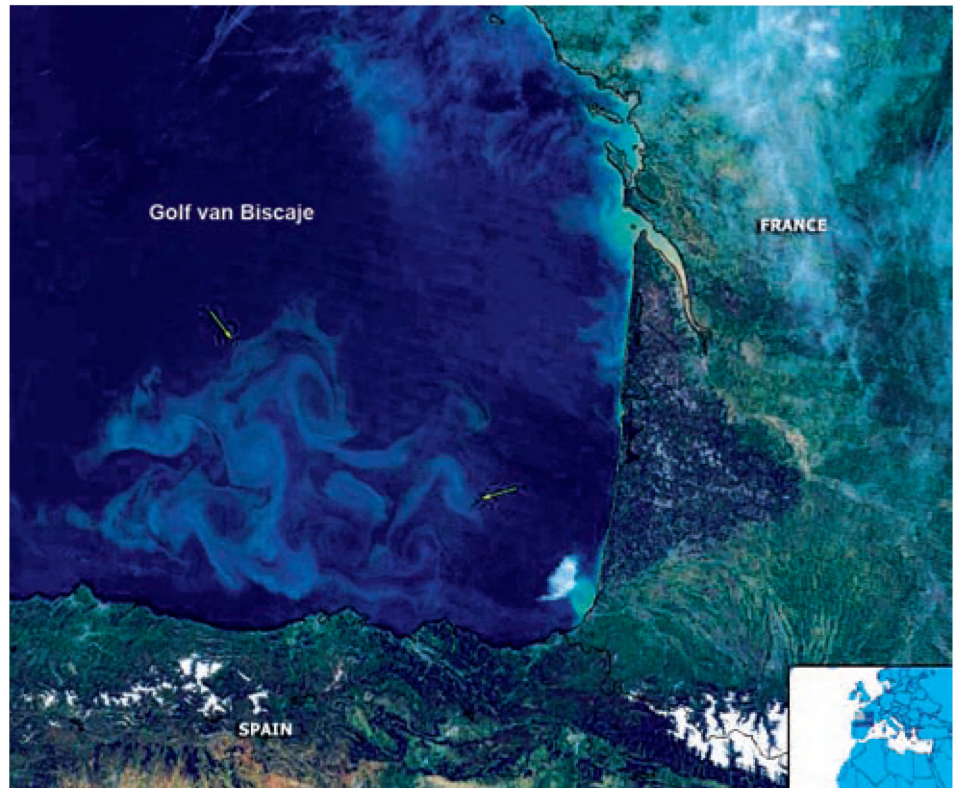


Remote Sensing in vogelperspectief

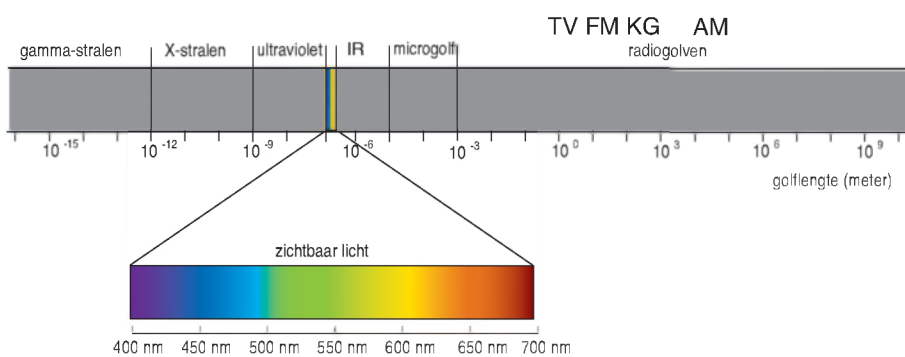
Meer en meer wordt gebruik gemaakt van remote sensing of teledetectietechnieken voor het verzamelen van beelden en informatie over het aardoppervlak en de oceanen. Denk maar aan de satellietbeelden uit het weerpraatje, de overzichtsbeelden van de ravage van de tsunami, ... Maar het gebruik van remote sensing in de oceanografie gaat verder dan het observeren van de oceanen vanop grote hoogte of vanuit de ruimte. Steeds vaker maken mariene onderzoekers, ook in België, er gebruik van voor het meten en objectief interpreteren van oceanografische parameters. Het is een techniek die extra informatie kan aanleveren binnen een brede waaier aan onderzoeksdisciplines.

De lichtblauwe kolken tonen een fytoplanktonbloei in de Golf van Biscaje (MODIS beeld vanop Terra satelliet - NOAA)



Zonnestraling: samenstelling en absorptie

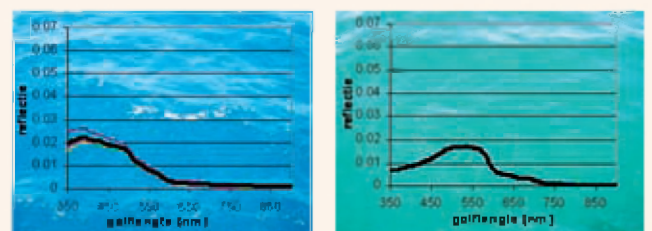
De elektromagnetische straling die de zon uitstraalt, bestaat hoofdzakelijk uit zichtbaar licht (400-700 nm), maar bevat ook straling met langere golflengten (infrarood licht) en straling met kortere golflengten (gammastralen, X-stralen en ultravioleto).



De straling die invalt op een voorwerp wordt voor een deel geabsorbeerd. Denk maar aan je zwarte T-shirt dat opwarmt in de zon of planten die het licht absorberen met hun bladgroen. De rest van de invallende straling wordt gereflecteerd (en eventueel deels ook doorgelaten). Wat wij met onze ogen als 'kleur' zien is het gereflecteerde licht. Omdat vooral het rode en blauwe licht door planten geabsorbeerd wordt, ziet het licht dat bladeren reflecteren er groen uit.

