



Koninklijk Nederlands
Meteorologisch Instituut
Ministerie van Infrastructuur en Milieu

Over aardobservatie en onze
atmosfeer:

GLOBE Aerosolen

KNMI, NSO, NEMO SLC, GLOBE
Nederland

Elise Hendriks

December 2013





GLOBE Education Program

GLOBE ofwel Global Learning and Observations to Benefit the Environment:

Kinderen wereldwijd leren over en betrekken bij onderzoek naar klimaatverandering en milieuproblematiek,

- Earth Day 1994, Al Gore: aankondiging
- Earth Day 1995, NASA: eerste activiteiten
- 2002: *Start GLOBE Aerosolen in Nederland*
- 2003: *GLOBE Program Office (NASA, UCAR)*
- Nu: 111 deelnemende landen over de hele wereld

THE GLOBE PROGRAM

SATELLITES Conference Showcases GLOBE Student Research
Students in southwest Detroit utilize GLOBE Hydrology Protocols to test the water quality of two major nearby rivers, the Rouge and the Huron, as well as the quality of the community's drinking water. Their projects were presented at the annual SATELLITES Conference in Perrysburg, Ohio.

Home Teaching & Learning Explore Science Community News Events Media About GLOBE Join

Welcome to GLOBE
The Global Learning and Observations to Benefit the Environment (GLOBE) program is a worldwide hands-on, primary and secondary school-based science and education program.
[Learn More about GLOBE](#)

GLOBE Community
[Click here to Enter Data](#)
Collaboration Groups
Recent Postings In:
Community Feedback Forum
RE: Making friends could be more easy
Try out this process for a start...
https://www.globe.gov/web/community-feedback-forum/discussions/-/message_boards/message/7536921 >>

The Student Zone
Learn how to become a student GLOBE

SCIENTIST'S

Schools:	27,058
Teachers:	18,721
Total Measurements:	118,680,178
Measurements This Month:	196,077



GLOBE en het KNMI

GLOBE activiteiten sinds 2002/3

- GLOBE Weer en Klimaat, onderbouw VO
- GLOBE Aerosolen, bovenbouw VO

Overige educatie activiteiten op KNMI VO:

- Weekend van de Wetenschap (voorheen Oktober Kennismaand) workshopdagen voor onderbouw VO
- Snuffeldagen
- Begeleiding profielwerkstukken



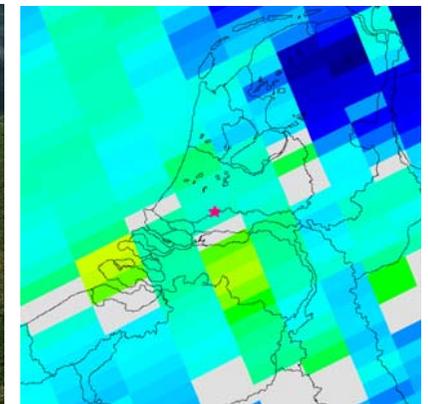
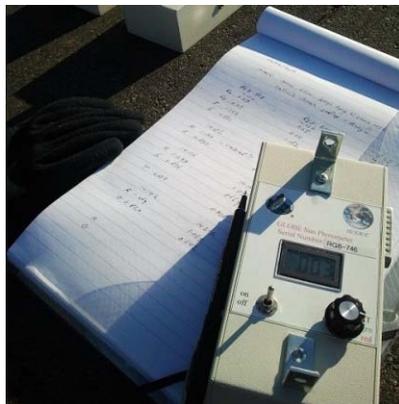
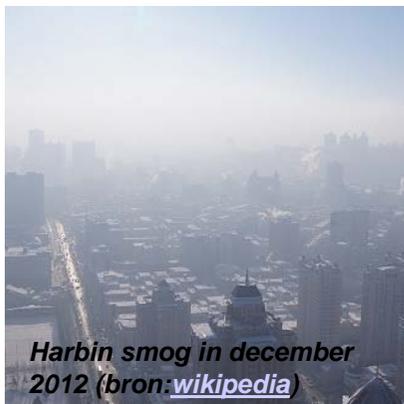


GLOBE Aerosolen

GLOBE Education Program in Nederland: Aerosolen

Educatieprogramma rondom klimaatwetenschappelijk aerosolonderzoek door *KNMI*, *NSO*, *NEMO SLC* en *GLOBE Nederland*:

- aerosolen, klimaat en milieu;
- aardobservatie;
- educatie, outreach, wetenschappelijk onderzoek.





Aardobservatie ...



Europa vanuit het Ruimtestation ISS door André Kuipers, ESA, 14 Maart 2012



Aardobservatie en onze atmosfeer

Waarnemingen van onze atmosfeer vergroten ons inzicht over weer, klimaat en effecten van klimaatverandering op de aarde.

Voorbeelden van satellietinstrumenten voor luchtvervuiling:

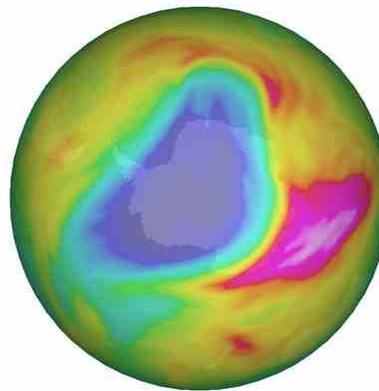
- Ozone Monitoring Instrument, OMI (2004-)
- TROPospheric Monitoring Instrument, TROPOMI (2015-)



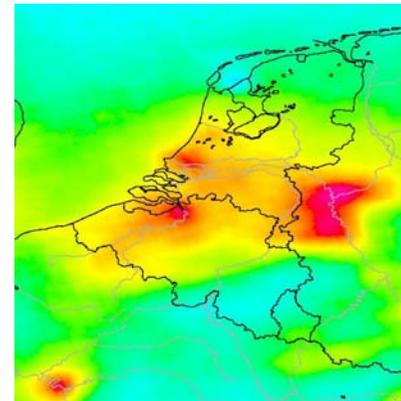
Uitlaatgassen van verkeer



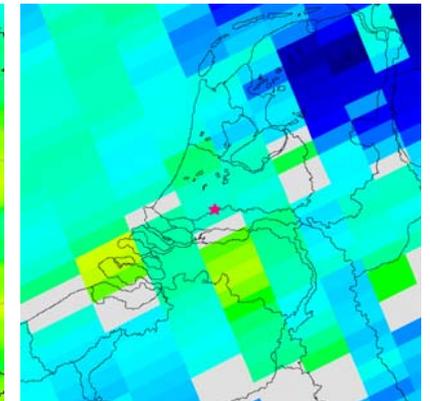
Moscow smog in 2010 (bron: [wikipedia](https://en.wikipedia.org))



Stratosferische ozon boven de Zuidpool (www.temis.nl)



Stikstofdioxide door [OMI](https://www.temis.nl)



Aerosol optische dikte door [OMI](https://www.temis.nl)

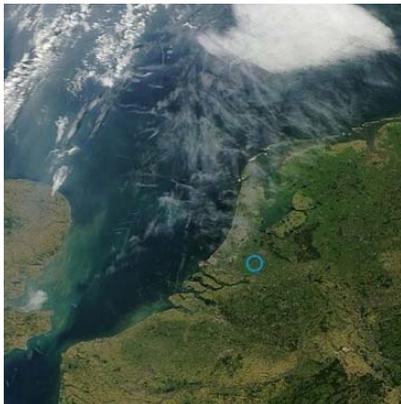


Aardobservatie en onze atmosfeer

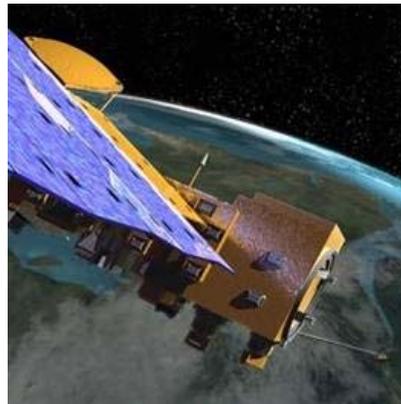
We nemen onze atmosfeer waar

- vanuit de ruimte: satellietwaarneming
- vanaf de grond: grondwaarneming
- met weerballon, vliegtuig of zeppelin

...satellietwaarneming behoeft validatie met andere typen metingen



Nederland door MODIS
(bron: NASA)



AURA satelliet (bron: NASA)



Grondmetingen [BSRN site Cabauw](#)



Weerballonmetingen KNMI



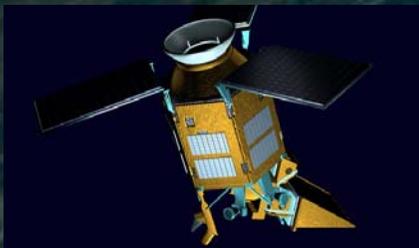
[PEGASOS](#) zeppelin



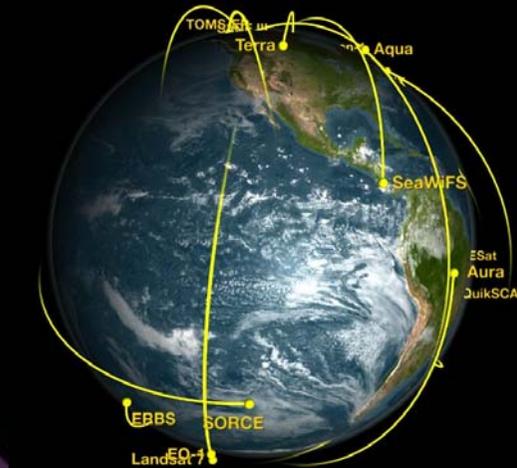
Waarnemen vanuit de ruimte

Vele satellieten 'kijken' naar de aarde

Voorbeeld: Aan boord van de AURA satelliet hangt het Ozone Monitoring Instrument (OMI) dat ozon en allerlei andere stoffen in onze atmosfeer meet



Opvolger TROPOMI wordt in 2015 gelanceerd!



