

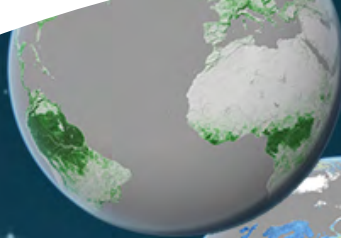
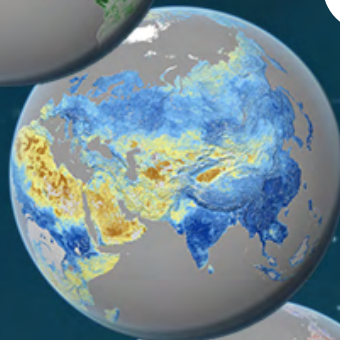
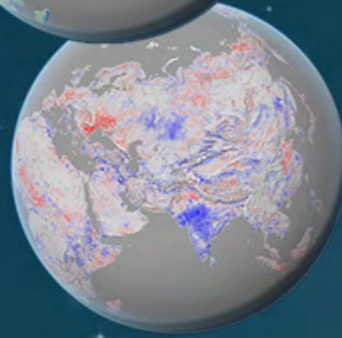
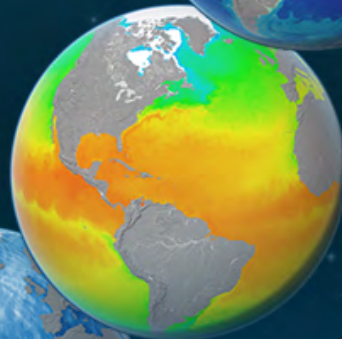
Secondary
11-14



onderwijsmiddelenpakket

DE POLS VAN DE PANEET NEMEN

docentenhandleiding
en werkbladen voor studenten



DE POLS VAN DE PLANEET NEMEN: Overzicht	4
Korte feiten.....	4
Korte beschrijving.....	4
Beoogde leerresultaten	4
Samenvatting van de activiteiten	6
Praktische aantekeningen voor leraren.....	7
Gezondheid en veiligheid.....	7
Climate from Space.....	8
Monitoren van de aarde vanuit de ruimte: achtergrondinformatie	9
Het spectrum gebruiken.....	9
Het voordeel van de satelliet.....	9
Activiteit 1: DE POLS VAN DE PLANEET NEMEN	11
Activiteit 2: ZIEN DOOR KLEUREN.....	13
Activiteit 3: CLIMATE FROM SPACE VERKENNEN.....	15
Werkblad 1: DE POLS VAN DE PLANEET NEMEN	17
Werkblad 2: ZIEN DOOR KLEUREN.....	18
Werkblad 3: CLIMATE FROM SPACE VERKENNEN.....	20
Informatieblad 1: DE POLS VAN DE PLANEET NEMEN.....	23
Informatieblad 2: ZIEN DOOR KLEUREN	26
Links.....	28
Bronnen.....	28
ESA ruimte projecten.....	28
Extra informatie.....	28

Lespakket in het kader van het klimaatveranderingsinitiatief –
DE POLS VAN DE PLANEET NEMEN (Onderbouw Voortgezet Onderwijs)
<https://climate.esa.int/nl/educate/>

Activiteit concepten ontwikkeld door de Universiteit Twente (NL) en
het Nationaal Centrum voor Aardobservatie (VK)

Het klimaatbureau van ESA verwelkomt feedback en commentaar
<https://climate.esa.int/nl/helpdesk/>

Geproduceerd door het ESA-klimaatbureau
Copyright © Europese Ruimtevaartorganisatie 2020-2021

DE POLS VAN DE PLANEET NEMEN: Overzicht

Korte feiten

Vakken: Aardrijkskunde, Wetenschap, Aardwetenschappen

Leeftijdsgroep: 11–14 jaar

Type: leesvaardigheid en IT activiteiten

Complexiteit: gemiddeld tot moeilijk

Benodigde lestijd: 4 uur

Kosten: laag (5–20 euro)

Locatie: binnen

Inclusief het gebruik van: Internet, standaard software

Trefwoorden: electromagnetisch spectrum, radiatie, golflengte, infrarood, kanaal, band, sensor, pixel, satelliet

Korte beschrijving

In deze reeks activiteiten zullen de leerlingen leren hoe verschillende soorten elektromagnetische straling worden gebruikt om waar te nemen hoe onze planeet verandert.

De eerste activiteit geeft een overzicht van de gebieden van het elektromagnetisch spectrum en schetst hoe deze worden gebruikt bij aardobservatie.

In de tweede activiteit leren de leerlingen wat valse-kleurenbeelden zijn en gebruiken ze gegevens van een aardobservatiesatelliet om dergelijke beelden te maken en zo een veranderend gebied te onderzoeken.

In de laatste activiteit combineren de leerlingen deze techniek met klimaatgegevens van andere satellieten om een gedetailleerd verslag over een grote overstroming of droogte te produceren.

Beoogde leerresultaten

Na deze activiteiten te hebben gedaan, zullen de leerlingen in staat zijn om:

De verschillende gebieden van het elektromagnetisch spectrum op te noemen.

Een aantal van deze soorten straling in verband te brengen met de aspecten van het aardsysteem die ermee gecontroleerd kunnen worden.

Uit te leggen waarom het nuttig is informatie over deze aspecten van het aardsysteem te verzamelen.

Te beschrijven hoe kleurenbeelden worden gemaakt door reeksen gegevens te combineren.

De bruikbaarheid van verschillende valse-kleuren beelden te evalueren.

Satellietgegevens om veranderingen in een regio te onderzoeken te gebruiken.

De *Climate from Space* web applicatie gebruiken om veranderingen in bodemvocht en andere variabelen te onderzoeken.

Informatie uit verschillende bronnen combineren om een verslag te maken over een recente natuurramp.

Samenvatting van de activiteiten

	Titel	Beschrijving	Resultaat	Vereiste kennis	Tijd
1	De pols van de planet nemen	Lezen over het gebruik van verschillende golflengtes van licht om delen van het klimaatsysteem te controleren	De verschillende delen van het elektromagnetisch spectrum opnoemen. Relateer een aantal van deze soorten straling aan de aspecten van het aardsysteem die ermee gecontroleerd kunnen worden. Leg uit waarom het nuttig is om informatie over deze aspecten van het aardsysteem te verzamelen.	Indien de leerlingen niet vertrouwd zijn met het begrip golflengte, zal dit moeten worden uitgelegd	30 minuten
2	Zien door kleuren	Valse-kleurenbeelden maken van satellietgegevens en deze gebruiken om veranderingen in een gebied te onderzoeken	Beschrijven hoe kleurenbeelden tot stand komen door het combineren van gegevensreeksen. Het nut van verschillende valse-kleurenbeelden evalueren. Satellietgegevens gebruiken om veranderingen in een regio te onderzoeken.	Activiteit 1 Als de leerlingen niet vertrouwd zijn met het mengen van kleuren, moet dit worden uitgelegd	1½ uur (30–45 minuten voor inleidende activiteiten)
3	Climate from space verkennen	Onderzoeksactiviteit met behulp van de <i>Climate from Space</i> web applicatie	Gebruik de <i>Climate from Space</i> web applicatie om veranderingen in bodemvocht en andere variabelen te onderzoeken. Informatie uit verschillende bronnen combineren om een verslag over een recente natuurramp te maken.	Activiteit 2	2 uur (30 minuten voor inleidende activiteiten)

De opgegeven tijden gelden voor de belangrijkste oefeningen, uitgaande van volledige IT toegang en/of dat herhalende berekeningen en grafieken door de klas worden verspreid. De tijd voor het delen van de resultaten is meegerekend, maar niet de tijd voor de presentatie van de resultaten, want die varieert naar gelang van de grootte van de klas en de groepen. Alternatieve benaderingen kunnen meer tijd in beslag nemen.

