De mens verontreinigt niet alleen de Aarde maar ook belast zij met satellieten de buitenlagen van onze atmosfeer.
Kan dit van invloed zijn op ons klimaat?
En wat te denken van vliegtuigstrepen?



Vele satellieten met zonnepanelen in een baan rond de Aarde.
Beeld: Look Up Space.

Door: **Ap Cloosterman**



De Aarde wordt omringd door meer dan **11.000 Starlink-satellieten**.
De Starlink-satellieten worden door SpaceX ontworpen, gebouwd en gelanceerd. SpaceX gebruikt hiervoor voornamelijk zijn Falcon 9-raketten.



Starlink satellieten

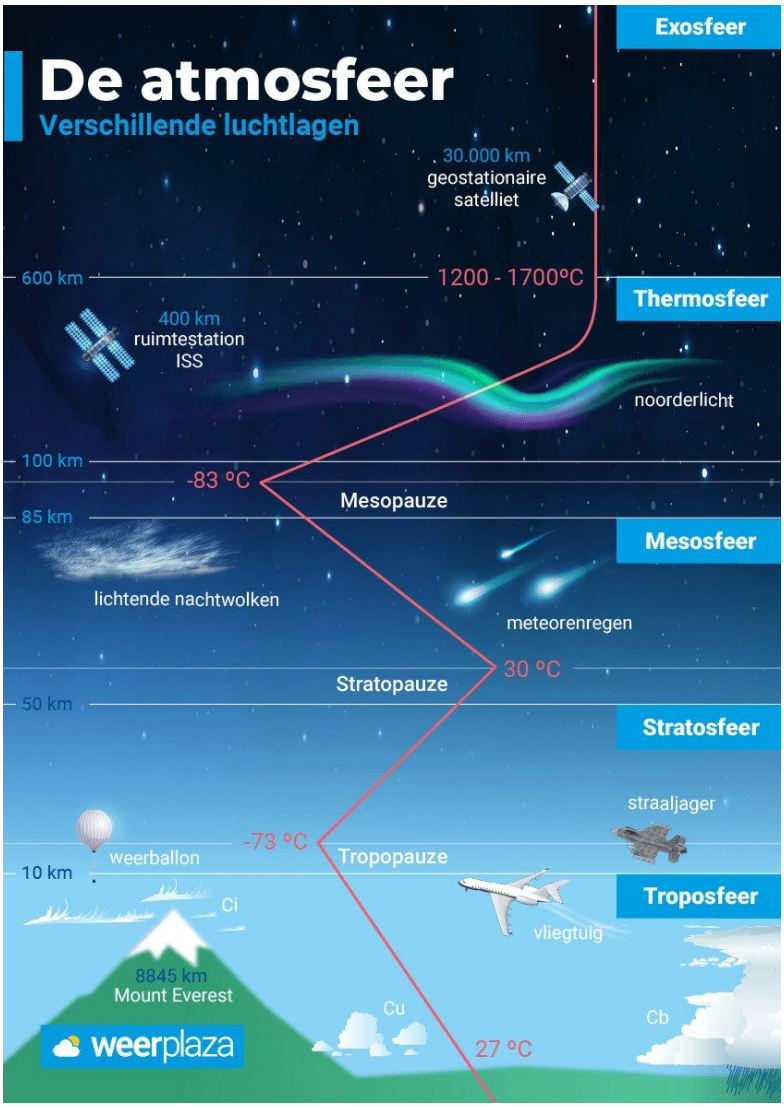
Elon Reeve Musk (Pretoria, 28 juni 1971) is een Zuid-Afrikaans-Canadees-Amerikaans ondernemer en investeerder.
Hij is de oprichter van SpaceX, huidige eigenaar van X (voorheen Twitter).



Elon Musk

Volgens de actuele CelesTrak/SATCAT-catalogus, gebaseerd op gegevens van de Amerikaanse Space Force/18th Space Defense Squadron, bevinden er zich momenteel (24 september 2026) ongeveer: **17.075 satellieten** in de ruimte.

Zonder uitzondering bevinden de satellieten zich allemaal in de buitenste lagen van onze atmosfeer. De lancering betreft veelal een satelliet megaconstellatie (een grote groep satellieten in één ruimtevaartuig).
Satellieten zijn zowel in de Exosfeer en Thermosfeer gestationeerd.
De meeste satellieten bevinden zich op een hoogte van 480 km.