Animatie OMI satellietmetingen (bron: NASA)



Aerosolen

Aerosolen zijn... ?

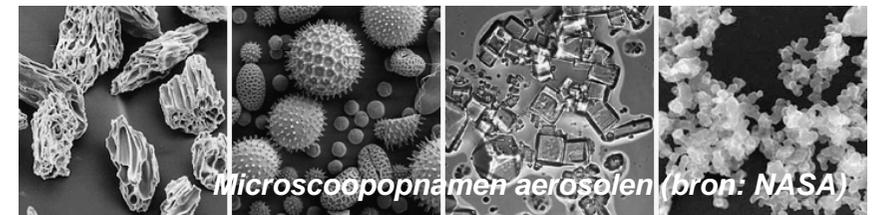
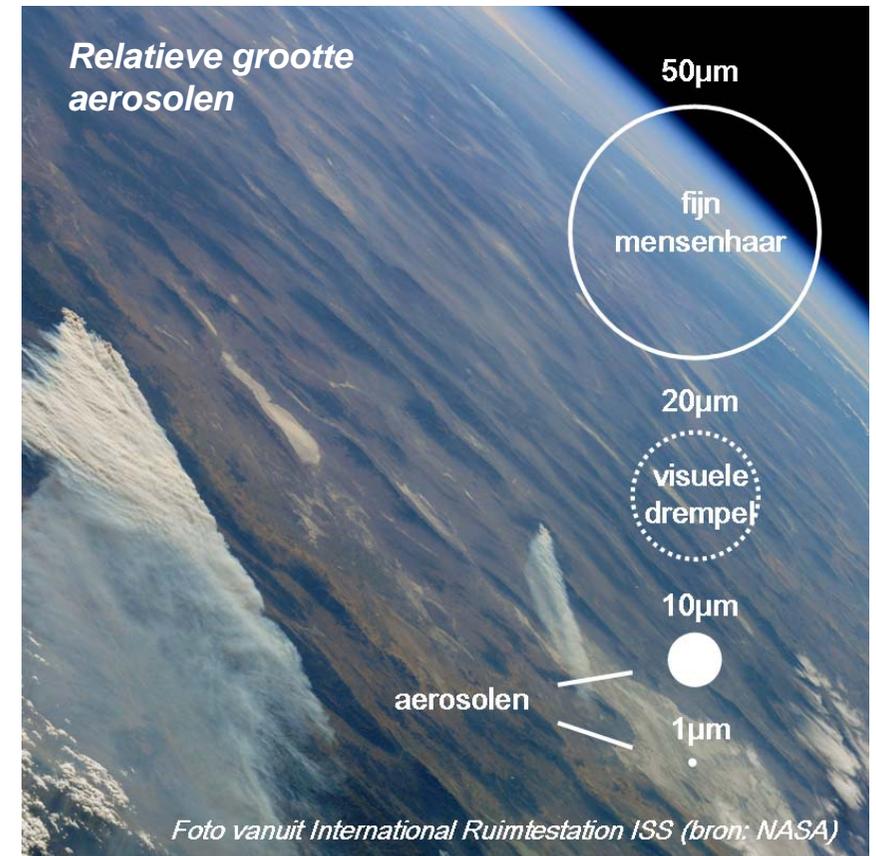
Aerosolen zijn kleine vaste en vloeibare deeltjes die in de atmosfeer zweven

Voorbeelden

Zeezout, roet, vulkaanas, zandstof, ...

Waar vind je ze?

Meest in troposfeer, maar ook hoger (denk bijvoorbeeld aan de aswolken van een grote vulkaanuitbarsting)





Aerosolen

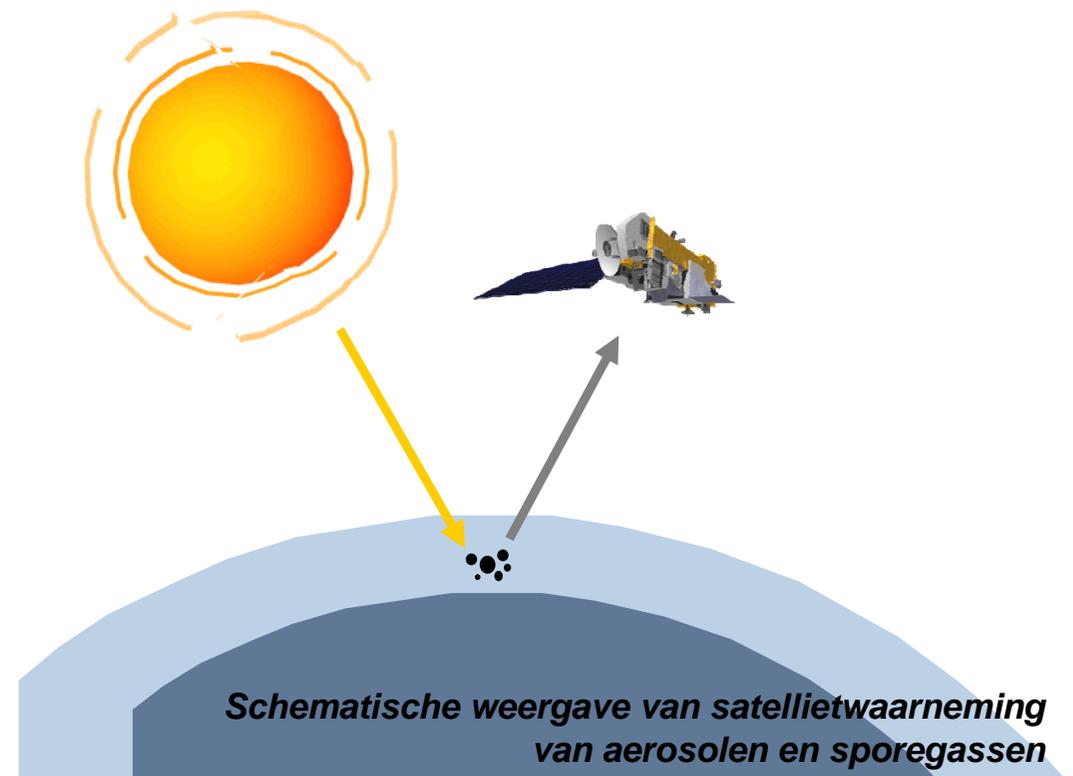
Welke rol spelen ze in onze atmosfeer?

Ze beïnvloeden de stralingsbalans

→ temperatuur, wolkenvorming
en –gedrag, neerslag, ...

Effecten

- korte termijn: weer, luchtkwaliteit
- lange termijn: klimaat

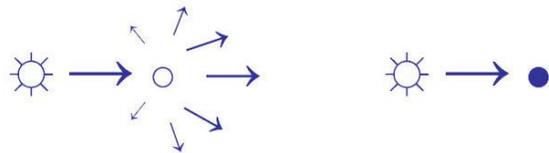




Aerosolen en zonlicht

Aerosolen

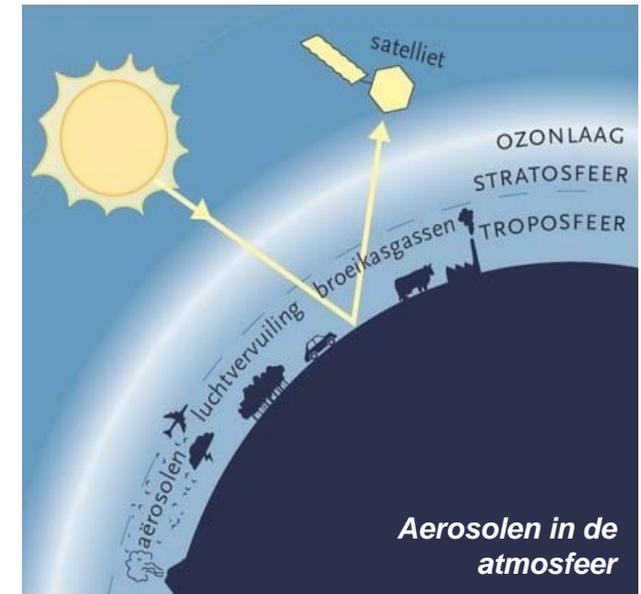
- verstrooien en absorberen straling



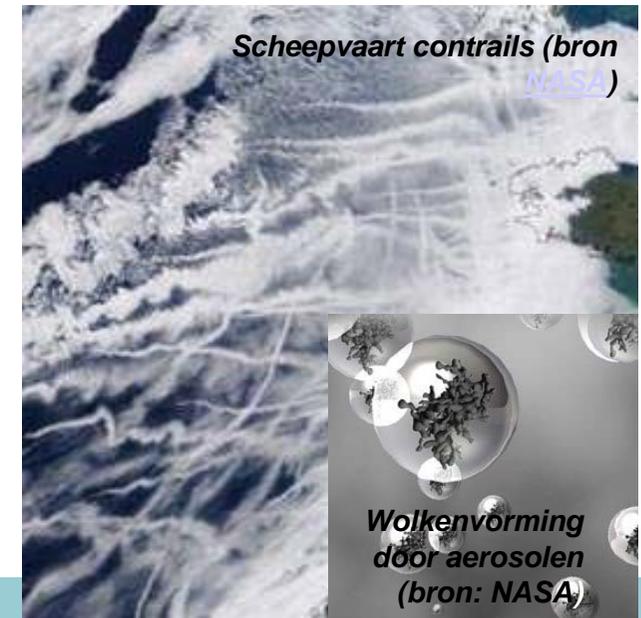
- beïnvloeden vorming en gedrag van wolken:
 - verstrooiend aerosol: 1) kleinere wolkendruppels, wittere wolken 2) langere levensduur wolken
 - absorberend aerosol: 1) verdamping van wolken 2) onderdrukte wolkenvorming, stabielere atmosfeer