Verschiedende materialen, met verschillende eigenschappen, reflecteren het licht in verschillende mate. Denk maar hoe anders het is om in volle zon te kijken naar een wateroppervlak, het strand, een zwart oppervlak, ... Zelfs subtiele verschillen in de kwaliteit van voorwerpen of oppervlakken kunnen waargenomen worden a.d.h.v. de gereflecteerde straling. Je kan aan de kleur van een appel zien hoe rijp die is en, mits enige ervaring, afleiden hoe zoet die zal smaken.

Analoog kan men met remote sensing a.d.h.v. de kleur van de zee de samenstelling van het water afleiden. Oceanen zijn niet altijd blauw zoals op kindertekeningen, maar kunnen ook grijs, groen of bruin getint zijn. Naargelang de aanwezigheid van fytoplankton, opgeloste organische stoffen en anorganische zwevende deeltjes (bv. zand, slib) wordt het invallende licht op een andere manier geabsorbeerd, getransmitteerd en gereflecteerd.



Watermassa's met een verschillende samenstelling hebben een andere kleur. Omgekeerd kan men a.d.h.v. de gereflecteerde spectra (grafieken), opgevangen door satellietensensors, nagaan welke deeltjes en stoffen aanwezig zijn in het zeewater (BMM)

Wat is remote sensing?

Remote sensing of teledetectie is de techniek, waarbij door middel van instrumenten, informatie wordt verkregen over een voorwerp zonder er direct mee in contact te komen. In strikte zin is het maken van een foto van een vaas bloemen op je keukentafel dus een vorm van teledetectie. De term wordt echter het meest gebruikt voor waarnemingen van het aardoppervlak en de oceanen, door middel van instrumenten gemonteerd op satellieten, vliegtuigen, schepen of met de hand gedragen.

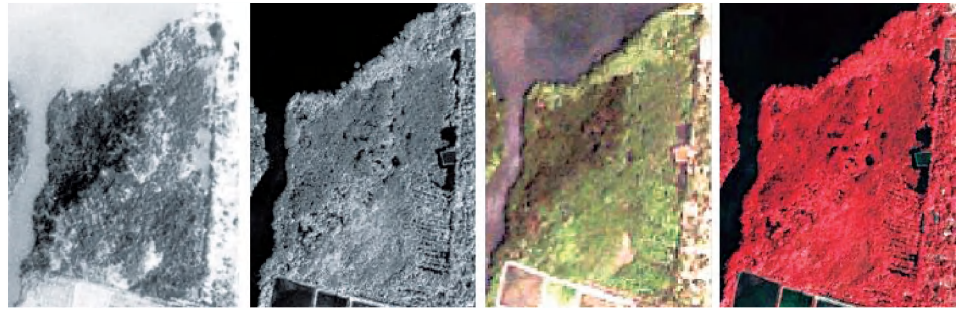
De straling van de zon die op het aardoppervlak invalt, wordt deels geabsorbeerd, deels getransmitteerd (bv. in water) en deels teruggekaatst of gereflecteerd. Voor elk voorwerp is de absorptie, transmissie en reflectie anders. Door middel van sensoren kan je de gereflecteerde straling opvangen en analyseren, en als dusdanig de verschillende voorwerpen, aard- en oceaansstructuren onderscheiden a.d.h.v. hun zogenaamde 'spectrale signatuur'.

Voordelen en beperkingen

Staalnamen en veldmetingen op zee en in de kuststreek zijn weliswaar zeer accuraat, maar zijn duur en leveren geen totaalbeeld op. Voor bepaalde toepassingen kan remote sensing vanuit vliegtuigen en satellieten op frequente basis een totaalbeeld geven van veranderingen in een ganse regio. Het bereik is groot en heeft een resolutie die je met monitoring in het veld nooit zou kunnen uitvoeren of bekostigen. Remote sensing van de oceaan en kust heeft echter ook zijn beperkingen. Het aantal parameters dat van op afstand kan gemeten worden is niet onbeperkt en er moeten correcties worden uitgevoerd om storende factoren zoals de atmosfeer te compenseren (zie verder). Daarbij komt nog dat de analyse van remote sensing data de nodige expertise en ervaring vereist.

Optische gegevens capteren met passieve sensoren

Passieve sensoren ontvangen het gereflecteerde licht van bestaande energiebronnen (bv. de zon); ze zenden zelf geen straling uit. Optische sensoren meten gewoonlijk de teruggekaatste zonnestraling in 4 of 5 verschillende banden uit het zichtbare elektromagnetische spectrum. Deze banden worden gekozen in de vensters (of 'transmission windows') waarin de atmosfeer niet of nauwelijks absorbeert. In geval er minder dan 10 spectrale banden worden geregistreerd, spreekt men van multispectrale remote sensing. Voor het opvangen van de kleine hoeveelheden natuurlijke microgolfsstraling worden speciale microgolfsensoren gebruikt. Er zijn



Door de beelden van 4 spectrale vensters te combineren komt men in de multispectrale remote sensing tot nauwkeurige waarnemingen van het bestudeerde oppervlak. Hier zien we eenzelfde stuk mangrovewoud in Pambala-Kakkapalliya (Sri Lanka) v.l.n.r. op een luchtfoto, op een panchromatisch beeld, op een ware kleurencompositie (blauw-groen-rood) en een valse kleurencompositie (blauw-groen-nabij-infrarood) met de IKONOS sensor (FDG)

daarnaast ook sensoren die de specifieke banden uit het infrarood spectrum capteren.

De atmosfeer, zijnde de lucht, de erin aanwezige waterdamp en verschillende types aerosolen, absorbeert de meeste ultraviolette straling met golflengten kleiner dan 350 nm. Er zijn specifieke bandbreedtes, binnen het zichtbare licht spectrum (blauw, groen en rood licht met golflengten van ± 450 , 550 en 650 nm), het nabije infrarood (700-1400 nm) en sommige banden binnen het thermisch infrarood (1000 μ m tot 1 mm) die de atmosfeer gemakkelijk passeren. Golflengtes tussen 20 μ m en 3 mm worden quasi volledig door de atmosfeer geabsorbeerd, maar voor microgolven, met golflengten tussen 3 mm en 10 cm, is er terug weinig absorptie.

