



Commentaar op conceptadvies Kerosinemotoremissie

Comments on draft report Kerosene Engine
Exhaust

Inhoud / Contents

Dit document bevat de letterlijke weergave van de commentaren (deels Engelstalig) van:

- 1 Jongeneelen
- 2 d'Onofrio
- 3 NIOSH
- 4 Axxicom
- 5 FNV - Trade Unions
- 6 Auxillium
- 7 KLM
- 8 Schiphol
- 9 KWS

This document contains the comments (partly in Dutch) by:

- 1 Jongeneelen
- 2 d'Onofrio
- 3 NIOSH
- 4 Axxicom
- 5 FNV - Trade Unions
- 6 Auxillium
- 7 KLM
- 8 Schiphol
- 9 KWS

Gezondheidsraad

t.a.v.: dr. D. Boers
Secretaris DECOS
Email: draftOSH@gr.nl

Nijmegen, 2 februari 2026

Geachte heer Boers,

Met veel interesse heb ik kennis genomen van uw draft-rapport. Grenswaarden afleiden voor complexe mengsels is een lastige klus. Uitlaatgassen van turbomotoren van vliegtuigen is zo'n complex mengsel. Helaas komt de commissie tot de conclusie dat er geen geschikte meetbare indicator voor de blootstelling aan KME is. Daarom wordt geadviseerd om bestaande grenswaarden voor componenten van KME te gebruiken.

Ik begin met het aanleveren van gegevens: Meer dan 25 jaar geleden heb ik onderzoek begeleid naar risico's van de blootstelling van grondpersoneel op het platform van onze nationale luchthaven. We hebben gepioneerd bij het vinden van markerstoffen voor blootstelling aan kerosinedampen en uitlaatgassen van vliegtuigen en afhandelingverkeer, nadere richtlijnen ontbraken. De meest geschikte indicatoren voor de blootstelling op het platform zijn geselecteerd aan de hand van de volgende 3 criteria:

- Aard van gezondheidseffecten
- Beschikbaarheid van een grenswaarde
- Kans op overschrijding van de grenswaarde

We hebben gekozen voor metingen van totaal koolwaterstoffen, NO₂, CO en benzo(a)pyreen in de ademzone en 1-hydroxypyreen in urine van platform medewerkers. Vervolgens zijn de geselecteerde markerstoffen gemeten en zijn de risico's van blootstelling van medewerkers op het Schiphol platform beoordeeld. De afwegingen hierbij en de resultaten van de metingen zijn opgenomen in 2 rapporten die ik bijsluit:

Rapport IT-97038: Meetplan chemische blootstelling van medewerkers op platform Luchthaven Schiphol - augustus 1997

Rapport IT-97057: Chemische blootstelling Apron Officers op platform Amsterdam Airport Schiphol - Mei 1998

Graag wijs ik erop dat in de rapportages resultaten van persoonlijke metingen van totaal koolwaterstoffen, CO, NO₂ en benzo(a)pyreen zijn opgenomen, aangevuld met metingen van de PAK-biomarker 1-hydroxypyreen in urine van platform medewerkers. Wellicht interessant voor u.

Mijn opmerkingen op het public draft report: Kerosene Engine Exhaust zijn de volgende:

- In hoofdstuk 2 wordt de samenstelling van KME besproken. Er is ruim aandacht voor de vergelijking met dieselmotoremissies (DME), terwijl de vergelijking met benzinemotoremissies (BME) er bekaaid vanaf komt. De commissie schrijft op pg 18: "*..kerosene jet fuel and diesel fuel (data of 'older' diesel fuel) show strong similarities in composition. As kerosene and diesel fuel exhibit comparable chemical compositions, it is likely that their combustion products, also show similar characteristics. Gasoline fuel, however, clearly differs in composition compared to kerosene and diesel fuel. Gasoline contains more (volatile) aromatic compounds and far less alkanes (e.g., methane). Gasoline will therefore not be further considered in this advisory report.*"
Daar valt wel wat tegenin te brengen. Het kooktraject van kerosine (145-300 °C) ligt tussen die van diesel (200-350 °C) en die van benzine (50-210 °C) en dat geldt ook voor de samenstelling van de destillatiefracties uitgedrukt als fractie koolwaterstoffen (kerosine: C₉ - C₁₆, diesel: C₁₄ - C₂₀ en benzine: C₅ - C₁₀). Reden genoeg om meer aandacht te schenken aan de vergelijking van KME met BME. Zeker als we verder de verbrandingsprocessen die leiden tot KME, DME en BME in aanmerking nemen. Het verbrandingsproces van kerosine in een turbojet wordt bij het starten van de turbine ingeleid door vonken van een bougie en is daarna continu, zoals bij een ketelbrander. Bij een dieselmotor is de verbranding van diesel discontinu en spontaan, onder hoge druk, terwijl in een benzinemotor de verbranding ook discontinu is en gestuurd wordt door de vonk van de bougie. Het verbrandingsproces en de -temperatuur zijn belangrijke bepalende factoren voor de samenstelling van de uitstoot. Door ook BME te vergelijken met KME (met name in de tabellen 2 en 4), wordt voorkomen dat er sprake is van een versmalde kijk op dit aspect cq. wordt voorkomen dat er sprake is van een tunnelvisie.
- Op pg 28 wordt de meetmethode voor elementair koolstof (EC) besproken. Ik lees: "*Well-established methods for EC sampling and analysis usually employ filter-based sampling followed by analysis using gas chromatography with a flame ionisation detector (GC-FID) or gas chromatography with a mass spectrometer (GC-MS)*". Dit is onjuist. In het Amerikaanse voorschrift (NIOSH methode 5040) is te lezen dat elementair koolstof (EC) wordt geanalyseerd met een heel andere techniek nl. met een '*thermal-optical analyzer*'. Hierbij worden de fracties

elementair koolstof (= Elemental Carbon = EC) en organisch koolstof (= Organic Carbon = OC) bepaald. De analyse gaat als volgt: eerst wordt het organisch koolstof in het monster verdampt in een inerte helium atmosfeer bij een temperatuur van 820 °C. Daarna volgt een 2^e stap, bij een verlaagde aanvangstemperatuur wordt in een mix van helium met 10% zuurstof de temperatuur verhoogd tot max. 940 °C. In deze oxiderende fase komt het elementair koolstof vrij. De vrijkomende koolstof bij deze twee stappen wordt katalytisch geoxideerd tot CO₂, dat vervolgens gereduceerd wordt tot CH₄ en dit wordt gemeten met een vlamionisatie detector (FID). Deze nogal omslachtige meetmethode is gevoelig voor systematische meetfouten: de analytische scheiding van organisch koolstof versus elementair koolstof is cruciaal. Ook wordt (optisch) gecorrigeerd voor pyrolytisch gegenereerd koolstof, zgn. "char", dat bij sommige monsters ontstaat. En er is overschatting mogelijk door koolstofbevattende co-exposures zoals carbonaten (bijv.: CaCO₃, CaMg(CO₃)₂ of in minerale vorm: calciet en aragoniet.

Calibratie is omslachtig¹ omdat EC-referentiemateriaal niet beschikbaar is. Als referentiemateriaal voor koolstof wordt sucrose gebruikt (= OC).

Resultaten van een interlaboratorium vergelijking² laten zien dat de meetmethode erg gevoelig is voor kleine wijzigingen in de uitvoering. In een review van Europese meetspecialisten³ wordt geconcludeerd dat: "*The difference between EC values as determined by the different protocols is not only dependent on the optical pyrolysis correction method, but also on the chemical properties of the samples due to different contributions from various sources.*"

In Nederlands onderzoek⁴ naar de bijdrage van EC en OC aan fijnstof bleek dat er grote verschillen gevonden werden in meetresultaten van 2 betrokken laboratoria: "*the various techniques give values for EC that differ by a factor of two to three*". Niet lang geleden is een Europese studie⁵ gepubliceerd naar de kwaliteit van OC/EC metingen van labs

¹ Folesani et al. Critical Issues in Assessing Occupational Exposure to Diesel Dust Exhaust. *Med Lav* 2024; 115 (4)

² Birch E. Analytical Instrument Performance Criteria. Occupational Monitoring of Particulate Diesel Exhaust by NIOSH Method 5040. *Applied Occupational and Environmental Hygiene*, Volume 17(6): 400-405, 2002.

³ Karanasiou e.a, Thermal-optical analysis for the measurement of elemental carbon (EC) and organic carbon (OC) in ambient air a literature review. *Atmos Meas Tech Discuss*, 8, 9649-9712, 2015.

⁴ Ten Brink, e.a. (2009) Carbon (EC/OC) concentrations as derived from routine PM measurements in the Netherlands': PBL-report 500099005.

⁵ European Commission, Joint Research Centre, Cavalli e.a. Results of the inter-laboratory comparison exercise for TC and EC measurements, Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2024.

die maten volgens de Europese meetnorm EN16909:2017. Van 35 deelnemende labs werd de bias aan de hand van z-scores beoordeeld. Voor de EC-metingen werden 11 uitschieters ('outliers') and 19 achterblijvers ('stagglers') vastgesteld. Ik heb zelf ervaren dat bij het meten van EC in composteerbedrijven (waar veel organisch koolstof in de lucht hangt) onverklaarbaar hoge concentraties EC werden vastgesteld.

Concluderend: de meetmethode voor EC wordt in het draft-rapport "well-established" genoemd, maar de meting gaat gepaard met forse onzekerheden. Het lijkt mij dat de methode "**complex and sensitive to bias and interferences**" genoemd moet worden.

- In hoofdstuk 3.2 wordt '*Biomonitoring of workplace exposures*' besproken. In tabel 9. (Titel: *Overview of sampling and analytical method for biomonitoring of PAH*) worden kenmerken van de meetmethode van biomonitoring van PAK gepresenteerd. De NIOSH methode 5528 waarnaar verwezen wordt, is echter een heel andere meetmethode, nl. voor PAK in de lucht. De titel is : *POLYNUCLEAR AROMATIC HYDROCARBONS in AIR by GC-MS SIM*. Twee juiste, op betrouwbaarheid getoetste meetvoorschriften voor biologische monitoring van PAK middels meting van gehydroxyleerde PAK in urine zijn:
 1. Jongeneelen FJ & Anzion RBM. 1-hydroxypyrene in urine. In: DFG. *Analyses of hazardous substances in biological materials*. Wiley-VCH, Volume 3, 1991, pp 151-169.
 2. ACGIH, 2017. Polycyclic aromatic hydrocarbons. In *Documentation of the Biological Exposure Indices*. 8th edition documentation. American Conference of Governmental Industrial Hygienists, Cincinnati (Oh), USA <https://www.acgih.org>

Bovendien doet de opmerking in de eerste zin van paragraaf 3.2.2 vermoeden dat hier ook de methode voor luchtmetingen van PAK verward is met die voor urinemetingen van PAK. Of anders graag uitleg. De zin is: "*Biomonitoring of PAHs (see Table 9) makes use of gaseous and particle-bound PAHs*".

- In hetzelfde hoofdstuk staat paragraaf 3.2.1: Ultrafine particles. De studies die aangehaald worden gaan over deeltjes BC (= Black Carbon) die in biologische media gemeten zijn. In de tekst wordt het echter aangehaald als EC (= Elementair koolstof). BC is een maat voor de optische meting van stofdeeltjes, terwijl EC een maat is voor chemische samenstelling gemeten als thermisch vast koolstof. BC wordt uitgedrukt in aantallen deeltjes, terwijl EC normaliter als massa gemeten wordt. Dus deze maten zijn compleet verschillend. De laatste zin van de paragraaf: "*Although EC is generally recognized as an indicator for DEE exposure, biomonitoring of EC could*

also be applied to KEE-particles" is misplaatst en wordt ook niet gedekt door referentie nr 95.

Bovendien lijkt me een meer terughoudende beschrijving van BC deeltjes in het lichaam beter passend, gezien de wetenschappelijke discussie⁶ over de betrouwbaarheid van metingen van microdeeltjes in humane weefsels en vloeistoffen.

- In paragraaf 4.4: *Summary on occupational exposure to kerosene engine exhaust* worden de gegevens van beroepsblootstelling aan KME samengevat. Er wordt o.a. aangegeven dat naftaleen de PAK is met de hoogste blootstelling (pg 49, regel 43): *"Regarding the composition of particle samples collected at the apron, the most abundant species of vapor phase PAHs in KEE were naphthalene and alkyl-substituted naphthalenes"*. Naftaleen zou daarom wellicht als indicator van blootstelling gebruikt kunnen worden. In het RIVM rapport⁷ over KME wordt naftaleen als volgt gekwalificeerd: *1: Belongs to the group of PAHs as defined under the REACH regulatory process (ECHA); 2*: Belongs to the top 10 most prevalent of the HAPs included in the U.S. EPA National Toxics Inventory (FAA 2003).*

Toch is naftaleen niet opgenomen in tabel 16 (Titel: Overview of some existing OELs for toxicological relevant components of KEE), noch genoemd in de evaluatie en aanbevelingen. Waarom is dit geen goede marker voor KME? Voor deze component is de blootstelling van vliegveldmedewerkers beschreven in de paper van Childers et al⁸. Bovendien is voor naftaleen onderzocht welke metaboliëten geschikt zijn als biologische indicatoren⁹. Ook is de biologische monitoring van vliegveldmedewerkers beschreven in de paper van Smith et al¹⁰. De Amerikaanse ACGIH¹¹ heeft een grenswaarde

⁶ Monikh FA e.a. Challenges in studying microplastics in human brain. *Nature Medicine* volume 31, pages 4034-4035 (2025).

Also: Campen MJH e.a. Reply to: Challenges in studying microplastics in human brain. *Nature Medicine* volume 31, pages 4036-4037 (2025).

⁷ RIVM. Aircraft Engine Emissions (AEE): an overview of the available data on mutagenicity, carcinogenicity and other health effects. Letter report 2024-0148.

⁸ Childers et al. Real-Time and Integrated Measurement of Potential Human Exposure to Particle-Bound Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAHs) from Aircraft Exhaust. *Environmental Health Perspective* (2000) 108 853-862.

⁹ Klotz e.a. Validity of different biomonitoring parameters in human urine for the assessment of occupational exposure to naphthalene. *Arch Toxicol* (2019) 93(8):2185-2195.

¹⁰ Smith et al,. Urinary biomarkers of occupational jet fuel exposure among air force personnel. *Journal of Exposure Science and Environmental Epidemiology* (2012) 22, 35-45.

¹¹ ACGIH: Documentation of the Threshold Limit Values (TLVs) and Biological Exposure Indices (BEIs) Naphthalene: BEI(R) 8th Edition Documentation).

voorstel opgesteld voor de som van 1- en 2-naphthol in urine (= Biological Exposure Index = BEI). Tenslotte zijn voor de biomonitoring van naftaleen twee geaccordeerde meetvoorschriften beschikbaar (als 1- en 2-naftol in urine):

1. Hardt J. Naphtalene metabolites 1-naphtol and 2- naphtol (GC-MS). In: DFG. Biomonitoring methods. Wiley-VCH, Volume 12, 2010, pp 303-318.
2. Preuss R and Angerer J. Naphtalene metabolites 1-naphtol and 2-naphtol (3D-LC-FLD). In: DFG. Biomonitoring methods. Wiley-VCH, Volume 12, 2010, pp 319-323.

- De commissie heeft de scope van KME beperkt tot emissies van vliegtuigen. Maar blootstelling aan KME sec is een nogal theoretisch uitgangspunt. De praktijk is immers dat de werknemers op het platform niet alleen aan verbrandingsgassen van vliegtuigen worden blootgesteld, maar ook aan kerosinedampen. En aan dieseluitlaatgassen van afhandelingsverkeer en Ground Power Units (GPU's). Ook zal er enige blootstelling zijn aan verkeersemisies van de snelwegen rondom vliegvelden. Dus blootstelling aan KME sec bestaat in de praktijk niet, de blootstelling van vliegveldmedewerkers is altijd een mix van bovengenoemde bronnen. Het advies zou veel beter bij de praktijk aansluiten als de scope van het rapport verbreed wordt tot beroepsblootstelling op vliegvelden (van Kerosine Engine Exhaust naar Airfield Air Exposure = AAE of Airfield Worker Exposure = AWE).
- Mijn ervaring leert dat op het platform de geur van kerosine regelmatig geroken kan worden. Bij het tanken en onderhoudswerk op het platform is er soms sprake van spills resulterend in uitstoot van damp, dat verder wordt aangevuld door kerosinedamp die optreedt bij een koude start. Ter aanvulling de volgende anekdote: ik ben opgegroeid in Badhoevedorp. Als ik rond de eeuwwisseling mijn ouders bezocht, kwam het bij ongunstige weersomstandigheden voor dat ik en mijn vrouw kerosinedamp roken als we uit de auto stapten. De afstand van het ouderlijk huis midden in het dorp tot de verkeerstoren van Schiphol is ongeveer 3 km. Derhalve: de blootstelling aan kerosinedampen voor werknemers op het platform is niet onaanzienlijk en draagt wezenlijk bij aan de totale blootstelling.
- De commissie adviseert, nu zij geen gezondheidskundige advieswaarde voor KME kan afleiden, om bestaande grenswaarden toe te passen. In tabel 16 worden de chemische componenten van KME met grenswaarden opgesomd. Het werkveld zou er zeer bij gebaat zijn als deze componenten van KME gerankt zouden worden naar relevantie voor het beoordelen van KME-blootstelling; een soort lijst met - *for the time being* - de meest

geschikte indicatoren voor het beoordelen van blootstelling aan KME. Bijv. aan de hand van een matrix. Dat zou kunnen op basis van de criteria;

(i) aard van gezondheidseffecten en

(ii) kans op overschrijding van de grenswaarde.

Het wordt dan inzichtelijk welke indicatoren de hoogste prioriteit krijgen bij het beoordelen van de blootstelling. Zijn dat individuele chemische componenten, is het elementair koolstof, of is het misschien fijnstof of ultrafijn stof? Een matrix met KME-indicatoren die op relevantie gerankt zijn, geeft het werkveld een helder handvat om, in afwachting van nader onderzoek, de op dit moment, naar de huidige stand van de wetenschap, de meest geschikte indicator(en) voor KME te gebruiken. Een dergelijke prioritering van blootstellings-indicatoren voor KME is datgene waar de wereld van arbeidstoxicologische/-hygiënische adviseurs behoefte aan heeft.

Als laatste zou ik graag de volgende aanpak voor een beschermingsregiem voor aan KME-blootgestelde werknemers aan u willen voorleggen:

De WHO advieswaarde¹² van 2021 voor de jaargemiddelde concentratie fijnstof in de buitenlucht is $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en voor de 24-uursconcentratie is dat $45 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$, respectievelijk als PM_{10} en als $\text{PM}_{2,5}$. Deze WHO advieswaarden gelden voor de algemene bevolking en zijn gebaseerd op "*the latest body of evidence on the health impact of different air pollutants*". Omdat fijnstof nadelige effecten geeft op hart/bloedvaten en op luchtwegen en de cumulatieve blootstelling (of de dosis) bepalend is voor de ernst van deze effecten, kan deze gezondheidskundige grenswaarde voor de algemene bevolking vertaald worden naar een advieswaarde voor werknemers. Rapport 1996/12 van de Gezondheidsraad¹³ geeft de methodiek hiervoor. Het houdt in dat de grenswaarde voor de algemene bevolking wordt vertaald naar een grenswaarde voor werknemers aan de hand van een onzekerheidsfactor (= uncertainty factor = UF), die is opgebouwd uit twee deelfactoren. Deze deelfactoren zijn:

1. de eerste deelfactor voor het in rekening brengen van verschillen in gevoeligheid van de blootgestelde bevolkingsgroepen (*intraspecies*-onzekerheidsfactor).
2. de tweede deelfactor voor het in rekening brengen van de duur van blootstelling.

¹² WHO, WHO global air quality guidelines. Particulate matter (PM10 and PM2,5), ozon, nitrogen dioxide, sulfur dioxide and carbon monoxide (2021).

¹³ Gezondheidsraad. Toxicologische advieswaarden voor blootstelling aan stoffen. Rapport 1996/12.

Ad 1. Vanwege het feit dat gevoelige subpopulaties van de algemene bevolking ontbreken in de beroepsbevolking (zoals kinderen en ouderen; hart-vaatpatiënten en astmapatiënten grotendeels) wordt de default-waarde van 10 genomen.

Ad 2. Standaardwaarden voor de duur van levenslange blootstelling en de duur van beroepsblootstelling zijn vermeld in rapport 2012/16 van de Gezondheidsraad. Deze zijn hieronder weergegeven:

Tabel 3. Standaardwaarden voor de mens voor levenslange blootstelling en voor blootstelling op de werkplek (uit rapport 2012/16, Gezondheidsraad¹⁴).

| Blootstelling-situatie | Duur van de blootstelling | Inademing |
|------------------------|--|---------------------------------------|
| Levenslang | 75 jaar, 24 uur per dag, 7 dagen per week, 52 weken per jaar | 18 m ³ per 24 uur |
| Werkplek | 40 jaar, 8 uur per dag, 5 dagen per week, 48 weken per jaar | 10 m ³ per 8-urige werkdag |

Omrekenen van de duur van levenslange blootstelling in het leefmilieu naar de duur van blootstelling tijdens het werk geeft de volgende deelfactor: $75/40 \times 24/8 \times 7/5 \times 52/48 = 8,5$.

Om de advieswaarde fijnstof voor de werkplek als 8-uur tijd gewogen gemiddelde concentratie (= 8-uur tgg) vast te stellen, wordt als uitgangspunt de 24-uurs¹⁵ grenswaarde genomen. De onzekerheidsfactor (UF) voor de vertaling van deze grenswaarde voor de algemene bevolking naar de advieswaarde voor de beroepsbevolking wordt dan $10 \times 8,5 = 85$, waardoor de afgeleide advieswaarde van fijnstof voor de beroepsbevolking $45 \times 85 = 3825 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (als PM₁₀) en $15 \times 85 = 1275 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (als PM_{2,5}) wordt.