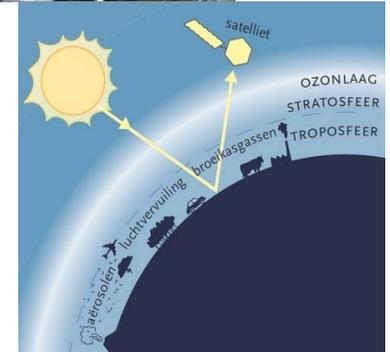
→ invloed op stralingsbalans en globale temperatuur

Klimaatverandering



Aerosolen in de atmosfeer

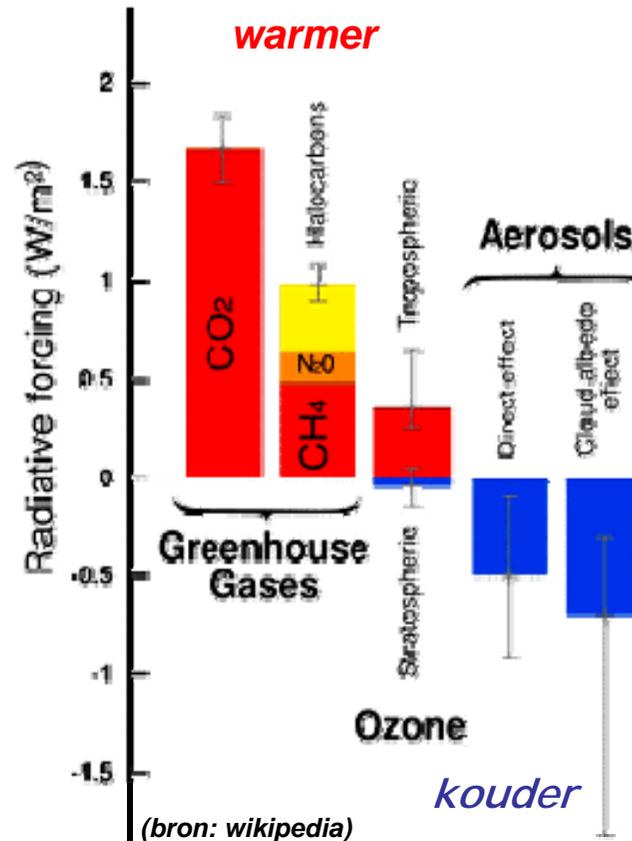
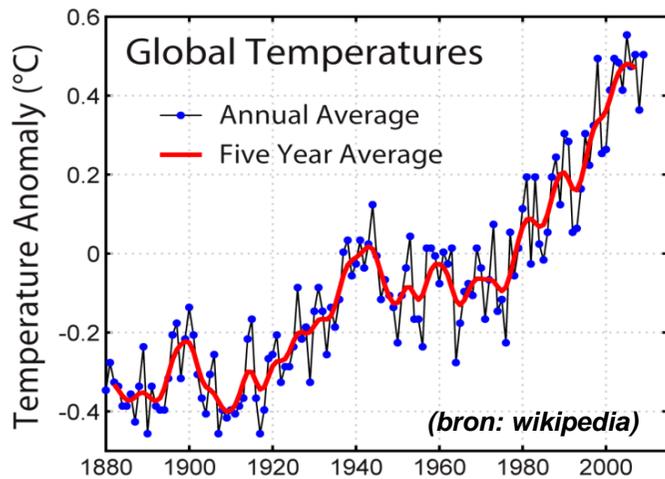




Aerosolen en klimaatverandering

De meeste aerosolen zorgen voor extra reflectie van zonlicht, daarmee voor een koeler klimaat

... maar hoe zit het precies?



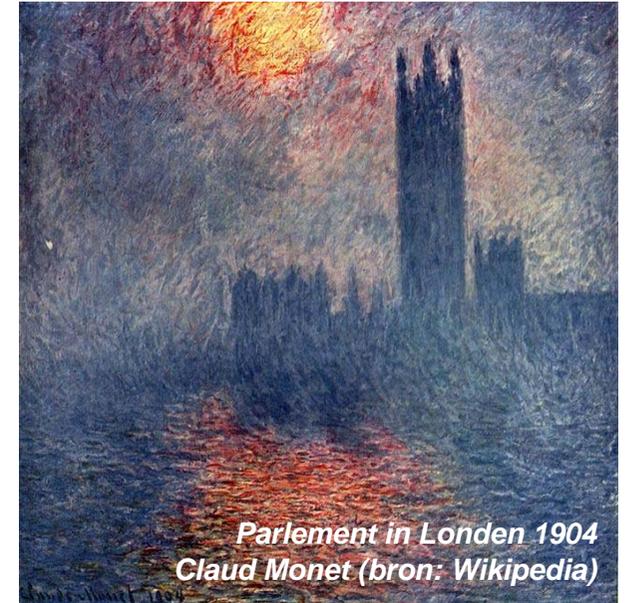


Aerosolen en luchtkwaliteit

Aerosolen en smog

- vormen een gezondheidsrisico voor mens en dier; longziekten, hart- en vaatziekten
- brengen schade toe aan planten; effecten als gevolg van veranderde stomatale uitwisseling

→ invloed op gezondheid en milieu



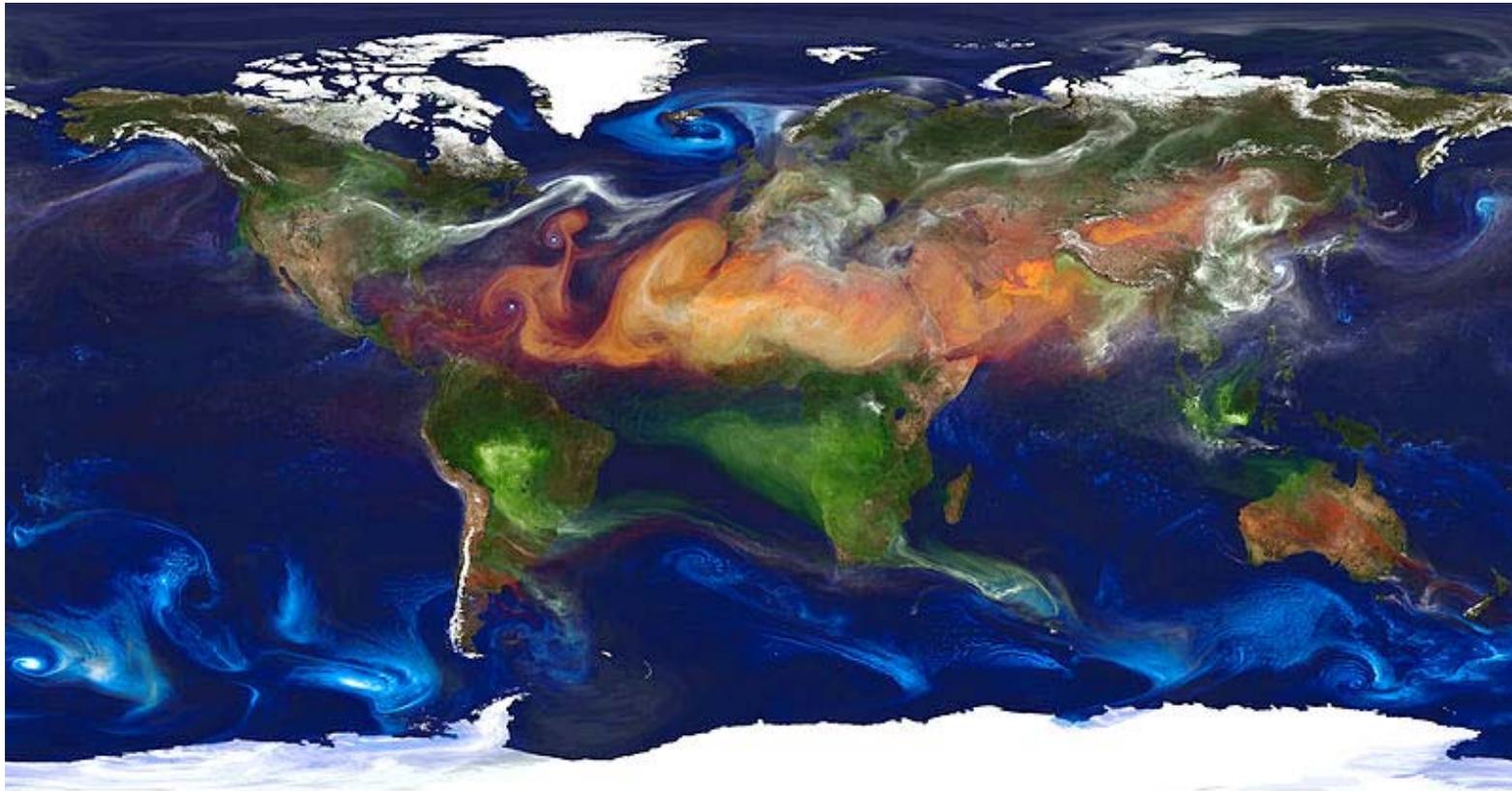
*Parlement in Londen 1904
Claude Monet (bron: Wikipedia)*



'The Big Smoke' in Londen 1952



Aerosolen over de hele wereld



Zie de film op <http://www.youtube.com/watch?v=jv0loj9hhPU> (bron: NASA)



Waarnemen van aerosolen

Aerosolen verstrooien en absorberen zonlicht

'Remote sensing' technieken maken gebruik van deze eigenschappen om aerosolen waar te nemen:

- *Aerosol optische dikte (AOD)*, een maat voor de hoeveelheid aerosolen
- *Aerosol absorptie index (AAI)*, een indicatie voor het type aerosol



Woestijnstof uit de Sahara over de Middellandse zee, zomer 2012 (bron: NASA)



Waarnemen van aerosolen

Het totaal effect van de verstrooiing- en absorptie-eigenschappen bepaalt de aerosol optische dikte (AOD):

- AOD: waarde tussen 0 en 1
- AOD → hoeveelheid aerosolen
- AOD als functie van de golflengte → type aerosol

