

Voortgezet
14-16



onderwijsmiddelenpakket

URBAN HOTSPOTS

docentenhandleiding en werkbladen
voor leerlingen



URBAN HOTSPOTS	1
URBAN (STEDELIJKE) HOTSPOTS: Overzicht	4
Samenvatting van de activiteiten	6
Praktische aantekeningen voor leraren.....	7
Webapplicatie <i>Climate from Space</i>	8
Opwarming van steden: achtergrondinformatie	9
Activiteit 1: URBAN (STEDELIJKE) HOTSPOTS	10
Activiteit 2: STRALING EN TEMPERATUUR.....	12
Activiteit 3: STAD EN LAND	15
Werkblad 1: URBAN HOTSPOTS.....	18
Werkblad 2: STRALING EN TEMPERATUUR	19
Werkblad 3: STAD EN PLATTELAND.....	22
Informatieblad 1: STEDELIJKE HOTSPOTS	25
Informatieblad 2: STRALING EN TEMPERATUUR	28
Links.....	30

Informatiepakket over het klimaatveranderingsinitiatief - URBAN HOTSPOTS

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

Activiteit concepten ontwikkeld door Universiteit Twente (NL) en
National Centre for Earth Observation (UK)

Het klimaatbureau van het ESA verwelkomt feedback en opmerkingen

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

Geproduceerd door het ESA-klimaatbureau Copyright

© Europees Ruimteagentschap 2020-2021

URBAN (STEDELIJKE) HOTSPOTS: Overzicht

Snelle feiten

Vak(ken): Geografie, Wetenschappen, Natuurkunde, Aardwetenschappen

Leeftijdsgroep: 14-16 jaar

Type: lezen, wiskundig onderzoek, online onderzoek

Complexiteit: gemiddeld tot gevorderd

Minimaal benodigde lestijd: 4 uur

Kosten: laag (5-20 euro)

Plaats: binnen

Omvat het gebruik van: Internet, spreadsheet software

Trefwoorden: elektromagnetische energie, zwart lichaam, piekstraling, emissiviteit, satelliet observatie, landoppervlakte temperatuur, helderheids temperatuur, hittegolf, stedelijk hitte-eiland, stadsplanning

Korte beschrijving

In deze reeks activiteiten zullen de leerlingen leren hoe de gebouwde omgeving het stedelijk hitte-eilandeffect beïnvloed en hoe aardobservatie kan worden gebruikt om dit effect te monitoren en pogingen om het te verminderen te ondersteunen.

In de eerste activiteit verkennen de leerlingen visuele temperatuurgegevens van een stad; en gebruiken die om enkele oorzaken van stedelijke hitte-eilanden te identificeren.

De tweede activiteit introduceert de principes achter het meten van de temperatuur van het landoppervlak; en past dit toe op het berekenen van het effect van het gebruik van verschillende materialen in steden.

In de laatste activiteit gebruiken de leerlingen de Climate from Space webapplicatie en gedownloade gegevens om temperaturen en trends in een stedelijke en omgeving te vergelijken met die in een landelijke omgeving.

Beoogde leerresultaten

Na het doorlopen van deze activiteiten, zullen de leerlingen in staat zijn om:

Het stedelijk hitte-eilandeffect te beschrijven en enkele gevolgen daarvan op te sommen.

Aspecten van de gebouwde omgeving te identificeren die het stedelijk hitte-eilandeffect versterken en verminderen.

Het gedrag van deze aspecten te relateren aan de fysica van warmteoverdracht.

Berekeningen uit te voeren die aantonen hoe metingen van thermische straling kunnen worden omgezet in temperatuurwaarden.

De emissiviteit waarden van een reeks in steden gebruikte materialen relateren aan de helderheid temperaturen.

Gegevens van een grote gegevensverzameling te analyseren en presenteren met behulp van een spreadsheet.

Een verslag op te stellen en de conclusies die uit de geanalyseerde gegevens worden getrokken, samen te vatten en toe te lichten.

Samenvatting van de activiteiten

	Titel	Beschrijving	Resultaat	Voorafgaand leren	Tijd
1	Stedelijke hotspots	Lezen en beeldanalyse	Beschrijf het stedelijk hitte-eilandeffect en som enkele gevolgen daarvan op. Identificeren van aspecten van de gebouwde omgeving die het stedelijk hitte-eilandeffect versterken en verminderen. Het gedrag van deze aspecten relateren aan de fysica van warmteoverdracht.	Warmteoverdracht door geleiding, convection en straling	1½ uur
2	Straling en temperatuur	Berekeningen op basis van formules voor straling van een zwart lichaam (met behulp van spreadsheet)	Berekeningen uitvoeren om aan te tonen hoe metingen van thermische straling kunnen worden omgezet in temperatuurwaarden. De emissiviteit waarden van een reeks in steden gebruikte materialen relateren aan de helderheidstemperaturen.	Regio's van het elektromagnetisch spectrum, berekeningen met standaardvorm, SI-voorvoegsels	1 uur
3	Stad en land	Analyse van numerieke gegevens met behulp van een spreadsheet	Gegevens van een grote gegevensverzameling analyseren en presenteren met behulp van een spreadsheet. Een verslag opstellen om de conclusies die uit de geanalyseerde gegevens worden getrokken, samen te vatten en toe te lichten.	Activiteit 1	1½ uur

De opgegeven tijden gelden voor de belangrijkste oefeningen, ervan uitgaande dat er genoeg computers beschikbaar zijn en/of dat de repetitieve berekeningen en grafieken over 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 vermeld, samen met aantekeningen over de voorbereiding die nodig kan zijn naast het nodige 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. Ook bevatten ze extra informatie voor de leerlingen, of gegevens waarmee zij kunnen werken. Deze hulpmiddelen kunnen het best in kleur worden afgedrukt, maar kunnen worden hergebruikt.

Eventuele **aanvullende spreadsheets, datasets of documenten** die voor de activiteit nodig zijn, kunnen worden gedownload via de volgende link:

<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 werkblad antwoorden en voorbeeld resultaten voor praktische activiteiten bijgevoegd. Mogelijkheden om lokale criteria te gebruiken voor de beoordeling van kernvaardigheden zoals communicatie of gegevensverwerking zijn aangegeven in het desbetreffende deel van de beschrijving van de activiteit.

