebben ook hun eigen belangenorganisatie, de Dutch Datacenter Association.[222] Daar bovenop is er dan sinds kort ook het Netherlands Value-Adding Services Collectief (NEVASCO) dat zich richt op het organiseren van de aanbodkant van de aardobservatiesector, met initiële focus op value-adding bedrijven (downstream) om daarmee in de nabije toekomst betere proposities te kunnen maken richting vragende partijen.[223]

Geen van deze branchevereningingen of organisaties lijkt zich vooralsnog tot het alomvattende organiserende platform voor de sector te ontwikkelen, hoewel NEVASCO nog het meeste potentieel herbergt. Om de sector daadwerkelijk verder uit te kunnen bouwen is meer nodig, waarbij de vorming van een cluster een goede optie kan zijn, ofwel een platform waarin bedrijven, kennisinstellingen en overheidspartijen elkaar op permanente basis ontmoeten, en waar op gestructureerde wijze aan de ontwikkeling van AO en haar toepassingen binnen Nederland kan worden gewerkt.

Ook ontbreekt er flankerend beleid: ten eerste is het moeilijk voor nationale onderzoeksinstellingen om bij internationale projecten aan te haken of leiding te geven aan internationale consortia die na een zware internationale competitie een grote opdracht gegund zijn. In Nederland wordt de betrokkenheid van instituten bij internationale projecten na een nationale competitie vastgesteld, maar in de praktijk leidt deze nationale competitie ertoe dat de nationale onderzoeksinstellingen achterop raken bij de overige ESA-lidstaten. Er zou een snelle procedure moeten worden ingesteld waarbij het meest geschikte instituut de opdracht wordt gegund.

Een ander gemis voor de sector is de afwezigheid van een algemene investerings- of verwervingsagenda van de overheid, waardoor bedrijven onvoldoende in staat zijn om hun R&D te richten op een toekomstige behoefte. Daardoor wordt R&D gedaan die mogelijk niet leidt tot vermarktbare innovaties, of er wordt volledig van af gezien. Om dit op te lossen zouden er sectorspecifieke instrumenten moeten komen.

## 4.7 Financieringsinstrumenten voor sectorspecifieke plannen

Economische sectoren kunnen in hun ontwikkeling een belangrijke impuls krijgen als er stevige en meerjarige sectorspecifieke plannen liggen met bijbehorende financieringsinstrumenten. De casestudies van het VK en de VS illustreren de waarde daarvan. De eerste is via een intensivering van het ruimtevaartbudget van de overheid en het daarbij behorende financiële instrumentarium door:

- De inschrijving in de optionele programma's van ESA verhogen van iets minder dan 2% naar 4,53% van het totale ESA-budget voor de optionele programma's. Dit is het niveau dat van Nederland als middelgrote economie verwacht mag worden, zeker als rekening gehouden worden met het feit dat Nederland de veruit grootste ESA-vestiging huisvest. 4,53% is hetzelfde percentage dat Nederland op basis van de BNP verdeling bijdraagt aan de verplichte ESA programma's.
- Herintroductie flankerend beleid dat sinds het aantreden van het kabinet Rutte-1 is vervangen door generiek innovatiebeleid en Topsectorenbeleid:
    - Technologieontwikkeling voor de ontwikkeling van ruimte-infrastructuur en applicaties;
    - Grote innovatieve projecten (als Tropomi);
    - Instrumentenbudget.

Naast de herintroductie van deze financieringsinstrumenten is ook het aanpassen van het generieke instrumentarium van belang. Het gaat daarbij om:

- Een ruimtevaartdeel in de SBIR voor haalbaarheidsstudies voor ontwikkeling van diensten op basis van satellietdata bij overheden;

- Kredietfaciliteiten voor de commerciële markt (rekening houdend met de lange terugverdientermijnen in de ruimtevaartsector);
- Een Revolving Fund, waaruit ontwikkeling en bouw gefinancierd kan worden en (gedeeltelijk) via royalties weer opnieuw geïnvesteerd;
- Een Investeringsfonds Aerospace.

# 5 DOORONTWIKKELING VAN DE NEDERLANDSE AARDOBSERVATIE-SECTOR

5.1 Theorie van clustervorming 91
5.2 De theorie toegepast op Nederland 95

# 5 DOORONTWIKKELING VAN DE NEDERLANDSE AARDOBSERVATIESECTOR

De voorgaande analyse van de vraag- en aanbodkant toont aan dat betere structurering van de sector tot een aantal positieve effecten zou moeten leiden: aan de ene kant, een beter beeld van wat aardobservatie inhoudt en op welke wijze het relevant is voor overheidsinstanties; en aan de andere kant, de mogelijkheid voor aanbieders die upstream en downstream werken om producten en diensten te kunnen leveren op grotere schaal en meerjarige basis.

## 5.1 Theorie van clustervorming

De aardobservatiesector is niet de eerste sector die met deze problematiek geconfronteerd wordt. Er kunnen dan ook verschillende lessen worden getrokken uit hoe andere sectoren met deze issues omgaan. Om een marktsegment meer zichtbaar te maken, synergieën te bewerkstelligen ten aanzien van technologische ontwikkeling en vraag en aanbod te stimuleren wordt vaak naar clustervorming gekeken. Deze vorm van geïntegreerde samenwerking is sinds de jaren '90 een veelbeproefd en vaak succesvol gebleken concept dat op veel plaatsen is toegepast: van Silicon Valley tot het Multimedia Cluster Hilversum of Technopolis Innovation Park Delft. Clustervorming is zichtbaar in verschillende sectoren en vindt plaats op zowel lokaal, regionaal, nationaal als internationaal niveau. Een belangrijk argument voor clustervorming is dat het de "kenniseconomie" en technische know-how voortstuwt.[224] Clusters worden daarom (zeker door beleidsmakers) gezien als een fenomeen dat welvaart oplevert.[225]

Echter, wat houdt een cluster precies in? In 1990 definieerde Michael Porter in zijn boek *The Competitive Advantage of Nations* clusters als

> *"…geografische concentraties van aan elkaar verbonden bedrijven, gespecialiseerde toeleveranciers, dienstverleners, firma's in gerelateerde industrieën en aaneengesloten instituties op bijzondere terreinen die met elkaar concurreren maar ook samenwerken."*[226]

Deze definitie van Porter is mogelijk de meeste invloedrijke definitie ooit, aangezien het de standaard is geworden voor het clusterconcept. Vandaag de dag wordt het begrip nog altijd sterk geassocieerd met economisch ontwikkelde staten.[227] In zijn latere werk benadrukt Porter dat geografische concentratie van concurrerende industrieën vaak plaatsvindt op regionale schaal. Clusters worden dus vooral gevormd door geografische verbondenheid van ondernemingen en industriële sectoren.[228] Nabijheid, rivaliteit en samenwerking zijn bij het vormen van een cluster essentieel, en vormen de lijm tussen het economische eigenbelang van de deelnemende bedrijven.[229]

Per type cluster kunnen er aan de hand van betrokken actoren drie verschillende soorten worden onderscheiden:

- Het eerste type wordt gekenmerkt door een homogeniteit aan deelnemers, waarbij de publieke sector de dominante trekker is.
- Het tweede type cluster wordt gekarakteriseerd door een heterogeniteit aan deelnemers, en meer privaat initiatief.
- Het derde type kent eveneens een heterogeniteit aan deelnemers, maar hier is de heterogeniteit minder sterk dan bij het tweede type. Dit type cluster kent een combinatie van publiek-privaat initiatief en semi-gereguleerde samenwerking.[230]

Wanneer wordt gekeken naar de wijze van organiseren dan komen er vier verschillende type clusters naar voren:[231]

- Marshalliaanse clusters, gekenmerkt door kleine zelfstandige bedrijven die vooral met elkaar handel drijven en waarbij weinig interactie is met bedrijven buiten het cluster.
- *Hub and spoke*-agglomeraties, die vooral zijn opgebouwd rond één of een paar grote partijen. Dit komt feitelijk overeen met verticale integratie.
- "Industriële satellietregio's", waarbij grote partijen domineren en niet geclusterd zijn op één plaats, maar samenkomen op een locatie die voor alle partijen gunstig is om schaalvoordelen te bereiken.
- Overheidsgedreven clusters die zich ontwikkelen rond grote overheidsinstellingen, zoals bijvoorbeeld de lobby-industrie in Brussel.

Bij clustervorming staan de brede reikwijdte en het idee dat het geheel meer is dan de som der delen centraal. Een cluster biedt daarbij mogelijkheden voor grotere flexibiliteit, meer aanpassingsvermogen, en snellere identificatie van de markt.[232]

Afhankelijk van het soort en de omvang van bedrijven die zich in een bepaalde regio bevinden kunnen bedrijven besluiten over te gaan tot "verticale integratie". Volgens

een NSR-rapport wordt dit toegepast omdat "operators proberen elkaars sterke punten te benutten om zo beter te concurreren voor overheids- en commerciële marktaandelen."[233] Hierbij worden verschillende fasen van een industriële keten gecoördineerd of samengevoegd. Dit kan plaatsvinden omdat de markt riskant is, omdat de markt nog jong is, of om concurrentieoverwegingen.[234] Naast deze redenen vormt kostendrukking gedurende het productieproces een factor in verticale integratie. Kostenreductie kan bijvoorbeeld plaatsvinden door lagere gemeenschappelijke transportkosten, het verwijderen van bepaalde stappen uit het productieproces, en minder verspilling van hulpbronnen.[235]

Qua samenwerkingsvorm staat het "triple helix" concept al sinds lange tijd in de belangstelling. Dit concept stelt dat het potentieel voor innovatie en economische ontwikkeling in een kennismaatschappij ligt. Elementen van kennisinstellingen, overheid en het bedrijfsleven moeten gehybridiseerd worden, om zo tot een nieuw institutioneel en sociaal framework voor productie te komen. Overdracht en toepassing van kennis moet daarmee makkelijker gemaakt worden.[236] Deze alternatieve vormen van samenwerking zijn niet per se in tegenspraak met clustervorming. Zo kan verticale integratie een basis vormen voor latere clustervorming, en kan een triple-helixbenadering helpen om een cluster te structureren.

### Factoren die clustervorming bevorderen

De nadruk op rivaliteit, die eerder in Porters definitie naar voren is gekomen, lijkt tegenstrijdig met het doel van clustervorming. Echter, juist de rivaliteit tussen bedrijven die op dezelfde markt opereren maakt samenwerking nodig: soms kan alleen door samenwerking en kennisuitwisseling de concurrentie met andere partijen beter worden aangegaan en kan een bedrijf vooruit komen.[237] Zo kunnen clusters gaan ontstaan rond een bepaalde natuurlijke hulpbron, behoefte uit de markt, of lokale vaardigheid. Indien deze zich ontwikkelt, zullen er andere bedrijven komen die zich ook op de nieuwe industrie gaan richten. Door kennisoverdracht ontstaat er vervolgens een "spillover"-effect op de nieuwe industrie: bedrijven zullen zich clusteren om maximaal te profiteren.[238] Daarnaast kunnen clusters voortgestuwd worden door externe schokken. Zo kan de opkomst van buitenlandse concurrenten of concurrerende technologie een interne herstructurering vergen. Deze dynamiek zorgt ervoor dat de vorm van een cluster kan veranderen.[239] Clusters kunnen daarmee gezien worden als regionale innovatiesystemen.[240]

De motivatie voor clustervorming komt, ondanks de achterliggende notie van rivaliteit, meestal voort uit het bedrijfsleven. Maar met het groeiende belang dat overheidsparti-

jen hechten aan economische groei gekoppeld aan de ambities van kennisinstituten en hoger onderwijsinstellingen om hun kennis te kunnen 'vermarkten' blijken deze partijen steeds vaker aan de basis te staan van slagvaardige clusterontwikkeling.[241]

## Criteria voor succes

Zelfs als de ingrediënten voor clustervorming in een bepaalde regio aanwezig zijn en de wil er is om tot clustervorming te komen wil dit niet zeggen dat het cluster ook op lange termijn zal slagen. In het rapport "Internationale clusters in vergelijkend perspectief" voor de opzet van *The Hague Security Delta* worden diverse factoren genoemd om het succes van een cluster te meten. Deze succesfactoren bestaan op twee niveaus: het succes van het gehele cluster, en het succes per deelnemer aan het cluster. Daarnaast onderscheidt het rapport succesbepalende factoren, en succescriteria. Succesbepalende factoren zijn:

- Aanwezigheid van ambitie op verschillende niveaus: lokaal, regionaal, nationaal, internationaal;
- Aanwezigheid van een gemeenschappelijke drijfveer;
- Gesteunde, helder geformuleerde doeleinden en targets;
- Betrokkenheid bij het cluster van deelnemers;
- Bestaan van onderling vertrouwen (maakt het ontstaan van asymmetrische reciprociteit mogelijk). [242]

Vervolgens kunnen meerdere maatstaven worden aangelegd om succes te kunnen meten: de succescriteria. Hiervoor kan worden gekeken naar:

- Omzetgroei (van het cluster als geheel en/of van de individuele partners);
- Financiële onafhankelijkheid van subsidiegelden (wanneer dit als doelstelling door een cluster is aangemerkt). Met andere woorden: mogelijkheid van het cluster om zelf omzet te genereren;
- Functionaliteit van het cluster (in termen van projecten);
- Creëren van formele/informele samenwerking;
- Scheppen van werkgelegenheid (groeitrend);
- Positieve spin-off voor de regio, op zowel sociaal als economisch vlak;
- Innovatief karakter van het cluster (output innovatieve producten, onderzoek, procesinnovatie, etc.). [243]

Wat uit deze opsomming naar voren komt is dat een succesvol cluster uiteindelijk op eigen benen moet kunnen komen te staan. Tevens spreekt eruit dat de aanwezigheid van overheidspartijen geen *sine qua non* is voor het ontstaat en voortbestaan van succesvolle clusters. De betrokkenheid van de overheid zou het 'publieke eigenbelang'

moeten dienen: dus niet als aanjager van een sector die weinig potentieel heeft, maar als vragende partij die zelf voordeel haalt uit de producten die een cluster voortbrengt, en tevens de regionale economie een *boost* geeft. Dit kan een reden zijn voor bijvoorbeeld ministeries om deel te nemen in een triple-helixopzet, en om als *launching customer* op te treden. De overheid treedt op als meerjarige klant van producten en biedt daarmee een economische sector een basis voor bestaan, maar zou hierop verder moeten bouwen en de concurrentie met partijen in het buitenland aangaan.

## 5.2 De theorie toegepast op Nederland

In Nederland hebben clusters al in verschillende sectoren het levenslicht gezien, waarbij een aantal erg succesvol zijn gebleken. Hiertoe behoren onder andere Brainport Eindhoven rond Philips, het Metropolitan Food Cluster rond Wageningen en het Maritieme Cluster rond Damen. Hoewel deze clusters zijn gebouwd rondom een paar grote spelers is dat geen noodzakelijke voorwaarde voor het succes van deze clusters. Een voorbeeld van een jonger cluster is *The Hague Security Delta* (HSD), dat rondom het thema veiligheid en innovatie in een paar jaar tijd een stevige positie in het veiligheidslandschap in Nederland heeft verworven.

Aan de hand van twee voorbeelden –het Maritieme Cluster en HSD– zal worden ingegaan op hoe clusters zich in Nederland hebben weten te ontwikkelen.

Het **Maritieme cluster** komt voornamelijk voort uit de wens van het Ministerie van Defensie om meer militaire waarde voor belastinggeld te creëren. Een Nederlands marinebouwcluster biedt als kennisintensieve en zelfscheppende defensiebedrijfstak een uitstekende uitgangssituatie voor de ontwikkeling van innovatieve ideeën voor 'slimmer' werken. Voor Defensie waren er daarom drie uitdagingen aan de vraagzijde:

- Grotere dynamiek en onzekerheid in de veiligheidsomgeving: dit levert grotere risico's in de bedrijfsvoering op;
- De klant, het Ministerie van Defensie, wil maatwerkproducten tegen confectie-prijzen;
- Volume aan investeringen neemt af (onvermijdelijke saneringen in de Europese defensie-industrie).

Tevens waren er uitdagingen aan de aanbodzijde:

- Leren denken en werken met in het bedrijfsleven gebruikelijke concepten als 'markten, producten, diensten', 'ecosystemen', en 'waardecreatie';
- Ver(der)gaande modulariteit van capaciteiten en processen;
- Slimmere manieren om over capaciteiten te kunnen beschikken;

- Bouw van ecosystemen voor capaciteitenontwikkeling;
- *Through-life capability management.*

Wat hier ook bij komt is dat Nederland een economisch- en defensiebelang heeft in het behoud van het marinebouwcluster, en mede door internationale afspraken te maken en allianties te vormen, zijn positie zelfs kan versterken.[244]

De Nederlandse maritieme sector zette eind jaren '90 de eerste stappen naar samenwerking. In 1997 richtte de sector de stichting Nederland Maritiem Land (NML) op. Het algemene streven van Nederland Maritiem Land (NML), en daarmee de maritieme sector als geheel, is om samen met belangrijke publieke en private spelers het imago en de naam van de Nederlandse maritieme sector in binnen- en buitenland te verbeteren.[245] Het NML onderneemt hierbij de volgende activiteiten:

- Vervullen van verbindende rol tussen deelsectoren en de maritieme sector als geheel.
- NML heeft een sterke overkoepelende regiefunctie, de uitvoering wordt zoveel mogelijk aan de branches en derden overgelaten.
- Opbouwen van databank met informatie over de maritieme sector en deze beschikbaar stellen voor analyse.
- Binnen de sector organiseert NML (netwerk)-activiteiten ter bevordering van de samenwerking, voor kennisdeling en -vergaring en voor het bevorderen van het imago van de sector als geheel.
- Naast de maritieme *leading firms* zijn er heel veel maritieme MKB-bedrijven. NML en de brancheverenigingen zorgen dat deze een integraal onderdeel zijn van de sector en zich ook als zodanig onderdeel voelen.[246]

Naar buiten toe zet het NML zich in om de sector in het buitenland te promoten, een goed vestigingsklimaat te scheppen en als een one-stop-shop te functioneren voor de maritieme sector als geheel.

Binnen het cluster zijn er vier 'councils' ingericht, gebaseerd op geïdentificeerde focusgebieden van NML:

- De Innovation Council draagt zorg voor het bundelen en uitvoeren van sectoractiviteiten op het gebied van kennis en innovatie en het bevorderen van de dynamiek van publiek-private samenwerking;
- De Human Capital Council verzorgt de inhoudelijke coördinatie van activiteiten met betrekking tot maritiem-technisch en nautisch onderwijs, alsmede het vormgeven van initiatieven op het gebied van arbeidsmarkt.;

- De Trade Council stelt zich ten doel gelijke concurrentievoorwaarden te bevorderen voor de maritieme sector, het gezamenlijk bewerken van markten.
- De Public Relations Council streeft naar imagoverbetering en naamsbekendheid van de Nederlandse maritieme sector, door middel van publiciteitscampagnes en de organisatie van branche overstijgende evenementen.

Momenteel heeft het cluster een aantal grote partijen in haar systeem, maar bedient het ook het MKB. Onder de grotere partijen bevinden zich ABN AMRO Maritiem, Binnenvaart Logistiek Nederland, Branche Organisatie Zeehavens, Damen Shipyards, Havenbedrijf Rotterdam, Heerema Marine Contractors, HISWA, Imtech Marine, IRO, Koninklijke Marine, Koninklijke Vereniging van Nederlandse Reders, MARIN, Maritiem Kennis Centrum, Nederlands Loodswezen, Netherlands Maritime Technology, Royal IHC, STC-Group, en Wärtsilä Netherlands.

Het cluster wordt algemeen als zeer succesvol beschouwd, en als voorbeeld gezien voor andere sectoren. De cijfers spreken voor zich: de twaalf sectoren van het maritieme cluster realiseerden in 2013 een totale toegevoegde waarde van 16,5 miljard euro, oftewel zo'n 3% van het BNP. De sector omvat zo'n 224.000 banen en realiseert een jaarlijkse groei van ongeveer 1.300 banen.[247]

Waar het Maritiem cluster interessant is vanuit het institutionele perspectief, is het **The Hague Security Delta** (HSD) interessant omdat het hier om een jong cluster gaat dat verband houdt met veiligheid en innovatie. Eind 2010 startte het HSD project met als doel de veiligheidssector in Den Haag en daarbuiten verder te structureren. Binnen HSD is een verdeling gemaakt onder de vijf zogenaamde 'innovatiethema's'. Dit zijn subclusters geconcentreerd rond een bepaald onderwerp. Deze onderwerpen zijn vitale infrastructuur, nationale veiligheid, urban security, forensics en cyber security. Deze thema's hebben een gemeenschappelijke drijfveer: meer zakelijke activiteit, meer werkgelegenheid, en meer veiligheid in de wereld. Als fysieke locatie kent het cluster de HSD Campus: een nationaal innovatiecentrum voor veiligheid in Den Haag. HSD heeft een structuur die ook wel in het buitenland voorkomt:[248] Er zijn veel aangesloten partijen, maar slechts een klein aantal sleutelspelers vervult de rol van trekker bij de opzet en ontwikkeling van het cluster.

Het cluster is gericht op economische ontwikkeling en innovatie in de veiligheidssector, en om tot betere afstemming te komen van vraag en aanbod tussen bedrijfsleven, de overheid, en kennisinstellingen. Ook wil het cluster relaties versterken met de overheid, Europese Unie, andere economische regio's in Nederland, en overzeese

veiligheidsclusters. Als economische effecten voor de regio heeft het cluster als doel om de beschikbaarheid van gespecialiseerde medewerkers en afgestudeerden in de veiligheidssector verhogen, en het vestigingsklimaat voor organisaties in het cluster te verbeteren.

Voor z'n eigen ontwikkeling heeft HSD op basis van de clusteranalyse die hierboven is beschreven tien speerpunten geformuleerd:

1. geïntegreerde benadering van veiligheid
2. samenwerking in de triple-helix
3. kennisontwikkeling op veiligheidsgebied
4. (internationale) promotie
5. *high-profile* innovatieprojecten
6. aantrekken van aansprekende bedrijven (rolmodellen)
7. toegang tot investeringskapitaal
8. aantrekkelijk ondernemersklimaat
9. ontwikkeling van *human resources*
10. voedingsbodem zijn voor veiligheidscluster

Naast deze tien speerpunten wil HSD zich ook onderscheiden als toegangspoort tot kennis, innovaties, kapitaal en talent op het gebied van veiligheid--punten waarin de missie van triple-helixbenadering duidelijk naar voren komen, en waarbij het belang van bestendigheid van het cluster op basis van talentontwikkeling wordt benadrukt.

Het HSD cluster is sinds de oprichting enorm gegroeid: inmiddels kent het cluster 203 partners. De belangrijkste hiervan zijn de oprichters: TU Delft, Fox-IT, Gemeente Den Haag, Ministerie van Veiligheid en Justitie, Capgemini Nederland, TNO, De Haagse Hogeschool, Siemens Nederland, Thales Nederland, KPN N.V. en Trigion. Gelet op de eerder opgestelde succescriteria is het veiligheidscluster zeer succesvol: het heeft een totale omzet van €1,5 miljard en levert 10.000 arbeidsplaatsen op.[249]

# 6 POTENTIEEL VOOR CLUSTERVORMING IN AARDOBSERVATIE IN NEDERLAND

6.1 Vormen van clustering 101
6.2 Potentiële impact van samenwerking in de aardobservatiesector op de economie Zuid-Holland 108
6.3 Van organiseren naar programmeren 110

# 6 POTENTIEEL VOOR CLUSTERVORMING IN AARDOBSERVATIE IN NEDERLAND

Voor de verdere ontwikkeling van de sector moet worden gezocht naar vormen van versterkte samenwerking. Dit kan variëren van een volledig autonoom cluster tot aankoppeling bij bestaande initiatieven. Veel hangt hierbij af van het gestelde ambitieniveau: welke partijen zien toegevoegde waarde in het organiseren van de sector? Wie wil hierbij echt de kar gaan trekken? Maar wat ook telt is: welke financiële middelen kunnen hiervoor worden gevonden, en op welke termijn? En ten slotte: als er een herkenbare 'hub' zou moeten komen, waar moet deze dan worden opgezet? Gegeven de mate van fragmentatie in de sector en het gebrek aan duidelijke omlijning van de sector in Nederland zou er ook voor een stappenplan kunnen worden gekozen waarbij op basis van marktontwikkelingen en veranderende randvoorwaarden tot nieuwe vormen van samenwerking kan worden gekomen.

## 6.1 Vormen van clustering

In deze studie is naar drie scenario's gekeken voor samenwerking: clustering-lite (feitelijk een netwerkvorm), aansluiting bij een bestaand cluster of initiatief, of het opzetten van een autonoom cluster.

Niettemin wordt hier ook getoond hoe de sector zich zal ontwikkelen als er geen nieuwe sectorbrede samenwerking gaat ontstaan. Volgens dit scenario – onze 'nulhypothese' – zal de sector zich in hetzelfde tempo ontwikkelen als in afgelopen jaren, en meeliften op wereldwijde trends. Hierbij zullen bedrijven, overheids-organisaties, onderzoeksinstellingen en brancheorganisaties in de downstream-aardobservatiesector zoals NEVASCO en Geo-business op dezelfde wijze blijven acteren.

In dit scenario zal de downstream-groei naar verwachting qua aantal bedrijven gelijke tred houden met de wereldwijde aardobservatiesector (8,4%). De omzet per bedrijf zal echter lager zijn dan de groei van de wereldwijde aardobservatiesector (7,4%). Als

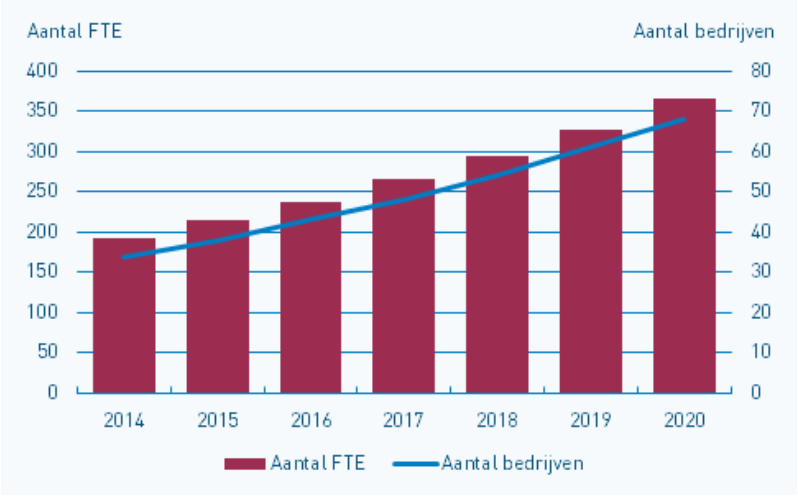
naar geo-informatie in den brede wordt gekeken dan zal het aantal organisaties, de omzet per bedrijf en het aantal FTEs stabiele groei gaan vertonen op de ondergrens van de verwachtingen, namelijk 2%. Qua toekomstperspectief is de inschatting dat er in 2020 zo'n 55 bedrijven zijn in de downstream-aardobservatiesector met 280 FTEs. De totale omzet voor downstream-AO in Nederland zal dan stijgen naar ca. €29,5 miljoen.[250]

## Cluster-lite

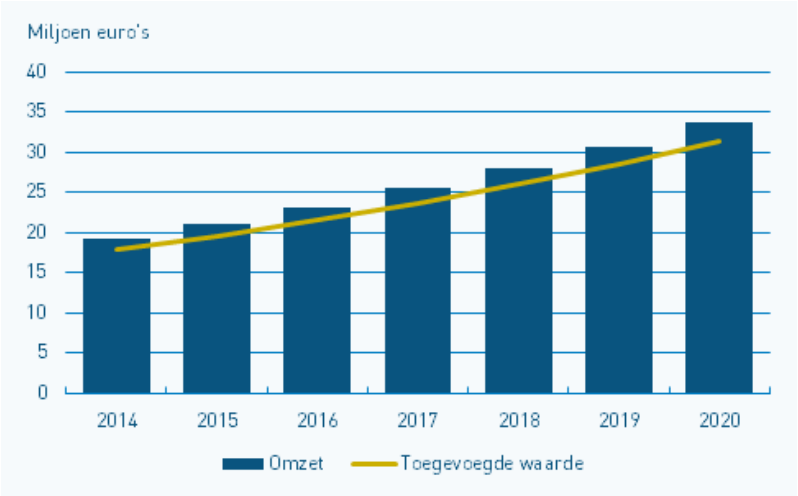
Om met relatief weinig inzet toch synergetische effecten te bewerkstelligen en de vraag- en aanbodkant op meer gestructureerde basis met elkaar in contact te brengen kan een 'clustering-lite' optie worden overwogen. Dit houdt in dat er een virtueel cluster wordt opgezet, bijvoorbeeld op basis van een portal, dat als hub kan dienen voor de sector. Via dit portal kunnen partijen in de sector op een open manier ideeën en informatie uitwisselen om de vraagarticulatie op gang te brengen, om nieuws over financieringsmogelijkheden te delen en om symposia en bijeenkomsten te organiseren.

Deze optie is in het licht van de huidige stand van zaken het meest realistisch, maar brengt ook bepaalde beperkingen met zich mee. Vanwege het meer vrijblijvende karakter van deze opzet (een echt commitment is slechts nodig van een aantal trekkers), kan het cluster snel uit elkaar vallen als er onvoldoende initiatief en impuls vanuit gaat. Tevens valt het te bezien of echte structurele financiering door overheidspartijen of grote projecten van de grond gaan komen. Continuïteit, kwaliteit en leveringszekerheid zijn belangrijke factoren voor de afweging om met dienstverleners in zee te gaan. Zolang dit instabiel is met te veel kleine partijen, dan zijn er geen betrouwbare gespreks- of samenwerkingspartners. Tot slot kan de rol van bestaande brancheorganisaties verschillend uitpakken: afhankelijk van hun positie in de sector kunnen ze de handen ineenslaan om het virtuele cluster leven in te blazen, maar het kan ook zijn dat de eigen deelbelangen gaan prevaleren, bijvoorbeeld omdat de eigen achterban al goed is georganiseerd, of omdat er thematisch geen overeenstemming wordt bereikt.

Niettemin kan een clustering-lite opzet economisch een belangrijk verschil maken: doorrekeningen tonen aan dat het aantal bedrijven (+12%), de omzet per bedrijf (+11%) en het aantal FTEs (+11%) in de downstreamsector bovengemiddeld zullen groeien t.o.v. de sector wereldwijd.




FIGUUR 22. GROEI CLUSTERING-LITE DOWNSTREAMSECTOR AO NEDERLAND[251]




FIGUUR 23. GROEI CLUSTERING-LITE DOWNSTREAMSECTOR AO NEDERLAND[252]

Richting 2020 houdt dit in dat er naar verwachting zo'n 68 bedrijven in de downstream-aardobservatiesector zullen opereren, met in totaal 365 FTEs. De omzet van de totale Nederlandse downstream-aardobservatiesector zal stijgen tot ca. €33,7 miljoen.

### Aansluiten bij bestaand cluster

Een andere relatief kosten- en inspanningsefficiënte mogelijkheid is om aansluiting te zoeken bij een bestaand cluster. Evidente voordelen van deze constructie zijn dat er wordt aangehaakt bij bestaande gestructureerde initiatieven waarbij vraagarticulatie, financiering en zichtbaarheid al goed zijn ontwikkeld. Daarnaast kan er worden meegelift op bestaande synergieën qua ontwikkeling van technologie of toepassingen. Ook is er dan geen of minder noodzaak om na te denken over een fysieke standplaats.

Ten opzichte van deze voordelen bestaan ook een aantal nadelen: zo kan het zijn dat de identiteit van de sector onvoldoende uit de verf komt en dat de vraag naar AO-producten achter blijft. Daarnaast zou er mogelijk weerstand kunnen ontstaan bij bestaande leden van het cluster die dan meer concurrentie ondervinden om financiering los te krijgen. Een ander issue is bij wat voor cluster aansluiting moet worden gezocht: bij thematische clusters kunnen bepaalde deelsectoren achterop raken, terwijl aansluiting bij bijvoorbeeld een cluster dat vooral in de up- of downstream actief is de samenwerking tussen deze twee segmenten niet tot volle ontwikkeling zou kunnen komen.

