

Landsat spot landgebruik



Al meer dan vijftig jaar draaien er kunstmanen rond de aarde. Ze leveren ons talrijke beelden. Die laten niet alleen de atmosfeer met zijn snel veranderende wolkenpatronen zien. Bij onbewolkt weer tonen ze het doorgaans slechts geleidelijk veranderende aardoppervlak. De eerste opnamen bezaten nog niet zo veel detail. Toch hebben we inmiddels over ruim vijfendertig jaar beelden met voldoende nauwkeurigheid om er veranderingen op te kunnen zien. Vooral de Landsat-satellieten leverden en leveren nog steeds een schat aan informatie. Als Nederlands voorbeeld nemen we de Flevopolders, en over de grenzen kijken we naar het uitdrogende Aralmeer.

De meeste beelden op deze pagina's zijn afkomstig van satellieten uit het Amerikaanse Landsat-programma. De eerste satelliet uit die serie werd in juli 1972 in een baan rond de aarde gebracht onder de naam ERTS (Earth Resources Technology Satellite). Nadat in 1975 duidelijk was geworden dat er

meer van dat type satellieten zouden volgen, werd de ERTS herdoopt in Landsat 1. Het was de eerste satelliet die uitsluitend gericht was op het onderzoek van het landoppervlak. Daarvoor waren er incidenteel beelden van Amerikaanse spionagesatellieten, die in de periode 1961 tot 1964 actief waren onder de code-

Foto 1: IJsselmeer en wijde omgeving op 1 juli 2006. De rode tinten duiden op vegetatie; het water is donkerblauw. Kale grond en bebouwing zijn lichtblauw tot grijsgroen. In het Ketelmeer is het zogeheten IJsseloog zichtbaar, dat op de andere, oudere beelden nog ontbreekt. Satelliet: Landsat 7. Bron: NASA/USGS.

naam Argon. De beelden van deze satellieten werden nog gemaakt op 'ouderwetse' fotografische film. Op gezette tijden werden de films in een trommel uitgeworpen en later voor gebruik opgevoerd en ontwikkeld, zodat er afdrucken van de beelden konden worden gemaakt. Foto 4 uit 1964 is een beeld uit die oertijd.

Kees Floor

Kees Floor verzorgt cursussen, workshops, lezingen en geschreven teksten over het weer en aanverwante onderwerpen. Veel van zijn bijdragen aan *Zenit* (en andere tijdschriften) zijn te vinden op keesfloor.nl.

Landsat

De eerder genoemde Landsat 1 werd gebruikt tot januari 1978. Het satellietbeeld van foto 2 is van september 1980 en dus gemaakt door een opvolger, in dit geval de Landsat 2. Later zouden nog vijf Landsats volgen, waarvan vier werkend, want de lancering van de Landsat 6 mislukte. Op dit moment zijn de Landsats 5 en 7 nog actief. Het is de bedoeling dat er in 2011 een opvolger komt: de LDCM (Landsat Data Continuity Mission), die ervoor moet zorgen dat er geen gaten vallen in de inmiddels ruim 35 jaar lange meetreeks van Landsat-satellietbeelden van het landoppervlak. Overigens biedt de Amerikaans-Japanse ASTER (Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer), die wordt meegevoerd op de satelliet Terra van het Amerikaanse Earth Observing System

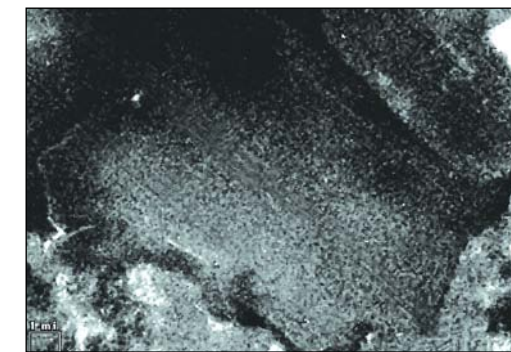
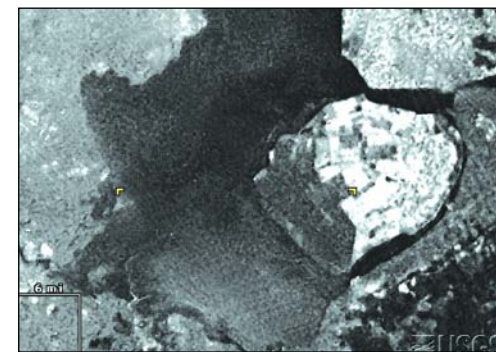


Foto 4: Flevoland en Markermeer op 21 augustus 1964. Op het ingezoomde beeld is alleen Zuidelijk Flevoland 'zichtbaar'. Het is al wel bedijkt, maar nog niet droog. De dijk Enkhuizen-Lelystad is er nog niet. De gebieden zijn exact dezelfde als in foto 5. Satelliet: Argon. Bron: USGS.