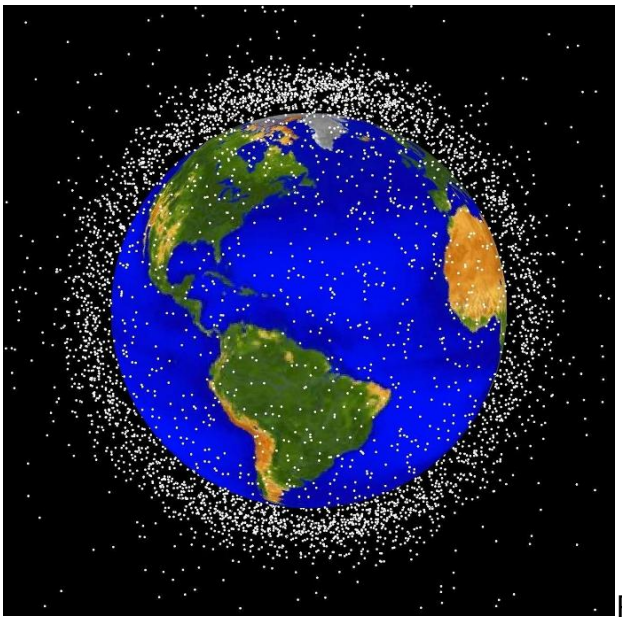


Onze atmosfeer

Er heerst hier geen absoluut vacuum en dat betekent dat door wrijving met de aanwezige spaarzame lucht de snelheid afneemt en satellieten het risico lopen om in de richting van de Aarde te vallen.
Met stuwraketten wordt af en toe de snelheid weer op peil gebracht.

De satellieten vervuilen de atmosfeer met metaalresten die vrijkomen bij de terugkeer en verbranding in onze atmosfeer waardoor de aardbaan tot aan de rand van het Kessler-syndroom is gebracht.
Bij een Kesslersyndroom ontstaat veel ruimtepuin door botsingen tussen objecten dat steeds nieuwe brokstukken veroorzaakt. Die brokstukken kunnen vervolgens weer andere satellieten raken, waardoor een kettingreactie ontstaat.

Landen als China, Rusland, India en de VS hebben met behulp van een antisatellietwapen bewust satellieten in de ruimte vernietigd waardoor de ruimte is vervuild met een enorme hoeveelheid ruimte puin.
Zie afbeelding 1.


Ruimtepuin: een tikkende tijdbom
Afbeelding 1

Ruimtepuin vliegt met een enorme snelheid rondom de Aarde:
25.000 – 29.000 km/uur.
Een klein stukje ruimtepuin van slechts enkele centimeters kan daardoor enorme schade veroorzaken aan een satelliet en zeker aan het ISS ruimtestation.
Ter vergelijking: een kogel uit een geweer gaat grofweg 3.000–4.000 km/uur.
De vernietiging in 2007 van de Chinese weersatelliet Fengyun-1C veroorzaakte de grootste hoeveelheid puin in een baan om de Aarde.
Rusland vernietigde in 2021 de eigen satelliet *Kosmos 1408*.
Daarbij ontstond eveneens veel ruimtepuin en moesten astronauten in het ISS zich tijdelijk voorbereiden op mogelijk gevaar.

De **satellieten zelf** hebben tijdens hun verblijf in de ruimte waarschijnlijk maar een zeer klein direct klimaateffect.

Satellieten vervullen voor de moderne mens belangrijke taken op het gebied van:

Internet/breedband; Communicatie; Navigatie; Aardobservatie; Wetenschap; Militair/intelligence; Weersvoorspellingen.

Welke verbrandingsgassen ontstaan bij de raketlancering en de verbranding van de satelliet bij terugvallen op Aarde?

● Bij raketlanceringen zijn het de volgende verbrandingsstoffen die vrijkomen: CO_2, CO, waterdamp, stikstofoxiden en roetdeeltjes.
Waterdamp is een veel sterker broeikasgas dan CO_2!

● Bij de verbranding van satellieten in onze atmosfeer komt o.a. aluminiumoxide (Al_2O_3)vrij.
Aluminiumoxide is een wit poeder en is niet acuut giftig of toxisch bij inademing, maar het is wel mechanisch schadelijk voor de luchtwegen.
Het inademen van het poeder moet dus strikt worden vermeden vanwege fysieke irritatie en langetermijnrisico's.
De langetermijneffecten van de steeds grotere satellietconstellaties zijn nog onderwerp van onderzoek.