'Outdoor PM' en 'KME-stof' zijn beide zeer complexe mengsels, maar de samenstelling is niet dezelfde. De WHO geeft aan dat: "PM in urban and non-urban environments is a complex mixture with components having different chemical and physical characteristics" en "the proces of combustion is the greatest contibutor to air pollution, in particular of combustion of fossil fuels and biomass to generate energy". De International Agency for Research on Cancer (IARC) classificeerde outdoor air pollution en meer specifiek particulate matter als carcinogeen voor de mens vanwege het verband met longkanker¹⁶.

¹⁴ Gezondheidsraad. Leidraad berekening risicogetallen voor carcinogene stoffen. Rapport 2012/16.

¹⁵ Vastgesteld als 99-percentiel van de frequentieverdeling (d.w.z. 3 - 4 overschrijdingen per jaar)

¹⁶ International Agency for Research on Cancer. Outdoor air pollution. IARC Monographs Vol. 109, 2015.

De commissie heeft beschreven dat de toxicologische relevante componenten van KME zijn (pg 22, regel 3): "... combustion-generated particles, specifically soot, with adsorbed PAH and metals". De commissie stelt verder (pg 67, regel 2): 'There is limited evidence for genotoxicity of KEE' en (pg 67, regel 10): 'there is limited evidence for the carcinogenic potential of KEE'. De commissie geeft bovendien aan dat blootstelling aan KME-stofdeeltjes de volgende effecten geeft (pg 68, regel 9: "Several in vitro and in vivo studies have shown that aircraft exhaust particles or KEE-particles can cause inflammation, formation of ROS and DNA damage".

Er zijn overeenkomsten tussen 'outdoor PM' en 'KME-stof', maar ook verschillen. Stoffen die ontstaan bij verbranding van kerosine zullen naar verwachting meer in 'KME-stof' aanwezig zijn, 'KME-stof' wordt ingeschat als toxischer, daarom wordt voorgesteld om voor de verschillen in toxiciteit van 'outdoor PM' en 'KME-stof' een aanpassingsfactor te gebruiken; om aan de veilige kant te blijven wordt een waarde van 10 voorgesteld. De afgeleide advieswaarde van 'KME-stof' voor de beroepsbevolking is dan $3825/10 = 383 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (als PM_{10}) en $1275/10 = 128 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (als $\text{PM}_{2,5}$) en kan gelden als tentatieve waarde, uitgedrukt als 8-uurs tijd gewogen gemiddelde waarde. Bovenstaande afleiding van de tentatieve advieswaarde 'KME-stof' voor blootstelling in het beroep vanuit de WHO air quality guideline voor fijnstof is samengevat in onderstaande tabel:

Tabel. Voorgestelde afleiding van de tentatieve advieswaarde KME voor de werkplek.

| Blootstelingsmaat | WHO advieswaarde fijnstof voor de algemene bevolking (24-uur gemiddelde) | Onzekerheidsfactor (UF) voor vertaling van alg. bevolking naar beroepsbevolking | Afgeleide advieswaarde fijnstof voor beroepsbevolking (8-uur tgg) | Aanpassingsfactor voor KME-stof | Afgeleide <u>tentatieve</u> advieswaarde KME-stof voor beroepsbevolking (8-uur tgg) |
|-------------------|---|---|--|---------------------------------|--|
| PM_{10} | $45 \mu\text{g}/\text{m}^3$ | 85 | $3825 \mu\text{g}/\text{m}^3$ | 10 | $383 \mu\text{g}/\text{m}^3$ |
| $\text{PM}_{2,5}$ | $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$ | 85 | $1275 \mu\text{g}/\text{m}^3$ | 10 | $128 \mu\text{g}/\text{m}^3$ |

De tentatieve advieswaarde voor 'KME-stof' kan gebruikt worden als richtwaarde, in afwachting van nadere gegevens over de blootstelling-respons relatie.

Voor metingen van aerosol in de buitenlucht worden de stoffracties $\text{PM}_{2,5}$ en PM_{10} gehanteerd, terwijl voor werkplekmetingen de stoffracties respirabel stof en

Commentaar Jongeneelen op public draft report: Kerosene Engine Exhaust

inhaleerbaar stof worden genomen. Hoewel de fractie fijnstof die als PM₁₀ gemeten wordt anders is vastgelegd dan de stoffractie die gemeten wordt als respirabel stof, komen de afscheidingscurven redelijk overeen (beide zijn stoffracties tot 10 µm), derhalve zou de als PM₁₀ voorgestelde tentatieve advieswaarde van 'KME-stof' ook als respirabel stof kunnen gelden.

Met vriendelijke groet,
dr ir Frans Jongeneelen

Heyendaalseweg 100
6525EE Nijmegen

E: frans.jongeneelen@upcmail.nl

Bijlagen:

- 2 rapporten, IT-97038 en IT-97057

Comments on Draft Advisory Report: Kerosene Engine Exhaust (KEE) by d'Onofrio

Comment 1 — Interne consistentie: beperkte mengseldata versus classificatie via bridging

Locatie (pagina/regels):

Appendix E – p.116 r.13–25 en p.117 r.1–16 (conclusie: “cannot be classified ... based on the limited data ... on the mixture itself”).

Hoofdconclusies classificatievoorstel – p.67 r.5–22 (Muta. 2) en p.68 r.15–29 (Carc. 1B).

Comment:

In Appendix E concludeert de tekst expliciet dat KEE op basis van de beperkte data op het mengsel zelf niet kan worden geclassificeerd voor zowel germ cell mutagenicity als carcinogenicity. In de hoofdtekst wordt vervolgens wél een classificatie voorgesteld (Muta. 2 en Carc. 1B) op basis van bridging/analogie met DEE.

Verzoek:

Maak het besliskader expliciet en toetsbaar door:

- exact te specificeren welke CLP-stappen/criteria zijn toegepast (Annex I 1.1.3 weight of evidence; 1.1.4 bridging principles; relevante secties 3.5 en 3.6) om, ondanks beperkte data op het mengsel zelf, tot een classificatievoorstel te komen;
- transparant te beschrijven welke aannames doorslaggevend zijn, welke onzekerheden blijven bestaan en welke onderdelen van het bewijs (KEE-data, DEE-analogie, componentbenadering) het zwaarst wegen;
- expliciet te maken welke criteria zijn gehanteerd om “substantial similarity” tussen KEE en DEE vast te stellen en op welke parameters deze overeenkomst is gebaseerd.

Comment 2 — Definitie/scope 'KEE' en object van classificatie

Locatie:

p.15 r.8–16 (ICAO/LTO als benadering; beperkte publieke data voor niet-gereguleerde engine types; occupational relevance taxi/ground idle).

p.26 r.21–26 + Table 5 (vergelijking KEE vs DEE).

Comment:

De concepttekst beschrijft dat KEE-emissies worden beïnvloed door motortype, brandstof en operationele omstandigheden en dat publieke emissiedata vooral gebaseerd zijn op ICAO/LTO. Tevens wordt benoemd dat niet alle engine types onder ICAO-regulering vallen en dat publieke data daarvoor beperkter zijn.

Verzoek:

Definieer expliciet wat onder “KEE” valt:

- welke motorfamilies;
- welke bedrijfscondities;
- hoe niet-gereguleerde engine types binnen de scope vallen.

Geef daarnaast aan hoe deze afbakening zich verhoudt tot het object van CLP-classificatie (substance/mixture) en op welk emissiemengsel de classificatie concreet betrekking heeft.

Comment 3 — Zwavel als benoemd hoofdverschil en implicaties voor bridging

Locatie:

p.26 r.1-12 (brandstofzwavelwaarden zoals vermeld in het concept).

p.26 r.14-20 (“one main difference ... amount of sulphur compounds ... relevant for evaluation of toxicity”).

Comment:

Het concept benoemt zwavel als één van de hoofdverschillen tussen KEE en DEE, met verwijzing naar hogere (regulatoir toegestane) zwavelgehalten in kerosine ten opzichte van Europese dieselbrandstoffen, en koppelt dit aan SO₂- en UFP-vorming.

Verzoek:

Werk expliciet uit:

- of en hoe dit verschil het oordeel over “substantial similarity” beïnvloedt;
- welke blootstellingsindicatoren hierdoor mogelijk niet één-op-één vergelijkbaar zijn tussen KEE en DEE;
- hoe deze onzekerheid is meegewogen in de bridging-redenering.

Comment 4 — Indicatorproblematiek en implicaties voor read-across

Locatie:

p.73 r.1–7 (beperkte EC/BC/OC-data; meerdere koolstofbronnen op de apron).

Hoofdstuk 10.2 (indicatorselectie: UFP, EC/BC/OC, SO₂; selectiviteit).

p.77 r.30–40 (aanbeveling tot verdere vergelijking DEE en KEE).

Comment:

Het concept stelt dat beperkte data beschikbaar zijn over EC/BC/OC in KEE en dat verdere research nodig is om een geschikte indicator vast te stellen. In de DEE-context wordt EC/REC gebruikt als surrogaat voor carcinogene relevantie.

Verzoek:

Neem de indicatoronzekerheid expliciet op als kern-onzekerheidscomponent in de read-across:

- maak duidelijk welke indicator(en) impliciet of expliciet de vergelijking dragen;
- beschrijf of en hoe de geschiktheid en kwantitatieve relatie met het relevante toxische effect voor KEE is vastgesteld;
- geef aan hoe deze onzekerheid wordt gewogen binnen het totale bewijs.

Indien EC/REC (of een andere parameter) de dragende indicator is voor carcinogene relevantie bij DEE, maak expliciet op welke wijze is aangetoond dat deze parameter voor KEE zowel aanwezig is als in kwantitatieve relatie staat tot het relevante effect. Indien deze relatie voor KEE nog niet is vastgesteld, dient dit expliciet te worden meegenomen in de beoordeling van “substantial similarity” en de sterkte van de analogie.

Comment 5 — Gewicht van bewijs: instillatiestudie (Bendtsen 2019)

Locatie:

p.74 r.35–42 (intratracheal instillation; DNA-strandbreuken).

Comment:

De studie betreft een single intratracheal instillation en toont verhoogde DNA-strandbreuken na bolustoediening van deeltjes.

Verzoek:

Maak expliciet:

- hoe deze bevinding is gewogen binnen het totale bewijs;
- welke beperkingen gelden voor route-to-route extrapolatie (intratracheale bolus versus inhalatoire blootstelling);
- welke rol deze studie speelt binnen de classificatie (ondersteunend mechanistisch signaal versus dragend bewijs).

Comments on DECOS draft document on Kerosene Engine Exhaust
By: Shirisha Chittiboyina, PhD, Senior Service Fellow
NIOSH/Division of Science Integration/Risk Evaluation Branch
Cincinnati, OHIO, USA

| PAGE NUMBER, LINE NUMBER | COMMENT |
|---------------------------------|--|
| General Comments | The DECOS report in Kerosene Engine Exhaust (KEE) has defined the agent and scope very well in the beginning of the report. Given the scarcity of data, drawing analogy with DEE, a similar compound is appropriate. The committee's recommendation seems appropriate. However, the argument that evidence of mutagenicity is limited doesn't seem to fit the available scientific literature. PAHs and particulate matter have been shown to cause mutagenicity in human population samples. There might be a need for more clarification in the recommendation section in Chapter 8, to provide more detail about the evidence of mutagenicity in occupational exposure cohorts being limited. |
| Specific Comments | |
| Page 8, line 25-26 | Under the section "Classification of KEE for carcinogenicity", please clarify in the lines 25-26 that the Category 1B classification is according to EU classification of carcinogens. The line preceding this statement in line 24 refers to IARC classification of DE in Group 1. Please add a sentence to mention what was DE classified as under EU classification of carcinogens and continue with the statement about KEE and revise the sentence to draw clarity. |
| Page 55, Chapter 6 | The authors mentioned that PAHs are one of the metabolic compounds of KEE alongside with DEE. Nitropyrene, one of the PAHs in kerosene combustion, has evidence to cause mutations in strain TA98 (reference: Kinouchi T, Nishifuji K, Tsutsui H, Hoare SL, Ohnishi Y. Mutagenicity and nitropyrene concentration of indoor air particulates exhausted from a kerosene heater. Jpn J Cancer Res. 1988 Jan;79(1):32-41. doi: 10.1111/j.1349-7006.1988.tb00008.x. PMID: 3128503; PMCID: PMC5907765). While this study is not an occupational exposure study, consideration of MOA for particles in the mixture of KEE, it is essential to weigh the evidence for carcinogenicity. |

Comments on DECOS draft document on Draft advisory report for public review: Kerosene Engine Exhaust
By: Jennie Cox, Research Industrial Hygienist
NIOSH/Division of Field Studies and Engineering
Cincinnati, Ohio, USA

| PAGE NUMBER, LINE NUMBER | COMMENT |
|---------------------------------|---|
| General Comments | The Committee's recommendations are appropriate. The draft report had a systematic approach and scientifically sound recommendations. |
| Specific Comments | |
| Page 22, line 8 | Nice description of particle formation that was presented in a way to be understood by wide audience. |
| Page 28, line 32 | Define MDHS |
| Page 29, line 21 | Change 'measurands' to 'measurements' |
| Page 29, line 31 | Change 'and or' to 'and/or' |
| Page 30, line 38 | Change 'have' to 'has' |
| Page 30, line 37 | Remove 'to EC' at the end of the sentence, so that it reads "... has successfully been used as a biomarker of exposure." |
| Page 39, line 14 | I would remove the GilAIR5 as it was just the sampling pump and add the method ICP-MS, to mirror the next section of area sampling (4.2.3). |
| Page 39, line 15 | Potentially add the reporting limits for that study since you are noting concentrations were below the limit of detection: 0.1 µg for chromium, nickel, vanadium, zirconium; 0.5 µg for molybdenum; 1.0 µg for zinc; 2.0 µg for aluminium; 3.0 µg for iron |
| Page 47, line 2 | Remove extra '0' in 2024 |
| Page 47, line 3 | ICP-MS was defined on page 30, and can remove "Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry" |
| Page 55, line 3 | Additional studies are suggested below for jet fuel exposures for your consideration; however, these studies are not likely to alter the conclusions or the recommendations of this report. All critical studies have been included, presented in sufficient detail, and presented concisely. |

| | |
|---|--|
| <p>Page 55, line 7 and Table D1</p> | <p>Additional human genotoxicity studies to potentially consider:</p> <ul style="list-style-type: none"> -Erdem O, Sayal A, Eken A, et al. 2012. Evaluation of genotoxic and oxidative effects in workers exposed to jet propulsion fuel. <i>Int Arch Occup Environ Health</i> 85(4):353-361. -Krieg EF, Mathias PI, Toennis CA, et al. 2012. Detection of DNA damage in workers exposed to JP-8jet fuel. <i>Mutat Res</i> 747(2):218-227. -Conaway CC, Schreiner CA, Cragg ST. 1984. Mutagenicity evaluation of petroleum hydrocarbons. In: MacFarland HN, Holdsworth CE, MacGregor JA, et al., eds. <i>Advances in modern toxicology. Volume VI: Applied toxicology of petroleum hydrocarbons</i>. Princeton, NJ: Princeton Scientific Publishers, 89- 107. |
| <p>Page 58, line 15 and Table D3</p> | <p>Additional in vitro genotoxicity studies to potentially consider:</p> <ul style="list-style-type: none"> -Air Force. 1978. Mutagen and oncogene study on JP-8. Wright-Patterson Air Force Base, OH: Aerospace Medical Research Laboratory, Aerospace Medical Division, Air Force Systems Command, AD-A064-948/3. -Jackman SM, Grant GM, Kolanko CJ, et al. 2002. DNA damage assessment by comet assay of human lymphocytes exposed to jet propulsion fuels. <i>Environ Mol Mutagen</i> 40(1):18-23. |
| <p>Page 71, line 9</p> | <p>Often for Diesel Exhaust, Carbon Monoxide (OSHA PEL 50 ppm) and Nitric Oxide (OSHA PEL 25ppm) are also monitored.</p> |

Bezoekadres:
Vertrekpassage 2
3e etage Ruimte 3863-01
1118 AP Schiphol

Postadres:
Axxicom Airport Caddy BV
Aankomstpassage1-32
1118 AP Schiphol

Gezondheidsraad
t.a.v. Dr. D. Boers

Onderwerp
Reactie openbare consultatieronde conceptrapport kerosinemotoremissie

Datum
23 maart 2026

Geachte dr. D. Boers,

Axxicom Airport Caddy B.V. heeft kennisgenomen van het conceptrapport over kerosinemotoremissie dat op 5 januari 2026 openbaar is gesteld. Wij spreken onze waardering uit voor het zorgvuldige, wetenschappelijk onderbouwde onderzoek dat is uitgevoerd en verwelkomen het rapport.

Als werkgever staat voor ons goed werkgeverschap en de bescherming van de gezondheid van onze medewerkers centraal. Dat betekent dat wij streven naar een veilige en gezonde werkomgeving en dat blootstelling aan carcinogene stoffen in beginsel tot een minimum – en waar mogelijk tot nihil – moet worden teruggebracht. Het vaststellen van grenswaarden kan daarbij helpen, maar doet niet af aan het uitgangspunt van maximale preventie.

Tegelijkertijd erkennen wij de complexiteit van blootstelling aan kerosinemotoremissie en de samenstelling daarvan. Hoewel grenswaarden voor bijvoorbeeld PAK's of indicatorstoffen zoals EC richting kunnen geven, is het op dit moment niet met zekerheid vast te stellen of dergelijke normen in alle gevallen voldoende bescherming bieden voor werknemers in uiteenlopende situaties. Gezien deze onzekerheid achten wij het prematuur om uitsluitend op dergelijke grenswaarden te acteren als maatstaf voor beleid en maatregelen in de praktijk.

Wij hechten waarde aan de oproep in het rapport tot nader onderzoek dat kan bijdragen aan meer eenduidigheid over passende indicatoren en beschermingsniveaus en staan open voor samenwerking bij vervolgonderzoek. Een helder en robuust toetsingskader is essentieel om onze zorgplicht op een consistente en verantwoorde wijze in te vullen.

Daarnaast zullen wij – naar aanleiding van het uiteindelijke advies – binnen het sectorverband en in overleg met experts beoordelen op welke wijze de voorgestelde grenswaarden en bijbehorende beheersmaatregelen het beste kunnen worden geïmplementeerd, zodat deze effectief aansluiten bij onze medewerkers en onze bedrijfsvoering.

Wij staan open om vanuit de praktijk mee te denken over verdere uitwerking en kijken uit naar vervolgonderzoek om te komen tot meer eenduidige, robuuste aanbevelingen.

Met vriendelijke groet,

Mw. W. A. Keijzer
Manager Quality & Safety - Axxicom Airport Caddy



EUROPEAN
TRANSPORT
WORKERS'
FEDERATION



To

The Health Council of the Netherlands
Attn: Dr. D. Boers, scientific secretary
Dutch Expert Committee on Occupational Safety (DECOS)
draftOSH@gr.nl

Send by e-mail

Date

27 March 2026

Our reference

26-031 LH/SVDS/ivdj

Subject

Draft advisory report on Kerosene Engine Emissions

Email contact person

simon.vanderstoel@fnv.nl

Attachment(s)

Comments trade unions on draft
advisory report on Kerosene Engine
Emissions (KEE)

Dear members of the Health Council of the Netherlands and the Nordic Expert Group,

We are writing to you in relation to your public draft advisory report on Kerosene Engine Exhaust (KEE). The trade unions commend the committees for the elaborate evaluation under the CLP framework, including a carefully justified analogy to diesel engine exhaust (DEE) in light of limited KEE-specific data. We are pleased to note that the committees consider the analogy between KEE and DEE combined with the presence of established carcinogens in KEE, to be sufficient grounds for classifying KEE as a category 1B carcinogen. However, certain elements of your approach give us serious cause for concern. These concerns are addressed in the attached comment form, but we would like to outline them briefly in this letter in order to provide you with an overall perspective.

Our first major concern is that the committees mention the classification of outdoor air pollution and particulate matter as carcinogenic to humans, but there appears to be no thorough follow up on that finding. For example, there is no explanation that KEE independently falls into the scope and definition of outdoor air pollution, contains particulate matter and could therefore be classified as carcinogen too. Furthermore, relevant cohort studies of residents exposed to KEE in the vicinity of airports appear to have been overlooked. The trade unions are concerned that the exclusion of studies on outdoor air

pollution—particularly airport-related air pollution—unduly narrows the scientific basis of this draft advisory report. In addition, it is inexplicable to workers that such research is less relevant than in vitro and animal studies. In our view, they have a legitimate expectation that insights from studies on outdoor air pollution are also applied to protect their health. This is particularly relevant given the limited availability of data on the health effects of KEE, while the health stakes for airport workers are considerable.

Second, we wish to emphasize our concern regarding the limited practical applicability of the recommendations of the committees within the airport context. Based on previous evaluations of welding fumes and DEE, we anticipate that the recommendation to apply existing mass-based OELs for individual components of KEE will underestimate the overall risk of KEE, create a false sense of security among employers, potentially diminish the urgency to minimize exposure of workers to KEE as European law requires and might even result in reduced commitment to preventive technical measures. This is particularly relevant given the growing recognition within the scientific community that particle surface area, and therefore particle number concentrations, may be more indicative of health risk than particle mass when the mixture contains substantial amounts of UFP.

A third major concern we wish to highlight is the documented evidence that airport workers at Copenhagen Airport and Amsterdam Airport Schiphol are exposed to extremely high concentrations of ultrafine particles (UFP), and therefore to KEE as well. When workers are positioned behind a running aircraft engine, concentrations may even reach several million UFP per cubic centimetre. Yet, despite the availability of studies on UFP and airport-related UFP exposure, no assessment of these concentrations has been provided. This possibly creates the impression that no conclusions can be drawn, and therefore no warnings issued, in the absence of formally established health-based concentration-response functions. Furthermore, we are concerned that if the committees themselves do not explicitly acknowledge the hazardous properties associated with the observed concentrations of KEE-related UFP, such as overloading of the lungs, followed by impaired physiological functions, employers may not feel obliged to assess these hazards independently and take appropriate action. The trade unions therefore strongly urge the committees to establish, at a minimum, target levels for UFP and PM 2.5 exposures above which the committees can state with confidence that an increase in adverse health effects is reasonably expected.