De AOD kun je bepalen met een *zonfotometer*





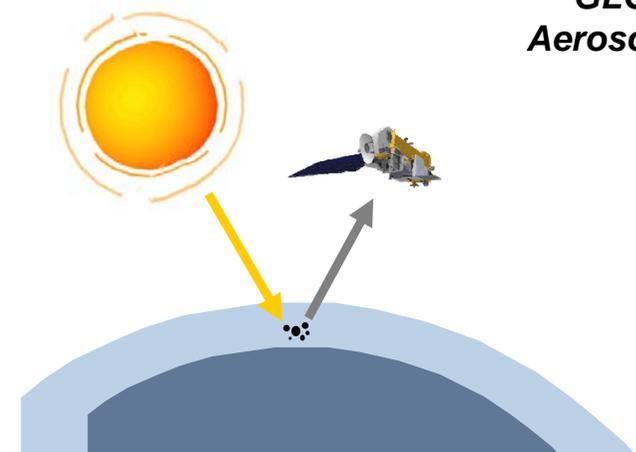
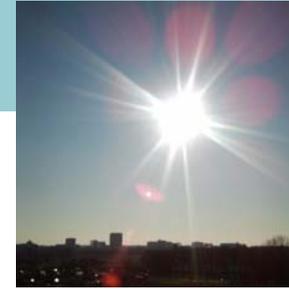
GLOBE Aerosolen op school

Leerlingen doen zelf aerosolenmetingen (AOD):

- direct zonlicht met een *zonfotometer*
- meteorologische gegevens
- afleiding AOD en feedback (door KNMI)

Inpassing voor bovenbouw VO:

- *'NLT Aerosolen en Vuile Lucht'* of *'NLT Summer in the City'*
- in de klas of als profielwerkstuk



**GLOBE
Aerosolen**



GLOBE Aerosolen metingen

Aerosolen meten door middel van metingen van het directe zonlicht

Lambert-Beer:

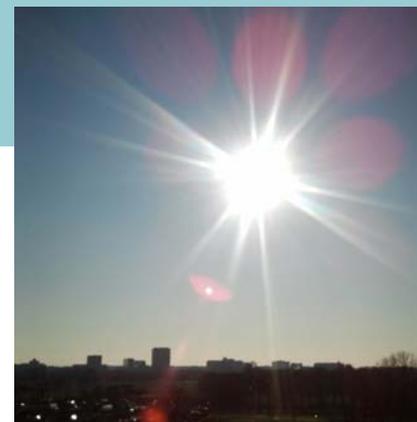
$$I(\lambda) = I_0(\lambda) e^{-\tau(\lambda)M}$$

$I(\lambda)$ ↓
intensiteit van het zonlicht aan het aardoppervlak

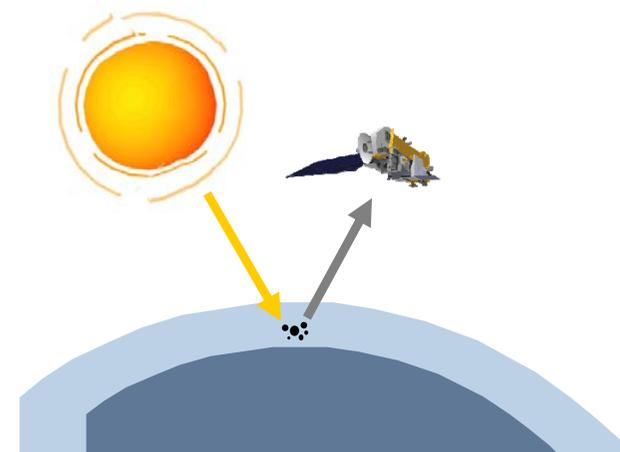
$I_0(\lambda)$ ↓
intensiteit van het zonlicht aan de top van de atmosfeer (TOA)

$-\tau(\lambda)M$ ↓
Extinctie =
optische dikte * massa
extinctie coefficient

Zwakker zonlicht: veel aerosolen, grote AOD



**GLOBE
Aerosolen**



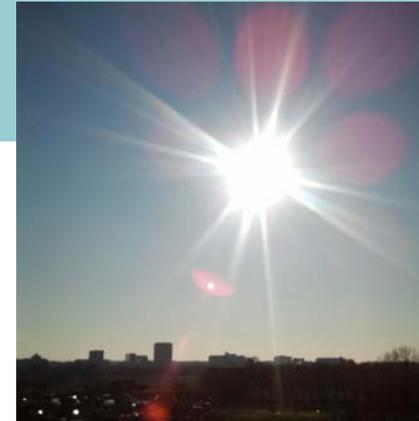


GLOBE Aerosolen metingen

Lichtintensiteit meten met een LED:

$$V = V_0 e^{-\tau(\lambda)M}$$

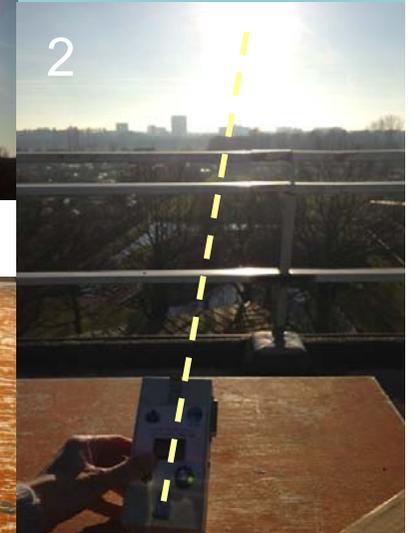
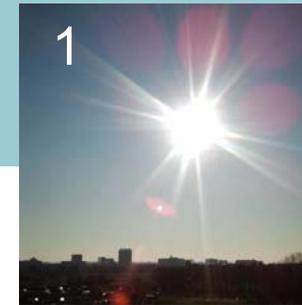
$\underbrace{V}_{\text{Gemeten voltage}} = \underbrace{V_0}_{\text{Calibratie constante}} e^{-\underbrace{\tau(\lambda)M}_{\text{Gemeten extinctie}}}$



- Massa extinctie coefficient (M): afhankelijk van meettijdstip en -locatie
- Optische dikte: $\tau(\lambda) = \tau_{\text{Rayleigh}}(\lambda) + \tau_{\text{O}_3}(\lambda) + \tau_{\text{aerosol}}(\lambda)$

Afleiding AOD: $V(\lambda) \rightarrow \underbrace{\tau(\lambda)M}_{\text{Totale extinctie}} \rightarrow \underbrace{\tau_{\text{aerosol}}(\lambda)}_{\text{AOD}(\lambda)}$

zwakker zonlicht, lage V: veel aerosolen, grote AOD



Meten met GLOBE zonfotometer

1. Eerste vereisten: heldere atmosfeer en open meetlocatie
2. Meetopstelling en uitlijning instrument
3. Meet temperatuur van zonfotometer
4. Doe een meting met het groene, vervolgens rode kanaal, herhaal dit 3x

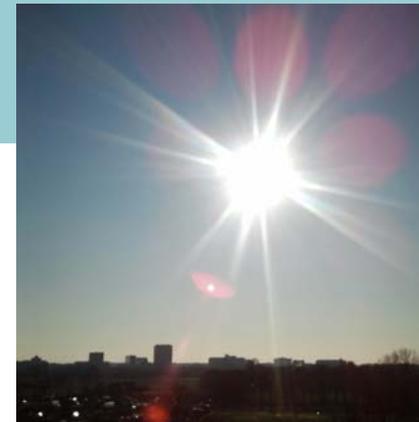
Let op: lijn voor iedere meting de zonfotometer opnieuw uit (zoek maximale voltage op)

5. Noteer alle metingen inclusief het meettijdstip op het dataformulier
6. Meet en noteer luchttemperatuur, -druk en -vochtigheid
7. Observeer en noteer atmosfeer kleur, bewolkingsinformatie en (optioneel) maak een foto



GLOBE Aerosolen online

Meetinstructies, meetcampagne informatie en meer .. ook een introductiefilm!



Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut
Ministerie van Infrastructuur en Milieu

Agenda Publicaties Research Datacentrum Vacatures

Home > [globe](#) > meetinstructies

Het GLOBE Aerosolen Project Meetcampagne

Meetinstructies
GLOBE aerosolen metingen, mits je het meetprotocol uit de aerosolen module van GLOBE Nederland volgt, zijn altijd welkom!
Dat voorop gezegd:

De belangrijkste meetinstructies die we je vragen te volgen zijn:

- meet bij een heldere dag met weinig of geen bewolking (in geen geval wolken nabij en voor de zon);
Tip: bekijk de laatste weer- en bewolkingverwachtingen (menu rechts);
- doe 3 tot 5 opeenvolgende metingen van het directe zonlicht voor beiden het groene en het rode meetkanaal.
Belangrijk: let er hierbij op dat je de zonnemeter goed naar de zon richt, zonder dat je zelf in de zon kijkt;
- ruiter voor iedere afzonderlijke meting het maximale voltage en het tijdstip (lokale tijd en liefst ook in de wereldwijde afgesproken UTC tijdstipen) waarop je gemeten hebt.
Tip: klik [hier](#) voor het omrekenen van de lokale Nederlandse tijd naar UTC;

Notes verder nog voor iedere set van 3 tot 5 metingen:

- meteorologische informatie (temperatuur, helderheid lucht, bewolking)
- bijzondere extra informatie die je nog mee kan geven, waarvan je denkt dat het belangrijk is voor de meting.

