Koninklijk Nederlands
Meteorologisch Instituut
Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat

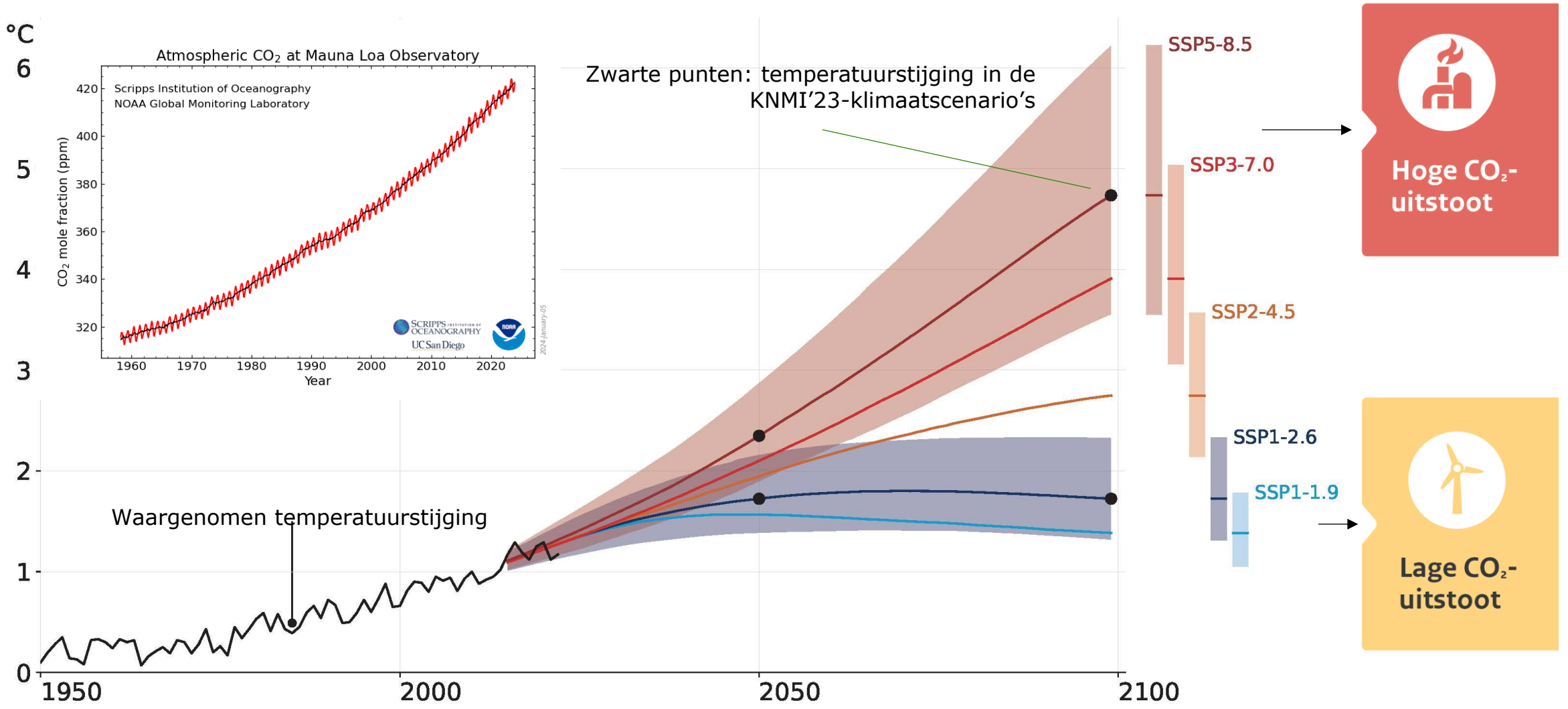
Het samenspel van wolken, aerosolen en straling: wat de EarthCARE satelliet ons leert



Gerd-Jan van Zadelhoff

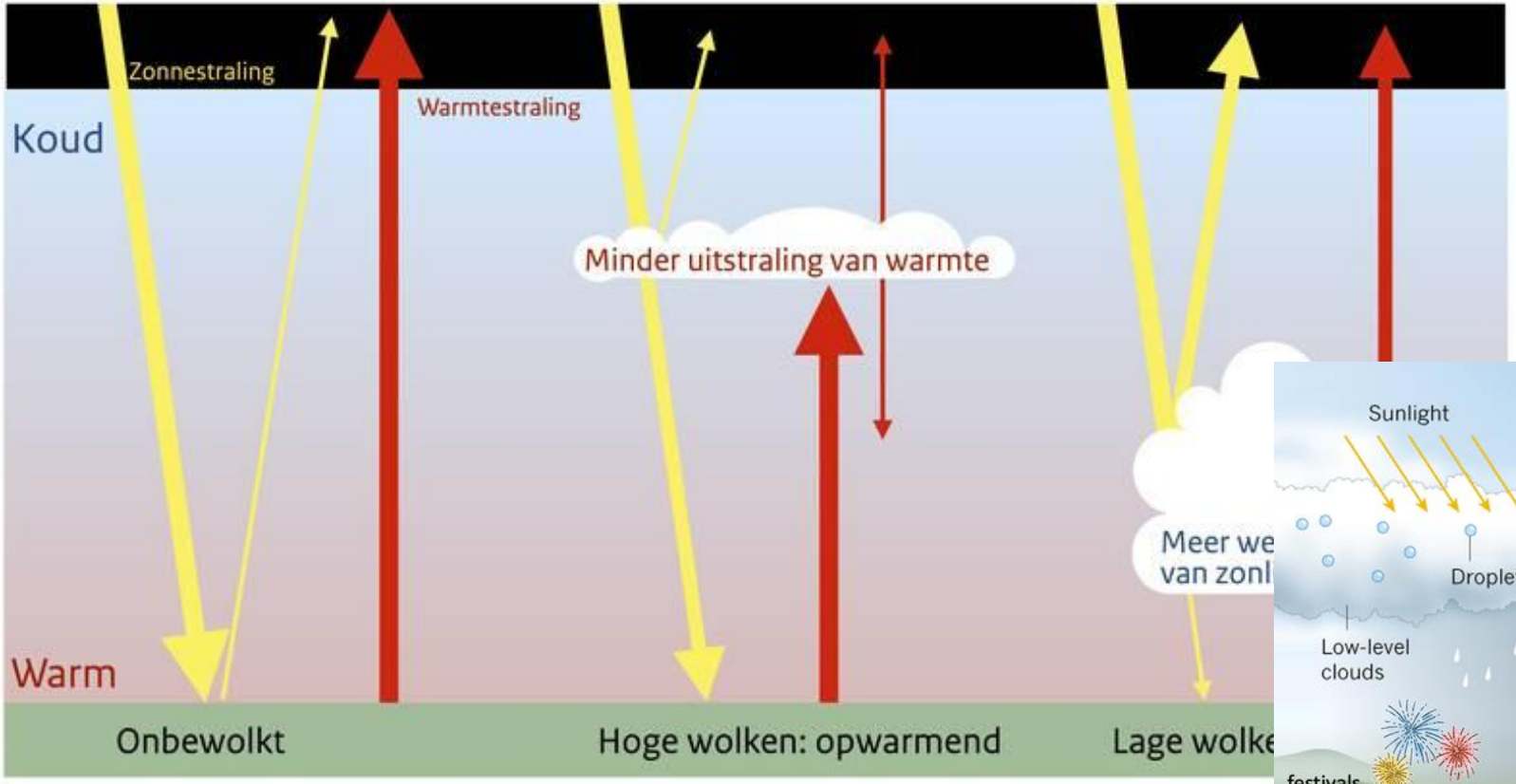
Namens een groot Europees en Canadees team van algoritmeontwikkelaars, kalibratie-/validatiespecialisten en het ESA-team.

Temperatuurstijging ten opzichte van 1850-1900



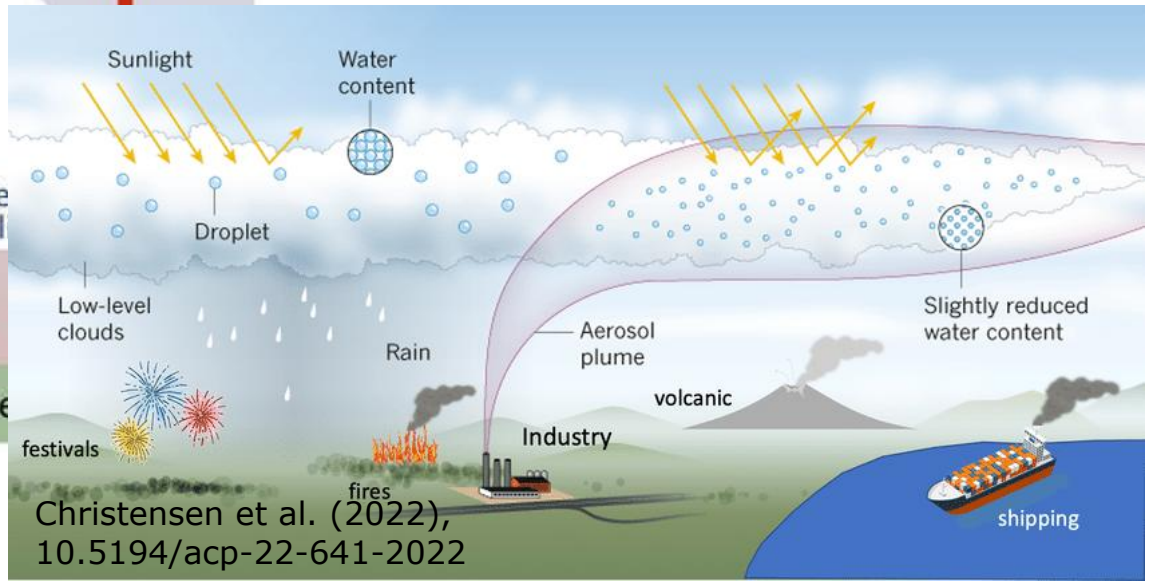
De interactie tussen fijnstof (aerosolen) en wolken en het effect daarvan op de stralingsbalans is een van de grootste bronnen van onzekerheid in klimaatmodellen

Invloed van wolken op zonnestraling en warmtestraling



B. Verheggen (KNMI)





Christensen et al. (2022), 10.5194/acp-22-641-2022

En wat verandert er aan deze wolken en het effect op straling als de hoeveelheid fijnstof verandert?

De EarthCARE Missie (mei 2024):

Het begrip verbeteren van de interacties tussen wolken, fijnstof en (zonne/warmte)-straling om klimaat- en weer-modellen te verbeteren.

Wat is hiervoor nodig:

- Meten van verticale profielen van

    1. Fijnstof
    2. IJswolken
    3. Vloeibaarwaterwolken
    4. Regen& sneeuw

en hun stralingseigenschappen

- Meten van Wolkenverdeling, overlap en neerslag.
- Meten van gereflecteerde zonnestraling en uitgezonden thermische straling aan de top van de atmosfeer (TOA)



Gebruik van lidars in het dagelijks leven

1. **Cloud Profiling Radar (CPR) – JAXA (2,3,4)**
2. **Atmospheric Lidar (ATLID) (1,2,~3)**
3. **Multi-Spectral Imager (MSI) (1,2,3,4)**
4. **Broad-Band Radiometer (BBR) (1,2,3,4)**

EarthCARE NRT radiative closure

Jonathan Flunger, Alex Hoffmann
and the ESA visualization team

3. 1D & 3D radiative transfer (ACM-RT, ACM-RAD)



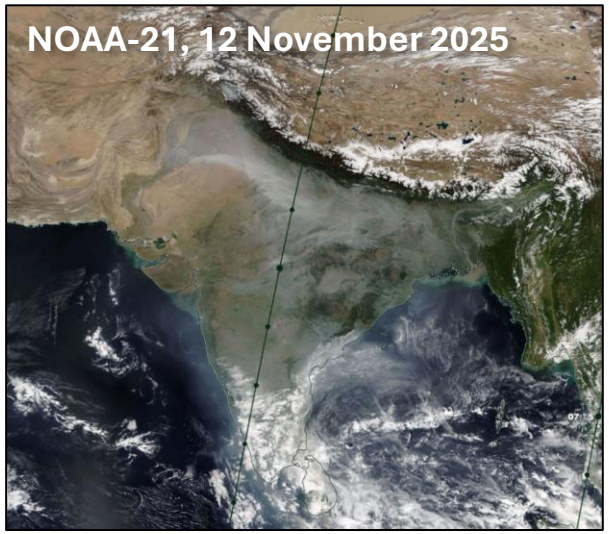
4. Compare to BBR measurements (BMA-FLX): computed, observed