In conclusion, the trade unions wish to express our appreciation for the committees' disciplined application of CLP criteria and the transparent reasoning behind the analogy with DEE to address current KEE data gaps. Furthermore, we appreciate the rigorous, cross-border collaboration, confident that it will accelerate acceptance and recognition by stakeholders worldwide. In this spirit, we fully recognize that our requests imply that the committees will need to adjust their methods and adopt a more interdisciplinary approach. Nevertheless, we are firmly convinced that the significance of the hazards faced by workers and the possible impact on their future, as well as the opportunity to develop more robust and practically applicable recommendations that will prevent disease among workers, fully justifies such a change. We therefore respectfully urge you to exercise your mandate to provide unsolicited advice to the government and to look beyond established conventions that do not adequately address the challenges posed by KEE.

Yours sincerely,

Leo Hartveld
Interim General Secretary
Federatie Nederlandse Vakbeweging



Josef Maurer
Head of Aviation
European Transport Workers' Federation



Giulio Romani
Confederal Secretary
European Trade Union Conference



Andrew Watt
General Director
European Trade Union Institute





Comments trade unions on draft advisory report on Kerosene Engine Emissions (KEE)

March 27, 2026

Simon van der Stoel
Policy advisor occupational health and safety
Federatie Nederlandse Vakbeweging (FNV)
also on behalf of
European Transport Federation (ETF)
European Trade Union Conference (ETUC)
European Trade Union Institute (ETUI)

| Page number, line number | Comment number | Comment |
|--------------------------|----------------|---|
| Page 4-9 | 1. | General comment: Trade unions ask for their comments to be incorporated in full into the summary. |
| Page 10, line 25 | 2. | Replace “PAH” by “PAHs” |
| Page 10, line 30-35 | 3. | <p>Add the highest exposed at Amsterdam Airport Schiphol (AAS): “construction workers” (“Main contractors,” group 9 and 10 in Van der Meer et al. 2024)</p> <p>The presence of these workers, employed by the main contractors, is not temporary, because maintenance, renovation and expansion are activities that are continuously performed to minimize the disturbance of the operations at the airport. It is unlikely that is an exception compared to other major airports.</p> <p>Van der Meer N, Houba R, Houba T and Kromhout H. <i>Blootstelling aan deeltjesvormige 7 verontreiniging van medewerkers Schiphol Airside</i>. Utrecht, the Netherlands: Universiteit 8 Utrecht, 2024; https://www.uu.nl/sites/default/files/240408%20Rapport%20Blootstelling%20deeltjesvormige%20verontreiniging%20Schiphol%20Definitief_0.pdf</p> |
| Page 11, line 2-11 | 4. | <p>The foundational assumption for assessment should be that KEE squarely falls under the scope and definitional contours of ambient air pollution. Any narrowing of the scientific corpus is unsupported, entails the neglect of extensive research, and may erroneously suggest that inter-source differentials between DEE and KEE bear on the validity of classification. On its own merits, without reference to DEE, KEE is properly characterized as air pollution and subsequently as a carcinogen too.</p> <p>Research on ambient (outdoor) air pollution is directly applicable to the evaluation of KEE because the emissions profile and exposure characteristics of kerosene-combustion sources substantially overlap with the constituents that define ambient air pollution, most notably fine and ultrafine particulate matter, black carbon/organic</p> |

| | |
|--|--|
| | <p>carbon/soot, nitrogen oxides, sulphur oxides, carbon monoxide, volatile organic compounds (including PAHs), and trace metals. The IARC Monograph on Outdoor Air Pollution concludes that outdoor air pollution as a mixture, and particulate matter in outdoor air specifically, is carcinogenic to humans (Group 1), based on sufficient evidence for lung cancer and strong mechanistic evidence (e.g., genotoxicity, oxidative stress, and chronic inflammation). Because these conclusions are mixture- and mechanism-based rather than source-restricted, the weight of evidence from outdoor air-pollution studies is probative for KEE wherever KEE emits the same agents and engages the same biological pathways. The implication is that KEE should be appraised within the established air-pollution framework: recognising the Group 1 precedent for comparable particulate fractions and avoiding any artificial narrowing of the evidence base to kerosene-only studies; in practical terms, this supports precautionary controls and exposure-reduction strategies in occupational settings.</p> <p>International Agency for Research on Cancer (IARC). <i>Outdoor Air Pollution</i>. IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans, Volume 109. Lyon, France: IARC; 2015. ISBN: 978-92-832-0147-2 / 978-92-832-0175-5.</p> <p>Rangel-Alvarado et al. (2022) identify the following similarities with ambient (outdoor) air pollution:</p> <p>“Airport-related emissions are the upmost contributors to air pollution in areas near airports (Chauhan and Singh 2020, Mazaheri et al. 2011, Singh and Chauhan 2020), where a vast increase in particulate matter (PM) is observed (Unal et al. 2005). It has been reported that ~ 97% of particles are due to aviation activities, including fine particles or particulate matter with diameters smaller than 2.5 microns (PM2.5) (Camero 2019; Mazaheri et al. 2011)... In airports, a significant source of PM2.5, including soot and other carbonaceous aerosols, is fuel burning by jet engines (Stacey 2018). Notwithstanding that airplane fuels are different motor vehicles, mostly using kerosene instead of gasoline fuel, and thus different amounts and types of pollutants (Midcontinent 2021).</p> <p>Aircraft emissions of PM2.5 include soot (Timko et al. 2010), metals, and other organic and inorganic emerging contaminants (Masiol and Harrison 2014, Rahim et al. 2019). Aside from particles, engines exhaust from aircraft produces several toxic gases such as NOx, CO, SO2, and other greenhouses gases (Bhattacharjee et al. 2015; Harrison et al. 2015). Airborne particles related to commercial aviation have been shown to be emitted predominantly during aircraft takeoff, landing, or idling activities, thus affecting airport regions (Camero 2019; Mazaheri et al. 2011; Vennam et al. 2017). The aircraft idling practice is not only harmful to human health, but it also is expensive, it can damage the engine, and it is ineffective to warm up the engine (Bern 2019). It has been observed that exposure</p> |
|--|--|

| | |
|--|--|
| | <p>to particles generated by idling causes inflammation of the bronchial epithelial cells (Jonsdottir et al. 2019).”</p> <p>Rangel-Alvarado, R., Pal, D., & Ariya, P. (2022). PM_{2.5} decadal data in cold vs. mild climate airports: COVID-19 era and a call for sustainable air quality policy. <i>Environmental science and pollution research international</i>, 29(38), 58133–58148. https://doi.org/10.1007/s11356-022-19708-8</p> <p>Furthermore, measurements at Copenhagen Airport confirm that APU and main engines contribute to PM2.5 and NOx levels at the apron (Ellerman et al. 2012):</p> <p>“Handling, APU, and main engines contribute 51%, 45% and 4% to PM2.5. In the case of NOx, handling, APU and main engines contribute 63%, 25% and 12%. Emission inventories suggest that half the emitted particle mass from the main engines is sulfate particles originating from sulfur in the jetfuel. In the same way, emissions from the APU’s are to some extent sulfate particles.”</p> <p>Trade unions emphasise that the figures reflect a 24-hour average contribution and therefore represent a diluted estimate of exposure. During peak operating hours, when workers are present, it is reasonable to expect that emissions from auxiliary power units (APUs) and main aircraft engines exceed ambient background concentrations. Moreover, H.C. Andersens Boulevard in Copenhagen exhibits higher around-the-clock (24-hour) concentrations than Copenhagen Airport, Kastrup. Finally, Copenhagen Airport, Kastrup, is a relatively small facility with lower aircraft activity than major hubs such as Amsterdam Airport Schiphol, Frankfurt Airport, and Paris–Charles de Gaulle.</p> <p>Ellermann, T., Massling, A., Løfstrøm, P, Winther, M., Nøjgaard, JK & Ketzel. M. 2012. Assessment of the air quality at the apron of Copenhagen Airport Kastrup in relation to the occupational environment. Aarhus University, DCE - Danish Center for Environment and Energy, 51pp. - Technical report from DCE – Danish Center for Environment and Energy No. 15. http://www2.dmu.dk/Pub/TR15.pdf</p> <p>Please start as follows:</p> <p>“Fossil fuel combustion is a major source of outdoor air pollution. IARC has classified both outdoor air pollution and particulate matter as carcinogenic to humans (group 1). Since KEE is a form of fossil fuel combustion, which has been thoroughly evaluated by IARC, these classifications apply to KEE too. Heightened concentrations of air pollutants have been observed at airports (Rangel-Alvarado 2022). Research reveals that aircraft engines contribute to these heightened concentrations (Cui 2018, Ellerman 2012, Rangel-Alvarado 2022, Shirmohammadi 2018, Zhang 2020). Furthermore, research has proved that airport-related PM0.25, even at relatively</p> |
|--|--|

| | |
|--|--|
| | <p>low exposure concentrations, possesses toxic properties similar to the PM_{0.25} emissions from urban traffic (He 2018). These observations are highly relevant, because the WHO has derived concentration response functions (CRFs) for particulate matter (PM₁₀ and PM_{2.5}) (World Health Organization 2021).</p> <p>Furthermore, kerosene jet fuel is derived from crude oil and distills between diesel and gasoline fractions...”</p> <p>Cui Q, Jia Z, Liu Y, Wang Y, Li Y. 24-hour average PM_{2.5} concentration caused by aircraft in Chinese airports from Jan. 2006 to Dec. 2023. <i>Sci Data</i>. 2024 Mar 9;11(1):284. doi: 10.1038/s41597-024-03110-9. PMID: 38461334; PMCID: PMC10925045.</p> <p>Rangel-Alvarado, R., Pal, D., & Ariya, P. (2022). PM_{2.5} decadal data in cold vs. mild climate airports: COVID-19 era and a call for sustainable air quality policy. <i>Environmental science and pollution research international</i>, 29(38), 58133–58148. https://doi.org/10.1007/s11356-022-19708-8</p> <p>Shirmohammadi, F., Lovett, C., Sowlat, M. H., Mousavi, A., Verma, V., Shafer, M. M., Schauer, J. J., & Sioutas, C. (2018). Chemical composition and redox activity of PM_{0.25} near Los Angeles International Airport and comparisons to an urban traffic site. <i>The Science of the total environment</i>, 610-611, 1336–1346. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.08.239</p> <p>Zhang, X., Karl, M., Zhang, L., & Wang, J. (2020). Influence of Aviation Emission on the Particle Number Concentration near Zurich Airport. <i>Environmental science & technology</i>, 54(22), 14161–14171. https://doi.org/10.1021/acs.est.0c02249</p> <p>He, R. W., Shirmohammadi, F., Gerlofs-Nijland, M. E., Sioutas, C., & Cassee, F. R. (2018). Pro-inflammatory responses to PM_{0.25} from airport and urban traffic emissions. <i>The Science of the total environment</i>, 640-641, 997–1003. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.05.382</p> <p>Ellermann, T., Massling, A., Løfstrøm, P, Winther, M., Nøjgaard, J. K. & Ketzel. M. 2012. Assessment of the air quality at the apron of Copenhagen Airport Kastrup in relation to the occupational environment. Aarhus University, DCE - Danish Centre for Environment and Energy, 51pp. - Technical report from DCE – Danish Centre for Environment and Energy No. 15. http://www2.dmu.dk/Pub/TR15.pdf</p> <p>World Health Organization. (2021, September 22). <i>WHO global air quality guidelines: Particulate matter (PM_{2.5} and PM₁₀), ozone, nitrogen dioxide, sulfur dioxide and carbon monoxide</i>. https://www.who.int/publications/i/item/9789240034228</p> |
|--|--|

| | | |
|-------------------------------------|-----------|--|
| <p>Page 12, line 10- 12</p> | <p>5.</p> | <p>The emissions and compounds that are expected by the RIVM are highly relevant for the evaluation of KEE. Please add:</p> <p>“However, there is an IARC Monograph on outdoor air pollution, diesel and gasoline engine exhaust available, which provides relevant information on KEE and corresponding combustion products.”</p> <p>International Agency for Research on Cancer (IARC). <i>Outdoor Air Pollution</i>. IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans, Volume 109. Lyon, France: IARC; 2015. ISBN: 978-92-832-0147-2 / 978-92-832-0175-5.</p> |
| <p>Page 14, line 16</p> | <p>6.</p> | <p>The emissions and chemical constituents identified by RIVM are highly pertinent to the evaluation of KEE.</p> <p>Add after “... most relevant.”: “Emission registrations of Dutch airports reveal that airplanes emit the following outdoor air pollutants in the environment when they use the APU or run at idle: Acetaldehyde (from jet engines), Anthracene, Benzene, Benzo(a)pyrene, Benzo(b)fluoranthene, Benzo(k)fluoranthene, Carbon dioxide (CO₂), Carbon monoxide (CO), Dioxins (PCDD/PCDF, I-TEQ), Elemental carbon (EC2.5), Ethene (ethylene), Fluoranthene, Formaldehyde, Indeno(1,2,3-cd)pyrene, Lead compounds (as Pb). Methane (CH₄), Naphthalene, Nitrogen oxides (as NO₂), Nitrous oxide (N₂O), NMVOCs (Non-methane volatile organic compounds), PAH (4 PRTR compounds), Particulate matter (PM10 and PM2.5), Styrene, Toluene, VOCs (Volatile organic compounds), Sulfur oxides (as SO₂).”</p> <p>Rijksoverheid, Emissieregistratie vliegvelden 1990-2023. (n.d.), access date 16 March 2026; https://www.emissieregistratie.nl/data/vliegvelden</p> <p>TNO (2023). Notitie Emissieberekening ZZS Luchthavens. https://open.overheid.nl/documenten/ronl-ba42ee1763a15d1bd35e566e99992568ba1f7a47/pdf</p> |
| <p>Page 17</p> | <p>7.</p> | <p>Add a paragraph “KEE as form of outdoor air pollution” before “2.2.2 Comparison with diesel and gasoline fuels.”</p> <p>Explain in this paragraph, following up on the information provided in comment 4, why research about outdoor air pollution is relevant for the evaluation of KEE and what it implies for KEE. Use the IARC monograph and the following sources for this paragraph:</p> <p>International Agency for Research on Cancer (IARC). <i>Outdoor Air Pollution</i>. IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans, Volume 109. Lyon, France: IARC; 2015. ISBN: 978-92-832-0147-2 / 978-92-832-0175-5.</p> |

| | |
|--|---|
| | <p>Cui Q, Jia Z, Liu Y, Wang Y, Li Y. 24-hour average PM_{2.5} concentration caused by aircraft in Chinese airports from Jan. 2006 to Dec. 2023. <i>Sci Data</i>. 2024 Mar 9;11(1):284. doi: 10.1038/s41597-024-03110-9. PMID: 38461334; PMCID: PMC10925045.</p> <p>Rangel-Alvarado, R., Pal, D., & Ariya, P. (2022). PM_{2.5} decadal data in cold vs. mild climate airports: COVID-19 era and a call for sustainable air quality policy. <i>Environmental science and pollution research international</i>, 29(38), 58133–58148. https://doi.org/10.1007/s11356-022-19708-8</p> <p>Shirmohammadi, F., Lovett, C., Sowlat, M. H., Mousavi, A., Verma, V., Shafer, M. M., Schauer, J. J., & Sioutas, C. (2018). Chemical composition and redox activity of PM_{0.25} near Los Angeles International Airport and comparisons to an urban traffic site. <i>The Science of the total environment</i>, 610-611, 1336–1346. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.08.239</p> <p>Zhang, X., Karl, M., Zhang, L., & Wang, J. (2020). Influence of Aviation Emission on the Particle Number Concentration near Zurich Airport. <i>Environmental science & technology</i>, 54(22), 14161–14171. https://doi.org/10.1021/acs.est.0c02249</p> <p>He, R. W., Shirmohammadi, F., Gerlofs-Nijland, M. E., Sioutas, C., & Cassee, F. R. (2018). Pro-inflammatory responses to PM_{0.25} from airport and urban traffic emissions. <i>The Science of the total environment</i>, 640-641, 997–1003. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.05.382</p> <p>Ellermann, T., Massling, A., Løfstrøm, P, Winther, M., Nøjgaard, J. K. & Ketzel. M. 2012. Assessment of the air quality at the apron of Copenhagen Airport Kastrup in relation to the occupational environment. Aarhus University, DCE - Danish Centre for Environment and Energy, 51pp. - Technical report from DCE – Danish Centre for Environment and Energy No. 15. http://www2.dmu.dk/Pub/TR15.pdf</p> <p>Lakshmi Pradeepa Vennam, William Vizuete, Saravanan Arunachalam, Evaluation of model-predicted hazardous air pollutants (HAPs) near a mid-sized U.S. airport, <i>Atmospheric Environment</i>, Volume 119, 2015, Pages 107-117, ISSN 1352-2310, https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2015.08.015.</p> <p>Heeb, N. V., Muñoz, M., Haag, R., Wyss, S., Schönenberger, D., Durdina, L., Elser, M., Siegerist, F., Mohn, J., & Brem, B. T. (2024). Corelease of Genotoxic Polycyclic Aromatic Hydrocarbons and Nanoparticles from a Commercial Aircraft Jet Engine - Dependence on Fuel and Thrust. <i>Environmental science & technology</i>, 58(3), 1615–1624. https://doi.org/10.1021/acs.est.3c08152</p> |
|--|---|

| | | |
|----------------------------|-----------|--|
| | | <p>Rijksoverheid, Emissieregistratie vliegvelden 1990-2023. (n.d.), access date 16 March 2026; https://www.emissieregistratie.nl/data/vliegvelden</p> <p>TNO (2023). Notitie Emissieberekening ZZS Luchthavens. https://open.overheid.nl/documenten/ronl-ba42ee1763a15d1bd35e566e99992568ba1f7a47/pdf</p> <p>World Health Organization. (2021, September 22). <i>WHO global air quality guidelines: Particulate matter (PM2.5 and PM10), ozone, nitrogen dioxide, sulfur dioxide and carbon monoxide</i>. https://www.who.int/publications/i/item/9789240034228</p> |
| <p>Page 20, line 9</p> | <p>8.</p> | <p>Ground-idle emissions data are available. Multiple experimental campaigns and recent syntheses show that lowering power from the ICAO taxi/idle point (7% rated thrust) to ground idle (~4%) markedly increases exhaust pollutant burdens at the point of exposure (Vennam et al. 2015). In particular, studies at in-service engines document that hydrocarbon emissions and particle number concentrations at 4% thrust increase by more than a factor of two relative to 7%, with pronounced rises in ultrafine particle counts and organic/carbonaceous content at the lowest power settings (Heeb et al. 2024, figure 2). This is also confirmed by Edebeli 2023 and NASA 2013.</p> <p>Add that at ground idle (4%), the emission of hydrocarbons and the particle numbers increase by more than a factor two compared to taxi mode (7%). Use the information of literature below to give a better impression of the composition of kerosene engine exhaust at 4% thrust and update table 4 at page 21.</p> <p>Lakshmi Pradeepa Vennam, William Vizuete, Saravanan Arunachalam, Evaluation of model-predicted hazardous air pollutants (HAPs) near a mid-sized U.S. airport, <i>Atmospheric Environment</i>, Volume 119, 2015, Pages 107-117, ISSN 1352-2310, https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2015.08.015.</p> <p>Heeb, N. V., Muñoz, M., Haag, R., Wyss, S., Schönenberger, D., Durdina, L., Elser, M., Siegerist, F., Mohn, J., & Brem, B. T. (2024). Corelease of Genotoxic Polycyclic Aromatic Hydrocarbons and Nanoparticles from a Commercial Aircraft Jet Engine - Dependence on Fuel and Thrust. <i>Environmental science & technology</i>, 58(3), 1615–1624. https://doi.org/10.1021/acs.est.3c08152</p> <p>TNO (2023). Notitie Emissieberekening ZZS Luchthavens. https://open.overheid.nl/documenten/ronl-ba42ee1763a15d1bd35e566e99992568ba1f7a47/pdf</p> <p>Edebeli, J. (2023, February 16). <i>Aircraft engines: Idle/taxi gaseous emissions</i>. Meteorology and Environment in Aviation Blog, ZHAW Zurich University of Applied Sciences. Available at: https://blog.zhaw.ch/metenvia/2023/02/16/aircraft-engines-idle-taxi-gaseous-emissions/</p> |

| | | |
|---------------------|-----|--|
| | | <p>NASA. (2007). <i>Gas Emissions Acquired during the Aircraft Particle Emission Experiment (APEX) Series</i>. NASA Technical Reports Server (NTRS), Report No. 20070022426.</p> <p>Available at: https://ntrs.nasa.gov/api/citations/20070022426/downloads/2007022426.pdf</p> |
| Page 21, line 27-28 | 9. | <p>Add a table where KEE thrust 4% and KEE thrust 7%, the most relevant conditions for workers, are compared with a diesel vehicle and a gasoline-direct injection GDI vehicle. Compare at least for the parameters non volatile particulate number (nvPM), Carbonmonoxide, Total hydrocarbons and individual PAH emissions. This will provide a more clear view than table 4.</p> <p>Data is provided by articles below and supplementary tables.</p> <p>Muñoz, M.; Haag, R.; Honegger, P.; Zeyer, K.; Mohn, J.; Comte, P.; Czerwinski, J.; Heeb, N. V. Co-formation and co-release of genotoxic PAHs, alkyl-PAHs and soot nanoparticles from gasoline direct injection vehicles. <i>Atmos. Environ.</i> 2018, 178, 242–254; https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2018.01.050</p> <p>Heeb, N. V., Muñoz, M., Haag, R., Wyss, S., Schönenberger, D., Durdina, L., Elser, M., Siegerist, F., Mohn, J., & Brem, B. T. (2024). Corelease of Genotoxic Polycyclic Aromatic Hydrocarbons and Nanoparticles from a Commercial Aircraft Jet Engine - Dependence on Fuel and Thrust. <i>Environmental science & technology</i>, 58(3), 1615–1624. https://doi.org/10.1021/acs.est.3c08152</p> |
| Page 22, line 9-10 | 10. | <p>Define “trace amounts.” Which power setting is the reference, cruise conditions which do not take place at the airport or 4% thrust? Is it quantitatively a trace amount in the environment? Is it difficult to detect soot in the environment? If you walk on the platform, can you trace aircraft-related soot in the environment, at clothes of employees and in their noses? Do the occupational exposure studies in this report justify the qualification “trace amounts”? Please ensure that the fact that workers mostly work close to multiple running aircraft engines and the information provided in comment 8 on 4%-thrust emissions is explicitly addressed in the course of processing this feedback.</p> |
| Page 24, line 6-8 | 11. | <p>“Soot emissions in KEE are low during idle but increase with increasing thrust settings (and increasing combustion temperature).” Elaborate on this sentence. Is it relatively low or absolutely low? Is it lower because less kerosene is burned per minute at low thrust or because engines are more efficient at idle. How does this relate to a calculation of TNO 2023 that in absolute terms, most volatile organic substances are emitted during the idle and APU phase at Dutch airports?</p> <p>What is referred to as soot? Does this include respirable organic carbon, which has been measured in considerable amounts by Van der Meer et al. 2024 (see comment 14)?</p> |