Qua economische effecten zal de economische groei in dit scenario grotendeels overeen komen met die onder het clustering-lite scenario. En afhankelijk bij welk cluster wordt aangehaakt zullen bepaalde deelsectoren aan de downstreamkant meer profiteren dan andere. Wanneer bijvoorbeeld wordt aangesloten bij HSD, is het waarschijnlijk dat de defensie- en veiligheidsomzet binnen de sector sterker zal groeien dan bij andere sectoren,[253] ook gezien het potentieel van deze thema's.

### Volledig cluster

De meest ambitieuze optie is om tot de creatie van een volledig en autonoom cluster te komen. Zoals uiteengezet in hoofdstuk 5.1 kan dit op verschillende manieren vorm krijgen. De voordelen hiervan zijn o.a:

- Herkenbaarheid van de sector naar buiten toe;
- Potentieel voor gestructureerde financiering van R&D en ontwikkeling van toepassingen door *launching customers*;
- Structurele samenwerking en aansluiting tussen vraag- en aanbodzijde;
- Ontwikkeling van synergieën tussen upstream en downstream;
- Versterkte concurrentiepositie ten opzichte van clusters en bedrijven in het buitenland – een launching pad om producten in het buitenland te vermarkten.

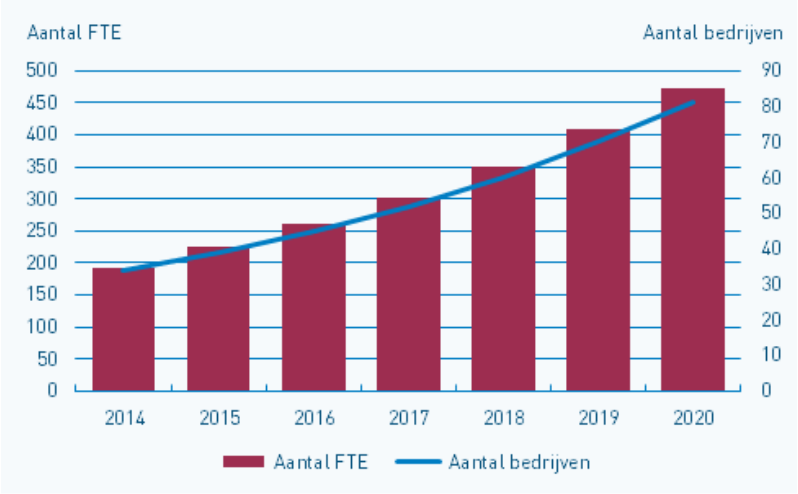
Om dit te bewerkstelligen zijn echter wel aanzienlijke inspanningen nodig--en moet er dus de wil zijn bij vragende én aanbiedende partijen om de handen ineen te slaan. *Beiden* moeten vanaf het begin bij een dergelijk initiatief aanwezig zijn. Tevens is er de noodzaak om een fysieke vestigingsplaats te vinden. Zeker het HSD cluster heeft de toegevoegde waarde van een eigen standplaats aangetoond.

Organisatorisch verdient een triple-helixopzet sterke voorkeur: enerzijds omdat hierdoor samenwerking kan worden bestendigd waarmee het cluster zichzelf in stand houdt, en anderzijds omdat Nederland inherent over een aantal sterke partijen beschikt in het kennisdomein, aan de overheidskant en in het bedrijfsleven. Een ander belangrijk punt is om nieuwe vormen van samenwerking te stimuleren door een thematische indeling. Dit heeft twee voordelen:

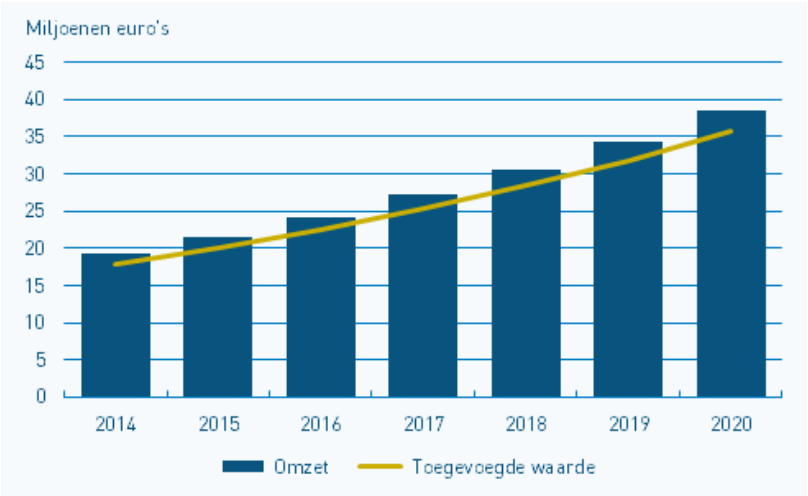
1. Het moedigt partijen in up- en downstream aan om meer te gaan samenwerken, en helpt daarmee om het gat tussen upstream en downstream, alsmede tussen dataproducenten en ontwikkelaars voor eindproducten te overbruggen.
2. Het helpt om de focus van het cluster op de toepassingen te kunnen richten, in plaats van dat het upstreamsegment – wat in Nederland sterker ontwikkeld is – de richting aangeeft. Met andere woorden, ontwikkeling op basis van vraagarticulatie krijgt hierdoor meer kans.

De inhoudelijke insteek van een dergelijk cluster moeten natuurlijk ook worden bepaald op basis van die segmenten waar Nederlandse partijen een stevige en internationaal concurrerende basis hebben. Dit geldt zeker voor het upstreamsegment (ontwikkeling van platforms en instrumenten), maar ook voor bijvoorbeeld geo-informatietoepassingen.

De economische prognoses voor een dergelijk cluster zijn robuust. In het downstreamsegment kunnen groeipercentages voor het aantal bedrijven en aantal FTEs van rond de 16% worden verwacht, terwijl de omzet per bedrijf toeneemt tot 12%.




FIGUUR 24. GROEI DOWNSTREAMSECTOR BIJ VOLLEDIG CLUSTER AO NEDERLAND[254]




FIGUUR 25. GROEI DOWNSTREAMSECTOR BIJ VOLLEDIG CLUSTER AO NEDERLAND[255]

Vooruitkijkend naar 2020 is de verwachting dat als clustervorming plaatsvindt, het totaal aantal bedrijven in de downstream-aardobservatiesector uit ca. 81 bedrijven zal bestaan, met naar verwachting 475 FTEs. De hieraan gerelateerde omzet zal dan stijgen tot ca. €38,5 miljoen.[256]

| | JAAR | NULSCENARIO | CLUSTER-LITE / AANSLUITING BESTAAND CLUSTER | FULL-FLEDGED CLUSTER |
|---|---|---|---|---|
| GROEI AANTAL BEDRIJVEN | 2015-2020 | 8,4% | 12% | 16% |
| OMZETGROEI | 2015-2020 | 7,4% | 10% | 12% |
| GROEI FTE | 2015-2020 | 6,4% | 11% | 16% |
| OMZET (MLN) | 2020 | € 29,5 | € 33,7 | € 38,5 |
| TOEGEVOEGDE WAARDE (MLN) | 2020 | € 27 | € 31,4 | € 36 |
| AANTAL FTE | 2020 | 280 | 365 | 475 |
| AANTAL BEDRIJVEN | 2020 | 55 | 68 | 81 |

FIGUUR 26: VERGELIJKING VAN SCENARIO'S VOOR CLUSTERONTWIKKELING VAN DE DOWNSTREAM-AARDOBSERVATIESECTOR. CIJFERS ZIJN EXCLUSIEF GEO-INFORMATIE[257]

## Conclusies

Zoals het rapport de *Ruimte voor het Gebruik* stelt, "de structuur van de downstream-sector is onvoldoende sterk ontwikkeld – met relatief veel kleine, microbedrijven – om het lange termijn vertrouwen van een klant voor levering van producten en diensten te winnen."[258] Dit maakt dat er een noodzaak is om tot versterkte samenwerking in de sector te komen. Elders in de sector zien we al enkele bewegingen in die richting. Zo is binnen de ruimtevaart het Holland Space Cluster ontstaan, heeft op het gebied van drones DARPAS het voortouw genomen, en heeft op het gebied van geo-informatie het Geo-business een belangrijke positie ingenomen. Op het terrein van aardobservatie zelf is NEVASCO het meest in het oog springende initiatief. Echter, deze schakering van samenwerkingsverbanden en brancheverenigingen tonen ook aan dat er nog geen geconsolideerd initiatief is waarbij partijen uit de gehele aardobservatieketen met elkaar samenwerken, en waarbij vragende en aanbiedende partijen op structurele wijze met elkaar interacteren.

Hoewel een volledig cluster economisch het meest zal renderen, lijkt het opzetten hiervan op dit moment niet haalbaar gezien de fragmentatie van de sector met name aan de downstreamkant en omdat de vraagarticulatie nog niet voldoende tot ontwikkeling is gekomen. Beter haalbaar lijkt een cluster-lite opzet, waarbij voornamelijk virtueel wordt samengewerkt tussen vragende en aanbiedende partijen. Dit blijkt onder andere als wordt teruggekoppeld aan de succescriteria die in hoofdstuk 5.1 werden genoemd:

| CRITERIUM | AANWEZIG JA/NEE |
|---|---|
| Aanwezigheid van ambitie op verschillende niveau's: lokaal, regionaal, nationaal en internationaal | Beperkt: partijen zoals IQ, metropoolregio Den Haag/Rotterdam en gemeente Katwijk zijn geïnteresseerd, maar hebben geen concrete ambitie uitgesproken |
| Aanwezigheid van een gemeenschappelijke drijfveer | In potentie |
| Gesteunde, helder geformuleerde doeleinden en targets | Niet aanwezig |
| Betrokkenheid bij het cluster van deelnemers | In potentie* |
| Bestaan van onderling vertrouwen (maakt het ontstaan van assymetrische reciprociteit mogelijk) | Nauwelijks vanwege grote fragmentatie |

* conferentie van 17 November 2015 toonde aan dat er interesse is in organiseren van de sector, en dat nut ervan wordt ingezien

FIGUUR 27. AANWEZIGHEID VAN SUCCESCRITERIA VOOR CLUSTERVORMING[259]

Het voordeel van clustering-lite ten opzichte van aansluiten bij een bestaand cluster is dat de kans groter is dat sectorwijde samenwerking tussen upstream en downstream hierdoor in den brede beter tot ontwikkeling komt. Niettemin zal ook bij een cluster-lite opzet een aantal triple-helixpartners actief het voortouw moeten nemen om tot concrete resultaten te komen, waarbij in elk geval één partij elk uit de kennishoek, het bedrijfsleven en de overheid aanwezig moeten zijn als 'harde kern'.

## 6.2 Potentiële impact van samenwerking in de aardobservatiesector op de economie Zuid-Holland

Als standplaats voor een cluster zouden verschillende plaatsen in Nederland kunnen dienen. Een algemene overweging hierbij is dat Nederland op internationale schaal klein genoeg is dat het relatief weinig verschil maakt of de standplaats Rotterdam, Utrecht of Maastricht is. Clusters zoals die in Wageningen (Metropolitan Food Cluster) en Eindhoven (Brainport) hebben aangetoond dat clusters buiten de Randstad ook levensvatbaar kunnen zijn. En daarnaast worden ook elders in Nederland ruimte- en AO-gerelateerde initiatieven genomen, zoals in Brabant[260] en in Gelderland.[261]

Niettemin is er een case te maken om een aardobservatiecluster fysiek in Zuid-Holland onder te brengen, waarbij analoog aan HSD er ook hubs elders in het land kunnen bestaan (zie TS&S en DITSS). Hiervoor is een aantal argumenten aan te dragen:

- de internationale uitstraling van de regio en de bereikbaarheid;
- de aanwezigheid van een aantal potentiële *launching customers* waaronder ministeries en andere overheidsdiensten;
- de aanwezigheid van een aantal belangrijke kennispartijen waaronder de TU Delft, Universiteit Leiden en de Erasmus Universiteit en gerelateerde start-ups;

- de aanwezigheid van verschillende grote bedrijven en internationale organisaties die AO-eindproducten kunnen afnemen of kunnen participeren in de ontwikkeling hiervan;[262]
- de aanwezigheid van ESA/ESTEC in Noordwijk;
- vestigingsplaats van clusters zoals Maritime by Holland, het Holland Space Cluster en The Hague Security Delta waarmee kan worden samengewerkt of aansluiting kan worden gezocht;
- aanwezigheid van fysieke infrastructuur zoals datacentra[263] en potentiële testfaciliteiten voor toepassingen.

Als er voor zou worden gekozen om tot een cluster-lite constructie te komen, dan zou een belangrijk deel van de downstream-groei in Zuid-Holland terecht komen, mogelijk bijna 20%.[264] Als ontwikkeling van de geo-informatiesector hierbij wordt meegerekend is er sprake van een toename van ongeveer €60 miljoen aan omzet in 2020.[265]

### De rol van Vliegveld Valkenburg

Eén van de factoren die Zuid-Holland tot een gunstige vestigingsplaats zouden kunnen maken is de aanwezigheid van het voormalige vliegveld Valkenburg. Het is gelegen in de nabijheid van ESA/ESTEC, en kan worden ontwikkeld tot een 'Unmanned Valley' waar UAVs en andere platforms voor aardobservatie kunnen worden getest. De haalbaarheid van dit voorstel is onderzocht door Birch in opdracht van Innovation Quarter en de Gemeente Katwijk. Uit deze studie bleek dat een aantal randvoorwaarden Valkenburg tot een geschikte vestigingsplaats maken voor een testcentrum,[266] of zelfs als standplaats van een cluster (een 'entrepreneurial ecosystem') zou kunnen fungeren. Verschillende triple-helixpartners (waaronder TU Delft, Universiteit Leiden, commerciële UAV-producenten, de politie en Rijkswaterstaat) hebben een behoefte uitgesproken ten aanzien van de ontwikkeling van een 'Unmanned Valley.[267]

Tegelijkertijd wordt aangetekend door Birch dat het ondernemersklimaat nog onvoldoende is, en dat er ook alternatieve testlocaties bestaan, zoals Den Helder, Breda-Seppe Airport, NLR Noordoostpolder, vliegveld Woensdrecht en vliegveld Twente.[268] Momenteel lijkt Woensdrecht ook goede papieren in handen te hebben ten opzichte van Valkenburg. De aanwezige sensoren-apparatuur maken dat het creëren van een testcentrum daar een zekere toegevoegde waarde heeft. Maar de ene optie hoeft de ander niet uit te sluiten, waarmee de locatie Valkenburg als hub of element van een aardobservatiecluster een plaats kan krijgen. De economische betekenis van een dergelijk Unmanned Valley-testcentrum in Valkenburg is – afhankelijk van de omvang en functie ervan – tussen de 13-45 of zelfs 80-160 miljoen euro.[269]

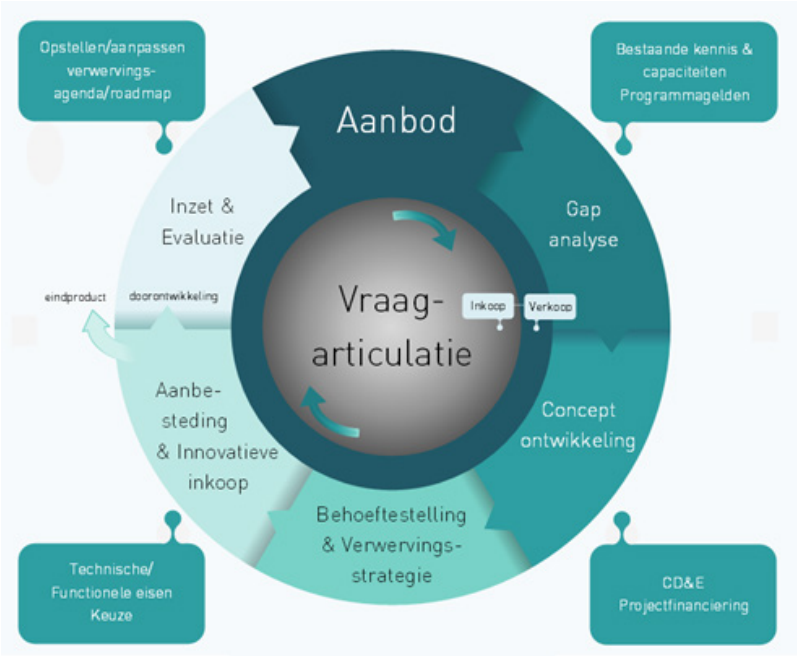
## 6.3 Van organiseren naar programmeren

De keuze voor een organisatievorm van de sector heeft ook consequenties voor de mate waarin programmering kan plaatsvinden. Dit laatste betreft de inhoudelijke invulling die er gegeven gaat worden aan het structureren van activiteiten van de sector: ofwel, welke thema's verdienen prioriteit, welke financiële middelen zijn hiervoor beschikbaar en is er voldoende aansluiting tussen de triple-helixpartners?

Het rapport *De Ruimte voor het Gebruik* stelt dat samenwerking in de downstreamsector vorm kan krijgen via een Special Interest Group Earth Observation (SIG-EO) onder de branchevereniging op het gebied van geo-informatie en geo-ICT: GeoBusiness Nederland (GBN). Het belang van satellietdata moet daarvoor meer worden benadrukt bij geo-informatiediensten en als producten en services op de markt worden aangeboden.[270] Organisatorisch lijkt een clustering-lite model het beste bij de huidige stand van zaken in de sector aan te sluiten. Hierbij is een fysieke standplaats geen vereiste, maar het opzetten van een secretariaat kan een groot verschil maken voor de zichtbaarheid van het clusteringsinitiatief (en de sector in z'n algemeen), en om te zorgen dat er een 'telefoonnummer' is voor de sector.

Om tot programmering te komen kan de innovatiecyclus een leidraad vormen. Hierbij wordt inzichtelijk gemaakt hoe ontwikkeling van nieuwe technologieën en toepassingen aan de aanbodkant kan worden afgestemd op de vraagkant zodat er een kostenefficiënte en winstgevende interactie tot stand komt.

De cyclus gaat ervan uit dat vragende en aanbiedende partijen in constante interactie zijn om tot nieuwe producten en services te komen. Bij de eerste stap wordt een gap-analyse gemaakt om vast te stellen waar er een noodzaak bestaat tot aanvulling van bestaande capaciteiten. Vervolgens kan een conceptplan worden opgesteld waar projectfinanciering aan kan worden gekoppeld. Hiermee komt de behoeftestelling tot stand en kan er een verwervingsstrategie worden ontwikkeld waarna vragers en aanbieders gezamenlijk vaststellen hoe het product of de toepassing gaat worden ontwikkeld. Hiermee wordt de fase van aanbesteding en innovatieve inkoop gestart. Als het product is ontwikkeld en geleverd kan het ofwel de cyclus verlaten (er is geen verdere noodzaak tot innovatie), of er worden later verdere verbeteringen aangebracht. In een groter kader kunnen zulke plannen tot sectorbrede innovatie in een verwervingsagenda of roadmap worden neergelegd. Deze biedt vervolgens weer een basis voor een nieuwe evaluatie van bestaande capaciteiten en een gap-analyse, waarna de cyclus zich herhaalt.




FIGUUR 28: DE INNOVATIECYCLUS[271]

Een belangrijk gevolg van deze aanpak is dat hierdoor echte vraaggestuurde ontwikkeling op gang kan komen waarbij downstream ook meer aansluiting vindt bij upstream. Immers, de gestructureerde afstemming maakt dat er partijen aan de upstreamkant hun producten – of het nu platformen of sensoren zijn – beter kunnen afstemmen op de vraag uit de markt. Op deze manier kan ook de transitie van *technology push* naar *demand pull* gestalte krijgen.

Inhoudelijk kan er op meerdere manieren worden geprogrammeerd:

- op basis van bestaande en toekomstige behoefte;
- op basis van de sterk ontwikkelde onderdelen van de aanbodzijde in Nederland;
- op basis van marktontwikkelingen in het buitenland.

Bij deze criteria wordt ervan uitgegaan dat het op dit moment (te) vroeg is voor de Nederlandse AO-sector om zich op specifieke nichemarkten te richten, en dat vooralsnog van de bestaande capaciteit moet worden uitgegaan, uiteraard in combinatie met de zich ontwikkelende vraagarticulatie.

Hoewel een volledig cijfermatige onderbouwing van keuzes moeilijk is vanwege de onzekerheden die de toekomst met zich meebrengt, zouden de volgende toepassingen voor defensie en veiligheid als meest kansrijk kunnen worden gezien en als blikvanger voor de sector kunnen fungeren voor programmeringsdoeleinden:

| THEMA | (POTENTIËLE/LATENTE) VRAAG |
|---|---|
| 24/7 Situational Understanding | Ministerie van Defensie, politie, Ontwikkelingssamenwerking en hulpverlenings NGOs, etc. |
| Handhaving | Grensbewaking, Kustwacht |
| Effectieve en efficiënte inzet | Politie, Brandweer, Ministerie VenJ, en andere hulpdiensten |
| Business continuïteit en verminderen kwetsbaarheid | Partijen binnen de vitale infrastructuur (olie/gasbedrijven, dijkbewaking) |
| Forensics/risk | Internationale gerechtshoven, Verzekeraars, mensenrechten NGOs, Buitenlandse Zaken, Douane, etc. |

FIGUUR 29. OPTIES VOOR PROGRAMMEREN IN AO

Hiermee zijn de belangrijkste elementen voor het structureren van en programmeren binnen de sector geïdentificeerd:

- het organiseren op basis van een clustering-lite opzet;
- het bijeenbrengen van triple-helixpartners aan het begin van de innovatiecyclus en het programmeringsproces om zodoende tot vraaggestuurde ontwikkeling te kunnen komen;
- het creëren van een secretariaat voor extra zichtbaarheid en om hubfunctie te vervullen;
- aansluiting zoeken bij bestaande regionale clusters om tot een nationaal gedragen initiatief te komen;
- en een aantal thema's formuleren binnen het defensie- en veiligheidsdomein waar concreet vraag naar is, zelfs als die niet formeel is uitgesproken, die richting kunnen geven aan de inhoudelijke invulling van een cluster.

# 7 CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN

7.1 Conclusies 115
7.2 Aanbevelingen 117

# 7 CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN

Bij aardobservatie wordt vaak nog steeds gedacht aan satellieten, en niet aan de praktische toepassingen ervan. Veel potentiële eindgebruikers beseffen daarom niet dat voor hen nuttige toepassingen binnen handbereik liggen. Dit rapport wil hier verandering in aanbrengen. Aardobservatie is relevant binnen veel domeinen. Dit rapport geeft de economische kansen aan in deze sterk groeiende sector, alsmede het potentiële belang van deze sector voor Nederland. Met de technologische ontwikkelingen wordt de verwerving en toegang tot relevante en toepasbare informatie uit aardobservatie in de nabije toekomst sneller en makkelijker. Tegelijkertijd valt te constateren dat deze sector in Nederland qua economische groei in Europees verband achterblijft. Voorts kan aardobservatie belangrijke bijdragen leveren in het veiligheidsdomein en het veiligheidsdomein op zijn beurt aan de doorontwikkeling van de sector.

## 7.1 Conclusies

Met deze ontwikkelingen in het achterhoofd is naar de Nederlandse situatie gekeken: de aardobservatiesector in Nederland kent een aantal sterke kanten zoals het goed ontwikkelde en technisch hoogstaande ruimtevaartsegment, alsmede de goed georganiseerde geo-informatiesector waar veel AO-downstreambedrijven deel van uitmaken. Een deel van de kennis en expertise in Nederland – met name in het upstreamsegment – is aanwezig in de regio Zuid-Holland, waar overigens ten opzichte van andere stedelijke regio's veel arbeidsplaatsen verloren zijn gegaan sinds de financiële crisis begon in 2008. Maar tevens is geconstateerd dat veel potentieel verloren gaat doordat enerzijds de sector onvoldoende is georganiseerd waardoor synergie-effecten niet worden gerealiseerd, en anderzijds omdat de vraagarticulatie onvoldoende van de grond is gekomen, of in veel gevallen nog in de kinderschoenen staat. Tot slot kan worden gesteld dat er onvoldoende aansluiting is tussen de kennisontwikkelingskant en commerciële downstreampartijen.

Het vermogen om dit op te lossen hangt grotendeels af van de gezamenlijke ambitie die er bestaat of kan worden ontwikkeld onder vragende en aanbiedende partijen om de sector een echt gezicht te geven in het Nederlandse economische landschap. Momenteel is hier nog nauwelijks sprake van. Het algemene beeld is dat er veel verschillende samenwerkingsverbanden zijn — deels overlappend, deels concurrerend en deels elkaar aanvullend.

Ook institutioneel is hier nog werk aan de winkel. Zo is de upstream bij het Ministerie van Economische Zaken ondergebracht en is de geo-informatiesector gekoppeld aan het Ministerie van Infrastructuur & Milieu. Dit draagt niet bij aan een eenduidig en krachtig sectorbeeld en belemmert gestructureerde vraagarticulatie bij de overheid alsmede gecoördineerd beleid op AO en geo-informatie. Dit terwijl dataproductie en de downstreamsector aan belang wint (ook voor de upstream) en diverse bedrijven inmiddels zowel up- als downstreamactiviteiten kennen. Het geld zal in grote mate in de downstreamsector moeten worden verdiend, ook op basis van betere aansluiting met de upstreamkant. Toenemende integratie zal ook een (verdere) bundeling en eenduidigheid van overheidsbeleid en sturing vergen. Gelet op het geschetste belang van het veiligheidsdomein komt hier de afstemming met het Ministerie van Veiligheid & Justitie, Buitenlandse Zaken en het Ministerie van Defensie bij.

De volgende conclusies zijn van belang:

- Er is sprake van een significante groeimarkt voor downstream-AO. Wereldwijd is sprake van gemiddelde groeipercentages soms boven de 10%. In Europa is dit gemiddeld 8%. Naar verwachting zal de groei de komende jaren aanhouden, mede als gevolg van technologische ontwikkelingen waardoor de kosten significant afnemen en de toepassingsmogelijkheden toenemen. Daarnaast is sprake van een forse toename van nieuwe satellieten en toenemende mogelijkheden van clouddiensten in combinatie met big-data. Dit toont aan dat de vraag naar, en noodzaak tot, verwerving van AO-producten blijft toenemen.
- Ondanks een technisch hoogstaand ruimtevaartsegment en een goed georganiseerde geo-informatiesector is Nederland er niet in geslaagd om ten opzichte van Europa qua economische groei in downstream-AO voorop te lopen of gelijke tred te houden (gemiddelde groei in Nederland van 7% tegen 8% in Europa).
- Wat opvalt is dat binnen de downstream-AO, overheidsinstanties inclusief het veiligheidsdomein in Europa relatief het grootst is (bijna 30%). Het veiligheidsdomein is daarmee een belangrijk segment en katalysator binnen de downstream-AO. Ook het vergelijkend onderzoek over Amerika bevestigt het belang van het veiligheidsdomein voor AO. In Nederland bedraagt het aandeel

slechts 16%. Het veiligheidsdomein biedt daarmee in Nederland in potentie veel mogelijkheden om als aanjager voor de markt te dienen. Daarvoor is wel nadere vraagarticulatie, vooral door de overheid, vereist. In dit rapport is een vijftal inhoudelijke thema's geformuleerd ten behoeve van verdere programmering.

- Clustervorming biedt een uitstekende kans om versnelde groei in de downstream-AO te bewerkstelligen. In het full-fledged cluster scenario inclusief geo-informatie levert dit op jaarbasis gemiddeld 12% extra omzet en 16% extra werkgelegenheid op. In 2020 resulteert dit in 3.200 extra banen en € 500 miljoen extra omzet.
- Gegeven de huidige samenwerking, fragmentatie en achterblijvende vraagarticulatie ligt een cluster-lite als organisatievariant voor de korte termijn echter het meest voor de hand. De aanwezigheid van diverse voor de AO-sector relevante overheidsorganisaties, kennisinstellingen en (upstream)bedrijven in de provincie Zuid-Holland maken deze provincie tot een goede vestigingsplaats voor een nationale aardobservatiehub. Voor wat betreft het veiligheidsdomein lijkt samenwerking met HSD voor de hand te liggen. Op andere vlakken zou dan elders aansluiting kunnen worden gezocht, bijvoorbeeld met het agro-foodcluster in Flevoland.

## 7.2 Aanbevelingen

De belangrijkste aanbevelingen zijn onder drie noemers te vatten:

1. Clustervorming
2. Inhoudelijke programmering
3. Financiële instrumenten op centraal niveau

In het verleden zijn initiatieven om tot structurering van de sector te komen vaak gestrand doordat het initiatief van de aanbodkant uitging, en onvoldoende aansloot bij wat vragende partijen echt nodig hebben. Ook spelen versnippering van de sector zelf en het ontbreken van een vraag- of investeringsagenda van de overheid een rol. In dit rapport wordt duidelijk gemaakt waarom er alle aanleiding is om door te pakken. De economische potentie is onmiskenbaar; de technologische ontwikkelingen vereisen een actief beleid. In Nederland is voldoende kennis en expertise, bereidheid en mogelijkheden om de AO-sector tot volle wasdom te laten komen. Kortom, door niet door te pakken laat Nederland kansen liggen. De volgende aanbevelingen verdienen prioriteit.

## Zet in op clustervorming

De specifieke vorm hangt samen met de gestelde ambities. Vandaar dat op dit moment de vorming van een volwaardig cluster, ondanks de evidente voordelen ervan, niet de meest haalbare optie is gezien de kosten en inspanningen die hiervoor nodig zijn. Sterker nog, zonder een stevige vraagarticulatie ontbreekt de basis voor een volwaardig cluster. Niettemin kan de opzet van een cluster-lite uitkomst bieden, met meer zichtbaarheid voor de sector en hogere omzetten met relatief geringe inspanningen. Een dergelijk initiatief biedt voor overheden en andere vraagpartijen de mogelijkheid om efficiënt met de hele sector in contact te treden. Een dergelijk cluster zou zich dan later richting een volwaardig alternatief kunnen ontwikkelen. Voor de houdbaarheid van een cluster op lange termijn is het van groot belang dat dit zich direct bezig houdt met marktpositionering, niet alleen in Nederland, maar ook in het buitenland. Dit geldt in het bijzonder voor een sector zoals aardobservatie die sterk beïnvloed wordt door internationale ontwikkelingen in de technologie. Het bepalen van de strategische marktsegmenten voor het cluster moet dan ook onderdeel van de strategie zijn.

Een fysieke vestigingsplaats maakt een groot verschil, ook vandaag de dag. Het idee dat in het tijdperk van virtuele relaties een fysieke plaats waar men bijeenkomt niet meer telt wordt door het succes van clusters zoals Brainport Eindhoven, het Aerospace Cluster in Toulouse en ook HSD gelogenstraft. Juist de nabijheid van bedrijven, overheden en kennisinstellingen maakt dat een cluster levensvatbaar wordt. Kennispartijen spelen hierbij ook een belangrijke rol: niet alleen vanwege de kennis als zodanig, maar omdat onderzoeksinstellingen zoals onder andere TNO en NLR en universiteiten zoals TU Delft, Universiteit Wageningen (WUR), TU Eindhoven en TU Twente veel bedrijvigheid aantrekken die versnellend werkt op de groei van de sector.