Praktische aantekeningen voor leraren

Het **materiaal** dat nodig is voor elke activiteit staat aan het begin van het desbetreffende hoofdstuk, samen met aantekeningen over de voorbereiding die nodig kan zijn naast het kopiëren van werkbladen en informatiebladen.

De **werkbladen** zijn ontworpen voor eenmalig gebruik en kunnen in zwart-wit worden gekopieerd.

Informatiebladen kunnen grotere afbeeldingen bevatten die u in uw presentaties in de klas kunt invoegen, extra informatie voor de leerlingen, of gegevens waarmee zij kunnen werken. Deze hulpmiddelen kunnen het best in kleur worden afgedrukt of gekopieerd, maar kunnen worden hergebruikt.

Eventuele aanvullende **spreadsheets, datasets of documenten** die voor de activiteit nodig zijn, kunnen worden gedownload door de links naar dit pakket te volgen vanaf <https://climate.esa.int/nl/educate/climate-for-schools/>

Ideeën voor **uitbreiding** en suggesties voor **differentiatie** zijn op geschikte plaatsen in de beschrijving van elke activiteit opgenomen.

Ter ondersteuning van de **beoordeling** zijn werkbladantwoorden en voorbeeldresultaten voor praktische activiteiten bijgevoegd. Mogelijkheden om lokale criteria te gebruiken voor de beoordeling van kernvaardigheden zoals communicatie of gegevensverwerking zijn aangegeven in het relevante deel van de beschrijving van de activiteit.

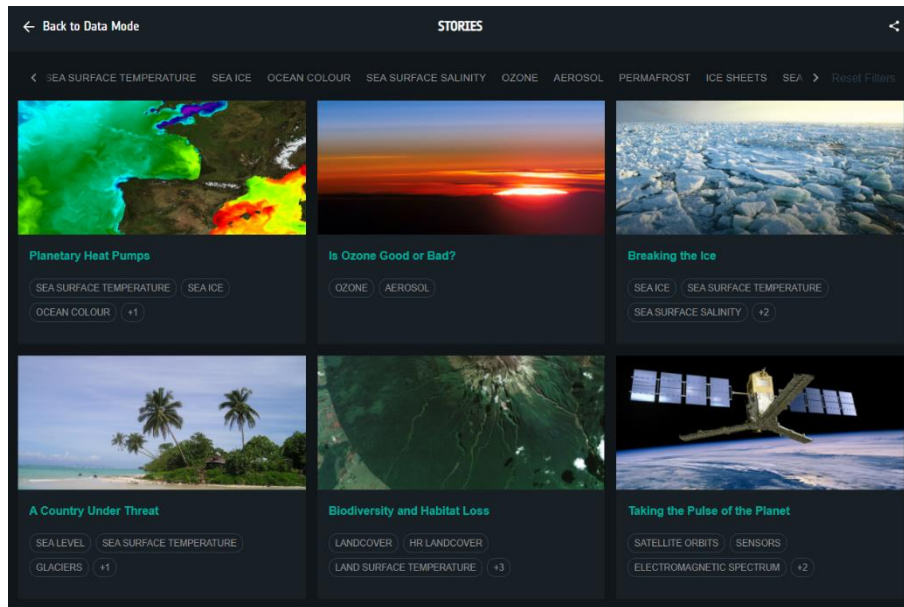
Gezondheid en veiligheid

Bij alle activiteiten zijn wij ervan uitgegaan dat u uw gebruikelijke procedures zult blijven volgen met betrekking tot het gebruik van gemeenschappelijke apparatuur (met inbegrip van elektrische apparaten zoals computers), beweging binnen de leeromgeving, struikelen en morsen, eerste hulp, enzovoort. Aangezien de noodzaak van deze procedures universeel is, maar de details van de tenuitvoerlegging ervan aanzienlijk verschillen, hebben wij ze niet telkens opgesomd. In plaats daarvan hebben we de gevaren belicht die specifiek zijn voor een bepaalde praktische activiteit, zodat u uw risicobeoordeling mede daarop kunt baseren.

Bij sommige van deze activiteiten wordt gebruik gemaakt van de *Climate from Space* web applicatie. Het is mogelijk om van hieruit naar andere delen van de ESA Climate Change Initiative-site en vandaar naar externe websites te navigeren. Als u de pagina's die de leerlingen kunnen bekijken niet kunt - of wilt - beperken, herinner hen dan aan de lokale veiligheidsregels voor internet

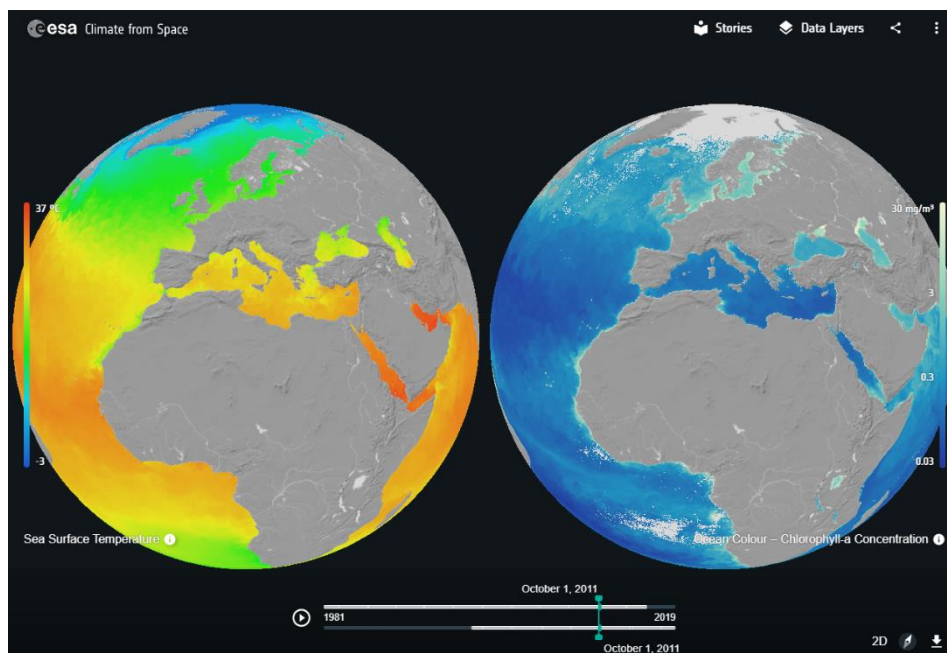
Climate from Space

ESA-satellieten spelen een belangrijke rol bij het monitoren van de klimaatverandering. De *Climate from Space* web applicatie (cfs.climate.esa.int) is een online-informatiebron die aan de hand van geïllustreerde verhalen een overzicht geeft van de manieren waarop onze planeet verandert en het werk van ESA-wetenschappers.