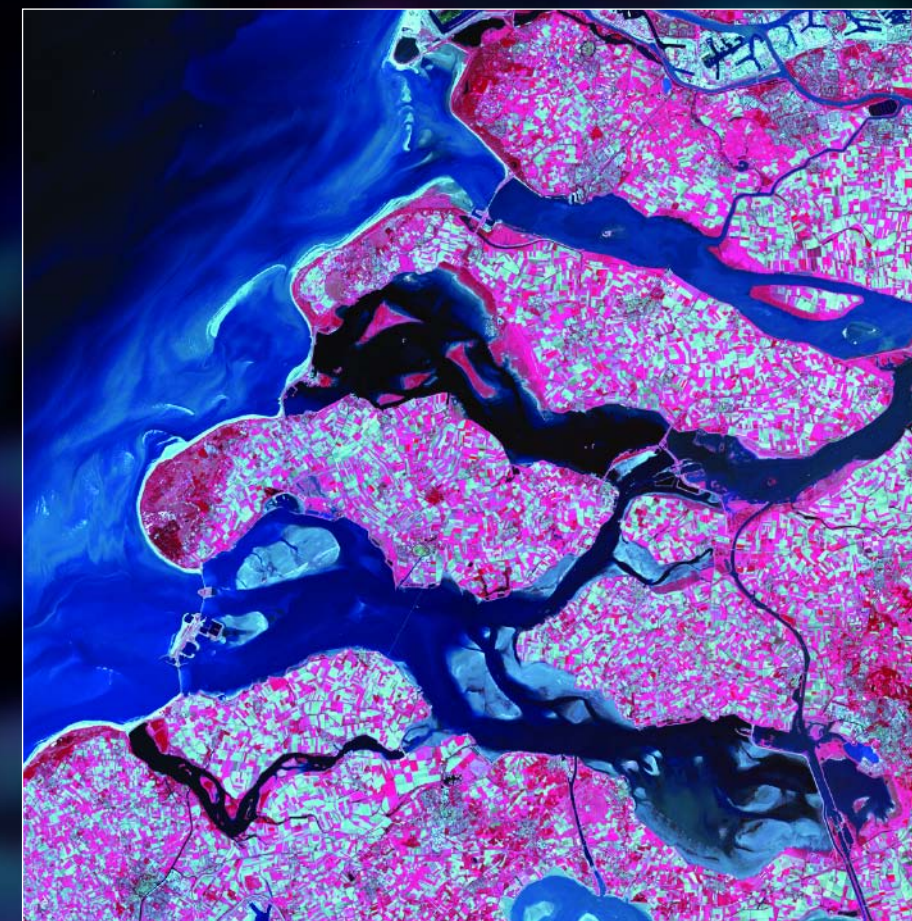


Foto 5: Flevoland en Markermeer op 23 maart 1973. Op het ingezoomde beeld is alleen Zuidelijk Flevoland zichtbaar. De percelen waren er toen veel groter dan tegenwoordig (vergelijk met figuur 1). In het begin van het voorjaar groeit er nog weinig op het land en zijn er dus nog geen rode tinten. De tinten van kale grond variëren namelijk van lichtblauw tot grijsgroen. De dijk Enkhuizen-Lelystad is nog niet af. De gebieden in beeld zijn exact dezelfde als in foto 4. Satelliet: Landsat 1. Bron: NASA/USGS.

ASTER

Een instrument dat beelden van het landgebruik op aarde kan leveren die in resolutie concurrerend zijn met de LANDSAT-beelden, is de ASTER (Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer). De ASTER wordt meegevoerd op de Amerikaanse satelliet Terra, een van de satellieten van het Earth Observation System. De Amerikanen en Japanners die bij de ontwikkeling van het instrument betrokken zijn, beschouwen het instrument als de 'zoomlens' van de Terra. De ASTER maakt incidenteel beelden met een resolutie van 15 meter; de MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer), het standaardinstrument van de Terra en zustersatelliet Aqua, werkt op routinebasis, maar heeft een resolutie van 'slechts' 250 meter.