In deze zin ligt het voor de hand om Zuid-Holland als een geschikte plaats voor een dergelijk nationaal cluster te overwegen — zelfs als er in eerste instantie sprake is van een virtueel cluster. Binnen het cluster kan gewerkt worden aan de verdere positionering, interne samenhang, eenduidige beleidsvorming en versterking van deze sector in haar volle omvang — noodzakelijk om volop te kunnen profiteren van de economische potentie. De aanwezigheid van grote spelers zoals de ministeries van Defensie, Buitenlandse Zaken en Veiligheid en Justitie, alsmede grote bedrijven en verzekeringsinstellingen maken dat de potentiële vraagkant goed is vertegenwoordigd. En met ESA/ESTEC, de TU Delft en het voormalig Vliegveld Valkenburg is er een stevige geografische kern waar omheen de sector bijeen kan worden gebracht. Op het gebied van defensie en veiligheid geldt verder dat de aanwezigheid van juridische

expertise bij internationale instanties in Den Haag zoals het ICC, Europol en OPCW veel potentieel biedt voor het verder ontwikkelen van aardobservatie voor specifiek forensische doeleinden. Een dergelijke focus is belangrijk voor Nederland en in het bijzonder relevant voor Den Haag als stad van 'Vrede, Recht en Veiligheid.'[272]

Daarnaast helpt een thematische branding en clustervorming om verkokering tussen de upstream- en downstreamsectoren te voorkomen. Zo kunnen traditioneel sterke sectoren zoals agro-food/landbouw, energie en waterbeheer die al volop gebruik maken van aardobservatiedata verder als regionale clusters worden georganiseerd. Hier kan bijvoorbeeld worden aangesloten bij de activiteiten op het gebied van agro-food in provincie Flevoland en Smart Space in de provincie Gelderland. In de provincie Flevoland bestaat het agro-foodcluster dat steeds meer gebruik maakt van AO. Deze clusters houden dan een mate van autonomie, maar bereiken door afstemming binnen het nationale cluster de synergie die het verdienvermogen ten goede komt. Dit is een belangrijke reden waarom HSD zich in hoog tempo tot nationale cluster voor veiligheid heeft kunnen ontwikkelen. Het Holland Space Cluster biedt een vergelijkbaar platform waarin bedrijfsleven, kennisinstellingen en overheden in Nederland (triple helix) samenwerken aan het versterken van de Nederlandse ruimtevaart.

### Zorg voor inhoudelijke programmering

Organiseren of structureren is niet alles. Daarnaast moet er ook worden geprogrammeerd. Hiervoor is een nationale cluster van groot belang. Immers, door een nationaal aanspreekpunt worden de transactiekosten voor alle partijen verkleind. Om de herkenbaarheid van de aardobservatiesector te bevorderen en te consolideren zullen aanbieders en vragers samen moeten werken om zinvolle producten en services te ontwikkelen. Daarnaast is programmeren nodig om te zorgen dat de innovatiecyclus, waarbij innovatie en ontwikkeling nauw worden afgestemd met de vraagarticulatie, op gang te krijgen. Dit rapport reikt een vijftal onderwerpen aan:

- 24/7 situational understanding;
- handhaving;
- effectiviteit van inzet;
- business continuïteit; en
- forensics & risk.

Dit zijn onderwerpen waarbij sprake is van een concrete vraag en waar een markt voor lijkt te zijn. Op deze wijze kan op basis van bestaande capaciteiten de relatieve achterstand qua ontwikkeling op defensie- en veiligheidsgebied geadresseerd worden.

Nader onderzoek is nodig om tot een scherpere vraagarticulatie te komen. Inhoudelijk programmering, specifiek in het veiligheidsdomein, is van groot belang om de ontwikkeling van de sector te versnellen en tegelijkertijd de integrale werking goed op gang te brengen. Een sterke AO-sector met meer ervaring op de vijf verschillende thema's kan later op strategische wijze internationaal nichemarkten gaan proberen te ontwikkelen. Regie is nodig om optimaal op potentiële synergieën te kunnen sturen.

### Zorg voor sectorspecifieke financiële instrumenten

Zowel de ruimtevaart- en veiligheidssectoren vallen binnen de topsector High Tech Systems and Materials. Voor sommige bedrijven blijkt het in de praktijk lastig te zijn om van de beschikbare generieke en specifieke financieringsinstrumenten gebruik te maken. Fiscale instrumenten (wbso, rda, innovatiebox) werken goed, maar niet voor alle partijen. Deze helpen voor het versterken van het vestigingsklimaat en verhogen de concurrentiekracht ten opzichte van andere landen in Europa. Maar echte prikkels voor de R&D binnen bedrijven gaan van het instrumentarium niet uit. Om hieraan tegemoet te komen kan ten eerste gedacht worden aan een intensivering van het ruimtevaartbudget van de overheid en het daarbij behorende financiële instrumentarium. Daarvoor bestaan meerdere mogelijkheden:

- De inschrijving in de optionele programma's van ESA verhogen van iets minder dan 2% naar 4,53% van het totale ESA budget voor de optionele programma's. Dit is het niveau dat van Nederland als middelgrote economie verwacht mag worden, zeker als rekening gehouden wordt met het feit dat Nederland de veruit grootste ESA-vestiging huisvest. 4,53% is hetzelfde percentage als Nederland op basis van de BNP verdeling bijdraagt aan de verplichte ESA programma's.
- De herintroductie van flankerend beleid dat sinds het aantreden van het kabinet Rutte-1 is vervangen door generiek innovatiebeleid en Topsectorenbeleid:
  - Technologieontwikkeling voor de ontwikkeling van ruimte-infrastructuur en applicaties;
  - Grote innovatieve projecten (als Tropomi);
  - Instrumentenbudget.

Naast de herintroductie van deze financieringsinstrumenten is ook het aanpassen van het generieke instrumentarium van belang. Het gaat daarbij om:

- Een ruimtevaartdeel in de SBIR voor haalbaarheidsstudies voor ontwikkeling van diensten op basis van satellietdata bij overheden;
- Kredietfaciliteiten voor de commerciële markt (rekening houdend met de lange terugverdientermijnen in de ruimtevaartsector);

- Een Revolving Fund, waaruit ontwikkeling en bouw gefinancierd kan worden en (gedeeltelijk) via royalties weer opnieuw geïnvesteerd;
- Investeringsfonds Aerospace.

Met de betrokken ministeries is het maken van afspraken over het aanbrengen van maatwerk en verfijning voor de lucht- en ruimtevaartsector, de aardobservatiesector en de veiligheidssector van groot belang om noodzakelijke doorontwikkeling te faciliteren en daarmee de internationale concurrentiekracht van Nederland te versterken.

# BIJLAGE 1

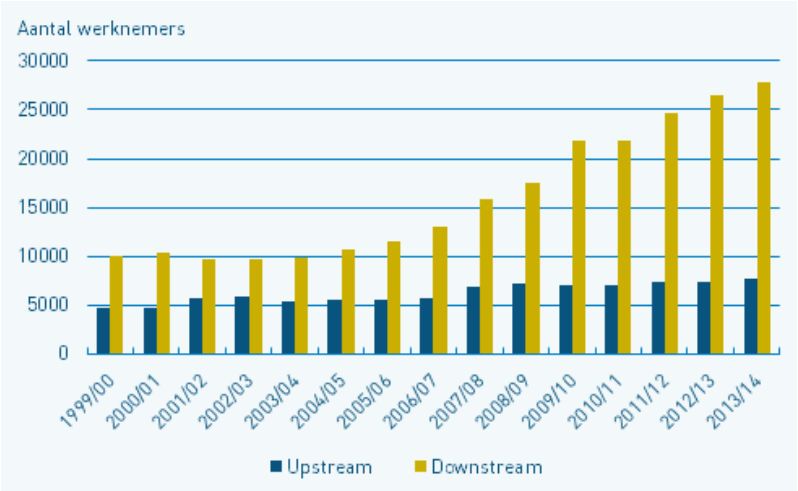
1.1 Verenigd Koninkrijk 125
1.2 Verenigde Staten 132

# BIJLAGE 1

## 1.1 Verenigd Koninkrijk

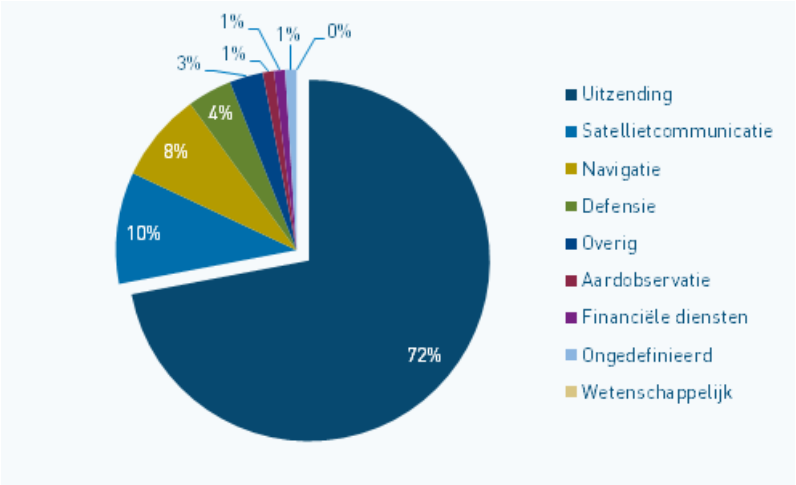
### Zwaartepunten van de activiteiten

Het zwaartepunt van de ruimte-industrie in het Verenigd Koninkrijk (VK) ligt in het downstream-segment. Financieel gezien is de downstreamsector in het Verenigd Koninkrijk ongeveer acht maal zo groot als de upstreamsector: met een omzet van maar liefst £10,1 miljard in 2012-2013, besloeg de downstreamsector 89% van de markt.[273] Ook het aantal werknemers in de ruimte-industrie is de afgelopen jaren gegroeid, met 18.7% sinds 2010-2011. In de downstream-sector liep dit op tot 21%. De grootste werkgever was hierbij BSkyB.[274] In figuur 30 is het aantal werknemers in het VK voor de up- en downstream ruimtevaartindustrie weergegeven gedurende de periode 1999-2000 tot en met 2013-2014.




FIGUUR 30. ONTWIKKELING AANTAL WERKNEMERS IN RUIMTEVAARTINDUSTRIE VK[275]

De producten en diensten in de ruimte-industrie van het VK zijn verspreid over verschillende zakelijke sectoren. Voor de downstreamsector had de zakelijke sector 'broadcasting' de grootste omzet, met 72% van de totale omzet. Ook werd er veel omzet gegenereerd op het gebied van downstream-satellietcommunicatie, zoals telecommunicatie en het internet (zie figuur 31). Opvallend is de relatief kleine omzet in de Defensie- en Aardobservatie sector, waar respectievelijk vier en één procent omzet werd bereikt. Het grootste deel van de omzet in het VK met betrekking tot de downstream ruimte-industrie betreft dus geen aardobservatie, maar communicatie en navigatie, in overeenstemming met trends wereldwijd.




FIGUUR 31. OMZET VAN DE DOWNSTREAMSECTOR IN HET VK PER ZAKELIJKE CATEGORIE, 2012-2013[276]

Hoewel 1% weinig lijkt, zijn er nog altijd veel bedrijven die zich uitsluitend richten op het aardobservatie-domein en hier ook veel omzet genereren. Daarnaast is aardobservatie aangemerkt als een belangrijke component van het plan om het VK 'the place for space' te maken, dat als doel heeft om de ruimtesector in het VK met minstens 10% in de wereldwijde markt te laten groeien voor 2030.[277]

In het VK is met name aandacht voor energie en klimaat, welke wordt onderstreept door de onderzoeksthema's van het "National Centre for Earth Observation" (NCEO): klimaat, de koolstof cyclus, samenstelling van de atmosfeer, gevaarlijk weer & overstromingen, data assimilatie en data services.[278] Ook heeft het VK veel aandacht voor defensietoepassingen. Dit komt bijvoorbeeld naar voren uit het feit dat Airbus Defence and Space het grootste ruimtevaartbedrijf is in het VK. Airbus Defence and

Space biedt innovatieve ruimte-oplossingen voor defensie.[279] Ook het SSTL noemt defensie en veiligheid.[280] Qua prioriteiten voor ontwikkeling van praktische toepassingen wordt in het VK ingezet op SAR technologieën, en meer specifiek op *civil resilience*, het bestrijden van natuurrampen en maritieme veiligheid. Tevens wil het inzetten op het ontwikkelen van kleine en betaalbare ruimtemissies.[281]

### Mate van organisatie, belangengroepen en clusters

Samenwerking en netwerkvorming kunnen bijdragen aan de groei van bestaande kennis en toepassingsmogelijkheden met betrekking tot aardobservatie. Het meest actief in het VK is het "Earth Observation Technology Cluster" (EO-tech of EOTC) uit Nottingham. Dit cluster is gericht op kennisuitwisseling, het bevorderen van ontwikkelingen, en het vergroten van begrip en communicatie over de innovatieve technologieën die worden gebruikt bij aardobservatie. Het is vooral gericht op remote sensing van het aardoppervlak. Het geeft de aangesloten partijen de gelegenheid ideeën uit te wisselen, zowel over organisatie van technische gebeurtenissen, de levering van educatief materiaal, publicaties over wetenschappelijke bevindingen, en de algemene ontwikkeling rond een samenhangende aardobservatie-gemeenschap.[282]

Het cluster kent twee leidende organisaties. De eerste hiervan is NERC (Natural Environment Research Council), de grootste financieringsorganisatie van de Britse overheid, dat geld verschaft voor onafhankelijk ecologisch onderzoek, training, en innovatie.[283] Binnen het EO-techcluster vervuld NERC eveneens de rol van financier.[284] De tweede organisatie is de University of Nottingham, die het cluster coördineert en beheert.

Inhoudelijk heeft het cluster een triple-helixstructuur, waarbij de Photogrammetry Society (academische wereld), het Nationaal Centrum voor Aardobservatie (overheid) en de Britse vereniging voor remote sensing-bedrijven (industrie) belangrijke hoekstenen zijn.[285] Om de globale relevantie en impact te waarborgen, wordt het cluster daarnaast ondersteund door internationale organisaties, waaronder ISPRS (International Society for Photogrammetry and Remote Sensing).

Binnen het cluster zijn 5 thema's opgezet:

1. Low-Altitude UAV Earth Observation (UAV aardobservatie vanaf lage hoogte)
2. LiDAR.net, (LiDAR staat voor ***Li**ght **D**etection **A**nd **R**anging* of ***L**aser **I**maging **D**etection **A**nd **R**anging*). LiDAR is een technologie die de afstand tot een object of oppervlak bepaalt door middel van het gebruik van laserpulsen.

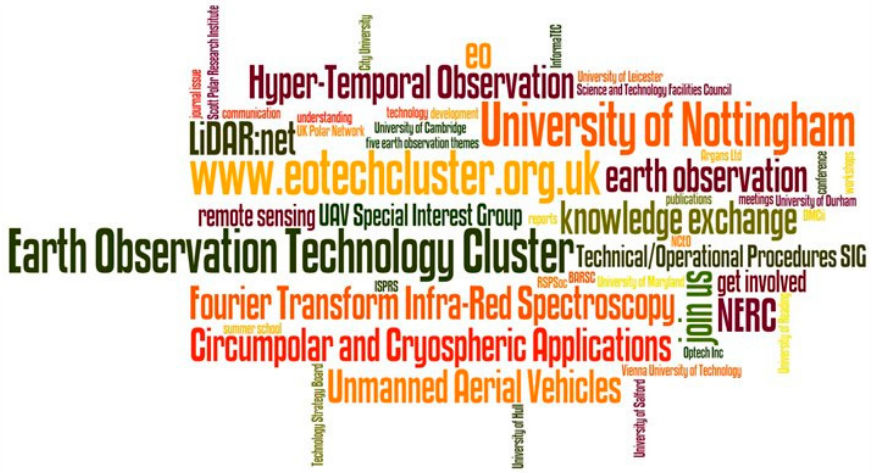
3. Field-Based Fourier Transform InfraRed Spectroscopy. Dit betreft infrarood vanaf de grond op basis van de 'Fourier Transform Spectroscopy' methode: een meettechniek waarbij spectra worden verzameld op basis van metingen van de samenhang van een stralingsbron, met behulp van tijd-domein (wiskundige functies, fysieke signalen of tijdreeksen van economische of ecologische gegevens met betrekking tot de tijd), of space-domein (metingen van elektromagnetische straling en andere soorten straling).
4. Hyper-Temporal Earth Observation. (Hyper-temporale aardobservatie). Dit betreft frequente observatie over lange tijdsperiodes, met als resultaat tijdsreeksen die verbeteringen in kaarten, monitoring en evaluatie van globale en lokale veranderingen mogelijk maken.
5. Circumpolar and Cryospheric Earth Observation. Dit betreft meerdere aardobservatie technologieën (zoals 3D modellen, radar remote sensing en multispectrale beelden), die als doel hebben de cryosfeer goed te begrijpen. De cryosfeer bestaat uit de bevroren delen van de wereld, en omvat ijskappen, gletsjers, ijsbergen, zee-ijs, sneeuw, permafrost, seizoensinvloeden van bevroren grond, en meer- en rivierijs.[286]

Door deze focus op technologieën, in plaats van geselecteerde toepassingssectoren zoals landbouw of watermanagement, blijft het cluster breed georiënteerd: het is niet gelimiteerd tot een zekere sector of thema binnen aardobservatie.[287]

Door samenwerking in clusterverband zijn diverse dingen bereikt. Concrete voorbeelden zijn de website van het cluster, thema-workshops, artikelen in wetenschappelijke tijdschriften, conferenties, en op het gebied van beleid het opstellen van horizonscans en onderzoeksagenda's.[288]

De grootste stappen zijn echter gemaakt op technologisch gebied. Voorbeelden van dergelijke progressie zijn: WaveMill (een nieuwe interferometrische beeldtechniek waarmee onder andere het meten van zeeoppervlaktestromingen en potentieel hoogte gemakkelijk wordt); X+S band producten voor de ondersteuning van het ontwikkelen van de NovaSAR-S applicatie (dit geeft een fijne resolutie, die ingezet kan worden voor analyse van bodembedekking en maritieme monitoring)[289]; en het doorontwikkelen van thermische golflengten met hoge spectrale resolutie, een techniek die ook wel Fourier Transform InfraRed (FTIR) spectroscopie wordt genoemd. FTIR heeft de mogelijkheid kwantitatieve informatie te verschaffen over de samenstelling van rotsen, sedimenten, de bodem, planten of atmosfeer, die superieur is aan 'reflectieve spectoscopie'. Het kan nuttig zijn bij vulkanologie, het monitoren

van bodemverontreiniging en het meten van luchtkwaliteit.[290] Het cluster lijkt daarom te slagen in het doel technologische ontwikkelingen te versnellen. In figuur 33 zijn de belangrijkste verbindingen en samenwerking van het EO-techcluster weergegeven in een woordwolk.




FIGUUR 32. WOORDWOLK VERBINDINGEN IN EO-TECHCLUSTER[291]

Eén partij van het cluster in Nottingham is de vereniging voor bedrijven die zich bezig houden met remote sensing: *The British Association of Remote Sensing Companies* (BARSC). Het BARSC is al in 1985 opgericht en vertegenwoordigt alle bedrijven (groot, midden en klein) die zich bezig houden met remote sensing-activiteiten. De doelen van BARSC zijn:

1. Het beschermen, behouden en bevorderen van de belangen van (en samenwerking tussen) alle Britse bedrijven, partnerships en particulieren, door het aanbieden en uitvoeren van consulting en aanbestedende diensten op het gebied van remote sensing.
2. Ervoor zorgen dat belangen van leden volledig worden vertegenwoordigd in alle nationale, internationale en overheidscommissies, en het uitoefenen van invloed op de belangen van de leden.
3. Het onderhouden van contact met de overheid, academische instellingen en andere soortgelijke organisaties bij het uitvoeren van contractuele 'remote sensing' professionele en commerciële diensten door leden.

4. Het vinden van internationale financiering, alsmede het bevorderen van samenwerking met BARSC en haar leden bij de uitvoering van remote sensing-projecten in het buitenland.
5. Het bieden van een forum voor vertegenwoordiging bij zowel de overheid als andere instanties in het kader van overzeese handelsbezoeken en tentoonstellingen.
6. Het ondernemen van alle andere activiteiten die mogelijk bevorderlijk zouden kunnen zijn bij verwezenlijking van bovengenoemde doelstellingen.[292]

Ook heeft de Britse regering een overkoepelend uitvoerend agentschap, het UK Space Agency (UKSA), opgericht in 2010. Het UKSA leidt het civiele ruimteprogramma van het Verenigd Koninkrijk: UKSA heeft de verantwoordelijkheid voor het beleid van de overheid en alle belangrijke budgetten voor verkenning van de ruimte. Tevens vertegenwoordigt het UKSA het Verenigd Koninkrijk in alle onderhandelingen over ruimte-gerelateerde zaken, en brengt het alle Britse civiele ruimte-activiteiten samen onder één management.[293]

Tot slot heeft het VK diverse *Catapultcentra*. Deze centra zijn ingericht om de Britse mogelijkheden voor innovatie in bepaalde gebieden te vergroten en toepassingen te vermarkten. Het betreft een reeks fysieke centra waar de beste Britse bedrijven, wetenschappers en ingenieurs samenwerken in downstreamactiviteiten. Het gaat hierbij om het omzetten van ideeën met een hoog potentieel naar concrete nieuwe producten en diensten, met het doel economische groei te genereren. Elk centrum is gespecialiseerd in een bepaald gebied van technologie, maar alle centra bieden faciliteiten en expertise voor bedrijven en onderzoekers om gezamenlijk belangrijke problemen op te lossen en nieuwe producten en diensten te ontwikkelen. De centra hebben een not-for-profit karakter.[294] Naast een Catapultcentrum voor satelliet-toepassingen, is er bijvoorbeeld een Catapult voor de Stad van de Toekomst, voor Transportsystemen en voor Offshore Hernieuwbare Energie. Al deze technologie- en innovatiecentra hebben de taak nieuwe activiteiten in de industriële sector te identificeren, te stimuleren en (mee) te financieren.[295] Een voorbeeld is de inzet van Catapult bij het opzetten van een project tegen illegale visserij.[296] In Nederland zou een dergelijke constructie zeer goed toepasbaar zijn; cruciaal hiervoor is echter overheidsfinanciering.

Het Verenigd Koninkrijk heeft diverse financieringsprogramma's voor zowel ruimte- als aardobservatieprojecten. Het grootste deel hiervan wordt toegewezen via het Innovate UK-programma,[297] dat bijvoorbeeld ook de Catapult centres financiert.[298] Het Innovate

UK-programma bevat diverse onderdelen, namelijk het 'Smart Programme', 'Launchpads', 'Knowledge Transfer Partnerships' en 'Innovation Vouchers'. Dit smart-programma is doorlopend open voor voorstellen, en is niet voorbehouden voor projecten van bepaalde sectoren of thema's. Launchpads helpen technologisch thematische clusters van start-ups op specifieke locaties in het Verenigd Koninkrijk om zichzelf te ontwikkelen en te groeien. Knowledge Transfer Partnerships bieden bedrijven de mogelijkheid te werken met academische instellingen om toegang te krijgen tot nieuwe kennis, door de overheid een deel van de kosten van exploitatie van het project te laten financiering. Innovation Vouchers zijn subsidies van £5000, ontworpen om bedrijven te stimuleren te zoeken naar nieuwe kennis om hen te helpen groeien en ontwikkelen.[299]

Een ander grootschalig financieringsprogramma gerelateerd aan aardobservatie is het National Space Technology Programme (NSTP). Dit programma heeft tot doel de groei in de ruimtesector te bevorderen. In aanmerking komen voorstellen op het gebied van ruimtevaarttechnologie en onderzoek. Projecten moeten vallen binnen de technologische roadmaps op vijf thema's: telecommunicatie; sensing; positie, navigatie en timing; exploratie en robotics; en toegang tot de ruimte.[300]

Ondanks deze programma's kreeg de Britse overheid in eerste instantie stevige kritiek met betrekking tot de doelstellingen van de financiering.[301] Deze zouden te veel gericht zijn op start-ups, terwijl de fase erna (Mid-Stage) de meeste problemen opleverde. Er waren veel fundingprogramma's voor de beginfase, met het doel ideeën van de grond krijgen. Echter, in de tweede fase konden bedrijven door gebrek aan financiering niet doorgroeien, waardoor ze verstikt raakten. Om toch door te groeien, namen bedrijven veelal aanbiedingen van Amerikaanse investeerders aan – met als resultaat dat steeds meer groeiende bedrijven wegtrokken uit het VK.[302] Om dit probleem op te lossen is in 2013 het Future Fifty-programma opgezet. Dit programma is gericht op doorontwikkeling van bestaande bedrijven: de top 50 digitale bedrijven in de groeifase kunnen via dit programma ondersteuning krijgen om zo snel verder te groeien.[303]

### Projecten in ontwikkeling

Momenteel is de trend van miniaturisering, lagere lanceerkosten, en standaardisering ook in het VK zichtbaar. Het aantal gelanceerde satellieten dat minder dan 50kg woog was in alleen 2013 al net zo hoog als alle drie jaren daarvoor. Bedrijven en organisaties hebben met name inspanningen gestoken in ontwikkeling en gebruik van microsatellieten (met een gewicht van 10 tot 500 kg). Dit is logisch, aangezien

verbeterde technologie de mogelijkheden van deze ruimtevaartuigen vergroot.[304] In de komende jaren zal deze trend ook in het VK doorzetten.

Een groot project dat deze technologische ontwikkelingen duidelijk maakt, is de lancering van vijf satellieten, gefabriceerd door het Britse bedrijf SSTL. Via een lanceerstation in India (spaceport Sriharikota in Andhra Pradesh, met behulp van het Polar Satellite Launch Vehicle) zijn deze satellieten, waaronder drie optische aardobservatie satellieten, in de ruimte gebracht. Het project is vernieuwend, niet alleen omdat het een Britse fabrikant met een buitenlands lanceerbedrijf betreft, maar ook aangezien het een volledig commercieel project is: er is geen overheidsfinanciering ontvangen.[305] Het VK is echter niet alleen in India actief: ook binnen het Europese ruimteprogramma (ESA) worden activiteiten ondernomen. Zo is het belangrijkste instrument op de (in 2014 gelanceerde) Sentinel 1A-satelliet, synthetic aperture radar (SAR), ontwikkeld en gefabriceerd door Airbus Defence and Space (voorheen Astrium UK) in Portsmouth.[306]

## 1.2 Verenigde Staten

### Zwaartepunten van activiteit

In de Verenigde Staten (VS) is de aardobservatiemarkt traditioneel gericht op toepassingen met betrekking tot natuurverschijnselen. Dit wil echter niet zeggen dat het aandeel van defensiedoeleinden in de VS niet significant is op wereldschaal. Volgens de laatste cijfers uit 2009 werd de totale defensiemarkt voor aardobservatie geschat op circa $733 miljoen, waarvan circa 58% in handen was van de VS.[307] Toch had de defensiezijde van aardobservatie na 2009 een aantal jaar te kampen met een rem op de aanschaf door de Amerikaanse overheid. Inmiddels is de groei teruggekeerd: na een tijd van stabilisatie is aanschaf door het Ministerie van Defensie afgelopen jaar weer toegenomen.[308]

Om aardobservatiedata voor defensietoepassingen te verkrijgen bestaat in de VS het Defense Meteorological Satellite Program (DMSP), onderdeel van het Ministerie van Defensie. Dit programma ontwerpt, bouwt, lanceert en onderhoudt satellieten die de meteorologische, oceanografische en zonne- en terrestrische fysische omgeving monitoren. De gegevens van deze DMSP satellieten worden vervolgens ontvangen en gebruikt door operationele centra. Deze gegevens worden bijvoorbeeld door de Air Force Weather Agency gebruikt voor militaire weerproducten en diensten. Dit draagt bij aan het nationale en internationale observatievermogen: conventionele waarnemingen op land en ter zee zijn niet altijd mogelijk.[309] Ook verwerkt het Air Force Weather Agency de gegevens in een archief.[310]

## Mate van organisatie, belangengroepen en clusters

Met de groei van de aardobservatiesector in de VS is ook de complexiteit ervan toegenomen.[311] De VS kent geen overkoepelend of nationaal cluster voor de aardobservatie-industrie. Hoewel veel overheidsinstanties, universitaire onderszoeks-laboratoria en particuliere ondernemingen zich met aardobservatie bezighouden, zijn kennis en kunde op grote schaal verspreid. Niettemin bestaat er een aantal initiatieven die de sector in meer beperkte zin helpen te structureren.

De belangrijkste hiervan is de *Earth Observation Industry Alliance* (EOIA). Het EOIA is een non-profit associatie die namens de gehele commerciële remote sensing-industrie de overheid probeert te houden aan budgetallocaties en beleidsmandaten, en daarnaast investeringen in commerciële beeldtechnologie bepleit. De prioriteit van EOIA ligt bij belangenbehartiging.[312] Het doel van de EOIA is naast belangenbehartiging ook het verzekeren van de levensvatbaarheid in de wereldwijde markt op de lange-termijn. Daarom lobbyt de EOIA namens de commerciële aardobservatie-industrie actief in de uitvoerende en wetgevende takken van de overheid, waarmee onder andere gunstige wet- en regelgeving wordt bewerkstelligd.[313]

De EOIA biedt ook verschillende diensten aan haar leden: zo zorgt het voor een kosteneffectieve mogelijkheid om aan de geospatiale eisen van de overheid te voldoen; biedt het doorlopend ongeclassificeerde beelden in een hoge resolutie voor alle eindgebruikers; creëert en behoudt de organisatie duizenden technische banen, en zorgt het voor diverse kansen in de aerospace sector.[314] Hoewel het EOIA de belangen voor bedrijven in de aardobservatiesector behartigt, is het dus géén platform voor kennisuitwisseling, noch stimuleert het verdere ontwikkelingen. Het EOIA lijkt in vergelijking met het Verenigd Koninkrijk daarom meer op het BARSC dan op het EOtech-cluster.

In 2014 bracht de Nationale Wetenschap en Technologie Raad (National Science and Technology Council, afgekort NSTC) via het White House Office of Science & Technology Policy het *Nationaal Plan voor Civiele Aardobservatie* uit. Met het plan is een overkoepelende federale aanpak voor de VS opgezet, om zo oppervlakte-, lucht- en satellietmissies voor aardobservatie te coördineren, prioriteren en financieren. Het doel is verbeterde coördinatie en toegang tot data, waardoor er intensiever en breder gebruik van wordt gemaakt.[315]

De U.S. Group on Earth Observations (USGEO) is het belangrijkste platform voor AO in de VS. USGEO is een subcommissie onder de Nationale Wetenschap en Technologie

Raad. De prioriteit van het USGEO ligt bij het koppelen van Aardobservatiebronnen.[316] Het functioneert als een overkoepelend orgaan waarin 13 overheidsinstellingen vertegenwoordigd zijn. Het doel van USGEO is drieledig:

1. Het coördineren, plannen en evalueren van federale aardobservatie-activiteiten (in samenwerking met de binnenlandse belanghebbenden).
2. Het bevorderen van een verbeterd systeem voor AO-datamanagement en interoperabiliteit binnen de overheid.
3. Het betrekken van interdepartementale en nationale belanghebbenden bij het formuleren van Amerikaanse standpunten voor (en het coördineren van) de Amerikaanse deelname aan de Internationale Groep voor Aardobservatie (Group on Earth Observations, kortweg GEO).[317]

Daarnaast kent de sector diverse kleine samenwerkingsverbanden, die vaak in de vorm van een cluster zijn georganiseerd. Deze zijn in alle gevallen te klein of specialistisch om als nationaal of overkoepelend cluster te dienen. Een voorbeeld is het *Colorado Space Coalition cluster* (CSC). Het CSC bevat een groep belanghebbenden uit de ruimte-industrie: bedrijven, militaire leiders, academische organisaties, onderzoekscentra en economische ontwikkelingsgroepen. Samen proberen deze partijen de ruimtevaartmarkt van Colorado te bevorderen. Zo geven ze onder andere ondersteunende financiering voor onderwijs in wetenschap, technologie, techniek en wiskunde (STEM) in Colorado. Daarnaast bouwen ze mee aan satellieten en sensoren, onder meer via projecten als het 'Dream Chaser Cargo System' waarbij een systeemoplossing voor NASA werd bedacht in de vorm van opbouwbare vleugels.[318] Hoewel dit cluster zich richt op kennisuitwisseling en netwerken, is het cluster te lokaal georiënteerd om een landelijke rol te spelen.[319]

Een ander regionaal cluster is het *Enterprise for Innovative Geospatial Solutions (*EIGS) in Mississippi. Dit cluster is ontstaan uit een overheidsplan om 14 industrieën te laten profiteren van de grote groei in vitale sectoren van de Amerikaanse economie. Eén van de geselecteerde sectoren was de geospatiale industrie, geselecteerd wegens de mogelijkheid om veel nieuwe banen te scheppen en de technologie te transformeren.[320] Het EIGS werd opgezet met het doel de geospatiale technologische industrie in Mississippi te laten groeien. De prioriteit van het cluster ligt bij regionale promotie.[321] Het EIGS-cluster omvat zes universitaire onderzoeksprogramma's, 36 particuliere bedrijven, vier overheidsinstellingen en zeven complementaire partnerprogramma's. Gezamenlijk werken zij aan onderzoek en het op de markt brengen van nieuwe geospatiale technologische producten uit Mississippi. Voor leden faciliteert het cluster

onderzoek en geeft het business- en marketing ondersteuning.[322] Het cluster ontvangt minstens een deel van de financiering via het Innovative Economics-programma van de Amerikaanse overheid.[323] Hoewel het Mississippi-cluster over de jaren is uitgegroeid tot het 'Silicon Valley' van de geospatiale industrie, is het nog niet het onbetwiste hart van de Amerikaanse aardobservatiesector; daarvoor is het cluster te specialistisch.