GLOBE Ae

- > Home
- > Meetcamp
- > Meetinstru
- > Verwachting
- > Meetresult
- > FAQ
- > Partners

GLOBE bij

- > Home
- > GLOBE Ae
- > GLOBE We
- > Agenda
- > Nieuws
- > Contact

Achtergron

- > Factsheet: klimaatver
- > Kenniscenr aerosolen
- > OMT: Bul v

Zie <http://www.knmi.nl/globe/aerosolen.html>

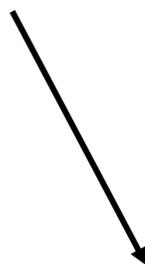
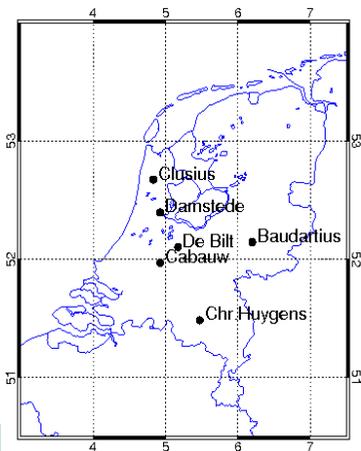


GLOBE Aerosolen op school

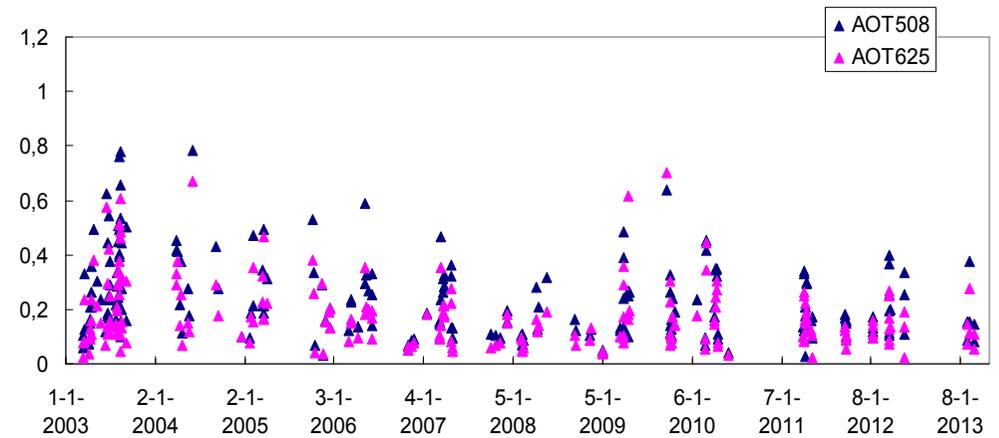
Voorbeeld: metingen van leerlingen

2003-2013

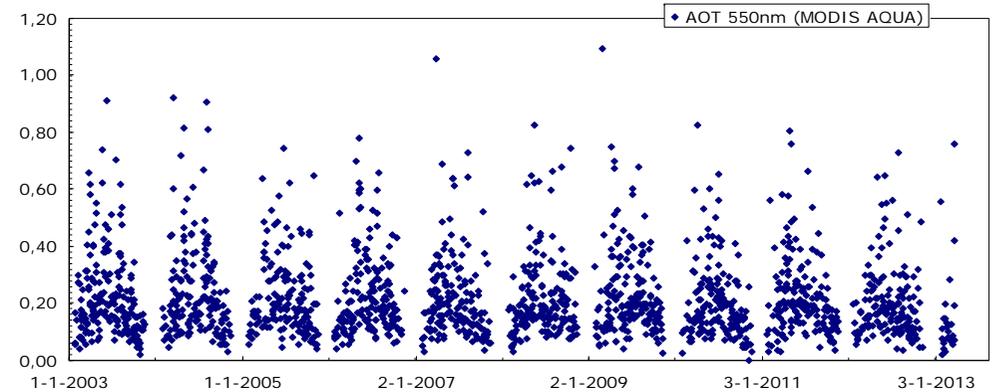
- Damstede (Amsterdam)
- MODIS AOT_{550nm}



AOT Damstede



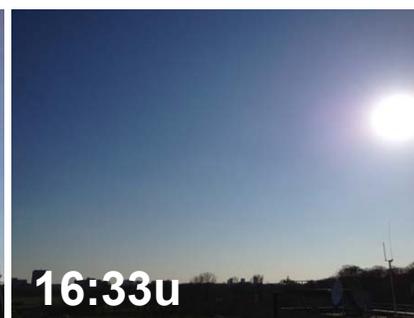
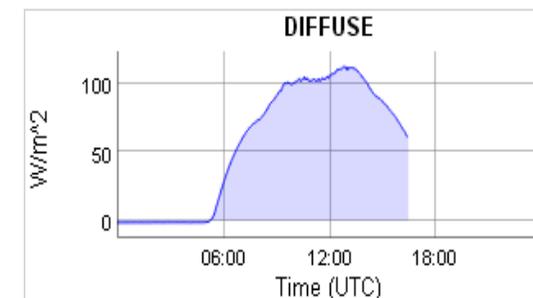
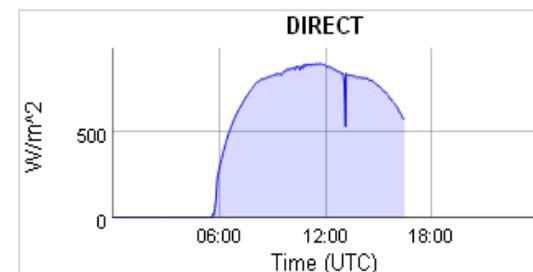
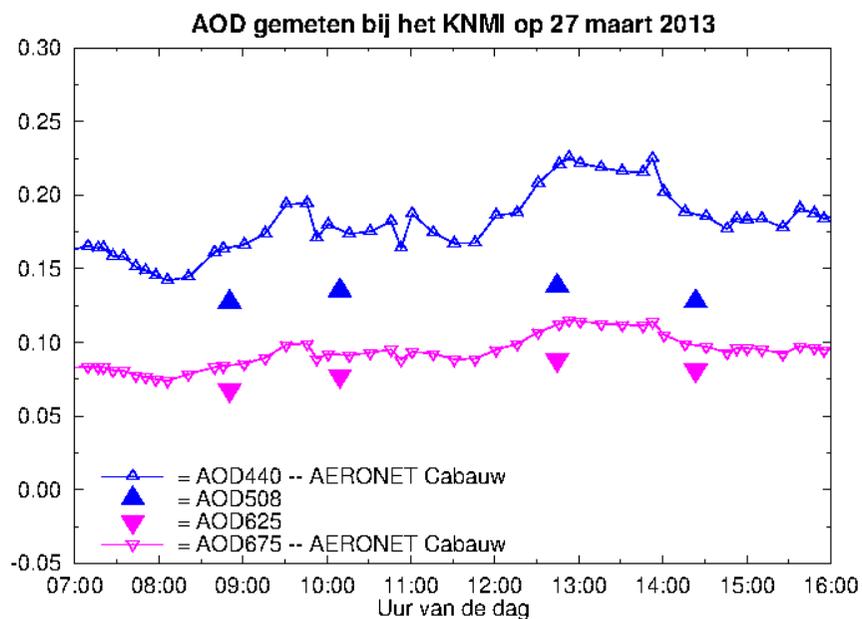
AOT MODIS AQUA
location Amsterdam/Heerugowaard





GLOBE Aerosolen op KNMI

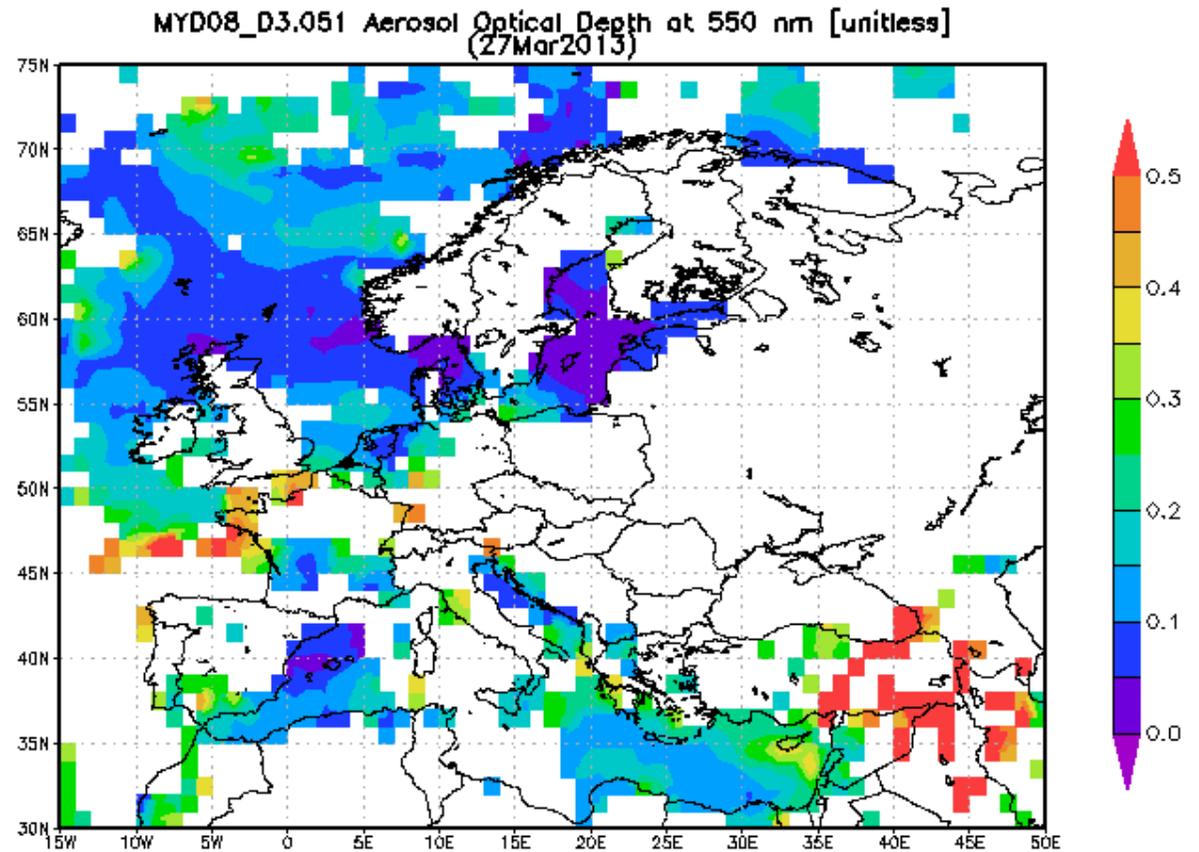
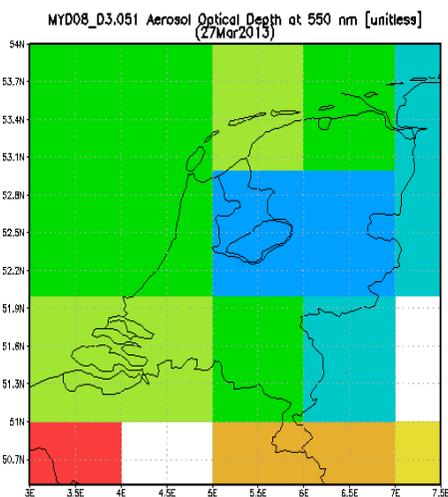
27 maart
2013