| | | |
|---------------------|-----|--|
| | | <p>Please ensure that the information provided in comment 8 on 4%-thrust emissions is explicitly addressed in the course of processing this feedback.</p> <p>TNO (2023). Notitie Emissieberekening ZZS Luchthavens. https://open.overheid.nl/documenten/ronl-ba42ee1763a15d1bd35e566e99992568ba1f7a47/pdf</p> <p>Van der Meer N, Houba R, Houba T and Kromhout H. <i>Blootstelling aan deeltjesvormige 7 verontreiniging van medewerkers Schiphol Airside</i>. Utrecht, the Netherlands: Universiteit 8 Utrecht, 2024; https://www.uu.nl/sites/default/files/240408%20Rapport%20Blootstelling%20deeltjesvormige%20verontreiniging%20Schiphol%20Definitief_0.pdf</p> |
| Page 28 | 12. | <p>Clarify that 24-hour mean concentrations, frequently reported by stationary-monitoring studies cited in this draft advisory report, are not suitable for assessing workplace exposures. Include a requirement to adopt sampling durations aligned with employees' working hours. Furthermore, clearly mention that first the worst-case scenario should be measured before ruling out the need for personal measurements. For a lot of employers this appears not to be obvious, they (ab)use environmental measurements to rationalize the decision to refrain from personal exposure measurements.</p> |
| Page 28 | 13. | <p>Add the prescribed method for measuring PM2.5 and respirable organic carbon (OC). See comment 14 for relevance OC.</p> |
| Page 28, line 35-37 | 14. | <p>Page 24 line 8-9 states that "Soot composition (EC and OC) changes with increasing thrust settings and shifts from OC-rich at idle to EC-rich with increasing thrust." Page 14 line 15-16 states that for occupational exposure of workers the emissions during taxi/ground idle (low thrust) are most relevant. Taken together, it is illogical to measure particulate matter by EC/BC instead of organic carbon (OC). Both should be measured. See Van de Meer et al. (2024), page 31—Tables 3.10 and 3.11—for evidence demonstrating the relevance of OC.</p> <p>Van der Meer N, Houba R, Houba T and Kromhout H. <i>Blootstelling aan deeltjesvormige 7 verontreiniging van medewerkers Schiphol Airside</i>. Utrecht, the Netherlands: Universiteit 8 Utrecht, 2024; https://www.uu.nl/sites/default/files/240408%20Rapport%20Blootstelling%20deeltjesvormige%20verontreiniging%20Schiphol%20Definitief_0.pdf</p> |
| Page 30, line 28-34 | 15. | <p>Airside workplace monitoring is constrained by (i) outdoor environments and meteorological variability, (ii) dependence on the spatial-temporal dynamics of (aircraft) traffic, and (iii) safety restrictions that may preclude sampling near sources or at employee locations. At Amsterdam Airport Schiphol, worker exposure profiles are dominated by peak-hour operations and irregular shift patterns.</p> |

| | | |
|------------------|-----|--|
| | | <p>Add as advantage that biomonitoring is particularly appropriate for airside workplace monitoring and explain why it is especially relevant at an airport (wind direction, restrictions to use of sampling equipment in breathing zone of worker etc.). Use especially the following conditions of EU-OSHA (EU-OSHA 2025, page 7):</p> <ul style="list-style-type: none"> - in which the hazardous materials or substances are difficult to detect in terms of air measurement (repair work, maintenance services, outdoor work, fluctuating indoor air concentrations, frequently changing substances in batch operation, restrictions prohibiting the introduction of air sampling equipment in work areas such as in clean room settings and infection-free zones); - where the internal exposure to hazardous substances may be modified by physical work with an increased breathing volume/frequency; - with non-standard working time arrangements (for example, more than eight hours per day, more than five days a week); - where exposure assessment cannot be done by external (sensor) measurements; <p>European Agency for Safety and Health at Work (EU-OSHA). (2025). <i>Biological monitoring at work: Guidance for OSH experts and workplaces</i>. Available at: https://osha.europa.eu/sites/default/files/documents/Biological-monitoring-work-guide_EN.pdf</p> |
| Page 32 | 16. | <p>The following study should be incorporated into this chapter, as it provides salient findings on personal exposure to formaldehyde at a military airport and highlights the imperative of conducting personal instead of environmental measurements.</p> <p>Kobayashi, A., & Kikukawa, A. (2000). Increased formaldehyde in jet engine exhaust with changes to JP-8, lower temperature, and lower humidity irritates eyes and respiratory tract. <i>Aviation, space, and environmental medicine</i>, 71(4), 396–399.</p> |
| Page 30, line 24 | 17. | <p>Add insights by Ellerman et al. 2021, evidently with the following precautions:</p> <ul style="list-style-type: none"> - The values presented are 24-hour means and thus understate short-term peaks. In practice, during peak periods when employees are on duty, emissions from auxiliary power units and main aircraft engines are expected to rise above environmental background concentrations. - The Hans Andersen Boulevard in Copenhagen has more around the clock (24h) activity than airport Copenhagen Castrup. - The differences in UFP between job exposure groups implicates that more detailed personal measurements are needed (Møller et al. 2014). |

| | | |
|---------------------|-----|---|
| | | <p>- Finally, Copenhagen Castrup is a small airport with less aircraft activity compared to airports like Amsterdam Airport Schiphol, Frankfurt airport or Paris Charles de Gaulle.</p> <p>Ellermann, T., Massling, A., Løfstrøm, P, Winther, M., Nøjgaard, J. K. & Ketzel. M. 2012. Assessment of the air quality at the apron of Copenhagen Airport Kastrop in relation to the occupational environment. Aarhus University, DCE - Danish Centre for Environment and Energy, 51pp. - Technical report from DCE – Danish Centre for Environment and Energy No. 15. http://www2.dmu.dk/Pub/TR15.pdf</p> <p>Møller, K. L., Thygesen, L. C., Schipperijn, J., Loft, S., Bonde, J. P., Mikkelsen, S., & Brauer, C. (2014). Occupational exposure to ultrafine particles among airport employees--combining personal monitoring and global positioning system. <i>PLoS one</i>, 9(9), e106671. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0106671</p> |
| Page 30, line 24-28 | 18. | <p>As figuur 3.4 of Van der Meer et al. 2024 illustrates, concentration of KEE depend on activity and is strongly reduced outside of peak and working hours (page 31). Ad after “... in the workplace.” :</p> <p>“It should be noted that stationary monitoring data does not adequately reflect workers exposure if it represents 24 hours averages, because exposure of workers occurs mainly during peak hours.”</p> <p>Explain in every table of paragraph 4.2 whether they report 24-hour averages or provide timeframes that correspond to working hours at the apron.</p> <p>Van der Meer N, Houba R, Houba T and Kromhout H. <i>Blootstelling aan deeltjesvormige 7 verontreiniging van medewerkers Schiphol Airside</i>. Utrecht, the Netherlands: Universiteit 8 Utrecht, 2024; https://www.uu.nl/sites/default/files/240408%20Rapport%20Blootstelling%20deeltjesvormige%20verontreiniging%20Schiphol%20Definitief_0.pdf</p> |
| Page 39, line 30 | 19. | <p>Add insights by mobile measurements by TNO to this paragraph or create a separate one (Tromp et al. 2021). Please mention especially the insights of table 5 at page 47/66, which illustrates the enormous peak exposures to UFP, we’re writing about millions in a square centimetre, that workers might endure at the airport. This is a very important insight and should be used in paragraph 10.4 Evaluation and the recommendations in your report.</p> <p>P.C. Tromp, D. van Dinther, S.E. de Bie, J. Duyzer, J.P. Lollinga, M.M. Moerman & S.J. Henke (2021). <i>Verkennd onderzoek ultrafijnstof op het Schiphol terrein met behulp van mobiele metingen</i>. TNO 2021 R11745. Petten, The Netherlands. https://repository.tno.nl/SingleDoc?docId=53573</p> |
| Page 49, line 11 | 20. | <p>The studies by Møller et al. 2014 and Van der Meer et al. 2024 clearly indicate that there is huge variation in exposure to KEE between job</p> |

| | | |
|--------------------|-----|---|
| | | <p>exposure groups. Furthermore, the big difference between environmental measurements and personal sampling of formaldehyde underscores that personal sampling is the only method to exclude exposure (Kobayashi & Kikuwa 2000). Please mention clearly that found studies, especially the environmental monitoring studies, show exposure, but do not automatically rule out exposure to health-relevant concentrations because of lack of personal sampling, measurements of worst-case scenario's/tasks and differences between exposure groups. Portraying exposure as "only this is proven," without questioning why personal sampling and worst-case scenario data is absent, rewards employers that do not carry out personal measurements.</p> <p>Kobayashi, A., & Kikukawa, A. (2000). Increased formaldehyde in jet engine exhaust with changes to JP-8, lower temperature, and lower humidity irritates eyes and respiratory tract. <i>Aviation, space, and environmental medicine</i>, 71(4), 396–399.</p> <p>Møller, K. L., Thygesen, L. C., Schipperijn, J., Loft, S., Bonde, J. P., Mikkelsen, S., & Brauer, C. (2014). Occupational exposure to ultrafine particles among airport employees--combining personal monitoring and global positioning system. <i>PloS one</i>, 9(9), e106671. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0106671</p> <p>Van der Meer N, Houba R, Houba T and Kromhout H. <i>Blootstelling aan deeltjesvormige 7 verontreiniging van medewerkers Schiphol Airside</i>. Utrecht, the Netherlands: Universiteit 8 Utrecht, 2024; https://www.uu.nl/sites/default/files/240408%20Rapport%20Blootstelling%20deeltjesvormige%20verontreiniging%20Schiphol%20Definitief_0.pdf</p> |
| Page 51 | 21. | <p>Following up on comment 4, please apply research on outdoor air pollution, especially but not exclusively evaluated by IARC, in this chapter.</p> <p>International Agency for Research on Cancer (IARC). <i>Outdoor Air Pollution</i>. IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans, Volume 109. Lyon, France: IARC; 2015. ISBN: 978-92-832-0147-2 / 978-92-832-0175-5.</p> |
| Page 51, line 6-25 | 22. | <p>Add the following insight on ultrafine particles and overloading (IARC DEE, page 329):</p> <p>"Ultrafine particles have been found to differ from fine particles with regard to overloading. Morrow (1992) noted that ultrafine particles impair clearance at lower mass or volume concentrations than those expected for larger respirable particles. Oberdörster (1996) confirmed this observation and showed that increased particle retention and inflammation were related to particle surface area. One mechanism for the impaired clearance of ultrafine particles may be their ineffective phagocytosis (Churg et al., 1998; Renwick et al., 2001, 2004; Geiser et al., 2005), which leaves the particles free in the alveolar region and more readily able to translocate to the</p> |

| | | |
|---------------------|-----|---|
| | | <p>lung interstitium (Ferin et al., 1992; Ferin, 1994). The surface properties of particles may also influence phagocytosis. For example, Castranova et al. (2000) found that chronic inhalation exposure to 2 mg/m³ of coal dust activated alveolar macrophages, while the same exposure to diesel engine exhaust depressed phagocytic activity. Wolff et al. (1986) noted that additional factors other than non-specific particle effects must be important, because the exposure level that resulted in overloading and lung tumours was higher for some particles than for others (e.g. 250 mg/m³ of fine-sized titanium dioxide versus ~7 mg/m³ of diesel engine exhaust).”</p> <p>Update this following up on references to this process in your own draft advisory report, for example page 53, line 33-35 which describes inhibition of phagocytosis.</p> <p>International Agency for Research on Cancer (IARC). (2014). <i>Diesel and Gasoline Engine Exhausts and Some Nitroarenes</i>. IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans, Volume 105. Lyon, France: IARC. ISBN 978-92-832-1328-4 (print), 978-92-832-0143-4 (PDF).</p> |
| Page 52, line 14-16 | 23. | Describe, following up on comment 22, how clearance of UFP might be hindered by UFP. |
| Page 53, line 17 | 24. | <p>Replace “soot” by “carbon nanoparticles” to stay closer to Bendtsen et al. 2019. Soot might suggest mass matters more than particle numbers.</p> <p>Bendtsen, K. M., Brostrøm, A., Koivisto, A. J., Koponen, I., Berthing, T., Bertram, N., Kling, K. I., Dal Maso, M., Kangasniemi, O., Poikkimäki, M., Loeschner, K., Clausen, P. A., Wolff, H., Jensen, K. A., Saber, A. T., & Vogel, U. (2019). Airport emission particles: exposure characterization and toxicity following intratracheal instillation in mice. <i>Particle and fibre toxicology</i>, 16(1), 23. https://doi.org/10.1186/s12989-019-0305-5</p> |
| Page 53, line 20 | 25. | <p>Add insights by:</p> <p>He RW, Shirmohammadi F, Gerlofs-Nijland ME, Sioutas C and Cassee FR. <i>Pro-inflammatory 29 responses to PM(0.25) from airport and urban traffic emissions</i>. <i>Sci Total Environ</i> 2018; 640-30 641: 997-1003.</p> |
| Page 55 | 26. | Apply research on outdoor air pollution, especially but not exclusively evaluated by IARC, in this chapter. |
| Page 60 | 27. | Apply research on outdoor air pollution, especially but not exclusively evaluated by IARC, in this chapter. |
| Page 60, line 11 | 28. | Add insights by the following research articles concerning UFP and airport-related UFP. As stated earlier, research has proven that airport-related PM0.25, even at relatively low exposure concentrations, possesses toxic properties similar to the PM0.25 emissions from urban traffic despite differences in the elements contribution (He 2018); it is unfounded to assume airport-related PM0.25 is less toxic than urban related PM0.25: |

| | | |
|--|--|--|
| | | <p>Bookstein, A., Po, J., Tseng, C., Larson, T. V., Yang, J., Park, S. L., Wu, J., Shariff-Marco, S., Inamdar, P. P., Ihenacho, U., Setiawan, V. W., DeRouen, M. C., Le Marchand, L., Stram, D. O., Samet, J., Ritz, B., Fruin, S., Wu, A. H., & Cheng, I. (2024). Association between Airport Ultrafine Particles and Lung Cancer Risk: The Multiethnic Cohort Study. <i>Cancer epidemiology, biomarkers & prevention : a publication of the American Association for Cancer Research, cosponsored by the American Society of Preventive Oncology</i>, 33(5), 703–711. https://doi.org/10.1158/1055-9965.EPI-23-0924</p> <p>Jones, R. R., Fisher, J. A., Hasheminassab, S., Kaufman, J. D., Freedman, N. D., Ward, M. H., Sioutas, C., Vermeulen, R., Hoek, G., & Silverman, D. T. (2024). Outdoor Ultrafine Particulate Matter and Risk of Lung Cancer in Southern California. <i>American journal of respiratory and critical care medicine</i>, 209(3), 307–315. https://doi.org/10.1164/rccm.202305-0902OC</p> <p>Goldberg, M. S., Labrèche, F., Weichenthal, S., Lavigne, E., Valois, M. F., Hatzopoulou, M., Van Ryswyk, K., Shekarrizfard, M., Villeneuve, P. J., Crouse, D., & Parent, M. É. (2017). The association between the incidence of postmenopausal breast cancer and concentrations at street-level of nitrogen dioxide and ultrafine particles. <i>Environmental research</i>, 158, 7–15. https://doi.org/10.1016/j.envres.2017.05.038</p> <p>Weichenthal, S., Lavigne, E., Valois, M. F., Hatzopoulou, M., Van Ryswyk, K., Shekarrizfard, M., Villeneuve, P. J., Goldberg, M. S., & Parent, M. E. (2017). Spatial variations in ambient ultrafine particle concentrations and the risk of incident prostate cancer: A case-control study. <i>Environmental research</i>, 156, 374–380. https://doi.org/10.1016/j.envres.2017.03.035</p> <p>Weichenthal, S., Olaniyan, T., Christidis, T., Lavigne, E., Hatzopoulou, M., Van Ryswyk, K., Tjepkema, M., & Burnett, R. (2020). Within-city Spatial Variations in Ambient Ultrafine Particle Concentrations and Incident Brain Tumors in Adults. <i>Epidemiology (Cambridge, Mass.)</i>, 31(2), 177–183. https://doi.org/10.1097/EDE.0000000000001137</p> <p>Wu, A. H., Fruin, S., Larson, T. V., Tseng, C. C., Wu, J., Yang, J., Jain, J., Shariff-Marco, S., Inamdar, P. P., Setiawan, V. W., Porcel, J., Stram, D. O., Le Marchand, L., Ritz, B., & Cheng, I. (2021). Association between Airport-Related Ultrafine Particles and Risk of Malignant Brain Cancer: A Multiethnic Cohort Study. <i>Cancer research</i>, 81(16), 4360–4369. https://doi.org/10.1158/0008-5472.CAN-21-1138</p> <p>Lloyd, M., Olaniyan, T., Ganji, A., Xu, J., Simon, L., Zhang, M., Saeedi, M., Yamanouchi, S., Wang, A., Burnett, R. T., Tjepkema, M., Hatzopoulou, M., & Weichenthal, S. (2024). Airborne ultrafine particle concentrations and brain cancer incidence in Canada's two</p> |
|--|--|--|

| | | |
|------------------|-----|---|
| | | <p>largest cities. <i>Environment international</i>, 193, 109088. https://doi.org/10.1016/j.envint.2024.109088</p> <p>Pond, Z. A., Saha, P. K., Coleman, C. J., Presto, A. A., Robinson, A. L., & Arden Pope Iii, C. (2022). Mortality risk and long-term exposure to ultrafine particles and primary fine particle components in a national U.S. Cohort. <i>Environment international</i>, 167, 107439. https://doi.org/10.1016/j.envint.2022.107439</p> <p>Bouma, F., Janssen, N. A., Wesseling, J., van Ratingen, S., Strak, M., Kerckhoffs, J., Gehring, U., Hendricx, W., de Hoogh, K., Vermeulen, R., & Hoek, G. (2023). Long-term exposure to ultrafine particles and natural and cause-specific mortality. <i>Environment international</i>, 175, 107960. https://doi.org/10.1016/j.envint.2023.107960</p> |
| Page 63, line 15 | 29. | Following up on comment 4, please apply research on outdoor air pollution, especially but not exclusively evaluated by IARC, for the application of CLP criteria and bridging principles for substantially similar mixtures. |
| Page 67, line 13 | 30. | <p>Please apply the comments provided by trade unions:</p> <p>“As part of outdoor air pollution, given the presence of carcinogens in KEE, analogy with DEE and research mentioned in comment..., the committee considers KEE Category 1A ‘Known to be carcinogenic to humans.’”</p> |
| Page 68 | 31. | <p>Following up on comment 4, please apply research on outdoor air pollution, especially but not exclusively evaluated by IARC, in this chapter. In addition, use the clear insights in contemporary research provided by the review below:</p> <p>Bergmann, M., Haddad-Thoelke, P., Jeong, H., Kappeler, R., Altug, H., Oberwinster, L., Boogaard, H., Pohl, T., Soppa, V., Ogurtsova, K., Kutlar Joss, M., Andersen, Z. J., & Hoffmann, B. (2026). Systematic review and meta-analysis on the health effects of long-term exposure to ultrafine particles. <i>European respiratory review : an official journal of the European Respiratory Society</i>, 35(179), 250156. https://doi.org/10.1183/16000617.0156-2025</p> |
| Page 74, line 15 | 32. | <p>Please expand the discussion of metric selection for an OEL for KEE to address the limitations of mass-based indicators. The IARC Monograph on Diesel and Gasoline Engine Exhausts (Vol. 105) treats diesel exhaust as a complex particulate–gas mixture and, in its mechanistic evaluation, highlights particle attributes (e.g., size, number, and surface area) as relevant to toxicity, underscoring that mass alone may be an incomplete proxy for risk in such aerosols. This point is reinforced by broader evidence showing that, when ultrafine particles (UFPs) constitute a substantial fraction of a mixture, particle surface area and particle number concentrations can correlate more closely with adverse biological responses than particle mass per se. In parallel, the WHO 2021 Air Quality Guidelines issue “good practice” statements acknowledging the health relevance of UFPs while noting the need for metrics beyond</p> |