Tot slot zijn er verschillende publiek-private samenwerkingen, die zakelijke opdrachtgevers, verzekeraars en federale agentschappen samen brengen. Deze kunnen wel de vorm van een cluster aannemen, maar zijn te klein om als nationaal of overkoepelend cluster te dienen. Deze zijn vrijwel allemaal op projectbasis opgezet. Een voorbeeld is het American Meteorological Society Policy Program, dat zich toelegt op het bevorderen en verspreiden van informatie over de atmosferische, oceanische, en hydrologische wetenschappen.[324]

### Trends en initiatieven in de komende jaren

Een voorbeeld van een groot aardobservatieproject is de commerciële missie van DigitalGlobe, dat de WorldView-3 satelliet lanceerde in augustus 2014. WorldView-3 is de eerste commerciële hosted-payload satelliet met meervoudig laadvermogen, waardoor het verschillende apparaten kan dragen om beelden te maken. De satelliet draait op 617km boven de aarde en biedt voor elke pixel van een panchromatische foto een dekking van 31cm$^2$. De maximale scherpte van een multispectrale foto komt overeen met pixels van 1,24m$^2$, waar de infraroodsensor pixels van 3,7m$^2$ dekt. Per dag kan WorldView-3 circa 680.000km$^2$ in kaart brengen.[325]

Ook heeft de Verenigde Staten nog diverse aardobservatie-missies in de planning, zowel in de publieke als private sector. De grootste hiervan is de lancering in maart 2016 van het NASA-aardobservatiesysteem *Stratospheric Aerosol and Gas Experiment III on ISS* (SAGE III ISS). De SAGE III instrumenten kunnen gebruikt worden om de ozonlaag te bestuderen. Het is het derde instrument in de SAGE serie en belangrijk voor het maken van nauwkeurige metingen van de hoeveelheid ozon verlies in de aardatmosfeer. SAGE speelde eerder een rol bij het meten van de hoeveelheid ozonverlies in de atmosfeer en het ontstaan van ozonherstel als gevolg van de internationale beleidsveranderingen.[326]

Hoewel de Amerikaanse aardobservatiesector de komende jaren een sterke groei verwacht ziet deze zich ook geconfronteerd met grote uitdagingen, die vaak onderschat worden door beleidsmakers en het grote publiek. Zo heeft de sector te maken met

economische achteruitgang, die de aardobservatie-inspanningen mogelijk in gevaar brengen. Ook is de huidige (hoge) prijs van satellieten een uitdaging voor NASA en het leger. De huidige aardobservatiesatellieten van NASA verouderen, wat de kans op fouten en hiaten in de datastroom aanzienlijk vergroot. Voor het NOAA vormen satellietmissies nu al een groot onderdeel van de algemene uitgaven. Als gevolg hiervan zou een kleine uitbreiding in het budget voor satellieten kunnen resulteren in een relatief kleiner budget voor andere (vitale) aardobservatieprogramma's.[327]

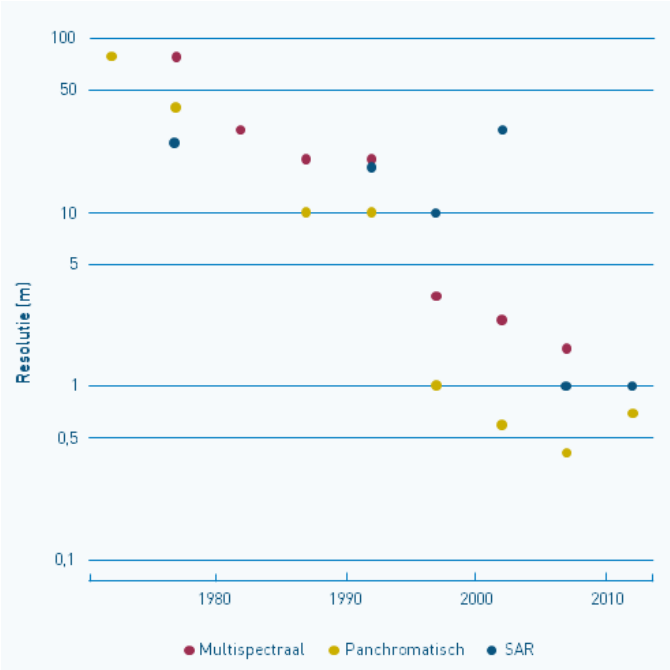
# BIJLAGE 2: TRENDS EN ONTWIKKELINGEN IN AARDOBSERVATIE

2.1 Aardobservatiesystemen 139
2.2 Trends in data en informatie 145
2.3 Belemmerende factoren 147

# BIJLAGE 2: TRENDS EN ONTWIKKELINGEN IN AARDOBSERVATIE

## 2.1 Aardobservatiesystemen

De sensoren aan boord van aardobservatiesystemen zijn in staat om steeds scherpere beelden in een breder pallet aan golflengten van alsmaar grotere delen van het aardoppervlak te maken.[328] De ruimtelijke resolutie van multispectrale en panchromatische sensoren en radars aan boord van satellieten is toegenomen van ongeveer 80 vierkante meter begin jaren 70 tot minder dan een meter nu (zie figuur 33)[329], waarbij militaire low-earth-orbit satellieten zelfs beeldresoluties kunnen halen van slechts een paar centimeter.[330]




FIGUUR 33. RESOLUTIE VAN PANCHROMATISCHE SENSOREN EN 'SYNTHETIC APERTURE RADAR' (SAR) AAN BOORD VAN "NEAR-POLAR ORBITING, LAND IMAGING CIVILIAN SATELLITE IN EACH 5 YEAR PERIOD'S LAUNCHES"[331]

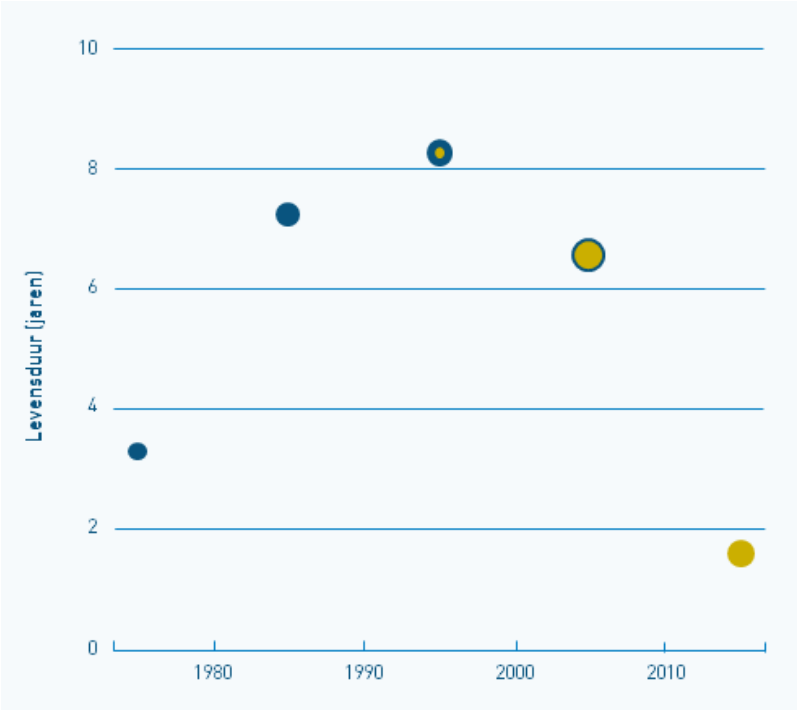
Hierdoor zijn satellietbeelden steeds gedetailleerder geworden (zie figuur 34). Inmiddels kunnen satellietbeelden gemaakt worden met een pixelgrootte van enkele tientallen centimeters of zelfs minder. Bedrijven als Skybox Imaging – recentelijk overgenomen door Google – en Planet Labs zullen in de toekomst beelden van een hogere temporale resolutie kunnen leveren tegen concurrerende competitieve prijzen.[332] Tegelijkertijd komt er ook meer hoge resolutiedata op de markt die eerst alleen voor overheden beschikbaar was. Zo heeft de Amerikaanse overheid in juli 2014 alle beperkingen op verkoop van satellietbeelden met een resolutie onder de 50cm opgeheven. Onder andere door dit soort ontwikkelingen kan de markt voor hoge-resolutiedata in de komende 10 jaar met meer dan $700 miljoen gaan groeien.[333]

FIGUUR 34. RESOLUTIE VAN DRIE AARDOBSERVATIESATELLIETEN[334]

Met de komst van UAVs is het mogelijk geworden om nog veel meer gedetailleerdere beelden te maken. Steeds vaker wordt gebruik gemaakt van hyperspectrale camera's die 100 of meer smalle spectrale banden meten, waardoor bijvoorbeeld specifieke mineralen, die elk een eigen specifieke golflengte hebben, in kaart kunnen worden gebracht. Daarnaast hebben UAVs een voordeel boven bemande vluchten voor dit soort activiteiten omdat ze urenlang boven dezelfde plaats kunnen hangen, wat de kwaliteit en beschikbaarheid van de beelden ten goede komt.

Verder worden de componenten waaruit aardobservatiesystemen zijn vervaardigd, steeds duurzamer en kunnen ze deels zelfstandig opereren. Een Sentinel-satelliet is bijvoorbeeld in staat om 72 uur autonoom, zonder communicatie met grondstations, te opereren.[335] Satellieten gaan ook steeds langer mee omdat het design is verbeterd

en energiebrandstofverbruik efficiënter is geworden (zie figuur 35). Het is echter de vraag of het verder verlengen van de levensduur van satellieten veel meer oplevert — door snelle technologische ontwikkelingen raken meetinstrumenten immers snel verouderd.[336]




FIGUUR 35. GEMIDDELDE LEVENSDUUR VAN EEN MISSIE VOOR ALLE 'NEAR-POLAR ORBITING' AARDOBSERVATIESATELLIETEN VOOR IEDER DECENNIUM[337]

De (onderdelen van) aardobservatiesystemen worden alsmaar kleiner.[338] Dit geldt voor satellieten evenzeer als voor UAVs.[339] Daarnaast kent dit miniaturiseringsproces z'n eigen dynamiek waarbij verkleinde payloads minder elektriciteit nodig hebben, en daarmee minder zonnepanelen, en dus ook kleinere batterijen. Dat maakt satellieten niet alleen kleiner, maar uiteindelijk ook goedkoper om te lanceren. De verwachting is dat deze trend doorzet, en dat over tien jaar AO-missies toe kunnen met satellieten die tien keer zo klein zijn als nu.[340]

Er cirkelen steeds meer kleine satellieten in een baan rond de aarde: van mini-satellieten (tussen 100-500kg) tot microsatellieten (minder dan 100kg), nanosatellieten

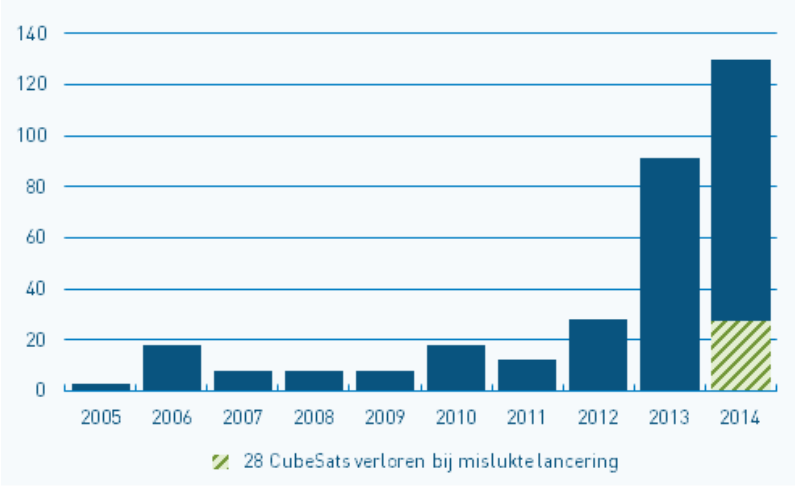
(minder dan 10kg) en zelfs pico- (minder dan 1kg) en femtosatellieten (0,001-0,01kg). De afgelopen vier jaar nam het aantal nano- en microsatellieten met 37,2% per jaar toe, en de verwachting is dat die groei tussen 2015 en 2021 doorzet met 23,8% per jaar.[341] Dat betekent dat vanaf 2020 jaarlijks meer dan 400 nano- en microsatellieten worden gelanceerd. Een goed voorbeeld in deze is het Amerikaanse bedrijf Planet Labs, dat sinds de oprichting in 2010 al 71 nanosatellieten de ruimte in heeft gebracht.[342]

FIGUUR 36. AFMETINGEN VAN VIER SATELLIETEN[343]

Een variant op de miniaturiseringstrend (zie figuur 36) is het innovatieve project Stratobus van Thales. Dit is een concept waarbij een autonoom platform in de stratosfeer wordt gebracht, op circa 20km hoogte. Stratobus zit daarmee tussen een drone en een satelliet in. Het project is nog in de ontwikkelingsfase, maar indien succesvol belooft het veel voor de toekomst: doordat de 'Stratellite' op een hoogte van 20km functioneert, is er geen lanceerplatform nodig en blijven de kosten laag. De positie van de Stratobus is ver boven luchtverkeer en jet-streams, maar kent nog wel

een horizondekking van 500 kilometer. Bovendien is de Stratobus binnen 4 uur en met een laadvermogen van 250kg in de stratosfeer te krijgen. Stratobus biedt regionale dekking, en kan ongeveer 5 jaar in de stratosfeer blijven. Daarnaast kan het concept zowel stationair in de stratosfeer blijven, als bewogen worden naar een nieuwe positie, waardoor het zeer geschikt is voor een breed scala aan toepassingen.[344] Stratobus is nu nog 100 meter lang en 33 meter in maximum diameter, maar met de trend van miniaturisering zal dit mogelijk kleiner worden in de toekomst.[345]

Het aantal commercieel gelanceerde micro- en nanosatellieten zal naar verwachting in de komende jaren explosief gaan stijgen. In 2015 zouden al meer dan 50% van de lanceringen van zulke satellieten door commerciële partijen worden gedaan, een grote stijging ten opzichte van de 11% in 2013.[346] Dat betekent ook dat kleine landen en niet-statelijke actoren zulke, voorheen zeer exclusieve systemen, kunnen lanceren.[347] Een kwart van de microsatellieten gelanceerd in 2010-2014 waren zogenaamde 'cubesats': satellieten van een liter inhoud die iets meer dan een kilo wegen en vooral gebruik maken van commercieel verkrijgbare elektronica.[348] In eerste instantie werden deze kleine satellieten vooral voor onderzoeksdoeleinden aan universiteiten gebruikt, maar tegenwoordig worden ze ook steeds vaker voor commerciële doeleinden gebruikt. Een voorspelling is dat er in de jaren tot 2020 zo'n 2000-2750 cubesats worden gelanceerd.[349] Hiermee wordt een exponentiële stijging sinds 2012 stevig doorgezet.




FIGUUR 37. AANTAL CUBESATS GELANCEERD SINDS 2005[350]

Commerciële overwegingen zijn ook een belangrijke aanjager van het gebruik van aardobservatiedata. Zo wordt het bezwaar van de hoge kosten van satellietlanceringen ondervangen doordat het steeds vaker mogelijk wordt om een plekje op een satelliet te kopen — een 'hosted payload'. De toename aan commerciële aanbieders van satellietlanceringen, zoals SpaceX van Elon Musk, Orbital Sciences en Virgin Galactic heeft daar ook aan bijgedragen.[351] Daarnaast kunnen satellieten ook meeliften bij de lancering van een andere, grotere, satelliet.[352] Momenteel bieden vooral communicatiesatellieten deze mogelijkheid aan. Een voorbeeld hiervan is de Iridium NEXT-constellatie die waarschijnlijk eind 2015 wordt gelanceerd. De constellatie, bestaande uit 66 satellieten gebouwd voor telecommunicatiedoeleinden, biedt ook ruimte voor andere satellieten die derde partijen kunnen kopen.[353] Dat biedt ook mogelijkheden voor AO-satellieten.[354]

Daarnaast wordt er veel ingezet op reconfigureerbare sensoren, oftewel sensoren die voor meerdere toepassingen gebruikt kunnen worden. Momenteel werken TNO, Thales Nederland, NXP, Recore Systems, en de technische universiteiten van Delft en Twente in opdracht van meerdere Nederlandse ministeries samen aan een programma voor dergelijke sensoren. Het STARS-project (Sensor Technology Applied in Reconfigurable Systems) heeft tot doel binnen vier jaar kennis en technologie te ontwikkelen waarmee in Nederland reconfigureerbare sensoren en sensornetwerken kunnen worden opgezet.[355]

Een andere belangrijke ontwikkeling is die van het gebruik van *commercial-off-the-shelf* (COTS) technologieën. Zo kunnen computerchips die ook in laptops zitten of lenzen uit high-end digitale camera's tegenwoordig ook voor AO worden gebruikt, waarmee de noodzaak voor *'custom built'* technologie afneemt.[356] Het RapidEye-programma bijvoorbeeld, dat bestaat uit drie CubeSats, maakt gebruik van verschillende *off-the-shelf* componenten uit de auto-industrie, smartphones en high-end digitale camera's.[357]

Er zijn niet alleen meer AO-systemen, maar deze systemen – satellieten, UAVs, weerstations op de grond et cetera – worden onderling steeds vaker verbonden.[358] Satellieten worden vaker in meervoud gelanceerd — zogenaamde 'distributed networked satellites'.[359] Deze constellaties zijn aantrekkelijk vanwege hun "ability to increase observation sampling in spatial, spectral, temporal and angular dimensions."[360] Ook worden verschillende type systemen onderling geïntegreerd. Een voorbeeld is het *Global Earth Observation System of Systems* (GEOSS), een multinationaal project voor het beheer van aardobservatiegegevens. Het verbindt duizenden individuele

aardobservatiesystemen van over de hele wereld, waarbij de gegevens, beelden, en analytische software beschikbaar zijn via één 'GEOSS portal'.[361] Het omspant de hele aardobservatieketen en koppelt producenten aan gebruikers, die zelf verschillende soorten informatie combineren.[362]

## 2.2 Trends in data en informatie

Naast de evolutie in AO-instrumenten en systemen zijn ook ontwikkelingen op het vlak van datavergaring en -verwerking een kritische factor. Ter illustratie: volgens berekeningen vergaarden satellieten in 2013 al zo'n 4 miljoen vierkante kilometer aan beeldmateriaal *per dag*.[363] Overheden, particulieren en (kleine en grote) bedrijven zijn en worden steeds afhankelijker van data, inclusief AO-data. Door de groei van de toenemende opslagcapaciteit wordt die AO-data bovendien beter bewaard. Cloud computing biedt mogelijkheden om AO-data op grote schaal op te slaan, waarmee ook de mogelijkheden tot dataverwerking zijn toegenomen. Belangrijke aanpalende ontwikkelingen hierbij zijn de groeiende mogelijkheden om data te gebruiken om te modelleren. Dit gebeurt al op grote schaal bij milieuonderzoek, maar kan natuurlijk ook binnen het veiligheidsdomein worden gebruikt, bijvoorbeeld voor early warning toepassingen.

Steeds meer AO-informatie komt voor iedereen beschikbaar, onder andere omdat aardobservatie- programma's vaker een 'open source' beleid voeren.[364] Zo zal de data van Sentinel-satellieten die in het kader van het Europese Copernicus-programma worden gelanceerd publiekelijk beschikbaar zijn. Door het tekenen van de *Copernicus Cooperation Agreement* tussen de VS en de Europese Commissie geldt dit niet alleen voor Europese gebruikers, maar ook voor Amerikaanse gebruikers.[365] Ook Google en NASA bieden met respectievelijk *Google Earth* en het *NASA Earth Exchange* programma grote datasets voor iedereen aan[366], en via Landsat komt ook veel gratis data op de markt.[367]

Die proliferatie van publiekelijk beschikbare AO-data biedt ook mogelijkheden voor minder vermogende gebruikers, zoals het MKB of regeringen in ontwikkelingslanden.[368] Deze partijen hebben inmiddels toegang tot aardobservatiedata en kunnen deze gegevens gebruiken voor de ontwikkeling van producten, diensten of beleid.[369] Aardobservatiedata wordt daardoor meer en meer een gebruiksgoed voor innovatieve producten en diensten met als gevolg dat de marktwerking in de sector zich ook meer kan ontwikkelen. En een open-sourcebeleid zoals dat van het Copernicus-programma heeft ook interessante economische effecten: zo werd berekend dat dit programma een geschatte impact van tussen de €560-635 miljoen qua werkgelegenheid zal opleveren, het grootste gedeelte ervan in Europa.[370]

De exponentiële toename aan AO-data maakt dat het probleem in de komende jaren niet zal zitten in de beschikbaarheid van data, maar in de capaciteit om deze tot informatie te verwerken voor eindgebruikers. Die verwerkingscapaciteiten ontwikkelen zich snel: processorsnelheden verdubbelen iedere twee jaar. Met de opkomst van de Cloud en nieuwe online visualisatietechnieken is het mogelijk om data steeds sneller om te zetten in hoogwaardige visualisaties.[371] De volgende stap is dat scans ook direct geanalyseerd worden op het AO-platform zelf (de UAV, de satelliet), in plaats van het doorsturen van de ruwe data naar een grondstation. Die geautomatiseerde analyse kan bijvoorbeeld draaien om image registration, change detection of het comprimeren van beelden.[372]

Ook de snelheid waarmee die informatie beschikbaar komt is gestegen. De tijd die zit tussen de opname door AO-systemen naar het daadwerkelijke beeld bij de eindgebruiker wordt alsmaar korter. Satellieten kunnen de gigabytes aan gegevens met grote snelheid naar grondstations doorsturen. De publiek beschikbare kaarten van NASA's *Land, Atmosphere Near real-time Capability for EOS* ('LANCE') komen bijvoorbeeld meestal binnen 3 uur na observatie van verschillende satellieten beschikbaar.[373] Met de *European Data Relay Satellite* wordt het mogelijk dat de Sentinel satellieten beelden van de aarde met 1,8 Gigabits per seconde nog sneller doorsturen.[374] Door vergelijkbare technologie stelt het International Space Station binnenkort live videobeelden beschikbaar, waardoor gestreamde high-definition beelden in kleur van de aarde (online) beschikbaar komen.[375]

Door gegevens uit verschillende bronnen samen te voegen ontstaan mogelijkheden voor nieuwe analyses. AO-data kan worden geïntegreerd tot een samengesteld beeld met hogere resolutie en een breder kleurenspectrum.[376] Dergelijke vormen van datafusie maken het mogelijk om beperkingen van optische remote sensing, zoals delen van het aardoppervlakte die niet zichtbaar zijn vanwege bewolking, te omzeilen.[377] Veel van de beschikbare AO-data is echter niet zomaar te combineren, omdat ze in verschillende formats zijn opgeslagen. Om die interoperabiliteit te verzekeren zijn er standaarden ontwikkeld.[378] Zo stroomlijnen de ISO (International Organization for Standardization) standaard en de OGC (Open Geospatial Consortium) standaard de manier waarop data wordt opgeslagen en specificeren ze specifieke codeerregels. Een syntax en semantiek voor alle AO-data zou kosten verder drukken en gemak van data fusie vergroten.[379] Het biedt ook kansen voor met name het MKB, doordat AO-componenten daardoor gebruikt kunnen worden in veel meer systemen.[380]

## 2.3 Belemmerende factoren

Tegenover de snel voortschrijdende ontwikkelingen staat ook een aantal factoren die belemmerend kunnen werken. Sommige daarvan zijn inherent aan het fenomeen aardobservatie zelf (bijvoorbeeld de betrouwbaarheid van de systemen en de daaruit voortvloeiende data), en andere factoren zijn afhankelijk van maatschappelijke ontwikkelingen.

Een specifieke bedreiging voor aardobservatiesystemen in de ruimte is de toename aan 'ruimteschroot' of 'ruimtepuin', ofwel afval buiten de dampkring. Door de afwezigheid van luchtweerstand kunnen zelfs de kleinste deeltjes al een probleem vormen voor satellieten. Steeds meer van dit afval cirkelt in een baan rond de aarde; van verfschilfertjes tot kunstmanen. Het gevaar bestaat dat de hoeveelheid ruimteafval zo groot wordt, dat een grens wordt overschreden waarna het ruimteschroot vanzelf alleen nog maar toeneemt—het zogenaamde Kessler-effect.[381] Door het ontbreken van atmosferische aantrekking blijven sommige deeltjes decennia of zelfs eeuwen rondcirkelen met snelheden van 7-8 km/s.

De beschikbaarheid van data kan worden beperkt uit veiligheids- en privacyoverwegingen. Aardobservatiedata is immers niet alleen nuttig, het is tevens een strategisch instrument. Radars en optische beelden met hoge resoluties zijn relevant voor militaire doeleinden. Als gevolg hiervan kunnen er restricties gelden voor een zekere tijdsperiode, voor bepaalde gebieden, of voor beelden met een (te) hoge resolutie.[382] Ook een gebrek aan beveiliging van data kan gevaar opleveren, bijvoorbeeld door onvoldoende aandacht voor identificatie van gebruikers, ongeautoriseerd gebruik van data, manipulatie van beelden, en onveilige transacties.[383] Hierbij komen dus ook privacy-issues in het geding. Hoewel er tot op heden geen grote issues op dit gebied lijken te zijn geweest, is het denkbaar dat dit in de toekomst (met de opkomst van hogere resoluties) wel een rol gaat spelen.[384]

Een andere belangrijk thema dat hiermee verband houdt is de betrouwbaarheid van de data en daaruit afgeleide informatie. De koppeling van data maakt het namelijk steeds moeilijker om vast te kunnen stellen waar data vandaan komt en welke bewerkingsstappen het heeft doorgemaakt voordat het bij de eindgebruiker belandt. Dit is niet alleen een issue voor commerciële gebruikers maar nog meer voor actoren in de veiligheidssector.[385] Dit maakt dat certificering van echtheid of een equivalent van country-of-origin certificaten een belangrijke rol zullen gaan spelen bij gebruik van data uit AO-sensoren.

Tot slot is in het licht van de proliferatie van satellietsystemen en nu ook het gebruik van UAVs er een grotere noodzaak tot goede en bindende afspraken over het gebruik van het luchtruim en de aardatmosfeer. In dat verband is bijvoorbeeld de aanwezigheid van het Leiden Institute of Air and Space Law een belangrijke aanvulling op een te ontwikkelen Nederlandse AO-expertise.

Om de samenleving optimaal van de investeringen in de aardobservatiesector te laten profiteren, moet aardobservatiedata toegankelijk en bekend worden voor een wereldwijde gemeenschap van competente gebruikers, die de vaardigheden hebben ontwikkeld om de observaties in hun eigen werk te gebruiken. Om dit te bereiken is opleiding nodig. Verschillende organisaties hebben daarom programma's opgezet om het inzicht in aardobservatiedata te vergroten en te laten zien hoe informatie kan worden gebruikt om problemen aan te pakken. Enkele voorbeelden zijn het LearnEO-project van het European Space Agency (ESA)[386] en het Practical EO Education for Students and Teachers Project van CEOS.[387] Een studie uitgevoerd door de Universiteit Twente concludeert dat er een noodzaak is tot het creëren van een internationale instantie die zorgt voor erkenning van academische of professionele kwalificaties die verband houden met aardobservatie.[388]

# DANKBETUIGING

# DANKBETUIGING

De auteurs danken Rob de Wijk (HCSS en HSC) en Han Wensink (NEVASCO/EARSC) voor hun commentaar op dit rapport, alsmede de leden van de klankbordgroep voor hun inbreng in het proces.

De volgende personen hebben de auteurs middels interviews of anderszins van informatie voorzien: Robert Adang (Ministerie van Defensie), Peter Duin (Nationale Politie), Tjeerd de Vries, Thys Hoekman (Ministerie van Buitenlandse Zaken) Ed Veen (Nederlandse Kustwacht), Roderick Besseling (Cordaid), Ron Nulkes (NIDV), Kyra van Onselen (Ministerie van IenM), Wouter van der Wiel, Ali Mohamoud (TNO), Bertwin Lussenburg (Ministerie van VenJ), Gert van der Burg (NLR), Camille van der Harten (GeoBusiness). Data en marktanalyse zijn geleverd door NEVASCO, NIDV en verwerkt door Policy Research Corporation (Rotterdam).

Deze studie is gedeeltelijk tot stand gekomen met ondersteuning van het Netherlands Space Office (NSO), TNO, Innovation Quarter en The Hague Security Delta (HSD). Alle inzichten uit dit rapport, alsook eventuele tekortkomingen of omissies, zijn uitsluitend aan de auteurs toe te schrijven.

# EINDNOTEN

# EINDNOTEN

1 EARSC, "Business in Earth Observation: An Overview of Market Development and Emerging Applications," accessed August 10, 2015, http://earsc.org/file_download/43/Business+in+Earth+Observation+eoVOX080508.pdf.

2 Onderzoek uitgevoerd in opdracht van HCSS. Bron: Policy Research Corporation, "Economische Potentie Cluster Aardobservatie Eindrapportage" (Policy Research Corporation, November 26, 2015). Hierbij worden de upstream- en downstreamsegmenten van aardobservatie samen genomen op basis van de volgende definities. Upstream omvat "het deel van de upstream-ruimtevaartsector dat gericht is op het ontwerpen, fabriceren, lanceren en inzetten van systemen die gebruikt worden voor aardobservatie vanuit de ruimte. Daarnaast behoort tot dit deel van de sector het daadwerkelijk uitvoeren van metingen en maken van beelden door middel van deze systemen vanuit de ruimte." Tevens behoren hiertoe "organisaties en bedrijven die luchtvaartuigen en UAV's (Unmanned Aerial Vehicle, onbemande luchtvaartuigen of 'drones') en (deel)systemen voor deze vaartuigen ontwerpen en/of fabriceren (...) ten behoeve van aardobservatie." Tot slot behoort hiertoe de downstreamsector: deze "betreft het leveren van diensten gebruikmakend van de gegevens die worden gegenereerd met behulp van aardobservatie. Dit betreft de opslag, distributie, verwerking en analyse van data en adviesdiensten op basis van de gegenereerde informatie."

3 Dit is informatie die is voortgekomen uit data met een ruimtelijke (geografische) component.

4 Deze toepassingsgebieden zijn al eerder als prioriteiten voor thematische ontwikkeling van de sector onderkend in het rapport "Kernpunten KIA HTSM 2016-2019," accessed October 21, 2015, http://topsectoren.nl/documenten/high-tech/Kernpunten-KIA-HTSM-2016-2019_2015-10-05_245.pdf.

5 Roadmap Openbare Orde en veiligheid, NSO, January 13, 2015.

6 EARSC, NSO, "Uitvoeringsagenda Toepassingen Satellietdata. De Ruimte Voor Het Gebruik. Meerwaarde Voor Onze Aarde En Onze Economie," *Oceanspaceconsult.com*, January 2015, http://www.oceanspaceconsult.com/wp-content/uploads/2015/03/Uitvoeringsagenda-Toepassingen-Satellietdata_v1.0_Final.pdf., p. 5.

7 Ibid., p. 6.

8 Deze beschrijving leunt sterk op de definitie zoals gegeven in het document "*Global Earth Observation System of Systems (GEOSS): Achievements to date and challenges to 2015*". Hierin wordt aardobservatie gedefinieerd als: "*measurements of variables related to the various components of the system Earth (e.g. oceans, land surface, solid Earth, biosphere, cryosphere, atmosphere and ionosphere) and their interactions. These measurements are obtained by individual or combined, fixed or mobile sensing elements, being instruments or human observers,*

*either in situ or through remote sensing*." Zie European Commission, "Global Earth Observation System of Syst Ems (GEOSS): Achievements to Date and Challenges to 2025," September 25, 2014, http://ec.europa.eu/transparency/regdoc/rep/10102/2014/EN/10102-2014-292-EN-F1-1.Pdf.