Figuur 1: Verhalen in Climate from Space (Bron: ESA CCI)

Het ESA klimaatveranderingsinitiatief produceert betrouwbare wereldwijde registraties van een aantal belangrijke aspecten van het klimaat die bekend staan als essentiële klimaatvariabelen (EKV's). Met de Climate from Space web applicatie kunt u meer te weten komen over de gevolgen van klimaatverandering door deze gegevens zelf te onderzoeken.



Figuur 2: Vergelijking van de temperatuur van het zeeoppervlak en de kleur van de oceaan in de Climate from Space web applicatie (Bron: ESA CCI)

Monitoren van de aarde vanuit de ruimte: achtergrondinformatie

Het spectrum gebruiken

Wij gebruiken informatie uit een groot deel van het elektromagnetisch spectrum om vele aspecten van het klimaatsysteem van de aarde te controleren en te meten, maar deze toepassingen worden zelden vermeld in de tabellen in de schoolboeken.

Satellieten in een baan om de aarde zijn uitgerust met instrumenten die weerkaatst zonlicht kunnen waarnemen, net zoals wij dat zelf doen. Maar net zoals een arts die de gezondheid van een patiënt controleert een reeks instrumenten gebruikt om verschillende aspecten van het lichaam van de patiënt te onderzoeken, gebruiken wetenschappers verschillende sensoren om "de pols te nemen" van onze planeet.

Satellietinstrumenten kunnen niet alleen zichtbaar licht waarnemen, maar zijn ook gevoelig voor infraroodstraling. Deze instrumenten kunnen onderscheid maken tussen de infrarode straling met een korte golflengte die door de vegetatie wordt weerkaatst, en de thermische infrarode straling met een langere golflengte die door het oppervlak van het land en de zeeën wordt uitgezonden en ons iets zegt over de temperatuur daarvan. De instrumenten op sommige satellieten delen het spectrum op in honderden stukjes, waarbij voor elke smalle golflengteband afzonderlijke metingen worden verricht, en dit stelt ons in staat de veranderende samenstelling van de atmosfeer te volgen.

Aangezien verschillende oppervlakken op verschillende plaatsen zichtbaar en infrarood licht op verschillende manieren weerkaatsen, absorberen en uitstralen, kunnen wij door het combineren van informatie over de hoeveelheid straling van een bepaalde reeks golflengten die een satelliet bereikt, details "zien" die voor onze ogen onzichtbaar zouden zijn. Deze details zijn onder meer de hoeveelheid vocht in de bodem en de gezondheid van de vegetatie.

In dit onderwerp ligt de nadruk op de werking van dergelijke "passieve" sensoren, maar er zijn ook radarinstrumenten die microgolfstraling gebruiken op dezelfde manier als de sonar van een schip geluid gebruikt: zij zenden een puls golven uit en analyseren het signaal dat terugkeert. Deze "actieve" sensoren maken het mogelijk door wolken heen te kijken en zeer nauwkeurig hoogten te meten. Dit betekent dat zij kunnen worden gebruikt om veranderingen van het zeeniveau en ijskappen te volgen, nauwkeurige kaarten op te stellen en het effect van aardbevingen en vulkanen te onderzoeken.

Het voordeel van de satelliet

Wij zouden dezelfde instrumenten natuurlijk ook op aarde kunnen gebruiken - en doen dat ook vaak, niet in de laatste plaats om er zeker van te zijn dat wij weten wat de door de satelliet uitgezonden gegevens betekenen en om te controleren of het instrument nog naar behoren functioneert. Maar satellieten stellen ons in staat een groot deel van de aarde in één keer te bekijken, ook plaatsen waarheen het onmogelijk zou zijn te reizen om de metingen regelmatig te herhalen. Satellieten in een lage baan om de aarde draaien (bijna) van boven naar beneden rond de aarde

terwijl de planeet onder hen draait, en bezoeken dezelfde plaats om de paar dagen op hetzelfde tijdstip van de dag.

Omdat we al tientallen jaren gebruik maken van satellieten, beschikken we over betrouwbare langetermijnmetingen van veel belangrijke indicatoren van de gezondheid van onze planeet. Deze zijn niet alleen van onschatbare waarde voor wetenschappers die kijken naar wat er momenteel gebeurt, maar ook voor klimaatmodellisten die het complexe systeem waarvan wij allemaal afhankelijk zijn, proberen te begrijpen en proberen uit te werken hoe het in de toekomst kan veranderen.

Activiteit 1: DE POLS VAN DE PLANEET NEMEN

In deze begripsactiviteit onderzoeken de leerlingen het gebruik van verschillende golflengten van straling om verschillende componenten van het klimaatsysteem van de aarde te controleren. De activiteit kan worden gebruikt als inleiding op het elektromagnetisch spectrum, of ter ondersteuning van latere werkzaamheden over het gebruik van de verschillende delen van het spectrum. Wie de taal goed kent, kan deze activiteit als zelfstandig huiswerk maken.

Benodigheden

- Informatieblad 1 (2 pagina's)
- Leerling werkblad 1
- Climate from Space web applicatie: *De Pols van de Planeet nemen* verhaal (optioneel)
- Internettoegang voor onderzoek (optioneel)

Oefening

1. Lees informatieblad 1 voor met de klas of vraag de leerlingen het in groepjes te lezen. U kunt de tekst aanvullen met materiaal uit het Climate from Space verhaal *De Pols van de Planeet nemen*, met name het volgende:
 - De galerij op dia 2 is een serie historische foto's van de Aarde vanuit de ruimte, waaronder de Blue Marble afbeelding van het werkblad.
 - De galerij op dia 4 toont de aarde gezien op een aantal verschillende golflengten.
 - De animatie op dia 7 geeft meer details over het verband tussen metingen van de kleur van de oceaan en het klimaat.
2. Vraag de leerlingen om werkblad 1 door te nemen. De eerste drie vragen kunnen worden beantwoord met behulp van informatie uit het verhaal en de illustraties, voor de laatste is wat extra onderzoek nodig. In de antwoorden hieronder is de tabel ingevuld met delen van het spectrum in de volgorde waarin ze in het verhaal voorkomen, maar u kunt de leerlingen vragen de tabel in te vullen in volgorde van toenemende of afnemende golflengte.
3. Als optionele uitbreiding of huiswerkactiviteit kunt u individuele leerlingen of groepen leerlingen een bepaald deel van het elektromagnetisch spectrum toewijzen en hen vragen de namen te zoeken van een satelliet en een sensor die dit waarneemt, en een afbeelding van gegevens die door het instrument worden geproduceerd. De pagina's in het gedeelte 'ESA space projects' van de Links op bladzijde 28 zijn een goede plaats om te beginnen. De leerlingen kunnen hun bevindingen met anderen delen in een poster of een presentatie met drie dia's.

Werkblad antwoorden

1.

Soort elektromagnetische straling	Golflengte	Wat we ermee kunnen controleren
zichtbaar licht	380–780 nm	landbedekking kleur van de oceaan (fytoplankton)
Röntgenstraling gammastraling	<10 nm	(geen aardobservatietoepassingen, maar sommige leerlingen kunnen medische toepassingen geven)
ultraviolet licht	10–380 nm	ozon
nabij infrarood	~1 μm	gezondheid van planten (productiviteit in de landbouw effect van droogte)
thermisch infrarood	~10 μm	temperatuur (van land, oceaan/wolkentop)
microgolven	in cm	water (bodemvocht, ijs en sneeuw, atmosferische waterdamp)

2. Microgolven kunnen door wolken heen dringen, zodat ook in het donker en bij slecht weer waarnemingen kunnen worden gedaan.
3. Communicatie (radio en TV).
4. Actieve sensoren zenden een stralingspuls uit en detecteren wanneer deze terugkeert en hoe de straling is veranderd. Passieve sensoren, zoals onze ogen, zijn afhankelijk van het weerkaatste zonlicht (of de thermische straling die door de aarde en voorwerpen op aarde wordt uitgezonden).