| | |
|--|---|
| | <p>mass, and aviation-focused reviews document the predominance of UFP near airports—both of which are pertinent to KEE.</p> <p>“Dosimetric correlation between lung particle burden and response Because particle overload is the critical determinant that underlies the adverse biological response to inhaled particles, an understanding of the appropriate dosimetric expression for overload is essential for hazard evaluation. Several studies have shown that, for particles of different sizes but with the same chemical composition, the dose expressed as particle surface area is a better predictor of adverse pulmonary inflammation than particle mass (Oberdörster et al. 1992; Tran et al., 1999; Bermudez et al., 2002, 2004). Particle surface area is also related to pulmonary inflammation in mice (Lison et al., 1997). Oberdörster & Yu (1990) and Driscoll et al. (1996) showed that particle surface area is also a better predictor of lung tumours than particle mass in rats exposed to various poorly soluble fine or ultrafine particles.” (IARC 2014, page 331)</p> <p>International Agency for Research on Cancer (IARC). (2014). <i>Diesel and Gasoline Engine Exhausts and Some Nitroarenes</i>. IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans, Volume 105. Lyon, France: IARC. ISBN 978-92-832-1328-4 (print), 978-92-832-0143-4 (PDF).</p> <p>World Health Organization. (2021, September 22). <i>WHO global air quality guidelines: Particulate matter (PM2.5 and PM10), ozone, nitrogen dioxide, sulfur dioxide and carbon monoxide</i>. https://www.who.int/publications/i/item/9789240034228</p> <p>Furthermore, the use of mass is contested in welding fumes too, for example in the following two research articles:</p> <p>“In vitro data showed size specific dependency, with the fine and ultrafine size ranges having the highest reactive oxygen species (ROS) activity. Additionally, this study suggests a possible correlation between welders' experience, the welding procedure and equipment used and particles generated from welding fumes. Mass concentrations and total metal and water soluble metal concentrations of welding fume particles may be greatly influenced by these factors. Furthermore, the results also confirmed the hypothesis that smaller particles generate more ROS activity and should be evaluated carefully for risk assessment.”</p> <p>Chang, C., Demokritou, P., Shafer, M., & Christiani, D. (2013). Physicochemical and toxicological characteristics of welding fume derived particles generated from real time welding processes. <i>Environmental science. Processes & impacts</i>, 15(1), 214–224. https://doi.org/10.1039/c2em30505d</p> <p>“The relationship between free radical generation and different sizes at equal mass was also investigated to determine the effect on free</p> |
|--|---|

| | | |
|--------------------------------|------------|--|
| | | <p>radical generation after exposure to H₂O₂. The greatest free radical generation was observed when analyzing the ultrafine particles demonstrating that reactivity of the particles is dependent on available surface area with equal mass.</p> <p>It is also noted that the smaller particle size of the fume the greater the ROS potential at equal mass with the 0.180 - 0.032 µm sizes showing the most reactivity in both types of welding fume which can penetrate deepest into the lung of an exposed welder.</p> <p>Therefore, our results suggest that welding fumes may cause acute lung injury.”</p> <p>Leonard, S. S., Chen, B. T., Stone, S. G., Schwegler-Berry, D., Kenyon, A. J., Frazer, D., & Antonini, J. M. (2010). Comparison of stainless and mild steel welding fumes in generation of reactive oxygen species. <i>Particle and fibre toxicology</i>, 7, 32. https://doi.org/10.1186/1743-8977-7-32</p> <p>Altogether with the data on UFP and the significant amounts of UFP within KEE, it is preferable to use particle surface area to account for surface reactivity. Please voice your preference to use particle surface area instead of mass as method for OEL setting and mention that using mass is to conservative and has a high risk of underestimation.</p> |
| <p>Page 74, line 15-42</p> | <p>33.</p> | <p>This paragraph lacks a consideration of the use of existing OELs for components of KEE. Add the following based upon established practices by RAC-ECHA, evaluations by IARC and obligations by European law (98/24/EC, article 4 paragraph 4), Dutch law (artikel 4.2 paragraph 6 Arbeidsomstandighedenbesluit, artikel 4.18 Arbeidsomstandighedenregeling en Bijlage XIIC Arbeidsomstandighedenregeling):</p> <p>“10.4 Combined exposure” “OELs are usually established for single substances but should not be assessed individually. Article 4 paragraph 4 of 98/24/EC prescribes the following:</p> <p>“In the case of activities involving exposure to several hazardous chemical agents, the risk shall be assessed on the basis of the risk presented by all such chemical agents in combination.”</p> <p>At a minimum, when two or more harmful substances which act upon the same target organ are present, their combined effect should be considered.</p> <p>Some of these substances already have existing OELs. So in that case could a OEL be set for a mixture of substances to take account of a combined effect.”</p> |

| | |
|--|--|
| | <p>“A method to assess legal compliance with OELs in case of combined exposure is the following formula, also know as the addition rule and prescribed in Duth law:</p> $C1/OEL1 + C2/OEL2+C3/OEL3 + \dots = 1/OELmixture$ <p>Where C1 represents the air concentration of agent 1, while OEL1 is the limit value of agent 1.”</p> <p>“A weakness of this approach is that legally binding OELs (BOELs) are the result of political decisions, are not necessarily health based (for example DEE and respirable crystalline silica) and do not reflect the same health risks to workers. Therefore, preferably the lower risk value (hb-OEL, streefwaarde in Dutch) established in the accompanying scientific assessment should be used in this calculation instead of the BOEL in the case of non-threshold carcinogens.”</p> <p>A key issue with KEE is that it is generated from kerosene combustion, meaning that the resulting fumes contain multiple carcinogenic, mutagenic, and otherwise hazardous substances in varying concentrations, depending on the combustion conditions. These substances may also exert combined or synergistic effects.</p> <p>“Another disadvantage of using existing hb-OELs for KEE is that the risk of complex mixtures, for example DEE and welding fumes, cannot be explained by exposure to the sum of such established individual carcinogens or mutagens (ECHA 2022, IARC 2014, IARC 2028 and Health Council of the Netherlands 2019). Furthermore, data on exposure to individual components of KEE will likely be based upon static area sampling data, while the actual concentrations in the air inhaled by the exposed persons tend to be higher. In addition, lower concentrations in static area sampling data might also result in absence of detection because of detection limits (as explained in comment 15 and 18). Consequently, there is a high risk of underestimation if the safety of exposure to KEE is assessed by using existing hb-OELs for individual components. Finally, even in case of compliance with existing hb-OELS it is advised and compulsory (2004/37/EC) to minimize exposure to non-threshold carcinogens and mutagens to as low a level as is technically possible.”</p> <p>European Chemicals Agency (ECHA). (2022). <i>ECHA Scoping Study Report for evaluation of limit values for welding fumes and fumes from other processes that generate fume in a similar way at the workplace</i>. Available at: https://echa.europa.eu/documents/10162/7399806/report_welding_fumes_en.pdf/</p> <p>International Agency for Research on Cancer (IARC). (2018). <i>Welding, Molybdenum Trioxide, and Indium Tin Oxide</i>. IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans,</p> |
|--|--|

| | | |
|-----------------|-----|--|
| | | <p>Volume 118. Lyon, France: IARC. ISBN 978-92-832-0156-4 (print), 978-92-832-0185-4 (PDF)</p> <p>International Agency for Research on Cancer (IARC). (2014). <i>Diesel and Gasoline Engine Exhausts and Some Nitroarenes</i>. IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans, Volume 105. Lyon, France: IARC. ISBN 978-92-832-1328-4 (print), 978-92-832-0143-4 (PDF).</p> <p>Health Council of the Netherlands. (2019, March 13). <i>Diesel engine exhaust: Health-based recommended occupational exposure limit</i> (No. 2019/02). https://www.gezondheidsraad.nl/site/binaries/site-content/collections/documents/2019/03/13/dieselmotoremissie/advies-Dieselmotoremissie_Engelstalig.pdf</p> <p>Consolidated text: Council Directive 98/24/EC of 7 April 1998 on the protection of the health and safety of workers from the risks related to chemical agents at work (fourteenth individual Directive within the meaning of Article 16(1) of Directive 89/391/EEC); https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/1998/24/2007-06-28/eng</p> <p>Artikel 4.2 lid 6, Arbeidsomstandighedenbesluit; https://wetten.overheid.nl/jci1.3:c:BWBR0008498&hoofdstuk=4&afdeling=1&paragraaf=2&artikel=4.2&z=2026-01-01&g=2026-01-01</p> <p>Artikel 4.18, Arbeidsomstandighedenregeling; https://wetten.overheid.nl/jci1.3:c:BWBR0008587&hoofdstuk=4&paragraaf=4.3&artikel=4.18&z=2026-01-01&g=2026-01-01</p> <p>Bijlage XIIC. Behorend bij artikel 4.18 Arbeidsomstandighedenregeling; https://wetten.overheid.nl/jci1.3:c:BWBR0008587&bijlage=XIIC&z=2026-01-01&g=2026-01-01</p> |
| Pag 74, line 44 | 34. | <p>Airport workers at Copenhagen Airport and Amsterdam Airport Schiphol are routinely exposed to very high concentrations of ultrafine particles (UFPs) and thereby to KEE. Particularly when positioned downwind of operating aircraft engines or APUs, where short-term peaks can reach several million particles per cubic centimetre. The accumulated literature, summarised in Bendtsen et al. 2021 and Bergmann et al. 2026 and corroborated by measurements of worker exposure at Schiphol (Van der Meer et al., 2024) is sufficient to support clear concern for adverse health effects; it is not credible to suggest that these exposures are of unknown significance. Yet, despite the availability of studies on UFPs and airport-related UFP exposure, no assessment of the reported concentrations has been provided here. This possibly creates the impression that no conclusions can be drawn, and therefore no warnings issued, in the absence of formally established health-based concentration-response functions. Furthermore, we are concerned that if the committees themselves do not explicitly acknowledge the hazardous properties associated with the observed concentrations of KEE-related UFP, such as overloading of</p> |

| | |
|--|---|
| | <p>the lungs, followed by impaired physiological functions, employers may not feel obliged to assess these hazards independently and take appropriate action. To avoid that outcome, please explicitly acknowledge the hazardous properties associated with the observed concentrations of KEE-related UFPs, most notably the risk of particle-number (surface-area) overload of the lungs with consequent impairment of physiological function and warn accordingly (see comment 22).</p> <p>Please also consider the documented peak exposures for workers at Amsterdam Airport Schiphol (TNO, 2021) and specify a maximum short-term exposure target in addition to shift-average criteria.</p> <p>Furthermore, please provide either a formal occupational exposure limit (hb-OEL) or precautionary target values for airport-related (KEE-related) UFPs, grounded in both carcinogenic and non-cancer health endpoints, and following the example and scientific evidence for concentration response functions of the WHO air quality guidelines. At a minimum, please establish target levels for both UFP and PM2.5, if necessary corrected for background levels, above which an increase in adverse health effects is reasonably expected and control actions are triggered.</p> <p>Starting point might be the nano reference values, supported by the recently developed health-based nanomaterial guidance value for non-toxic NPs of 4 ug/m³. Include carcinogenic properties in the precautionary approach by introducing an assessment factor to this HGNV, which should be at least a factor 10. For further explanation see: Visser et al. 2022 & van Kesteren et al. 2026.</p> <p>Bergmann, M., Haddad-Thoelke, P., Jeong, H., Kappeler, R., Altug, H., Oberwinster, L., Boogaard, H., Pohl, T., Soppa, V., Ogurtsova, K., Kutlar Joss, M., Andersen, Z. J., & Hoffmann, B. (2026). Systematic review and meta-analysis on the health effects of long-term exposure to ultrafine particles. <i>European respiratory review : an official journal of the European Respiratory Society</i>, 35(179), 250156. https://doi.org/10.1183/16000617.0156-2025</p> <p>Bendtsen, K. M., Bengtsen, E., Saber, A. T., & Vogel, U. (2021). A review of health effects associated with exposure to jet engine emissions in and around airports. <i>Environmental health : a global access science source</i>, 20(1), 10. https://doi.org/10.1186/s12940-020-00690-y</p> <p>P.C. Tromp, D. van Dinther, S.E. de Bie, J. Duyzer, J.P. Lollinga, M.M. Moerman & S.J. Henke (2021). <i>Verkenndend onderzoek ultrafijnstof op het Schiphol terrein met behulp van mobiele metingen</i>. TNO 2021 R11745. Petten, The Netherlands. https://repository.tno.nl/SingleDoc?docId=53573</p> <p>Visser, M., Gosens, I., Bard, D., van Broekhuizen, P., Janer, G., Kuempel, E., Riediker, M., Vogel, U., & Dekkers, S. (2022). Towards</p> |
|--|---|

| | | |
|----------------------|-----|--|
| | | <p>health-based nano reference values (HNRVs) for occupational exposure: Recommendations from an expert panel. <i>NanoImpact</i>, 26, 100396. https://doi.org/10.1016/j.impact.2022.100396</p> <p>van Kesteren, P. C. E., van Berlo, D., Bard, D., Butler, O., Dekkers, S., Hadrup, N., Lovén, K., Riediker, M., Schins, R. P. F., van Thriel, C., Vogel, U., & Gosens, I. (2026). Health-based nanomaterial guidance value (HNGV) for occupational exposure to spheroidal biodurable engineered nanomaterials of relatively low substance-specific toxicity. <i>NanoImpact</i>, 42, 100621. Advance online publication. https://doi.org/10.1016/j.impact.2026.100621</p> <p>World Health Organization. (2021, September 22). <i>WHO global air quality guidelines: Particulate matter (PM2.5 and PM10), ozone, nitrogen dioxide, sulfur dioxide and carbon monoxide</i>. https://www.who.int/publications/i/item/9789240034228</p> |
| Page 75, line 6-12 | 35. | <p>Replace as follows: “The committees consider that there are ample indications to stress that exposure to KEE should be limited, even in the absence of an hb-OEL for KEE, because KEE is part of outdoor air pollution, the presence of multiple non-threshold carcinogens and mutagens in KEE and analogy of KEE with DEE. Furthermore, the committees want to highlight the risk of combined exposure to DEE and KEE, which occurs simultaneously at many airports and which are expected to cause similar health effects on the same target organs. The committees recommend therefore to minimize occupational exposure to both DEE and KEE.”</p> |
| Page 76, line 30 | 36. | <p>If the existing weight of evidence is insufficient to characterise a dose–response relationship, propose animal testing to generate the data necessary for DNEL derivation under REACH Annex I. Consistent with the precautionary principle, it is preferable to undertake targeted toxicological studies, including in vivo investigations, to establish dose–response relationships for KEE, rather than awaiting statistically robust evidence of KEE-attributable morbidity in worker cohort studies.</p> <p>European Chemicals Agency (ECHA). (2012). <i>Guidance on information requirements and chemical safety assessment. Chapter R.8: Characterisation of dose [concentration]-response for human health</i> (Version 2.1). Available at: https://echa.europa.eu/documents/10162/13632/information_requirements_r8_en.pdf/e153243a-03f0-44c5-8808-88af66223258/</p> |
| Page 115, line 21-24 | 37. | <p>Following up on comment 8, given the availability of empirical emissions data for the idle phase—and the fact that occupational exposure occurs primarily during ground operations—reliance on cruise-phase conditions is inappropriate. The statement should be revised accordingly to incorporate the idle-phase evidence.</p> |
| Page 115, line 33-35 | 38. | <p>Following up on comment 4, please apply research on outdoor air pollution, especially but not exclusively evaluated by IARC, for this step.</p> |

| | | |
|----------------------|-----|--|
| Page 116, line 6-9 | 39. | Following up on comment 4, please apply research on outdoor air pollution, especially but not exclusively evaluated by IARC, for this step. |
| Page 116, line 30-32 | 40. | Following up on comment 8, given the availability of empirical emissions data for the idle phase—and the fact that occupational exposure occurs primarily during ground operations—reliance on cruise-phase conditions is inappropriate. The statement should be revised accordingly to incorporate the idle-phase evidence. |
| Page 117, line 10-13 | 41. | Following up on comment 4, please apply research on outdoor air pollution, especially but not exclusively evaluated by IARC, for this step. |
| Page 117, line 20-25 | 42. | Following up on comment 4, please apply research on outdoor air pollution, especially but not exclusively evaluated by IARC, for this step. |

Reactie Consultatie Rapport Gezondheidsraad Kerosene Engine Exhaust

Kenmerk: 2602.019

Datum: 30-03-2026

Auteurs: Mariska Droog en Tamara Onos (arbeidshygiënisten, Auxilium HSE)

Inleiding

In deze notitie wordt een reactie gegeven op het Public Draft rapport van de Gezondheidsraad over Kerosene Engine Exhaust (KEE) van 05-01-2026. Allereerst de complimenten voor het gedegen onderzoek dat is uitgevoerd door de commissie Gezondheid en beroepsmatige blootstelling aan stoffen (GBBS) en de subcommissie voor de Classificatie van carcinogene stoffen van de Gezondheidsraad, in samenwerking met de Nordic Expert Group for Criteria Documentation 10 of Health Risks from Chemicals (NEG).

Belangrijkste adviezen

Wij kunnen ons volledig vinden in de aanbeveling om KEE, hier verder Kerosine Motor Emissie (KME) genoemd, te classificeren als verdacht mutageen (categorie 2) en bewezen carcinogeen (categorie 1B). De conclusie zoals staat beschreven in het rapport, waarbij voor de analogiebenadering met dieselmotoremissie (DME) is gekozen voor de classificatie van KME is geheel in overeenstemming met onze inschatting.

De commissies stellen vast dat de concentratie zeer kleine deeltjes (Ultra Fine Particles, UFP) in KME hoger is dan in DME (paragraaf 2.3.3). Het feit dat deze deeltjes diep in de longen en longblaasje én daar cellen kunnen binnendringen en in de bloedcirculatie terecht komen geeft extra reden tot zorg.

De commissies geven aan dat voor het afleiden van een gezondheidkundige advieswaarde voor KME (een mengsel van stoffen) een meetbare indicator nodig is. Zij geven aan dat ze geen geschikte indicator hebben gevonden en dat hiervoor nader onderzoek nodig is. Verder geven zij aan dat om een gezondheidkundige advieswaarde te kunnen afleiden ook blootstellingsresponsgegevens (wetenschappelijk bewijs van een relatie tussen blootstelling en gezondheidseffect(en)) nodig zijn. De commissies adviseren in de tussentijd uit te gaan van bestaande grenswaarden voor elementen in KME, zoals PAK's, metalen en andere stoffen.

Geen advieswaarde voor KME

Wij begrijpen dat het nog niet mogelijk was om een gezondheidkundige advieswaarde voor KME vast te stellen, maar vinden het teleurstellend dat de beide commissies het niet hebben aangedurfd om een meetbare indicator te benoemen én een voorzet voor een grenswaarde voor de indicatie te benoemen. Conform wet- en regelgeving in Nederland moet elke organisatie in Nederland, bij het ontbreken van een bekende grenswaarde, een private grenswaarde afleiden (zie artikel 4.3 van het Arbeidsomstandighedenbesluit).

Al jaren worstelen betrokken partijen, waar blootstelling aan KME te verwachten is, met het geven van invulling aan deze wettelijke eis. Juist vanwege de ultieme deskundigheid die aanwezig is bij beide commissies mag worden verwacht dat zij het voortouw zouden nemen om te komen tot een meetbare indicator en grenswaarden. Dit kan bij gebrek aan wetenschappelijk bewijs over de

dosisresponsrelatie een ‘voorlopige’ advieswaarde zijn. Een voorlopige advieswaarde die na een periode van bijvoorbeeld 5 jaar of mogelijk eerder wanneer dit op basis van onderzoeksgegevens mogelijk is, worden herzien.

Wij verzoeken de commissies het huidige advies aan te vullen met een ‘voorlopige’ indicator voor KME, inclusief te hanteren grenswaarden. Hoewel voor CMR-stoffen een minimalisatieplicht geldt, is het wel van belang om de blootstelling te toetsen aan grenswaarden. Al was het maar voor het prioriteren van te nemen maatregelen. Er is momenteel een impasse, waarbij niemand het ‘aandurft’ grenswaarden voor UFP te benoemen. Bovendien zijn bedrijven in gebreke wat betreft het naleven van wet- en regelgeving. Als beide commissies het niet aandurven om in bovenstaande het voortouw te nemen, van wie kan dat dan wel worden verwacht?

Gezien eerdere en lopende onderzoeken, zou gedacht kunnen worden aan het volgende:

- Indicator voor KME is ultrafijnstof (UFP). Er zijn diverse onderzoeken uitgevoerd in de branche, waarbij telkens UFP als indicator voor KME is gebruikt.
- Een voorlopige grenswaarde van bijv. 50.000; 60.000 of 100.000 deeltjes/cm³. Hierbij is het dan wel van belang om nadere specificaties te geven over de te gebruiken meetapparatuur en tijdsduur waarop de grenswaarde betrekking heeft. Er is behoefte aan een grenswaarde voor de gehele werkdag (TGG 8uur) en een piekblootstelling (TTG-15min).

Nadeel hierbij is, zoals de commissies zelf ook aangeven in paragraaf 10.2, dat UFP ook afkomstig kan zijn van andere bronnen in de omgeving. In plaats van dit criterium af te wijzen, zou ook gekozen kunnen worden voor referentiemetingen om te kunnen duiden wat de herkomst is van de gemeten UFP.

Het toepassen van bekende grenswaarden

De commissies adviseren om, vanwege het ontbreken van een indicator voor KME en grenswaarden ervoor, gebruik te maken van bestaande grenswaarden van stoffen die aanwezig zijn in KME. Als eerder gesteld kenmerkt KME zich doordat, meer dan bij DME, sprake is van ultrafijne deeltjes (UFP). Wij willen benadrukken het hier niet eens te zijn met de insteek. Het toetsen van stoffen in het mengsel van KME aan bekende grenswaarden voor deze stoffen, zal beslist leiden tot een onderschatting van de blootstelling. De massa van de deeltjes zal gering zijn ten opzichte van de deeltjes in bijvoorbeeld DME, terwijl het gaat om deeltjes met vergelijkbare eigenschappen. Sterker nog, zoals reeds eerder gesteld, zal juist bij UFP rekening gehouden moeten worden met het feit dat deze deeltjes tot diep in de longen doordringen én in de bloedbaan terecht komen. De deeltjes kunnen daarmee eenvoudig door het hele lichaam transporteren.

Dit advies in het rapport kan ertoe leiden dat de initiatieven van allerlei betrokken partijen, waarbij blootstelling aan KME relevant is, om de blootstelling aan UFP in kaart te brengen wordt gesmoord of in ieder geval weer een aantal jaren vertraagd. Immers het advies in dit rapport is om, bij gebrek aan indicator voor KME en grenswaarden, terug te vallen op bekende grenswaarden (bijv. EC, NO, NO₂, PAK's). Eerder uitgevoerd onderzoek heeft al laten zien dat de concentratie van bijvoorbeeld elementair koolstof (EC) in KME veel lager is dan in DME, zoals de commissies zelf ook constateren in paragraaf 10.1. Dit is niet verwonderlijk aangezien KME uit UFP bestaat en nauwelijks ‘gewicht’ in de schaal leggen.

De onderschatting die het toepassen van huidige grenswaarden in onze optiek met zich meebrengt, maakt het des te belangrijker dat de commissie adviseert over een voorlopige advieswaarde voor KME.