9 Er is discussie over de vraag of observaties onder het aardoppervlak ook onder de noemer 'aardobservatie' vallen. In dit rapport hanteren we een ruime definitie waaronder bijvoorbeeld ook topografie van de zeebodem valt.

10 "Technologie die gebruikt wordt om informatie te verkrijgen over een object, door het detecteren van (terugkaatsende of uitgezonden) energie door een object, waarbij de afstand tussen het object en de sensor veel groter is dan enige lineaire afmeting van de sensor." In: P.M. Teillet, R.P. Gauthier, and A. Chichagov, "Towards Integrated Earth Sensing: The Role of In Situ Sensing," accessed August 11, 2015, http://www.isprs.org/proceedings/XXXIV/part1/paper/00097.pdf.

11 Die afstand is vergelijkbaar of kleiner "tussen het object en de sensor (...) dan enige lineaire afstand/dimensie/afmeting van de sensor." Ibid.

12 Taakgroep Toepassingen Satellietdata o.l.v. voorzitter European Association of Remote Sensing Companies (EARSC), "De Ruimte Voor Het Gebruik - Meer Waarde Voor Onze Aarde," May 2014.

13 Francesco Liucci, "Indicator of Trends Report," *Earth Observation 21st Century (EO21)*, 2015, http://www.eo21.org/wp-content/uploads/2015/03/EO21-Indicator-of-Trends-Report-FINAL.pdf.

14 EARSC, "Business in Earth Observation: An Overview of Market Development and Emerging Applications," accessed August 10, 2015, http://earsc.org/file_download/43/Business+in+Earth+Observation+eoVOX080508.pdf.

15 TNO Physics and Electronics Laboratory, Peter Hoogeboom, and Philippe Steeghs, "A Prospective View: Integrated Observation Networks of the Future," *Copernicus.eu*, accessed October 26, 2015, http://www.copernicus.eu/sites/default/files/library/4f_prl3_hoogeboom_presentation_comments.pdf.

16 Rezatec - analyzing earth data, "Earth Observation," Rezatec Platform, accessed September 7, 2015, http://www.rezatec.com/earth-observation.html.

17 "ESA - Eduspace EN - Home - Platforms," November 26, 2009, http://www.esa.int/SPECIALS/Eduspace_EN/SEM2BR3Z2OF_0.html.

18 Ibid.

19 Dit punt wordt eveneens gemaakt in de NSO roadmap orde en veiligheid, pagina 27, waarin gesteld wordt: "...De volgende stap zijn observatie netwerken en is de toename in gebruik van drones, en zelfs dronesnetwerken die jarenlang boven de aarde vliegen op relatief lage hoogten (Facebook en Google). Dit laatste is in defensie kader al zeer actueel als het gaat om precisie oorlogsvoering en intelligence door zeer slimme drones die door de VS in het Verre Oosten wordt toegepast."

20 HCSS en SANSA Earth Observation, "Earth Observation: Policies, Strategies, Opportunities and Institutional Landscape in South Africa and SADC.

21 Gert van der Burg, "Aardobservatie En Geo-Informatie: 1+1=3," *Vakblad van Geo-Informatie Nederland*, accessed July 24, 2015, http://www.geo-info.nl/sites/nl.geo-info.www/files/documents/Geo%20Info%2004-2013-def.pdf..

22 ESRI, "Earth Observation Platform Benefits Planet," *ArcNews*, Spring 2014, http://www.esri.com/esri-news/arcnews/spring14articles/earth-observation-platform-benefits-planet.

23 Innovation Toronto, "Breakthrough Laser Communication Technology to Revolutionize Earth Observation and

Satellite Communication," *Innovation Toronto*, November 2014, http://www.innovationtoronto.com/2014/11/breakthrough-laser-communication-technology-to-revolutionize-earth-observation-and-satellite-communication/.

24 Gert van der Burg, "Aardobservatie en Geo-Informatie: 1+1=3."

25 Bron: HCSS. GEO = Group on Earth Observation, EARSC = European Association of Remote Sensing Companies; NSO = Netherlands Space Office .

26 Ministerie van Defensie, "Nederlandse Doctrine voor Air & Space Operations - Publicatie - Defensie.nl," publicatie, (December 18, 2014), https://www.defensie.nl/documenten/publicaties/2014/12/18/nederlandse-doctrine-voor-air--space-operations., p 28. Zie ook verder besproken op p. 41-42.

27 EARSC, NSO, "Uitvoeringsagenda Toepassingen Satellietdata. De Ruimte Voor Het Gebruik. Meer Waarde Voor Onze Aarde En Onze Economie.", p. 22.

28 Dit gebeurt bijvoorbeeld in de VS, zie: US Government Accountability Office, "Environmental Satellites: Strategy Needed to Sustain Critical Climate and Space Weather Measurements (report Number GAO-10-456)" (US Government, May 28, 2010), http://www.gao.gov/assets/310/303747.html.; en in Frankrijk, zie: Pierre Tran, "Space Intel Gives France Policy Independence," *Defense News*, February 26, 2015, http://www.defensenews.com/story/defense/air-space/space/2015/02/26/france-intel-satellite-independent-geo-russia-ukraine-share-intelligence/24011253/.

29 SSTL Applications Brochure (Web), "Applications of Earth Observation," accessed September 1, 2015, http://www.sstl.co.uk/Downloads/Brochures/SSTL-Applications-Brochure-Web.

30 J.C. Klinkenberg, "Space: de logische stap naar het ruimtedomein," (February 20, 2015), http://www.militairespectator.nl/thema/strategie/artikel/space-de-logische-stap-naar-het-ruimtedomein.

31 *Predator B ER*, Digitale afbeelding, 2014, General Atomics Aeronautical, http://www.ga-asi.com/predator-b.

32 SSTL Applications Brochure (Web), "Applications of Earth Observation."

33 Ibid.

34 Bhupendra Jasani (ed.), et.al, *Remote Sensing from Space: Supporting International Peace and Security* (New York: Springer, 2009).

35 Shannon Tiezzi, "China Discovers Cross-Border Tunnels Leading to Xinjiang, North Korea," *The Diplomat*, August 26, 2014, http://thediplomat.com/2014/08/china-discovers-cross-border-tunnels-leading-to-xinjiang-north-korea/.

36 Zie o.a. UNITAR, "UNOSAT Confirms Destruction of Palmyra Temples in Syria," *Unitar.org*, September 1, 2015, https://www.unitar.org/unosat-confirms-destruction-palmyra-temples-syria.

37 "ITC - Satellites Identify Terrorist Organization's Source of Income," accessed October 28, 2015, http://www.itc.nl/Pub/News-overview/in2015/in2015-february/Satellites-identify-terror-organizations-source-of-income.html.

38 "Satellite Imagery Analysis for Urban Conflict Documentation: Aleppo, Syria | AAAS - The World's Largest General Scientific Society," accessed January 21, 2016, http://www.aaas.org/aleppo. en David Axe, "Russia Is Using Space Power in Its Attack on Syria," *The Daily Beast*, December 12, 2015, http://www.thedailybeast.com/articles/2015/12/16/russia-is-using-space-power-in-its-attack-on-syria.html.

39 David Albright and Robert Avagyan, "Monitoring Activity at Punggye-Ri Nuclear Test Site* | Institute for Science and International Security," accessed January 29, 2016, http://isis-online.org/isis-reports/detail/monitoring-activity-at-punggye-ri-nuclear-test-site/10.

40 "Emerging Earth Observation Capabilities to Support Non-Proliferation and Disarmament Verification | VCDNP," accessed January 29, 2016, http://vcdnp.org/151202_copernicus_earth_observation_verification.htm.

41 European Union Satellite Centre, "EU SATELLITE CENTRE ANNUAL REPORT 2014" (2014, n.d.).

42 SSTL Applications Brochure (Web), "Applications of Earth Observation."

43 Ray Purdy and Denise Leung, eds., *Evidence from Earth Observation Satellites: Emerging Legal Issues*, Studies in Space Law 7 (Leiden ; Boston: Martinus Nijhoff Publishers, 2013).

44 "Copernicus: The European Earth Observation Programme | GMES Bridges," accessed January 18, 2016, http://www.gmes-bridges.eu/content/copernicus-european-earth-observation-programme.

45 Zie o.a. Hitoshi Nasu and Robert McLaughlin, *New Technologies and the Law of Armed Conflict* (New York: Springer, 2013), p. 107; en Matteo Luccio, "Can Satellites in the Sky Help Prevent Atrocities on Earth?," *Sensors and Systems*, November 26, 2013. Accessed October 28, 2015, https://www.sensorsandsystems.com/article/features/32377-can-satellites-in-the-sky-help-prevent-atrocities-on-earth.html.

46 Purdy and Leung, *Evidence from Earth Observation Satellites*.

47 "Our Story | Satellite Sentinel Project." Accessed January 27, 2016. http://www.satsentinel.org/our-story.

48 KENSJA, "Poaching in Kenyan National Parks Reduces," *Kenya Environment & Science Journalists Association*, October 14, 2015, http://www.kensja.org/poaching-in-kenyan-national-parks-reduces/.

49 Respectievelijk Synthetic Aperture Radar, Light Detection and Ranging en Maritime Patrol Aircraft.

50 Grant Turnbull. "Malaysian Flight MH370 - the Military Technology Used in the Search - Naval Technology," March 24, 2014. accessed January 18, 2016, http://www.naval-technology.com/features/featurethe-military-technology-used-in-the-search-for-mh370-4202568/.

51 Zie bijv. Shane Hickey, "Satellite Data Offers Fresh Perspectives for Piracy and Insurance to Farming," *The Guardian*, June 16, 2014, sec. Business, http://www.theguardian.com/business/2014/jun/16/satellite-data-perspective-insurance-farming-piracy; en "ESA Satellite Observations Identify Piracy Trends « Earth Imaging Journal: Remote Sensing, Satellite Images, Satellite Imagery," accessed October 28, 2015, http://eijournal.com/news/industry-insights-trends/esa-satellite-observations-identify-piracy-trends. en Hickey, "Satellite Data Offers Fresh Perspectives for Piracy and Insurance to Farming."

52 *Refugees on a Boat*, Digitale afbeelding, June 18, 2005, Wikimedia Commons, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Refugees_on_a_boat.jpg.

53 Philip Olbrich and Nina Witjes, "Earth Observation and International Security: The Role of Uncertainty in Satellite Imagery Analysis by Non-State Actors," *ESPI Perspectives* 72 (September 2015): 1–6., p. 2.

54 Thomas M. Davis, "Operationally Responsive Space–The Way Forward," 2015, http://digitalcommons.usu.edu/smallsat/2015/all2015/49/.

55 "Defence Organisation Joins Programme for More Efficient Use of Outer Space and Space Technology | News Item | Defensie.nl," accessed January 18, 2016, https://www.defensie.nl/english/latest/news/2014/07/14/defence-organisation-joins-programme-for-more-efficient-use-of-outer-space-and-space-technology.

56 Nate Berg, "Predicting Crime, LAPD-Style," *The Guardian*, June 25, 2014, sec. Cities, http://www.theguardian.com/cities/2014/jun/25/predicting-crime-lapd-los-angeles-police-data-analysis-algorithm-minority-report.

57 P. J. van Vliet et al., "Technologieradar Veiligheid 2014. Relevante Technologische Ontwikkelingen Als Input Voor (kennis-En) Innovatieagenda's" (TNO, 2014), https://www.nctv.nl/Images/tno-rapport-technologieradar-

veiligheid-2014_tcm126-567297.pdf, p. 35.

58 Rob Beck and Corne van der Sande, "Satelliettoepassingen in de Praktijk van VenJ," *Magazine Nationale Veiligheid En Crisisbeheersing*, no. 5 (2015): 14.

59 European Union Satellite Centre SatCen, "Geospatial Intelligence," *SATCEN Services*, accessed October 27, 2015, https://www.satcen.europa.eu/geospatial-link.php?section=2.

60 Zie bijvoorbeeld hier: "Spy Satellites Fighting Crime from Space - CNN.com," accessed October 19, 2015, http://edition.cnn.com/2014/08/11/tech/innovation/spy-satellites-fighting-crime-from-space/.

61 Purdy and Leung, *Evidence from Earth Observation Satellites*.

62 SSTL Applications Brochure (Web), "Applications of Earth Observation."

63 Netherlands Space Office (NSO), "Spaceoffice.nl, Defensie En Veiligheid," accessed September 7, 2015, http://www.spaceoffice.nl/nl/Satelliettoepassingen/Toepassingen/Defensie-en-veiligheid/.

65 National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA), *2010 Pichilemu Earthquake - Tsunami Travel Time Map*, Digitale afbeelding, March 11, 2010, Wikimedia Commons, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:2010_Pichilemu_earthquake_-_tsunami_travel_time_map.jpg.

66 Netherlands Space Office (NSO), "Spaceoffice.nl, Defensie En Veiligheid."

67 *RQ-4 Global Hawk Photo of Wildfires in Northern California*, Digitale afbeelding, July 5, 2008, Wikimedia Commons, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:RQ-4_Global_Hawk_photo_of_wildfires_in_Northern_California_-_080805-N-0000X-001.jpg.

68 "NGA Eyes Role for Small Sats | Technology Content from Aviation Week," accessed January 21, 2016, http://aviationweek.com/technology/national-geospatial-intelligence-agency-eyes-role-small-satellites.

69 Katherine Gammon, "Tracking Disease From Outer Space," *US News & World Report*, February 25, 2011, http://www.usnews.com/science/articles/2011/02/25/tracking-disease-from-outer-space.

70 Kristin Spröhnle et al., "Earth Observation-Based Dwelling Detection Approaches in a Highly Complex Refugee Camp Environment — A Comparative Study," *Remote Sensing* 6 (2014), doi:10.3390/rs6109277.

71 Luke Barrington, and Shubharoop Ghosh, "Crowdsourcing Earthquake Damage Assessment Using Remote Sensing Imagery," ANNALS OF GEOPHYSICS, 54, 6, 2011; Doi: 10.4401/ag-5324, 2011, http://www.annalsofgeophysics.eu/index.php/annals/article/view/5324.

72 UN, "What Is UN-SPIDER?," UN-SPIDER Knowledge Portal, *Un-Spider.org*, accessed October 28, 2015, http://www.un-spider.org/about/what-is-un-spider.

73 NSO Roadmap Bodembeweging

74 NSO Roadmap Waterbeheer

75 NSO Roadmap Waterbeheer

76 Hansje Brinker, *Verzakkingen van de Lauwersmeerdijk, Gezien Met Een Radarsatelliet*, Digitale afbeelding, n.d., BeeldBank, http://www.tropomi.nl/beeldbank/.

77 Akvopedia, "3R (water) – Recharge, Retention and Reuse," accessed September 16, 2015, http://akvopedia.org/wiki/3R_(water)_%E2%80%93_Recharge,_Retention_and_Reuse.

78 NSO Roadmap Waterbeheer.

79 EARSC, "Business in Earth Observation: An Overview of Market Development and Emerging Applications," pp. 24-25.

80 Ibid, pp. 24-25.

81 drones.nl, "Prorail Controleert Spoor Met Drone," *Drones.nl - Nieuws En Video's over Drones, Multicopters, UAV, Quadcopters*, accessed September 17, 2015, http://www.drones.nl/prorail-controleert-spoor-met-drone/.

82 ESA, "ESA Map Reveals European Shipping Routes like Never before," *Observing the Earth / Our Activities / ESA*, May 22, 2009, http://www.esa.int/Our_Activities/Observing_the_Earth/ESA_map_reveals_European_shipping_routes_like_never_before.

83 EARSC, "Business in Earth Observation: An Overview of Market Development and Emerging Applications," pp. 24-25.

84 Hierbij wordt de upstream en downstreamkant bedoeld, dus inclusief bouwers van platformen en instrumenten tot bedrijven die data verwerken, analyseren en hier producten uit maken.

85 Christophe Venet, "Key Trends in the European Earth Observation Sector," *IFRI*, December 2011, http://www.ifri.org/sites/default/files/atoms/files/theeuropespaceseriesn8.pdf. ; Pacôme Révillon, "Earth Observation Market Evolution and Drivers" (Euroconsult, e-GEOS International Conference, Rome, May 2012), http://www.e-geos.it/news/meeting12/presentations/24-Re%81Lvillon-Euroconsult.pdf.

86 Adam Keith, "Emerging Programs, Markets Drive Earth Observation Growth," *Eijournal.com*, February 21, 2015, http://eijournal.com/print/articles/emerging-programs-markets-drive-earth-observation-growth.

87 Ibid.

88 OECD. "OECD The Space Economy at a Glance 2014, Part II. Intensity: Activities and Outputs in the Space Economy. 9. Satellite Earth Observation," accessed October 6, 2015, http://www.oecd-ilibrary.org/docserver/download/9214061ec013.pdf?expires=1444138382&id=id&accname=guest&checksum=DC1E91D514C09F4AC8616B15F7C3E0B9.

89 EARSC, "Business in Earth Observation: An Overview of Market Development and Emerging Applications."

90 Euroconsult, "Earth Observation: Defense and Security World Prospects to 2022," 2013, http://www.euroconsult-ec.com/research/earth-observation-defense-security-2013-brochure.pdf.

91 Lauren Thomas, "Space Base in New Zealand Picked to Start Private Trips to Orbit," *Bloomberg Business*, July 1, 2015, http://www.bloomberg.com/news/articles/2015-07-01/space-base-in-new-zealand-picked-to-start-private-trips-to-orbit.

92 MarketWatch, "NSR Report Projects Satellite Earth Observation Market to Reach $4.5 Billion in Next Decade," *MarketWatch*, August 24, 2015, http://www.marketwatch.com/story/nsr-report-projects-satellite-earth-observation-market-to-reach-45-billion-in-next-decade-2015-08-24. en "EARSC: Satellite Earth-Observation Market in Midst of Major Industry Shift," October 22, 2014, http://earsc.org/.

93 OECD, "II. Intensity: Activities and Outputs in the Space Economy. 9. Satellite Earth Observation," in *The Space Economy at a Glance 2014*, 2014, http://www.keepeek.com/Digital-Asset-Management/oecd/economics/the-space-economy-at-a-glance-2014/satellite-earth-observation_9789264217294-13-en#page1.

94 MarketWatch, "NSR Report Projects Satellite Earth Observation Market to Reach $4.5 Billion in Next Decade."

95 Francesco Liucci, "Indicator of Trends Report," *Earth Observation 21st Century (EO21)*, 2015, http://www.eo21.org/wp-content/uploads/2015/03/EO21-Indicator-of-Trends-Report-FINAL.pdf, p. 5.

96 EO21. "Foresight Report - Draft," October 2015. http://www.eo21.org/wp-content/uploads/2015/03/EO21_Foresight-Report_FINAL.pdf.

97 Euroconsult, "Satellite-Based Earth Observation: Market Prospects to 2024," 8th Edition, September 2015, http://www.euroconsult-ec.com/shop/earth-observation/74-satellite-based-earth-observation-market-prospects-to-2024.html.

98 Onderzoek uitgevoerd in opdracht van HCSS. Bron Policy Research Corporation, "Economische Potentie Cluster Aardobservatie Eindrapportage."

99 Onderzoek uitgevoerd in opdracht van HCSS. Bron Ibid.

100 Onderzoek uitgevoerd in opdracht van HCSS. Bron Ibid.

101 MarketWatch, 2015

102 Taakgroep Toepassingen Satellietdata o.l.v. voorzitter European Association of Remote Sensing Companies (EARSC), "De Ruimte Voor Het Gebruik - Meer Waarde Voor Onze Aarde.", p. 5.

103 "Is Small the New BIG? : Satcom Post," accessed October 28, 2015, http://satcompost.com/is-small-the-new-big/.

104 Zie "Earsc." The Space Report Online, "Earth Observation," *Thespacereport.org*, 2014, https://www.thespacereport.org/resources/economy/commercial-space-products-services/earth-observation.

105 Bron: NSR via Satcom Post. Zie "Is Small the New BIG? : Satcom Post."

106 Alan S. Belward and Jon O. Skøien, "Who Launched What, When and Why; Trends in Global Land-Cover Observation Capacity from Civilian Earth Observation Satellites," *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, Global Land Cover Mapping and Monitoring, 103 (mei 2015): 115–28, doi:10.1016/j.isprsjprs.2014.03.009. ; Athena Global, "Global Earth Observation Trends," *Athenaglobal.com*, accessed July 16, 2015, http://www.athenaglobal.com/pdf/AG_EO_guide_excerpts/AG_EO-trends.pdf.

107 Lavender, Andrew, "How Many Earth Observation Satellites Are in Space?," *Pixalytics.com*, July 16, 2014, http://www.pixalytics.com/how-many-eo-space/.

108 Euroconsult Research Rapport, "Satellite-Based Earth Observation: Market Prospects to 2023," Oktober 2014, http://www.euroconsult-ec.com/shop/earth-observation/60-satellite-based-earth-observation-market-prospects-to-2023.html.

109 Belward and Skøien, "Who Launched What, When and Why; Trends in Global Land-Cover Observation Capacity from Civilian Earth Observation Satellites."

110 DMC International Imaging, "Case Studies DMCii," *DMCii*, accessed October 29, 2015, http://www.dmcii.com/?page_id=7500.

111 Atsuyo Ito, *Legal Aspects of Satellite Remote Sensing* (Martinus Nijhoff Publishers, 2011)

112 SSTL Space Blog, "Disaster Monitoring Constellation Wins AIAA Award," *SSTL*, September 2012, http://www.sstl.co.uk/Blog/September-2012/Disaster-Monitoring-Constellation-wins-AIAA-award.

113 EARSC, "Business in Earth Observation: An Overview of Market Development and Emerging Applications."

114 Taakgroep Toepassingen Satellietdata o.l.v. voorzitter European Association of Remote Sensing Companies (EARSC), "De Ruimte Voor Het Gebruik - Meer Waarde Voor Onze Aarde.", p. 29.

115 Jan Peter van der Toren and et.al., "Unmanned Valley: Scenario's Voor Een Technologiegedreven Ontwikkeling van Vliegveld Valkenburg" (Birch Consultants, Oktober 2015), p. 21.

116 Satellite Markets & Research, "Significant Supply Expansion for Earth Observation Industry," *Satellitemarkets.com*, September 16, 2015, http://www.satellitemarkets.com/market-trends/significant-supply-expansion-earth-

observation-industry.

117 "BBC - Future - Inside the Google Earth Satellite Factory," accessed December 3, 2015, http://www.bbc.com/future/story/20140211-inside-the-google-earth-sat-lab.

118 Google, "Google Earth Engine Verkennen," google.com, *Google Earth Outreach*, accessed December 3, 2015, https://www.google.com/earth/outreach/tools/earthengine.html.

119 Een andere actieve partij is BlackSky Global, dat "satellietbeelden als een service" aanbiedt aan bedrijven, organisaties en overheden die geen geld kunnen of willen investeren in eigen 'imaging constellation'. Het bedrijf hanteert een model waarin betaald kan worden per foto. Met hun service ondersteunt BlackSky Global diverse AO-toepassingen, onder andere in de landbouw, bosbouw, defensie en energiesector. Klanten zijn onder meer de overheid, NGO's, private partijen, en zelfs individuele burgers. BlackSky, "BlackSky Global Homepage," *Black Sky.com*, accessed December 3, 2015, http://www.blacksky.com/.

120 Ilya Golubovich, "Space Race 2.0 - Why This Is a Great Time to Invest in Space Tech," *VentureBeat*, March 2014, http://venturebeat.com/2014/03/12/space-race-2-0-why-this-is-a-great-time-to-invest-in-space-tech/.

121 V. Jayaraman, "Earth Observation: A Peep into the near Future," *Signatures-ISRS Newsletter, Ahmedabad Chapter*, 2012, http://www.researchgate.net/profile/Jayaraman_V/publication/265865677_Earth_Observation_A_peep_into_the_near_future/links/5449dd020cf2ea6541341c6b.pdf. Zie ook Kai-Uwe Schrogl et al., eds., *Handbook of Space Security* (New York ; Heidelberg ; Dordrecht ; London: Springer Reference, 2015).

122 Onderzoek uitgevoerd in opdracht van HCSS. Bron: Policy Research Corporation, "Economische Potentie Cluster Aardobservatie Eindrapportage."

123 Onderzoek uitgevoerd in opdracht van HCSS. Bron: Ibid.

124 Onderzoek uitgevoerd in opdracht van HCSS. Bron: Ibid.

125 Euroconsult, "Earth Observation: Defense and Security World Prospects to 2022.", p. 1.

126 Ibid.

127 Ibid., p. 1.

128 Environmental expert, "Remote Sensing Companies and Suppliers with Offices in United Kingdom," accessed September 28, 2015, http://www.environmental-expert.com/companies/keyword-remote-sensing-1212/office-in-united-kingdom.

129 UK Government, UK Space Agency, "Executive Summary: The Size & Health of the UK Space Industry," October 2014, https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/363904/SandH2014final2.pdf., p. 3.

130 UK Space Agency, "Research Councils UK - Satellites and Commercial Applications of Space," accessed September 24, 2015, http://www.rcuk.ac.uk/RCUK-prod/assets/documents/documents/RCUK_Space_Timeline_WEB.pdf.

131 Binnen de aardobservatiesector zijn er diverse grote spelers: UK Space Agency, Natural Environment Research Council, Department of Energy & Climate Change, Defra, Catapult, Technology Strategy Board, het Met Office en de Joint Forces Intelligence Group (JFIG). Daarnaast kent het VK een Defence Geospatial Intelligence Fusion Centre (DGIFC), dat geospatiale inlichtingen verstrekt aan defensie, uitgezonden troepen en andere overheidsdepartementen. Bronnen beslaan onder andere satelliet- en luchtbeelden, kaartgegevens, open data van overheden, en datasets van klanten "Geospatial Insights: About Us," *Geospatial Insight Ltd*, accessed December 3, 2015, http://www.geospatial-insight.com/about-us/.

132 UK Space Agency, "Strategic Implementation Plan: Earth Observation," July 2015, https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/448329/eo_plan.pdf.
133 Qi3 Insight, "'Space - The New Frontier', Growth Opportunities for Non-Space Companies," July 2012, http://www.qi3.co.uk/wp-content/uploads/2012/07/Qi3-Insights-White-Paper-Space-Market-Opportunities-of-Non-space-Companies-12060704.pdf.
134 Barscuddle, 2015
135 PRNewswire, "Global Satellite-Based Earth Observation Market - Trends and Forecast (2015-2020)," September 21, 2015, http://www.prnewswire.com/news-releases/global-satellite-based-earth-observation-market---trends-and-forecast-2015-2020-300146777.html.
136 Taakgroep Toepassingen Satellietdata o.l.v. voorzitter European Association of Remote Sensing Companies (EARSC), "De Ruimte Voor Het Gebruik - Meer Waarde Voor Onze Aarde."
137 Zie Business Wire, "Research and Markets: United States Satellite-Based Earth Observation Services Market 2015-2019 with DigitalGlobe, MacDonald, Dettwiler & Associates & Skybox Imaging Dominating," *Businesswire.com*, January 20, 2015, http://www.businesswire.com/news/home/20150120005721/en/Research-Markets-United-States-Satellite-based-Earth-Observation.
138 selectusa, "The Aerospace Industry in the United States," 2012, http://selectusa.commerce.gov/industry-snapshots/aerospace-industry-united-states.html.; Environmental expert, "Remote Sensing Companies and Suppliers with Offices in USA," 2015, http://www.environmental-expert.com/companies/keyword-remote-sensing-1212/office-in-usa.
139 Environmental expert, "Remote Sensing Companies and Suppliers with Offices in USA."
140 Jon Campbell, USGS, "Observing Earth Today and Tomorrow: A National Plan « Landsat Science," NASA, (July 23, 2014), http://landsat.gsfc.nasa.gov/?p=8795.
141 NGA.mil, "About NGA: National Geospatial-Intelligence Agency," *Nga.mil*, accessed December 2, 2015, https://www.nga.mil/About/Pages/Default.aspx.
142 Ibid.
143 SIA and The Tauri Group, "State of the Satellite Industry Report," September 2014, http://www.sia.org/wp-content/uploads/2014/05/SIA_2014_SSIR.pdf.
144 Supreeth, "Will WorldView-3 Help DigitalGlobe to Capture the Global Imagery Market?," *Geospatialworld.net*, August 22, 2014, http://geospatialworld.net/Professional/ViewBlog.aspx?id=377.
145 SIA and The Tauri Group, "State of the Satellite Industry Report."
146 Bron: Ibid.
147 Mark Muro, Kenan Fikri, Scott Andes, "Powering Advanced Industries, State by State." *Brookings Institution*, February 19, 2014, http://www.brookings.edu/~/media/research/files/papers/2014/02/19%20ai/advancedindustriesstatebystate.pdf.
148 Minister Economische Zaken, "Nota over Ruimtevaartbeleid 2014-2020," Brief (Den Haag: Tweede Kamer der Staten-Generaal, September 11, 2014), https://zoek.officielebekendmakingen.nl/kst-24446-55.html.
149 Onderzoek uitgevoerd in opdracht van HCSS. Bron: Policy Research Corporation, "Economische Potentie Cluster Aardobservatie Eindrapportage.". Zie voor de definitie van de sector voetnoot 1.

150 Onderzoek uitgevoerd in opdracht van HCSS. Bron: Ibid.

151 Onderzoek uitgevoerd in opdracht van HCSS. Bron: Ibid.

152 Onderzoek uitgevoerd in opdracht van HCSS. Bron: Ibid.

153 Onderzoek uitgevoerd in opdracht van HCSS. Bron: Ibid.

154 Onderzoek uitgevoerd in opdracht van HCSS. Bron: Ibid.

155 Onderzoek uitgevoerd in opdracht van HCSS. Bron: Ibid.

156 Dit cijfer komt grofweg overeen met dat genoemd in Taakgroep Toepassingen Satellietdata o.l.v. voorzitter European Association of Remote Sensing Companies (EARSC), "De Ruimte Voor Het Gebruik - Meer Waarde Voor Onze Aarde.", p. 27.

157 Onderzoek uitgevoerd in opdracht van HCSS. Bron: Policy Research Corporation, "Economische Potentie Cluster Aardobservatie Eindrapportage."

158 Onderzoek uitgevoerd in opdracht van HCSS. Bron: Ibid.

159 Onderzoek uitgevoerd in opdracht van HCSS. Bron: Ibid.

160 Onderzoek uitgevoerd in opdracht van HCSS. Bron: Ibid.

161 Holland Space Cluster, "De Ruimtevaartsector - Een Vlaggenschip van de Smart Economy van de Toekomst," 2013, http://www.hollandspacecluster.nl/De%20ruimtevaartsector%202013%20een%20vlaggenschip%20van%20de%20smart%20economy%20van%20de%20toekomst.pdf.

162 De Ingenieur, "Vervuilingsmeter Is Klaar Voor Vertrek," *De Ingenieur*, December 1, 2015, https://www.deingenieur.nl/artikel/vervuilingsmeter-is-klaar-voor-vertrek.

163 Zie Lucht- en Ruimtevaart Nederland, "Kenmerken Sector Lucht En Ruimtevaart: Hoogwaardig En Ambitieus," *Luchtenruimtevaart.nl*, accessed November 10, 2015, http://www.luchtenruimtevaart.nl/wie-wij-zijn/economisch-belang/kenmerken-sector.html.

164 "Nieuwe Projecten Aardobservatie En Planeetonderzoek," accessed November 2, 2015, http://www.nwo.nl/actueel/nieuws/2015/alw/nieuwe-projecten-aardobservatie-en-planeetonderzoek.html.

165 Rijksoverheid, "Wet Ruimtevaartactiviteiten" ( 's Gravenhage: Nederlandse Rijksoverheid, January 24, 2007), http://wetten.overheid.nl/BWBR0021418/geldigheidsdatum_24-11-2015#Hoofdstuk1.

166 Rijksoverheid, "Besluit Ongeleide Satellieten" (Wassenaar: Nederlandse Rijksoverheid, January 19, 2015), http://wetten.overheid.nl/BWBR0036190/geldigheidsdatum_24-11-2015#Artikel1.

167 Justitia.nl, "Privacywet & Persoonsgegevens - Bescherming Persoonsgegevens," *Justitita.nl*, accessed November 24, 2015, http://www.justitia.nl/privacy/.