Eén van de meest recente ontwikkelingen in de remote sensing is de hyperspectrale teledetectie (ook wel 'beeldvormende spectroscopie' genoemd). Deze discipline onderscheidt zich van de klassieke multispectrale teledetectie doordat het zonlicht geregistreerd wordt in tientallen tot honderden fijne spectrale banden; dit kan zowel vanuit vliegtuigen als vanop satellieten worden toegepast. De fijne spectrale resolutie heeft als gevolg dat de kleur van bijvoorbeeld het zeeoppervlak of het strand in meer detail kan bestudeerd worden en biedt de mogelijkheid om sedimenten, vegetatie en water gedetailleerd te analyseren op hun samenstelling. Men kan dit best vergelijken met een curve waarvan 4 of 100 punten gekend zijn; hoe meer punten van de curve bekend zijn, hoe gedetailleerder de informatie waarover men beschikt.

Passieve sensoren die gevoelig zijn in het zichtbare spectrum leveren informatie over de kleur en dus over de samenstelling (chlorofyl, gesuspendeerde partikels) van het zeewater, alsook over de bathymetrie. Passieve microgolfsensoren meten naast de temperatuur van het oppervlaktewater, ook de saliniteit en de ruwheid van het oceaanooppervlak. Infrarood sensoren worden eveneens gebruikt om de temperatuur van het oppervlaktewater te meten.

Micro- en radargegevens: zelf straling uitzenden en terug opvangen

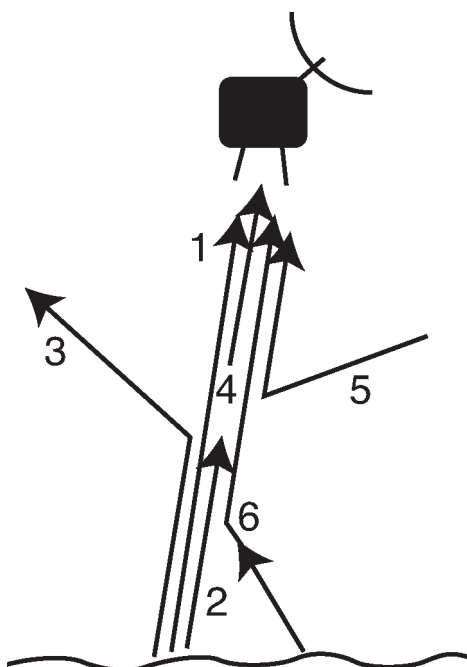
In tegenstelling tot passieve teledetectie-systemen stralen de actieve instrumenten zelf een signaal naar het aardoppervlak vanuit de ruimte of vliegtuig, en analyseren dan de 'echo'. Ze werken vaak in het gebied van de micro- of radargolven (golflengten tussen 0,1 cm en 1 m) en hebben het voordeel dat ze niet tegengehouden worden door wolken. Er zijn ook actieve sensoren die gebruik maken van infraroodlasers om zeer nauwkeurig de topografie van het aardoppervlak te bepalen (cf. LiDAR systemen). Door gebruik te maken van verschillende lasers in het groene en blauwe licht is het zelfs mogelijk om de bathymetrie in helder water te bepalen.

Actieve remote sensing levert o.a. informatie over de golven, winden en andere fenomenen op het oppervlak van de oceanen. Het is wel zo dat de meeste golfbanden binnen de micro- en radiogolven spectrum reeds gebruikt worden voor telecommunicatiedoeleinden (radio, TV, GSM, radiocommunicatie voor civiele en militaire doeleinden). Er zijn slechts enkele bandbreedtes specifiek beschikbaar voor het gebruik binnen de remote sensing (voor passieve en actieve doeleinden en voor de communicatie van satellieten naar de Aarde).

Correcties van ruwe satelliet- en vliegtuigbeelden nodig!

Wanneer vanuit een vliegtuig of satelliet waarnemingen worden gedaan van het weerkaatste licht, moeten deze eerst gekalibreerd en bewerkt worden vooraleer de eigenschappen van het reflecterende oppervlak kunnen bepaald worden. De transmissie door de atmosfeer is allesbehalve perfect en maakt een directe interpretatie onbetrouwbaar. Men kan geen waarnemingen doen doorheen een wolkenlaag. Elke pixel van het beeld moet dus

geklasseerd worden als wolkenvrij (= bruikbaar) of onder invloed van wolken of hun schaduw (= onbetrouwbaar). Ook in wolkenvrije omstandigheden wordt het zichtbaar licht verstrooid ('scattered') door de atmosfeer, thermische infrarood straling wordt vooral geabsorbeerd door broeikasgassen en waterdamp, terwijl microgolven weinig, maar niet verwaarloosbaar worden beïnvloed. De gecapteerde informatie moet hiervoor gecorrigeerd worden met behulp van 'atmosferische correctie-algoritmen'. Satellieten observeren straling die tot 90 % kan bestaan uit zonnestraling die weerkaatst wordt door de buitenste lagen van de atmosfeer. De beelden moeten hiervoor dus worden gecompenseerd. Voor de toepassingen onder water worden specifieke aquatische correctiealgoritmes toegepast, die niet alleen rekening houden met de typische kenmerken van de luchtlagen boven een wateroppervlak, maar eveneens de vervorming van het licht door de waterkolom in rekening brengen. Oceanen absorberen immers vooral rood en groen licht. Theoretische studies zijn onontbeerlijk voor de correcte interpretatie en worden door de Vlaamse Instelling voor Technologisch Onderzoek (VITO) verricht.



Verschillende banen van elektromagnetische straling doorheen de atmosfeer: (1) bruikbaar signaal, (2) straling geabsorbeerd op zijn weg, (3) straling verstrooid buiten het observatieveld van de sensor, (4) straling van atmosferische deeltjes, (5 en 6) straling afkomstig van buiten het observatieveld, maar door verstrooiing terechtgekomen binnen het observatieveld van de sensor

Mijlpalen in de oceanografische observatie vanuit de lucht en de ruimte

Teledetectie gebeurde eertijds enkel op basis van luchtfoto's vanuit vliegtuigen uitgerust met speciale (analoge) camera's. De films werden ontwikkeld en geanalyseerd na het einde van de vlucht. Door speciale films en filters te gebruiken kon men een waaier van frequenties, normaal onzichtbaar voor het blote oog, vastleggen (infraroodfotografie).