GLOBE Aerosolen op KNMI

MODIS Aqua
over Europa
en Nederland
27 maart 2013





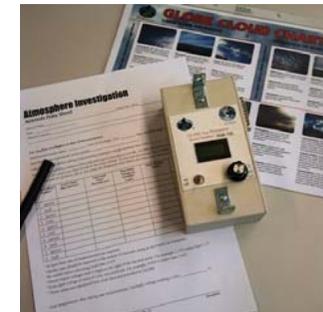
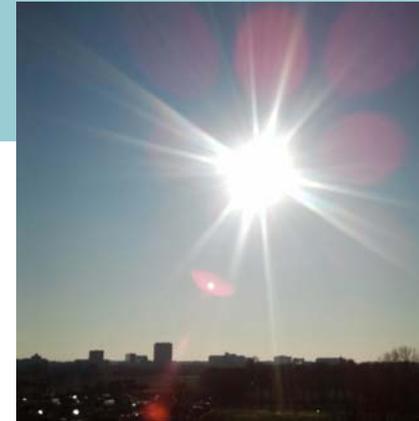
GLOBE Aerosolen

GLOBE AOD metingen geven informatie voor een specifieke locatie, tijdstip

→ waardevolle informatie voor *validatie* van satellietwaarnemingen

GLOBE AOD metingen dragen bij aan meer inzicht in *rol van aerosolen in klimaatverandering en luchtkwaliteit*

Meest belangrijk: *leerlingen leren over aerosolen, klimaatverandering, en het doen van onderzoek*



**GLOBE
Aerosolen**





GLOBE Aerosolen

GLOBE AOD metingen leveren een bijdrage aan de interpretatie van MODIS AOD voor locatie Den Haag

Wetenschappelijke publicatie!

Referentie:

Boersma, K.F., and J.P. de Vroom (2006), *Validation of MODIS aerosol observations over the Netherlands with GLOBE student observations*, J. Geophys. Res., 111, D20311, doi:10.1029/2006JD007172

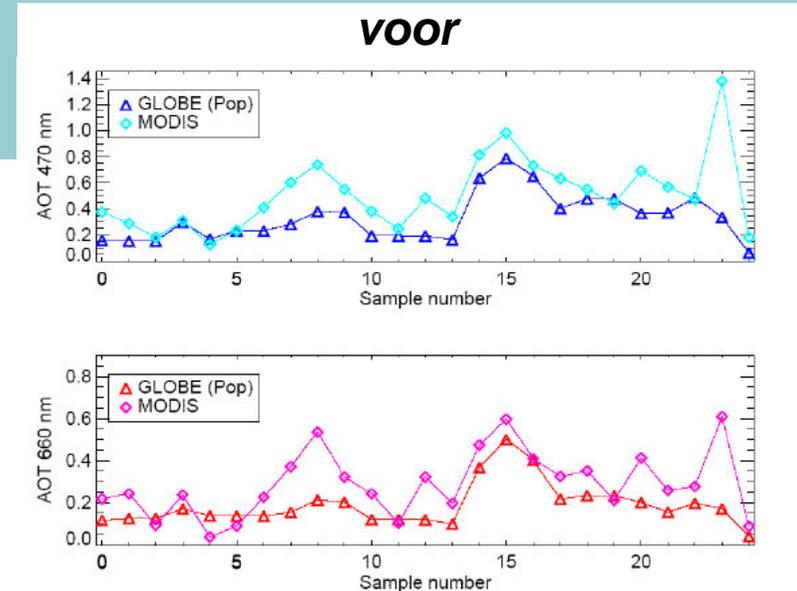


Figure 6.6. Populier (The Hague)

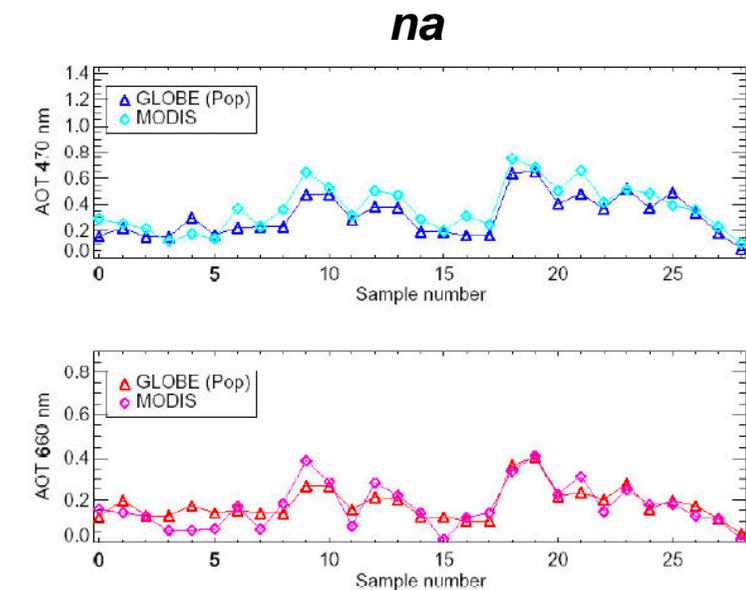


Figure 6.14. GLOBE The Hague comparison with neighboring (East) MODIS pixel

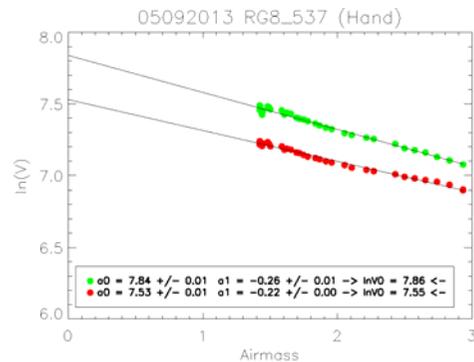


Huidige ontwikkelingen

5 september 2013:
calibratiemetingen
GLOBE zonfotometers



Calibratiemetingen op Cabauw (BSRN meetsite)



Eerste resultaat: handheld meetmethode even nauwkeurig als methode met bevestiging op zonnevolger



Nieuwe ontwikkelingen: iSPEX en citizen science

8 juli en 5 september 2013:
Nationale iSPEX
meetdagen



*Impressie
1^e landelijke
iSPEX
meetdag*

GLOBE zonfotometer versus iSPEX?
... educatie versus citizen science?



GLOBE Aerosolen agenda

GLOBE Aerosolen meetcampagnes in Nederland en heel Europa in 2014:

- voorjaarsmeetcampagne
9 maart – 9 mei 2014
- najaarsmeetcampagne
medio september – medio oktober 2014



Meer info: www.knmi.nl/globe/aerosolen.html





Vragen?

Nederland en Groot-Brittanie vanuit Internationaal Ruimtestation ISS op 3 mei 2011 (foto: [NASA/Astronaut Ron Garan](#))



Koninklijk Nederlands
Meteorologisch Instituut
Ministerie van Infrastructuur en Milieu

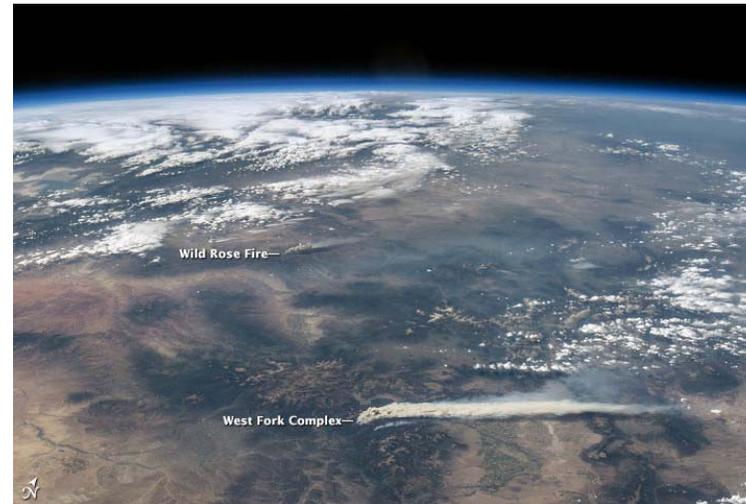
Opdracht satellietdata visualiseren





Canadese bosbrandrook boven Europa

Voorbeeld: eind juni dit jaar bereiken rookwolken van bosbranden in Canada Europa



Rookpluimen vanuit de ISS op 17 juni 2013 (bron: NASA)

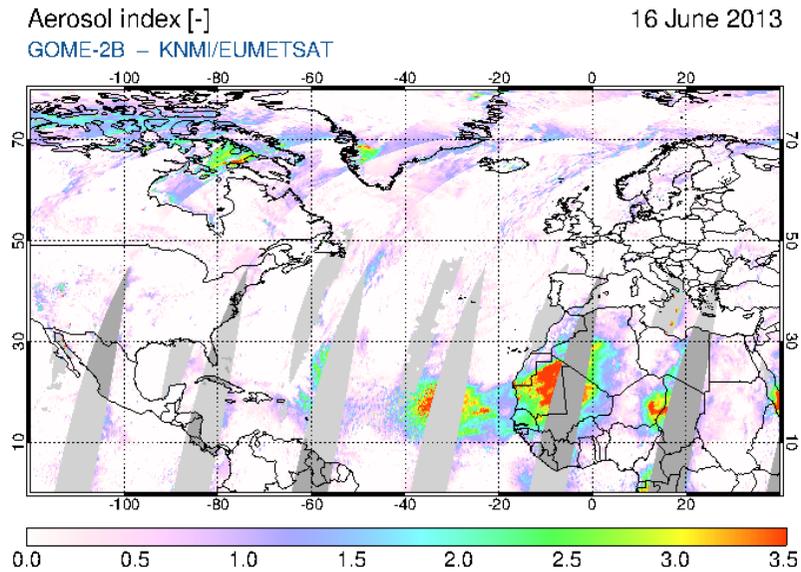
MODIS waarnemingen boven Europa 24-27 juni 2013 (bron: NASA)