Activiteit 2: ZIEN DOOR KLEUREN

In deze oefening leren de leerlingen hoe echte en valse-kleuren satellietbeelden worden gemaakt. Vervolgens onderzoeken ze een verandering in het milieu en evalueren ze welk type valse-kleurenbeelden het best kan worden gebruikt om deze verandering te volgen. De onderzoeksopdracht heeft een open einde en kan individueel thuis worden uitgevoerd als de computer dat toelaat, of in tweetallen of kleine groepen in de klas.

Benodigheden

- Internet toegang
- Leerling werkblad 2 (2 pagina's)
- Informatieblad 2 (2 pagina's – de eerste zijde moet in kleur zijn)
- Presentatie-, beeld- en/of tekstverwerkingssoftware waarmee de leerlingen vertrouwd zijn
- Materialen voor het maken van een poster (optioneel)

Oefening

1. Bekijk of leerlingen begrijpen hoe ze de primaire kleuren kunnen mengen. Als u een beeldscherm gebruikt, kunt u dit versterken door een document te openen, tekst te selecteren en de letterkleur te veranderen in een aangepaste combinatie door waarden voor rood, groen en blauw te selecteren.
2. Gebruik het gedeelte "Opbouw van een kleurenfoto" van informatieblad 2.1 om uit te leggen dat foto's kunnen worden beschouwd als gegevens die in een raster zijn gerangschikt - één dataset als de foto zwart-wit is, drie datasets als hij in kleur is - en introduceer hierbij de term "kanaal".
3. Vraag de leerlingen het volgende deel van het informatieblad, waarin de productie van beelden in valse kleuren wordt beschreven, te lezen of neem ze ermee door. Beantwoord dan de vragen 1 tot en met 3 op werkblad 2.1 om te controleren of ze het proces begrijpen. U kunt een hoge-resolutieversie van de afbeelding downloaden via https://www.esa.int/ESA_Multimedia/Images/2020/05/Southern_Ukraine.
4. Introduceer het idee van "banden" - delen van het elektromagnetisch spectrum die worden gedetecteerd door afzonderlijke soorten sensoren in een camera of satellietinstrument (zie informatieblad 2.2).
5. Leg de leerlingen uit dat ze enkele bandcombinaties gaan onderzoeken met Sentinelhub Playground (<https://apps.sentinel-hub.com/> – zie aanvullende opmerkingen hieronder). Het werkblad beschrijft de toegang tot het paneel met aangepaste combinaties. De vragen 4-6 helpen leerlingen te controleren of ze begrijpen hoe het werkt voordat ze verder gaan met de activiteit met een meer open einde.
6. De leerlingen kunnen individueel of in tweetallen werken om een bandcombinatie te vinden die nuttig is om een verandering aan te tonen en een (fysieke of elektronische) poster maken om de verandering te laten zien.

Werkblad 2.2 leidt hen door dit proces en geeft een overzicht van wat ze hebben gedaan als hun bestandsnamen niet alle gegevens bevatten die ze nodig hebben. Misschien wilt u de leerlingen bepaalde kenmerken geven en/of gebieden voorstellen om te onderzoeken. Hieronder vindt u enkele suggesties en nuttige combinaties van groepen in het deel Antwoorden op werkbladen

7. De leerlingen kunnen hun posters aan de rest van de klas presenteren. Hebben de groepen die naar vergelijkbare kenmerken keken dezelfde beslissing genomen over de beste bandcombinatie om te gebruiken?

Sentinelhub Playground

De site spreekt voor zich, maar u kunt de leerlingen laten zien hoe het werkt of hen verwijzen naar de animatie op www.sentinel-hub.com/explore/sentinelplayground/ als zij problemen hebben met het veranderen van de locatie of datum, of met het verkrijgen van relatief wolkenvrije beelden.

De gebruikte basiskaart is OpenStreetMap, wat betekent dat de zoekopdracht 'Ga naar plaats' niet altijd natuurlijke kenmerken vindt. Leerlingen kunnen een atlas of een andere online bron gebruiken om een interessant gebied te vinden en er dan naartoe scrollen in Sentinelhub Playground. Dit zal gemakkelijker gaan als ze de datasetlaag tijdelijk uitschakelen via het dropdown menu dat toegankelijk is via het satellieticoontje rechtsboven.

Zij moeten zich houden aan de standaard Sentinel-2 L1C-dataset, omdat de andere dataset een beperkte dekking heeft tot 2017. (De atmosferische correctie die op de andere Sentinel-2-dataset is toegepast, maakt op dit niveau weinig verschil).

Werkblad antwoorden

Inzicht in valse-kleuren beelden

1. Rood.
2. Groene algen of wier in een groenig meer.
3. Planten weerkaatsen veel (nabij) infrarood licht.
4. Het beeld is zwart-wit omdat het slechts informatie van één band toont.
5. Rood = 4 Groen = 3 Blauw = 2

Bandcombinaties verkennen

Mogelijke gebieden om te verkennen:

- seizoensgebonden meren zoals Lake Macleod in West-Australië
- steden in China
- regenwoud aan de rand van het Amazonegebied
- gematigde loofbossen (voor seizoensgebonden veranderingen)
- plaatselijke landbouwgrond (voor seizoensgebonden veranderingen)
- Colombia-gletsjer in Alaska.

Nuttige bandcombinaties (R|G|B):

- 8|11|4 om land en water te vergelijken
- 12|11|4 voor stedelijke gebieden
- 8|4|3, 11|8|2 or 8|11|2 voor vegetatie/landbouw
- 12|8|3 voor sneeuw en ijs

Activiteit 3: CLIMATE FROM SPACE VERKENNEN

In deze activiteit gebruiken de leerlingen de Climate from Space web applicatie om satellietmetingen van het bodemvocht te onderzoeken en na te gaan hoe deze in de loop van de tijd veranderen. Ze gebruiken deze gegevens, samen met andere informatie van de web applicatie, de website die in de vorige activiteit werd gebruikt en het internet, om een verslag te maken over een grote droogte of overstroming.