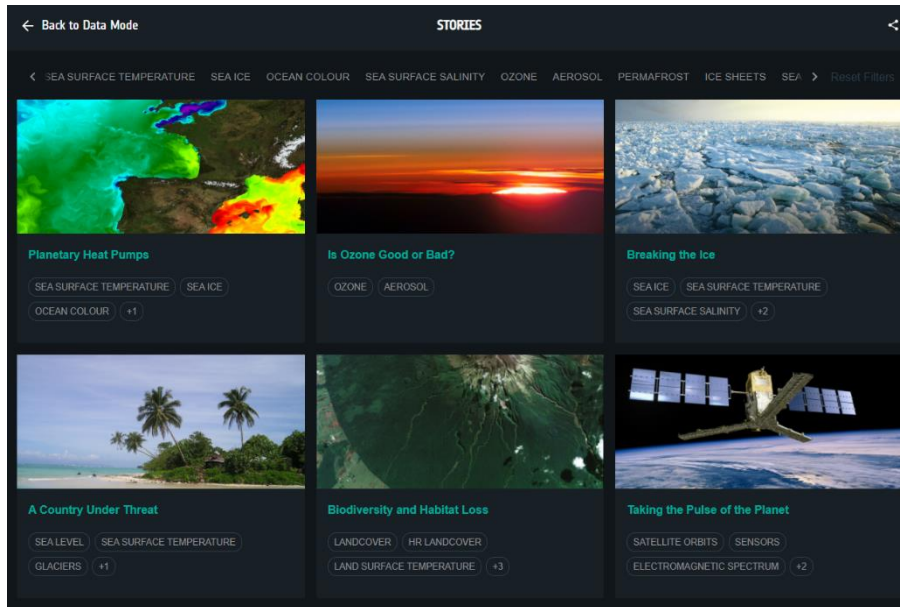
Gezondheid en veiligheid

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 uitgelicht die specifiek van toepassing zijn op een bepaalde praktische activiteit.

Sommige van deze activiteiten maken gebruik van de *Climate from Space* webapplicatie of andere interactieve websites. Het is mogelijk om van daaruit naar andere delen van de ESA Climate Change Initiative-site of die van de gastorganisatie en externe websites te gaan. Als u de pagina's die de leerlingen kunnen bekijken niet kunt - of wilt - beperken, herinner hen dan aan de plaatselijke veiligheidsregels voor internet gebruik.

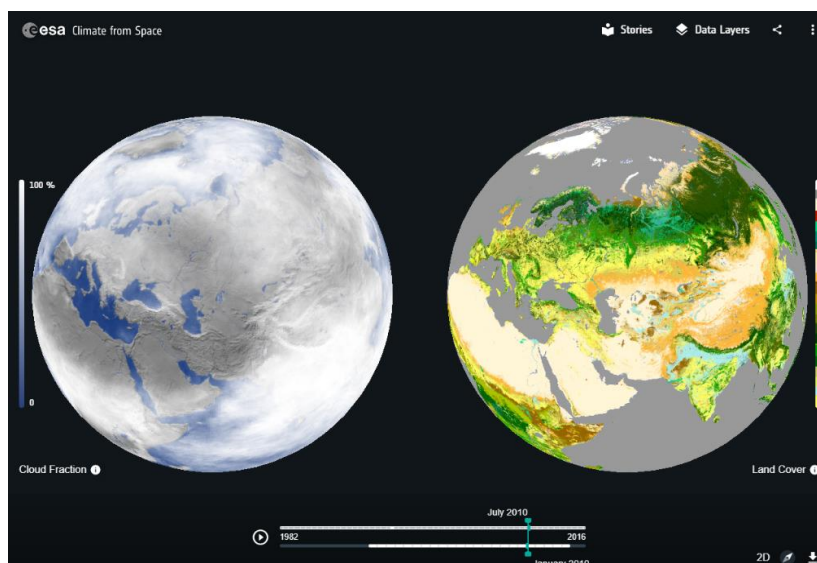
Webapplicatie *Climate from Space*

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



Figuur SEQ Figure * ARABIC 1: Verhalen in de webapplicatie *Climate from Space* (Bron: ESA CCI)

Het ESA-programma 'Climate Change Initiative' produceert betrouwbare wereldwijde registraties van een aantal belangrijke aspecten van het klimaat, de zogenaamde essentiële klimaatvariabelen (EKV's). Met de *Climate from Space* webapplicatie kunt u meer te weten komen over de gevolgen van klimaatverandering door deze gegevens zelf te onderzoeken.



Figuur SEQ Figure * ARABIC 2: Vergelijking van wolken en landbedekking in de webapplicatie *Climate from Space* (Bron: ESA CCI)

Opwarming van steden: achtergrondinformatie

Het stedelijk hitte-eilandeffect is een fenomeen dat ertoe leidt dat de temperaturen in steden vaak hoger zijn dan in de omliggende plattelandsgebieden. Dit effect wordt nog verder versterkt tijdens hittegolven, aangezien de materialen die worden gebruikt om de bebouwde omgeving te creëren een hoge warmtecapaciteit hebben en dit de hoeveelheid koeling die elke nacht plaatsvindt beperkt.

Door de groeiende stedelijke bevolking en de gevolgen van de klimaatverandering zullen de komende decennia steeds meer mensen hiermee te maken krijgen.

In sommige steden gebruiken veel mensen airconditioning om de binnentemperatuur te verlagen - een oplossing die niet alleen onmogelijk is in de buitenlucht, maar ook het probleem verergert door het gebruik van energie, waarvan een groot deel nog steeds wordt opgewekt uit fossiele brandstoffen. Een duurzaam beheer van de temperatuur in een stad berust op meer passieve oplossingen waarbij rekening wordt gehouden met de warmtecapaciteit en de oppervlakte-eigenschappen van de gebruikte materialen, architecturale structuren die de natuurlijke circulatie van koelere lucht bevorderen, en een stadsplanning die de emissies helpt te verminderen.

Om een stad klimaatbestendig te maken, kan worden gezocht naar manieren om planten opnieuw in de stedelijke omgeving te introduceren. Een voorbeeld hiervan zijn de groene daken die in Arnhem worden geïntroduceerd. Een andere aanpak, die in Los Angeles is uitgetoet, is het verven van donkere asfaltwegen met een laag lichter materiaal. Dit heeft geleid tot een plaatselijke temperatuurdaling van 5°C en uit modellering blijkt dat, indien op grote schaal toegepast, dit de temperatuur van de hele stad met 1°C zou kunnen doen dalen. Dit gebeurt eenvoudigweg omdat donkere kleuren straling absorberen terwijl lichte kleuren de energie weerkaatsen.

Stedelijke warmte-eilanden, en afzonderlijke gebieden daarbinnen, komen duidelijk naar voren in satellietbeelden van de landoppervlakte-temperatuur. Deze laten veel gedetailleerdere temperatuurgegevens zien dan die alleen met oppervlaktemetingen zouden kunnen worden verzameld. Aardobservatie is dan ook zeer nuttig voor analyse en planning.

De activiteiten in dit pakket richten zich op hoe dergelijke gegevens worden verzameld en hoe we het hitte-eilandeffect kunnen aantonen. Naast het onderzoeken van gegevens in visuele en numerieke vorm, leren leerlingen hoe warmtestraling-niveaus worden omgezet in temperatuurgegevens die kunnen worden gebruikt om de stedelijke hitte te monitoren en het ontwerp van klimaatbestendige steden te ondersteunen. Dit vereist aandacht voor straling van zwarte lichamen en hoewel dit concept waarschijnlijk deel uitmaakt van een meer gevorderd leerplan, worden de belangrijkste punten die nodig zijn om het werk te voltooien, op een eenvoudige manier beschreven op informatieblad 2. De wiskunde is een grotere uitdaging; dus de leerlingen kunnen de bijgevoegde spreadsheet gebruiken voor hulp bij het berekenen.