168 Rijksoverheid, "Wet Ruimtevaartactiviteiten."

169 Ministerie van Defensie, "Raven-onbemand verkenningssysteem," *defensie.nl*, October 6, 2015, https://www.defensie.nl/onderwerpen/materieel/inhoud/vliegtuigen-en-helikopters/raven-mini-uav.

170 ITV Border, *Cumbria Police Are to Use Drones*, Digitale afbeelding, 2015, http://www.itv.com/news/border/story/2015-09-01/police-drones-taking-off-in-cumbria/.

171 Joost Pijpker, "Politie En Brandweer Krijgen Meer Mogelijkheden Voor Inzet Drones," *Nrc.nl*, March 2015, http://www.nrc.nl/nieuws/2015/03/02/politie-en-brandweer-krijgen-meer-mogelijkheden-voor-inzet-drones.

172 Rijksoverheid, "Mag Ik Een Drone Inzetten Voor Zakelijk Gebruik?," *Rijksoverheid.nl*, accessed November 24, 2015,

https://www.rijksoverheid.nl/onderwerpen/drone/vraag-en-antwoord/regels-drone-zakelijk-gebruik. Daarnaast stelt de overheid eisen aan de omstandigheden waarin wordt gevlogen. Hieronder vallen onder andere dat de bestuurder (of een waarnemer) de drone te allen tijde moet kunnen zien, er nooit in het donker gevlogen mag worden, en er altijd voorrang moet worden gegeven aan andere luchtvaartuigen, zoals vliegtuigen, helikopters, zweeftoestellen, en luchtschepen.

173 Arnoud Engelfriet, "Camerabeelden Mogen Vier Weken Worden Bewaard," *ICTRecht*, accessed November 24, 2015, https://ictrecht.nl/beveiliging/camerabeelden-mogen-vier-weken-worden-bewaard/.

174 European Space Policy Institute (ESPI), "Current Legal Issues for Satellite Earth Observation - Treaty Verification and Law Enforcement through Satellite Earth Observation. Privacy Conflicts from High Resolution Imaging. Report 25," August 2010.

175 Rijksoverheid, "Instellingsbesluit Interdepartementale Commissie Ruimtevaart 2014" ( 's Gravenhage, June 24, 2014), http://wetten.overheid.nl/BWBR0035277/geldigheidsdatum_09-12-2015.

176 EARSC, NSO, "Uitvoeringsagenda Toepassingen Satellietdata. De Ruimte Voor Het Gebruik. Meerwaarde Voor Onze Aarde En Onze Economie.", p. 14.

177 uit interview met vertegenwoordiger Ministerie van Defensie

178 R.F. (Rob) de Jong, "Het Militair Gebruik van de Ruimte, de Nederlandse Positie," Defensie, (April 15, 2010), https://afdelingen.kiviniria.net/media-afdelingen/DOM100000140/Activiteiten2010/0414_Kooy_symposium,_Kooy_prijs_en_Lid_van_Verdien/Rob_de_Jong.pdf.

179 Ministerie van Defensie, "6 innovatiethema's," onderwerp, *Defensie*, (June 5, 2015), https://www.defensie.nl/onderwerpen/innovatie/inhoud/6-innovatiethema.

180 Diederik Toet, "Defensie Overweegt Aanschaf Miniatuursatellieten," *Het Financieele Dagblad*, July 3, 2015, http://fd.nl/economie-politiek/1110097/defensie-overweegt-aanschaf-miniatuursatellieten.

181 "2.1 DE BELEIDSAGENDA 2015 - Vaststelling Begroting Ministerie van Defensie (X) Voor Het Jaar 2015 - Rijksbegroting.nl," accessed October 19, 2015, http://www.rijksbegroting.nl/2015/voorbereiding/begroting,kst199412_5.html.

182 Klinkenberg, "Space."

183 Op basis van interview met TNO in Den Haag.

184 RVO, "STARS: Sensor Technology Applied in Reconfigurable Systems for Sustainable Security" (Informatiebijeenkomst STARS Theme 2: Progress TAR meeting, Hengelo, Oktober 2014), http://www.rvo.nl/sites/default/files/2014/11/Informatie%20bijeenkomst%2028%20oktober%202014.pdf.

185 "Nederlandse Stappen Richting Sterren | 10 | de Vliegende Hollander," accessed December 18, 2015, https://magazines.defensie.nl/vliegendehollander/2014/10/space.

186 Op basis van interview met vertegenwoordiger van het ministerie van Defensie

187 Op basis van interview met vertegenwoordiger van het ministerie van Defensie

188 NSO roadmap orde en veiligheid, p. 27.

189 West Midlands Police, *West Midlands Police - Birmingham City Centre Protests*, Digitale afbeelding, July 20, 2012, Wikimedia Commons, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:West_Midlands_Police_-_Birmingham_city_centre_protests_(9326682481).jpg.

190 P. J. van Vliet et al., "Technologieradar Veiligheid 2014. Relevante Technologische Ontwikkelingen Als Input Voor (kennis-En) Innovatieagenda's" (TNO, 2014), https://www.nctv.nl/Images/tno-rapport-technologieradar-veiligheid-2014_tcm126-567297.pdf, p. 16.

191 Ger Nieuwpoort, "Introductiecolumn: Ruimte En Nationale Veiligheid," *Magazine Nationale Veiligheid En Crisisbeheersing*, 2008, http://www.nap.edu/catalog.php?record_id=12507.

192 EARSC, NSO, "Uitvoeringsagenda Toepassingen Satellietdata. De Ruimte Voor Het Gebruik. Meerwaarde Voor Onze Aarde En Onze Economie.", p. 39.

193 Ibid., p. 39.

194 Peter Elias en Frank Bekkers, "Nationale Innovatieagenda Veiligheid 2015 - Publiek-Privaat Innoveren Voor Veiligheid En Welvaart," *The Hague Security Delta*, 2014, https://thehaguesecuritydelta.com/images/NIAV_FINAL.pdf, p. 21.

195 EARSC, NSO, "Uitvoeringsagenda Toepassingen Satellietdata. De Ruimte Voor Het Gebruik. Meerwaarde Voor Onze Aarde En Onze Economie."

196 EO, "Copernicus (European Commission Earth Observation Program) / Formerly GMES," *EO: Sharing Earth Observation Resources. EoPortal Directory*, accessed October 26, 2015, https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/c-missions/copernicus.

197 Rijksoverheid, "Vaststelling van de Begrotingsstaten van Het Ministerie van Veiligiheid En Justitie (VI) Voor Het Jaar 2015," Rijksbegroting 2015, VI Veiligheid En Justitie ( 's Gravenhage, September 16, 2014), p. 210.

198 Nederlandse Kustwacht, "Kustwacht Op Koers," *Speciale Editie: Visie 2020*, March 2014.

199 Interview met Directeur Kustwacht Ed Veen, 01/10/2015.

200 International Maritime Organisation (IMO), "E-Navigation," *Imo.org*, 2015, http://www.imo.org/en/OurWork/Safety/Navigation/Pages/eNavigation.aspx.

201 Interview met Directeur Kustwacht Ed Veen, 01/10/2015.

202 NLR News, "Onbemande Helikopter Voor Kustwacht," May 19, 2014, http://wp.nlr.nl/2014/05/19/onbemande-helikopter-voor-kustwacht/.

203 Nederlandse Kustwacht, "Demonstratie Onbemand Vliegen," kustwacht.nl, (April 30, 2014), https://www.kustwacht.nl/nl/node/239.

204 Patrick Grieco, *Monitoring Aboard the USS Mesa Verde*, Digitale afbeelding, April 24, 2009, Wikimedia Commons, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Monitoring_aboard_the_USS_Mesa_Verde_DVIDS168302.jpg.

205 EARSC, NSO, "Uitvoeringsagenda Toepassingen Satellietdata. De Ruimte Voor Het Gebruik. Meerwaarde Voor Onze Aarde En Onze Economie."

206 G4AW, "About G4AW," *G4AW Spaceoffice*, 2015, http://g4aw.spaceoffice.nl/en/About-G4AW/.

207 EARSC, NSO, "Uitvoeringsagenda Toepassingen Satellietdata. De Ruimte Voor Het Gebruik. Meerwaarde Voor Onze Aarde En Onze Economie."

208 Op basis van interview met vertegenwoordiger van BZ

209 Rijksoverheid, "Vaststelling van de Begrotingsstaten van Het Ministerie van Economische Zaken (XIII) En Het Diergezondheidsfonds (F) Voor Het Jaar 2015," Rijksbegroting 2015, XIII Economische Zaken ( 's Gravenhage, September 16, 2014), https://www.rijksoverheid.nl/binaries/rijksoverheid/documenten/begrotingen/2014/09/16/

xiii-economische-zaken-rijksbegroting-2015/xiii-economische-zaken.pdf.

210 SpaceTec, "Assessing the Economic Value of Copernicus: " The potential of Earth Observation and Copernicus Downstream Services for the Non-Life Insurance Sector"" (December 2012), p. 5. http://www.copernicus.eu/sites/default/files/library/GMES_GIO_LOT3_Sector_Summary_Insurance_final.pdf

211 Zie Taakgroep Toepassingen Satellietdata o.l.v. voorzitter European Association of Remote Sensing Companies (EARSC), "De Ruimte Voor Het Gebruik - Meer Waarde Voor Onze Aarde", p. 19.

212 Clayton Christensen, "Disruptive Innovation," *Clayton Christensen*, 2015, http://www.claytonchristensen.com/key-concepts/.

213 "Lucht- En Ruimtevaart," accessed November 2, 2015, http://www.bureauveritas.nl/home/your-industry/aerospace/.

214 Taakgroep Toepassingen Satellietdata o.l.v. voorzitter European Association of Remote Sensing Companies (EARSC), "De Ruimte Voor Het Gebruik - Meer Waarde Voor Onze Aarde.", p. 20.

215 Zie "Kernpunten KIA HTSM 2016-2019."

216 Lucht- en Ruimtevaart Nederland, "Topsector HTSM Roadmap Space 2015-2020, Issue 2.1," June 2015.

217 Taakgroep Toepassingen Satellietdata o.l.v. voorzitter European Association of Remote Sensing Companies (EARSC), "De Ruimte Voor Het Gebruik - Meer Waarde Voor Onze Aarde."

218 NSO, "Spaceoffice.nl :: Toepassingen," accessed July 14, 2015, http://www.spaceoffice.nl/nl/Satelliettoepassingen/Toepassingen/.; SSTL Applications Brochure (Web), "Applications of Earth Observation."

219 Elias en Bekkers, "Nationale Innovatieagenda Veiligheid 2015 - Publiek-Privaat Innoveren Voor Veiligheid En Welvaart.", pp. 21-23.

220 EARSC, NSO, "Uitvoeringsagenda Toepassingen Satellietdata. De Ruimte Voor Het Gebruik. Meerwaarde Voor Onze Aarde En Onze Economie."

221 Nederlandse Rijksoverheid, "Samenvatting Nota Ruimtevaartbeleid 2014-2020," November 9, 2014, https://www.rijksoverheid.nl/binaries/rijksoverheid/documenten/beleidsnotas/2014/09/11/samenvatting-nota-over-ruimtevaartbeleid-2014-2020/samenvatting-nota-over-ruimtevaartbeleid-2014-2020.pdf.

222 Zie "Dutch Datacenter Association - Dutch Datacenter Association, de Brancheorganisatie van Nederlandse Datacenters.," accessed December 4, 2015, http://www.dutchdatacenters.nl/.

223 "Definitiestudie NEVASCO," March 2015, http://www.oceanspaceconsult.com/wp-content/uploads/2015/03/rapport-Definitiestudie-ADI_NEVASCO_Final.pdf, p. 5.

224 Ron Martin and Peter Sunley, "Deconstructing Clusters: Chaotic Concept of Policy Panacea," November 21, 2001, http://core.ac.uk/download/pdf/7151243.pdf.

225 Mieke Lustenhouwer, "Clusters Beschouwd; In's En Out's van Het Clusterbegrip," *Telos*, accessed July 3, 2015, http://www.telos.nl/Publicaties/PublicatiesBoeken/148597.aspx?t=Clusters+beschouwd%3B+in%27s+en+out%27s+van+het+clusterbegrip.

226 John Dagevos and Zsuszanna Tomor, "Clusters Beschouwd: In's En Out's van Het Clusterbegrip" (Tilburg: Telos, 2011), http://www.telos.nl/Telos/Medewerkers/MDagevos/148597.aspx?t=Clusters%20beschouwd;%20in%27s%20en%20out%27s%20van%20het%20clusterbegrip.

227 Michael E. Porter, "Clusters and the New Economics of Competition," *Harvard Business Review*, 1998, https://hbr.

org/1998/11/clusters-and-the-new-economics-of-competition.
228 Dagevos and Tomor, "Clusters Beschouwd: In's En Out's van Het Clusterbegrip."
229 Ibid.
230 Sophie Roborgh and Anika Snel, "Internationale Clusters in Vergelijkend Perspectief - Best Practices Voor de Opzet van The Hague Security Delta" (The Hague Centre for Strategic Studies (HCSS), The Hague, December 2012), http://www.slideshare.net/AnikaSnel/internationale-clusters-in-vergelijkend-perpsectief.
231 Dagevos and Tomor, "Clusters Beschouwd: In's En Out's van Het Clusterbegrip."
232 Ibid.
233 Originele citaat: "Operators try to leverage each other's strengths to better compete for government and commercial market share". MarketWatch, 2015
234 John Stuckey and David White, "When and When Not to Vertically Integrate," *McKinsey & Company*, August 1993, http://www.mckinsey.com/insights/strategy/when_and_when_not_to_vertically_integrate.
235 Neil Kokemuller, "The Advantages of a Vertical Integration Strategy," *Small Business - Chron.com*, accessed July 6, 2015, http://smallbusiness.chron.com/advantages-vertical-integration-strategy-20987.html.
236 Triple Helix Research Group, "The Triple Helix Concept," *Stanford*, accessed July 6, 2015, http://triplehelix.stanford.edu/3helix_concept.
237 Dagevos and Tomor, "Clusters Beschouwd: In's En Out's van Het Clusterbegrip."
238 Michael J. Enright, "Regional Clusters: What We Know and What We Should Know," in *Innovation Clusters and Interregional Competition*, ed. Professor Dr Johannes Bröcker, Dr Dirk Dohse, and Professor Dr Rüdiger Soltwedel, Advances in Spatial Science (Springer Berlin Heidelberg, 2003), 99–129, http://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-540-24760-9_6.
239 2006 OECD, "What Indicators for Cluster Policies in the 21st Century?," accessed July 3, 2015, http://www.oecd.org/sti/inno/37443546.pdf.
240 Committee of the Regions, *Clusters and Clustering Policy: A Guide for Regional and Local Policy Makers* (Brussels: EC, 2010), http://cor.europa.eu/en/Archived/Documents/59e772fa-4526-45c1-b679-1da3bae37f72.pdf.
241 Ibid.
242 Sophie Roborgh and Anika Snel, "Internationale Clusters in Vergelijkend Perspectief - Best Practices Voor de Opzet van The Hague Security Delta."
243 Ibid.
244 The Hague Centre for Strategic Studies (HCSS), "Geen Maritieme Macht Zonder Maritieme Kunde," *The Hague Centre for Strategic Studies (HCSS)*, December 20, 2011, http://www.hcss.nl/reports/geen-maritieme-macht-zonder-maritieme-kunde/86/.
245 Maritiem Nederland, "Dossier: Maritieme Cluster," *Maritiemnederland.com*, accessed November 10, 2015, http://www.maritiemnederland.com/dossiers/maritieme-cluster/item53.
246 Nederland Maritiem Land, "Stichting Nederland Maritiem Land," *Maritiemland.nl*, accessed November 10, 2015, http://www.maritiemland.nl/rol-nederland-maritiem-land/.
247 Maritiem Nederland, "Dossier: Maritieme Cluster."
248 Sophie Roborgh and Anika Snel, "Internationale Clusters in Vergelijkend Perspectief - Best Practices Voor de Opzet

van The Hague Security Delta."

249 Gemeente Den Haag, "Veiligheidscluster - The Hague Security Delta (HSD)," *Denhaag.nl*, Oktober 2015, http://www.denhaag.nl/fr/residents/to/Veiligheidscluster-The-Hague-Security-Delta-HSD.htm.

250 Onderzoek uitgevoerd in opdracht van HCSS. Bron Policy Research Corporation, "Economische Potentie Cluster Aardobservatie Eindrapportage.".

251 Onderzoek uitgevoerd in opdracht van HCSS. Bron: Ibid.

252 Onderzoek uitgevoerd in opdracht van HCSS. Bron: Ibid.

253 Onderzoek uitgevoerd in opdracht van HCSS. Bron: Ibid.

254 Onderzoek uitgevoerd in opdracht van HCSS. Bron: Ibid.

255 Onderzoek uitgevoerd in opdracht van HCSS. Bron: Ibid.

256 Onderzoek uitgevoerd in opdracht van HCSS. Bron: Ibid.

257 Onderzoek uitgevoerd in opdracht van HCSS. Bron: Ibid.

258 Taakgroep Toepassingen Satellietdata o.l.v. voorzitter European Association of Remote Sensing Companies (EARSC), "De Ruimte Voor Het Gebruik - Meer Waarde Voor Onze Aarde.", p. 22.

259 Sophie Roborgh and Anika Snel, "Internationale Clusters in Vergelijkend Perspectief - Best Practices Voor de Opzet van The Hague Security Delta."

260 "Oost-Nederlandse Bedrijven Bundelen Krachten in Smart Space Cluster," accessed December 2, 2015, http://www.tubantia.nl/regio/oost-nederlandse-bedrijven-bundelen-krachten-in-smart-space-cluster-1.5469894.

261 "Provincie Investeert in Ruimtevaart - Provincie Gelderland," accessed December 2, 2015, http://www.gelderland.nl/Provincie-investeert-in-ruimtevaart.

262 Voorbeelden zijn chemiebedrijven, de haven van Rotterdam, verzekeringsinstellingen, organisaties zoals Europol en de NAVO alsmede humanitaire NGOs en de internationale gerechtshoven.

263 "Deelnemers van de Dutch Datacenter Association - Dutch Datacenter Association," accessed December 2, 2015, http://www.dutchdatacenters.nl/deelnemers.html.

264 Op basis van vergelijk met data uit Linco Nieuwenhuyzen &Mirjam Visscher. *Wereldspeler met groeikansen: Economische Monitor Zuid-Holland 2015*, p. 21.

265 Onderzoek uitgevoerd in opdracht van HCSS. Bron: Policy Research Corporation, "Economische Potentie Cluster Aardobservatie Eindrapportage."

266 Jan Peter van der Toren and et.al., "Unmanned Valley: Scenario's Voor Een Technologiegedreven Ontwikkeling van Vliegveld Valkenburg.", p. 27.

267 Ibid., p. 38.

268 Ibid., p. 33.

269 Ibid., pp. 46-47. Het rapport gaat hierbij uit van een max-scenario waarbij het vliegveld volledig tot ontwikkeling komt. Hierbij wordt geen jaartal genoemd wanneer deze situatie tot stand is gekomen. Tevens zijn hierbij, in tegenstelling tot de cijfers die worden genoemd bij de clustervarianten, de werkgelegenheidseffecten op de gehele testlocatie meegenomen, dus inclusief bedrijven die zich niet met AO bezig houden en een deel van de indirecte werkgelegenheid.

270 EARSC, NSO, "Uitvoeringsagenda Toepassingen Satellietdata. De Ruimte Voor Het Gebruik. Meerwaarde Voor

Onze Aarde En Onze Economie."

271 Gebaseerd op memo Stappenplan HSD implementatie NIAV

272 De Kamer van Koophandel in Den Haag heeft daarnaast het plan Tempo in de Topregio als toekomstvisie ontwikkeld, waarin clusters een belangrijke plaats innemen.

273 UK Government, UK Space Agency, "Executive Summary: The Size & Health of the UK Space Industry." pp. 3-4.

274 Ibid. p. 8.

275 Bron: Ibid.

276 Ibid. p. 10.

277 UK Space Agency, "Strategic Implementation Plan: Earth Observation."

278 nceo.ac.uk, "NCEO - National Centre for Earth Observation, Homepage," 2015, http://www.nceo.ac.uk/.

279 Airbus Defence and Space, "Earth Observation, Satellite and Geo-Information," accessed September 1, 2015, http://www.space-airbusds.com/en/geo-information-services/.

280 SSTL Applications Brochure (Web), "Applications of Earth Observation."

281 UK Space Agency, "Strategy for Earth Observation from Space," June 2013, https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/350655/EO_Strategy_-_Finalv2.pdf.

282 David Aplin en Doreen Boyd, "The Earth Observation Technology Cluster," 2012, http://www.int-arch-photogramm-remote-sens-spatial-inf-sci.net/XXXIX-B6/31/2012/isprsarchives-XXXIX-B6-31-2012.pdf.

283 "NERC - About Us," accessed September 17, 2015, http://www.nerc.ac.uk/about/.

284 eotech, "Earth Observation Technology Cluster - One Earth Observation Technology Cluster Community, and Wider Earth Observation Community.," nottingham.ac.uk, accessed September 17, 2015, https://www.nottingham.ac.uk/eotechcluster/community/community.aspx.

285 Ibid.

286 "Circumpolar and Cryospheric Theme, Earth Observation Technology Cluster," accessed September 22, 2015, https://www.nottingham.ac.uk/eotechcluster/themes/circumpolar.aspx.; University of Nottingham, "Earth Observation Technology Cluster -Eotechcluster," accessed September 17, 2015, http://www.nottingham.ac.uk/eotechcluster/documents/events/5may2010clusterkickoff/2-eotechcluster.pdf.

287 Paul Aplin en Doreen Boyd, "Innovative Technologies for Terrestrial Remote Sensing," *Remote Sensing* 7, no. 4 (April 22, 2015): 4968–72, doi:10.3390/rs70404968.

288 EoTech Cluster, "Earth Observation Technology Cluster Kickoff" (The Cluster's Kick-Off Meeting, The Geological Society, London, May 5, 2010), https://www.nottingham.ac.uk/eotechcluster/documents/events/5may2010clusterkickoff/2-eotechcluster.pdf.

289 Geoff Burbidge en David Hall, "Astrium S-Band Airborne Demonstrator Opportunity" (Portsmouth UK, September 13, 2012), https://www.nottingham.ac.uk/eotechcluster/documents/astrium-s-band-airborne-demonstrator-opportunity-final-v2.pdf.

290 F. Kahlid, "Earth Observation Technology Cluster - RSPSoc FTIR Thermal Workshop," *Nottingham.ac.uk*, September 2012, https://nottingham.ac.uk/eotechcluster/events/rspsoc2012/ftirthermal-workshop,-rspsoc-2012.aspx.

291 Earth Observation Technology Cluster, "Earth Observation Technology Cluster: A Knowledge Exchange Project Funded by NERC.," accessed July 31, 2015, http://www.nottingham.ac.uk/eotechcluster/about.aspx.

292 BARSC, "BARSC Members," *British Association of Remote Sensing Companies*, 2015, http://www.barsc.org.uk/index.php/barsc-members/.

293 "UK Space Agency Announced / Welcome to ESA / About Us / ESA," 2010, http://www.esa.int/About_Us/Welcome_to_ESA/UK_Space_Agency_announced.

294 Catapult, "About the Catapult Centres - Catapult," accessed October 7, 2015, https://www.catapult.org.uk/about-us-text.

295 Taakgroep Toepassingen Satellietdata o.l.v. voorzitter European Association of Remote Sensing Companies (EARSC), "De Ruimte Voor Het Gebruik - Meer Waarde Voor Onze Aarde." p. 32.

296 Hickey, "Satellite Data Offers Fresh Perspectives for Piracy and Insurance to Farming."

297 "Funding - Satellite Applications Catapult," accessed July 31, 2015, https://sa.catapult.org.uk/funding#.

298 Catapult, "About the Catapult Centres - Catapult."

299 "Funding - Satellite Applications Catapult."

300 Er zijn drie types van de NSTP-beurs: de '' Technology Fast Track' beurs (bedragen van £50.000 - £150.000 pond, looptijd max. 12 maanden), 'Pathfinder Grants' (een bedrag van maximaal £50.000, met een looptijd van niet meer dan 6 maanden), en NSTP "Grants for Exploratory Idea's", zogenaamde mini-studies (accepteren doorlopend voorstellen, subsidie van maximaal £10.000, looptijd niet meer dan 3 maanden. Aankondigingen voor NSTP programma's worden gedaan door het UK space agency en het Centre for Earth Observation Instrumentation. Ibid.

301 Zie onder andere: Caroline Baldwin, "Tech City Needs Second Stage Investment and More Space, Says Huddle CEO," *Computerweekly.com*, June 27, 2013, http://www.computerweekly.com/news/2240187036/Tech-City-needs-second-stage-investment-and-more-space-says-Huddle-CEO.; Caroline Baldwin, "Interview: Joanna Shields, CEO, Tech City," *Computerweekly.com*, July 11, 2013, http://www.computerweekly.com/news/2240187838/Interview-Joanna-Shields-CEO-Tech-City.; Dominic Campbell, "Is the Government Breaking down Tech Barriers – or Putting Them Up?," *Techcitynews.com*, January 2014, http://techcitynews.com/2014/01/06/breaking-down-or-putting-up-barriers-to-growth-tech-city-and-government-policy/.

302 Caroline Baldwin, "Interview: Joanna Shields, CEO, Tech City."

303 Tech City, "Future Fifty from Tech City UK," *Futurefifty.com*, accessed November 10, 2015, http://futurefifty.com/#programme.

304 Satellite Applications, "Small Is the New Big. White Paper Innovate UK. Nano/Micro-Satellite Missions for Earth Observation and Remote Sensing.," *Catapult*, accessed July 31, 2015, https://sa.catapult.org.uk/documents/10625/98458/Small+is+the+new+Big1.2.pdf/a669be4b-0881-4e36-8958-e85e41a19792.

305 The Indian Express, "ISRO to Launch Five British Satellites into Orbit on July 10," accessed July 31, 2015, http://indianexpress.com/article/technology/science/isro-to-launch-five-british-satellites-into-orbit-on-july-10/.

306 "New Era in Earth Observation to Lift off with UK Technology Aboard," accessed July 31, 2015, http://ec.europa.eu/unitedkingdom/press/frontpage/2014/14_31_en.htm.

307 Euroconsult, "Earth Observation: Defense & Security. World Prospects to 2022 - 2013 Brochure, 2nd Edition," 2013, http://www.euroconsult-ec.com/research/earth-observation-defense-security-2013-brochure.pdf.

308 Euroconsult, "Significant Supply Expansion for EO Industry; Data Demand Driven by Defense & Emerging Markets - New Operators to Launch Satellite Capacity with Potential to Disrupt Market & Open New Service Areas,"

September 16, 2015, http://www.euroconsult-ec.com/16_September_2015.

309 US Department of Defense, "United States Department of Defense Weather Programs - Section 3," Office of the Federal Coordinator for Meteorology (ofcm), accessed October 7, 2015, http://www.ofcm.gov/fedplan/fp-fy01/pdf/sec3b_dod.pdf.

310 National Centers for Environmental Information, "NOAA/NGDC - Earth Observation Group - Defense Meteorological Satellite Progam, DMSP," *NGDC NOAA*, accessed October 5, 2015, http://www.ngdc.noaa.gov/eog/dmsp.html.

311 Jon Campbell, USGS, "Observing Earth Today and Tomorrow."

312 "Earth Observation Industry Alliance: EOIA & Mission," *EOIA | Earth Observation Industry Alliance*, accessed August 6, 2015, http://www.eoia.org/about/.

313 Ibid.

314 Ibid.

315 NSTC, "National Plan for Civil Earth Observations" (Executive Office of the President of the United States - National Science and Technology Council, July 18, 2014), https://www.whitehouse.gov/sites/default/files/microsites/ostp/NSTC/national_plan_for_civil_earth_observations_-_july_2014.pdf.

316 "GEO - Group on Earth Observations," accessed October 28, 2015, https://www.earthobservations.org/wigeo.php.

317 "U.S. Group on Earth Observations," *The White House*, accessed August 6, 2015, https://www.whitehouse.gov/node/282051.

318 "About the CSC - Colorado Space Coalition," 2015, http://www.spacecolorado.org/about-us.

319 U.S. Cluster Mapping, "Colorado Space Coalition," *Clustermapping.us*, 2014, http://www.clustermapping.us/content/colorado-space-coalition.

320 Magnolia Business Alliance (MBA), "Enterprise for Innovative Geospatial Solutions (EIGS)," *Magnolia Business Alliance*, accessed September 30, 2015, http://www.magnolia-ba.biz/.

321 U.S. Cluster Mapping, "Enterprise for Innovative Geospatial Solutions," *Clustermapping.us*, 2014, http://www.clustermapping.us/content/enterprise-innovative-geospatial-solutions.

322 TCI, "Enterprise for Innovation Geospatial Solutions," *TCI - The Global Practioners Network for Competitiveness, Clusters and Innovation*, accessed October 2, 2015, http://www.tci-network.org/initiatives/initiative/4368.

323 Magnolia Business Alliance (MBA), "Enterprise for Innovative Geospatial Solutions (EIGS)."

324 "About AMS - American Meteorological Society," accessed September 23, 2015, https://www2.ametsoc.org/ams/index.cfm/about-ams/.

325 DigitalGlobe - about us, "DigitalGlobe's Satellite Constellation Is the Best in the World: WorldView-3," 2015, https://www.digitalglobe.com/about-us/content-collection.

326 NASA, "Stratospheric Aerosol and Gas Experiment III on ISS | NASA's Earth Observing System," 2015, http://eospso.nasa.gov/missions/stratospheric-aerosol-and-gas-experiment-iii-iss.

327 American Meteorological Society, "Earth Observations, Science and Services for the 21st Century - Policy Workshop Report," May 2012, https://www2.ametsoc.org/ams/index.cfm/linkservid/51EF9E17-F17A-1F92-1648570956D5F9A2/showMeta/0/.

328 TNO Physics and Electronics Laboratory, Peter Hoogeboom, and Philippe Steeghs, "A Prospective View: Integrated Observation Networks of the Future."

329 Belward en Skøien, "Who Launched What, When and Why; Trends in Global Land-Cover Observation Capacity from Civilian Earth Observation Satellites."

330 Margaret R O'Leary, *The Dictionary of Homeland Security and Defense* (New York: iUniverse, 2006)., p. 151.

331 Belward en Skøien, "Who Launched What, When and Why; Trends in Global Land-Cover Observation Capacity from Civilian Earth Observation Satellites."

332 Adam Keith, "Emerging Programs, Markets Drive Earth Observation Growth."

333 Francesco Liucci, "Indicator of Trends Report," *Earth Observation 21st Century (EO21)*, 2015, http://www.eo21.org/wp-content/uploads/2015/03/EO21-Indicator-of-Trends-Report-FINAL.pdf, p. 28.

334 World Bank Group, "State of Satellite Imagery," 2015, http://satsummit.github.io/landscape/#capture.

335 EO, "Copernicus (European Commissions Earth Observation Program) / Formerly GMES."

336 Belward and Skøien, "Who Launched What, When and Why; Trends in Global Land-Cover Observation Capacity from Civilian Earth Observation Satellites."

337 Hoe groter de cirkel, hoe meer satellieten in dat decennium werden gelanceerd. De donkere tint verwijst naar de satellieten die reeds aan het eind van hun missie zijn. Bron: Ibid.

338 Siegfried W. Janson, "25 Years of Small Satellites," in *The Aerospace Corporation*, 2011, http://digitalcommons.usu.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1117&context=smallsat.

339 The Economist, "New Roles for Technology: Rise of the Robots.," March 29, 2014, http://www.economist.com/news/leaders/21599762-prepare-robot-invasion-it-will-change-way-people-think-about-technology-rise.

340 E Savaira, "A New Era of Highly Miniaturized Space Technologies, Allowing to Develop High Performing, Light and Affordable Earth Observation Missions" (Alcatel Alenia Space, Cannes - la-Bocca, France), accessed October 26, 2015, http://www.isprs.org/proceedings/XXXVI/part1/Papers/T04-17.pdf.

341 SpaceWorks Enterprises Inc (SEI), "Nano/Microsatellite Market Assessment 2014," *Sei.aero*, 2014, http://www.sei.aero/eng/papers/uploads/archive/SpaceWorks_Nano_Microsatellite_Market_Assessment_January_2014.pdf.