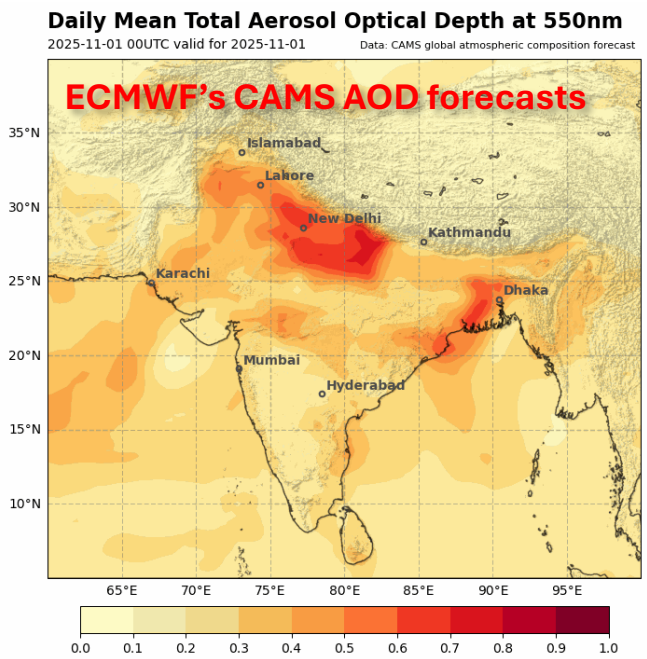
2. Off-track 3D construction (ACM-3D)

1. Retrieve cloud properties from synergy of radar, lidar & imager (ACM-CAP, ACM-CLP)

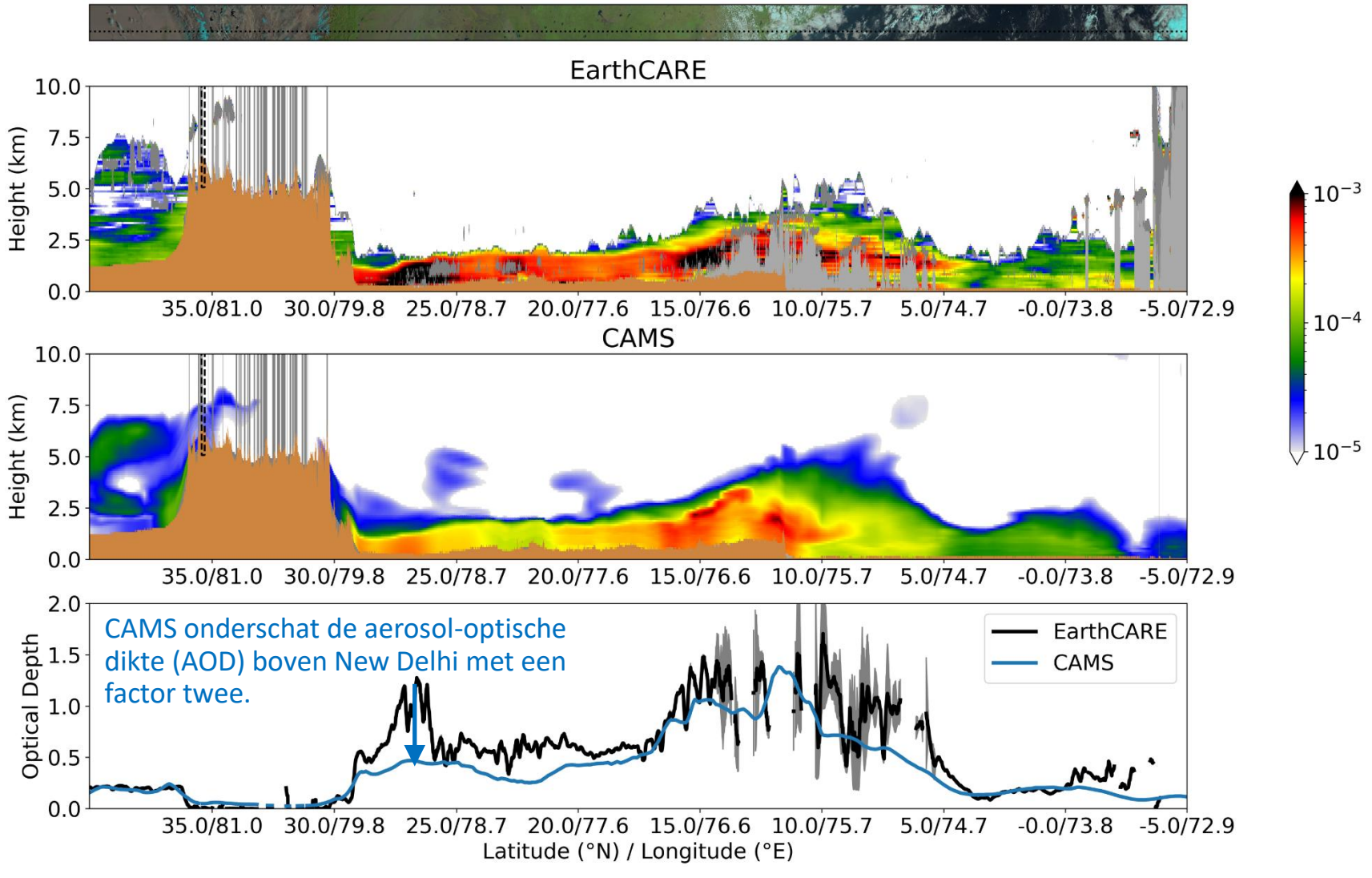
ATLID is a gamechanger for testing aerosols in models!

Peter Hill (ECMWF)





Evaluatie van aerosolmodellen voor luchtkwaliteitsverwachtingen (PM10) aan de hand van aerosol-extinctieprofielen, gemeten door EarthCARE.

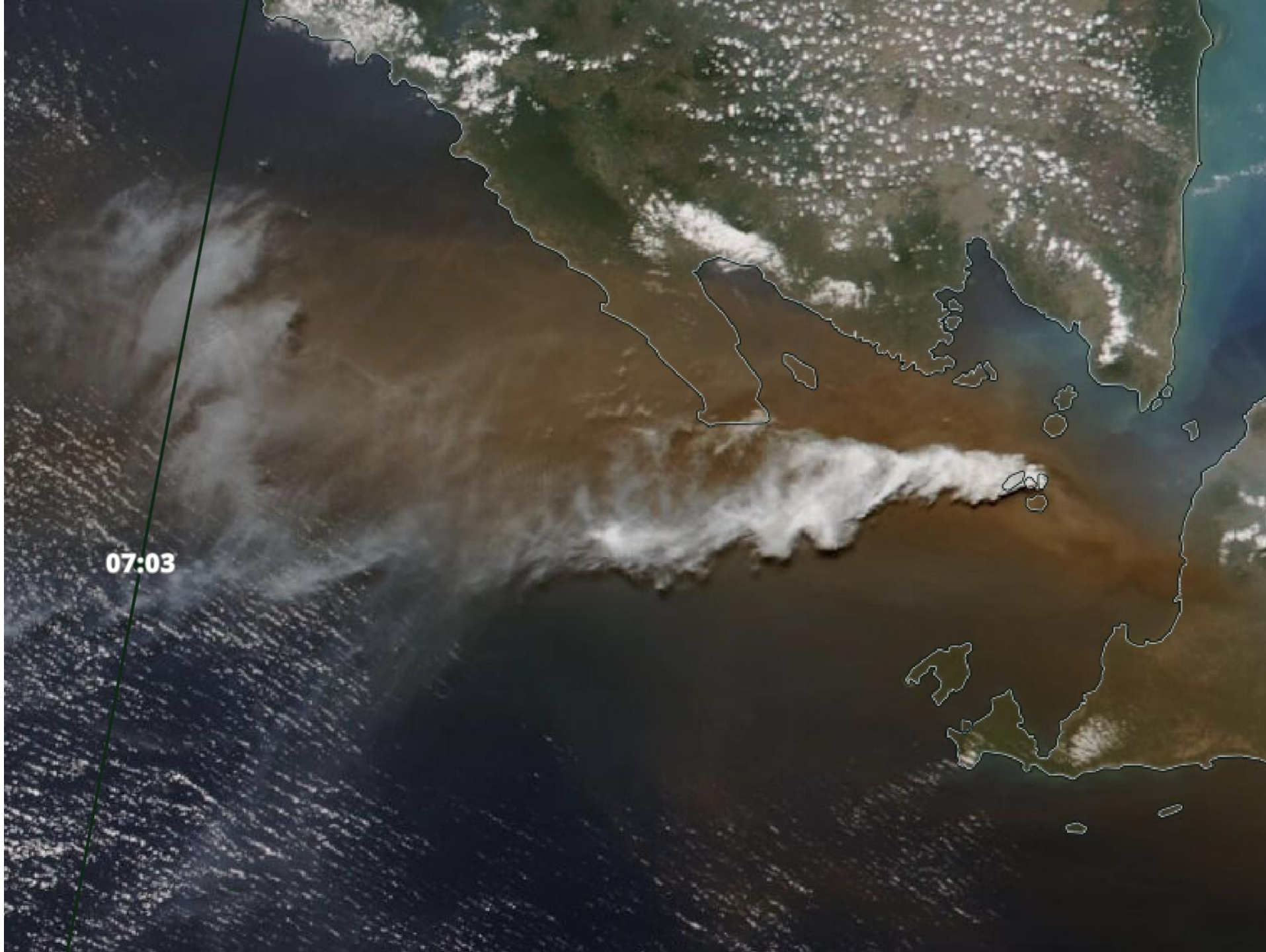


Anak Krakatau

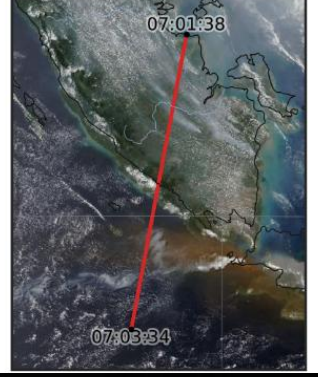
Friday 5
September 2026

Eumetsat Truecolor:

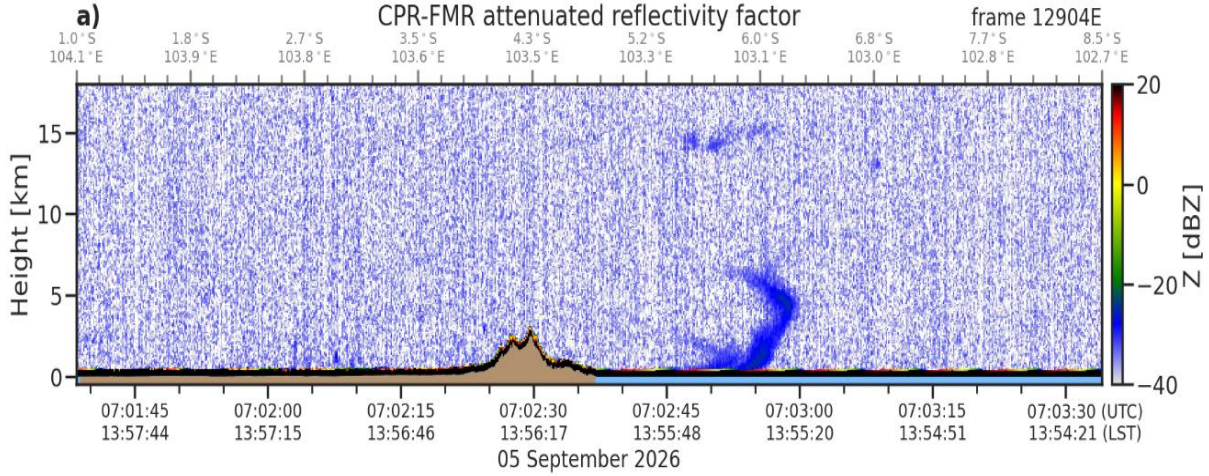
- **Pure ash**
- **Sulfate + ice**

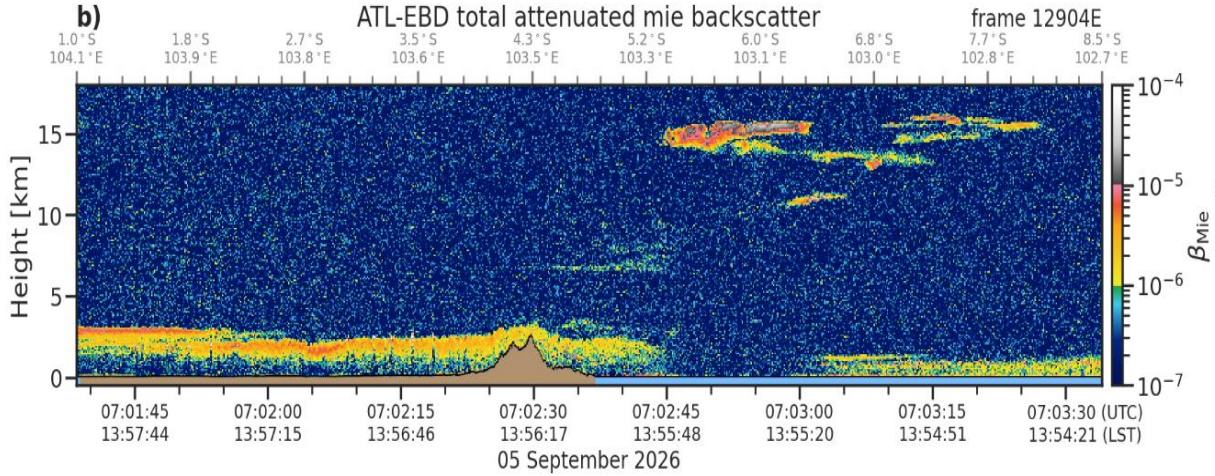


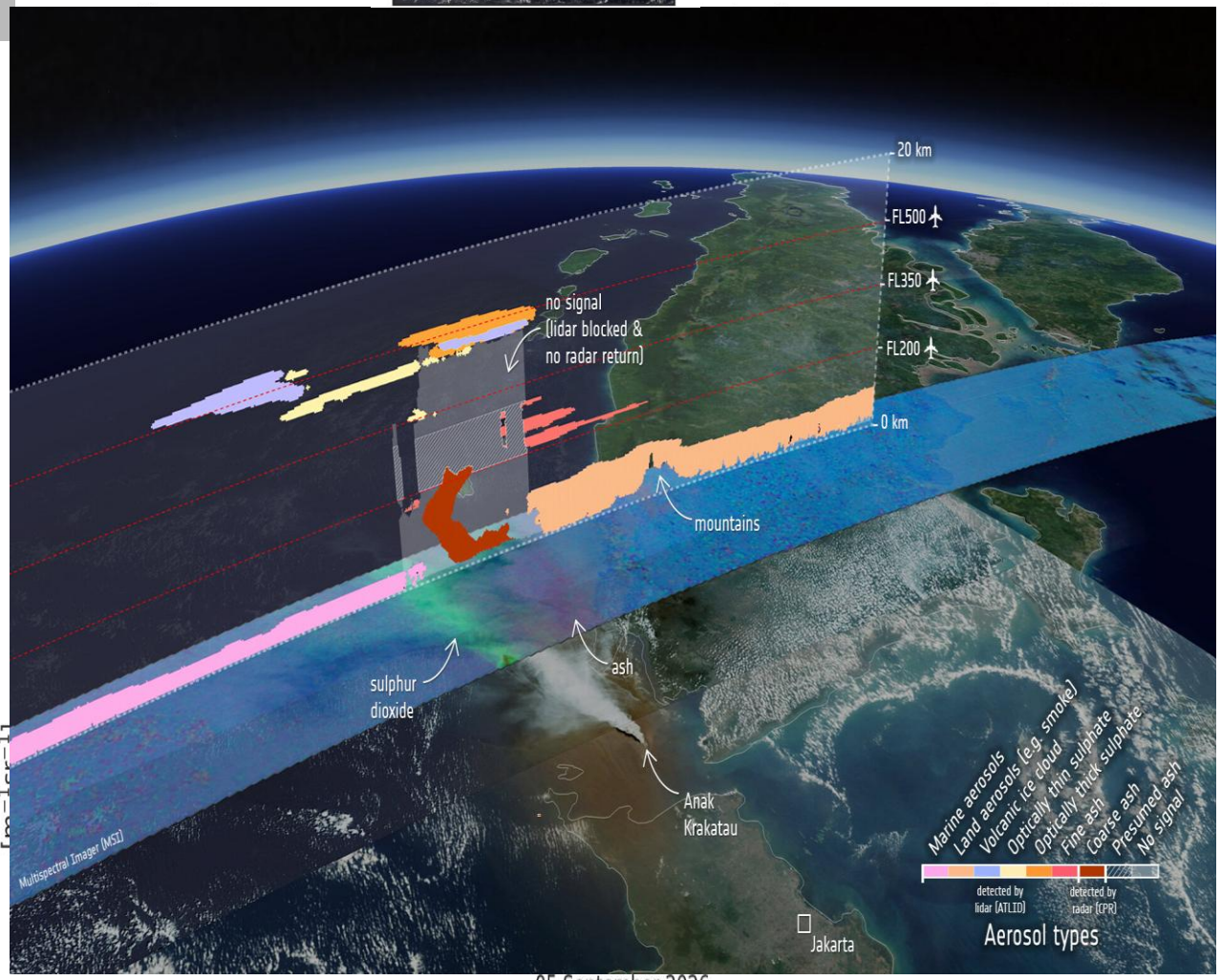
Detectie van vulkanische as- en sulfaatwolken.



De Darwin VAAC gebruikte ATLID-satellietgegevens voor het opstellen van vliegtuig waarschuwingen. Met de CPR werd voor het eerst de aanwezigheid van grotere asdeeltjes waargenomen die uit de vulkanische aswolk neerdalen.







Bosbranden teisterden Ontario, Canada, in juli 2026.

Jason Cole (ECCC)

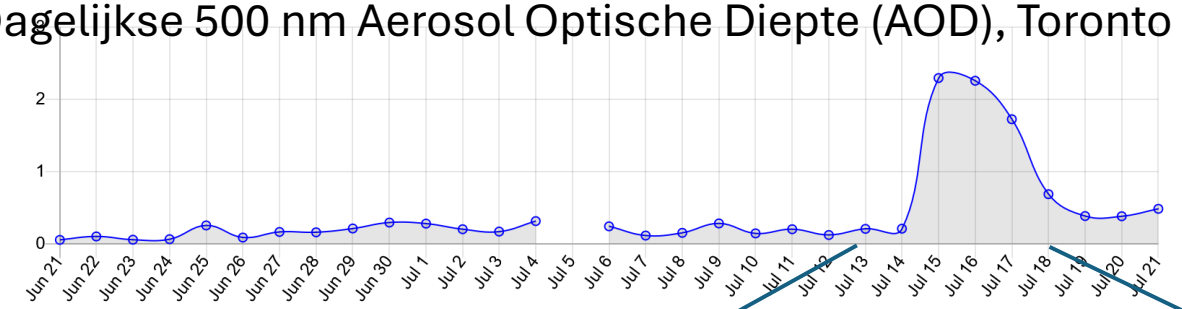
Toronto, 15 juli 2026



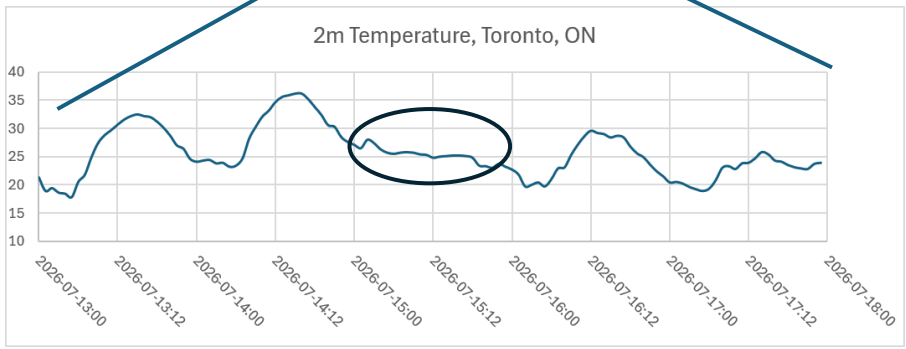
Chicago, 16 juli 2026

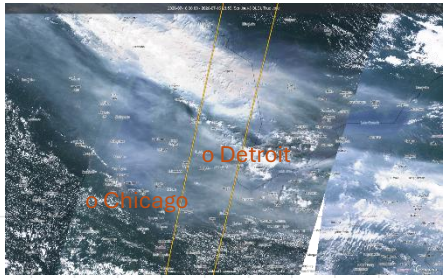


Dagelijkse 500 nm Aerosol Optische Diepte (AOD), Toronto (AERONET)

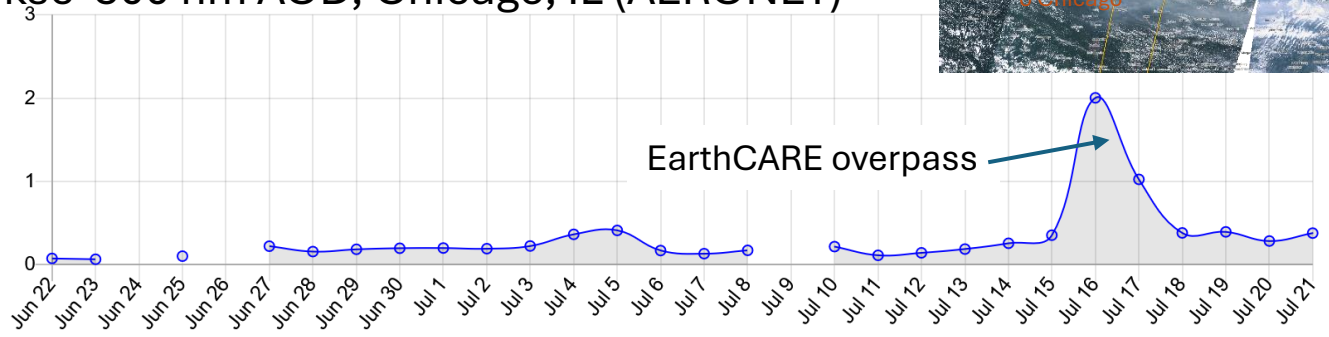


Voor 15 juli werd een maximumtemperatuur van 33 °C voorspeld, maar de rookpluim trok over de regio.



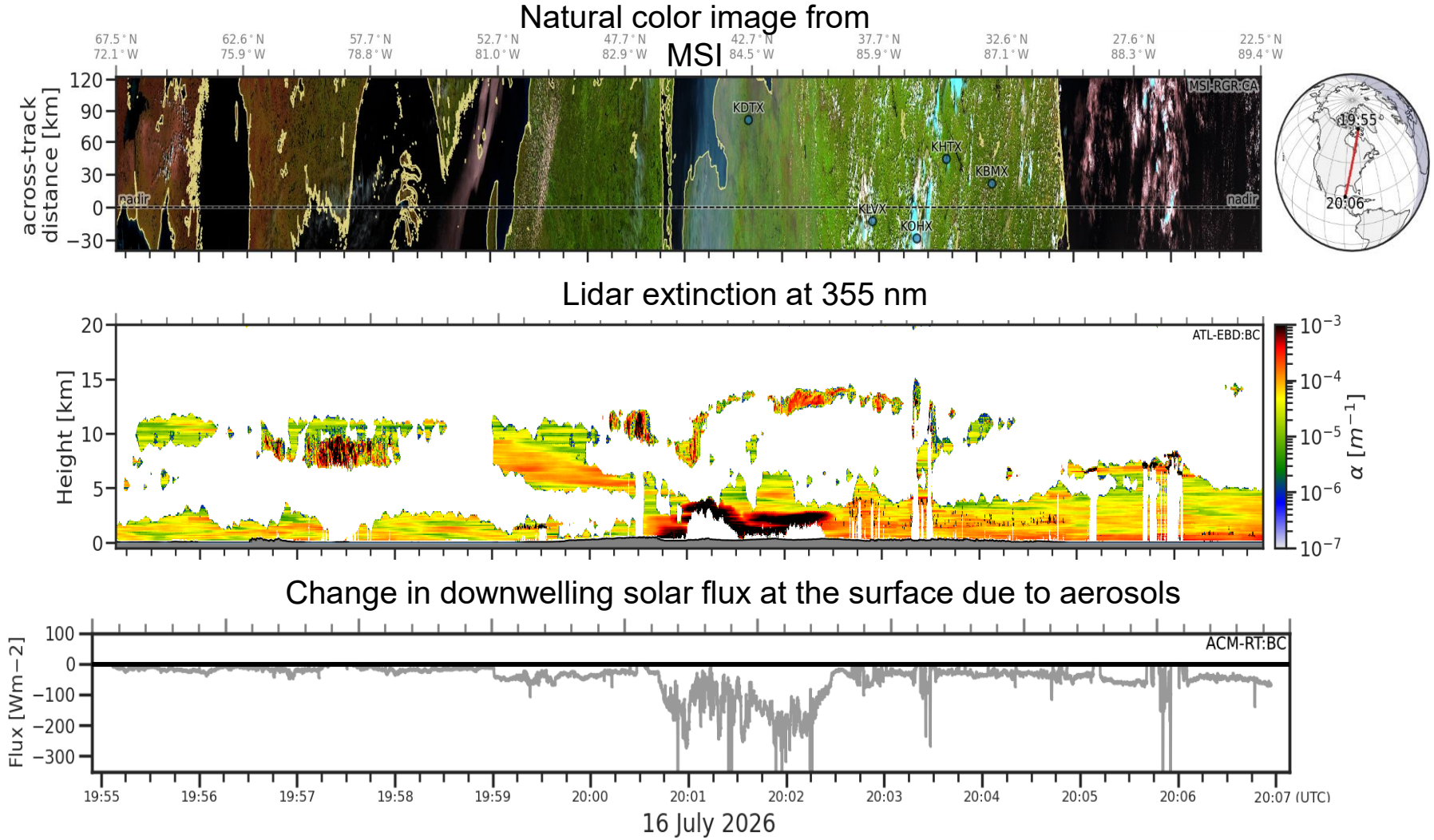


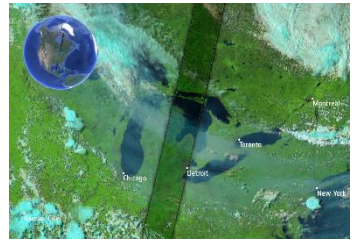
Dagelijkse 500 nm AOD, Chicago, IL (AERONET)