Een voorbeeld van een satellietbeeld van de ASTER, ditmaal van een ander deel van Nederland, geeft de figuur. De kleurstelling komt overeen met die van de Landsat-beelden van het IJsselmeer uit bijgaand artikel. Het beeld toont de Zeeuwse en Zuid-Hollandse Eilanden op 24 mei 2002. De Noordzee is donkerblauw, maar naarmate er meer sediment in het water zit, wordt de tint lichter. Vegetatie verraadt zich weer door rode kleuren. Op grofweg de helft van de landbouwpercelen groeit nog weinig, gezien de blauwgrijze tinten.



De Zeeuwse en Zuid-Hollandse Eilanden op 24 mei 2002. Instrument: ASTER. Satelliet: Terra. Bron: USGS EROS Data Center.



Foto 2: Flevoland op 8 september 1980. De percelen zijn groter dan op recentere beelden. Doordat er al is geogst, is er minder vegetatie op het land en zijn er minder roodtinten dan op beelden uit september (foto 1) of mei (foto 3). Satelliet: Landsat 2.

(EOS) tegenwoordig beelden van vergelijkbare kwaliteit (zie kader).

IJsselmeer

De afsluiting van de Zuiderzee en de inpoldering van het IJsselmeer voltrokken zich grotendeels voor de komst van de satellieten aan het begin van de jaren zestig van de vorige eeuw. De werkzaamheden begonnen in de jaren twintig met de aanleg van de Amsteldiepdiijk of Kleine Afsluitdijk. Daarbij werd het Amstelmeer gevormd en raakte Wieringen zijn status van eiland kwijt. Vervolgens werd in 1926 en 1927 de proefpolder Andijk aangelegd om ervaring op te doen met het bedijken en inpolderen van delen van de Zui-

derzee. Een jaar later werd begonnen met de aanleg van de Wieringermeerpolder, die in 1930 gereed kwam, nog voor de voltooiing van de Afsluitdijk in 1932. Ook de Noordoostpolder (1942) en Oostelijk Flevoland (1957) zijn van voor het satelliettijdperk: de eerste kunstmaan, een Russische Spoetnik, werd namelijk gelanceerd in 1957. In datzelfde jaar kwam de verbinding tot stand tussen Noord-Holland en het eiland Marken. De aanleg van de polder Zuidelijk Flevoland moest toen nog beginnen; deze vond plaats in de periode 1959 tot 1968. Na de voltooiing daarvan was in totaal 1620 vierkante kilometer land teruggevoerd op de zee.

Zuidelijk Flevoland, Houtribdijk en IJsselmeer

De satellietbeelden van het landoppervlak leveren dus uitsluitend informatie over de laatste fases. Vooral de ontwikkeling van Zuidelijk Flevoland is erop te volgen. Op het oudste beeld (zwart-wit, foto 4) van de Argon uit 1964 is de polder nauwelijks te onderscheiden. De dijken liggen er al wel, maar het land moet nog worden drooggelegd. Ook van de Houtribdijk tussen Enkhuizen en Lelystad is weinig te zien. De aanleg daarvan begon een jaar eerder, in 1963, en duurde tot 1975.

Op het moment dat het beeld van de Landsat 1 uit 1973 (foto 5a) werd gemaakt, was de dijk nog niet klaar. De



Foto 3: Flevoland, 23 mei 1989. Satelliet: Landsat 5. Bron: EOSAT/USGS.

tint van het water achter de dijk is door een andere golfslag iets lichter dan die van de rest van het Markermeer en het IJsselmeer. Wel heeft Zuidelijk Flevoland dan al zijn definitieve vorm, zoals blijkt na vergelijking van foto 5a met de later gemaakte satellietbeelden van de figuren 1 tot 3. Bij die vergelijking valt ook op dat de perceelgrootte in de loop der tijd kleiner is geworden. In 1973 (foto 5) en 1980 (foto 2) zijn de percelen nog groot. In 1989 is al veel meer diversificatie opgetreden en in 2006 zijn de percelen bouwland nog weer kleiner.

Het opvallendste nieuwe element op het satellietbeeld uit 2006 (foto 1) is het zogeheten IJsselmeer in het Ketmeer. Het is een depot waar het ver-

ontreinigde slib uit de bodem van het meer permanent wordt opgeslagen. De aanleg ervan begon in 1996 en duurde tot 1999; vandaar dat het alleen op het meest recente satellietbeeld te zien is.