1957: Lancering van de Sputnik door de USSR, de eerste orbitale satelliet

1960: Eerste meteorologische satelliet in een baan rond de Aarde (USA)

De eerste ruimtelfoto's werden analoog vastgelegd, waarna de filmpjes naar de Aarde werden geschoten. Al snel doet digitale fotografie zijn intrede en worden de beelden, onder de vorm van binaire informatie, per radio naar de Aarde gezonden. Met de digitale sensoren kunnen ook delen van het elektromagnetische spectrum geanalyseerd worden die niet op fotofilm vast te leggen zijn (bv. thermale infrarood).

1978: Lancering van sensoren door NASA, speciaal ontwikkeld voor het kwalitatief meten van oceanografische data. Deze eerste beelden leverden de mens o.a. het inzicht dat er in de oceanen megadraaikolken voorkomen (zgn. 'eddies'), dat er in bepaalde perioden enorme phytoplanktonbloei aanwezig zijn in de Noord Atlantische Oceaan, etc.

1980's: Europa (ESA) en Japan lanceren hun eigen 'mariene' satellieten

1990's: Canada, India, Frankrijk en andere landen volgen met hun eigen oceanografische satellieten

Na 2000: Nieuwe fenomenen worden waargenomen (bv. de 'interne golven' op tientallen meters onder het oceaanooppervlak). Remote sensing oceanografen coördineren hun acties met het Global Ocean Observing System (GOOS) en het Global Climate Observing System (GCOS), zodat observaties van oceanografische en klimatologische processen op wereldschaal mogelijk worden. Ook belangrijk is dat er – door het evolueren van internetgebruik, de steeds hogere computer capaciteit en de wereldwijde netwerking – steeds meer toegang is tot de reusachtige datasets en beelden.

De toekomst van remote sensing, een techniek in beweging

Het gebruik van remote sensing in marien en kustgebonden onderzoek is een ontlukende discipline die op alle fronten vooruitgang boekt. Wat kunnen we in de directe toekomst nog verwachten?

Nieuwe types en meer accurate sensoren zullen ontwikkeld en gelanceerd worden bv. voor het meten van het zoutgehalte van de oceanen, de windsnelheid en windrichting, stroomsnelheden, enz. Vermeldenswaardig is zeker de APEX sensor, een hyperspectrale vliegtuigsensor die ontwikkeld wordt in opdracht van de Europese Ruimtevaartorganisatie (ESA). Deze sensor is in staat de zeer korte blauwe golflengtes te capteren wat hem uiterst geschikt maakt voor aquatische toepassingen. VITO zal deze sensor in de nabije toekomst inzetten. Daarnaast bouwt VITO ook aan een nieuw type platform voor aardobservatie: onbemande vliegtuigen of UAV's. Deze zullen in staat zijn om maandenlang tegen zeer hoge resolutie beelden te maken van het aard- en oceaanooppervlak. In tegenstelling tot satellieten hebben zij geen vaste baan, waardoor de monitoring veel flexibeler kan gebeuren. Het nadeel van een klassiek vliegtuig, dat na een paar uur moet landen en duur is omwille van de mankracht, wordt eveneens overwonnen bij dit nieuwe platform.

De betrouwbaarheid van de remote sensing data (vnl. 'oceancolour' data) zal stijgen door een hogere nauwkeurigheid en resolutie (zowel in de ruimte als in het spectrum), maar tevens door betere correctiealgoritmes en validatietechnieken.

Primaire productie en algenbloei kunnen zeer goed gevolgd worden met de huidige technieken, maar het onderscheiden van de verschillende soorten is nog moeilijk op basis van remote sensing alleen. Veldgegevens blijven nodig, maar zullen in de toekomst (deels) geautomatiseerd kunnen worden door het gebruiken van een 'Continuous Plankton Recorder' (CRP) of een 'Autonome Cytometer'.

Remote sensing data zullen steeds meer 'near real time' geleverd worden. Dit kan door de hogere rekencapaciteit en netwerking van computers en door het versnellen van de beeldverwerking aan boord van de satellieten. Vooraleer de data naar de Aarde gestuurd worden, zal de correctie en validatie reeds gebeurd zijn. Dit zal nuttig zijn voor oceanografen aan boord van onderzoeksschepen en bv. aquacultuurbedrijven die respectievelijk hun staalnames en productie zullen kunnen optimaliseren.

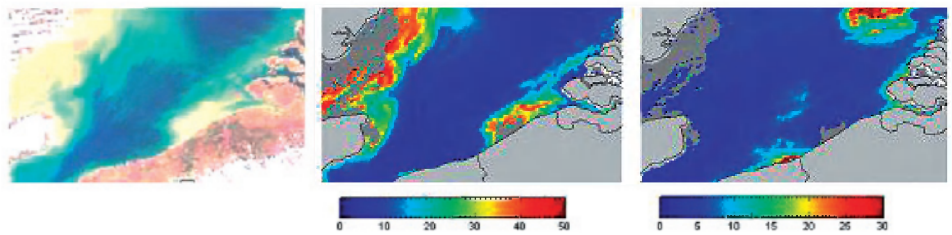
Veldmetingen blijven nodig!

Remote sensing is een krachtig en innovatief instrument dat in verschillende wetenschappelijke disciplines kan gebruikt worden. Kust- en oceanografisch onderzoek vormt hierbij één van de belangrijkste toepassingsgebieden. Het is echter van groot belang dat de gebiedsdekkende remote sensing data gekoppeld worden aan klassieke observatietechnieken, vaak puntwaarnemingen. Remote sensing vervangt deze veldwaarnemingen immers niet, maar gebruikt ze om de remote sensing data te kalibreren, de classificaties te trainen en de eindproducten (bv. een geklasseerde kaart) te valideren. Verschillende projecten aan de Vlaamse kust tonen aan hoe remote sensing met succes gekoppeld wordt aan andere meetmethoden (zie verder).