Benodigheden

- Internettoegang
- Climate from Space web applicatie
- Leerlingen werkblad 3 (2 pagina's)
- Presentatie-, beeld- en/of tekstverwerkingssoftware waarmee de leerlingen bekend zijn
- Materiaal voor het maken van een poster (optioneel)

Oefening

1. Introduceer de Climate from Space web applicatie aan de leerlingen als een manier om betrouwbare klimaatgegevens te onderzoeken. Toon de CO₂-data laag als voorbeeld. De leerlingen zullen merken dat de resolutie veel grover is dan in Sentinelhub Playground: elke pixel is meer dan 200 km aan elke kant van de evenaar, in plaats van de tientallen meters die in Sentinel 2 beschikbaar zijn. De redenen voor dit verschil variëren afhankelijk van de hoeveelheid waarnaar wordt gekeken, maar omvatten verschillen in de gevoeligheid van sensoren, hoe vaak satellieten een gebied bezoeken, en hoeveel gegevens er nodig zijn om er zeker van te zijn dat het gegeven cijfer betrouwbaar is. (Op dezelfde manier als wanneer men bijvoorbeeld de gemiddelde lengte van een klas berekent, een steekproef van 30 leerlingen een beter antwoord zal geven dan een steekproef van twee leerlingen).
2. Vraag de leerlingen om individueel of in tweetallen de Climate from Space web applicatie te gebruiken om bodemvochtgegevens te onderzoeken en het werk van een andere leerling of tweetal te beoordelen volgens de instructies op leerlingen werkblad 3. Sommige leerlingen hebben misschien extra hulp nodig om de schalen te begrijpen (vooral die op de gegevenslaag Bodemvocht - Anomalieën) en/of bij de vragen 1 en 3. Misschien wilt u de beoordeling en feedback door medeleerlingen aanvullen met een klassikale discussie over deze vragen.
3. Bespreek de problemen die het gevolg zijn van droogte (planten groeien niet zonder irrigatie, de grond kan wegwaaien, bosbranden zijn waarschijnlijker naarmate de planten uitdrogen, enz.) en wateroverlast of overstromingen (wateroverlast verhindert het functioneren van de wortels en kan dus planten doden, aardverschuivingen, overstromingen verstoren het vervoer, vernielen eigendom, enz.).

4. Vraag de leerlingen om een grote droogte- of overstromingsgebeurtenis te onderzoeken die zich tussen eind 2015 en eind 2019 heeft voorgedaan. (Deze data geven aan waarvoor op het moment van schrijven zowel Sentinel-2 als bodemvochtgegevens beschikbaar zijn). Wikipedia heeft lijsten van grote overstromingen en droogtes die een goed startpunt kunnen zijn (zie de links) - ga van de lijst naar het relevante artikel en dan naar de bronnen voor het artikel om een geschikt nieuwsbericht te krijgen.
https://en.wikipedia.org/wiki/List_of_floods#1990%E2%80%932000
https://en.wikipedia.org/wiki/List_of_droughts
 Dit kan individueel, met z'n tweeën of in groepen worden gedaan, en een deel van of al het onderzoek kan als huiswerk worden uitgevoerd als de leerlingen voldoende toegang tot IT hebben.
4. De leerlingen kunnen een verslag, presentatie of poster maken om hun bevindingen te laten zien. Het werkblad suggereert een structuur, maar legt geen beperkingen op aan de aard, de lengte of de gedetailleerdheid van het resultaat. U kunt ervoor kiezen alle leerlingen op dezelfde manier feedback te laten geven, zich op dezelfde onderdelen te concentreren en/of beperkingen op te leggen aan het aantal woorden, dia's, diagrammen of de grootte van de poster, afhankelijk van de tijd die voor de taak beschikbaar is, de bekwaamheid van de leerlingen en de tijd die beschikbaar is voor het delen van de resultaten.
5. De posters, presentaties of verslagen kunnen met de rest van de klas worden gedeeld en - door u of door de klas - worden beoordeeld aan de hand van plaatselijke criteria voor onderzoeks- of communicatievaardigheden, of aan de hand van een lijst van relevante criteria die in overleg met de klas is opgesteld.

Werkblad antwoorden

Interpretatie van bodemvochtgegevens

1. Ideeën zoals: de sensor kan in regenwouden niet door de bomen heen kijken; in poolgebieden kan de grond permanent bevroren zijn; bergtoppen zijn kaal gesteente (of bedekt met ijs/sneeuw).
2. Open vraag, te controleren door één of meerdere klasgenoten.
3.
 - a. De bodemvochtigheid kan van maand tot maand elk jaar op een vergelijkbare manier variëren. Vergelijking met jaargemiddelden kan alleen deze regelmatige variatie laten zien, en een vergelijking met een andere maand kan geen nuttige informatie opleveren. (Denk maar aan een land als India, dat in september-december zeer nat is en in april-juni veel droger).
 - b. Planten (en bouwontwerpen!) zijn aangepast aan de normale niveaus en cycli van bodemvochtigheid, zodat een droge of natte bodem op zich geen probleem hoeft te vormen. Als een plaats echter natter is dan gewoonlijk, kan hij onder water staan; als hij droger is dan gewoonlijk, kan er droogte heersen.
4. Open vraag, te controleren door één of meerdere klasgenoten.

Werkblad 1: DE POLS VAN DE PLANEET NEMEN

1. Gebruik ideeën uit het verhaal om de tabel in te vullen die laat zien hoe verschillende soorten elektromagnetische straling worden gebruikt om de aarde in de gaten te houden.

Soort elektromagnetische straling	Golflengte	Wat we ermee kunnen controleren

2. Waarom zijn microgolven bijzonder nuttig voor het monitoren van de Aarde?

3. Elektromagnetische straling met zeer lange golflengten - meters of zelfs kilometers - wordt niet gebruikt om de aarde in de gaten te houden. Waar wordt het wel voor gebruikt?

Meer weten

4. De meeste satellietinstrumenten detecteren straling op dezelfde manier als een camera licht detecteert. Zij staan bekend als passieve sensoren. Veel microgolfsatellieten gebruiken echter actieve sensoren. Wat is er anders aan de manier waarop deze werken?

Werkblad 2: ZIEN DOOR KLEUREN

Inzicht in valse-kleuren beelden

Deze vragen gaan over het beeld van Zuid-Oekraïne op informatieblad 2.1.

1. Welke kleur zou het felgroene gebied in het echt hebben?

2. Wat denk je dat die heldere blauwe krullen rechtsonder zijn?

3. Vegetatie is rood op dit soort beelden. Wat zegt dit ons over planten en infrarode straling?

Open Sentinelhub Playground (apps.sentinel-hub.com/sentinel-playground).

In het paneel aan de linkerkant, selecteer Custom.

Je kan nu banden slepen naar kanalen om verschillende afbeeldingen te maken.

4. Wat gebeurt er als je dezelfde band op alle drie de kanalen sleept?

5. Gebruik de tabel met Sentinel-2 banden op informatieblad 2.2 om uit te rekenen welke banden op welk kanaal moeten worden gezet om een "true-colour" beeld te krijgen - een beeld dat overeenkomt met wat wij met onze ogen zien.

Rood _____ Blauw _____ Groen _____

Probeer het uit en kijk of je gelijk had.

6. Gebruik het zoekveld 'Ga naar plaats' (rechtsboven) om naar Kherson, Oekraïne te gaan, en houd daarbij de ware kleurencombinatie aan. Vergelijk wat je ziet met de foto van Zuid-Oekraïne op Informatieblad 2.1. Misschien moet je de andere knoppen bovenaan de pagina gebruiken om de datums te veranderen om een beeld te krijgen zonder wolken, of/en een beetje rond te scrollen of in te zoomen om het juiste gebied te vinden. Gebruik dit om je antwoorden op vraag 1 en 2 te controleren.

Bandcombinaties verkennen

Je gaat proberen een bandcombinatie te vinden die het gemakkelijk maakt om de veranderingen in een bepaald kenmerk van het landschap te zien.

1. Kies een kenmerk om te onderzoeken.
Je kunt kijken naar meren, een stad, een bepaald type bos, landbouwgrond of een gletsjer.

Kenmerk: _____

2. Zoek een gebied dat dit kenmerk heeft en waar het volgens jou in de loop van een jaar verandert of sinds 2015 (het jaar waarin Sentinel-2A werd gelanceerd) is veranderd. Je kunt een gebied kiezen aan de hand van gegevens die je al kent of door wat onderzoek te doen.