Activiteit 1: URBAN (STEDELIJKE) HOTSPOTS

Deze activiteit introduceert het stedelijk hitte-eilandeffect en bekijkt de mogelijke gevolgen van een opwarmende wereld die steeds meer verstedelijkt. De leerlingen onderzoeken een warmtekaart van een stad en passen wat ze geleerd hebben toe om een hypothetische warmtekaart van een lokale stedelijke omgeving te maken. Deze activiteit kan geheel of gedeeltelijk als huiswerkopdracht worden gebruikt.

Uitrusting

- Informatieblad 1 (2 bladzijden, tweede bladzijde is optioneel - zie stap 3)
- Werkblad 1 voor studenten
- Internettoegang
- Plattegronden van een lokaal stedelijk gebied (optioneel)
- Software voor beeldbewerking of kleurpotloden
- Grote vellen papier (optioneel - zie stap 5)
- Climate from Space webapplicatie: Stedelijke *hotspots* verhaal (optioneel)

Vorbereiding

Als de leerlingen stap 5 op papier moeten uitvoeren, moet u omtrekkaarten van een plaatselijk stadsgebied afdrukken. Verminder de verzadiging, indien mogelijk, voor het afdrukken om kleurblokken te verwijderen en grijze contouren over te houden.

Oefening

1. Introduceer het onderwerp door de leerlingen naar hun persoonlijke ervaringen te vragen wat betreft hittegolven en hoe de omgeving van invloed is op hoe warm ze het hebben - misschien door te verwijzen naar de plaats waar ze op vakantie zijn geweest, bepaalde gebouwen, of bepaalde delen van een lokale stedelijke omgeving.
2. Vraag de leerlingen informatieblad 1.1 te lezen en met een partner één ding te delen dat ze van het verhaal hebben geleerd en één vraag die ze erover willen stellen.
Als u dit klassikaal doet, kunt u de tekst aanvullen met materiaal uit het verhaal over *Urban Heat* van de Climate from Space webapplicatie.
3. Vraag de leerlingen om de vragen 1 tot en met 4 op werkblad 1 door te nemen. Ze kunnen een elektronische kopie van de kaart van Madrid gebruiken als u het aantal kopieën in kleur wilt beperken. De afbeelding kan worden gedownload via de link: https://www.esa.int/ESA_Multimedia/Images/2008/07/AHS-observed_relative_temperatures_of_Madrid_Spain#.X9ouo5WBoXk.link
4. Bespreek de antwoorden op de vragen van het werkblad en de vragen die de leerlingen tijdens het lezen van het informatieblad hebben gesteld en die niet beantwoord zijn door het doen van de activiteit.
5. Daag leerlingen uit om een theoretische warmtekaart van een lokaal stedelijk gebied te maken. Ze kunnen dit doen door lagen of kleurblokken toe te voegen aan een screenshot van een online kaart, of door een papieren kaart in te kleuren. In stap 6 op het werkblad wordt de leerlingen gevraagd hun kaart van aantekeningen te voorzien. Ze kunnen dit doen met tekstvakken, labels of

plakbriefjes. Door de kaart in het midden van een groter stuk papier of canvas te plaatsen, met tekst rond de rand, kan de presentatie duidelijker worden.

6. De leerlingen kunnen hun kaarten bespreken en beoordelen als plenaire oefening of, als dit deel van de activiteit als huiswerk wordt gebruikt, in een volgende les.

Werkblad antwoorden

De gedetailleerdheid van de antwoorden van de leerlingen zal afhangen van hun voorkennis en het is dus mogelijk dat hun antwoorden niet alle onderstaande punten en/of andere geldige verbanden bevatten.

1. Wegen zijn gemaakt van beton of asfalt, dat donker is en dus goed warmte absorbeert en die warmte 's nachts weer afgeeft. Het heeft ook een grotere warmtecapaciteit dan lucht en slaat dus meer warmte op. Wrijving tussen de weg en de banden van voertuigen die over de weg rijden, genereert extra warmte die wordt overgedragen op de weg.
2. Het witte dak van de tribunes is een slechte warmte-absorbeerder. De open opzet van het stadion betekent dat de warme lucht er niet in opgesloten zit, maar door convectorie naar buiten kan stromen. Als er die dag geen wedstrijd is gespeeld, zullen er weinig mensen in het stadion zijn geweest - en zelfs een rustend menselijk lichaam straalt energie uit met een snelheid van ongeveer 100 W.
3. Er zijn verschillende parken en speelvelden in de omgeving, maar een van de meest opvallende contrasten is de rotonde bij Plaza de la Republica Argentina.
4. De gebouwen zijn gerangschikt rond een rij binnenplaatsen - een architectonisch kenmerk dat sinds de oudheid in warme klimaten op grote schaal wordt gebruikt vanwege de schaduw die zij bieden en het passieve koelingseffect dat zij teweegbrengen. De dakbedekking is bleker dan de dakpannen die in veel omliggende gebouwen worden gebruikt. De leerlingen kunnen er ook op wijzen dat het middernacht was toen de foto werd genomen en dat de airconditioners die overdag in werking waren, geen warmte aan de omgeving hebben toegevoegd.

De antwoorden op de overige vragen zullen variëren.

Activiteit 2: STRALING EN TEMPERATUUR

Deze activiteit demonstreert hoe het meten van de intensiteit van thermische straling kan worden gebruikt om de temperatuur van landoppervlakten te bepalen, door rekening te houden met de kenmerken van een zwart lichaam. De leerlingen maken kennis met de relevante formules en gebruiken een spreadsheet om er berekeningen mee uit te voeren.

Benodigheden

- Informatieblad 2
- Werkblad 2 voor de leerlingen (2 blz.)
- Rekenmachine
- "Urban hotspots Activiteit 2" spreadsheet

Vorbereiding

U kunt de spreadsheet "Urban hotspots Activiteit 2" downloaden van de sectie Urban hotspots van de ESA Climate for Schools webpagina (<https://climate.esa.int/nl/educate/climate-for-schools/>) en opslaan op een locatie waar uw leerlingen er toegang toe hebben zonder online te gaan.

Leerlingen hebben misschien ook een diagram nodig waarop de regio's van het elektromagnetisch spectrum te zien zijn, als dit werk niet wordt uitgevoerd als onderdeel van een gerelateerd onderwerp. (Zie bijvoorbeeld het begeleidende onderwijsmiddelenpakket "*Taking the Pulse of the Planet*" (lager secundair onderwijs), verkrijgbaar op bovenstaand webadres).

