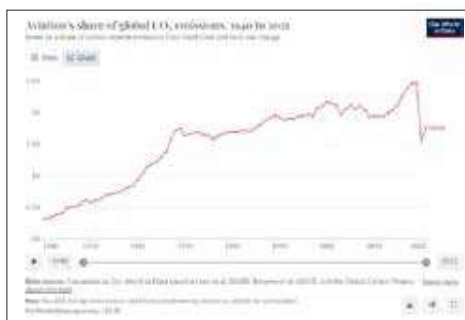


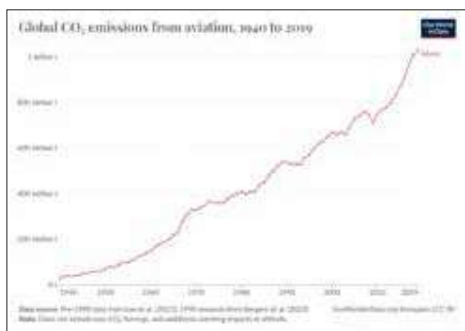
Vliegen we nog in 2040?

De turbinemotoren van vliegtuigen gebruiken momenteel kerosine, een fossiele brandstof. Onder meer door klimaatacties weten vliegtuigmakers, luchthavens en luchtvaartmaatschappijen dat zij moeten stoppen met fossiele brandstoffen en alternatieven moeten ontwikkelen. Kunnen we in 2040 nog vliegen, als we stoppen met fossiele kerosine?

In 2016 hebben Nederland en de Europese Unie het VN-Klimaatakkoord van Parijs ondertekend. Het doel is de opwarming van de aarde te beperken tot anderhalve graad Celsius boven de pre-industriële tijd. De EU-lidstaten hebben met elkaar afgesproken dat de EU in 2030 minimaal 55 % minder moet uitstoten. In 2050 wil de Europese Unie klimaatneutraal zijn. Dat betekent dat er dan netto geen broeikasgassen meer worden uitgestoten (Mulugetta et al., 2023). De luchtvaartsector stoot momenteel 2,5 % (Klöwer et al., 2021) uit van alle broeikasgassen, maar dat percentage stijgt snel naarmate meer mensen gaan vliegen, terwijl de verduurzaming maar traag op gang komt. Hoewel we in Europa korte vluchten relatief makkelijk kunnen vervangen door de trein of bus, ontbreken het geld en een besluitvaardige overheid om snelle alternatieve verbindingen aan te leggen op land. Gelukkig zijn er veel goede digitale middelen die veel vluchten kunnen vervangen met een videobelletje en mail. Een groot deel van de vluchten is niet essentieel, maar wel fijn voor de ervaring of om goede contacten op te doen. Er blijven echter situaties waarbij een vliegtuig sterk de voorkeur heeft. Denk aan het snel bezoeken van een ziek familielid in het buitenland of het sluiten van overeenkomsten waarbij het vertrouwen van mensen in elkaar nodig is. Voor resterende vluchten moet vliegen duurzaam worden.



Figuur 1a. Wereldwijde CO₂-emissies van de luchtvaart, 1940 tot 2019



Figuur 1b. Aandeel luchtvaart in totale CO₂-emissie. Dit is een conservatieve schatting. Als je de bijwerkingen en secundaire effecten meeneemt, kan dit een factor 2 tot 5 hoger zijn. (Klöwer et al., 2021).

Lichtere materialen en slimmer ontwerp

Er zijn veel slagen te maken door een vliegtuig lichter en beter gestroomlijnd te maken. In de afgelopen decennia heeft een grote verschuiving plaats gevonden door metalen, zoals staal, door titaan en aluminium te vervangen of door kunststoffen, zoals epoxy, versterkt met (silicium)koolstofvezels (Paryez et al., 2022). De afgelopen decennia is het brandstofverbruik en dus de uitstoot per passagier met tientallen procenten verminderd. Maar hier

liggen nu grenzen in de huidige ontwerpvorm. De TU Delft, KLM en Airbus ontwerpen nu de 'Flying V'. Bij deze vorm gaan de romp en vleugels in elkaar op in een V-vorm. Hiermee kan tot wel 20 % van de brandstof bespaard worden (Romero-Izquierdo et al., 2021).

Duurzame brandstof opties

Bijna alle huidige vliegtuigen maken gebruik van kerosine. Deze brandstof heeft een hoge energiedichtheid zowel per volume- als per gewichtseenheid. Fossiele kerosine is een mengsel van al dan niet cyclische alkanen met een ketenlengte tussen de C₁₂ en C₁₆ (Romero-Izquierdo et al., 2021), waarbij nog kleine hoeveelheden zuurstof-, stikstof- en zwavelverbindingen aanwezig zijn. Er zijn zowel initiatieven om fossiele kerosine te vervangen met hernieuwbare kerosine als om nieuwe typen brandstoffen en motoren te ontwikkelen.

A Vliegen op alcohol

'Alcohol to Jet' is een biogebaseerde manier om brandstof voor de luchtvaart te maken. De suikers in biobased-reststromen worden vergist tot alcoholen als butanol en ethanol. Dan wordt water ervan afgesplitst, waardoor alkenen gevormd worden. Door te polymeriseren ontstaan koolwaterstoffen met langere ketens. Dubbele koolstofbindingen worden verzadigd met waterstof en daarna volgt fractionering tot biokerosine.