Plaats: _____

3. Werk om te beginnen in ware kleuren, ga naar dat gebied in Sentinelhub Playground en zoek de meest recente afbeelding die je kunt vinden waar niet te veel bewolking is. Download de afbeelding of maak een screenshot.

Meest recente datum: _____

4. Probeer nu verschillende bandcombinaties uit en kijk hoe goed je kenmerk daarin tot zijn recht komt. Download afbeeldingen of maak screenshots van de beste twee of drie, en noteer de bandcombinaties hier.

Combinatie 1: Rood _____ Blauw _____ Groen _____

Combinatie 2: Rood _____ Blauw _____ Groen _____

Combinatie 3: Rood _____ Blauw _____ Groen _____

5. Ga terug naar een maand of jaar waarin je denkt dat het kenmerk anders was en zoek een tijd waarin het gebied relatief wolkenvrij was. Download of maak een screenshot van een afbeelding in ware kleuren en noteer de datum.

Oudere datum: _____

6. Probeer de twee of drie beste combinaties uit en maak screenshots of download kopieën van de beelden om ze te vergelijken met de recentere. Markeer de combinatie die volgens jou het beste werkt om de verandering te laten zien.

7. Maak een poster waarop te zien is hoe het gebied dat je bestudeerd hebt veranderd is. Je moet ten minste vier afbeeldingen opnemen die het gebied nu en op een ander tijdstip in ware en valse kleuren laten zien. Voeg notities toe aan de beelden om aan te geven hoe dingen veranderd zijn.

Je zou ook kunnen toevoegen:

- meer beelden van dezelfde plaats op verschillende tijdstippen
- beelden van een soortgelijke plaats die in dezelfde periode niet is veranderd
- een verklaring van de door u gebruikte combinatie van valse kleuren
- waarom de verandering plaatsvindt en/of de gevolgen van de verandering

Werkblad 3: CLIMATE FROM SPACE VERKENNEN

Open de Climate from Space web applicatie (cfs.climate.esa.int).

Klik op het Gegevenslagen symbool (rechtsboven) en kies Bodemvocht uit de lijst.

Ontdek hoe de bedieningselementen u helpen om bepaalde plaatsen of tijden nader te bekijken.

Interpretatie van bodemvochtgegevens

1. De webapplicatie toont de grijze kaart in plaats van een gekleurd vierkant op plaatsen waar de satelliet niet kon meten hoeveel water er die maand in de bodem zat. Zoek naar plaatsen waar er nooit een meting is. Waarom denk je dat de satelliet op deze plaatsen nooit metingen kan krijgen? (Er zijn verschillende mogelijkheden.)

2. Kies een locatie - ergens in de buurt of een van de plaatsen die je in de laatste activiteit hebt onderzocht - en schat de waarde van het bodemvocht op drie verschillende data.

Locatie _____

Datum _____ Geschat bodemvocht _____ m^3/m^3

Datum _____ Geschat bodemvocht _____ m^3/m^3

Datum _____ Geschat bodemvocht _____ m^3/m^3

Klik op het Gegevenslagen symbool in de Climate from Space web applicatie.

Kies deze keer Bodemvochtigheid - Anomalieën uit de lijst.

Deze kaart laat zien hoeveel water er in de bodem zit in vergelijking met de gebruikelijke waarde **voor de tijd van het jaar**. Blauwtinten betekenen dat de bodem natter is dan normaal, roodtinten dat de bodem droger is dan normaal. Hoe donkerder de kleur, hoe groter het verschil.

3. a. Waarom is de vetgedrukte zin belangrijk?
Zoek bewijs om je antwoord te ondersteunen.
(HINT: Misschien wil je teruggaan naar de bodemvochtgegevens).

- b. Welke informatie kunnen we uit deze verschillen halen die we niet uit de bodemvochtwaarden kunnen halen?

4. Ga terug naar de plaats die je bij vraag 1 hebt gekozen. Zeg voor elke datum of de grond natter of droger is dan normaal en schat met hoeveel.

Datum _____ Natter/droger dan normaal met _____ l/m³

Datum _____ Natter/droger dan normaal met _____ l/m³

Datum _____ Natter/droger dan normaal met _____ l/m³

Wissel met een klasgenoot om elkaars antwoorden te controleren en van commentaar te voorzien.

Onderzoeksactiviteit: droogteperioden en overstromingen

Zowel te weinig als te veel water in de bodem veroorzaakt problemen. Droogtes en overstromingen over grote gebieden halen vaak het nieuws en hebben een aanzienlijke impact op mens en milieu, die vaak aanhoudt nadat de verslaggevers naar huis zijn gegaan.

1. Kies een grote overstroming of droogte van de laatste vijf jaar of zo. Gebruik de Climate from Space web applicatie om het vochtgehalte van de bodem rond de tijd van de gebeurtenis te bepalen en te zien hoe dit verschilde van de gebruikelijke waarden.

2. Meer informatie over de gebeurtenis, de oorzaken en de gevolgen vind je hier:

- Andere informatie in de Climate from Space web applicatie die relevant kan zijn. (Bewolking? Landbedekking? Vuur? Sneeuw? Permafrost?)
- Andere satellietgegevens van Sentinelhub Playground (apps.sentinel-hub.com/sentinel-playground). Bedenk welke bandcombinaties het nuttigst zijn om te laten zien hoe het gebied er voor, tijdens en na de gebeurtenis uitzag.
- Andere informatie van het internet, zoals jaarlijkse klimaatgegevens, economische gegevens of/ en nieuwsberichten. Vergeet niet de betrouwbaarheid van je bronnen te beoordelen wanneer je beslist of je er al dan niet informatie in opneemt.

3. Maak een verslag, presentatie of poster om anderen over de gebeurtenis te vertellen. Neem ten minste drie van de onderstaande onderdelen op en voeg beelden toe die zijn gemaakt met satellietgegevens.

- Details van de gebeurtenis: wat? wanneer? waar?
- Kunnen we iets zeggen over de oorzaak van de gebeurtenis?
- Welke gevolgen had de gebeurtenis voor het gebied?
(Je kan foto's toevoegen om dit te illustreren.)

- Wat waren de gevolgen voor de mensen? Hoeveel mensen? Gedurende welke tijdsperiode? Wat werd er gedaan om hen te helpen?
- Is het waarschijnlijk dat het opnieuw gebeurt? Zo ja, wat wordt er gedaan om de gevolgen de volgende keer te beperken?