Remote sensing bewijst zijn nut in zee- en kustgebonden onderzoek en blijkt een handig hulpmiddel in het kustbeleid. Ook in Vlaanderen! Enkele voorbeelden:

Monitoring strandsuppletie VITO en Afdeling Kust (MD&K)

Afdeling Kust van MD&K, de beheerder van de Vlaamse stranden, voert regelmatig strandsuppleties uit om de erosie van onze zandstranden te compenseren en de kustverdediging te garanderen. De samenstelling van het aangevoerde zand verschilt van het natuurlijk aanwezige zand, waardoor het d.m.v. hyperspectrale teledetectie traceerbaar is en op te volgen is in de tijd.



MODIS satellietbeeld (links) van 11 april 2005 omgezet in concentratiekaarten van opgeloste deeltjes (midden) en chlorofyl (rechts). Deze kaarten worden gebruikt voor het monitoren van grote gebieden, voor het beheer van kustwateren, voor oceanografisch onderzoek en voor het voeden en valideren van numerieke modellen (BMM)



Aan boord van een onderzoeksschip meet het TriO's toestel het invallende licht en de reflectie van water en lucht. Deze waarden worden gecombineerd met simultane wateranalyses en satellietwaarnemingen. Zo kan men de algoritmes testen en verbeteren en de afgeleide chlorofylproducten beter evalueren (BMM)

De kleur van de zee: gesuspenseerd sediment, fytoplankton en eutrofiëring

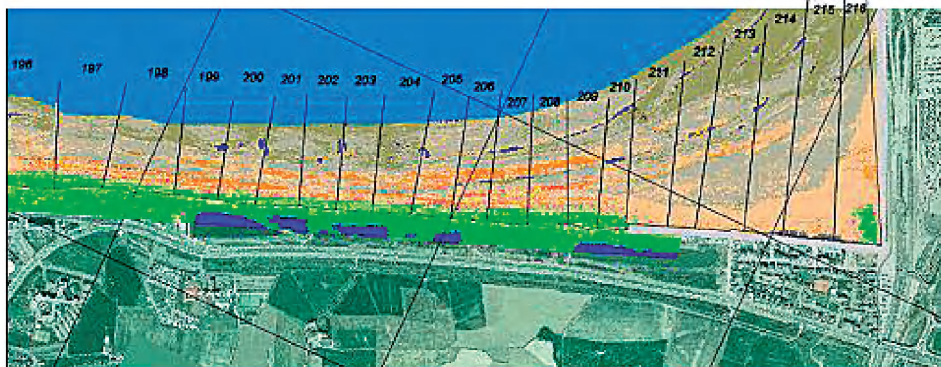
BMM, ULB/ESA en VITO in kader van het BELCOLOUR project

De kleur van het door het zeeoppervlak gereflecteerde licht verschilt naargelang de samenstelling van het zeewater. De manier waarop partikels en opgeloste stoffen in het water het licht absorberen én verspreiden maakt dat het water meer groen, grijs of bruin gekleurd is. Als het spectrum van de opgevangen straling kan ontrafeld worden in de spectra van de verschillende bestanddelen, kan men dus de samenstelling van het zeewater bepalen (zoals bv. gehalte chlorofyl, gesuspenseerd sediment, ...).

Dit is relatief eenvoudig voor water waar weinig tot geen opgeloste deeltjes en sedimenten in aanwezig zijn, zoals diepe oceanische wateren. Hier beïnvloedt enkel de concentratie aan chlorofyl het spectrum. Maar voor kustwater is de situatie veel ingewikkelder: opgelost organisch materiaal afkomstig uit de rivieren, en gesuspenseerde bodemdeeltjes maken het immers moeilijk om de chlorofylconcentraties te meten.

BELCOLOUR probeert de algoritmes voor de berekening van chlorofylconcentraties en opgeloste deeltjes te verfijnen en te optimaliseren zodat de beelden, afkomstig van verschillende satellieten en vliegtuigensoren, correct kunnen omgezet worden in betrouwbare concentratiekaarten van chlorofyl en opgeloste deeltjes. Dit doen ze door lichtmetingen vanop de oceanografische schepen RV Belgica en RV Zeeleeuw te combineren met data verkregen uit simultaan genomen satelliet- of vliegtuigbeelden. Tegelijk worden ook waterstalen genomen om de exacte concentraties aan chlorofyl, opgeloste en gesuspenseerde deeltjes te bepalen.

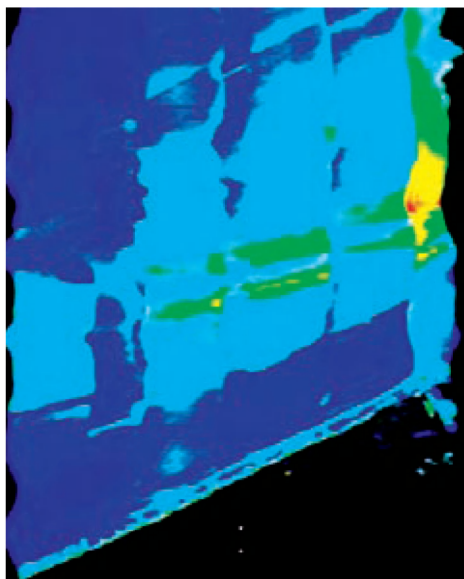
Tevens wordt er ook laboratoriumonderzoek verricht naar de optische eigenschappen van de aparte bestanddelen aanwezig



LEGENDE Klassen van de zandkarakterisatie

1 (water)	8 (schelprijk zand)
2 (zand en slib)	9 (fijn duinzand)
3 (fijn natstrand)	10 (vegetatie)
4 (grof natstrand)	11 (grof duinzand)
5 (droogstrand)	12 (mengpixels)
6 (droogstrandberm)	13 (schaduw)
7 (suppletiezand)	