Hoe rook van natuurbranden het zonlicht verduistert

Jason Cole (ECCC)





Door de eigenschappen van wolken en aerosolen te combineren, kan worden berekend hoeveel zonnestraling het aardoppervlak bereikt.

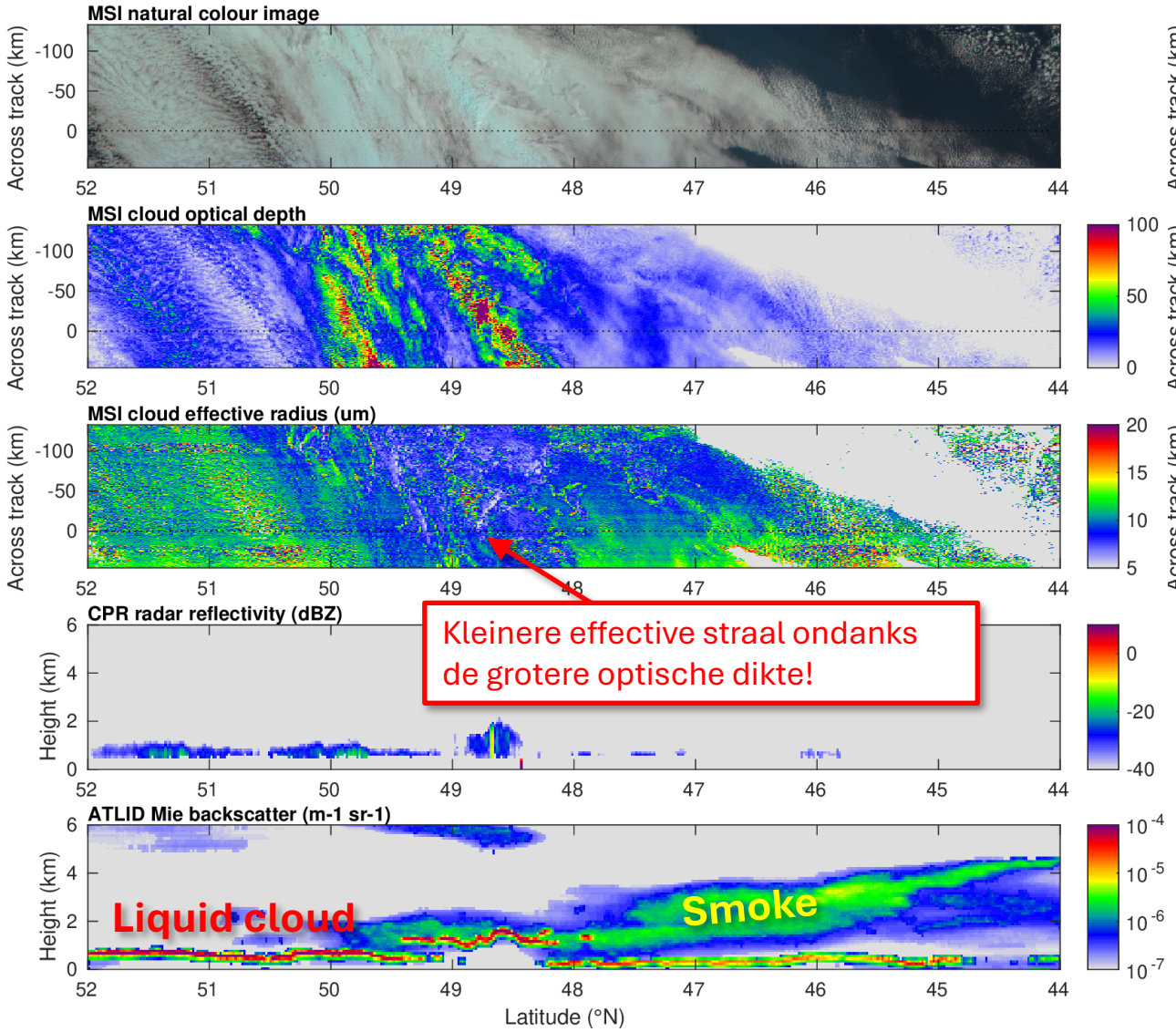
De zon stond relatief hoog, waardoor ongeveer 500 W/m^2 aan zonnestraling het aardoppervlak bereikte.

Berekeningen met en zonder aerosolen laten zien dat het effect van aerosolen op de zonnestraling buiten de rookpluim beperkt is (tot circa 20 W/m^2).

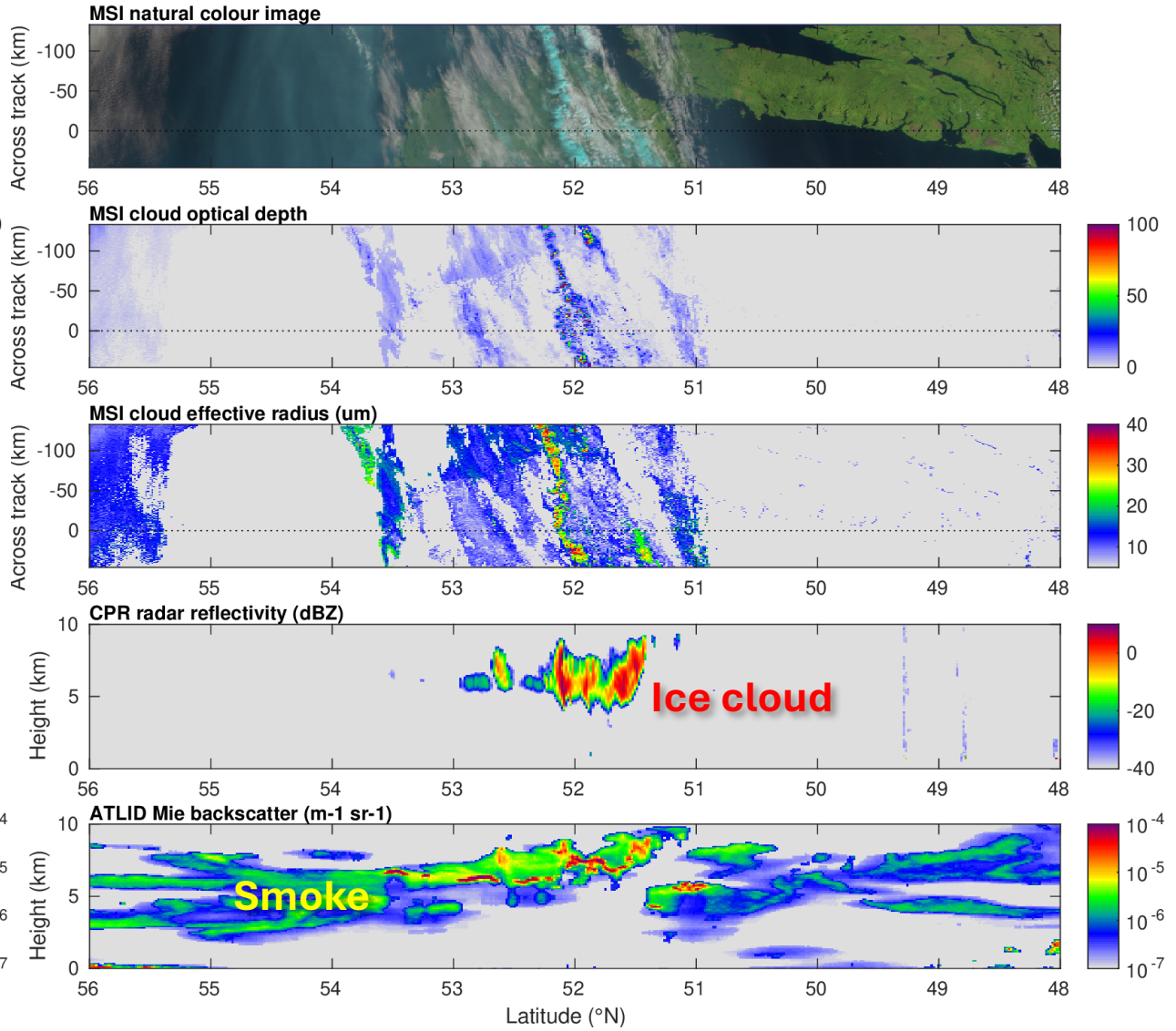
Binnen de rookpluim is dit effect veel groter en kan het verschil oplopen tot circa 200 W/m^2 → (e.g. 25 i.p.v. 33 °C)

Wat leren we van EarthCARE over interactie tussen aerosolen en wolken , e.g. Canadese rook augustus 2024

01272D: Clear impact of smoke on liquid clouds!



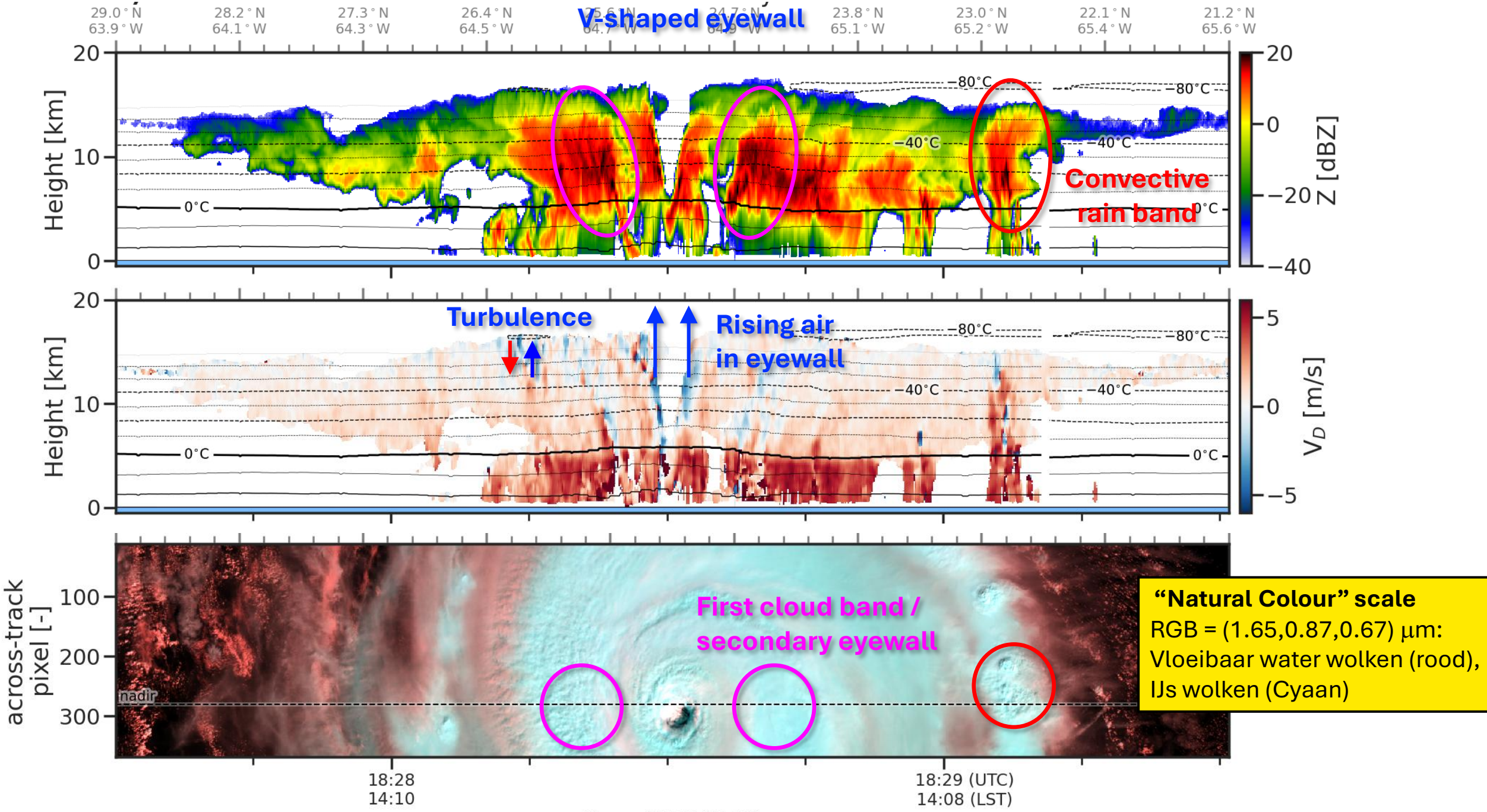
01226D: Is there an impact on ice clouds?