Kleuren en tinten

In de gekleurde Landsat-beelden onderscheiden het Markermeer, het Veluwemeer en de overige randmeren zich door hun donkerblauwe tint duidelijk van het land. In de Flevopolders en op het oude land is vegetatie rood; hoe meer vegetatie of hoe beter de conditie daarvan, des te feller is het rood. Bebouwing, bestrating en kale grond vertonen lichtblauwe tot grijsgroene tinten; deze zijn onder andere terug te vinden op

de plekken waar je de plaatsen Zeevolde, Almere, Lelystad of - buiten de polders - Amsterdam, Amersfoort en Harderwijk mag verwachten.

De verschillen tussen de beelden hangen overigens niet alleen af van de veranderingen over de jaren. Ook het seizoen speelt een rol. Zo bracht de Landsat 1 Zuidelijk Flevoland in 1973 in beeld op 23 maart. Op dat moment van het jaar groeit er kennelijk nog niet zo veel op het land. In juli is dat natuurlijk anders. Ondanks de uitzonderlijke droogte in die periode in 2006 duiden de intense rode tinten op het Landsatbeeld uit 2006 (foto 1) op veel vegetatie. De bosgebieden, zoals het Horsterwold bij Zeewolde en het Hollandse Hout ten oosten van de goed zichtbare