Gezondheidskundige onderbouwing

We ondersteunen de bevinding dat het belangrijk is om nader onderzoek uit te voeren naar de dosis-responsrelatie voor KME en het bepalen van een goede meetbare indicator. Deze aanbeveling mag wat ons betreft een dringend advies zijn. Wanneer de commissies een 'voorlopige' indicator en grenswaarden aanbevelen, is er naar inschatting voldoende motivatie om hiernaar nader onderzoek uit te voeren. Uiteindelijk gaat het over de gezondheid van de mensen en dit kan het beste worden geborgd wanneer uit gedegen onderzoek blijkt wat de indicator en grenswaarden moeten zijn.

Samenvattend

Wij hopen dat de commissies helpen met het doorbreken van de impasse waarin de blootstelling aan VME zich bevindt. Door in haar advies het voorzorgsprincipe in gedachten te houden, voorkomen de commissies dat het nemen van beheersmaatregelen jarenlang uitgesteld wordt tot het moment dat de wetenschap van de hoed en de rand weet. Wij vragen de commissies daarom dringend het advies aan te vullen met een voorlopige advieswaarde voor KME.

Gezondheidsraad
T.a.v. Dr D. Boers

Our reference SPL.SC.BdV.2026.055
Our date 27-03-2026

■ **Reactie KLM op conceptrapport Kerosinemotoremissie**

Geachte heer Boers,

De Gezondheidsraad heeft op 5 januari 2026 een conceptrapport gepubliceerd over de grenswaarde en classificatie van kerosinemotoremissie. KLM is verheugd te zien dat er onderzoek wordt gedaan naar de effecten hiervan op de gezondheid, dit is essentieel om meer duidelijkheid te krijgen in het belang van de gezondheid van onze medewerkers. KLM besteedt al veel aandacht aan dit onderwerp, heeft al verschillende preventieve maatregelen genomen en is betrokken bij of uitvoerder van verschillende onderzoeken hieromtrent.

Reageren op de gedegen adviezen van de Gezondheidsraad, vindt KLM doorgaans niet passend. In dit geval maakt KLM toch gebruik van de mogelijkheid om te reageren op de inhoud van het conceptrapport. De reden daarvoor is het grote verschil tussen inhoudelijke uitkomsten van het gezondheidkundig onderzoek en de geadviseerde classificatie.

In deze brief gaat KLM kort in op enige inhoudelijke aspecten van het conceptadvies, mede onderbouwd door een beoordeling door Consultancybedrijf Royal Haskoning en gelet op wat de classificatie voor KLM kan betekenen.

Tevens gaat KLM kort in op enkele onderzoeken die op dit moment worden uitgevoerd. Wij willen u in overweging geven de uitkomst van deze onderzoeken mee te nemen in het definitieve advies van de Gezondheidsraad.

Tot slot geeft KLM een toelichting op de inspanningen die de sector nu verricht in een reductieprogramma voor verminderen van blootstelling aan kerosinemotoremissie.

Inhoudelijke aspecten:

De Gezondheidsraad geeft in het conceptadvies aan dat er nog onvoldoende wetenschappelijk bewijs is voor een gezondheidkundig onderbouwde grenswaarde en classificatie voor vliegtuigmotoremissie. Ze heeft als alternatief de analogie in samenstelling (bridging) tussen uitlaatgassen uit dieselmotoren en vliegtuigmotoren als uitgangspunt genomen. Dit is opmerkelijk omdat deze uitlaatgassen in belangrijke mate van elkaar verschillen. Niet voor niets geeft de Gezondheidsraad aan dat vliegtuigmotoremissie een andere meetmethode en grenswaarde vereist dan dieselmotoremissie.

Consultancy bureau Royal Haskoning heeft in opdracht van SNBV een onafhankelijke beoordeling uitgevoerd van het draft rapport over kerosinemotoremissie. Deze beoordeling treft u aan als bijlage (Evaluation of draft advisory report Kerosene Engine Exhaust). In dit rapport is als conclusie te lezen: "The assessment conducted in this report finds that the current scientific foundation for classifying kerosene engine exhaust (KEE) through bridging to diesel engine exhaust (DEE) is not sufficiently robust to meet the requirements of the CLP Regulation for "substantially similar mixtures.".

Zorgvuldigheid vinden wij cruciaal. Naar onze mening geeft het draft rapport van de Gezondheidsraad een onvoldoende onderbouwd voorlopig oordeel ten aanzien van classificatie van kerosinemotor-emissie.

Overwegingen:

Om onze medewerkers adequaat te beschermen is het wenselijk om inzicht te hebben in de schadelijke werking van vliegtuigmotoremissie, de juiste meetmethode voor blootstelling en het niveau van blootstelling waarbij het risico verhoogd is. Alleen met deze inzichten kan een beheersplan worden opgesteld dat adequaat is.

We hechten er waarde aan om onze medewerkers zorgvuldig en transparant te informeren over gezondheidsrisico's. Daarom is een helder onderbouwde classificatie noodzakelijk.

Tenslotte dringen wij erop aan dat in een internationaal opererende omgeving, zoals de luchtvaart, classificaties en grenswaarden worden gehanteerd die ook internationaal gelden.

Lopende onderzoeken:

KLM heeft nadrukkelijk de wens om helderheid te krijgen in de mogelijke schadelijke effecten van kerosinemotoremissie en zet zich al langer in om de kennis over dit onderwerp te vergroten.

Schiphol en KLM hebben met de sectorpartijen diverse onderzoeken rond blootstelling (IRAS/NKAL en TNO) en gezondheidseffecten (PMA) uitgevoerd of in gang gezet en werken actief mee aan onderzoek dat in voorbereiding is naar genotoxische eigenschappen (RIVM).

Op korte termijn (Q2 2026) worden de resultaten van het gezondheidsonderzoek van de polikliniek mens en arbeid (van Amsterdam UMC) en blootstellingsonderzoek van TNO verwacht naar schadelijke componenten in kerosinemotoremissie.

Het RIVM is bezig met de opzet van een genotoxisch onderzoek naar vliegtuigmotoremissie.

De Gezondheidsraad zelf heeft voor dit najaar een rapportage over de grenswaarde voor UFP aangekondigd.

Wij doen daarom een dringende oproep om deze laatste inzichten mee te nemen in uw finale beoordeling. Het definitieve advies voor classificatie, meetmethode en grenswaarde voor Kerosinemotoremissie zal daarmee rusten op een steviger fundament.

Reductieprogramma:

KLM en Schiphol zetten zich, samen met andere sectorpartijen, uitgebreid in op een reductieprogramma voor verminderen van blootstelling aan kerosinemotoremissie in het zogenaamde VDME-programma. Er zijn al veel maatregelen genomen zoals het verminderen van APU gebruik, het taxiën op minimaal aantal motoren, het opstarten van de vliegtuigmotor op een gunstiger plek in de baai en het uitvoeren van missies met taxibots (een manier van taxiën naar de startbaan zonder gebruik te maken van de vliegtuigmotoren voor de voortbeweging). In diverse deelprogramma's worden aanvullende maatregelen uitgewerkt en geïmplementeerd om de blootstelling zoveel als mogelijk te reduceren. Ook wordt adembescherming beschikbaar gesteld voor de medewerkers die in hun werkzaamheden blootgesteld kunnen worden aan vliegtuigmotoremissie.

KLM verzoekt de Gezondheidsraad om het advies voor de classificatie van vliegtuigmotor als carcinogeen 1B te heroverwegen. Zoals hierboven aangegeven is er op dit moment nog onvoldoende bewijs voor classificatie als carcinogeen klasse 1, waardoor voorlopig indelen in klasse 2 meer passend zou zijn.

KLM is vanzelfsprekend bereid mee te werken aan onderzoek om tot de benodigde inzichten te komen voor een uiteindelijke gezondheidskundig onderbouwde grenswaarde en classificatie, aangezien dit bijdraagt aan het beschermen van de gezondheid van onze medewerkers.

Tenslotte willen we benadrukken dat KLM zich zal blijven inzetten binnen dit dossier. Voorop staat dat we onze medewerkers een gezonde en veilige werkomgeving willen bieden.



Royal Dutch Airlines

We hopen u hiermee voldoende te hebben geïnformeerd, maar zijn uiteraard graag bereid tot een nadere toelichting van onze reactie op het conceptrapport.

Hoogachtend,

Bart de Vries

Vice President Safety & Compliance Organisation
Safety & Compliance Monitoring Manager KLM AOC

- Bijlage 1: Reactie op conceptrapport gezondheidsraad over KEE, H. Agtebrerg (KLM)
- Bijlage 2: REPORT: Evaluation of draft advisory report Kerosine Engine Exhaust, E. de Jong (RHK)



Titel Reactie KLM op concept rapport gezondheidsraad over KEE

Authors(s) Huub Agterberg (Senior Safety Consultant/arbeidshygiënist, KLM SCO) Date: 26-3-2026
Henk Thuis (Senior arbeidshygiënist HSE departement Schiphol) Version: Final
Reviewed & Approved by: Babs Douglas (Senior Safety Consultant/arbeidshygiënist, SCO)

Table of Contents

| | |
|--|----|
| 1 Inleiding..... | 3 |
| 2. Inhoudelijke reactie op draft rapport GR KEE..... | 4 |
| 2.1 Executive summary | 4 |
| 2.2 Characteristics of kerosene engine exhaust | 4 |
| 2.3 Methods for workplace measurements of kerosene engine exhaust | 13 |
| 2.4 Occupational exposure to kerosene engine exhaust..... | 13 |
| 2.5 Mechanisms of toxicity | 15 |
| 2.6 Mutagenicity | 16 |
| 2.7 Carcinogenicity..... | 18 |
| 2.8 Evaluation and recommendation on the classification of mutagenicity and carcinogenicity | 19 |
| 2.9 Other health effects | 22 |
| 2.10 Evaluation and recommendation on an occupational exposure limit..... | 22 |
| 2.11 Research needs | 23 |
| 3. Conclusie | 25 |
| Literatuur | 26 |
| Bijlage 1: BC en OM in benzine en diesel uitlaatgassen | 27 |
| Bijlage 2: Temperatuur en luchtdruk naar hoogte. | 28 |
| Bijlage 3: Afnemende zuurstofgehalte met (vlieg-)hoogte..... | 29 |

Colofon

| | |
|------------------------------|---|
| Titel | Reactie op draft rapport gezondheidsraad over KEE |
| Status | Definitief |
| Datum | 26 maart 2026 |
| Versie | 1.0 |
| Refereert naar: titel | Kerosene Engine Exhaust - Recommendations for the classification of mutagenicity and carcinogenicity and a health-based occupational exposure limit, Public draft. Version date: Monday 5 January 2026. |
| Auteurs | Dutch Expert Committee on Occupational Safety and Subcommittee on the Classification of Carcinogenic Substances in collaboration with the Nordic Expert Group for Criteria Documentation of Health Risks from Chemicals |

Opgesteld door

| Naam | Organisatie | Functie |
|-------------------|--------------------|------------------|
| Ir Huub Agterberg | KLM | Arbeidshygiënist |
| Drs. Henk Thuis | Schiphol | Arbeidshygiënist |

1 Inleiding

Op 5 januari 2026 heeft de Gezondheidsraad¹ een draft rapport gepubliceerd met het verzoek om hier commentaar op te geven. We waarderen de inzet van de Gezondheidsraad om alle kennis op rij te zetten en daar een gedegen oordeel over te geven. Dit helpt de luchtvaartsector (Schiphol en KLM) bij het maken van de juiste keuzes ten aanzien van het beschermen van de gezondheid van onze medewerkers.

KLM en Schiphol werken intensief samen met alle sectorpartijen bij het verminderen van de blootstelling aan kerosine motor emissie (KEE) op Schiphol.

Kennis over de blootstelling en gezondheidsrisico's zijn een belangrijk onderdeel van het beheers programma voor blootstelling aan vliegtuigmotoremissie. We zijn net als de gezondheidsraad in dit rapport tot de conclusie gekomen dat voor het afleiden van een grenswaarde onvoldoende kennis over de dosisrespons-relatie voor handen is.

In het draft rapport adviseert de Gezondheidsraad om KEE te classificeren als 1B carcinogeen op basis van de analogie met DEE. Bij de onderbouwing voor het toepassen van deze analogie hebben we behoefte kanttekeningen plaatsen.

In deze rapportage leveren we commentaar op het draft rapport conform de door de Gezondheidsraad gepubliceerde handreiking. Per hoofdstuk wordt de pagina en tekst uit het draft rapport weergegeven en daarna het commentaar beschreven. Het commentaar kan gaan over aspecten waarvoor aanvullende informatie een ander inzicht kan geven of aspecten waar op diverse gronden een andere interpretatie meer passend lijkt. In het volgende hoofdstuk worden in volgorde van het draft rapport commentaren, vragen en suggesties beschreven.

¹ Volledige gegevens van de bron: Dutch Expert Committee on Occupational Safety and Subcommittee on the Classification of Carcinogenic Substances in collaboration with the Nordic Expert Group for Criteria Documentation of Health Risks from Chemicals. Titel: Kerosene Engine Exhaust - Recommendations for the classification of mutagenicity and carcinogenicity and a health-based occupational exposure limit, Public draft. Version date: Monday 5 January 2026.

2. Inhoudelijke reactie op concept rapport GR KEE

2.1 Executive summary

P8:

1 **Analogy approach used for classification**

2 The committees evaluated the genotoxic and carcinogenic properties of KEE by using the
 3 criteria based on the CLP Regulation (Classification, Labelling and Packaging of chemicals).
 4 Currently, there is limited scientific data on KEE. However, the committees consider diesel
 5 engine exhaust (DEE) a substantially similar mixture to KEE. For DEE a large amount of data
 6 is available. Both are complex mixtures derived from the combustion of crude oil, have a
 7 similar composition of combustion products and similar physicochemical properties. Because
 8 of these similarities between DEE and KEE, the committees infer that they also have similar
 9 toxicological effects, which allows for an analogy approach to be used.

Commentaar

De commissie hanteert, gezien de beperkte mengsel-specifieke gegevens voor KEE, een bridging-benadering richting DEE. Uit alle literatuur komt naar voren dat juist ten aanzien van de meest schadelijke componenten er aanzienlijke verschillen zijn tussen KEE en DEE. KEE bevat bijvoorbeeld een veel lager gehalte fijnstof deeltjes met PAK's dan DEE. IARC geeft aan dat DEE zonder stofdeeltjes geen mutagene activiteit laat zien. Is uit te leggen waarop de analogie voor specifiek de schadelijke componenten uit KEE en DEE gebaseerd is?

20 **Classification of KEE for carcinogenicity**

21 There is limited evidence for the carcinogenic properties of KEE, but there is ample evidence
 22 from epidemiological and toxicological studies on DEE. In addition, KEE and DEE both
 23 contain several known carcinogenic components, and DEE has been classified as
 24 carcinogenic to humans (Group 1) by the International Agency for Research on Cancer
 25 (IARC). Therefore, the committees recommend a classification for carcinogenicity of KEE in
 26 Category 1B. 'presumed to be carcinogenic to humans'.

Commentaar

De componenten waarvan vastgesteld is dat ze in belangrijke bijdragen aan de carcinogene eigenschappen van DEE zijn in KEE in heel beperkte mate aanwezig. De onderbouwing om voor KEE een klasse 1B (en niet klasse 2) toe te kennen lijkt hier te ontbreken. Er zijn zeker zorgen over de mogelijke schadelijke effecten van KEE, mogelijk door de UFP in KEE. Carcinogene effecten zijn niet uit te sluiten, maar ook nog niet vast te stellen. Is uit te leggen waarom classificatie 1B en niet 2 gekozen is? Klasse 2 lijkt op basis van de literatuur meer passend.

2.2 Characteristics of kerosene engine exhaust

P18: samenstelling brandstof

4 **2.2.3 Conclusion on fossil fuels**

5 As is shown in Figure 2, kerosene jet fuel and diesel fuel (data of 'older' diesel fuel) show
 6 strong similarities in composition. As kerosene and diesel fuel exhibit comparable chemical
 7 compositions, it is likely that their combustion products, also show similar characteristics.
 8 Gasoline fuel, however, clearly differs in composition compared to kerosene and diesel fuel.
 9 Gasoline contains more (volatile) aromatic compounds and far less alkanes (e.g., methane).
 10 Gasoline will therefore not be further considered in this advisory report.

Commentaar

Diesel, benzine en kerosine hebben duidelijk niet dezelfde samenstelling. De grootte van de organische ketens zijn duidelijk verschillend. Dit geeft het draft rapport zelf al aan met de verschillende fracties die de brandstoffen bevatten.

De aanname dat verbranding van kerosine en diesel tot dezelfde samenstelling van uitlaatgassen leidt, wordt niet ondersteunt met gegevens. Gezien de verschillen tussen diesel en kerosine-motoren ten aanzien van verbrandingstechniek, druk en temperatuur is het nauwelijks aannemelijk dat de uitlaatgassen substantieel dezelfde samenstelling hebben. Verbranding van kerosine vindt plaats in een continu proces onder druk, hitte en met een grote mate van zuurstoftoevoer.

Kerosine wordt vergeleken met diesel dat veel meer additieven bevat en verbrandt in een discontinu proces in cilinders, waarbij relatief veel olie verbrandt wordt. Benzine bevat net als kerosine weinig toevoegingen, maar wordt net als diesel verbrandt in een discontinu proces in cilinders.

De deeltjes in de uitlaatgassen komen vooral van de mee verbrande smeerolie in de cilinders. Bij de kerosine verbranding is geen sprake van mee verbrande olie.

Op basis van de korte karakteristiek van brandstof en verbrandingsproces is niet te concluderen wat de samenstelling van de uitlaatgassen zal zijn en welke gezondheidsrisico's deze met zich meebrengen. Op dit moment is uitsluiten van benzine in de vergelijking van de nog onvoldoende onderbouwd.

P18 additieven en gevolg voor uitlaatgassen

23 Additives are used in varying degrees in all petroleum derived fuels (e.g., kerosene jet fuels,
 24 diesel fuels), but the situation with kerosene jet fuels is unique in that only those additives
 25 specifically approved may be added to jet fuel. In section 2.2.1 it was noted that various
 26 kerosene jet fuels mainly differ in composition from each other by the presence of some
 27 additives. This is particularly true for military jet fuels, JP-5 and JP-8 (see also Table 1). Jet A
 28 generally contains no additives, although antioxidants, metal deactivators and static
 29 dissipators are allowed. For Jet-A1 a static dissipator is required and antioxidants are
 30 required only if the fuel is hydroprocessed. Diesel fuels generally contain several additives
 31 (see also Table 2)³⁰ which are not so strictly regulated as kerosene jet fuels.
 32 Remains of additives in fossil fuels may end up in the exhaust, particularly remains of metals
 33 with high boiling points.

Commentaar

De Air Quality Expert Group to the Department for Environment, Food and Rural Affairs; Scottish Government; Welsh Government; and Department of the Environment in Northern Ireland (2018) laat zien dat zowel diesel- als benzinemotoren bijdragen aan de UFP concentratie in het milieu (zie onderstaande figuren uit deze referentie). Ook van vliegtuigmotoren is bekend dat ze UFP emissies geven.

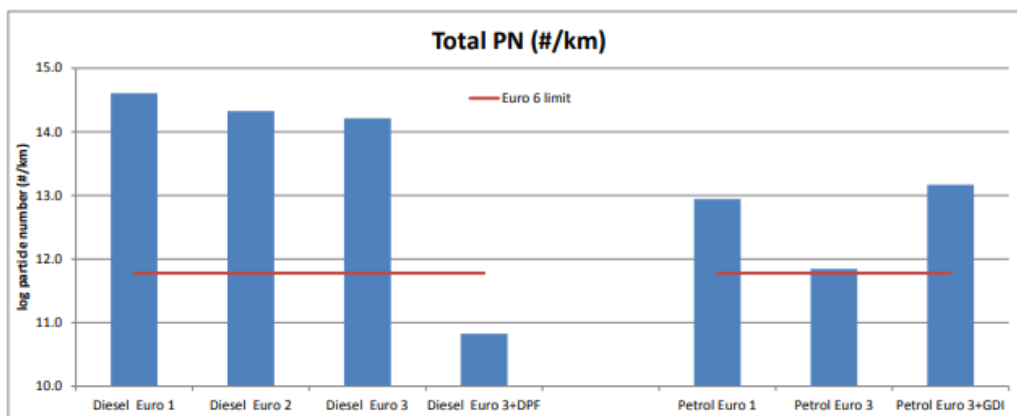


Figure 7. Particle number urban emission factors for passenger cars. Source EMEP/EEA Emissions Inventory Guidebook (2013).

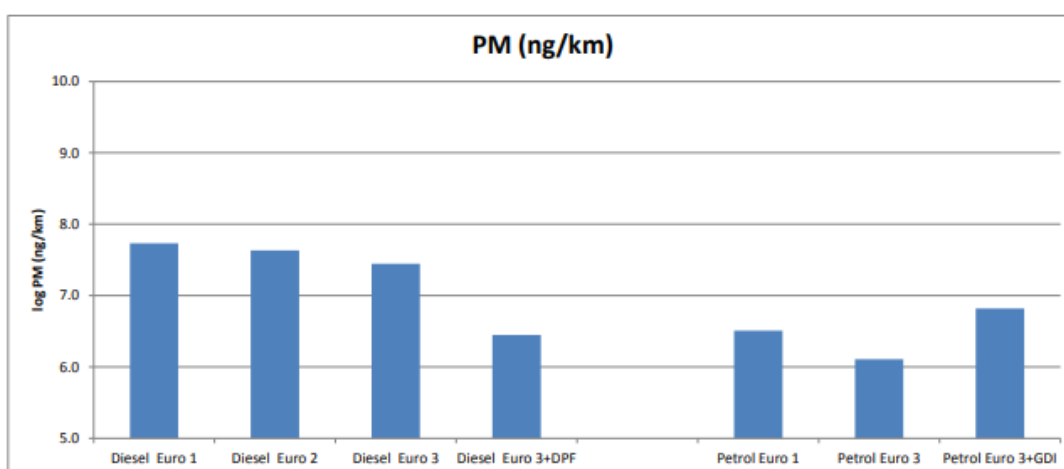


Figure 8. Particle mass urban emission factors for passenger cars. Source EMEP/EEA Emissions Inventory Guidebook (2013).