De fijne spectrale resolutie van hyperspectraal beelden maakt het mogelijk om kaarten te maken van de verschillende zandtypen op het strand. Hierdoor kunnen de verspreiding en de erosie van het suppletiezand in de tijd opgevolgd worden. Op de figuur zien we het strand tussen Blankenberge en Zeebrugge. De klassen 7 en 8 (oranje en rood) duiden op de aanwezigheid van gesuppleerd zand (VITO/MD&K-Kust)



Hyperspectraalbeelden vanuit vliegtuigen worden gebruikt voor het bepalen van de fysische en chemische samenstelling van het water (hier de hoeveelheid sediment in suspensie). Deze parameters zijn van belang voor het bepalen van sedimenttransport en episodes van eutrofiëring. Ze kunnen bovendien worden ingezet bij baggerwerkzaamheden om na te gaan of de hoeveelheid opgewoeld sediment bepaalde limieten niet overschrijdt (VITO)

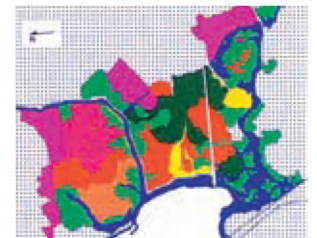
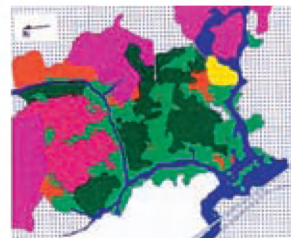
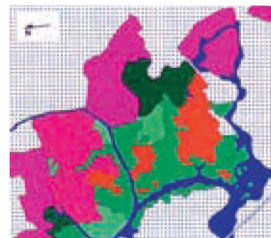
in de kustwateren, zoals bijvoorbeeld de absorptie en reflectie van verschillende fytoplanktonsoorten. Deze metingen worden gebruikt voor het kalibreren van de theoretische modellen en het valideren van de optische theorie.

De meest nuttige sensoren die in ons gebied belangrijk zijn voor de 'colour of ocean data' zijn: MERIS, MODIS, SeaWiFS (tot 2004), NOAA AVHRR en de hyperspectrale sensor CHRIS. De ruwe en bewerkte beelden van de eerste 3 sensoren zijn on-line beschikbaar via www.mumm.ac.be/OceanColour.

Monitoring van mangrove-vegetaties

VUB

Aan de VUB wordt door de groep rond Nico Koedam en Farid Dahdouh-Guebas onderzoek verricht naar de veranderingen die zich voordoen in mangrovewouden langs tropische kusten. Teledetectiegegevens zoals historische luchtfoto's en recente satellietbeelden geven goede visuele informatie, maar worden gecombineerd met terreinwerk in de vegetatielagen van verschillende ouderdom, met interviews met lokale inwoners, dendrochronologie, historisch archiefonderzoek (a.d.h.v. oud kaartmateriaal) en diepe bodemboringen. Door het verleden te documenteren, kunnen voorspellingen worden gemaakt naar de toekomstige ontwikkeling van het woud, bv. bij zeespiegelstijging. Tevens worden vegetatiekaarten aangemaakt die dienen voor het geïntegreerd beheer

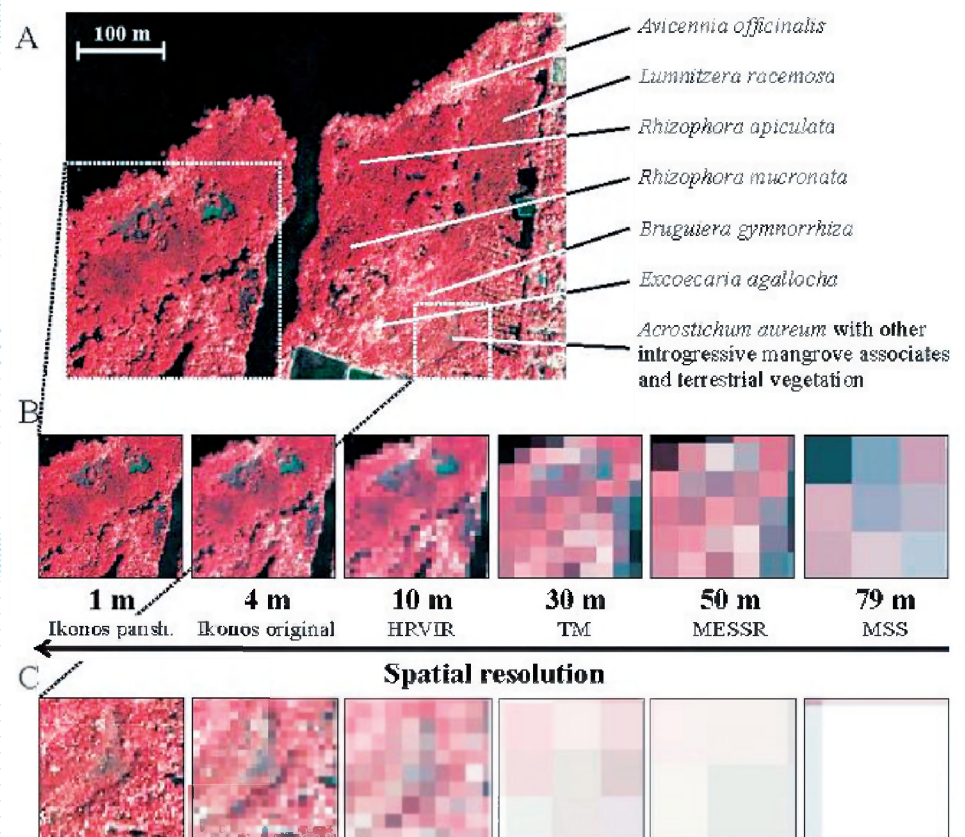


Luchtfoto's van de mangroves van Galle-Unawatuna in Sri Lanka (boven) en de afgeleide vegetatiekaarten (onder) in 1956 (links), 1974 (midden) en 1994 (rechts) tonen de veranderingen en degradatie van het woud. Mangroves worden aangeduid in het licht- en donkergroen, geel en oranje, kokosnootplantaties in het paars en water in het blauw. De rest van het beeld bestaat uit bewoond gebied en rijstvelden (FDG)

van deze onder druk staande tropische kustgebieden. Het gebruik, de desintegratie en eventueel herstel kunnen zo in de tijd opgevolgd worden.