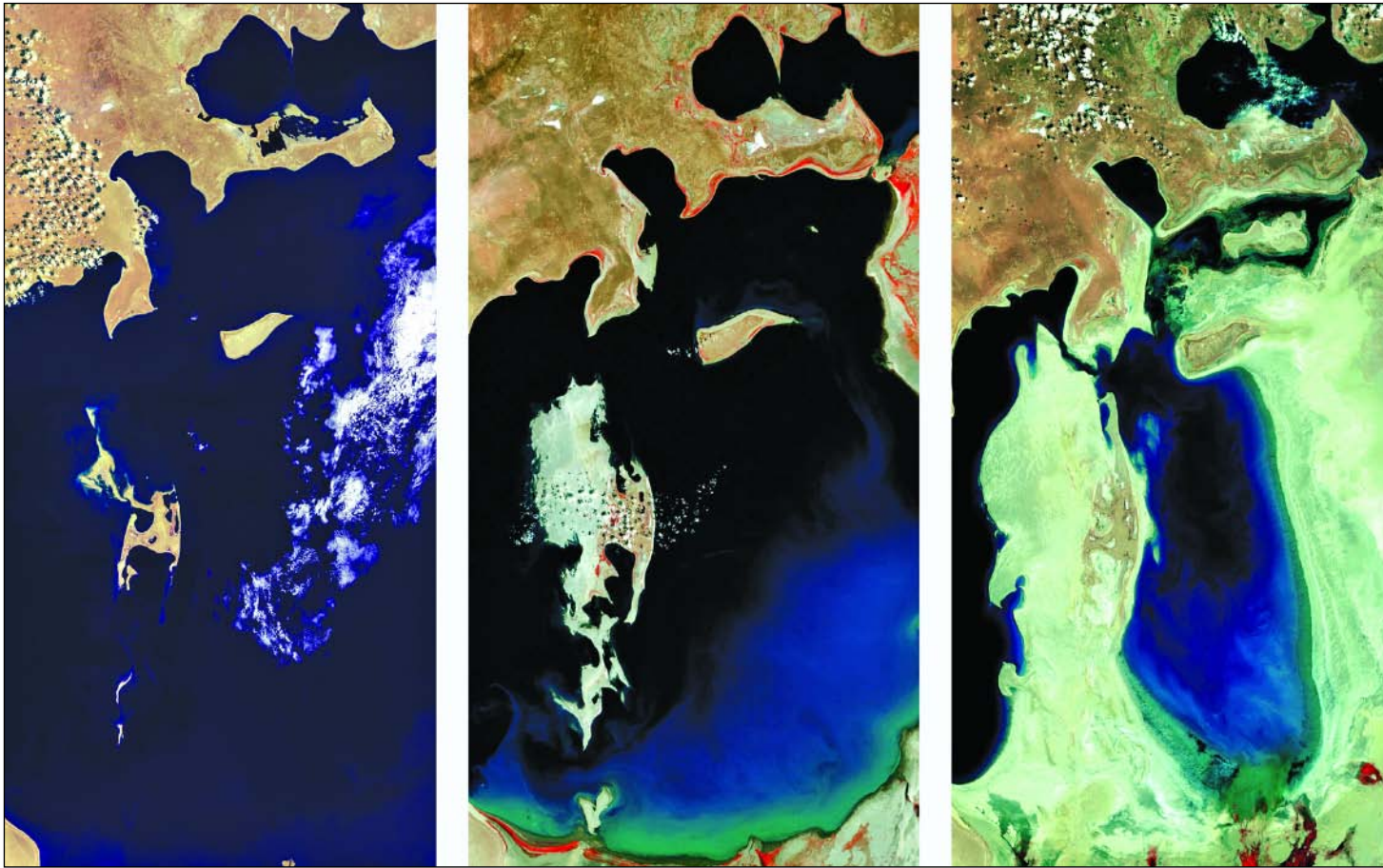


Foto 6: Landsat-beelden van het uitdrogende Aralmeer op de grens van Kazachstan en Oezbekistan. Van links naar rechts: 4 juni 1977 (Landsat 2), 17 september 1989 (Landsat 5) en 27 mei 2006 (Landsat 7). Bron: USGS.

Oostvaardersplassen, zijn diep rood. De beelden van september 1980 (foto 2) en mei 1989 (foto 3) nemen qua roodtinten een tussenpositie in. De jaarlijkse gang in kleurschakeringen als gevolg van de wisselende seizoenen is op het bouwland van de polders veel sterker dan aan de overzijde van de Randmeren op de Veluwe en in Het Gooi. De grond van het oude land is minder geschikt voor akkerbouw en daardoor hoofdzakelijk in gebruik als grasland. Daardoor is het daar het hele jaar door groen en op de Landsat-beelden rood.

Aralmeer

Natuurlijk zijn er buiten Nederland ook tal van andere interessante plekken waarvan de ontwikkeling met Landsat-beelden kan worden gevolgd. Zeer bekend zijn bijvoorbeeld de veranderingen die optraden bij het Aralmeer, op de grens van Kazachstan en Oezbekistan. Ooit stond dit meer op plaats drie van de grootste meren ter wereld. Het noordelijk deel van het meer kreeg zijn rivierwater van de Syrdarya, het zuidelijk deel van de Amurdaryo. Het grote waterbekken sleept de scherpe kantjes af van het uitgesproken landklimaat in de omgeving: er viel meer

regen, de tegenstellingen tussen zomer en winter waren er minder groot en er deden zich minder zandstormen voor. Verder fungeerde het meer als bron van een bloeiende visserij en visverwerkende industrie.

In de afgelopen veertig jaar is het meer drastisch geslonken. Dat kwam doordat vanaf de jaren zestig van de vorige eeuw de rivieren die het meer van zijn water voorzagen, werden omgeleid. Het water werd vrijwel volledig gebruikt voor irrigatie van katoenplantages en andere landbouwteelten. Vervolgens begon de uitdroging, die tot de dag van vandaag voortduurt. Bij het uitdrogen van het zuidelijk deel kwam de zoute bodem droog te liggen en ontstond een grote zoutwoestijn. Stofstormen voerden het zout naar de landbouwgebieden, waar men de verzilting met nog meer zoet rivierwater probeerde tegen te gaan, wat het uitdrogingsproces verder versterkte.

Uitdroging in beeld

Het satellietbeeld van foto 6 links geeft de situatie rond het Aralmeer op 4 juni 1977 zoals destijds vastgelegd door de Landsat 2. De uitdroging was toen al meer dan tien jaar aan de gang; ze zou nog jaren voort-

duren, zoals het middelste beeld van de Landsat 5 laat zien. De bijbehorende datum is 17 september 1989.

Het rechter en meest recente beeld is van 27 mei 2006. Het zuidelijk deel van het Aralmeer is opgesplitst in een westelijk en een oostelijk deel. Hydrologen verwachten dat beide delen binnen 15 jaar helemaal zijn verdwenen.

Voor het noordelijk deel zijn zij minder pessimistisch. Daar begon de regering van Kazachstan in 2003 met een omvangrijk, mede door de Wereldbank gefinancierd herstelproject. De oppervlakte van het Aralmeer was toen al afgenomen tot ongeveer 17.000 vierkante kilometer en het meer was gezakt naar de achtste plaats op de lijst van grootste meren. Het water van de Syrdarya mag het noordelijk deel weer binnenstromen en een in 2005 gereed gekomen dam moet voorkomen dat het naar het uitdrogende zuidelijke deel wegvloeit. Sinds die afsluiting is het water minder zout geworden en het waterniveau met twee meter gestegen. Ook begint de vis er terug te keren. Hoewel het meer vermoedelijk zijn oorspronkelijke omvang niet meer bereikt, hoopt men toch op een uiteindelijk herstel van de visserij in dat gebied.