Canadese bosbrandrook boven Europa

Voorbeeld: eind juni dit jaar bereiken rookwolken van bosbranden in Canada Europa



**Rookpluimen,
GOME-2B
16 juni tot 9 juli
2013**

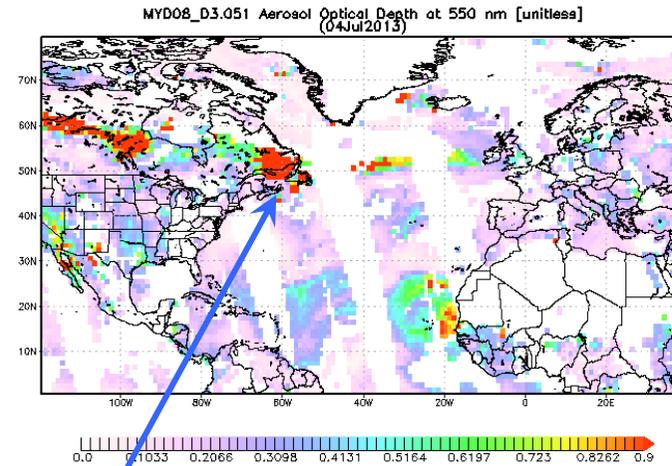
**MODIS
waarnemingen
boven Europa
24-27 juni 2013
(bron: NASA)**





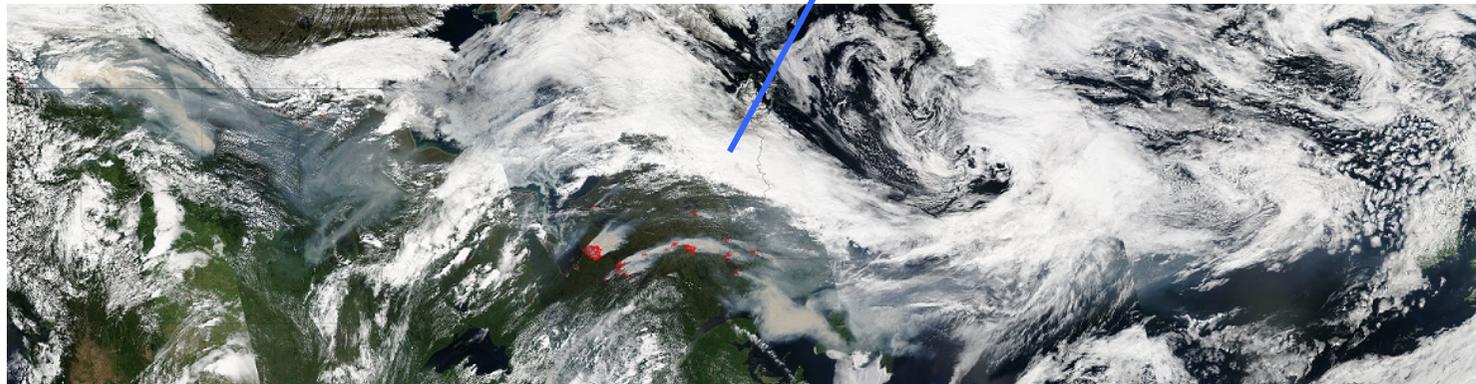
Canadese bosbrandrook boven Europa

Vele bosbranden in Canada,
ook in juli...



**Aerosolen,
MODIS Aqua
AOD
op
4 juli 2013**

**MODIS
waarneming
boven
oostkust
Canada
4 juli 2013
(bron: NASA)**





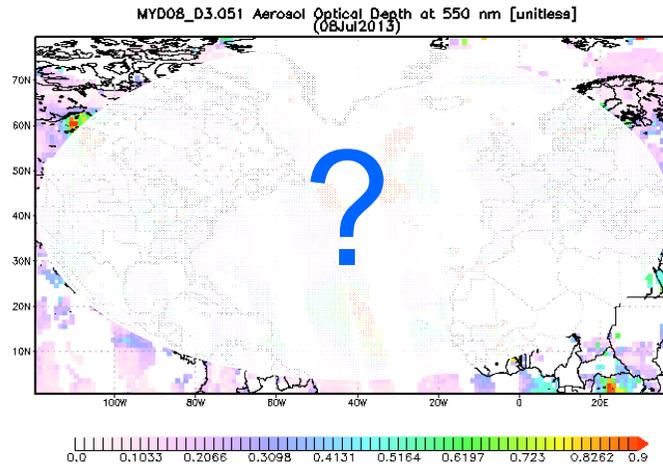
Canadese bosbrandrook boven Europa

Op 8 juli werden opnieuw rookwolken boven Europa waargenomen

Vraag:
Wat werd gezien met de MODIS Aqua satelliet?

Ontdek het zelf met NASA's online visualisatie tool Giovanni.. maak een plaatje met de MODIS AOT waarnemingen van 8 juli

Zie <http://disc.sci.gsfc.nasa.gov/giovanni>



**Aerosolen,
MODIS Aqua
AOD
op
8 juli 2013**

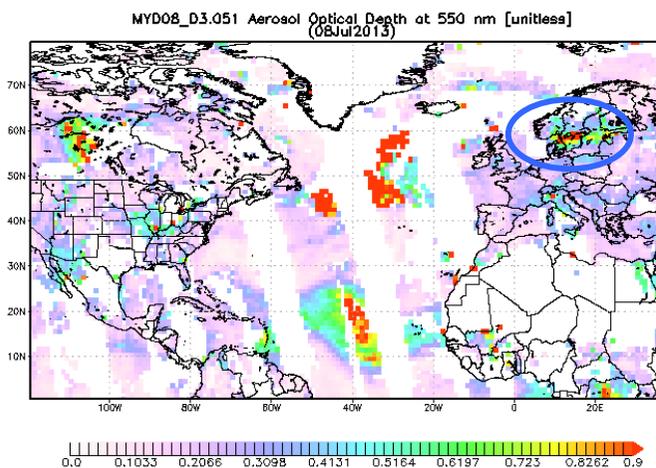


NASA Giovanni visualisation tool



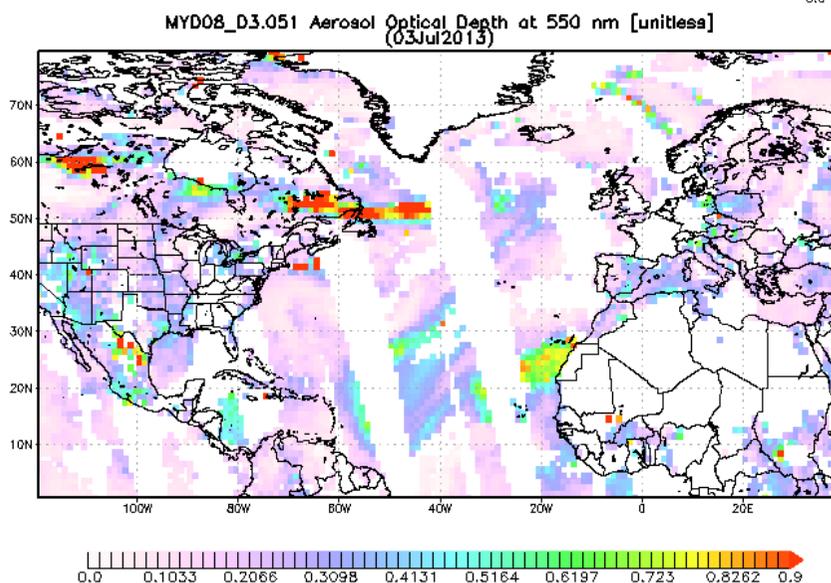
Canadese bosbrandrook boven Europa

Opnieuw een Canadese bosbrandrookpluim
boven Europa,
zichtbaar boven Scandinavië



**MODIS Aqua
AOD
op
8 juli 2013**

**MODIS Aqua
AOD
op
3-8 juli 2013**





Koninklijk Nederlands
Meteorologisch Instituut
Ministerie van Infrastructuur en Milieu

Dank voor jullie aandacht!





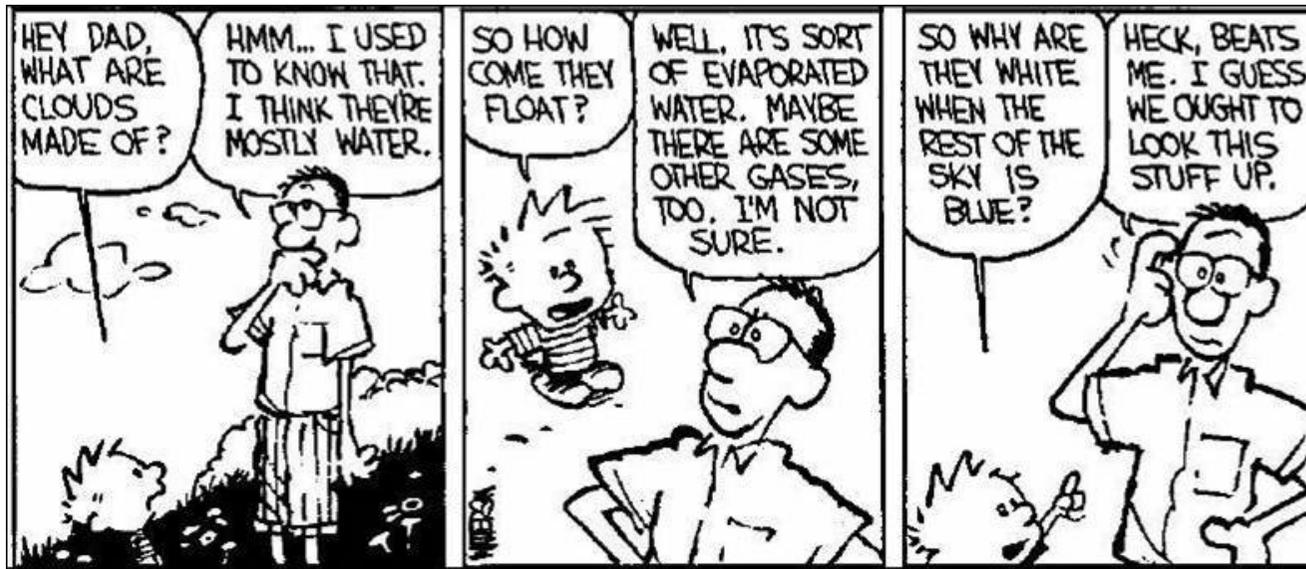
**Koninklijk Nederlands
Meteorologisch Instituut**
Ministerie van Infrastructuur en Milieu

Extra



Over zonlicht en verstrooiing ...