Oefening

1. Vraag de leerlingen een lijst te maken van de methoden en instrumenten die gebruikt worden om de temperatuur te meten, en laat ze eventueel ook de voor- en nadelen van elk instrument bespreken.
Ga verder met de vraag welke van deze instrumenten gebruikt zouden kunnen worden voor temperatuurmeting op afstand - thermokoppels of andere elektronische thermometers zouden bijvoorbeeld aan een zender gekoppeld kunnen worden om de gegevens naar een andere plaats door te sturen. Leg uit dat we tijdens deze activiteit meer te weten zullen komen over de werking van thermische camera's en dat we enkele berekeningen zullen uitvoeren die aan hun werking ten grondslag liggen.
2. U kunt de leerlingen gewoon vragen het informatieblad te lezen en de berekeningen op het werkblad met behulp van de spreadsheet in te vullen. De formules zijn echter nogal intimiderend, dus is het wellicht beter om een deel van het informatieblad door te lezen, de bijbehorende berekeningen uit te voeren en de antwoorden te controleren voordat u naar het volgende deel gaat. Zo kunt u nagaan of de leerlingen de stof begrijpen en zo nodig hulp bieden.
3. U kunt de leerlingen vragen hun kennis van deze activiteit te combineren met de kaarten die ze aan het eind van Activiteit 1 hebben gemaakt om specifieke

veranderingen voor te stellen die in het door hen bestudeerde gebied kunnen worden aangebracht om het stedelijk hitte-eilandeffect te verminderen.

Werkblad antwoorden

1. 2. De leerlingen kunnen al dan niet op de hoogte zijn van onderverdelingen van het infrarode deel van het spectrum die gebruikt worden bij aardobservatie en teledetectie. U kunt deze desgewenst introduceren. (NIR = nabij infrarood; SWIR = kortgolvig infrarood).

	Temperatuur		Piek golflengte		Elektromagnetisch spectrumgebied
	/ K	/ °C	/ m		
Zon	5795	5522	5.00×10^{-7}	500 nm	zichtbaar (groen)
gesmolten glas	1700	1427	1.70×10^{-6}	1,70 μm	infrarood (NIR)
lava	1500	1227	1.93×10^{-6}	1,93 μm	infrarood (SWIR)
warm beton	333	60	8.70×10^{-6}	8,70 μm	infrarood (thermisch)
Aarde (gemiddeld)	300	27	9.66×10^{-6}	9,66 μm	infrarood (thermisch)
koel beton	283	10	1.02×10^{-5}	10,2 μm	infrarood (thermisch)
Aarde (koudste ooit)	184	-89	1.57×10^{-5}	15,7 μm	infrarood (thermisch)

3. a. $1,50 \times 10^7 \text{ W sr}^{-1}\text{m}^{-3}$ b. $9,65 \times 10^6 \text{ W sr}^{-1}\text{m}^{-3}$ c. $7,38 \times 10^6 \text{ W sr}^{-1}\text{m}^{-3}$

4.

Oppervlakte	Emissiviteit	Helderheidstemperatuur / Kat 10,85 μm en 27°C
Water	0.99	23.1
Ruw beton	0.94	22.3
Tarmac (asfalt)	0.93	22.1
Eikenbomen	0.885	21.4

5. Bomen hebben een lagere helderheidstemperatuur, wat betekent dat hun oppervlak minder energie in de atmosfeer uitzendt, zodat zij de lucht om hen heen niet in dezelfde mate opwarmen als water, beton of asfalt.

Ze zorgen ook voor schaduw, waardoor de grond eronder geen energie van de zon absorbeert en de grond op zijn beurt minder energie uitstraalt.

Door transpiratie sturen bomen water de atmosfeer in, en de energie voor verdamping aan het oppervlak van de bladeren wordt onttrokken aan de atmosfeer, waardoor de temperatuur daalt.

Activiteit 3: STAD EN LAND

In deze activiteit gebruiken de leerlingen de Climate from Space webapplicatie om de types bodembedekking te identificeren die horen bij een paar verschillende locaties; en analyseren ze de gedownloade temperatuurgegevens. Ze leggen hun kennis over dit onderwerp vast door een verslag te maken waarin ze de gevonden patronen relateren aan informatie over het stralingsgedrag van verschillende oppervlakken en wellicht andere klimaatvariabelen.

Benodigheden

- Internettoegang
- Climate from Space webapplicatie
- Werkblad 3 voor de leerlingen (2 blz.)
- “Urban hotspots Activiteit 3” spreadsheet
- Software voor spreadsheets en tekstverwerking

Vorbereiding

Wellicht wilt u de spreadsheet “Urban hotspots Activiteit 3” downloaden van de sectie Planetaire warmtepompen van de ESA Climate for Schools webpagina (<https://climate.esa.int/nl/educate/climate-for-schools/>) en opslaan op een plaats waar uw leerlingen er toegang tot hebben zonder online te hoeven gaan.

Oefening

1. Herinner de leerlingen eraan dat, hoewel ze hebben gekeken naar hoe we de temperatuur van het landoppervlak vanuit de ruimte kunnen meten en hoe die varieert in een stad, ze tot nu toe nog niet hebben gekeken naar bewijs voor het hitte-eilandeffect in de stad. Dat gaan we in deze oefening doen door de gegevens voor een stedelijk gebied te vergelijken met die voor een landelijk gebied.
2. Vraag de leerlingen dit te doen door de instructies op werkblad 3 te volgen en de vragen te beantwoorden.

Leerlingen kunnen extra ondersteuning nodig hebben op de volgende gebieden:

- De legenda voor landbedekking in de Climate from Space webapplicatie is vrij gedetailleerd. Moedig de leerlingen aan om naar bredere categorieën te zoeken: stedelijke gebieden zijn rood, kale rotsen en schaarse vegetatie zijn lichtgekleurd, bossen en beboste gebieden zijn groentinten, andere vegetatietypen worden in geel weergegeven, enzovoort.
 - Sommige leerlingen kunnen hulp nodig hebben bij het bepalen van hoe de grafiek er uit moet zien. Het kan nuttig zijn om samengestelde labels te maken voor de x-as, zoals in het voorbeeld.
 - De snelste manier om voor vraag 4 de gemiddelde temperaturen voor elke maand te bepalen is door de SOM-functie te gebruiken.
3. U zou leerlingen die snel werken kunnen vragen om één of meer van de volgende dingen te doen:
 - Vergelijk de temperatuurtrend in de winter en de zomer voor elke plaats (bijvoorbeeld januari en juli). Veranderen deze op dezelfde manier als de jaarlijkse trend? Zo niet, welke verschillen zijn er dan?

- Leerlingen met een grotere kennis van statistiek zouden ook de variatie op elke plaats kunnen kwantificeren - over de hele periode of voor bepaalde perioden - en nagaan in hoeverre het bewijsmateriaal de door hen beschreven trends ondersteunt.
 - De leerlingen kunnen ook kijken naar andere data lagen in de Climate from Space webapplicatie waarvan zij denken dat ze een invloed hebben op de temperatuur op elke plaats - bodemvocht en bewolking, bijvoorbeeld.
4. De laatste opdracht op leerlingen werkblad 3.2 is het maken van een verslag om deze bevindingen samen te vatten en uit te leggen. Dit verslag kan gebruikt worden om de kennis van de leerlingen over het onderwerp in zijn geheel te evalueren, hun vaardigheden in communicatie en het omgaan met gegevens aan de hand van lokale criteria.