Ronkkö et al,(2019) geven aan dat zowel diesel, benzine als kerosine verbranding deeltjesvormige componenten in de uitlaatgassen met zich meebrengt. Vooral de additieven zorgen voor vorming van deeltjesvorming verontreiniging bij dieselverbranding.

Omdat diesel aanmerkelijk meer additieven bevat dan kerosine, zoals ook in het draft rapport al aangegeven wordt, is een logisch gevolg dat de samenstelling van de uitlaatgassen, met name voor de deeltjesvormige componenten, sterk uiteenlopen. Ten aanzien van additieven zijn daarom benzine en kerosine meer vergelijkbaar dan diesel en kerosine, omdat diesel veel meer additieven bevat. Het toevoegen van de analogie tussen benzine en kerosine, respectievelijk benzine en diesel zou een belangrijke toevoeging zijn aan dit rapport.

P21:

Table 4. Composition of kerosene engine exhaust (during cruise conditions) and diesel engine exhaust (automotive)

| | Kerosene engine exhaust | Diesel engine exhaust* |
|------------------------------------|-------------------------|------------------------|
| Nitrogen (N ₂) | ~ 75.2% | ~ 75.2% |
| Oxygen (O ₂) | ~ 16.3% | ~ 15% |
| Carbon dioxide (CO ₂) | ~ 6.1% | ~ 7.1% |
| Water vapour (H ₂ O) | ~ 2.3% | ~ 2.6% |
| Sulphur oxides (SO _x) | ~ 0.02% | Trace amounts |
| Nitrogen oxides (NO _x) | ~ 0.03% | ~ 0.03% |
| Hydrocarbons (HC) | Trace amounts | Trace amounts |
| Carbon monoxide (CO) | Trace amounts | Not specified |
| Soot | Trace amounts | Trace amounts |

* Note: original source for this information is a publication by Volkswagen from 1989, so based on older data (older diesel engines without after-treatment systems (such as catalysators and particle filters) and old diesel fuel composition).

Sources: Hartikainen et al. (2024)³⁸; IARC (2014)⁵; IPCC (1999)²⁵; Liati et al. (2019)³⁹; Masiol & Harrison (2014)¹; Ris (2007)³⁶; van Seters et al. (2024)²⁶; WHO (1996)³⁰

Commentaar

Aangegeven wordt dat KEE en DEE trace amounts HC, CO en soot bevatten. Voor de mate van toxiciteit zijn juist deze trace-componenten van belang. Er zijn binnen de trace amounts dan ook grote verschillen tussen DEE en KEE. Ook benzinemotoren bevatten “trace amounts” koolstofdeeltjes, waarin de mate varieert met het type motor (zie bijlage 1). De nadere uitwerking volgt in de komende paragrafen.

P23: Soot in KEE

1 thrust settings, such as during taxi/ground idle operations (most relevant for occupational
 2 exposure of platform workers), when the temperature of the air is relatively low and fuel
 3 atomization and mixing processes least efficient. NO_x and soot, on the other hand, are
 4 highest at high thrust settings (see Table 3), such as during take-off operations (contributes
 5 to air pollution at the airport (i.e., occupational exposure of airport workers) and in the
 6 surroundings of airports (i.e., environmental exposure of neighbouring residents)). The
 7 oxidation of atmospheric N₂ at very high temperatures during combustion drives the
 8 formation of NO_x. In addition, the presence of trace amounts of S, N₂, and some metals (e.g.,
 9 iron (Fe), copper (Cu), zinc (Zn)) may lead to the formation of additional SO_x, NO_x, HC and
 10 soot during incomplete combustion. ^{1-3, 25}

12 Table 3. Emission index levels (in g/kg fuel) for typical aircraft engine operating regimes

| | Taxi/ground idle | Take-off | Cruise |
|----------------------------|------------------|--------------|-------------|
| CO | 25 (10 - 65) | < 1 | 1 - 3.5 |
| Methane (CH ₄) | 4 (0 - 12) | < 0.5 | 0.2 - 1.3 |
| NO ₂ | | | |
| short haul | 4.5 (3 - 6) | 32 (20 - 65) | 7.9 - 11.9 |
| long haul | 4.5 (3 - 6) | 27 (10 - 53) | 11.1 - 15.4 |

13 Sources: Brasseur et al (1998) ³⁴; IPCC (1999) ²⁵

Commentaar:

GR draft rapport beschrijft dat bij hoge thrust settings KEE relatief hoge concentraties Soot bevat. Daarin wordt verwezen naar table 3, waarin de gegevens over Soot ontbreken, wat ook al op (p20, r22) werd bevestigd. Het ontbreekt hier aan een onderbouwing van de bewering over Soot in relatie tot thrust setting. Het rapport *Characterisation of emissions from sustainable aviation fuels and Jet A1 fuel on turbojet engine, van de Swedish Defence Research Agency and Swedavia uit 2024* laat zien dat relatief meer UFP vrijkomt bij idle (kerosine verbruik rond 200 kg/h). Zie onderstaand figuur.

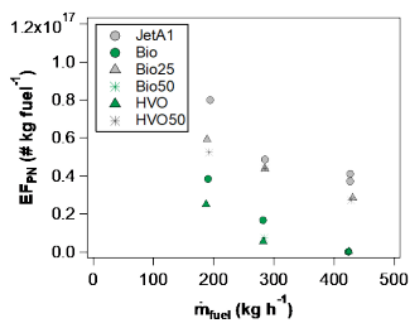


Figure 6. EF_{PM} as a function of fuel mass flow (\dot{m}_{fuel}) for the fuel tested. Grey symbols are fuels containing Jet A1, green symbols are fuels without Jet A1 with low sulfur content.

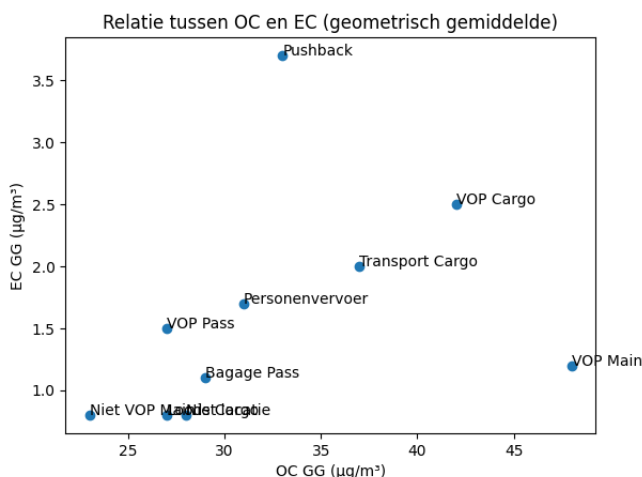
Het GR draft rapport lijkt eveneens voorbij te gaan aan verschillen van de lucht op zeeniveau vs. grote hoogte (10 km) (bijlage 2). De temperatuurgradiënt is relevant: (20°C vs. -55°C) alsook de O₂ dichtheid (20,9% vs. 6,3%) (bijlage 3). Het is derhalve niet aannemelijk dat de (door Penner met betrekking tot de vaste deeltjes) beschreven (overigens louter kwalitatieve) samenstelling van KEE tijdens de vlucht representatief is voor KEE op zeeniveau. (zie bijlage 2)

P23 Deeltjesvormige verontreiniging

- 14 *Carbonaceous particulate matter*
- 15 Combustion-generated particles, like KEE-particles and DEE-particles, consists
- 16 predominantly of solid carbonaceous PM which form a complex mixture of EC and or OC,
- 17 often altogether (EC and OC) referred to as soot.

Commentaar

Blootstellingsmetingen naar elementair koolstof (EC) en organisch koolstof werden op Schiphol uitgevoerd onder 102 medewerkers (Van der Meer, ref 102 in GR). Gebleken is dat EC-blootstelling voorkomt in relevante concentraties bij functiegroepen die veel en vaak in de nabijheid van dieselaangedreven voertuigen hun werk verrichten (pushback/trekker chauffeurs, transport van cargo). Het heeft er daarmee alle schijn van dat deze EC hoofdzakelijk vrijkomt als DME. Hieronder is de correlatiegrafiek OC en EC op basis van de data uit (Van der Meer, ref 102 in GR) afgebeeld. Hieruit kan grofweg een vaste verhouding OC/EC worden opgemaakt. Uitzonderingen vormt de groep Pushback, die van hun eigen dieselmotor relatief veel EC in de ademplucht zullen krijgen. De andere uitzondering is VOP/Maincontractors: deze groep medewerkers was in de nabijheid/jetblast van idle/low thrust vliegtuigen werkzaam. Dit geeft op basis van blootstellingsdata een sterke indicatie dat de EC en OC verhouding in KEE en DEE sterk van elkaar verschillen.



P24

13 *Aging and secondary aerosol formation*

14 During atmospheric aging, volatile and semi-volatile organic compounds (SVOCs) become
 15 oxidized, leading to fragmentation or condensation and consequently to the formation of
 16 secondary inorganic and organic aerosols (SIAs and SOAs respectively). Since aircraft
 17 engines can emit significant quantities of VOCs, including known SOA precursors such as
 18 benzene and toluene, the formation of SOA may be substantial. However, data to underpin
 19 this is scarce due to the complexity of these processes. ^{1, 44, 56, 59, 60}

20

Commentaar

Het theoretische concept dat zich na verloop van tijd in de atmosfeer secundaire en organische aerosolen kunnen vormen, geeft weinig onderzoeksdata om dit concept te kunnen onderbouwen. Uit alle blootstellingsonderzoek (Bendtsen, van der Meer) blijkt dat de deeltjesvormige blootstelling in KEE vooral bestaat uit zeer kleine deeltjes (mediaan 10 - 20 nm). Ook is te zien dat de massa van de deeltjes bij KEE zeer gering is. De vorming van secondary particles, met allerlei componenten daarin van een significante massa, zien we ook in de onderzoeken naar UFP op luchthavens niet terug (Van der Meer, ref 102 in GR, Tromp, TNO 2021). De "significant quantities" in dit verband is naar ons idee dan ook niet correct.

P 24 Vliegtuigmotor verbranding

1 particles. The initial soot formation in the engine combustor occurs rapidly, often within a few
 2 seconds. Individual soot particles can also agglomerate (particles sticking together) to form
 3 larger soot particles or soot agglomerates (see also Figure 4). ^{38, 44, 53}
 4 Aircraft-related soot contains, compared to other sources such as soot particles from DEE or
 5 wildfires, the highest carbon content, the greatest oxygen content in the form of phenolic and
 6 carbonyl groups, and the widest range of elements, including S, Na, N, Zn and Ba. ^{1, 54} Soot
 7 emissions in KEE are low during idle but increase with increasing thrust settings (and
 8 increasing combustion temperature). Soot composition (EC and OC) changes with increasing
 9 thrust settings and shifts from OC-rich at idle to EC-rich with increasing thrust. ^{1, 38, 55-58}

Commentaar

Soot, PAKs, EC en OC zijn verzamelnamen voor mengsels van koolwaterstoffen. Waar dezelfde verzamelnaam wordt gebruikt, is het nog maar zeer de vraag of de samenstelling (componenten en de verhouding tussen deze) voldoende overeenstemmend is. Soot en OC blijkt relatief meer vrij te komen in low-thrust operaties (p24, r 8-9) terwijl relatief meer EC lijkt te ontstaan bij toenemende thrust. Nader onderzoek is benodigd.

De beschrijving over de verbranding van kerosine in vergelijking met diesilverbranding mist een aantal significante factoren. Vliegtuigmotoren verbranden in een continu proces met toevoer van kerosine, zuurstof en ontstekingsenergie in een permanent geoptimaliseerde samenstelling. Dieselmotoren kennen een discontinu proces met injectie en verbranding per cilinder.

Het is te verwachten (en zeker in de zeer oude type diesilverbrandingsmotoren die ten grondslag liggen aan de huidige classificatie voor DME) dat elke cyclus van de motor er zowel optimale als suboptimale zuurstof/brandstof verhoudingen optreden. De combinatie van niet volledig verbrande brandstof, olie en additieven is de belangrijkste oorzaak voor het ontstaan van deeltjesvormige uitstoot (met vaste PAK's) in DME. (Resitoglu, A. et al 2015) We zijn van mening dat het rapport aanpassing behoeft omdat het hier om de kritische componenten uit KEE en DEE gaat, een aanvulling in het rapport toe te voegen op het punt van verbrandingsprocessen van de specifieke brandstof in vliegtuig-turbinemotoren, bij voorkeur ook aangevuld met benzine als brandstof en eenduidige wijze van presenteren van emissiegegevens.

P24 Verbranding KEE en DEE

P24& 25 PAH and other compounds

--

 21 **PAH and other organic compounds**

22 The main components found adsorbed to both KEE-particles and DEE-particles are PAH,
23 and other hydrocarbons. These PAH deserve special attention, because most of the PAH-
24 congeners are known, probable or possible human carcinogens.^{1, 61, 62} PAHs are volatile
25 and semi-volatile substances that are distributed between gaseous and particulate phases
26 depending on the temperature in the exhaust plume. Almost all low molecular weight PAHs
27 (≤ 4 -rings) occur in the gaseous or vapour-phase, while almost all high molecular weight
28 PAHs (> 4 -rings) occur almost completely particle-bound. Lighter congeners such as
29 naphthalene and its 1-methyl and 2-methyl derivatives contribute strongly to the total PAH
30 mass in KEE at different thrust modes. So generally, approximately 60% of the total PAH

1 emissions consist of naphthalene (2-rings), ~38% of PAH with three-ring congeners, the
2 remaining (~2.5%) consist of high-molecular weight PAH with four- to seven-rings. The five
3 most abundant PAH in KEE are naphthalene, phenanthrene, fluoranthene, acenaphthalene
4 and pyrene. Apart from naphthalene, which is most likely found in gas-phase, the other 3- to
5 4-ring PAH can be found both particle-bound as well as gas-phase.^{1-3, 55} DEE also contains
6 nitro-PAH²⁹, there is no direct evidence that indicates whether KEE contains nitro-PAH. Less
7 than 1% of DEE-particle mass contain PAH and its derivatives (i.e., particle-bound PAH).^{29, 36}
8 Furthermore, naphthalene, phenanthrene and pyrene are also frequently found in DEE.²⁹
9 Generally, the relative quantities of cyclic compounds in the fossil fuel, e.g., aromatics and
10 naphthalene, determine how much soot is emitted during the combustion. This increases
11 with the amount of ring structures of the hydrocarbons.^{24, 26}
12 Benzene (classified as human carcinogen (Group 1) by IARC),^{1, 63, 64} toluene, ethylbenzene
13 and xylene (BTEX) are aromatic hydrocarbons principally emitted in exhaust plumes. BTEX
14 compounds are highly reactive and play a key role in the formation of O₃ and SOAs.
15 Emissions of benzene and toluene decrease rapidly with increasing aircraft engine power
16 (higher power setting).¹
17 A significant percentage (30-40%) of total hydrocarbon emissions in the exhaust plume at
18 ground idle (low power settings) consists of aliphatic, cycloaliphatic and aromatic structures,
19 predominantly ethylene, propylene, acetylene, 1-butene, methane and formaldehyde.
20 Formaldehyde (a carbonyl; classified as a human carcinogen (group 1 IARC)) was found to
21 be the most predominant aldehyde in KEE. Carbonyl (e.g., formaldehyde, acetaldehyde,
22 propionaldehyde, acrolein) emissions are generally higher during ground idle than at higher
23 thrust levels (or high-power settings). However, measurements of carbonyl emissions may
24 show large variations due to changes in ambient temperature.^{1, 55}

Commentaar

Uit de literatuur over PAK's in uitlaatgassen komt naar voren dat in KEE vooral 2 en 3 rings PAK's aanwezig zijn. De 4-7 rings PAK's komen maar in zeer kleine hoeveelheden voor. Dit staat ook in het GR draft rapport. DEE bevat meer vaste PAK's die gebonden zijn aan de deeltjes. Omdat DEE uitlaatgassen grotere deeltjes bevatten met een grotere massa, is de blootstelling die optreedt aan deze meer schadelijke PAK's bij DEE veel groter dan bij KEE. Blootstellingsgegevens over blootstelling aan PAK's uit KEE laten steeds blootstellingsniveaus ver onder de grenswaarden zien met vooral Naftaleen (Bendtsen). Bij blootstelling aan (oudere) dieselemisies zijn wel verhoogde PAK niveaus gemeten, met een belangrijk aandeel voor benzo(a)pyreen. (Monograph 105 IARC 2014)

Voor een compleet beeld van de mogelijk overeenkomsten en verschillen tussen gezondheidseffecten van blootstelling aan KEE en DEE zou juist het uitwerken van deze verschillen in de samenstelling van KEE en DEE een belangrijk ingrediënt zijn.

IARC geeft in paragraaf 6.4.2 van het IARC Monograph 105 (2014): P 423 aan dat ook benzine uitlaatgassen PAK's bevatten. Mutagene effecten bij dierproeven zijn naar voren gekomen en het totaalbeeld is nog onvoldoende eenduidig voor classificatie voor carcinogeniteit. Bij het maken van een vergelijking van uitlaatgassen en hun kankerverwekkende potentie zou ook benzine als

vergelijking meegenomen moeten worden voor een totaalbeeld. Het toevoegen van de analogie tussen benzine en kerosine, respectievelijk benzine en diesel zal zeggingskracht aan dit rapport toevoegen. Overigens evenals het aanhouden van de analogie met JP8 brandstof.

P25

26 **Metals**

27 Several metal compounds have been detected (trace amounts) in the exhaust from aircraft
 28 engines. Some of these metal compounds have been classified as probable or possible
 29 human carcinogens, such as cobalt, nickel and lead.³ These metal compounds, usually
 30 adsorbed to soot particles, include chromium (Cr), iron (Fe), molybdenum (Mo), sodium (Na),
 31 calcium (Ca), aluminium (Al), vanadium (V), barium (Ba), cobalt (Co), copper (Cu), nickel
 32 (Ni), lead (Pb), magnesium (Mg), manganese (Mn), silicon (Si), titanium (Ti), and zirconium
 33 (Zr).^{1, 3, 65} The source for the presence of zirconium and cobalt in the exhaust, is exclusively
 34 engine wear since these compounds are not found in kerosene jet fuel or lubricating oil.
 35 Zirconium is known to be used as a thermal barrier coating in aircraft engine parts. Engine
 36 wear is most likely also the source for the presence of iron, copper, chromium, nickel, and
 37 molybdenum in the exhaust. Although smaller amounts of iron are also found in kerosene
 38 and lubricating oil. Chromium (metallic chromium can be precursor of Cr(VI) and Cr(III);
 39 Cr(VI) is classified as carcinogenic to humans by IARC) is widely used in engine parts, such
 40 as turbine engine blades, small amounts are also detected in lubricating oil. For metals like
 41 barium, vanadium, lead, and titanium the main source is kerosene, although vanadium, lead,
 42 and titanium are also detected in lubricating oil. Calcium and sodium are detected in both
 43 kerosene as well as lubricating oil. Barium has the capability to reduce soot emissions during
 44 combustion by acting as a nucleation core and was therefore used as an additive in
 45 kerosene. Compounds like aluminium, silicon, magnesium, and manganese, have no main
 46 source⁶⁵ and are associated with more than one of these sources or even all three sources
 47 (e.g., kerosene, engine wear, lubricating oil).^{1, 3, 65} DEE may contain some of the above-
 48 mentioned metals (in trace amounts) as well.
 49

Commentaar

Penner schrijft over metalen die zich in KEE kunnen bevinden. Echter de suggestie dat metalen bij onvolledige verbranding van kerosine tot extra SO_x, NO_x, HC en Soot kunnen leiden refereert niet aan Penner, zoals de GR aangeeft (p21, r10). Deze suggestie is daarom onvoldoende onderbouwd.

KEE zou metalen kunnen bevatten, maar uit onderzoek van IRAS (2024) en RIVM (2024) komt dit niet naar voren. Diverse metalen zouden in KEE kunnen voorkomen, zo schrijft GR. Op Schiphol werd in een grote set blootstellingsmetingen (Van der Meer, ref 102 in GR) aangetoond dat dit niet leidt tot enige relevante verhoogde blootstelling aan inhaleerbaar chroom, molybdeen, vanadium en zirkonium (niet aangetroffen), en inhaleerbaar ijzer, zink, aluminium en nikkel werden respectievelijk in 15, 10, 14 en 1 procent van de (88) inhaleerbare stof samples aangetroffen. Alle blootstellingswaarden lagen ver beneden de veilige grenswaarden. (zie ook bijlage 4). Ook de RIVM letter 2024-0148 (zie hierbeneden) laat geen verhoogde blootstelling aan metalen zien bij apron medewerkers ten opzicht van kantoormedewerkers.

Uit RIVM letter report 2024-0148

| Reference and description | Environmental (Personal exposure monitoring) | Environmental (Stationary monitoring) |
|--|---|---------------------------------------|
| Metals Marie-Desvergne et al. (2016)^{6*} France Study details as described above in this table under 'Particles' | Median (min - max) Concentrations in EBC (µg/L) Aluminium: 3.0 (3.0-131.7)(apron workers) 3.0 (3.0-34.9) (administrative office staff) Cadmium: 0.075 (0.075-0.720) (apron workers) | - |
| | 0.075 (0.075-4.52) (administrative office staff) <i>Sig. elevation in apron workers (p < 0.001)</i> Chromium 0.57 (0.15-8.68) (apron workers) 0.52 (0.15-5.12) (administrative office staff) | |

P26: Conclusie over samenstelling

14 **2.3.3 Conclusion on combustion products**

15 In Table 4 an overview of the composition of KEE and DEE is shown. The compositions of
 16 KEE and DEE are very similar regarding the relative amounts of nitrogen, oxygen, CO₂, NO_x,
 17 hydrocarbons or soot. There is, however, one main difference in the average composition of
 18 combustion products, which is the amount of sulphur compounds in the exhaust. This
 19 observation shows that sulfur compounds may be relevant for the evaluation of toxicity of
 20 KEE and will be considered in the following chapters.