De eerste grote Starlink-lancering vond plaats op 23 mei 2019, toen SpaceX 60 satellieten tegelijk in een baan bracht.

Er is wél een nieuw milieuprobleem ontstaan dat vroeger vrijwel verwaarloosbaar was:
Duizenden satellieten → voortdurend nieuwe lanceringen → voortdurend oude satellieten die terugkeren → materiaal komt in de atmosfeer terecht.
Uit onderzoek is gebleken dat Al_2O_3 deeltjes invloed hebben op:
● de chemische samenstelling van de Stratosfeer;
● de ozonlaag;
● de hoeveelheid zonnestraling die wordt geabsorbeerd;
● de temperatuur en circulatie van de hogere atmosfeer.

En dan te weten dat SpaceX een aanvraag heeft gedaan voor de lancering van 30.000 satellieten!
30.000 satellieten vormen een nieuwe, potentieel belangrijke bron van materiaal in de hoge atmosfeer waarvan de lange termijneffecten nog onvoldoende bekend zijn!
Onze kennis over de mogelijke gevolgen is nog verre van voldoende!

Hoeveel aluminiumoxide komt er vrij bij de verbranding van 17.000 satellieten (in de toekomst kunnen dit er wel eens meer dan 30.000 zijn!)

Gemiddeld weegt een (Starlink)satelliet 730 kg.
Voor de overige satellieten hou ik ook 730 kg aan.
Het totaal gewicht van 17.000 satellieten is dan:
17.000 x 730 kg = 12410000 kg = 12410 ton
Een satelliet bevat 30 à 35% Aluminium.
Met 30%: 12410 ton x 30% = 3.723 ton Aluminium.
Satellieten worden gemiddeld na 5 jaar uit de ruimte verwijderd.
Onderzoek heeft uitgewezen dat slechts 32% Aluminium geoxideerd wordt tot Al_2O_3. Dit betreft dus: 0.32 x 3.723 = 1.191 ton Aluminium
Per jaar gaat het dan om 1.191/5 = 238 ton Aluminium per jaar.

Wat kan de invloed zijn van de verbranding van 238 ton Aluminium op ons klimaat?

Aluminium oxideert (verbrandt) in de onderste lagen van onze atmosfeer volgens de chemische reactie $4Al + 3O_2 \rightarrow 2Al_2O_3$

Hierbij ontstaan temperaturen tussen 1600 en 3800°C.

Deze hoge temperaturen vormen ook een (zij het kleine) blokkade voor ontsnappende aardwarmte en draagt dus enigszins bij aan de opwarming van de Aarde.

Bij de verbranding van 238 ton aluminium ontstaat per jaar **449,7 ton Al_2O_3**, dat als stof in onze atmosfeer terecht komt.

Helaas kan ik u niet zeggen of dit problemen voor onze gezondheid veroorzaakt: er is nog bar weinig hierover bekend!

Wel kunnen deze witte poederdeeltjes uitgestraalde warmte vanuit de Aarde reflecteren en dus een kleine deeloorzaak zijn van de opwarming van de Aarde.

Interessant is de vergelijking met meteoroïden die in onze atmosfeer verbranden. Dit is ongeveer 11.760 ton per jaar.

Meteoroïden bevatten gemiddeld 1,2% Aluminium en dit komt neer op 141 ton Aluminium per jaar.

Bij verbranding ontstaat hierbij **266,4 ton Al_2O_3**

De vervuiling van onze atmosfeer met Al_2O_3 door de huidige verbranding van satellieten is een factor 1,7x hoger dan door de verbranding van meteoroïden.

De invloed op het klimaat door vliegtuigstrepen





Condens strepen zijn een stuk schadelijker voor ons weer dan mensen denken.

„Vliegtuigstrepen zijn in feite kunstmatige ijswolken”, legt Vincent Meijer uit, onderzoeker aan de faculteit Luchtvaart- en Ruimtevaarttechniek van de TU Delft.

“De witte strepen achter vliegtuigen heten condensstrepen (contrails). Ze ontstaan wanneer de hete, vochtige uitlaatgassen van

vliegtuigmotoren zich mengen met zeer koude lucht op grote hoogte. Waterdamp condenseert en bevriest tot kleine ijskristallen.
Betreffende uw berekening over de totale uitstoot van waterdamp: de directe water-uitstoot van vliegtuigmotoren is maar een klein deel van de hoeveelheid water die zich uiteindelijk in een condens streep bevindt in de vorm van ijs. Het grootste deel van het water komt uit de omliggende lucht."