Werkblad antwoorden

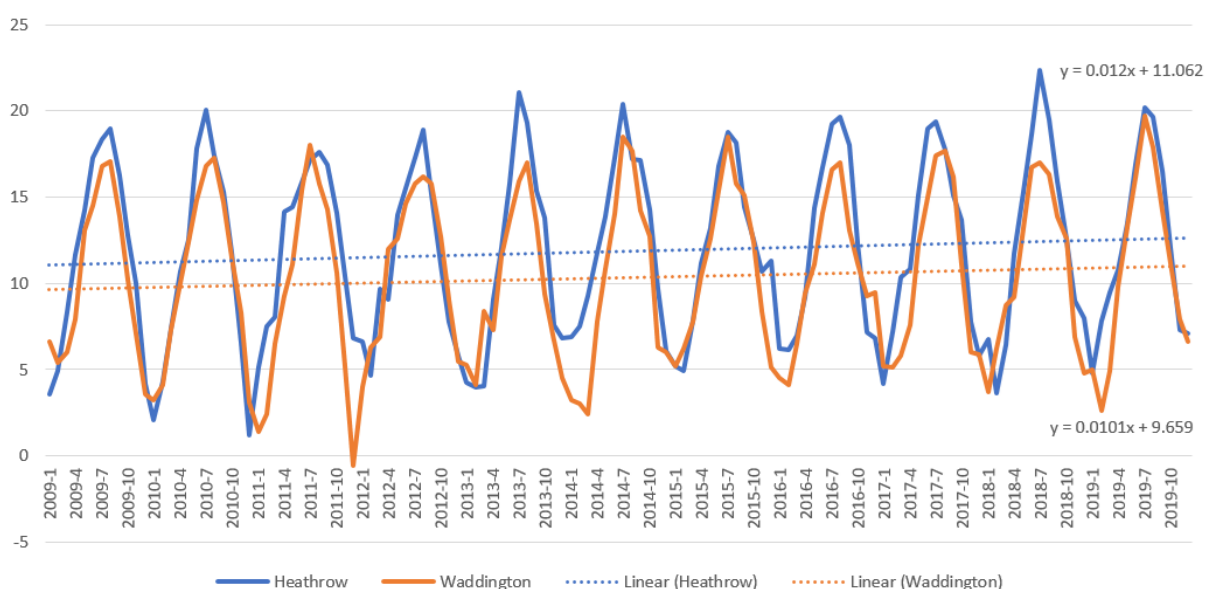
1. Heathrow - stedelijk; Waddington - akkerland.

2. Verwijder gegevens van vóór 2009 uit de gegevensreeks voor Heathrow; bereken de gemiddelde temperaturen voor Heathrow.

3. Zie figuur 3.

Overeenkomsten: maxima en minima komen elk jaar op beide plaatsen op hetzelfde tijdstip voor (respectievelijk januari en juli); het bereik tussen hoogste en laagste temperaturen op elke plaats is vergelijkbaar (ongeveer 20°C).

Verschillen: In het algemeen zijn de temperaturen in Heathrow hoger dan in Waddington; de wintertemperaturen in Waddington zijn ongeveer één op drie jaar aanzienlijk lager dan die in Heathrow; de zomertemperaturen in Heathrow zijn bijna elk jaar merkbaar hoger dan die in Waddington.



Figuur 3: Gemiddelde maandtemperaturen voor Heathrow en Waddington, UK
(Bron: climate-data.org)

4.

Gemiddelde temperatuur /°C	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Juli	Aug	Sep	Okt	Nov	Dec
Heathrow	5.1	5.7	8	10.9	13.9	17	19.5	18.6	16	12.8	8.5	6.4
Waddington	4.3	4.5	6.5	9.2	12.2	14.9	17.4	16.9	14.4	11.4	7.4	4.9

5. Deze gegevens versterken de conclusie dat Heathrow over het algemeen warmer is dan Waddington. Uit een vergelijking van de maandelijkse gemiddelden blijkt dat dit verschil meestal het grootst is in de zomermaanden.

6. Zie figuur 3.

Op beide plaatsen neemt de temperatuur toe, maar in Heathrow sneller dan in Waddington.

De stijging bedraagt $0,010^{\circ}\text{C}/\text{maand} = 0,12^{\circ}\text{C}/\text{jaar}$ in Waddington en $0,012^{\circ}\text{C}/\text{maand} = 0,14^{\circ}\text{C}/\text{jaar}$ in Heathrow.

Numerieke gegevens voor deze activiteit werden gedownload van:

www.metoffice.gov.uk/pub/data/weather/uk/climate/stationdata/heathrowdata.txt

en

www.metoffice.gov.uk/pub/data/weather/uk/climate/stationdata/waddingtondata.txt

Werkblad 1: URBAN HOTSPOTS

Zoek een plattegrond, en/of luchtfoto's of satellietbeelden in ware kleuren van het deel van Madrid dat op de nachtfoto op informatieblad 1.2 te zien is.

Gebruik dit om je te helpen de onderstaande vragen te beantwoorden.

1. Het wegennet is duidelijk te zien op de foto. Waarom?

2. Het Bernabéu stadion is ook heel duidelijk te zien. Waarom?

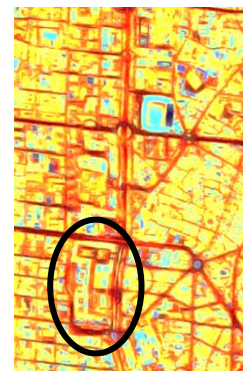
In de tekst op informatieblad 1.1 worden verschillende maatregelen genoemd die kunnen helpen om steden koel te houden; waaronder herintroductie van de natuur, verbetering van de luchtstroming in en rond gebouwen, en het gebruik van verschillende materialen of kleuren.

3. Identificeer een plaats die koeler lijkt dan de omgeving omdat er planten staan.

4. De rij overheidsgebouwen, omcirkeld in het uittreksel rechts, lijkt koeler te zijn dan sommige andere.

Welk(e) kenmerk(en) van hun architectuur kan (kunnen) dit verklaren?

Onderbouw je antwoord door te verwijzen naar contrasterende gebouwen.



Hoe zou je verwachten dat een soortgelijke kaart van een deel van jouw stad, gemeente of dichtstbijgelegen stedelijk gebied eruit zou zien?

5. Kleur een kaartfragment om te laten zien wat je denkt. Vergeet niet een legenda toe te voegen.
6. Voeg labels toe om je beslissingen voor ten minste vier kenmerken of locaties uit te leggen.
7. Vergelijk je kaart met die van anderen.
Zijn jullie het met elkaar eens?
Zo niet, bespreek de verschillen en streef naar een consensus.