B Vliegen op oud frituurvet

Een tweede manier om kerosine na te maken is via bestaande groene lange koolwaterstoffen. De meest ver ontwikkelde techniek is 'Hydroprocessed Esters and Fatty Acids'



Fons Janssen studeerde tussen 2013-2020 biotechnologie in Wageningen met een specialisatie in proceskunde. Hij is bestuurslid bij de Chemie & Maatschappij Groep van de KNCV en medeauteur van het rapport 'Can we fly in 2040?'

(HEFA), (Soubly, 2020), waarbij de esters van oud frituurolie gebruik worden. De esters worden eerst katalytisch verzadigd met waterstof. Daarna vallen met thermolyse de triglyceride-esters uiteen in glycerol en vetzuren. De vetzuren worden decarboxyliseerd (-COOH groep eraf halen) en vervolgens gekraakt naar de verschillende brandstoffen.

C Vliegen met synthetische brandstoffen

Tot slot is het ook mogelijk om via het Fischer-Tropsch-proces synthetische brandstof te maken (Van de Loosdrecht et al., 2013). Hierbij gebruik je waterstof en koolstofmonoxide of koolstofdioxide. De waterstof kun je met elektrolyse maken uit water en (hernieuwbare stroom) of uit methaan met de methaan-water-shiftreactie. De koolstofbron kun je halen uit het vergassen van afval of biobased-reststromen. Ook is de industrie bezig om CO₂ af te vangen uit hun schoorstenen en zijn er zelfs bedrijven die CO₂ uit de lucht halen. In installaties met verschillende katalysatoren met hoge temperatuur en druk vormen de grondstoffen koolwaterstoffen en water. Na het verwijderen van water door te koelen, wordt het mengsel gedestilleerd en de fractie kerosine opgevangen. Pas als de waterstof of CO₂ niet komen van fossiele bronnen is deze brandstof circulair en duurzaam te noemen.

D Vliegen op waterstof

Bij veel kerosine-productiemethodes wordt waterstof toegevoegd. Hiermee wordt het koolwaterstofmolecuul verzadigd met hoog energetische koolstof-waterstof bindingen, zodat de energiedichtheid van de brandstof stijgt. Ondanks dat waterstof het lichtste element is, is de energie-volume-dichtheid zeer laag, ook onder hoge druk. Waterstof kan je direct verbranden in een aangepaste turbine. Een andere en meer energie-efficiënte toepassing is het gebruik in een elektrische brandstofcel (Durkin et al., 2024)). Het nadeel van een brandstofcel is dat het snel opschalen van vermogen nog moeilijk gaat.

E Vliegen op batterijen

Naast het verbranden van energiedragers, ofwel brandstoffen, kun je energie ook opslaan in batterijen. Degene die nu gebruikt worden,



De Flying-V bespaart 20 procent op het brandstofverbruik, tekening TU Delft

zijn Lithium-ion batterijen. Deze batterijen zijn veel minder energiedicht dan kerosine (300 tegen 12.000 Wh per kg). Veel onderzoek gaat naar nieuwe typen batterijen met een hogere dichtheid, meer cyclussen om te herladen en betere veiligheid door warmte beter af te voeren. Momenteel is het al mogelijk om met een kleine groep mensen korte afstanden te vliegen. Het ziet eruit dat alleen voor korte vluchten zoals Amsterdam-Londen batterijen gebruikt zullen worden (Jacobo, 2024).

Conclusie

Er zijn dus behoorlijk veel manieren om duurzame luchtvaart te ontwikkelen. Klimaatactie is maar één van de grote drijvende krachten achter deze duurzame transitie. In de Nederlandse luchtvaartdiscussie spelen ook de vermindering van fijnstof, stikstofoxides en geluidsoverlast een grote rol. Het beleid van de Europese Unie is dat richting 2040 biobased kerosine snel opgeschaald wordt ('Fit for 55 and ReFuelEU Aviation | EASA, 2024), maar dit kan slechts een klein deel van de huidige vluchten binnen Europa van brandstof voorzien. Je gaat niet iedere dag friet eten om frituurolie aan te leveren. Richting 2050 moeten de synthe-

tische brandstoffen het merendeel vormen. Fossiel vliegen wordt in Europa duurder, omdat voor emissies meer betaald gaat worden. De duurzame opties zijn vaak nog duurder door ontwikkelingskosten en het lage aanbod. Het wordt dus ook een politieke kwestie met welke brandstoffen en hoeveel en hoe vaak mensen nog kunnen vliegen en hoe de kosten verdeeld worden in deze internationaal competitieve sector. Hopelijk gaat het natuurwetenschappelijk onderwijs de duurzaamheid van de verschillende opties aan de orde stellen. Dan kunnen leerlingen in de nabije toekomst goed geïnformeerd meedenken en beslissen over deze opties. ●

BRONNEN

- Voor het CMG-KNCV rapport 'Can we fly in 2040? Under what premises could flying be a sustainable means of transport in 2040?' zie <https://cmg.kncv.nl/rapporten>.
- De andere bronnen staan onder het artikel op de website. Alle bronnen werden op internet geraadpleegd op 17 april 2024.