Deze hoge ijswolken laten het zonlicht overdag wel door naar de Aarde, maar houden de opstijgende warmte van de Aarde als een dikke deken vast. Overdag kunnen contrails een deel van het zonlicht terugkaatsen naar de ruimte. Dat heeft een verkoelend effect.
Zowel overdag als 's nachts kunnen ze warmtestraling van de Aarde tegenhouden. Daardoor blijft er meer warmte in de atmosfeer:
een opwarmend effect.

De oplossing?
Om die gebieden heen vliegen. *„Je kunt die vochtige regio's zien als een soort pannenkoeken in de lucht: heel breed, maar vaak niet heel dik. Soms hoeft een piloot maar een paar honderd meter hoger of lager te gaan vliegen om zo'n gebied compleet te missen. Een klein beetje stijgen of dalen doen piloten nu ook al als er turbulentie is. We zitten echt op de juiste weg,* aldus Vincent Meijer. *Er wordt ontzettend hard gewerkt aan betere detectie met satellietbeelden, slimme algoritmes en AI."*
Bron: Demi de Ruiter – de Stentor

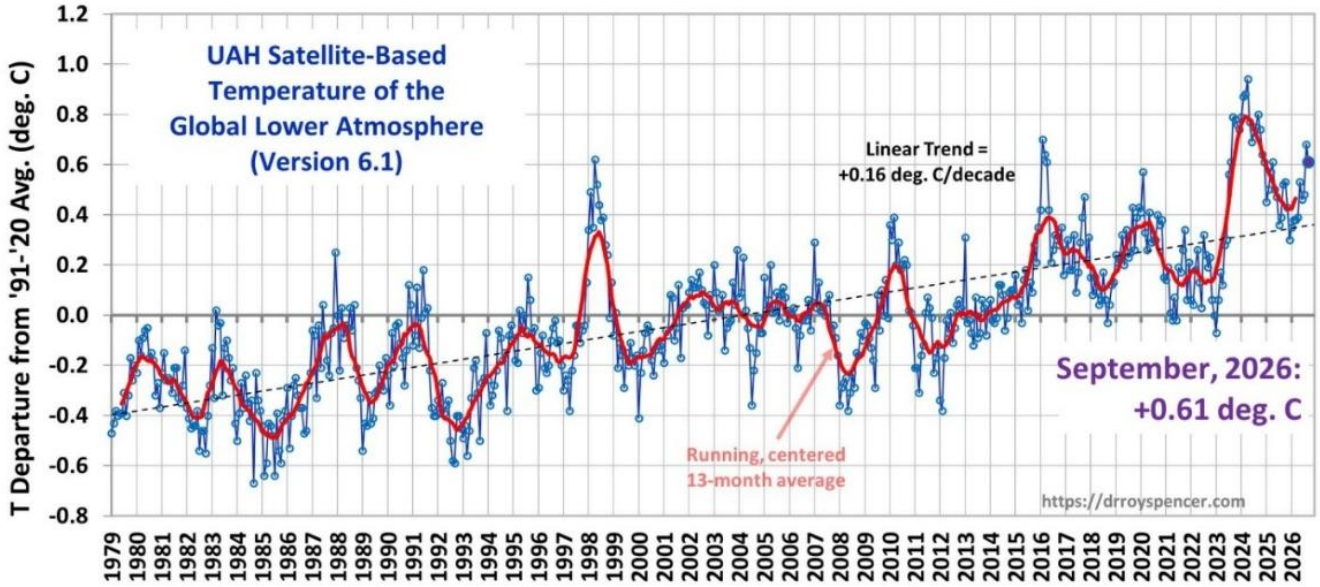
Het ontwijken van vochtige regio's door vliegtuigen is daarmee een hot item geworden!

Vliegtuigstrepen: er wordt enorm veel gevlogen
Op dit moment zijn er wereldwijd zo'n 100.000 à 250.000 vluchten per dag, afhankelijk van het seizoen, vakanties en de dag van de week.
Militair vliegverkeer is hierbij niet vermeld.
In het jaar 2000 waren er wereldwijd gemiddeld tussen de 50.000 en 60.000 commerciële vluchten per dag.
In 1980 waren dit er 30.000 tot 50.000 per dag.

In 2025 is er wereldwijd 317 miljoen ton kerosine verstookt, waarbij 319 **miljoen ton** waterdamp is vrijgekomen.
Interessant zijn de cijfers over het verbruik aan benzine en diesel in 2025:
Benzine: 1,2 miljard ton
Diesel : 1,4 miljard ton
In totaal komt hierbij 3,23 **miljard ton** aan waterdamp vrij.