Werkblad 2: STRALING EN TEMPERATUUR

Voor sommige van deze vragen kun je de spreadsheet "Urban hotspots Activiteit 2" gebruiken. Je docent zal je vertellen waar je die kunt vinden. Let er bij alle berekeningen op dat je de juiste eenheden gebruikt.

Temperatuur en piek-golflengte

De piekintensiteit van de straling van de zon ligt bij 500 nm.

$$\lambda_{\text{peak}} = \frac{b}{T}$$

1. Gebruik de wet van Wein om de temperatuur van de zon in te schatten.

Vul je antwoord in de tabel hieronder in.

2. Bereken nu met behulp van de wet van Wein de piek-golflengte van de straling van de rest van de tabel. Geef je antwoord zowel in meter (m) en nanometer (nm), en geef aan in welk deel van het elektromagnetisch spectrum de straling zich bevindt.

	Temperatuur		Piek golflengte		Elektromagnetisch spectrumgebied
	/ K	/ °C	/ m		
Zon			5.00×10^{-7}	500 nm	zichtbaar (groen)
gesmolten glas	1700				
lava	1500				
warm beton	333				
Aarde (gemiddeld)		27			
koel beton		10			
Aarde (koudste ooit)		-89			

Straling bij andere temperaturen

De sensor op een aardobservatiesatelliet detecteert infrarode straling met een golflengte van 10,85 μm .

3. Voer de juiste gegevens in de spreadsheet in om de formule van Planck voor straling van een zwart lichaam te gebruiken om de straling van beton bij de hieronder aangegeven temperaturen te berekenen.

$$L_{BB}(\lambda) = \frac{2hc^2}{\lambda^5 \left(\exp \frac{hc}{\lambda k_B T} - 1 \right)}$$

Vergeet niet de temperaturen in Kelvin om te zetten voordat je de formule gebruikt.

a. 60°C (heet)

b. 27°C (gemiddeld)

c. 10°C (koel)

Helderheidstemperaturen

Stedelijke oppervlakten zijn geen zwarte lichamen, dus moeten we rekening houden met emissiviteit.

4. Voer in de spreadsheet de juiste gegevens in om de helderheidstemperatuur van water, beton, asfalt en eiken bij een temperatuur van 27°C te berekenen.

$$T_b = \frac{hc}{\lambda k_B \ln\left(1 + \frac{1}{\epsilon(\lambda)} \left[\exp\frac{hc}{\lambda k_B T} - 1\right]\right)}$$

De emissiviteiten staan in de tabel, die je ook kunt gebruiken om je antwoorden te noteren. Neem aan dat de sensor dezelfde golflengte detecteert als die in vraag 3.

Oppervlakte	Emissiviteit	Helderheidstemperatuur / Kat 10,85 µm en 27°C
Water	0,99	
Ruw beton	0,94	
Tarmac (asfalt)	0,93	
Eikenbomen	0,885	

5. Hoe ondersteunen uw antwoorden op vraag 4 het idee dat vegetatie kan helpen het stedelijk hitte-eilandeffect te verminderen?
Zijn er nog andere manieren waarop vegetatie dit doet?

Werkblad 3: STAD EN PLATTELAND

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

Klik op het symbool Data Lagen (rechtsboven) en kies Land Cover.

Speel de animatie een paar keer af om te controleren of je begrijpt hoe de bedieningselementen op het scherm werken en je helpen om beter te kijken naar bepaalde plaatsen of tijden.

Klik op de ⓘ knop, linksonder, om de legenda te zien. Controleer of je de kleuren kunt herkennen die voor de verschillende categorieën grondgebruik worden gebruikt.

Je gaat de temperaturen op twee plaatsen in het Verenigd Koninkrijk onderzoeken.

- Heathrow, Londen.
- Waddington, Lincolnshire.

Zoek deze plaatsen op een online kaart zodat je weet waar je ze kunt vinden in de Climate from Space webapplicatie.

1. Wat voor soort bodembedekking is er op en rond elke plaats?
Is die aanzienlijk veranderd door de tijd heen?

Heathrow _____

Waddington _____

Voor de volgende stappen heb je de spreadsheet "Urban hotspots Activiteit 3" nodig. Je docent zal je vertellen waar je die kunt vinden.

Harmonisatie van de gegevens

De spreadsheet toont maandelijkse temperatuurgegevens voor elke locatie. Voordat je ze kunt vergelijken, moet je de datasets op elkaar afstemmen.

2. Wat betekent dit?

Maak een kopie van het blad en harmoniseer de twee dataverzamelingen.

Onderzoek van de gegevens

Zet beide dataverzamelingen uit op een grafiek met de datum op de x-as en de temperatuur op de y-as.

3. Vergelijk de jaarlijkse cyclus van temperatuurschommelingen op elke plaats en gebruik cijfers om je conclusies te onderbouwen.

Overeenkomsten:

Verschillen: _____

4. Bereken de gemiddelde temperatuur voor elke maand op elke plaats. Maak eventueel een grafiek van deze gegevens.

Gemiddelde temperatuur /°C	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Juli	Aug	Sep	Okt	Nov	Dec
Heathrow												
Waddington												

5. Levert dit nieuwe informatie op, of bevestigt of weerlegt dit een van de conclusies die je uit je grafiek hebt getrokken? Leg je antwoord uit.

Voeg voor elke reeks gegevens een lineaire trendlijn toe aan je grafiek, met de formule voor elke lijn op de grafiek.

6. Wat vertellen deze lijnen en hun formules over de temperaturen in Heathrow en Waddington? Nogmaals, zoek naar overeenkomsten en verschillen en gebruik cijfers om je beschrijvingen te ondersteunen.

Rapportage van uw conclusies

Schrijf een kort verslag op basis van deze gegevens. De volgende onderdelen moeten in je verslag behandeld worden:

- een beschrijving van de locaties en de gebruikte gegevens
- de bron van de data
- ten minste één grafiek
- een beschrijving van de belangrijkste patronen of trends
- een verklaring van elk patroon of trend gebaseerd op wat je hebt geleerd over dit onderwerp.

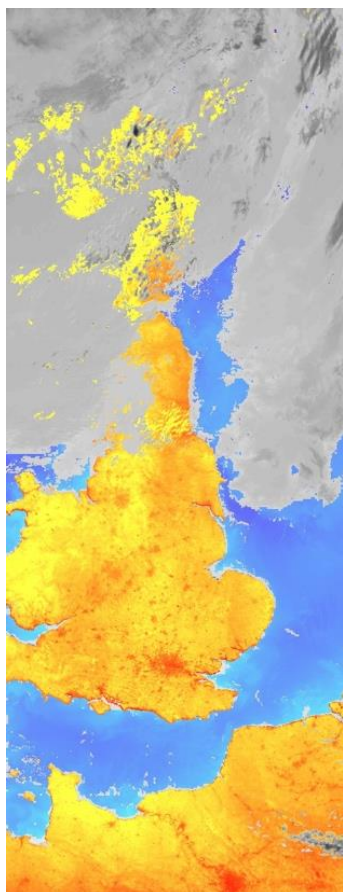
Andere dingen die in het verslag kunnen:

- aanvullende grafieken, kaarten, schema's of illustraties
- ondersteunende gegevens uit andere bronnen, met de juiste referenties
- acties die kunnen worden ondernomen om eventuele trends die problemen veroorzaken of in de toekomst kunnen veroorzaken, te beperken
- suggesties voor verder onderzoek, waaronder welke gegevens je nodig zou hebben en hoe je die zou gebruiken.

