



**“Als de
lancering
is gelukt en
alles werkt
daarboven,
dan ben
je blij”**

**Interview met
Roger Haagmans**

Roger Haagmans, nu gepensioneerd, werkte ruim twintig jaar bij ESA als *mission scientist*. Hij was betrokken bij meerdere satellietmissies, waaronder Swarm. Dit is een constellatie van drie satellieten die in groot detail het aardmagnetisch veld meten. In dit interview vertelt Haagmans over hoe een ESA-missie tot stand komt, wat een mission scientist doet en wat Swarm voor missie is.

Op 22 november 2013 staat de 29 meter hoge Russische lanceerraket Rockot klaar voor vertrek. In de neuskegel zitten drie identieke satellieten die in een constellatie het magneetveld in, op en rond de aarde in kaart moeten brengen. De tweehonderdzesendertig miljoen kostende Swarm-missie van de Europese ruimtevaartorganisatie ESA staat op het punt de ruimte in te worden geschoten. “Als de lancering is gelukt en alles werkt daarboven, dan ben je blij”, vertelt voormalig mission scientist Roger Haagmans. Ondanks de succesvolle lancering blijft de spanning hoog, want het wachten is op de controlesignalen en daarvoor moeten de satellieten eerst een rondje om de aarde afleggen. Een trip van ongeveer anderhalf uur. Uiteindelijk komt het signaal van de eerste satelliet binnen en daarna ook van de tweede, maar de derde laat niets van zich horen... Een tijdje later wordt duidelijk wat er aan de hand is: de baas van het vluchtleidingscentrum heeft de eer om te melden wat de status is en hij laat even op zich wachten. Haagmans: “En toen zei hij ‘ja, alles is prima’. Wij allemaal juichen, natuurlijk.”

Aardobservatie

Roger Haagmans, inmiddels met pensioen, was van 2001 tot en met 2022 actief bij ESA. Zijn carrière begon in Delft waar hij geodesie studeerde en tien jaar werkte, uiteindelijk als universitair docent. Hij deed daar zwaartekrachtbepalingen met klassieke methoden op land en zee, samen met waarnemingen gedaan door verschillende altimeter-satellieten. Na een periode van anderhalf jaar als universitair hoofddocent aan de Agricultural University in Ås, een kleine gemeente in Noorwegen net ten zuiden van Oslo, ging hij aan de slag als mission scientist bij ESA. Daar was hij betrokken bij verschillende aardobservatiemissies, waaronder GOCE en Swarm.

Van voorstel tot missie

Het traject dat een satelliet aflegt voordat hij de ruimte in kan, duurt soms langer dan de missie zelf. Het begint bij een *call for opportunity missions*, een soort open aanbesteding voor de wetenschappelijke gemeenschap van de lidstaten van ESA. In deze eerste fase komen tientallen, wijd uiteenlopende ideeën binnen, elk met hun eigen wetenschappelijke doelstellingen. Daaruit worden met de hulp van externe experts enkele voorstellen gekozen die onderworpen worden aan een serie van haalbaarheidsstudies. In die opeenvolgende rondes vallen telkens een of meerdere ideeën af, totdat er uiteindelijk één voorstel overblijft dat uitgevoerd wordt. Bij ESA is een mission scientist bij de missie betrokken vanaf het moment dat de voorstellen ingediend worden. Haagmans had de Swarm-missie onder zijn hoede. In

overleg met wetenschappelijke en technische experts bepaalde hij wat de instrumenten moesten kunnen om de gestelde missiedoelstellingen te halen. “Het is eigenlijk met name *science-management*. ESA werkt niet zoals NASA, die grote onderzoekscentra heeft. We hebben ontzettend veel ingenieurs en een beperkt aantal wetenschappers. Zij verzorgen eigenlijk de coördinatie en het management van de wetenschappelijke aspecten voor de lidstaten.” Het benodigde onderzoek wordt voornamelijk verdeeld over de academische instituten van de ESA-lidstaten.