De totale hoeveelheid water, die bij het verstoken van kerosine, benzine en diesel vrijkomt is: 3.549 miljoen ton = 3,549 miljard ton.
Geen paniek: Voor 1 mm zeespiegelstijging is 360 miljard ton zeewater nodig.

Ik vraag mij wel af of de enorme toename van het burger luchtverkeer (en dus een toename van vliegtuigstrepen!) van gedeeltelijke invloed geweest kan zijn op de toegenomen aardse opwarming van de afgelopen decennia.
Zie afbeelding 2.



Afbeelding 2.

De IPCC noemt contrail-cirrus een van de belangrijkste niet-CO_2-effecten van de luchtvaart.
Belangrijk is dat dit niet betekent dat iedere vliegtuigstreep een meetbare extra opwarming veroorzaakt.

Al eerder heb ik dit artikel toegestuurd aan de Luchtverkeersleiding Schiphol-oost (LVNL). Van hen kreeg ik de volgende reactie:

Geachte meneer Cloosterman,

Wij hebben uw bericht van dinsdag 6 oktober over vliegtuigstrepen in goed orde ontvangen. Hartelijk dank voor het interessante artikel.

De negatieve effecten van vliegtuigstrepen ("contrails") op het klimaat zijn internationaal bekend. Mogelijke maatregelen om het ontstaan van contrails te vermijden worden internationaal onderzocht.
Waar mogelijk worden deze maatregelen al toegepast door betrokken partijen, zoals de Europese luchtverkeersleidingsorganisatie Eurocontrol.

Meer informatie hierover is beschikbaar via https://www.eurocontrol.int/article/research-operations-muac-pioneering-atm-condensation-trail-contrail-avoidance-measures.

Eurocontrol is verantwoordelijk voor het begeleiden van vliegverkeer in het hogere luchtruim (boven 7,5 kilometer, waar contrails kunnen ontstaan) boven Nederland, België, Luxemburg en een groot deel van Duitsland.
Wij vertrouwen erop met deze informatie uw bericht naar behoren te hebben beantwoord.
Met vriendelijke groet
Informatie loket

LVNL

Waterdamp is de cruciale boosdoener van de aardse opwarming.
De Nederlandse inspanning om de aardse opwarming te beperken door vermindering van de CO_2 uitstoot zijn op wereldschaal verwaarloosbaar, maar kosten bakken met geld, die beter te besteden zijn en minder problemen opleveren bij de totstandkoming van de staatsbegroting.
De meest recente cijfers laten zien dat de Nederlandse uitstoot op langere termijn is gedaald: tussen 1990 en 2025 nam de broeikasgasuitstoot met ongeveer een derde af.
Tegelijkertijd was de uitstoot in 2025 juist 0,8% hoger dan in 2024.
Ook zijn er sectorale ontwikkelingen. Zo daalde de uitstoot van het wegverkeer in 2025 met 1,6% ten opzichte van 2024, mede door meer elektrisch rijden. In het eerste kwartaal van 2026 lag de totale broeikasgasuitstoot ruim 5% lager dan in hetzelfde kwartaal van 2025, vooral door minder kolenverbruik en meer windenergie.
Klimaatalarmisten zullen hiermee blij zijn, maar helaas zal de aardse opwarming hiermee niet geblust zijn, want de echte boosdoener gaat vrijuit: waterdamp!

<u>Ik heb al eerder gezegd dat waterdamp de grote “boosdoener” is!:</u>
In 2016 heb ik u bericht over het verschil in het vasthouden van warmte tussen woestijngebieden en tropische gebieden.
De oppervlaktetemperatuur van Sahara-zand kan op een zonnige dag oplopen tot ongeveer **70–80 °C**. De luchttemperatuur ligt meestal lager, vaak tussen de **40 en 50 °C** in de heetste periodes.
In beide gebieden is het atmosferisch CO_2-gehalte praktisch gelijk, <u>maar</u>

er is wel een groot verschil in het vochtgehalte.
Het is de waterdamp (vochtige lucht in de tropen) die de warmte vasthoudt. CO_2 speelt nauwelijks een rol in het vasthouden van uitgestraalde woestijnwarmte! Zie onderstaande afbeelding 3.



Ontwerp: Ap Cloosterman
Afbeelding 3