The day EarthCARE hit Hurricane Humberto

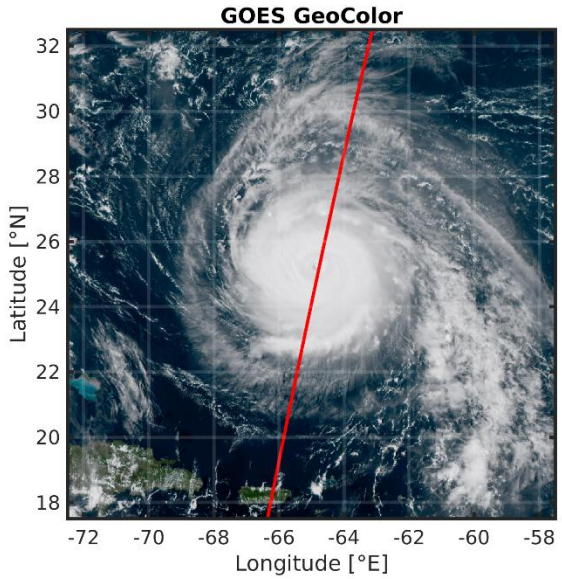
28 Sept 2025

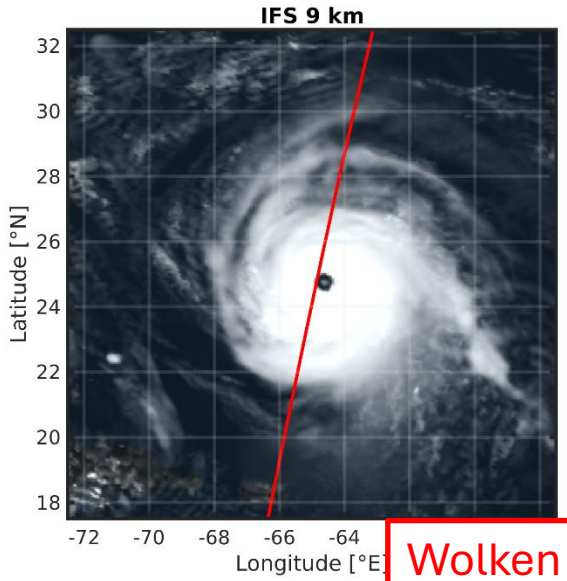


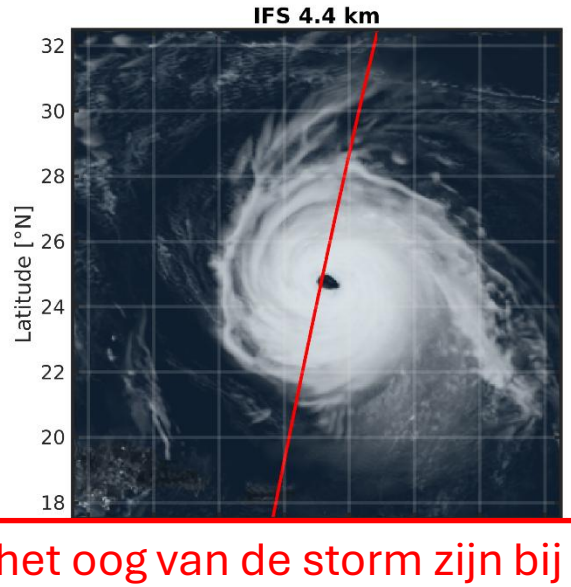
“Natural Colour” scale
RGB = (1.65,0.87,0.67) µm:
Vloeibaar water wolken (rood),
IJs wolken (Cyaan)

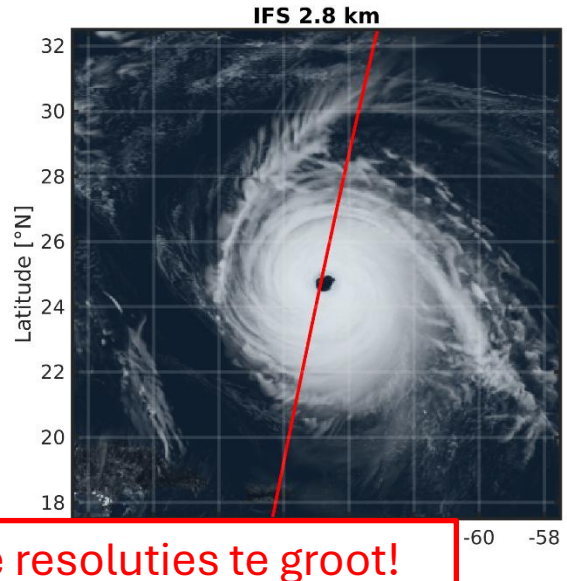
Hoe goed is het ECMWF weermodel voor de komende vijf dagen in het geval van Orkanen?

Mark Fielding
(ECMWF)

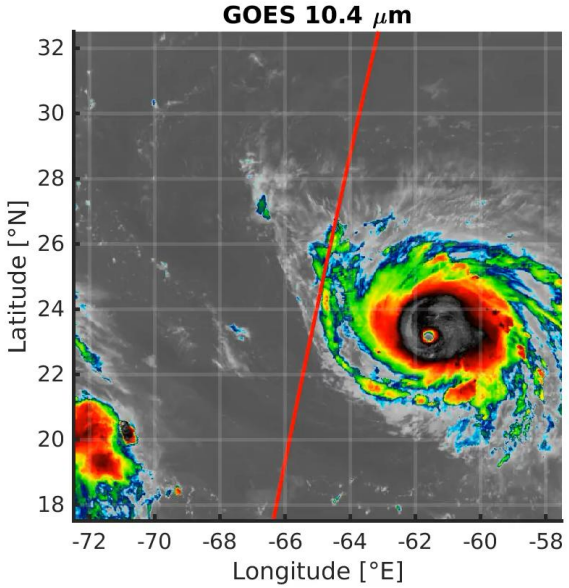


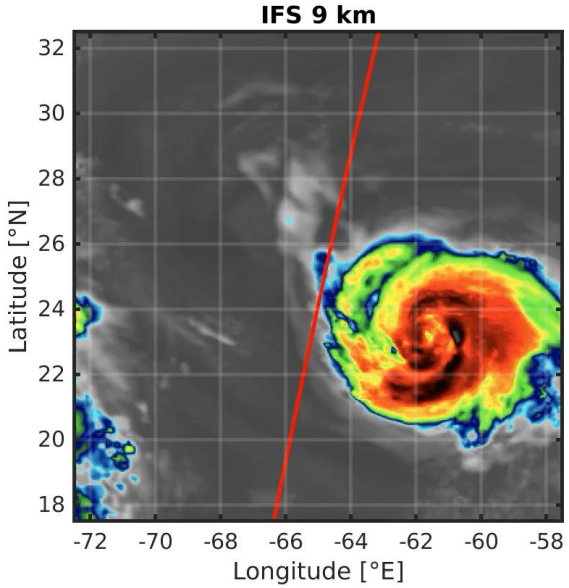


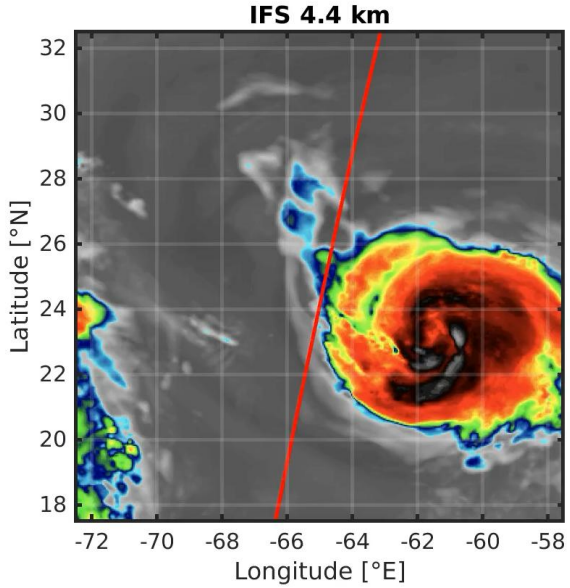


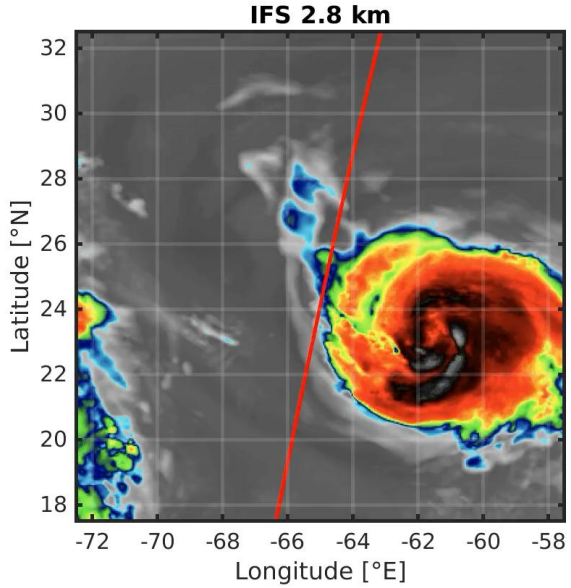


Wolken en het oog van de storm zijn bij alle resoluties te groot!