Door gebruik te maken van zeer gedetailleerde beelden van de IKONOS-satelliet, kunnen verschillende mangrovesoorten (zelf binnen één geslacht) onderscheiden worden op basis van hun spectrale kenmerken

in het optische en infrarood spectrum. In het verleden werden hiervoor zwart-wit luchtfoto's gebruikt en bleven belangrijke nuances onzichtbaar. Met de latere Landsat-TM satellietbeelden konden enkel grote homogene bestanden van één bepaalde soort onderscheiden worden. De pixelgrootte van de TM-beelden bedroeg minimaal 30 m bij 30 m;



Satellietbeelden worden al langer gebruikt om vegetatietypen in mangroves te bestuderen, maar dit gebeurt meestal op een schaal die enkel onderscheid mogelijk maakt tussen mangroves en niet-mangroves, en tussen bepaalde bosstypen zoals hoog dicht woud, struweel, open woud, enz. Aan de VUB worden de IKONOS beelden op een hoge resolutie ingelezen, zodat het mogelijk wordt verschillende soorten binnen een geslacht en zelfs individuele bomen in het woud te herkennen. Op deze manier kunnen degradatie en de aanwezigheid van invasieve soorten vroegtijdig vastgesteld worden (FDG)



Veldwerk in de IJzermonding met een Global Positioning System (GPS) en een 'Analytical Spectral Device (ASD)' (boven). Op de Molenplaat in de Westerschelde wordt gewerkt met de Laser In-Situ Scattering and Transmissometry (LISST) en een In-Situ Erosion Flume (ISEF) (midden en onder) (LH)

een te lage resolutie om details te detecteren of zelfs maar individuele bomen van elkaar te onderscheiden in een woud.

Het gebruik van IKONOS-beelden betekent echter niet dat luchtfoto's onbelangrijk worden in het onderzoek aan de VUB. De vernieuwingen in de luchtfotografie, met multispectrale en hyperspectrale sensoren die vele tientallen spectrale banden in het visuele én onzichtbare elektromagnetische spectrum aftasten (bv. CASI), zijn veelbelovend. Historische zwart-wit luchtopnames blijven vaak het enige beschikbare beeldmiddel om ecosysteemveranderingen op te volgen in de tijd (retrospectie), tot lang voor de lancering van de eerste satellietsensoren. Bovendien zijn de gedetailleerde IKONOS-satellietbeelden voorlopig nog erg duur.

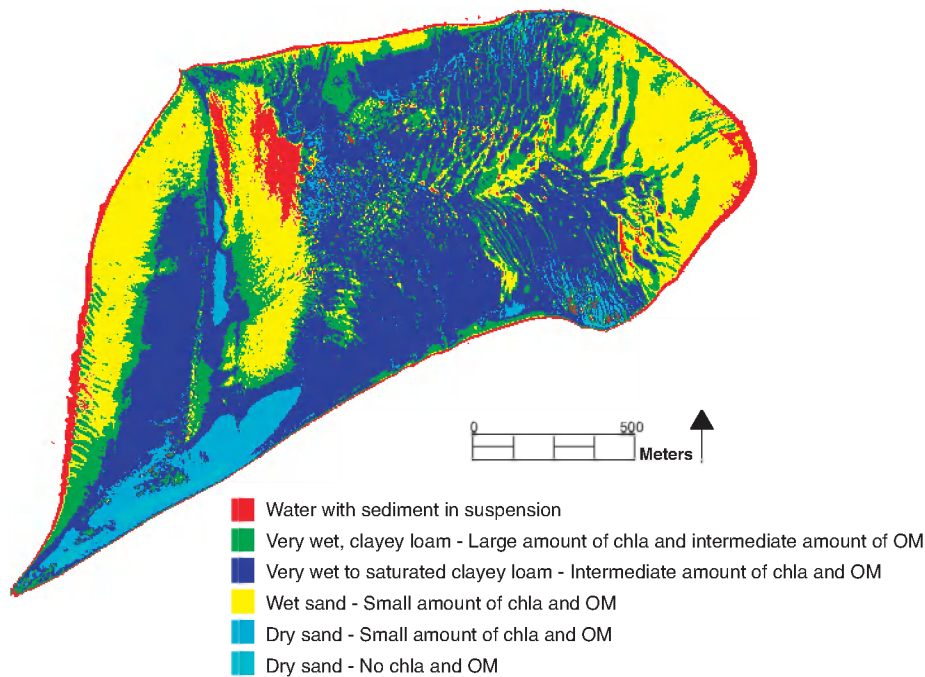
Monitoring van intertidale sedimentbewegingen in de Westerschelde en IJzermonding

KULeuven – Hydraulica, UGent – Mariene Biologie, UGent – Protistologie, NIOO en VITO

Op het Laboratorium voor Hydraulica probeert de groep rond prof. Monbaliu met behulp van sedimenttransportmodellen na te gaan waar en in welke mate er erosie en/of sedimentatie zal optreden in intertidale gebieden (onder invloed bv. van een stijgend zeeniveau of van menselijke ingrepen). Zo werd een numeriek transportmodel opgesteld voor de IJzermonding, dat door de intensieve monitoring in het kader van een natuurherstelproject een interessant studiegebied is.

Cruciaal voor het goed draaien van deze modellen zijn data over de korrelsaamenstelling, erosiegevoeligheid, biologische kenmerken en aanvoer van de sedimenten in het bewuste gebied. Maar precieze informatie over het sediment van dynamische intergetijdengebieden is schaars. De sedimentkenmerken kunnen door verscheidene gradiënten immers sterk variëren over korte afstanden. Daarbij komt dat puntwaarnemingen moeilijk en tijdrovend zijn wegens de slechte toegankelijkheid en de uitgestrektheid van intergetijdenezones. Remote sensing blijkt dus het enige alternatief om gebiedsdekkende informatie te verzamelen.