Tijdens de haalbaarheidsstudies van Swarm bleek dat het oorspronkelijke idee aangepast moest worden. Het ingediende plan omvatte vier satellieten, elk uitgerust met zes instrumenten. “We hebben uiteindelijk een instrument laten vallen, want dat was niet puur noodzakelijk voor de kerntaken van de missie. De constellatie van satellieten hebben we aangepast, zodat we met drie satellieten eigenlijk nog steeds 95% van de originele doelstellingen konden halen. Dus het werd goedkoper, het werd competitiever en uiteindelijk is ook daardoor voor deze missie gekozen.”

Prototype

Het maken van een satelliet vergelijkt Haagmans met het maken van een prototype. Verschil is wel dat bij serieproducten de prototypes getest kunnen worden en als het misgaat kan het ontwerp aangepast worden. “Bij een satelliet kan dat niet en daarom moet je van tevoren heel veel checken, analyseren en terugkoppelen. Dat verklaart wel een beetje de budgetten die je kunt verwachten voor een satellietmissie.” En soms moet je ook wat geluk hebben. “Een instrument op een van de satellieten werkt niet meer. Gelukkig zit er voor dat instrument een back-up op. Dus dat gaat alsnog goed. Die mazzel moet je dan ook hebben.” De missie was ontworpen voor vier jaar, maar in november 2023 vlogen de satellieten al tien jaar. “En we hebben nog brandstof tot 2030 of 2031. Dus als alles blijft functioneren, kunnen we nog zo lang door.” Het oorspronkelijk plan was om de missie vanaf bepaalde posities in de ruimte te laten beginnen, maar berekeningen wezen uit dat door de benodigde hoeveelheid brandstof het maximaal toegestane totaalgewicht zou worden overschreden. Verschillende opties, waaronder het verwijderen van een instrument, werden onderzocht om dit probleem op te lossen. “Uiteindelijk hebben we een andere methode verzonnen om veel slimmer met die nieuwe constellatie de berekeningen te doen. Daardoor konden we met de satellieten dichter bij elkaar beginnen en waren de resultaten ook nog nauwkeuriger. We waren dus beter af dan daarvoor, want we hadden niet zo veel brandstof nodig om naar de juiste posities te komen.” De uitgespaarde

BELANGRIJKE RESULTATEN VAN SWARM

Kern van de aarde

Wetenschappers hebben een volledig nieuw type magnetische golf ontdekt die om de zeven jaar over het 'oppervlak' van de buitenste kern van de aarde beweegt. Deze golf oscilleert om de zeven jaar en plant zich westwaarts voort met maximaal 1500 kilometer per jaar [2].

Platentektoniek

Hoe platentektoniek in de loop van miljarden jaren precies verlopen is, is voor met name Antarctica moeilijk te onderzoeken. Swarmdata gekoppeld aan bestaande aeromagnetische gegevens onthulden hoe Antarctica verbonden was aan Australië, India en Zuid-Afrika [3].

Ruimteweer

Voorheen werd aangenomen dat de elektromagnetische energie die opgewekt wordt onder invloed van zonnedeeltjes netjes verdeeld wordt over beide hemisferen. Swarmdata maken duidelijk dat dit niet het geval is en dat het noorden meer elektromagnetische energie te verstouwen krijgt dan het zuidelijke halfrond [4].

Oceaanstromingen door getijden

Wanneer zout oceaanswater door het magnetische veld van de aarde stroomt, wordt een elektrische stroom gegenereerd, wat op zijn beurt een magnetisch signaal oplevert. De Swarmsatellieten kunnen het zwakke en continu veranderende signaal meten en met die data brengen wetenschappers de stroming van de oppervlakte tot aan de bodem in kaart [5].

brandstof wordt nu ingezet om de missie te verlengen. Volgens Haagsmans gebeurt het vaker dat gedurende de realisatiefase berekeningen gunstiger uitpakken. "In een heel vroege fase nemen de ingenieurs marge op marge op marge."

Drie satellieten

De drie identieke satellieten hebben een langwerpige vorm met daaraan een lange, uitklapbare stok. Op het uiteinde van die stok zit het belangrijkste instrument, namelijk een gevoelige absolute magnetometer. Deze is zo ver mogelijk van het lichaam verwijderd om zo min mogelijk signaal op te vangen van de computer en andere elektronica aan boord van de satelliet (uiteraard zijn deze effecten op de metingen van tevoren uitvoerig getest en gemodelleerd in een speciaal magnetisme-testcentrum).