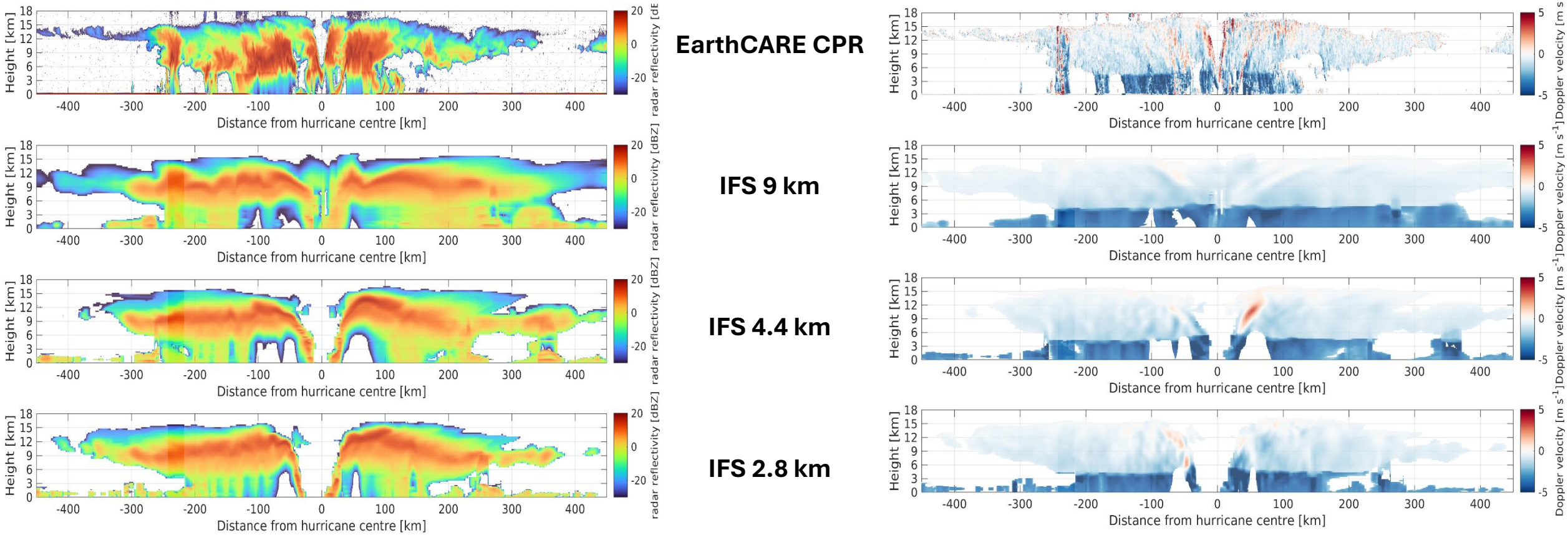


Evaluatie van het IFS-weermodel met wolkenradargegevens (CPR)

Mark Fielding (ECMWF)

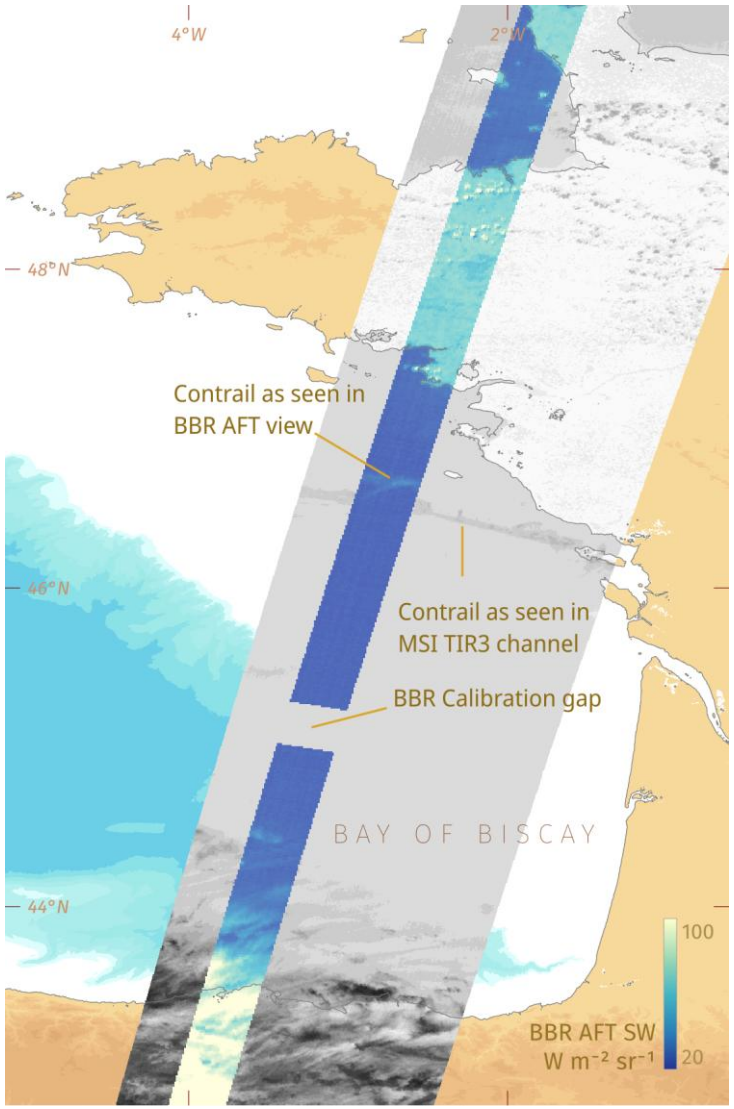
Radar reflectivity (dBZ)

Doppler velocity (m/s)



- Aanzienlijke verschillen tussen weermodellen en EarthCARE, zelfs bij deze hoge model resolutie.
- Er wordt onderzocht hoe deze waarnemingen optimaal kunnen worden benut om weermodellen te verbeteren.
- Betere orkaanvoorspellingen → Tijdiger waarschuwen en mensenlevens en bescherming infrastructuur.

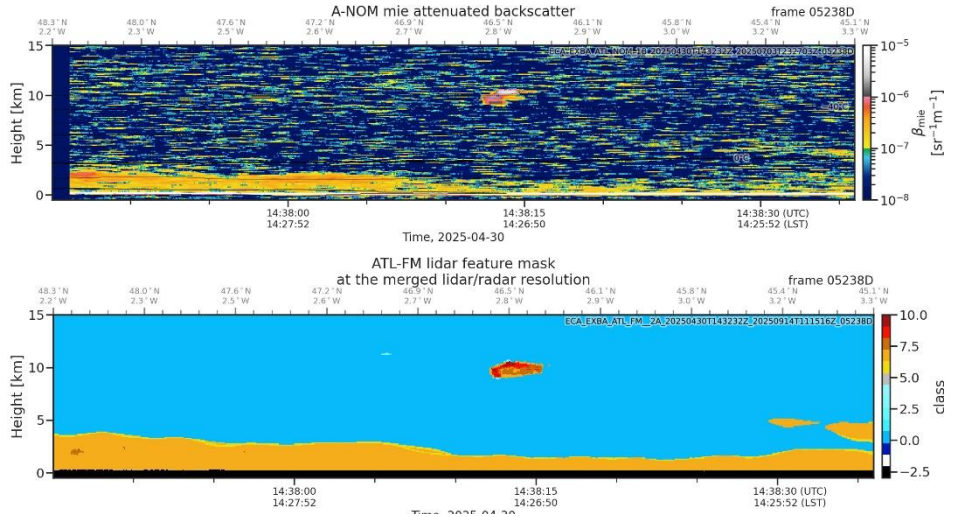
Contrail climate effects under EarthCARE's spotlight

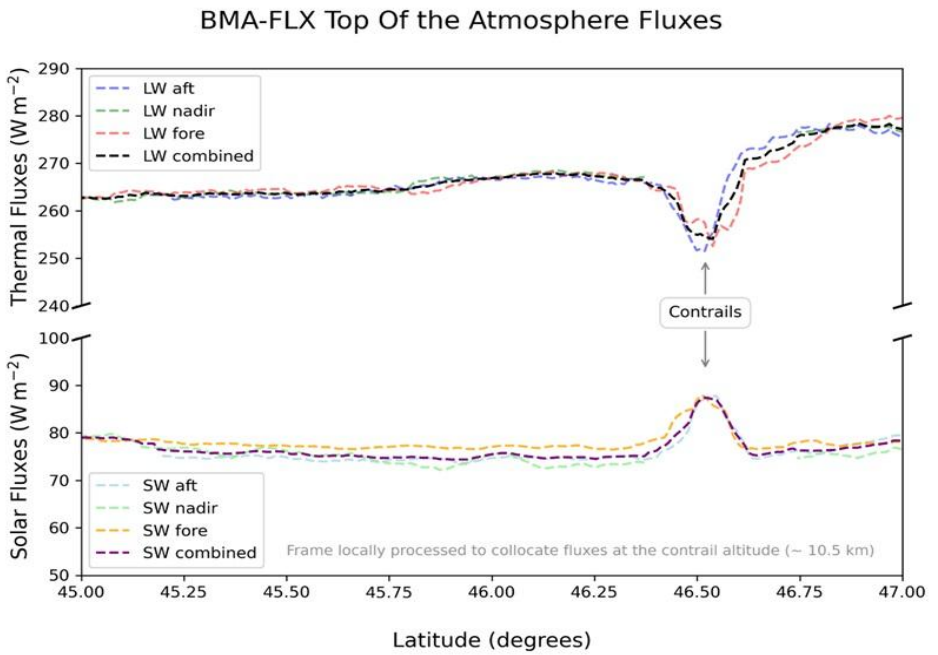


Het klimaateffect van condensstrepen (contrails) is ene belangrijk onderdeel van de klimaatimpact van de luchtvaart.

Op 30 april 2025 nam EarthCARE tijdens een satellietpassage een contrail moven de Golf van Biskaje waar. Hiervoor werden de instrumenten MSI, ATLID en BBR gecombineerd.

Door de metingen van deze instrumenten te combineren, kan beter worden onderzocht hoeveel contrails bijdragen aan de opwarming van de aarde. Ook kunnen schattingen op basis van Meteosat-satellietgegevens worden gecontroleerd en verbeterd.

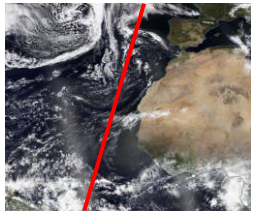


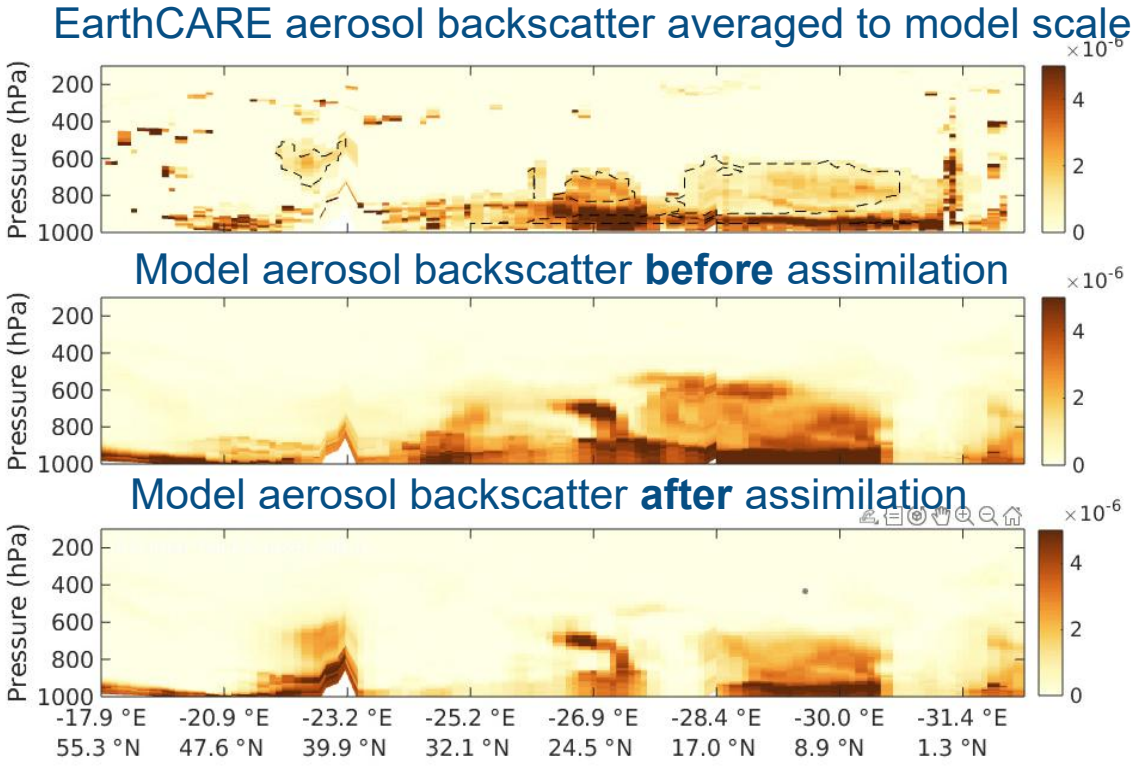


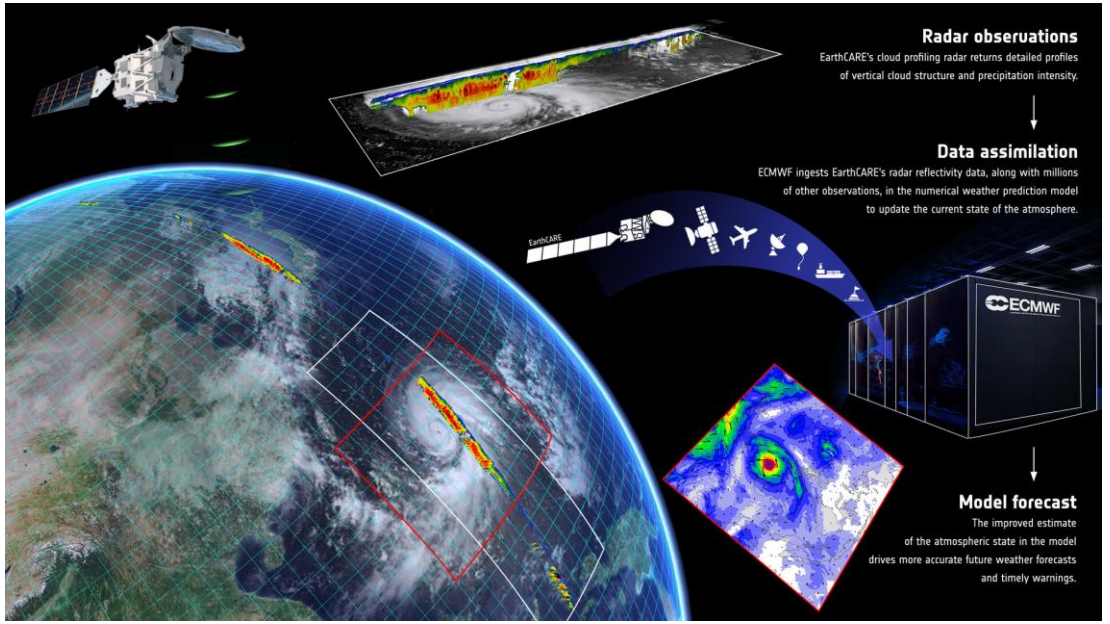
EarthCARE-satelliet maakt weersvoorspellingen nauwkeuriger