Hyperspectraalbeelden, van luchtfoto's met de HyMap en CASI sensoren of van beelden met de CHRIS sensor gemonteerd op de Belgische PROBA-satelliet, leveren informatie over belangrijke sedimentologische parameters, zoals het vochtgehalte, de korrelgrootte, het gehalte organisch materiaal en chlorofyl a.



Resultaat van een sedimentclassificatie van de Molenplaat in de Westerschelde op basis van een hyperspectraal beeld (HyMap 2004) (LH)

Toch is er nog heel wat fundamenteel onderzoek nodig om uit het opgemeten beeldsignaal en de daaruit verkregen sedimentparameters, ook erosiekenmerken af te leiden. Via laboratoriumexperimenten, onder gecontroleerde omstandigheden en met sediment waarvan de fysische en biologische eigenschappen gekend zijn, probeert men de reflectie en de erosiegevoeligheid aan elkaar te koppelen. De uiteindelijke doelstelling van dit project is om uit een hyperspectraal signaal niet alleen de fysische parameters, maar ook de biologische eigenschappen van het sediment in intergetijdgebieden te gaan bepalen en die - via het in het labo verkregen model - te linken aan de erosiegevoeligheid van het sediment. Zo kan men minstens voor de oppervlakesedimentkarakterisatie van intergetijdgebieden over ruimtelijk gedetailleerde en gebiedsdekkende gegevens beschikken die zo nodig zijn voor het sedimenttransportmodel.

Monitoring van koraalriffen in Indonesië

VITO en Universiteit Gent - Geografie

Koraalriffen worden beschouwd als een belangrijke indicator voor de wereldwijde klimaatverandering en de verandering van de samenstelling van het oceaanoefwater. Om deze unieke ecosystemen te kunnen opvolgen, moeten ze nauwkeurig in kaart worden gebracht. Het laboratorium van prof. Goossens aan de Universiteit Gent en VITO verwerken hyperspectrale vliegtuigbeelden

van de riffen tot kaarten die de koraalsamenstelling en de gezondheidstoestand van het rif weergeven.

Tot slot is het belangrijk te vermelden dat verschillende Vlaamse onderzoeksgroepen remote sensing data gebruiken in hun onderzoek, zonder dat ze zich inlaten met de technische kant van remote sensing.

Het INBO gebruikt bijvoorbeeld hoge resolutie hyperspectrale luchtbeelden om vegetatiekaarten te maken van de Vlaamse duingordel (in samenwerking met VITO, UGent en VLM). Een goede synergie tussen de remote sensors en de thematische onderzoekers is in dit geval primordiaal.

In samenwerking met:

Bart Deronde (VITO), Barbara Van Mol en Kevin Ruddick (BMM), Farid Dahdouh-Guebas en Nico Koedam (VUB), Jaak Monbaliu en Stefanie Adams (KULeuven), Rudi Goossens (UGent)

Meer informatie over remote sensing op

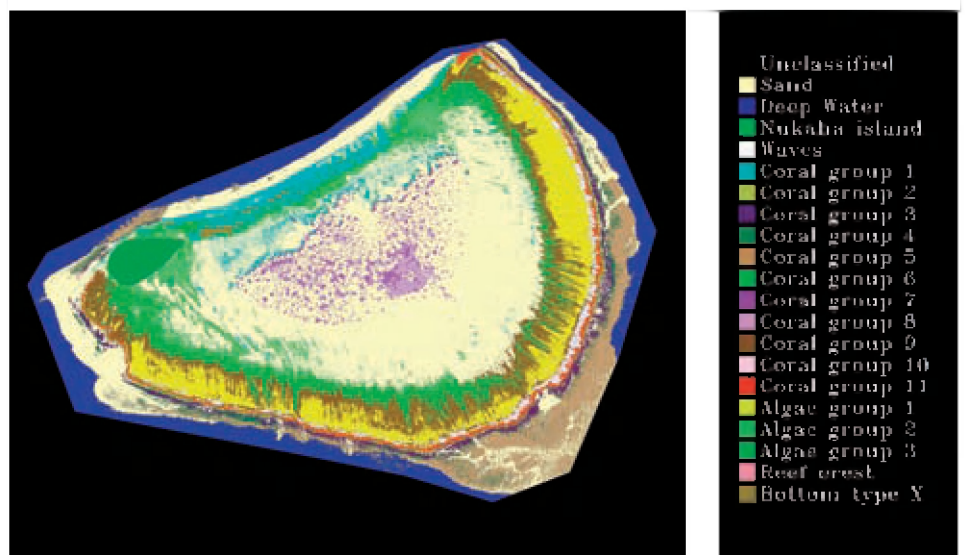
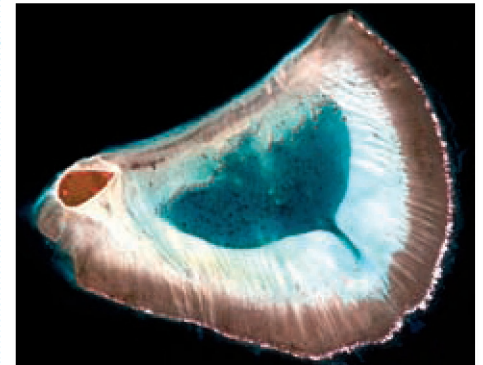
<http://telsat.belspo.be>

Online satelliet- en vliegtuigbeelden op

<http://campaigns.vgt.vito.be>;

<http://www.mumm.ac.be/BELCOLOUR>;

VUB Publicaties op <http://www.vub.ac.be/APNA/staff/FDG/pub/>



Classificatieresultaat (onder) van een hyperspectrale vliegtuigopname (boven rechts) van een atol (boven links) in Indonesië (regio Tanimbar - Fordate). Het hyperspectrale beeld laat toe de voornaamste koralengemeenschappen en sedimenttypen te onderscheiden (VITO)