Informatieblad 1: DE POLS VAN DE PLANEET NEMEN



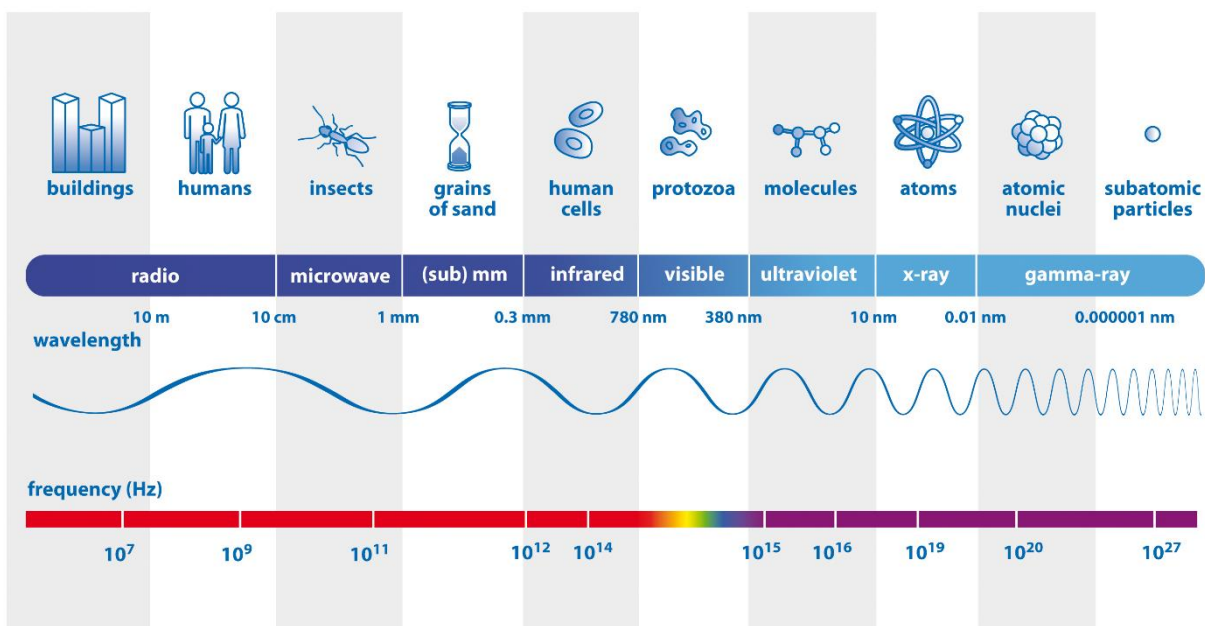
De beroemde 'Blue Marble' afbeelding van de aarde (Bron: NASA)

"The Blue Marble" is de naam die gegeven is aan een foto van de planeet Aarde genomen door de bemanning van Apollo 17. Het is een van de meest gereproduceerde foto's aller tijden. Het blauwe water van de zeeën en oceanen domineren het beeld maar als we beter kijken, kunnen we veel meer kleuren onderscheiden: het gele Sahara zand, de donkergroene tropische regenwouden, het wit van de wolken boven de oceanen en ijs en sneeuw die Antarctica bedekken. Foto's zoals deze, genomen met gewone camera's, bevatten een enorme hoeveelheid informatie.

Gelijkaardige beelden uit de ruimte zijn nu

deel van ons dagelijks leven: ze verschijnen bijvoorbeeld op veel TV weersvoorspellingen.

De Blue Marble-afbeelding toont de aarde zoals we die met het blote oog zien. Door rood, groen en blauw licht waar te nemen, kunnen menselijke ogen alle kleuren van de regenboog zien. Het grootste deel van de straling van de zon is zulk zichtbaar licht. Maar er zijn nog veel meer 'kleuren' straling die we niet kunnen zien. Samen vormen zij het elektromagnetisch spectrum. Verschillende soorten elektromagnetische straling hebben verschillende golflengtes.



De delen van het elektromagnetisch spectrum per golflengte. De bovenste rij toont voorwerpen die ongeveer even groot zijn als één golflengte van de straling. De onderste rij toont de frequentie, dat wil zeggen het aantal trillingen van de golf per seconde. (Bron: ESA/AOES Medialab - aangepast ESA CCI)

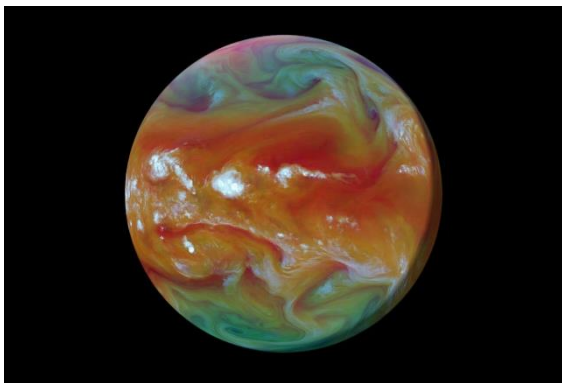
De aarde waarnemen op verschillende golflengten

Zichtbaar licht heeft golflengtes van 380 nanometer (violet) tot 780 nanometer (rood). Een nanometer (nm) is een miljardste van een meter, een miljoenste van een millimeter. Het is uitstekend geschikt om landbedekking te identificeren - als de wolken niet in de weg zitten! Het volgen van de kleur van de oceaan vertelt ons veel over fytoplankton, kleine zeeplanten die helpen koolstof uit de atmosfeer weg te houden en 50% van de zuurstof produceren die we inademen.

Röntgenstralen en gammastralen die in de geneeskunde worden gebruikt, hebben een veel kortere golflengte dan zichtbaar licht (minder dan 10 nm) en satellieten die de aarde observeren, gebruiken deze soorten straling niet. Er zijn echter satellietsensoren die ultraviolet licht (10-380 nm) detecteren. Sommige daarvan hebben een belangrijke rol gespeeld bij de ontdekking van het gat in de ozonlaag van de atmosfeer boven Antarctica. Zij worden nog steeds gebruikt om na te gaan hoe het gat in de ozonlaag verandert.

Elektromagnetische straling met golflengten die langer zijn dan wij met onze ogen kunnen zien, wordt ingedeeld als nabij-infrarood indien de golflengte ongeveer 1 micrometer bedraagt (een micrometer (μm) is een miljoenste meter, een duizendste millimeter), thermisch infrarood indien de golflengte ongeveer 10 μm bedraagt, en microgolven indien de golflengte in centimeters wordt gemeten

Sensoren die nabij-infrarode golflengten detecteren, zijn gevoelig voor de gezondheid van planten. We kunnen ze gebruiken om de productiviteit van de landbouw en de gevolgen van droogtes te volgen.



Thermische infraroodcamera's tonen de warmte die door de aarde wordt uitgestraald en vertellen ons over de energie-uitwisselingen in de atmosfeer (Bron: Planetary Visions/ESA)

Thermische infraroodsensoren kunnen de temperatuur van de aarde meten. Zij werken op dezelfde manier als de camera's die op luchthavens worden gebruikt om met Covid19 besmette personen op te sporen. Het gebruik van satellietsensoren om de temperaturen van het landoppervlak, het zeeoppervlak en de wolkentoppen te meten, helpt ons de effecten van de opwarming van de aarde op de oceanen en de atmosfeer te kwantificeren. Dit stelt ons ook in staat temperatuurveranderingen op kleinere schaal te onderzoeken in steden en in ontoegankelijke gebieden zoals het

noordpoolgebied en Antarctica.

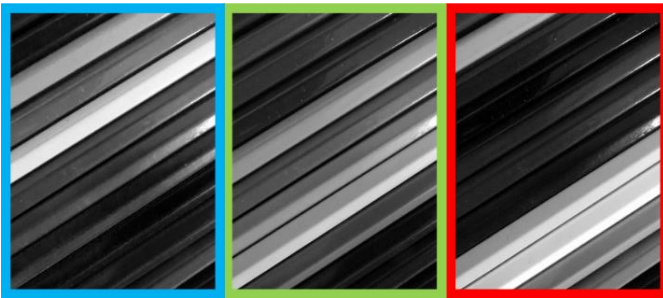
Microgolven zijn geschikt voor het meten van water in al zijn vormen: als vloeistof in de bodem, bevroren als sneeuw en ijs, en als damp en waterdruppels in de atmosfeer. Microgolven kunnen door wolken heen dringen, zodat deze sensoren in staat zijn gegevens te leveren in bijna alle weersomstandigheden en in de langdurige duisternis van de poolwinter.