- Het ECMWF gebruikt als eerste mondiale weercentrum rechtstreeks EarthCARE-radargegevens om zijn weermodel bij te sturen.
- De satellietgegevens helpen wolkenprocessen beter te simuleren. Dit biedt kansen voor nauwkeurigere weersvoorspellingen en verbeterde klimaatmodellen.
- We zijn nu bezig om ook EarthCARE aerosol data toe te voegen

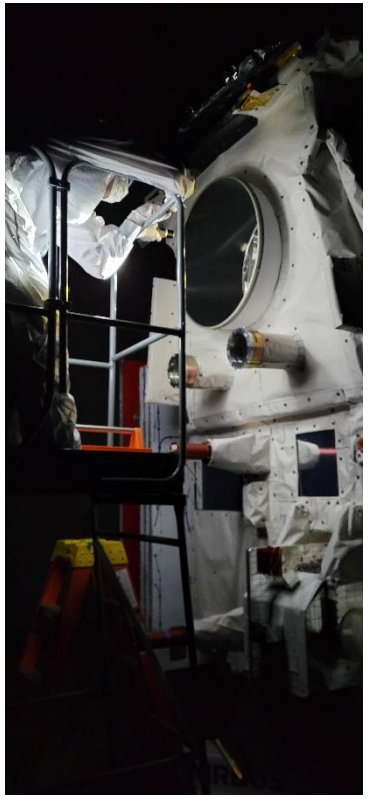








Conclusies



- De interactie tussen wolken, fijnstof en straling is een van de grootste bronnen van onzekerheid in projecties van het toekomstige klimaat.
- Met de EarthCARE satelliet proberen we deze onzekerheid kleiner te maken en de voorspellingen daardoor zekerder.
- We proberen de 3D-atmosfeer zo goed mogelijk te begrijpen en berekenen de stralingsbalans.
- Naast wolken en aerosolen ziet EarthCARE ook insecten en de hoeveelheid plankton in de oceanen.
- EarthCARE data wordt gebruikt in weermodellen om wolken en aerosolen op de ‘juiste plaats’ te zetten

- KNMI heeft een belangrijke rol in deze missie.
  - Leidt de ontwikkeling van de wetenschappelijke producten
  - Verantwoordelijk voor de ATLID wetenschappelijke producten
  - Participeert in de Kalibratie en Validatie van alle producten.

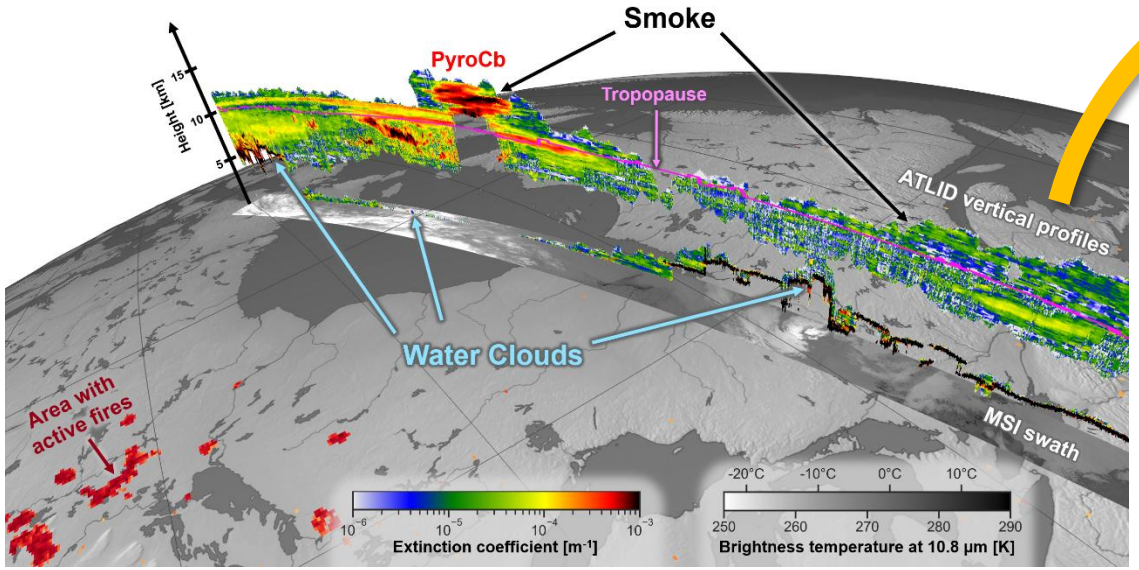


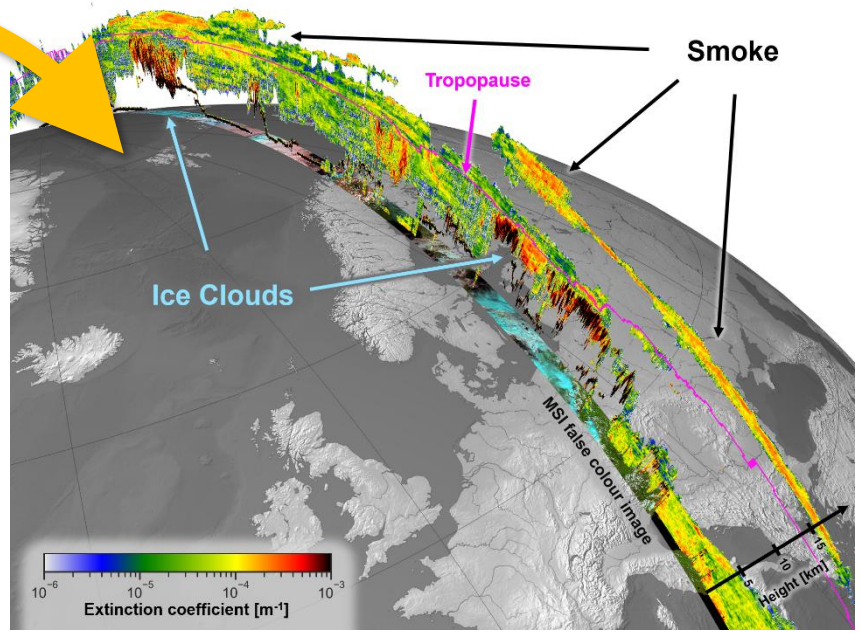
Extra slides

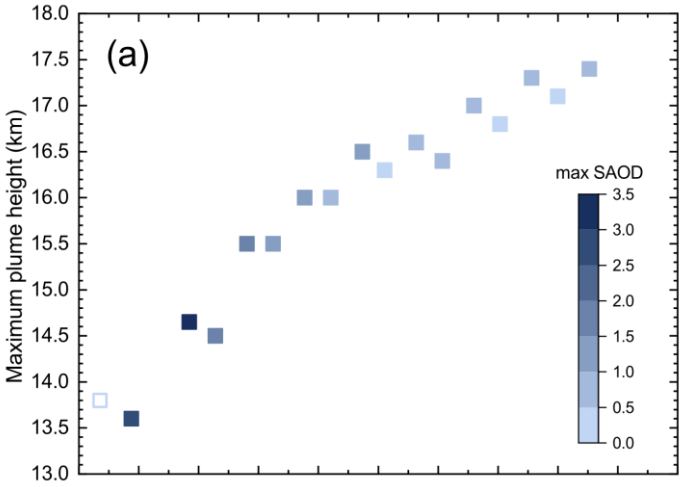
Aerosolen die vanuit Canada naar Europa zijn getransporteerd (1–6 juni 2025).

Moritz Haarig
(TROPOS)

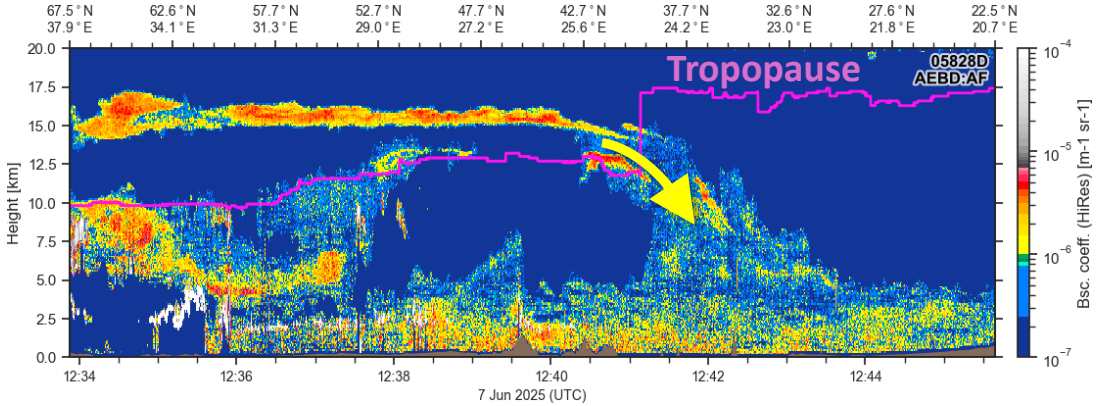
Aerosol transport van Canada (1 juni) naar Europa (6 juni)







- ATLID toonde aan dat de pluim in 9 dagen tot 3,6 km hoogte steeg: gemiddeld 400 meter per dag (Haarig et al., 2025).
- Rook blijft boven de tropopauze hangen en mengt zich via plooien in de tropopauze weer met de troposfeer.

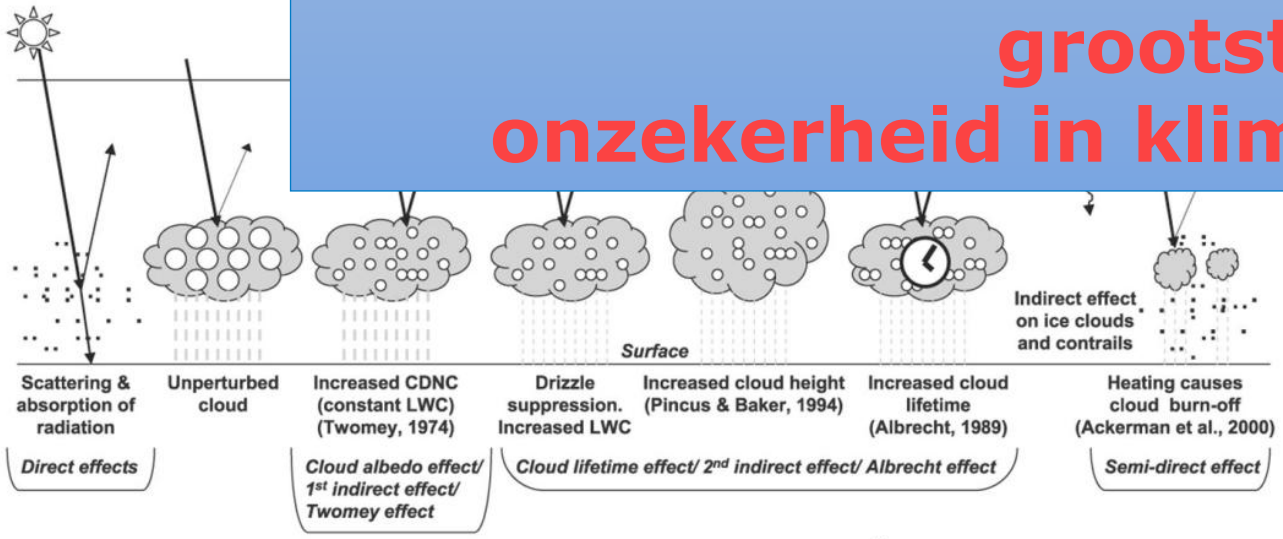


Aerosolen (stof, rook etc.) verstrooien en absorberen atmosferische straling:
Maar Aerosolen werken ook op ingewikkelde manieren samen met wolken