Uw verslag mag niet meer dan 1000 woorden zijn, inclusief annotaties en bijschriften, maar exclusief referenties.

Informatieblad 1: STEDELIJKE HOTSPOTS

Voor de viering van nieuwjaarsavond 2019-2020 in Moskou moest kunstsneeuw worden gemaakt. In de Russische hoofdstad, die bekend staat om zijn koude, strenge winters, had de temperatuur 5,4°C bereikt - de hoogste decembertemperatuur sinds het begin van de metingen in 1879. Bij een snowboard evenement werd gebruik gemaakt van 'sneeuw' die van het oppervlak van een nabijgelegen ijsbaan was geschraapt. Kinderen speelden voetbal op binnenplaatsen waar gewoonlijk ijshockey wedstrijden worden gespeeld.



Een nachtelijke warmtekaart van Noordwest-Europa. De grijze gebieden zijn wolken en het land in het rood is warmer dan het land in het geel. (Bron: ESA)

Hittegolven kostten in 2003 in heel Europa 70.000 mensen het leven en in 2010 stierven alleen al in Rusland 55.000 mensen. De meest extreme temperaturen werden geregistreerd in steden. Naarmate meer en meer mensen in een stedelijk gebied gaan wonen, nemen wegen en gebouwen de plaats in van vegetatie. Aangezien de materialen die hiervoor worden gebruikt een veel grotere warmtecapaciteit hebben dan planten en bomen, slaat de bebouwde omgeving energie op en stijgen de temperaturen al snel. Steden worden "stedelijke hitte-eilanden" die tot 7°C warmer kunnen zijn dan het omringende platteland. Hoe duidelijk de stedelijke gebieden opvallen, kunt u zien op de satellietfoto links, waarop de temperatuur van het landoppervlak 's nachts te zien is.

Ongeveer 2% van het aardoppervlak wordt bedekt door steden, waar meer dan 55% van de 7,7 miljard wereldbewoners woont. Tegen 2050 zal naar verwachting 75% van de 9,5 miljard mensen op de wereld in steden wonen, waardoor nog veel meer mensen de gevolgen van het hitte-eilandeffect zullen voelen.

De mate waarin een stedelijk gebied door dit effect wordt beïnvloed, hangt onder meer af van het aantal, het type en de plaatsing van gebouwen en wegen, en waarvan deze zijn gemaakt. Door de natuur terug te brengen in de steden, gebouwen zo te plaatsen dat de luchtstroming verbetert, en materialen en kleuren te gebruiken die minder warmte

vasthouden, kan worden voorkomen dat de temperatuur in de steden zo sterk stijgt. Maar zijn dergelijke maatregelen voldoende om onze groeiende steden af te koelen?

Metingen van de temperatuur van het landoppervlak (LST) vanuit de ruimte kunnen aantonen hoe hittegolven de temperatuur beïnvloeden. Wetenschappers, gefinancierd door het Europees Ruimteagentschap (ESA), hebben LST-kaarten gemaakt die een momentopname geven van de temperaturen op de grond en die gedetailleerd genoeg zijn om de belangrijkste kenmerken van een stad als Londen te laten zien. Door deze kaarten te vergelijken met nauwkeurige langetermijngegevens kunnen onderzoekers

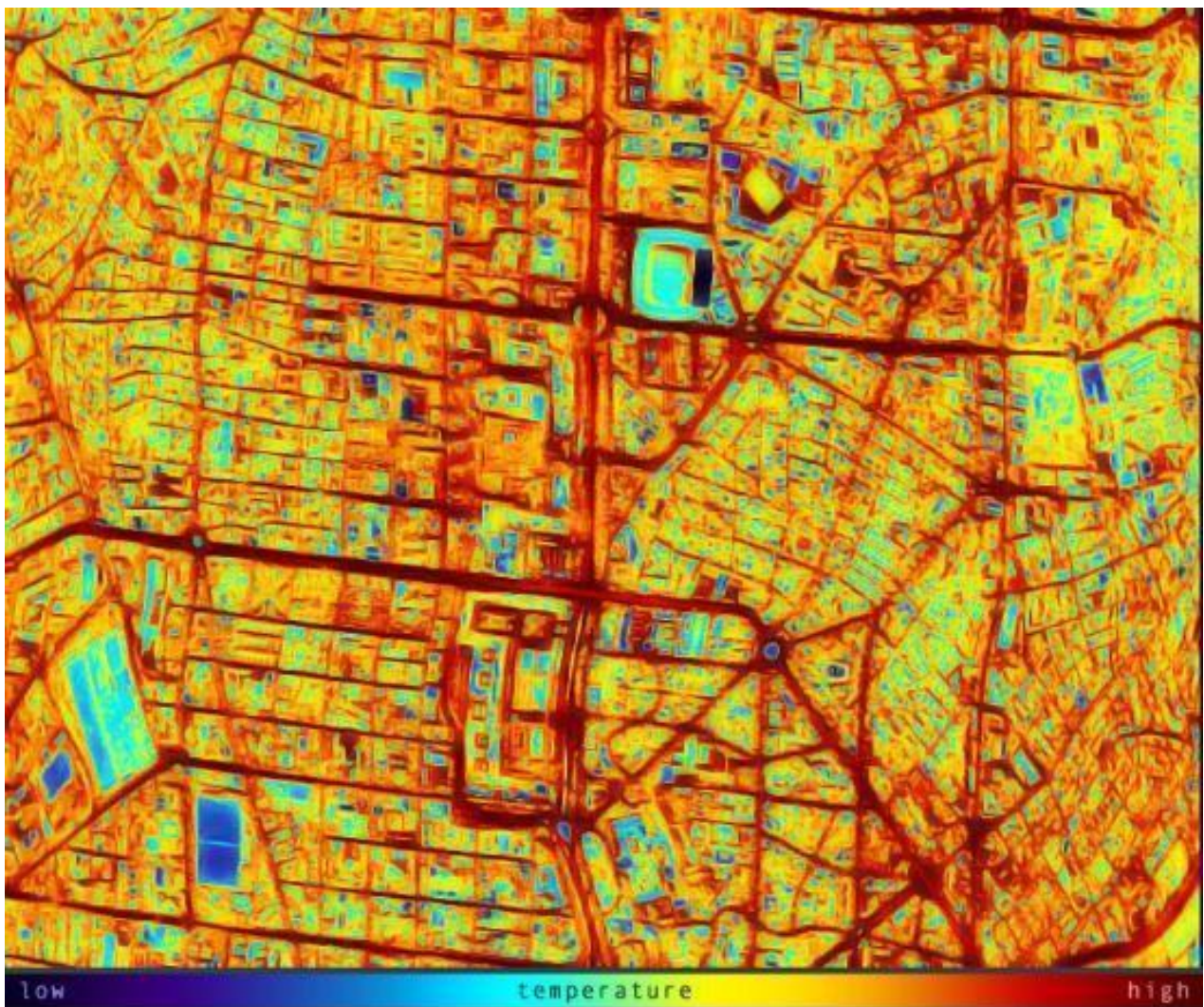
en planologen het effect van hittegolven en veranderingen in het stadsmilieu onderzoeken. Informatie op het niveau van een individueel stadsblok - of zelfs een wijk - kan stadsplanners helpen het ontwerp van steden te verbeteren door aan te geven waar groene zones moeten komen, welke materialen moeten worden gebruikt en hoe gebouwen moeten worden georiënteerd om de koeling te maximaliseren.