Metingen van ozon, oceaankleur, landbedekking, land- en zeeoppervlaktetemperatuur, bodemvocht, sneeuw, zee-ijs, ijskappen en gletsjers zijn essentiële stukken om de complexe puzzel te begrijpen die het klimaat van de aarde is. Satellietsensoren die gericht zijn op specifieke delen van het elektromagnetische spectrum, helpen ons dan ook te volgen hoe het klimaat verandert; zij stellen ons in staat de polsslag van onze planeet op te nemen.

Informatieblad 2: ZIEN DOOR KLEUREN

Opbouw van een kleurenfoto

(Bron: Catherine Fitzsimons/NCEO)



Elke pixel in elk van deze vakjes kan worden beschreven door een enkel getal. Witte pixels hebben een waarde van 255, zwarte pixels hebben een waarde van 0. Elke foto is niet meer dan een verzameling gegevens die in een raster zijn gerangschikt.



Het kleurenbeeld heeft drie getallen nodig voor elke pixel en wordt gemaakt door de drie reeksen gegevens te combineren:

- De getallen van het eerste vakje bepalen de blauwe waarde..
- De getallen uit het tweede vakje bepalen de groene waarde..
- De getallen uit het laatste vakje bepalen de rode waarde.

We zeggen dat elke set gegevens in een ander **kanaal** gaat: rood, groen of blauw.

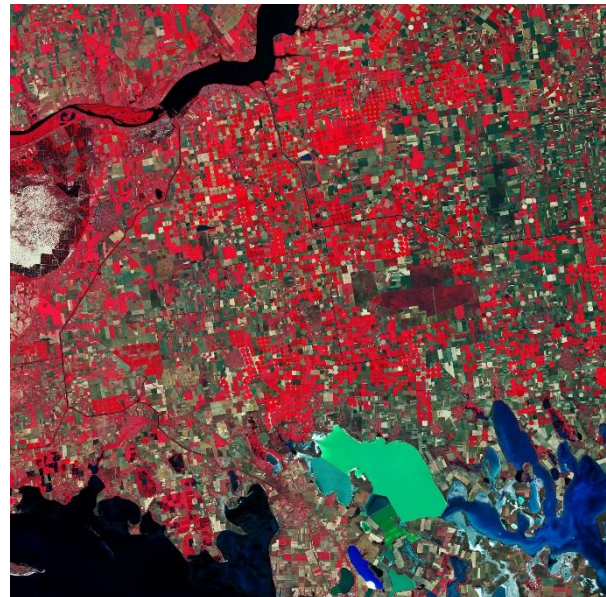
Het zien van onzichtbaar licht

In het bovenstaande voorbeeld waren de gegevens die we in elk kanaal gebruikten afkomstig van camerasensoren die licht detecteerden van dezelfde kleur als het kanaal.

Maar je kan verschillende gegevens gebruiken om de kleuren in elk kanaal in te stellen.

In deze afbeelding:

- Gegevens van een infraroodsensor bepalen de waarden in het rode kanaal.
- Gegevens over rood licht bepalen de waarden in het groene kanaal.
- Gegevens over groen licht bepaalt de waarden in het blauwe kanaal



*Een beeld in valse kleuren van Zuid-Oekraïne
(Bron: Bevat aangepaste Copernicus Sentinel-gegevens (2019), verwerkt door ESA)*

Wij "zien" dus infrarood door het als rood op onze foto te laten verschijnen.

Beelden zoals deze worden **valse-kleuren beelden** genoemd

Aardobservatiewetenschappers gebruiken ze vaak om gegevens te onderzoeken of weer te geven uit delen van het elektromagnetische spectrum die wij met onze ogen niet kunnen zien.

Het spectrum splitsen

De camera in een smartphone heeft drie soorten sensoren - één voor rood licht, één voor groen licht en één voor blauw licht. We noemen het deel van het spectrum dat door elke sensor wordt gedetecteerd een **band**, dus een camera heeft drie banden.

Een satellietinstrument kan een hele reeks sensoren hebben om verschillende delen van het elektromagnetisch spectrum waar te nemen. Het kunnen er honderden zijn, elk gevoelig voor een zeer klein golflengtebereik.

Wij kunnen de gegevens van elke band aan elk kanaal toewijzen om een verscheidenheid van valsekleurbeelden te produceren, maar sommige daarvan zijn nuttiger dan andere!

Onderstaande tabel geeft een overzicht van de banden in de instrumenten op de twee Sentinel-2-satellieten. De voornaamste taak van deze satellieten is het volgen van veranderingen in de manier waarop wij land gebruiken en het monitoren van de gezondheid van planten.

Band nummer	Band naam	Resolutie / m	Minimale golflengte / nm	Maximale golflengte / nm
B1	Aerosol	60	443.9	442.3
B2	Blue	10	496.6	492.1
B3	Green	10	560	559
B4	Red	10	664.5	665
B5	Red Edge 1	20	703.9	703.8
B6	Red Edge 2	20	740.2	739.1
B7	Red Edge 3	20	782.5	779.7
B8	NIR	10	835.1	833
B8A	Red Edge 4	20	864.8	864
B9	Water vapour	60	945	943.2
B11	SWIR 1	20	1613.7	1610.4
B12	SWIR 2	20	2202.4	2185.7

De resolutie geeft de lengte van elke zijde van een enkele pixel.
 $1 \text{ nm} = 10^{-9} \text{ m}$



Een computergegenereerd beeld van Sentinel-2 in een baan om de aarde (Bron: ESA /ATG medialab)

Links

Bronnen

Climate from Space web applicatie

<https://cfs.climate.esa.int>

Klimaat voor scholen

<https://climate.esa.int/nl/educate/climate-for-schools/>

Onderwijzen met ruimte

http://www.esa.int/Education/Teachers_Corner/Teach_with_space3

Infrarode camera hack

https://www.esa.int/Education/Teachers_Corner/Infrared_Webcam_Hack_-_Using_infrared_light_to_observe_the_world_in_a_new_way

ESA ruimte projecten

ESA Klimaatbureau

<https://climate.esa.int/nl/>

Ruimte voor ons klimaat

http://www.esa.int/Applications/Observing_the_Earth/Space_for_our_climate

ESA's Aardobservatiemissies

www.esa.int/Our_Activities/Observing_the_Earth/ESA_for_Earth

Earth Explorers

http://www.esa.int/Applications/Observing_the_Earth/The_Living_Planet_Programme/Earth_Explorers

Copernicus Sentinels

https://www.esa.int/Applications/Observing_the_Earth/Copernicus/Overview4

SMOS monitoring droughts

https://www.esa.int/ESA_Multimedia/Videos/2020/06/SMOS_monitoring_droughts#.X57vUlj7nvA.link

Extra informatie

Earth from Space: Zuidelijk Ukraine

https://www.esa.int/ESA_Multimedia/Videos/2020/04/Earth_from_Space_Southern_Ukraine

Earth from Space videos

http://www.esa.int/ESA_Multimedia/Sets/Earth_from_Space_programme

ESA Kids

https://www.esa.int/kids/en/learn/Earth/Climate_change/Climate_change