Aerosolen v
Voor een va
→meer CC

De interactie tussen aerosolen en wolken en het effect op de stralingsbalans is de oorzaak van de grootste onzekerheid in klimaat modellen

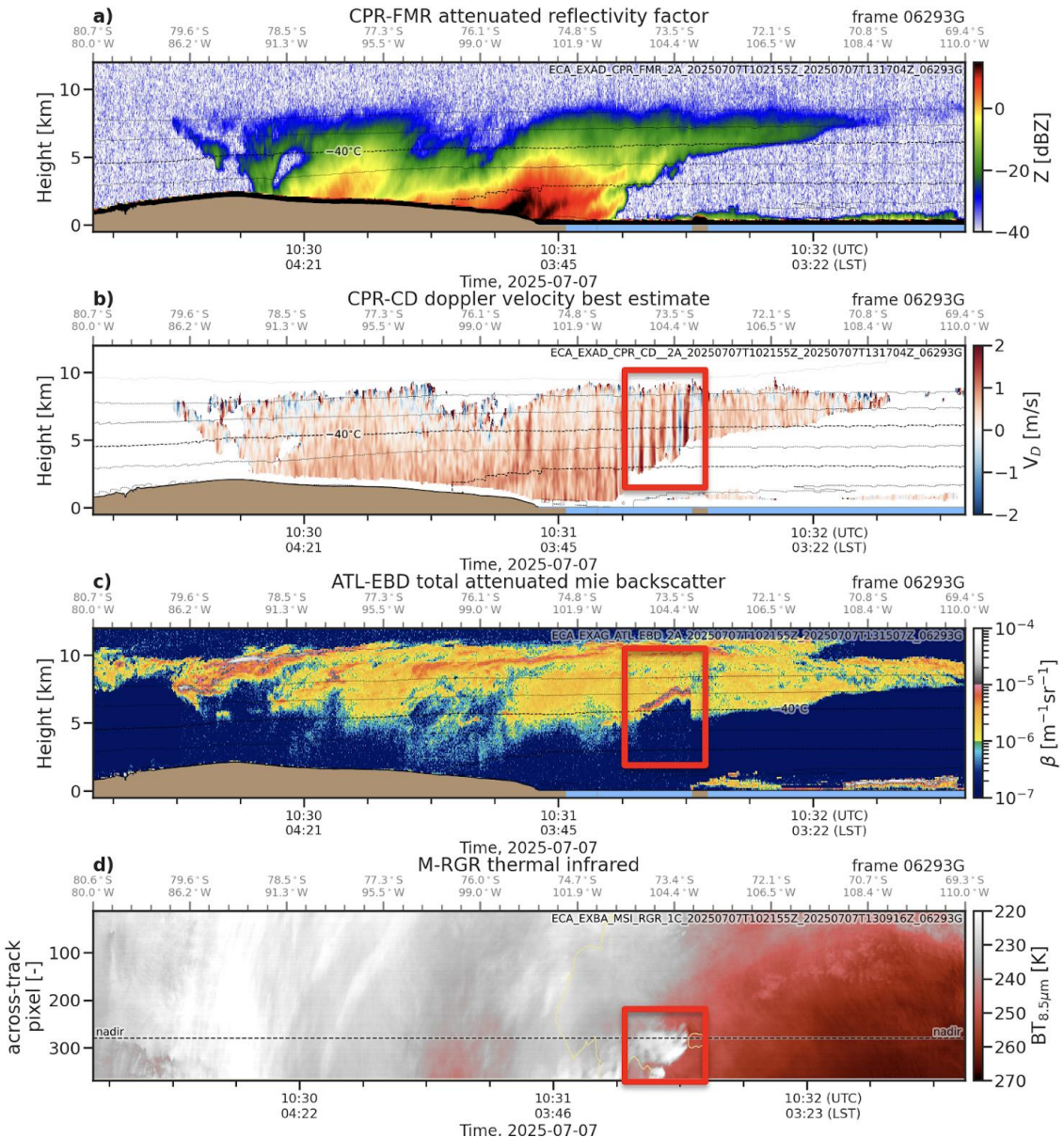


die de
unnen

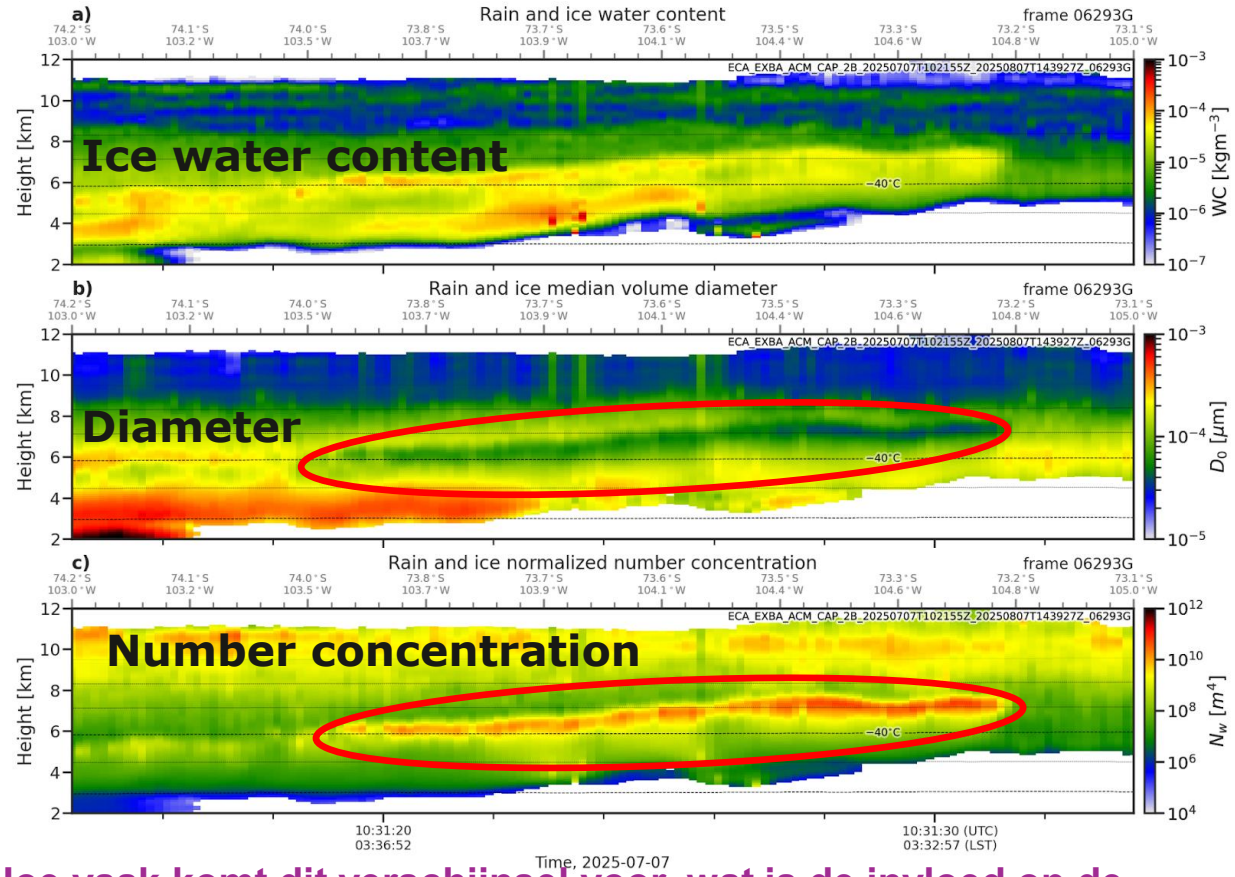
Kleine druppels vallen niet → geen regen → wolken bestaan langer → langer bewolkt.

Influence of gravity waves on cloud physics

Shannon Mason
(ECMWF)



- Atmosferische zwaartegolven vallen samen met een sterke lidar-terugverstrooiing bij −45 °C (veroorzaakt door ijsdeeltjes) en een sterke afname van de thermische straling.
- De gemiddelde deeltjesdiameter neemt af van circa 200 naar 40 µm, terwijl de deeltjesconcentratie met meer dan een factor 100 toeneemt.!

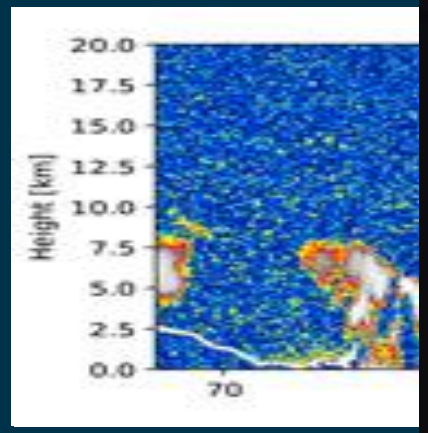


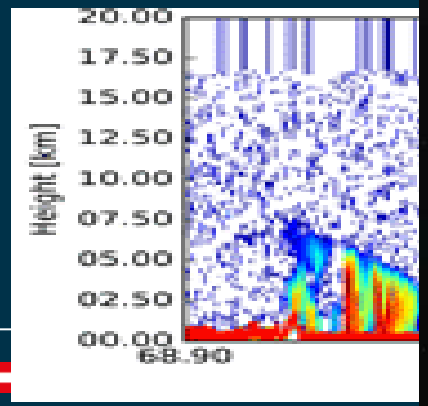
Hoe vaak komt dit verschijnsel voor, wat is de invloed op de stralingsbalans en in hoeverre wordt het meegenomen in weermodellen??

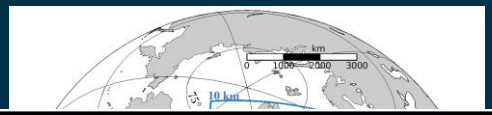
- Wat voor nieuwe data geeft EarthCARE?

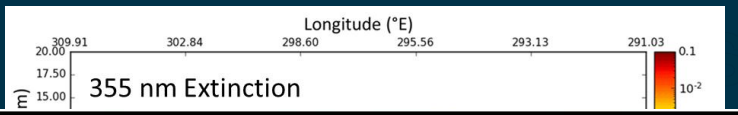
- De lidar is gevoelig
(stof, rook, vervuilinc
ijswolken)

De radar is gevoelig v
(ijswolken, regen en

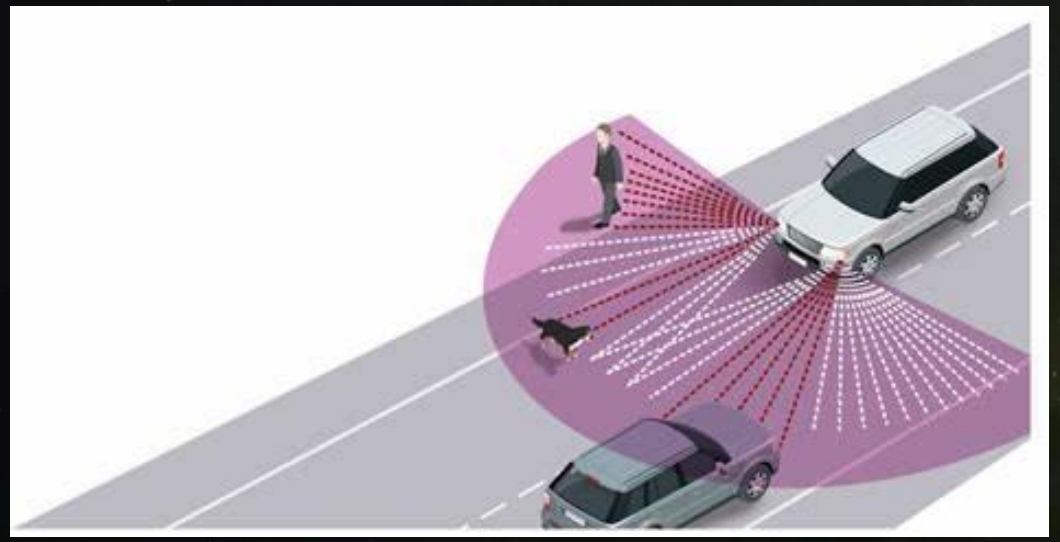








Gebruik van lidars in het dagelijks leven



Lidar pulsen van een Chinese satelliet waargenomen boven Hawaii