342 Francesco Liucci, "Indicator of Trends Report," *Earth Observation 21st Century (EO21)*, 2015, http://www.eo21.org/wp-content/uploads/2015/03/EO21-Indicator-of-Trends-Report-FINAL.pdf, p. 21.

343 Declan Butler, "Many Eyes on Earth : Swarms of Small Satellites Set to Deliver close to Real-Time Imagery of Swathes of the Planet," *Nature.com*, January 8, 2014, http://www.nature.com/news/many-eyes-on-earth-1.14475.

344 ThalesGroup, "Stratobus," *Thales Alenia Space - Satellite 2015*, March 16, 2015, Innovation edition.

345 Jean-Philippe Chessel, Space Q&A: all about Stratobus | Thales Group, Webpagina ThalesGroup, May 22, 2015, https://www.thalesgroup.com/en/worldwide/space/magazine/space-qa-all-about-stratobus.

346 Meidad Pariente, "Nanosatellite Industry Overview - February 2014 Update," 04:16:13 UTC, http://www.slideshare.net/mpariente/nanosatellite-industry-overview-updated-022014.

347 Koninklijke Luchtmacht, "Nederlandse Doctrine Voor Air & Space Operations (DP-3.3)," accessed July 15, 2015.

348 Carolyn Belle, "Mass Challenge for Cubesats," *Northern Sky Research (NSR)*, July 6, 2015, http://www.nsr.com/news-resources/the-bottom-line/mass-challenge-for-cubesats/.

349 Golubovich, "Space Race 2.0 - Why This Is a Great Time to Invest in Space Tech."

350 The Tauri Group, "2015 State of the Industry Report," June 2015, http://www.sia.org/wp-content/uploads/2015/06/Mktg15-SSIR-2015-FINAL-Compressed.pdf, p. 21.

351 Charles Poladian I, "Space Venture Capitalism: Will There Be Another SpaceX In The Booming Commercial Space Industry," *International Business Times*, January 15, 2015, http://www.ibtimes.com/pulse/space-venture-capitalism-will-there-be-another-spacex-booming-commercial-space-1785018.

352 Stephan De Spiegeleiere en Frank Bekkers, "Space: New Policy Options for Small- and Medium-Sized Defense Organization," *Researchgate.net*, January 2012, http://www.researchgate.net/publication/229428347_Space_New_Policy_Options_for_Small-_and_Medium-Sized_Defense_Organization.

353 EO: Sharing Earth Obsrvation Resources - eoPortal Directory, "Iridium NEXT (Hosting Payloads on a Communications Constellation)," *Directory.eoportal*, accessed October 30, 2015, https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/i/iridium-next.

354 Mark Andraschko et al., "The Potential for Hosted Payloads at NASA," *NASA*, 2012, http://ntrs.nasa.gov/archive/nasa/casi.ntrs.nasa.gov/20120003420.pdf, p. 2.

355 Menno Steketee, "Sensornetwerken Als Een Zwitsers Zakmes," *Technischweekblad.nl*, November 12, 2012, https://www.technischweekblad.nl/nieuws/sensornetwerken-als-een-zwitsers-zakmes/item5448.

356 Rainer Sandau, *International Study on Cost-Effective Earth Observation Missions* (CRC Press, 2006), p. 72.

357 Declan Butler, "Many Eyes on Earth : Swarms of Small Satellites Set to Deliver close to Real-Time Imagery of Swathes of the Planet."

358 TNO Physics and Electronics Laboratory, Peter Hoogeboom, and Philippe Steeghs, "A Prospective View: Integrated Observation Networks of the Future."

359 Sudip Nag, Jacqueline LeMoigne, and Olivier de Weck, "Cost and Risk Analysis of Small Satellite Constellations for Earth Observation," in *Aerospace Conference, 2014 IEEE* (IEEE, 2014), 1–16, http://ieeexplore.ieee.org/xpls/abs_all.jsp?arnumber=6836396.

360 Ibid, p. 1. Zie ook Andrew J. Tatem, Scott J. Goetz, and Simon I. Hay, "Fifty Years of Earth Observation Satellites," *American Scientist* 96, no. 5 (September 1, 2008): 390–98, doi:10.1511/2008.74.390.

361 "Commission to Open Global Earth Observation Data - News Alert - Research & Innovation - European Commission," accessed January 18, 2016, http://ec.europa.eu/research/index.cfm?pg=newsalert&year=2015&na=na-131115.

362 Thierry Ranchin, "Data Fusion in Remote Sensing: Examples," *Proceedings of the 4th Annual Conference on Information Fusion*, 2001. Zie ook Indiana University, "What Are GIS and Remote Sensing?," June 7, 2015, https://kb.iu.edu/d/anhs.; Victor Mesev, *Integration of GIS and Remote Sensing* (John Wiley & Sons, 2008), https://books.google.nl/books?id=PU-4CdTvO7wC.; National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA), "NOAA - National Oceanic and Atmospheric Administration - Earth Observation," accessed July 14, 2015, http://www.noaa.gov/eos.html.

363 Francesco Liucci, "Indicator of Trends Report," *Earth Observation 21st Century (EO21)*, 2015, http://www.eo21.org/wp-content/uploads/2015/03/EO21-Indicator-of-Trends-Report-FINAL.pdf, p. 20.

364 Michael A Wunder and Nicholas C. Coops, "Satellites: Make Earth Observations Open Access," *Nature.com*, September 2014, http://www.nature.com/news/satellites-make-earth-observations-open-access-1.15804#/b4.

365 Bureau of Public Affairs Department Of State. The Office of Website Management, "United States and European Union Sign Cooperation Arrangement on Copernicus Earth Observation Data," Press Release/Media Note, *U.S.*

*Department of State*, (October 19, 2015), http://www.state.gov/r/pa/prs/ps/2015/10/248336.htm.

366 R Nemani et al., "Collaborative Supercomputing for Global Change Science," *EOS, Transactions, American Geophysical Union*, March 2011.

367 Francesco Liucci, "Indicator of Trends Report," *Earth Observation 21st Century (EO21)*, 2015, http://www.eo21.org/wp-content/uploads/2015/03/EO21-Indicator-of-Trends-Report-FINAL.pdf, p. 27.

368 Geoff Sawyer and Marc de Vries, "About GMES and Data: Geese and Golden Eggs. A Study on the Economic Benefits of a Free and Open Data Policy for Sentinel Satellite Data. Final Report," *Esamultimedia*, December 2012, http://esamultimedia.esa.int/docs/EarthObservation/Open_Data_Study_Final_Report.pdf.

369 Zie bijvoorbeeld David P. Roy et al., "Accessing Free Landsat Data via the Internet: Africa's Challenge," *Remote Sensing Letters* 1, no. 2 (February 23, 2010), pp. 111–17.

370 Francesco Liucci, "Indicator of Trends Report," *Earth Observation 21st Century (EO21)*, 2015, http://www.eo21.org/wp-content/uploads/2015/03/EO21-Indicator-of-Trends-Report-FINAL.pdf, p. 27.

371 Matt Ball, "The Small Satellite Revolution: More Earth Observations at a Lower Cost," *Sensors & Systems*, September 2013, https://www.sensorsandsystems.com/article/features/31581-the-small-satellite-revolution-more-earth-observations-at-a-lower-cost.html.

372 University of Surrey, "Intelligent Processing of Multispectral Images on-Board Satellites," accessed November 9, 2015, http://www.surrey.ac.uk/ssc/research/onboarddata/previous_vdes/intelligent_processing_of_multispectral_images_onboard_satellites.htm.; EARSC, "WorldView-3: Setting New Standards in Earth Observation," March 2015, http://earsc.org/news/worldview-3-setting-new-standards-in-earth-observation.

373 NASA, "LANCE-MODIS," accessed October 26, 2015, http://lance-modis.eosdis.nasa.gov/about/.; NASA Earthdata and EOSDIS, "LANCE: NASA Near Real-Time Data and Imagery," accessed October 26, 2015, https://earthdata.nasa.gov/earth-observation-data/near-real-time.

374 Geoff Sawyer and Marc de Vries, "About GMES and Data: Geese and Golden Eggs. A Study on the Economic Benefits of a Free and Open Data Policy for Sentinel Satellite Data. Final Report."

375 Declan Butler, "Many Eyes on Earth : Swarms of Small Satellites Set to Deliver close to Real-Time Imagery of Swathes of the Planet."

376 Vaibhav R Pandit and R.J. Bhiwani, "Image Fusion in Remote Sensing Applications: A Review," *International Journal of Computer Applications (0975-8887)* 120, no. 10 (June 2015), http://research.ijcaonline.org/volume120/number10/pxc3903846.pdf.

377 Michael A. Wulder et al., "Opening the Archive: How Free Data Has Enabled the Science and Monitoring Promise of Landsat," *Remote Sensing of Environment*, Landsat Legacy Special Issue, 122 (July 2012): pp. 2–10, doi:10.1016/j.rse.2012.01.010.

378 Wang Chao, Qu Jishuang, and Liu Zhi, "Data Fusion, the Core Technology for Future On-Board Data Processing System," 2002, http://www.isprs.org/proceedings/XXXIV/part1/paper/00019.pdf.

379 Wunder and Coops, "Satellites: Make Earth Observations Open Access."

380 Library of the European Parliament, "Towards an EU Industrial Policy for Space," *Europarl.europa.eu*, July 31, 2013, http://www.europarl.europa.eu/RegData/bibliotheque/briefing/2013/130613/LDM_BRI(2013)130613_REV1_EN.pdf, p. 5.

381 Donald J. Kessler and Burton G. Cour-Palais, "Collision Frequency of Artificial Satellites: The Creation of a Debris Belt," *Journal of Geophysical Research* 83, no. A6 (June 1978): 2637–46, doi:10.1029/JA083iA06p02637.

382 Venet, "Key Trends in the European Earth Observation Sector.".

383 R. Harris, *Earth Observation Data Policy and Europe* (CRC Press, 2002).

384 European Space Policy Institute (ESPI), "Current Legal Issues for Satellite Earth Observation," p. 11.

385 Elias en Bekkers, "Nationale Innovatieagenda Veiligheid 2015 - Publiek-Privaat Innoveren Voor Veiligheid En Welvaart."

386 European Space Agency (ESA), "LearnEO! A Framework for Earth Observation Education," accessed August 17, 2015, http://www.learn-eo.org/about.php.

387 Committee on Earth Observation Satellites (CEOS), "Current Activities - CEOS," accessed August 17, 2015, http://ceos.org/ourwork/workinggroups/wgcapd/current-activities/.

388 ITC Enschede, "Recognition of Cross-Border Capacity Building in Earth Observation," *Unoosa.org*, November 2007, http://www.unoosa.org/pdf/publications/itc-xsum2007E.pdf, p. 1, p. 5.

# BIBLIOGRAFIE

# BIBLIOGRAFIE


"2.1 DE BELEIDSAGENDA 2015 - Vaststelling Begroting Ministerie van Defensie (X) Voor Het Jaar 2015 - Rijksbegroting.nl." Accessed October 19, 2015. http://www.rijksbegroting.nl/2015/voorbereiding/begroting,kst199412_5.html.

"About AMS - American Meteorological Society." Accessed September 23, 2015. https://www2.ametsoc.org/ams/index.cfm/about-ams/.

"About the CSC - Colorado Space Coalition," 2015. http://www.spacecolorado.org/about-us.

Airbus Defence and Space. "Earth Observation, Satellite and Geo-Information." Accessed September 1, 2015. http://www.space-airbusds.com/en/geo-information-services/.

Akvopedia. "3R (water) – Recharge, Retention and Reuse." Accessed September 16, 2015. http://akvopedia.org/wiki/3R_(water)_%E2%80%93_Recharge,_Retention_and_Reuse.

Albright, David, and Robert Avagyan, "Monitoring Activity at Punggye-Ri Nuclear Test Site." *Institute for Science and International Security*, February 13, 2013. Accessed January 29, 2016, http://isis-online.org/isis-reports/detail/monitoring-activity-at-punggye-ri-nuclear-test-site/10.

American Meteorological Society. "Earth Observations, Science and Services for the 21st Century - Policy Workshop Report," May 2012. https://www2.ametsoc.org/ams/index.cfm/linkservid/51EF9E17-F17A-1F92-1648570956D5F9A2/showMeta/0/.

Andraschko, Mark, Jeffrey Antol, Rosemary Baize, Stephan Horan, Doreen Neil, Pamela Rinsland, and Rita Zaiceva. "The Potential for Hosted Payloads at NASA." *NASA*, 2012. http://ntrs.nasa.gov/archive/nasa/casi.ntrs.nasa.gov/20120003420.pdf.

Aplin, Paul en Doreen Boyd. "The Earth Observation Technology Cluster," 2012. http://www.int-arch-photogramm-remote-sens-spatial-inf-sci.net/XXXIX-B6/31/2012/isprsarchives-XXXIX-B6-31-2012.pdf.

—. "Innovative Technologies for Terrestrial Remote Sensing." *Remote Sensing* 7, no. 4 (April 22, 2015): 4968–72. doi:10.3390/rs70404968.

Athena Global. "Global Earth Observation Trends." *Athenaglobal.com*. Accessed July 16, 2015. http://www.athenaglobal.com/pdf/AG_EO_guide_excerpts/AG_EO-trends.pdf.

Axe, David. "Russia Is Using Space Power in Its Attack on Syria." *The Daily Beast*, December 12, 2015. http://www.thedailybeast.com/articles/2015/12/16/russia-is-using-space-power-in-its-attack-on-syria.html.

Baldwin, Caroline. "Interview: Joanna Shields, CEO, Tech City." *Computerweekly.com*, July 11, 2013. http://www.computerweekly.com/news/2240187838/Interview-Joanna-Shields-CEO-Tech-City.

—. "Tech City Needs Second Stage Investment and More Space, Says Huddle CEO." *Computerweekly.com*, June 27, 2013. http://www.computerweekly.com/news/2240187036/Tech-City-needs-second-stage-investment-and-more-space-says-Huddle-CEO.

Ball, Matt. "The Small Satellite Revolution: More Earth Observations at a Lower Cost." *Sensors & Systems*, September 2013. https://www.sensorsandsystems.com/article/features/31581-the-small-satellite-revolution-more-earth-observations-at-a-lower-cost.html.

Barrington, Luke, and Shubharoop Ghosh. "Crowdsourcing Earthquake Damage Assessment Using Remote Sensing Imagery." *ANNALS OF GEOPHYSICS, 54, 6, 2011; Doi: 10.4401/ag-5324*, 2011. http://www.annalsofgeophysics.eu/index.php/annals/article/view/5324.

BARSC. "BARSC Members." *British Association of Remote Sensing Companies*, 2015. http://www.barsc.org.uk/index.php/barsc-members/.

"BBC - Future - Inside the Google Earth Satellite Factory." Accessed December 3, 2015. http://www.bbc.com/future/story/20140211-inside-the-google-earth-sat-lab.

Beck, Rob, and Corne van der Sande. "Satelliettoepassingen in de Praktijk van VenJ." *Magazine Nationale Veiligheid En Crisisbeheersing*, no. no. 5 (2015): 14.

Belle, Carolyn. "Mass Challenge for Cubesats." *Northern Sky Research (NSR)*, July 6, 2015. http://www.nsr.com/news-resources/the-bottom-line/mass-challenge-for-cubesats/.

Belward, Alan S., and Jon O. Skøien. "Who Launched What, When and Why; Trends in Global Land-Cover Observation Capacity from Civilian Earth Observation Satellites." *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, Global Land Cover Mapping and Monitoring, 103 (mei 2015): 115–28. doi:10.1016/j.isprsjprs.2014.03.009.

Berg, Nate. "Predicting Crime, LAPD-Style." *The Guardian*. June 25, 2014, sec. Cities. http://www.theguardian.com/cities/2014/jun/25/predicting-crime-lapd-los-angeles-police-data-analysis-algorithm-minority-report.

BlackSky. "BlackSky Global Homepage." *Black Sky.com*. Accessed December 3, 2015. http://www.blacksky.com/.

Burbidge, Geoff, and David Hall. "Astrium S-Band Airborne Demonstrator Opportunity." Portsmouth UK, September 13, 2012. https://www.nottingham.ac.uk/eotechcluster/documents/astrium-s-band-airborne-demonstrator-opportunity-final-v2.pdf.

Burg, van der, Gert. "Aardobservatie En Geo-Informatie: 1+1=3." *Vakblad van Geo-Informatie Nederland*. Accessed July 24, 2015. http://www.geo-info.nl/sites/nl.geo-info.www/files/documents/Geo%20Info%2004-2013-def.pdf.

Business Wire. "Research and Markets: United States Satellite-Based Earth Observation Services Market 2015-2019 with DigitalGlobe, MacDonald, Dettwiler & Associates & Skybox Imaging Dominating." *Businesswire.com*, January 20, 2015. http://www.businesswire.com/news/home/20150120005721/en/Research-Markets-United-States-Satellite-based-Earth-Observation.

Butler, Declan. "Many Eyes on Earth : Swarms of Small Satellites Set to Deliver close to Real-Time Imagery of Swathes of the Planet." *Nature.com*, January 8, 2014. http://www.nature.com/news/many-eyes-on-earth-1.14475.

Campbell, Dominic. "Is the Government Breaking down Tech Barriers – or Putting Them Up?" *Techcitynews.com*, January 2014. http://techcitynews.com/2014/01/06/breaking-down-or-putting-up-barriers-to-growth-tech-city-and-government-policy/.

Campbell, Jon. "Observing Earth Today and Tomorrow: A National Plan « Landsat Science." NASA, July 23, 2014. http://landsat.gsfc.nasa.gov/?p=8795.

Catapult. "About the Catapult Centres - Catapult." Accessed October 7, 2015. https://www.catapult.org.uk/about-us-text.

CGI. "Earth Observation." *CGI Group*, August 29, 2013. https://www.cgi-group.co.uk/public-sector/space/earth-observation.

Chessel, Jean-Philippe. Space Q&A: all about Stratobus I Thales Group. Webpagina ThalesGroup, May 22, 2015. https://www.thalesgroup.com/en/worldwide/space/magazine/space-qa-all-about-stratobus.

Christensen, Clayton. "Disruptive Innovation." *Clayton Christensen*, 2015. http://www.claytonchristensen.com/key-concepts/.

"Circumpolar and Cryospheric Theme, Earth Observation Technology Cluster." Accessed September 22, 2015. https://www.nottingham.ac.uk/eotechcluster/themes/circumpolar.aspx.

"Commission to Open Global Earth Observation Data - News Alert - Research & Innovation - European Commission." Accessed January 18, 2016. http://ec.europa.eu/research/index.cfm?pg=newsalert&year=2015&na=na-131115.

Committee of the Regions. *Clusters and Clustering Policy: A Guide for Regional and Local Policy Makers*. Brussels: EC, 2010. http://cor.europa.eu/en/Archived/Documents/59e772fa-4526-45c1-b679-1da3bae37f72.pdf.

Committee on Earth Observation Satellites (CEOS). "Current Activities - CEOS." Accessed August 17, 2015. http://ceos.org/ourwork/workinggroups/wgcapd/current-activities/.

Dagevos, John, and Zsuszanna Tomor. "Clusters Beschouwd: In's En Out's van Het Clusterbegrip." Tilburg: Telos, 2011. http://www.telos.nl/Telos/Medewerkers/MDagevos/148597.aspx?t=Clusters%20beschouwd;%20in%27s%20en%20out%27s%20van%20het%20clusterbegrip.

Davis, Thomas M. "Operationally Responsive Space–The Way Forward," 2015. http://digitalcommons.usu.edu/smallsat/2015/all2015/49/.

"Deelnemers van de Dutch Datacenter Association - Dutch Datacenter Association." Accessed December 2, 2015. http://www.dutchdatacenters.nl/deelnemers.html.

Defensie, Ministerie van. "Nederlandse Doctrine voor Air & Space Operations - Publicatie - Defensie.nl." Publicatie, December 18, 2014. https://www.defensie.nl/documenten/publicaties/2014/12/18/nederlandse-doctrine-voor-air--space-operations.

—. "Raven-onbemand verkenningssysteem." *defensie.nl*, October 6, 2015. https://www.defensie.nl/onderwerpen/materieel/inhoud/vliegtuigen-en-helikopters/raven-mini-uav.

"Definitiestudie NEVASCO," Maart 2015. http://www.oceanspaceconsult.com/wp-content/uploads/2015/03/rapport-Definitiestudie-ADI_NEVASCO_Final.pdf.

De Ingenieur. "Vervuilingsmeter Is Klaar Voor Vertrek." *De Ingenieur*, December 1, 2015. https://www.deingenieur.nl/artikel/vervuilingsmeter-is-klaar-voor-vertrek.

Department Of State. The Office of Website Management, Bureau of Public Affairs. "United States and European Union Sign Cooperation Arrangement on Copernicus Earth Observation Data." Press Release/Media Note. *U.S. Department of State*, October 19, 2015. http://www.state.gov/r/pa/prs/ps/2015/10/248336.htm.

De Spiegeleire, Stephan, en Frank Bekkers. "Space: New Policy Options for Small- and Medium-Sized Defense Organization." *Researchgate.net*, January 2012. http://www.researchgate.net/publication/229428347_Space_New_Policy_Options_for_Small-_and_Medium-Sized_Defense_Organization.

DigitalGlobe - about us. "DigitalGlobe's Satellite Constellation Is the Best in the World: WorldView-3," 2015. https://www.digitalglobe.com/about-us/content-collection.

DMC International Imaging. "Case Studies DMCii." *DMCii*. Accessed October 29, 2015. http://www.dmcii.com/?page_id=7500.

drones.nl. "Prorail Controleert Spoor Met Drone." *Drones.nl - Nieuws En Video's over Drones, Multicopters, UAV, Quadcopters*. Accessed September 17, 2015. http://www.drones.nl/prorail-controleert-spoor-met-drone/.

"Dutch Datacenter Association - Dutch Datacenter Association, de Brancheorganisatie van Nederlandse Datacenters." Accessed December 4, 2015. http://www.dutchdatacenters.nl/.

EARSC. "Business in Earth Observation: An Overview of Market Development and Emerging Applications." Accessed August 10, 2015. http://earsc.org/file_download/43/Business+in+Earth+Observation+eoVOX080508.pdf.

—. "WorldView-3: Setting New Standards in Earth Observation," March 2015. http://earsc.org/news/worldview-3-setting-new-standards-in-earth-observation.

EARSC, NSO. "Uitvoeringsagenda Toepassingen Satellietdata. De Ruimte Voor Het Gebruik. Meerwaarde Voor Onze Aarde En Onze Economie." *Oceanspaceconsult.com*, January 2015. http://www.oceanspaceconsult.com/wp-content/uploads/2015/03/Uitvoeringsagenda-Toepassingen-Satellietdata_v1.0_Final.pdf.

"EARSC: Satellite Earth-Observation Market in Midst of Major Industry Shift," October 22, 2014. http://earsc.org/.

"Earth Observation Industry Alliance: EOIA & Mission." *EOIA | Earth Observation Industry Alliance*. Accessed August 6, 2015. http://www.eoia.org/about/.

"Earth Observation Moves Closer to the Risk Business / Observing the Earth / Our Activities / ESA." Accessed December 3, 2015. http://www.esa.int/Our_Activities/Observing_the_Earth/Earth_observation_moves_closer_to_the_risk_business.

Earth Observation Technology Cluster. "Earth Observation Technology Cluster: A Knowledge Exchange Project Funded by NERC." Accessed July 31, 2015. http://www.nottingham.ac.uk/eotechcluster/about.aspx.

Elias, Peter, and Frank Bekkers. "Nationale Innovatieagenda Veiligheid 2015 - Publiek-Privaat Innoveren Voor Veiligheid En Welvaart." *The Hague Security Delta*, 2014. https://thehaguesecuritydelta.com/images/NIAV_FINAL.pdf.

Engelfriet, Arnoud. "Camerabeelden Mogen Vier Weken Worden Bewaard." *ICTRecht*. Accessed November 24, 2015. https://ictrecht.nl/beveiliging/camerabeelden-mogen-vier-weken-worden-bewaard/.

Enright, Michael J. "Regional Clusters: What We Know and What We Should Know." In *Innovation Clusters and Interregional Competition*, edited by Professor Dr Johannes Bröcker, Dr Dirk Dohse, and Professor Dr Rüdiger Soltwedel, 99–129. Advances in Spatial Science. Springer Berlin Heidelberg, 2003. http://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-540-24760-9_6.

Environmental expert. "Remote Sensing Companies and Suppliers with Offices in United Kingdom." Accessed September 28, 2015. http://www.environmental-expert.com/companies/keyword-remote-sensing-1212/office-in-united-kingdom.

— "Remote Sensing Companies and Suppliers with Offices in USA," 2015. http://www.environmental-expert.com/companies/keyword-remote-sensing-1212/office-in-usa.

EO. "Copernicus (European Commissions Earth Observation Program) / Formerly GMES." *EO: Sharing Earth Observation Resources. EoPortal Directory*. Accessed October 26, 2015. https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/c-missions/copernicus.

EO21. "Foresight Report - Draft," October 2015. http://www.eo21.org/wp-content/uploads/2015/03/EO21_Foresight-Report_FINAL.pdf.

EO: Sharing Earth Observation Resources - eoPortal Directory. "Iridium NEXT (Hosting Payloads on a Communications Constellation)." *Directory.eoportal*. Accessed October 30, 2015. https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/i/iridium-next.

eotech. "Earth Observation Technology Cluster - One Earth Observation Technology Cluster Community, and Wider Earth Observation Community." Nottingham.ac.uk. Accessed September 17, 2015. https://www.nottingham.ac.uk/eotechcluster/community/community.aspx.

EoTech Cluster. "Earth Observation Technology Cluster Kickoff." presented at The Cluster's Kick-Off Meeting, The Geological Society, London, May 5, 2010. https://www.nottingham.ac.uk/eotechcluster/documents/events/5may2010clusterkickoff/2-eotechcluster.pdf.

ESA. "ESA Map Reveals European Shipping Routes like Never before." *Observing the Earth / Our Activities / ESA*, May 22, 2009. http://www.esa.int/Our_Activities/Observing_the_Earth/ESA_map_reveals_European_shipping_routes_like_never_before.

"ESA - Eduspace EN - Home - Platforms," November 26, 2009. http://www.esa.int/SPECIALS/Eduspace_EN/SEM2BR3Z2OF_0.html.

"ESA Satellite Observations Identify Piracy Trends « Earth Imaging Journal: Remote Sensing, Satellite Images, Satellite Imagery." Accessed October 28, 2015. http://eijournal.com/news/industry-insights-trends/esa-satellite-observations-identify-piracy-trends.

ESRI. "Earth Observation Platform Benefits Planet." *ArcNews*, Spring 2014. http://www.esri.com/esri-news/arcnews/spring14articles/earth-observation-platform-benefits-planet.

Euroconsult. "Earth Observation: Defense and Security World Prospects to 2022," 2013. http://www.euroconsult-ec.com/research/earth-observation-defense-security-2013-brochure.pdf.

— "Earth Observation: Defense & Security. World Prospects to 2022 - 2013 Brochure, 2nd Edition," 2013. http://www.euroconsult-ec.com/research/earth-observation-defense-security-2013-brochure.pdf.

— "Satellite-Based Earth Observation: Market Prospects to 2024." 8th Edition, September 2015. http://www.euroconsult-ec.com/shop/earth-observation/74-satellite-based-earth-observation-market-prospects-to-2024.html.

— "Significant Supply Expansion for EO Industry; Data Demand Driven by Defense & Emerging Markets - New Operators to Launch Satellite Capacity with Potential to Disrupt Market & Open New Service Areas," September 16, 2015. http://www.euroconsult-ec.com/16_September_2015.

Euroconsult Research Rapport. "Satellite-Based Earth Observation: Market Prospects to 2023," Oktober 2014. http://www.euroconsult-ec.com/shop/earth-observation/60-satellite-based-earth-observation-market-prospects-to-2023.html.

European Commission. "Global Earth Observation System of Systems (GEOSS): Achievements to Date and Challenges to 2025," September 25, 2014. http://ec.europa.eu/transparency/regdoc/rep/10102/2014/EN/10102-2014-292-EN-F1-1.Pdf.

European Space Agency (ESA). "LearnEO! A Framework for Earth Observation Education." Accessed August 17, 2015. http://www.learn-eo.org/about.php.

European Space Policy Institute (ESPI). "Current Legal Issues for Satellite Earth Observation - Treaty Verification and Law Enforcement through Satellite Earth Observation. Privacy Conflicts from High Resolution Imaging. Report 25," August 2010.

European Union Satellite Centre. "EU SATELLITE CENTRE ANNUAL REPORT 2014." 2014, n.d.

European Union Satellite Centre SatCen. "Geospatial Intelligence." *SATCEN Services*. Accessed October 27, 2015. https://www.satcen.europa.eu/geospatial-link.php?section=2.

"Funding - Satellite Applications Catapult." Accessed July 31, 2015. https://sa.catapult.org.uk/funding#.

G4AW. "About G4AW." *G4AW Spaceoffice*, 2015. http://g4aw.spaceoffice.nl/en/About-G4AW/.

Gammon, Katherine. "Tracking Disease From Outer Space." *US News & World Report*, February 25, 2011. http://www.usnews.com/science/articles/2011/02/25/tracking-disease-from-outer-space.

Gemeente Den Haag. "Veiligheidscluster - The Hague Security Delta (HSD)." *Denhaag.nl*, Oktober 2015. http://www.denhaag.nl/fr/residents/to/Veiligheidscluster-The-Hague-Security-Delta-HSD.htm.

"GEO - Group on Earth Observations." Accessed October 28, 2015. https://www.earthobservations.org/wigeo.php.

"Geospatial Insights: About Us." *Geospatial Insight Ltd*. Accessed December 3, 2015. http://www.geospatial-insight.com/about-us/.

Golubovich, Ilya. "Space Race 2.0 - Why This Is a Great Time to Invest in Space Tech." *VentureBeat*, Maart 2014. http://venturebeat.com/2014/03/12/space-race-2-0-why-this-is-a-great-time-to-invest-in-space-tech/.

Google. "Google Earth Engine Verkennen." Google.com. *Google Earth Outreach*. Accessed December 3, 2015. https://www.google.com/earth/outreach/tools/earthengine.html.

Harris, R. *Earth Observation Data Policy and Europe*. CRC Press, 2002.

Hickey, Shane. "Satellite Data Offers Fresh Perspectives for Piracy and Insurance to Farming." *The Guardian*, June 16, 2014, sec. Business. http://www.theguardian.com/business/2014/jun/16/satellite-data-perspective-insurance-farming-piracy.

Holland Space Cluster. "De Ruimtevaartsector - Een Vlaggenschip van de Smart Economy van de Toekomst," 2013. http://www.hollandspacecluster.nl/De%20ruimtevaartsector%202013%20een%20vlaggenschip%20van%20de%20smart%20economy%20van%20de%20toekomst.pdf.

Indiana University. "What Are GIS and Remote Sensing?," June 7, 2015. https://kb.iu.edu/d/anhs.

Innovation Toronto. "Breakthrough Laser Communication Technology to Revolutionize Earth Observation and Satellite Communication." *Innovation Toronto*, November 2014. http://www.innovationtoronto.com/2014/11/breakthrough-laser-communication-technology-to-revolutionize-earth-observation-and-satellite-communication/.

International Maritime Organisation (IMO). "E-Navigation." *Imo.org*, 2015. http://www.imo.org/en/OurWork/Safety/Navigation/Pages/eNavigation.aspx.

"Is Small the New BIG? : Satcom Post." Accessed October 28, 2015. http://satcompost.com/is-small-the-new-big/.

ITC Enschede. "Recognition of Cross-Border Capacity Building in Earth Observation." *Unoosa.org*, November 2007. http://www.unoosa.org/pdf/publications/itc-xsum2007E.pdf.

"ITC - Satellites Identify Terrorist Organization's Source of Income." Accessed October 28, 2015. http://www.itc.nl/Pub/News-overview/in2015/in2015-february/Satellites-identify-terror-organizations-source-of-income.html.

Ito, Atsuyo. *Legal Aspects of Satellite Remote Sensing*. Martinus Nijhoff Publishers, 2011.

Janson, Siegfried W. "25 Years of Small Satellites." In *The Aerospace Corporation*, 2011. http://digitalcommons.usu.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1117&context=smallsat.

Jasani, Bhupendra (ed.), et.al. *Remote Sensing from Space: Supporting International Peace and Security*. New York: Springer, 2009.