Twee satellieten vliegen naast elkaar initieel op een hoogte van 450 kilometer, de derde vliegt erboven op een hoogte van 530 kilometer. Zij meten het magneetveld dat afkomstig is van vijf verschillende componenten. Vier daarvan zijn onderdeel van de aarde, namelijk het vloeibare gedeelte van de kern (de buitenkern), de aardmantel, de lithosfeer en de stroming van het zoute water in de oceanen. Daarnaast heb je de activiteit van de zon, die geladen deeltjes op de aarde afvuurt en zorgt voor elektrische stromen in de ionosfeer en de magnetosfeer. Elk van de bronnen heeft een eigen signatuur. Als voorbeeld: het magnetisch veld opgewekt door oceaanstromingen is in de orde van 1 tot 2 nanotesla,

het magneetveld opgewekt door de 'supermagneet' in de aardkern is 60.000 tot 65.000 keer sterker. Om deze signalen te kunnen scheiden zijn er minimaal drie satellieten nodig. Samen met de data van de andere satellietinstrumenten aan boord en data van grondstations kan zo het magnetisch veld in detail berekend worden en kunnen de verschillende bronnen bestudeerd worden. "Het is een missie die van midden in de aarde tot heel ver buiten de aarde informatie levert. Dat is uniek in aardobservatie en daarom ook heel interessant."

Waarom al deze moeite?

Het magnetisch veld zit als een schil om de aarde. Zonder deze bescherming zou de kosmische straling van de zonnewind de aarde continu bestoken en het leven op aarde zeer moeilijk, zo niet onmogelijk maken. Daarnaast maken veel organismen gebruik van het magneetveld voor bijvoorbeeld navigatie. Alleen al vanuit wetenschappelijke interesse is dit voldoende reden om er meer over te weten.

Er zit echter ook een praktische kant aan. Net als andere dieren maken wij mensen ook graag gebruik van het magneetveld van de aarde, bijvoorbeeld voor navigatie met een mobiele telefoon. "In elk van deze dingen zit een kaart van het magneetveld die helpt bij het gebruik van het kompas." Het magnetische noorden verschuift echter langzaam ten opzichte van het geografische noorden, daarom krijgt zo'n kaart van het magneetveld eens in de vijf jaar een update. "Dan ga je ervan uit dat in die vijf jaar de verandering van het magneetveld mooi rustig verloopt. Toevallig was binnen de laatste vijf jaar het magneetveld zo snel en significant veranderd dat ze na drie jaar, geloof ik, al een nieuwe versie moesten maken [1]."

Naast de geplande doelstellingen worden de satellieten ook gebruikt om totaal andere dingen te doen met de data. "We hebben heel bijzondere onderzoeken gedaan die oorspronkelijk niet bedacht of gepland waren. Dat is wel heel leuk." Een van die uitstappen is onderzoek naar voorbodes van aardbevingen. "We hebben proberen te kijken of we vóór een aardbeving al iets kunnen zien. Dan ben je op zoek naar een elektromagnetische koppeling." Er zijn theorieën die stellen dat activiteit in de aarde voorafgaand aan een beving magnetische signalen opwekt. "Maar dat is een heel controverseel onderwerp en we hebben daar wel wat studies naar gedaan, maar het is nog steeds niet allemaal sluitend. Het zou natuurlijk fantastisch zijn als je een meettechniek in een satelliet hebt die betrouwbaar is en waarmee je mensen kunt waarschuwen."

REFERENTIES

- 1 www.esa.int/Applications/Observing_the_Earth/FutureEO/Swarm/Swarm_helps_pinpoint_new_magnetic_north_for_smartphones.
- 2 www.esa.int/Applications/Observing_the_Earth/FutureEO/Swarm/Swarm_unveils_magnetic_waves_deep_down.
- 3 www.esa.int/Applications/Observing_the_Earth/FutureEO/Swarm/Antarctica_s_magnetic_link_to_ancient_neighbours.
- 4 www.esa.int/Applications/Observing_the_Earth/FutureEO/Swarm/Energy_from_solar_wind_favours_the_north.
- 5 www.esa.int/Applications/Observing_the_Earth/FutureEO/Swarm/Swarm_tracks_elusive_ocean_magnetism.