Een andere groep door het ESA gefinancierde wetenschappers maakt gebruik van satellietgegevens om gedetailleerde kaarten van de bodembedekking op te stellen. Deze kunnen we samen met de LST-informatie gebruiken om de interacties tussen mens en natuur te onderzoeken en na te gaan hoe de klimaatverandering deze interacties beïnvloedt. ESA-teams produceren in feite gegevensreeksen voor een hele reeks variabelen die bekend staan als essentiële klimaatvariabelen (EKV's) en die helpen te beschrijven en te verklaren hoe klimaatverandering onze planeet beïnvloedt. Bodembedekking en LST zijn slechts twee van deze EKV's die ons samen helpen te begrijpen hoe we plannen kunnen maken voor een betere toekomst.

Het identificeren van hotspots

Deze foto van Madrid is gemaakt met gegevens die zijn verzameld door een instrument dat op 1 juli 2008 om middernacht boven de stad in de lucht vloog.

U kunt een hoge-resolutie kopie van de foto voor gebruik in Activiteit 1 downloaden van https://www.esa.int/ESA_Multimedia/Images/2008/07/AHS-observed_relative_temperatures_of_Madrid_Spain#.X9ouo5WBoXk.link



(Bron: ESA)

Informatieblad 2: STRALING EN TEMPERATUUR

Zwarte lichamen

Elk voorwerp dat warmer is dan het absolute nulpunt (0 K, of -273°C) zendt elektromagnetische straling uit. Zogenaamde 'zwarte lichamen' zijn perfecte stralers: zij zenden een ononderbroken spectrum uit en de hoeveelheid straling die zij op elke golflengte uitzenden hangt alleen af van hun temperatuur, T , die gewoonlijk in Kelvin, K, wordt gegeven.

Een zwart voorwerp zendt de grootste hoeveelheid straling uit bij de piekgolflengte, λ_{peak} . De wet van Wein stelt dat hoe heter het voorwerp is, hoe korter de

piekgolflengte is:

$$\lambda_{\text{peak}} = \frac{b}{T}$$

T is de temperatuur in Kelvin en b is de constante van Wein, die een waarde heeft van 0,00290 m.K (meter Kelvin).

Zwart lichaam stralingsgolven

De formule van Planck wordt gebruikt om te berekenen hoeveel straling* een zwart lichaam van een bepaalde temperatuur bij een bepaalde golflengte uitzendt. Deze hoeveelheid staat bekend als de radiantie, L_{BB} . De formule ziet er ingewikkeld uit, maar het belangrijkste is dat alle termen in de formule, behalve temperatuur, T , en golflengte, λ , constanten zijn:

$$L_{BB}(\lambda) = \frac{2hc^2}{\lambda^5 \left(\exp\left(\frac{hc}{\lambda k_B T}\right) - 1 \right)}$$

h = constante van Planck, $6,63 \times 10^{-34} \text{ J s}$

c = lichtsnelheid, $3,00 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}$

k_B = constante van Boltzmann, $1,38 \times 10^{-23} \text{ J K}^{-1}$

Het vinden van temperaturen

De formule van Planck kan net als elke andere worden herschreven, dus als we de L_{BB} voor een bepaalde golflengte kennen, kunnen we de temperatuur berekenen van het zwarte lichaam dat de straling heeft uitgezonden. Dit is hoe een thermische camera werkt: de sensor detecteert infrarode straling op dezelfde manier als hoe de sensor van je camera zichtbaar licht detecteert, en de software zet de "helderheid" van elke pixel om in een temperatuur die hij in een bepaalde kleur weergeeft.

De meeste voorwerpen zijn echter geen zwarte lichamen: de hoeveelheid straling die zij op elke golflengte uitzenden hangt van meer dan alleen de temperatuur af. Om de temperatuur te vinden, moeten we de formule dus enigszins aanpassen en herschrijven.

$$T_b = \frac{hc}{\lambda k_B \ln\left(1 + \frac{1}{\epsilon(\lambda)} \left[\exp\left(\frac{hc}{\lambda k_B T}\right) - 1 \right] \right)}$$

De extra term, het emissiviteitsvermogen, ϵ , heeft geen eenheden omdat het de verhouding aangeeft tussen de straling die het voorwerp op een

bepaalde golflengte uitzendt en de straling die door een soortgelijk zwart lichaam wordt uitgezonden.

Deze oppervlaktetemperatuur, T_b , staat bekend als de helderheidstemperatuur. Deze stemt misschien niet overeen met de temperatuur van het object in zijn geheel,

maar toont wel hoe het object warmte uitstraalt naar de omgeving en is daarom nuttig als we het effect van verschillende soorten bodembedekking op de atmosfeer willen zien.

—

* Strikt genomen, de hoeveelheid energie die per seconde per kubieke meter in een bepaalde richting wordt uitgezonden, dus de eenheden zijn $W \text{ sr}^{-1}\text{m}^{-3}$

Links

Middelen

Climate from Space webapplicatie

<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

Zwart lichaam straling

<https://sci.esa.int/web/education/-/48986-blackbody-radiation>

Ruimtevaartprojecten van ESA

ESA-klimaatbureau

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

Ruimte voor ons klimaat

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

ESA's missies voor aardobservatie

www.esa.int/Our_Activities/Observing_the_Earth/ESA_for_Earth

Aarde Ontdekkingsreizigers

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

Copernicus Schildwachten

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

Extra informatie

Meting van de temperatuur van de aarde met satellieten

https://www.esa.int/Applications/Observing_the_Earth/Taking_Earth_s_temperature

Hittegolven, stedelijke hotspots en hitte-eilanden

https://www.esa.int/Applications/Observing_the_Earth/Satellites_predict_city_hot_spots

Meer Aarde vanuit de Ruimte video's

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

ESA Kinderen

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