Jayaraman, V. "Earth Observation: A Peep into the near Future." *Signatures-ISRS Newsletter, Ahmedabad Chapter*, 2012. http://www.researchgate.net/profile/Jayaraman_V/publication/265865677_Earth_Observation_A_peep_into_the_near_future/links/5449dd020cf2ea6541341c6b.pdf.

Jong, de, Rob. "Het Militair Gebruik van de Ruimte, de Nederlandse Positie." Defensie, April 15, 2010. https://afdelingen.kiviniria.net/media-afdelingen/DOM100000140/Activiteiten2010/0414_Kooy_symposium,_Kooy_prijs_en_Lid_van_Verdien/Rob_de_Jong.pdf.

Justitia.nl. "Privacywet & Persoonsgegevens - Bescherming Persoonsgegevens." *Justitita.nl*. Accessed November 24, 2015. http://www.justitia.nl/privacy/.

Kahlid, F. "Earth Observation Technology Cluster - RSPSoc FTIR Thermal Workshop." *Nottingham.ac.uk*, September 2012. https://nottingham.ac.uk/eotechcluster/events/rspsoc2012/ftirthermal-workshop,-rspsoc-2012.aspx.

Keith, Adam. "Emerging Programs, Markets Drive Earth Observation Growth." *Eijournal.com*, February 21, 2015. http://eijournal.com/print/articles/emerging-programs-markets-drive-earth-observation-growth.

KENSJA. "Poaching in Kenyan National Parks Reduces." *Kenya Environment & Science Journalists Association*, October 14, 2015. http://www.kensja.org/poaching-in-kenyan-national-parks-reduces/.

"Kernpunten KIA HTSM 2016-2019." Accessed October 21, 2015. http://topsectoren.nl/documenten/high-tech/Kernpunten-KIA-HTSM-2016-2019_2015-10-05_245.pdf.

Kessler, Donald J., and Burton G. Cour-Palais. "Collision Frequency of Artificial Satellites: The Creation of a Debris Belt." *Journal of Geophysical Research* 83, no. A6 (June 1978): 2637–46. doi:10.1029/JA083iA06p02637.

Klinkenberg, J.C. "Space: de logische stap naar het ruimtedomein." Text, February 20, 2015. http://www.militairespectator.nl/thema/strategie/artikel/space-de-logische-stap-naar-het-ruimtedomein.

Kokemuller, Neil. "The Advantages of a Vertical Integration Strategy." *Small Business - Chron.com*. Accessed July 6, 2015. http://smallbusiness.chron.com/advantages-vertical-integration-strategy-20987.html.

Koninklijke Luchtmacht. "Nederlandse Doctrine Voor Air & Space Operations (DP-3.3)." Accessed July 15, 2015.

Lavender, Andrew. "How Many Earth Observation Satellites Are in Space?" *Pixalytics.com*, July 16, 2014. http://www.pixalytics.com/how-many-eo-space/.

Library of the European Parliament. "Towards an EU Industrial Policy for Space." *Europarl.europa.eu*, July 31, 2013. http://www.europarl.europa.eu/RegData/bibliotheque/briefing/2013/130613/LDM_BRI(2013)130613_REV1_EN.pdf.

Liucci, Francesco. "Indicator of Trends Report," *Earth Observation 21st Century (EO21)*, 2015, http://www.eo21.org/wp-content/uploads/2015/03/EO21-Indicator-of-Trends-Report-FINAL.pdf.

Luccio, Matteo. "Can Satellites in the Sky Help Prevent Atrocities on Earth?" *Sensors & Systems*, November 26, 2013. Accessed October 28, 2015. https://www.sensorsandsystems.com/article/features/32377-can-satellites-in-the-sky-help-prevent-atrocities-on-earth.html.

"Lucht- En Ruimtevaart." Accessed November 2, 2015. http://www.bureauveritas.nl/home/your-industry/aerospace/.

Lucht- en Ruimtevaart Nederland. "Kenmerken Sector Lucht En Ruimtevaart: Hoogwaardig En Ambitieus." *Luchtenruimtevaart.nl*. Accessed November 10, 2015. http://www.luchtenruimtevaart.nl/wie-wij-zijn/economisch-belang/kenmerken-sector.html.

—. "Topsector HTSM Roadmap Space 2015-2020, Issue 2.1," June 2015.

Lustenhouwer, Mieke. "Clusters Beschouwd; In's En Out's van Het Clusterbegrip." *Telos*. Accessed 3 juli 2015. http://www.telos.nl/Publicaties/PublicatiesBoeken/148597.aspx?t=Clusters+beschouwd%3B+in%27s+en+out%27s+van+het+clusterbegrip.

Magnolia Business Alliance (MBA). "Enterprise for Innovative Geospatial Solutions (EIGS)." *Magnolia Business Alliance*. Accessed September 30, 2015. http://www.magnolia-ba.biz/.

Maritiem Nederland. "Dossier: Maritieme Cluster." *Maritiemnederland.com*. Accessed November 10, 2015. http://www.maritiemnederland.com/dossiers/maritieme-cluster/item53.

MarketWatch. "NSR Report Projects Satellite Earth Observation Market to Reach $4.5 Billion in Next Decade." *MarketWatch*, August 24, 2015. http://www.marketwatch.com/story/nsr-report-projects-satellite-earth-observation-market-to-reach-45-billion-in-next-decade-2015-08-24.

Martin, Ron, and Peter Sunley. "Deconstructing Clusters: Chaotic Concept of Policy Panacea," November 21, 2001. http://core.ac.uk/download/pdf/7151243.pdf.

Mesev, Victor. *Integration of GIS and Remote Sensing*. John Wiley & Sons, 2008. https://books.google.nl/books?id=PU-4CdTvO7wC.

Minister Economische Zaken. "Nota over Ruimtevaartbeleid 2014-2020." Brief. Den Haag: Tweede Kamer der Staten-Generaal, September 11, 2014. https://zoek.officielebekendmakingen.nl/kst-24446-55.html.

Ministerie van Defensie. "6 innovatiethema's." Onderwerp. *Defensie*, June 5, 2015. https://www.defensie.nl/onderwerpen/innovatie/inhoud/6-innovatiethema.

Ministerie van Economische Zaken. "Rijksbegroting 2016 Xiii Economische Zaken." Accessed January 22, 2016. https://www.rijksoverheid.nl/binaries/rijksoverheid/documenten/begrotingen/2015/09/15/xiii-economische-zaken-rijksbegroting-2016/xiii-economische-zaken-rijksbegroting-2016.pdf.

Muro, Mark, Kenan Fikri, and Scott Andes,. "Powering Advanced Industries, State by State." Brookings Institution , 2014. http://www.brookings.edu/~/media/research/files/papers/2014/02/19%20ai/advancedindustriesstatebystate.pdf.

Nag, Sudip, Jacqueline LeMoigne, and Olivier de Weck. "Cost and Risk Analysis of Small Satellite Constellations for Earth Observation." In *Aerospace Conference, 2014 IEEE*, 1–16. IEEE, 2014. http://ieeexplore.ieee.org/xpls/abs_all.jsp?arnumber=6836396.

NASA. "LANCE-MODIS." Accessed October 26, 2015. http://lance-modis.eosdis.nasa.gov/about/.

—. "Stratospheric Aerosol and Gas Experiment III on ISS | NASA's Earth Observing System," 2015. http://eospso.nasa.gov/missions/stratospheric-aerosol-and-gas-experiment-iii-iss.

NASA Earthdata, and EOSDIS. "LANCE: NASA Near Real-Time Data and Imagery." Accessed October 26, 2015. https://earthdata.nasa.gov/earth-observation-data/near-real-time.

Nasu, Hitoshi, and Robert McLaughlin. *New Technologies and the Law of Armed Conflict*. New York: Springer, 2013.

National Centers for Environmental Information. "NOAA/NGDC - Earth Observation Group - Defense Meteorological Satellite Program, DMSP." *NGDC NOAA*. Accessed October 5, 2015. http://www.ngdc.noaa.gov/eog/dmsp.html.

— "NOAA - National Oceanic and Atmospheric Administration - Earth Observation." Accessed July 14, 2015. http://www.noaa.gov/eos.html.

nceo.ac.uk. "NCEO - National Centre for Earth Observation, Homepage," 2015. http://www.nceo.ac.uk/.

Nederland Maritiem Land. "Stichting Nederland Maritiem Land." *Maritiemland.nl*. Accessed November 10, 2015. http://www.maritiemland.nl/rol-nederland-maritiem-land/.

Nederlandse Kustwacht. "Demonstratie Onbemand Vliegen." Kustwacht.nl, April 30, 2014. https://www.kustwacht.nl/nl/node/239.

— "Kustwacht Op Koers." *Speciale Editie: Visie 2020*, Maart 2014.

Nederlandse Rijksoverheid. "Samenvatting Nota Ruimtevaartbeleid 2014-2020," November 9, 2014. https://www.rijksoverheid.nl/binaries/rijksoverheid/documenten/

beleidsnotas/2014/09/11/samenvatting-nota-over-ruimtevaartbeleid-2014-2020/samenvatting-nota-over-ruimtevaartbeleid-2014-2020.pdf.

Nemani, R, P. Votava, A. Michaelis, F Melton, and C. Milesi. "Collaborative Supercomputing for Global Change Science." *EOS, Transactions, American Geophysical Union*, March 2011.

"NERC - About Us." Accessed September 17, 2015. http://www.nerc.ac.uk/about/.

Netherlands Space Office (NSO). "Spaceoffice.nl, Defensie En Veiligheid." Accessed September 7, 2015. http://www.spaceoffice.nl/nl/Satelliettoepassingen/Toepassingen/Defensie-en-veiligheid/.

"New Era in Earth Observation to Lift off with UK Technology Aboard." Accessed July 31, 2015. http://ec.europa.eu/unitedkingdom/press/frontpage/2014/14_31_en.htm.

NGA.mil. "About NGA: National Geospatial-Intelligence Agency." *Nga.mil*. Accessed December 2, 2015. https://www.nga.mil/About/Pages/Default.aspx.

"Nieuwe Projecten Aardobservatie En Planeetonderzoek." Accessed November 2, 2015. http://www.nwo.nl/actueel/nieuws/2015/alw/nieuwe-projecten-aardobservatie-en-planeetonderzoek.html.

Nieuwenhuyzen, Linco, and Mirjam Visscher. *Wereldspeler met groeikansen: Economische Monitor Zuid-Holland 2015*. http://www.zuid-holland.nl/publish/pages/10881/economischemonitorzuid-holland2015.pdf.

Nieuwpoort, Ger. "Introductiecolumn: Ruimte En Nationale Veiligheid." *Magazine Nationale Veiligheid En Crisisbeheersing*, 2008. http://www.nap.edu/catalog.php?record_id=12507.

NLR News. "Onbemande Helikopter Voor Kustwacht," May 19, 2014. http://wp.nlr.nl/2014/05/19/onbemande-helikopter-voor-kustwacht/.

NSO. "Nederlandse Inzet Bij de ESA-Ministersconferentie 2012 Advies Netherlands Space Office (NSO)," September 28, 2012. https://www.parlementairemonitor.nl/9353000/1/j9vvij5epmj1ey0/vj4mn9ck54zu

— "Spaceoffice.nl :: Toepassingen." Accessed July 14, 2015. http://www.spaceoffice.nl/nl/Satelliettoepassingen/Toepassingen/.

NSTC. "National Plan for Civil Earth Observations." Executive Office of the President of the United States - National Science and Technology Council, July 18, 2014. https://www.whitehouse.gov/sites/default/files/microsites/ostp/NSTC/national_plan_for_civil_earth_observations_-_july_2014.pdf.

NWO. "Gebruikersondersteuning Ruimteonderzoek." *Nwo.nl*, September 2015. http://www.nwo.nl/financiering/onze-financieringsinstrumenten/alw/gebruikersondersteuning-ruimteonderzoek/gebruikersondersteuning-ruimteonderzoek.html.

OECD. "II. Intensity: Activities and Outputs in the Space Economy. 9. Satellite Earth Observation." In *The Space Economy at a Glance 2014*, 2014. http://www.oecd-ilibrary.org/docserver/download/9214061ec013.pdf?expires=1455096994&id=id&accname=guest&checksum=2F8AADCDE374992A0F07B964CFD842C3

OECD, 2006. "What Indicators for Cluster Policies in the 21st Century?" Accessed July 3, 2015. http://www.oecd.org/sti/inno/37443546.pdf.

Olbrich, Philip, and Nina Witjes. "Earth Observation and International Security: The Role of Uncertainty in Satellite Imagery Analysis by Non-State Actors." *ESPI Perspectives* 72 (September 2015): 1–6.

O'Leary, Margaret R. *The Dictionary of Homeland Security and Defense*. New York: iUniverse, 2006.

"Oost-Nederlandse Bedrijven Bundelen Krachten in Smart Space Cluster." Accessed December 2, 2015. http://www.tubantia.nl/regio/oost-nederlandse-bedrijven-bundelen-krachten-in-smart-space-cluster-1.5469894.

"Our Story | Satellite Sentinel Project." Accessed January 27, 2016. http://www.satsentinel.org/our-story.

Pandit, Vaibhav, and R.J. Bhiwani. "Image Fusion in Remote Sensing Applications: A Review." *International Journal of Computer Applications (0975-8887)* 120, no. 10 (June 2015). http://research.ijcaonline.org/volume120/number10/pxc3903846.pdf.

Pariente, Meidad. "Nanosatellite Industry Overview (February 2014 Update)." 17 juni 2014. http://www.slideshare.net/mpariente/nanosatellite-industry-overview-updated-022014.

Pijpker, Joost. "Politie En Brandweer Krijgen Meer Mogelijkheden Voor Inzet Drones." *Nrc.nl*, maart 2015. http://www.nrc.nl/nieuws/2015/03/02/politie-en-brandweer-krijgen-meer-mogelijkheden-voor-inzet-drones.

Poladian, Charles. "Space Venture Capitalism: Will There Be Another SpaceX In The Booming Commercial Space Industry." *International Business Times*, January 15, 2015. http://www.ibtimes.com/pulse/space-venture-capitalism-will-there-be-another-spacex-booming-commercial-space-1785018.

Policy Research Corporation. "Economische Potentie Cluster Aardobservatie Eindrapportage." Policy Research Corporation, November 26, 2015.

Porter, Michael E. "Clusters and the New Economics of Competition." *Harvard Business Review*, 1998. https://hbr.org/1998/11/clusters-and-the-new-economics-of-competition.

PRNewswire. "Global Satellite-Based Earth Observation Market - Trends and Forecast (2015-2020)," September 21, 2015. http://www.prnewswire.com/news-releases/global-satellite-based-earth-observation-market---trends-and-forecast-2015-2020-300146777.html.

"Provincie Investeert in Ruimtevaart - Provincie Gelderland." Accessed December 2, 2015. http://www.gelderland.nl/Provincie-investeert-in-ruimtevaart.

Purdy, Ray, and Denise Leung, eds. *Evidence from Earth Observation Satellites: Emerging Legal Issues*. Studies in Space Law 7. Leiden ; Boston: Martinus Nijhoff Publishers, 2013.

Qi3 Insight. "'Space - The New Frontier', Growth Opportunities for Non-Space Companies," July 2012. http://www.qi3.co.uk/wp-content/uploads/2012/07/Qi3-Insights-White-Paper-Space-Market-Opportunities-of-Non-space-Companies-12060704.pdf.

Ranchin, Thierry. "Data Fusion in Remote Sensing: Examples." *Proceedings of the 4th Annual Conference on Information Fusion*, 2001.

Révillon, Pacôme. "Earth Observation Market Evolution and Drivers." Euroconsult presented at the e-GEOS International Conference, Rome, May 2012. http://www.e-geos.it/news/meeting12/presentations/24-Re%81Lvillon-Euroconsult.pdf.

Rezatec - analyzing earth data. "Earth Observation." Rezatec Platform. Accessed September 7, 2015. http://www.rezatec.com/earth-observation.html.

Rijksoverheid. "Besluit Ongeleide Satellieten." Wassenaar: Nederlandse Rijksoverheid, January 19, 2015. http://wetten.overheid.nl/BWBR0036190/geldigheidsdatum_24-11-2015#Artikel1.

— "Instellingsbesluit Interdepartementale Commissie Ruimtevaart 2014." 's Gravenhage, June 24, 2014. http://wetten.overheid.nl/BWBR0035277/geldigheidsdatum_09-12-2015.

— "Mag Ik Een Drone Inzetten Voor Zakelijk Gebruik?" *Rijksoverheid.nl*. Accessed November 24, 2015. https://www.rijksoverheid.nl/onderwerpen/drone/vraag-en-antwoord/regels-drone-zakelijk-gebruik.

— "Vaststelling van de Begrotingsstaten van Het Ministerie van Economische Zaken (XIII) En Het Diergezondheidsfonds (F) Voor Het Jaar 2015." Rijksbegroting 2015, XIII Economische Zaken. 's Gravenhage, September 16, 2014. https://www.rijksoverheid.nl/binaries/rijksoverheid/documenten/begrotingen/2014/09/16/xiii-economische-zaken-rijksbegroting-2015/xiii-economische-zaken.pdf.

— "Vaststelling van de Begrotingsstaten van Het Ministerie van Veiligheid En Justitie (VI) Voor Het Jaar 2015." Rijksbegroting 2015, VI Veiligheid En Justitie. 's Gravenhage, September 16, 2014.

—. "Wet Ruimtevaartactiviteiten." 's Gravenhage: Nederlandse Rijksoverheid, January 24, 2007. http://wetten.overheid.nl/BWBR0021418/geldigheidsdatum_24-11-2015#Hoofdstuk1.

Roborgh, Sophie and Anika Snel. "Internationale Clusters in Vergelijkend Perspectief - Best Practices Voor de Opzet van The Hague Security Delta." The Hague Centre for Strategic Studies (HCSS), The Hague, December 2012. http://www.slideshare.net/AnikaSnel/internationale-clusters-in-vergelijkend-perpsectief.

Roy, David P., Junchang Ju, Cheikh Mbow, and Philip Frost. "Accessing Free Landsat Data via the Internet: Africa's Challenge." *Remote Sensing Letters* 1, no. 2 (February 23, 2010): 111–17.

RVO. "Innovatiekrediet." *RVO*. Accessed November 23, 2015. http://www.rvo.nl/subsidies-regelingen/innovatiekrediet.

— "Innovatieve Oplossingen Gezocht Voor Slimmere Landbouwinspecties." *Rvo.nl*, mei 2015. http://www.rvo.nl/actueel/nieuws/innovatieve-oplossingen-gezocht-voor-slimmere-landbouwinspecties.

— "SBIR Oproep 'Satellietdatagebruik Bij Natuurbrandbeheersing.'" *Rvo.nl*, June 11, 2015. http://www.rvo.nl/subsidies-regelingen/sbir-satellietdatagebruik-bij-natuurbrandbeheersing

— "STARS: Sensor Technology Applied in Reconfigurable Systems for Sustainable Security." presented at the Informatiebijeenkomst STARS Theme 2: Progress TAR meeting, Hengelo, Oktober 2014. http://www.rvo.nl/sites/default/files/2014/11/Informatie%20bijeenkomst%2028%20oktober%202014.pdf.

Sandau, Rainer. *International Study on Cost-Effective Earth Observation Missions*. CRC Press, 2006.

SANSA Earth Observation. "Earth Observation: Policies, Strategies, Opportunities and Institutional Landscape in South Africa and SADC." 05:51:09 UTC. http://www.slideshare.net/Polytechnic_Namibia/sansa-south-africa-namibia.

Satellite Applications. "Small Is the New Big. White Paper Innovate UK. Nano/Micro-Satellite Missions for Earth Observation and Remote Sensing." *Catapult*. Accessed July 31, 2015. https://sa.catapult.org.uk/documents/10625/98458/Small+is+the+new+Big1.2.pdf/a669be4b-0881-4e36-8958-e85e41a19792.

Satellite Markets & Research. "Significant Supply Expansion for Earth Observation Industry." *Satellitemarkets.com*, September 16, 2015. http://www.satellitemarkets.com/market-trends/significant-supply-expansion-earth-observation-industry.

Savaria, E. "A New Era of Highly Miniaturized Space Technologies, Allowing to Develop High Performing, Light and Affordable Earth Observation Missions." Alcatel Alenia Space, Cannes - la-Bocca, France. Accessed October 26, 2015. http://www.isprs.org/proceedings/XXXVI/part1/Papers/T04-17.pdf.

Sawyer, Geoff, and Marc de Vries. "About GMES and Data: Geese and Golden Eggs. A Study on the Economic Benefits of a Free and Open Data Policy for Sentinel Satellite Data. Final Report." *Esamultimedia*, December 2012. http://esamultimedia.esa.int/docs/EarthObservation/Open_Data_Study_Final_Report.pdf

Schrogl, Kai-Uwe, Peter L. Hays, Jana Robinson, Denis Moura, and Christina Giannopapa, eds. *Handbook of Space Security*. New York ; Heidelberg ; Dordrecht ; London: Springer Reference, 2015.

selectusa. "The Aerospace Industry in the United States," 2012. http://selectusa.commerce.gov/industry-snapshots/aerospace-industry-united-states.html.

SIA, and The Tauri Group. "State of the Satellite Industry Report," September 2014. http://www.sia.org/wp-content/uploads/2014/05/SIA_2014_SSIR.pdf.

SpaceTec, "Assessing the Economic Value of Copernicus: " The potential of Earth Observation and Copernicus Downstream Services for the Non-Life Insurance Sector"" (December 2012), p. 5. http://www.copernicus.eu/sites/default/files/library/GMES_GIO_LOT3_Sector_Summary_Insurance_final.pdf

SpaceWorks Enterprises Inc (SEI). "Nano/Microsatellite Market Assessment 2014." *Sei.aero*, 2014. http://www.sei.aero/eng/papers/uploads/archive/SpaceWorks_Nano_Microsatellite_Market_Assessment_January_2014.pdf.

Spröhnle, Kristin, Dirk Tiede, Elisabeth Schoepfer, Petra Füreder, Anna Svanberg, and Torbjörn Rost. "Earth Observation-Based Dwelling Detection Approaches in a Highly Complex Refugee Camp Environment — A Comparative Study." *Remote Sensing* 6 (2014). doi:10.3390/rs6109277.

"Spy Satellites Fighting Crime from Space - CNN.com." Accessed October 19, 2015. http://edition.cnn.com/2014/08/11/tech/innovation/spy-satellites-fighting-crime-from-space/.

SSTL Applications Brochure (Web). "Applications of Earth Observation." Accessed September 1, 2015. http://www.sstl.co.uk/Downloads/Brochures/SSTL-Applications-Brochure-Web.

SSTL Space Blog. "Disaster Monitoring Constellation Wins AIAA Award." *SSTL*, September 2012. http://www.sstl.co.uk/Blog/September-2012/Disaster-Monitoring-Constellation-wins-AIAA-award.

Steketee, Menno. "Sensornetwerken Als Een Zwitsers Zakmes." *Technischweekblad.nl*, 12 november 2012. https://www.technischweekblad.nl/nieuws/sensornetwerken-als-een-zwitsers-zakmes/item5448.

Stuckey, John, and David White. "When and When Not to Vertically Integrate." *McKinsey & Company*, August 1993. http://www.mckinsey.com/insights/strategy/when_and_when_not_to_vertically_integrate.

Supreeth. "Will WorldView-3 Help DigitalGlobe to Capture the Global Imagery Market?" *Geospatialworld.net*, August 22, 2014. http://geospatialworld.net/Professional/ViewBlog.aspx?id=377.

Taakgroep Toepassingen Satellietdata "De Ruimte Voor Het Gebruik - Meer Waarde Voor Onze Aarde," Mei 2014. https://www.rijksoverheid.nl/binaries/rijksoverheid/documenten/beleidsnota-s/2014/09/11/de-ruimte-voor-het-gebruik-meer-waarde-voor-onze-aarde/de-ruimte-voor-het-gebruik-meer-waarde-voor-onze-aarde.pdf

Tatem, Andrew J., Scott J. Goetz, and Simon I. Hay. "Fifty Years of Earth Observation Satellites." *American Scientist* 96, no. 5 (September 1, 2008): 390–98. doi:10.1511/2008.74.390.

Tauri Group. "2015 State of the Industry Report." presented at the Satellite Industry Association (SIA): 20 Years as the Voice of the U.S Satellite Industry, June 2015. http://www.sia.org/wp-content/uploads/2015/06/Mktg15-SSIR-2015-FINAL-Compressed.pdf.

TCI. "Enterprise for Innovation Geospatial Solutions." *TCI - The Global Practitioners Network for Competitiveness, Clusters and Innovation*. Accessed October 2, 2015. http://www.tci-network.org/initiatives/initiative/4368.

Tech City. "Future Fifty from Tech City UK." *Futurefifty.com*. Accessed November 10, 2015. http://futurefifty.com/#programme.

Teillet, P.M., R.P. Gauthier, and A. Chichagov. "Towards Integrated Earth Sensing: The Role of In Situ Sensing." Accessed August 11, 2015. http://www.isprs.org/proceedings/XXXIV/part1/paper/00097.pdf.

ThalesGroup. "Stratobus." *Thales Alenia Space - Satellite 2015*. March 16, 2015, Innovation edition.

The Economist. "New Roles for Technology: Rise of the Robots.," March 29, 2014. http://www.economist.com/news/leaders/21599762-prepare-robot-invasion-it-will-change-way-people-think-about-technology-rise.

The Hague Centre for Strategic Studies (HCSS). "Geen Maritieme Macht Zonder Maritieme Kunde." *The Hague Centre for Strategic Studies (HCSS)*, December 20, 2011. http://www.hcss.nl/reports/geen-maritieme-macht-zonder-maritieme-kunde/86/.

The Indian Express. "ISRO to Launch Five British Satellites into Orbit on July 10." Accessed July 31, 2015. http://indianexpress.com/article/technology/science/isro-to-launch-five-british-satellites-into-orbit-on-july-10/.

The Space Report Online. "Earth Observation." *Thespacereport.org*, 2014. https://www.thespacereport.org/resources/economy/commercial-space-products-services/earth-observation.

Thomas, Lauren. "Space Base in New Zealand Picked to Start Private Trips to Orbit." *Bloomberg Business*, July 1, 2015. http://www.bloomberg.com/news/articles/2015-07-01/space-base-in-new-zealand-picked-to-start-private-trips-to-orbit.

Tiezzi, Shannon. "China Discovers Cross-Border Tunnels Leading to Xinjiang, North Korea." *The Diplomat*, August 26, 2014. http://thediplomat.com/2014/08/china-discovers-cross-border-tunnels-leading-to-xinjiang-north-korea/.

TNO Physics and Electronics Laboratory, Peter Hoogeboom, and Philippe Steeghs. "A Prospective View: Integrated Observation Networks of the Future." *Copernicus.eu*. Accessed October 26, 2015. http://www.copernicus.eu/sites/default/files/library/4f_prl3_hoogeboom_presentation_comments.pdf.

Toet, Diederik. "Defensie Overweegt Aanschaf Miniatuursatellieten." *Het Financieele Dagblad*, July 3, 2015. http://fd.nl/economie-politiek/1110097/defensie-overweegt-aanschaf-miniatuursatellieten.

Toren, van der, Jan Peter, and et.al. "Unmanned Valley: Scenario's Voor Een Technologiegedreven Ontwikkeling van Vliegveld Valkenburg." Birch Consultants, Oktober 2015.

Tran, Pierre. "Space Intel Gives France Policy Independence." *Defense News*, February 26, 2015. http://www.defensenews.com/story/defense/air-space/space/2015/02/26/france-intel-satellite-independent-geo-russia-ukraine-share-intelligence/24011253/.

Triple Helix Research Group. "The Triple Helix Concept." *Stanford*. Accessed July 6, 2015. http://triplehelix.stanford.edu/3helix_concept.

Turnbull, Grant. "Malaysian Flight MH370 - the Military Technology Used in the Search - Naval Technology." March 24, 2014. Accessed January 18, 2016. http://www.naval-technology.com/features/featurethe-military-technology-used-in-the-search-for-mh370-4202568/.

UK Government, UK Space Agency. "Executive Summary: The Size & Health of the UK Space Industry," October 2014. https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/363904/SandH2014final2.pdf.

UK Space Agency. "Research Councils UK - Satellites and Commercial Applications of Space." Accessed September 24, 2015. http://www.rcuk.ac.uk/RCUK-prod/assets/documents/documents/RCUK_Space_Timeline_WEB.pdf.

— "Strategic Implementation Plan: Earth Observation," July 2015. https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/448329/eo_plan.pdf.

— "Strategy for Earth Observation from Space," June 2013. https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/350655/EO_Strategy_-_Finalv2.pdf.

"UK Space Agency Announced / Welcome to ESA / About Us / ESA," 2010. http://www.esa.int/About_Us/Welcome_to_ESA/UK_Space_Agency_announced.

UN. "What Is UN-SPIDER?" UN-SPIDER Knowledge Portal. *Un-Spider.org*. Accessed October 28, 2015. http://www.un-spider.org/about/what-is-un-spider.

UNITAR. "UNOSAT Confirms Destruction of Palmyra Temples in Syria." *Unitar.org*, September 1, 2015. https://www.unitar.org/unosat-confirms-destruction-palmyra-temples-syria.

University of Nottingham. "Earth Observation Technology Cluster -Eotechcluster." Accessed September 17, 2015. http://www.nottingham.ac.uk/eotechcluster/documents/events/5may2010clusterkickoff/2-eotechcluster.pdf.

University of Surrey. "Intelligent Processing of Multispectral Images on-Board Satellites." Accessed November 9, 2015. http://www.surrey.ac.uk/ssc/research/onboarddata/previous_vdes/intelligent_processing_of_multispectral_images_onboard_satellites.htm.

U.S. Cluster Mapping. "Colorado Space Coalition." *Clustermapping.us*, 2014. http://www.clustermapping.us/content/colorado-space-coalition.

— "Enterprise for Innovative Geospatial Solutions." *Clustermapping.us*, 2014. http://www.clustermapping.us/content/enterprise-innovative-geospatial-solutions.

US Department of Defense. "United States Department of Defense Weather Programs - Section 3." Office of the Federal Coordinator for Meteorology (ofcm). Accessed October 7, 2015. http://www.ofcm.gov/fedplan/fp-fy01/pdf/sec3b_dod.pdf.

US Government Accountability Office. "Environmental Satellites: Strategy Needed to Sustain Critical Climate and Space Weather Measurements (report Number GAO-10-456)." US Government, May 28, 2010. http://www.gao.gov/assets/310/303747.html.

"U.S. Group on Earth Observations." *The White House*. Accessed August 6, 2015. https://www.whitehouse.gov/administration/eop/ostp/nstc/committees/cenrs/usgeo.

Venet, Christophe. "Key Trends in the European Earth Observation Sector." *IFRI*, December 2011. http://www.ifri.org/sites/default/files/atoms/files/theeuropespaceseriesn8.pdf.

Vliet, van, P.J., C.J.C. Smit-Rietveld, HFBF Gelevert, M. P. Hasberg, A. C. Kernkamp, and NCTV Opdrachtgever. "Technologieradar Veiligheid 2014. Relevante Technologische Ontwikkelingen

Als Input Voor (kennis-En) Innovatieagenda's." TNO, 2014. https://www.nctv.nl/Images/tno-rapport-technologieradar-veiligheid-2014_tcm126-567297.pdf.

Wang Chao, Qu Jishuang, and Liu Zhi. "Data Fusion, the Core Technology for Future On-Board Data Processing System," 2002. http://www.isprs.org/proceedings/XXXIV/part1/paper/00019.pdf.

World Bank Group. "State of Satellite Imagery," 2015. http://satsummit.github.io/landscape/#capture.

Wulder, Michael A., Jeffrey G. Masek, Warren B. Cohen, Thomas R. Loveland, and Curtis E. Woodcock. "Opening the Archive: How Free Data Has Enabled the Science and Monitoring Promise of Landsat." *Remote Sensing of Environment*, Landsat Legacy Special Issue, 122 (July 2012): pp. 2–10.

Wunder, Michael A, and Nicholas C. Coops. "Satellites: Make Earth Observations Open Access." *Nature.com*, September 2014. http://www.nature.com/news/satellites-make-earth-observations-open-access-1.15804#/b4.

*The Hague* Centre for Strategic Studies

Lange Voorhout 16
2514 EE The Hague
The Netherlands

info@hcss.nl
HCSS.NL