Waarom is de lucht blauw, zijn wolken wit, en is de zonsondergang rood?

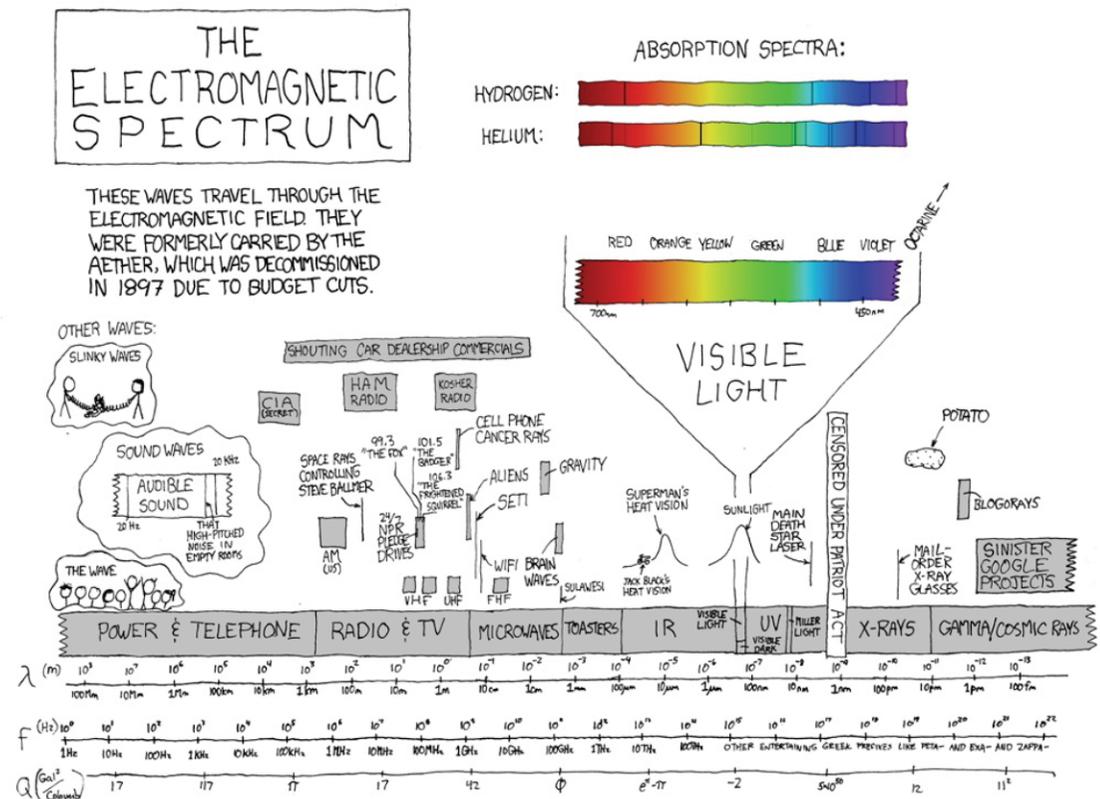


Calvin and Hobbes by Bill Watterson



Elektromagnetisch spectrum

- Alle straling op aarde komt van de zon
- Straling die door de atmosfeer gaat wordt:
 - verstrooid
 - geabsorbeerd
 - gereflecteerd
- Straling geabsorbeerd door de aarde, wordt voor een deel weer uitgezonden



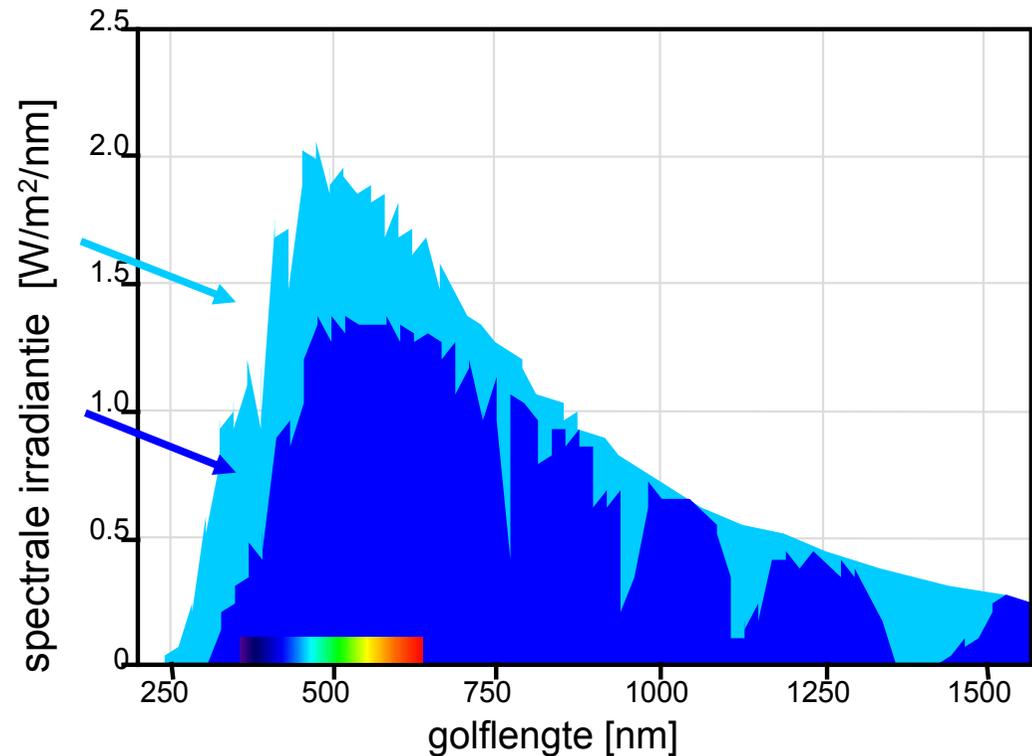
Schematische weergave van het elektromagnetisch spectrum
(bron: www.xkcd.com)



Waarneming van het spectrum

Zonnestraling als functie van de golflengte:

- Zonnestraling aan de top van de atmosfeer
- Straling aan het aardoppervlak





Verstrooiing van zonlicht aan deeltjes

(bron: Aert & Science of Scattering, NSF)

- Rayleigh verstrooiing:
hele kleine deeltjes $\ll 1\mu\text{m}$
meest sterk voor blauw licht
→ blauwe kleur
- Mie verstrooiing:
kleine deeltjes $\sim 1\mu\text{m}$
→ meestal witte kleur (afh. van
deeltjesgrootte)
- Reflectie en refractie:
deeltjes $\gg 1\mu\text{m}$
→ alle kleuren zijn mogelijk





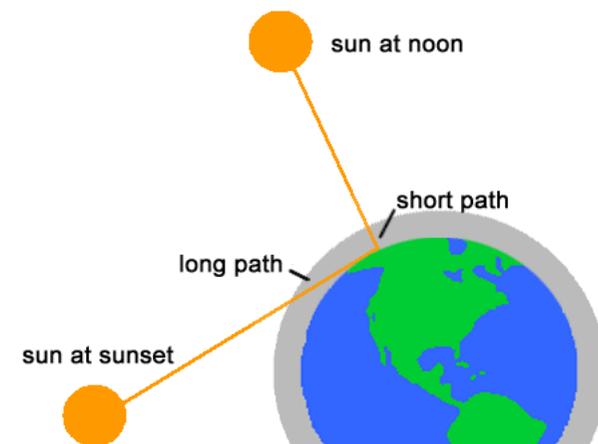
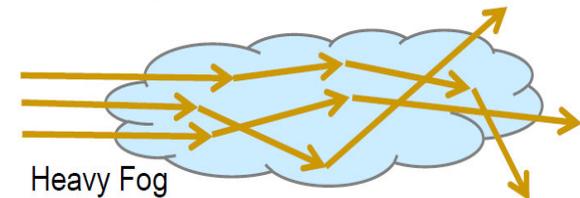
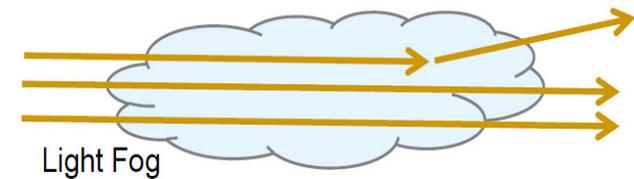
Verstrooiing van zonlicht aan aerosolen

Enkelvoudig en meervoudig

Een lichtgolf wordt vaker verstrooid naarmate:

- de deeltjesdichtheid groter is
- het een langere weg door het medium (de atmosfeer) aflegt

Hoe meer deeltjes een lichtgolf 'tegenkomt' hoe meer de verstrooiings- en absorptie-eigenschappen van het deeltje worden versterkt





Melk, de witte ...

Experiment

In dit experiment
bootsen we verstrooiing
van zonlicht aan
aerosolen in onze
atmosfeer na

