**NRC 06 april 2018**

**De TGV verstookt echt niet minder dan een Boeing**

Wekelijks stuit Karel Knip in de alledaagse werkelijkheid op raadsels en onbegrijpelijke verschijnselen. Deze week: de klimaatbelasting van de erg snelle trein.

Neem alleen al het vliegverkeer boven de Amsterdamse binnenstad op tweede paasdag. Haal er de website [flightradar24.com](https://www.flightradar24.com/) bij, druk op de knop ‘playback’ voor de juiste datum en kies een versnelling van bijvoorbeeld 36 maal. Een etmaal duurt nu een half uur. Bekijk het af- en aanvliegen rond Schiphol vanaf middernacht.

Let niet op de vliegtuigen die rond vijf uur arriveren, zij landen in de ‘randen van de nacht’ zoals minister Margreeth de Boer die in 1996 definieerde. De omwonenden van Schiphol vinden het niks erg. Het gaat om de explosie van landende vliegtuigen die vanaf 6 uur de Zwanenburgbaan bijna permanent bezet houdt. Zó groot is dan al de toestroom van vliegtuigen dat de verkeersleiding om kwart over zeven ook de aanvliegroute over de Amsterdamse binnenstad moet openen. Die voert over de Westerkerk en het Olympisch stadion naar de luchthaven. Tussen half acht en negen uur passeren 45 vliegtuigen, elke twee minuten één. Een geluk dat de Amsterdammers dan nog aan de paasslaap zijn.

**Elke twee minuten, toeristen**

Later die dag zal de Westertoren-route nog een paar keer open gaan en kort na zessen wordt het extra druk als de vliegtuigen arriveren die de tienduizenden Nutella-toeristen komen ophalen. Elke twee minuten één, anderhalf uur lang. Als het geluid van het ene vliegtuig is weggestorven klinkt boven het IJ alweer het volgende.

Nu beginnen de Amsterdammers wel een beetje gek te worden, want boven de Westertoren zitten de vliegtuigen al in hun ‘3 graden glijpad’. Ze vliegen er niet hoger dan 500 meter, zoals die paasdag ook viel af te leiden uit de waarneming dat ze onder de wolken vlogen. De wolkenbasis lag op 600 meter. Je kon zwaaien naar de gezagvoerder. Elke twee minuten opnieuw.

Hier valt niet veel te troosten. Deze ellende zal alleen maar toenemen, de luchtvaart wordt geen strobreed in de weg gelegd. De randen van de nacht, de geluidsnormen, de veiligheidsnormen: ze worden opgerekt tot ze onzichtbaar zijn. CO2-uitstoot? Voor de internationale lucht- en scheepvaart hoeft die helemaal niet [te worden meegeteld](http://www.clo.nl/indicatoren/nl0053-energiebalans-nederland-tabel).

Begrijpelijk dus dat de *Volkskrant* haar lezers vorige week zaterdag aanspoorde voortaan minder te vliegen en vaker de trein te gebruiken. Neem liever de TGV, schreef een verslaggever die de TGV nam. Het scheelt wel 7 tot 11 keer in de klimaatbelasting.

**Meer energie dan de TGV**

Hij zal bedoeld hebben: in de CO2-uitstoot, anders had-ie milieubelasting geschreven. Waarschijnlijk wilde hij zeggen dat vliegtuigen per passagierskilometer (pkm) 7 tot 11 keer zoveel energie verstoken als TGV’s.

Bijna een orde van grootte meer. Zou het waar zijn? Het brandstofverbruik van vliegtuigen voor de middellange afstand (zeg een Boeing 737-400) is eenvoudig te berekenen. Met een brandstofvoorraad van 20.105 liter kunnen 146 passagiers ongeveer 5.000 km verplaatst worden: per liter 36 pkm. Voor de Airbus 320-200 vind je 33,5 pkm per liter. Het zijn geflatteerde getallen, want vliegtuigen verstoken ook brandstof zonder te vliegen. De [Energie Survival Gids](https://www.nikhef.nl/fileadmin/Doc/Docs%20%26%20pdf/Communicatie/Flyers_folders/e-flyer%20Energie%20Survival%20Gids.pdf) van Jo Hermans (2008) houdt 30 pkm per liter aan. Omgerekend naar de energie-inhoud van de brandstof is dat ongeveer 1,2 megajoule per pkm. Het op internet leesbare [Sustainable Energy – without the hot air](https://www.withouthotair.com/) van David MacKay komt op 1,9 megajoule per pkm, maar dat geldt voor een Boeing 747 met een bezettingsgraad van 80 procent.

Voor de trein ligt het ingewikkelder. MacKay rekent het uit voor een Engelse intercity (die maximaal 161 km/u haalt) aan de hand van gegevens over rolweerstand en luchtweerstand, massa en passagiersaccommodatie en komt voor een *volle* trein op 58 kilojoule per pkm. Het lijkt een soort theoretisch minimum. Jo Hermans komt voor een intercity (omgerekend) op 140 kilojoule per pkm. Het [wikipedia-lemma ‘Energy efficiency in transport’](https://en.wikipedia.org/wiki/Energy_efficiency_in_transport) heeft dezelfde marges.

Op de uitkomsten hebben de aangenomen gemiddelde bezettingsgraad en halte-afstand een enorme invloed. En ook: het meerekenen van het rendement van de elektriciteitscentrale. Maar globaal komt de factor 9 van de Volkskrant wel in beeld.

Er zijn twee bedenkingen: het vervoersrendement van de TGV is véél ongunstiger dan dat van de intercity, dat zit hem in de luchtweerstand die bij toenemende snelheid geweldig oploopt. Volgens Jo Hermans scheelt het voor het rendement een factor 5. Bij David MacKay lees je in een graphic een factor 3,5 af en de wikipedia-opgaven suggereren een factor 3. Misschien moeten we een factor 4 aanhouden.

En dan dit: het zou niet juist zijn luchtvaart en railtransport uitsluitend af te rekenen op het brandstofverbruik van de motoren. Het kost ook energie om vliegtuigen en treinen te maken en de beide transportmiddelen zijn aangewezen op infrastructuur (rails, stationsgebouwen, startbanen) die ook weer energie verbruiken of verbruikten (bij de aanleg).

Dit is het onoverzichtelijke terrein van de [‘life-cycle assessment' (LCA)](https://en.wikipedia.org/wiki/Life-cycle_assessment) waarin uiteindelijk ook het verbruik van de bromfiets van de schoonmaker die het vliegtuig stofzuigt wordt meegeteld. In 2009 publiceerden M.V. Chester en A. Horvath in [Environmental Research Letters](http://environmentportal.in/files/Environmental%20assessment%20of%20passenger%20transportation.pdf) LCA’s voor allerlei transportmiddelen. De TGV zit er niet bij, maar wel andere treinsoorten en daaruit blijkt dat een TGV het klimaat per pkm *zwaarder* belast dan een Boeing 737. Vooral ook door die factor 4. Wie klimaatvriendelijk naar Barcelona wil neemt de bus.

[www.nrc.nl/nieuws/2018/04/06/de-tgv-verstookt-echt-niet-minder-dan-een-boeing-a1598474](http://www.nrc.nl/nieuws/2018/04/06/de-tgv-verstookt-echt-niet-minder-dan-een-boeing-a1598474)