21
 22 Table 5 shows that KEE, compared to DEE is generally characterized by high concentrations
 23 of very small particles (mainly soot), most KEE-particles have aerodynamic diameters in the
 24 UFP size range. Table 5 also shows that both KEE-particles and DEE-particles have similar
 25 bimodal size distributions, morphology, fractal-like structure, and a relatively large surface
 26 area which allows for the adsorption of organic substances.

27 Total PAH emitted in KEE generally consist of 2- and 3-ring PAH, such as naphthalene (2-
 28 ring PAH). KEE, compared to DEE, may contain lower concentrations of high-molecular PAH
 29 (>4-ring PAH), which generally have a higher carcinogenic potential.

Commentaar

De conclusie dat de verbrandingsproducten van DEE en KEE ongeveer gelijk zijn klopt voor zover het de meer algemene uitstoot van het verbrandingsproces betreft, CO₂, NO_x en overige (groepen van) componenten.

Bij inzoomen op de meer schadelijke componenten zijn er aanzienlijke verschillen. DEE bevat een aanzienlijke massa fijnstof deeltjes met allerlei organische componenten, waaronder PAK's. KEE bevat vooral UFP, met een mogelijke rol voor de zwavel in de brandstof, met een beperkte massa en vooral organische componenten in gasvorm. Te verwachten is dat de benodigde meetmethode en inwerking op het lichaam van DEE en KEE dan ook significant verschillend is. Om tot een volledig beeld te komen moet dit opgenomen worden in het rapport.

2.3 Methods for workplace measurements of kerosene engine exhaust

P28

15

16 Epidemiological studies have measured the following components as indicators for
 17 occupational exposure to KEE; particle measurements, particularly UFP, PAH and metals
 18 (see also Chapter 4).^{2,3}

19 For DEE respirable particles, EC, NO_x, CO and PAH are generally applied as exposure
 20 indicators.^{5,6,29} For the advisory report on *Diesel engine exhaust (2019)*, DECOS focussed
 21 on respirable elemental carbon (REC) in DEE-particles as indicator for DEE exposure.⁶

22

Commentaar

De meetmethode wordt doorgaans gekozen en beoordeeld om na te kunnen gaan of blootstelling voldoende beheerst is om gezondheidsrisico's te voorkomen. Voor DEE wordt met name de marker EC in respirabel stof toegepast. Bij een vergelijkbaar toxicologisch profiel voor DEE en KEE, zou deze marker ook voor KEE toepasbaar moeten zijn. We zien echter geen eenduidige relatie tussen KEE blootstelling in de vorm van UFP en EC-concentratie (vd Meer et al). Om te kunnen beoordelen of de blootstelling beheerst is, is aanvullend inzicht nodig in de wijze waarop er risico voor de gezondheid optreedt door blootstelling aan KEE. Vooralsnog lijkt UFP de best passende marker. Er is nog onduidelijk of de verhoogde concentratie gedurende korte tijd (overload) of de gemiddelde concentratie over de werkdag of cumulatief over jaren het meest geschikt is om gezondheidsrisico's te duiden. Het hoofdstuk meetmethode zou aangevuld moeten worden met inzichten over de marker (of de set markers) die het best passend is voor de blootstelling van KEE in relatie tot het meest kritische gezondheidsrisico.

2.4 Occupational exposure to kerosene engine exhaust

P49

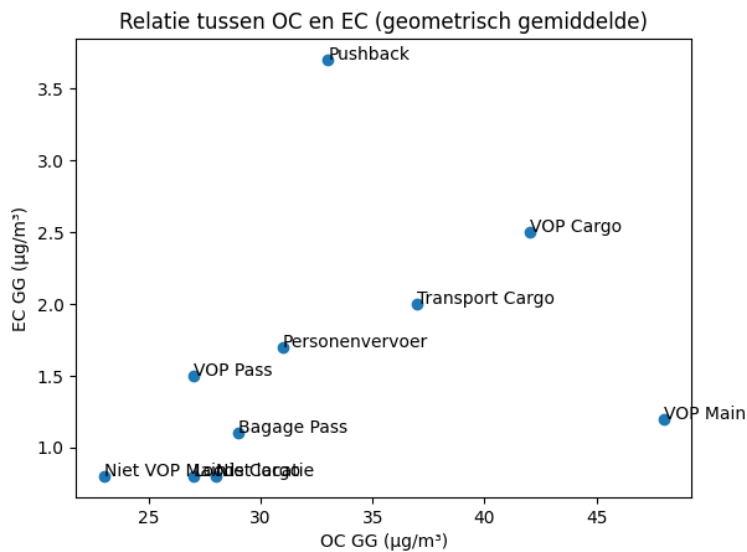
33 Furthermore, a few studies have measured the amount of EC and OC in respirable or
 34 inhalable particle fractions. These studies indicate that most KEE-particles contain OC and a
 35 substantial amount of these particles also contain EC.^{102,113} Then there are also a few
 36 studies which measured BC concentrations using an aethalometer. The results indicate that
 37 BC air concentrations are higher at an airport and in the close vicinity of an aircraft,^{111,114} but
 38 high concentrations are also found at a nearby freeways, possibly caused by exhaust
 39 emissions from diesel cars.¹¹⁵

Commentaar

We herkennen de beschrijving over EC en BC niet in de metingen uitgevoerd op luchthavens die wij kennen. Blootstellingsmetingen naar elementair koolstof (EC) en organisch koolstof werden op Schiphol uitgevoerd onder 102 medewerkers (Van der Meer, ref 102 in GR). Gebleken is dat EC-blootstelling voorkomt in relevante concentraties bij functiegroepen die veel en vaak in de nabijheid van dieselaangedreven voertuigen hun werk verrichten (pushback/trekker chauffeurs, transport van cargo). Het heeft er derhalve alle schijn van dat deze EC hoofdzakelijk vrijkomt als DME. Hieronder is de correlatiegrafiek OC en EC op basis van de data uit (Van der Meer, ref 102 in GR). Hieruit kan grofweg een vaste verhouding OC/EC worden opgemaakt. Uitzonderingen voor de groep pushback trekkers, die waarschijnlijk van hun eigen dieselmotor veel EC in de ademlucht zullen krijgen. De andere uitzondering is VOP/Maincontractors: deze groep medewerkers was in de

nabijheid/jetblast van idle/low thrust vliegtuigen werkzaam. Naar ons idee is onvoldoende onderbouwd dat de bevindingen hier gebaseerd zijn op blootstelling aan KEE.

Afbeelding uit ref 102 vd meer et al.



P50

- 1 2) and consequently also in kerosene engine exhaust. In the study by Bendtsen et al. 2019
- 2 the authors reported higher concentrations of benzo[a]pyrene in particles collected at a
- 3 commercial airport and non-commercial airfield in comparison with standard reference
- 4 material representing DEE-particles (NIST2975).¹⁰⁵

Commentaar

Blootstelling op de luchthaven, met name commerciële luchthavens, laten nog steeds ook een blootstelling aan DEE zien. Juist de wat specifieke grotere voertuigen zijn nog maar sinds kort in elektrische varianten beschikbaar (pushback trekker, highloader, vracht trekker, cateringtruck). Het is niet mogelijk om de gemeten blootstelling aan de componenten als PAK's of metalen terug te voeren naar of KEE of DEE. Wel laten de meeste onderzoeken zien dat de blootstelling KEE heel beperkt leidt tot verhoogde concentraties PAK's en metalen (o.a. v/d Meer et al 2024). Het betekent ook dat epidemiologisch onderzoek bij medewerkers op de luchthaven vrijwel altijd kijkt naar een mix van blootstellingen (KEE en DEE bij commerciële luchthavens) en nog veel meer blootstellingen bij militaire vliegvelden (motorolie, hydraulische olie, verfsystemen, brandstofdamp). We onderschrijven de voorzichtigheid die het draft rapport aangeeft bij het interpreteren van de uitkomsten deze studies.

2.5 Mechanisms of toxicity

P52/53

18 **5.2 Effect of particle-adsorbed substances on toxicity**

19 The small KEE-particles have a relatively large surface area (total surface area per unit of
20 mass) and high surface reactivity, which enables them to adsorb greater quantities of
21 hazardous metals, PAH, and other organic compounds which can also generate oxidative

1 stress.^{26, 35, 119} For instance, particle-bound PAH can generate the formation of reactive
2 metabolites (e.g., epoxides), which may cause DNA adducts.¹²⁵
3 It is even suggested that the organic compounds adsorbed to soot particles are partly
4 responsible for the toxicity.¹²⁴ An in vitro study, using a novel thermophoresis-based air-
5 liquid-interface (ALI) exposure system, investigated the toxicity of combustion-generated
6 aerosols containing black carbon (soot particles), in various stages (e.g., fresh particles,
7 aged particles) and with adsorbed organic material (e.g., sulfuric acid, hydrocarbons). The
8 study demonstrated that adsorbed organic material attached to soot particles may increase
9 its toxicity.¹²⁶ Another in vitro study investigated the effect of metals, such as copper and iron
10 (both are present in KEE), attached to soot particles. The results indicate a major
11 contribution to the surface reactivity, increased cytotoxicity, increased release of pro-
12 inflammatory cytokines and increased release of macrophages eventually leading to
13 oxidative stress and DNA damage.¹²⁷ In conclusion, limited evidence suggests increased
14 toxicity of soot particles with adsorbed substances. Further research is needed to confirm the
15 effects of particle-bound substances (both metals and organic compounds) on the toxicity.
16 The study by Bendtsen et al (2019)¹⁰⁵ indicates that the toxicity of combustion-generated
17 particles, like KEE-particles, is mainly driven by the presence of a carbon core (i.e., soot).
18 Adsorbed organic substances, like PAH, may contribute to the toxicity of these particles.

Commentaar

In deze beschrijving wordt aangegeven dat schadelijke componenten kunnen zijn gaan hechten aan de UFP-deeltjes. Uit alle onderzoeken komt naar voren dat de totale massa van de UFP-deeltjes in KEE heel gering is. Ook bij sterk verhoogde UFP-concentratie blijft de massa black carbon op de luchthaven laag (Laporte, et al 2025). Metingen op Schiphol lieten verhoogde UFP blotstellingen zien tot boven 100 kdeeltjes/cm³ als daggemiddelde met niet detecteerbare blootstelling aan respirabel stof (<0,04 mg/m³) (vd Meer et al, 2024). De schadelijkheid van de componenten wordt doorgaans gerelateerd aan de dosis die iemand binnenkrijgt. Deze paragraaf behoeft een inschatting van de massa van de schadelijke componenten en de verwachting waarin een schadelijk effect wordt verwacht bij deze dosis.

P54

14 **5.6 Genotoxicity**

15 KEE-particles can induce genotoxicity either directly or through an inflammatory response in
16 the lung followed by release of inflammatory mediators, apoptosis, generation of ROS and
17 reactive nitrogen species (RNS), oxidative stress, ultimately resulting in DNA damage. These
18 KEE-particles can easily adsorb metals, PAH and other organic compounds, also present in
19 the aircraft exhaust, due to their large surface area. Some of these particle-bound PAH and
20 their derivatives or particle-bound metals can generate ROS directly, by auto oxidation and
21 redox-cycling, which may cause bulky DNA adducts (see also Chapters 6 and 8).^{26, 125, 131}

22

Commentaar

Bij de genotoxische eigenschappen worden eigenlijk twee verschillende effecten benoemd. De eerst gaat over de inwerking van de UFP-deeltjes met een groot oppervlak die een inflammatoire reactie lijken te kunnen geven met oxidatieve stress tot gevolg. Dit is naar ons idee het meest voor de hand liggende potentiële effectmechanisme. De uitwerking daarvan zou naar ons idee meer aandacht verdienen.

Het tweede beschreven mechanisme gaat kwalitatief over componenten (PAH en metalen) gebonden aan partikels die effecten teweeg kunnen brengen. Hierbij is niet duidelijk of dit ook van toepassing is op de ultrafijne partikels die een heel geringe massa vertegenwoordigen. Dit behoeft naar ons idee nadere uitwerking.

2.6 Mutagenity

P55

10

11

12

13

14

15

16

17

18

19

20

21

22

23

24

25

26

27

28

29

30

31

32

33

Andersen et al. (2021)¹⁰⁴ conducted a cross-sectional study among employees (n=79) of a military Air Force base (~700 employees in total) in Denmark, investigating lung function, inflammatory markers in plasma, and genetic damage in peripheral blood cells. Self-reported information on working history, personal protective equipment (PPE) use, health history, medication use, lifestyle and anthropometric data was available. Self-reported information on smoking, pregnancy and drug or alcohol misuse were exclusion criteria. Aircraft engineers (n=14), crew chiefs (n=17), fuel operators (n=6) and munition specialists (n=5) were considered potentially exposed (n=42) to fuel vapours, lubricants and jet exhaust. The reference group consisted of military staff working as office workers (n=31) or avionics (n=6) at the same base. See Chapter 4 for details on exposure estimates of UFP (table 10) and PAHs (section 4.3.2). DNA and chromosome damage were assessed using a comet assay on peripheral blood mononuclear cells (DNA damage) and a MN assay on transferrin-positive peripheral blood reticulocytes (chromosome damage). No effects of exposure were found for biomarkers of systemic inflammation, genetic damage or lung function. No increase in micronuclei frequency or DNA strand breaks were found for exposed employees.¹⁰⁴ The committees noted that exposed and reference employees worked at the same military Air Force base, which means that the reference group may have been exposed. The results for urinary PAH levels in Table 14 (Chapter 4.3.2 of this advisory report) show indeed higher levels for the reference group compared to the exposed. Self-reported information on smoking, drug and alcohol use was used as exclusion criteria, which may have led to reporting bias. Furthermore, this study included small number of participants and exposure measurements, which may have resulted in imprecise estimates. Possible co-exposure to other carcinogenic substances could not be excluded.

Commentaar

In de rapportage worden diverse studies genoemd die gaan over onderhoudspersoneel van vliegtuigen, vooral in militaire setting. De blootstelling aan uitlaatgassen maakt een heel beperkt deel uit van de totale blootstelling aan gevaarlijke stoffen. Het betreft kankerverwekkende componenten als chroom-6. De uitlaatgassen betreffen niet KEE van Jet fuel A1, maar doorgaans JP4 of JP8. Het inzicht uit deze onderzoeken in relatie tot de effecten van KEE blootstelling op civiele luchthavens is daardoor uiterst beperkt.

P55

35

35 A cross-sectional study by Cavallo et al. (2006)¹¹⁷ investigated genotoxicity effects among
 36 airport workers (n=41). Workers were categorised into three exposure groups (non-exposed
 37 n=31 (e.g., office workers), medium exposed n=17 (e.g., security staff, cleaning staff), high
 38 exposed n=24 (e.g., baggage handlers, aircraft towing)) according to their working-time
 39 spend in the vicinity of in-service aircraft at the airport apron area. Information on clinical
 40 history, working history, and lifestyle (e.g., smoking, diet, alcohol use) was obtained through
 41 a medical-administered questionnaire. PAHs were sampled and analysed using air samples
 42 collected at three locations, and urinary OH-pyrene collected at the end of the work shift,
 43 used as marker of total PAHs adsorbed dose (see Chapter 4, Table 13 for exposure
 44 estimates). Results of urinary OH-pyrene analyses showed no difference between exposed
 45 and non-exposed airport workers (p-value=0.978). Genotoxic effects and early direct-
 46 oxidative DNA damage were evaluated by MN, by formamidopyrimidine DNA glycosylase-
 47 modified (Fpg-modified) comet assay on lymphocytes and exfoliated buccal cells (direct
 48 target tissue for inhalable substances), by chromosomal aberrations (CA), and by SCE

Commentaar

Oudere onderzoeken bij personeel op de luchthaven geven een grote kans op een gecombineerde
 blootstelling aan KEE en DEE. Juist de carcinogene componenten (als vaste PAK's) komen
 aantoonbaar uit de blootstelling aan DEE.

P59 Mutageniteit

24

24 Overall, these findings suggest some evidence of genotoxic effects due to occupational
 25 exposure to aircraft-related engine exhaust. However, limitations in the studies, i.e., small
 26 number of participants, possibility of co-exposure(s) to other genotoxic substances at the
 27 workplace, may have biased the results. Chapter 8 describes the hazard evaluation and
 28 recommendation for the classification of germ cell mutagenicity.

Commentaar

Gezien de beschrijving is "some evidence" niet de bijpassende conclusie. Het zou gezien de
 kanttekeningen bij de studies "some indications" moeten zijn. Spreken van bewijs op basis van
 studies met zwaarwegende beperkingen lijkt niet passend.

2.7 Carcinogenicity

P 60

11 7.1.1 Cohort studies

12 Garland et al. (1998)¹³⁵ investigated testicular cancer incidence among active-duty US Navy
 13 personnel. Information on demographics, hospitalizations, occupational and service history
 14 was retrieved from registries of the Naval Health Research Centre for white men serving
 15 during 1974-1979 (2,275,829 person years). A total of 143 diagnosed testicular cancer (ICD-
 16 code 186 (8th revision)) cases were identified within that period. For 87% of the cases the
 17 pathology reports were available. The National Cancer Institute Surveillance and End
 18 Results (SEER) provided incidence and mortality data for 1973-1977. Standardized
 19 incidence ratios (SIR) were calculated for all naval occupations with diagnosed testicular
 20 cancer cases. Navy aviation support equipment technicians had a statistically significant
 21 increased SIR for testicular cancer (n=5; 9,951 person years) compared to both SEER
 22 population (SIR=6.2, p-value=<0.001, 95% CI 1.9-13.0) and total Navy personnel (6.9,
 23 p<0.001, 95% CI 2.1-14.4). There was no relationship with length of service. Co-exposures
 24 to lubricating oils, paints (including chromate-based paints), degreasing agents, other
 25 solvents, and internal combustion exhaust emissions from diesel and gasoline engines was
 26 possible.¹³⁵
 27 The committees noted that co-exposures to carcinogenic substances other than aircraft
 28 engine exhaust could not be excluded. Furthermore, the results were based on a small
 29 number of cases, which means that the results may be attributed to chance.

Commentaar

Zoals eerder aangegeven wordt deze groep medewerkers niet blootgesteld aan KEE van jetfuel A1. Er is beperkte mate blootstelling aan KEE van andere brandstoffen. De onderzoekers zelf wijzen vooral op blootstelling aan metalen (chrom-6) en diverse organische componenten. De relevantie voor kennis ten aanzien van blootstelling aan KEE op civiele luchthavens is niet helder. Deze studies passen dan ook niet in dit rapport.

P62

44 In summary, there are indications for increased risk for testicular cancer and renal cell cancer
 45 in personnel that was potentially exposed to aircraft engine exhaust, but all studies had
 46 severe limitations, including small population sizes and the potential of co-exposures. See
 47 Chapter 8 for further hazard evaluation and recommendation.

Commentaar

Deze conclusie is niet te trekken, aangezien de betrokken medewerkers vooral aan andere gevaarlijke stoffen dan KEE blootgesteld waren. De indicatie lijken meegenomen worden in de verdere rapportage, terwijl hier staat dat de studies ernstige beperkingen hebben.

P62: Carcinogeniteit

44 In summary, there are indications for increased risk for testicular cancer and renal cell cancer
 45 in personnel that was potentially exposed to aircraft engine exhaust, but all studies had
 46 severe limitations, including small population sizes and the potential of co-exposures. See
 47 Chapter 8 for further hazard evaluation and recommendation.

Commentaar

De op grond van de toxiciteit (lung inflammanation and ROS forming) verwachte relatie met longkanker is in de studies niet naar voren gekomen (Visser et al, 2022). De aanwijzingen voor een mogelijke relatie met testiculaire en renal kanker lijkt geen relatie met KEE blootstelling te hebben. Het onderzoek waaraan gerefereerd wordt betreft immers vliegtuig monteurs in een militaire

setting. Blootstelling aan KEE van jet fuel A1 komt bij deze groep niet voor. Wel een veelheid aan andere blootstellingen, zoals metalen (met chroom-6) en allerlei organische stoffen uit lijmen, kitten, verven, smeermiddelen etc..

De in hoofdstuk 8 gesuggereerde analogie tussen mogelijke gezondheidsrisico's van DEE en KEE is op basis van de conclusies voor carcinogeniteit niet voorhands aannemelijk.

2.8 Evaluation and recommendation on the classification of mutagenicity and carcinogenicity

P63

24 Based on scenario 1 for germ cell mutagenicity and scenario 2 for carcinogenicity, the
 25 committees conclude that the available data on KEE as a mixture is insufficient to propose a
 26 classification for germ cell mutagenicity and for carcinogenicity (see Annex E for detailed
 27 description). The CLP also describes bridging principles for 'substantially similar mixtures'
 28 (CLP, Annex I section 1.1.3.5.). Following scenario 2 for germ cell mutagenicity (CLP, Annex
 29 I: 3.5.3.3.1) and scenario 3 for carcinogenicity (CLP, Annex I: 3.6.3.3.1) the bridging
 30 principles can be applied (see also Annex E in this advisory report).
 31 The committees are of the opinion that considering the similarities between KEE and DEE,
 32 the application of the bridging principles for KEE is justifiable.
 33 DEE is classified as *carcinogenic to humans* (Group 1) by IARC, based on *sufficient*
 34 *evidence* in humans and *sufficient evidence* in experimental animals.⁵

Commentaar

Op basis van de voorgaande hoofdstukken lijkt de conclusie terecht dat de beschikbare data onvoldoende is om een eenduidige classificatie voor carcinogeniteit en mutageniteit voor KEE toe te passen. Vraag is waarom er gekozen wordt voor een niet echt gebruikelijk beoordelingswijze bij toxicologisch onderzoek in de vorm van de CLP-richtlijnen die gaan over beoordelen van samengestelde mengsels met een bekende samenstelling ten behoeve van classificering en etikettering.

P63

36 KEE and DEE can be considered as substantially similar mixtures (see Chapter 2), given that
 37 these mixtures are both derived from crude oil, have a similar combustion process and
 38 similar combustion products (see Chapter 2.3). Because of these similarities, KEE is
 39 assumed to have similar toxicity as DEE. The analogy with DEE has been further explored
 40 below. The application of an analogy approach with a substantially similar mixture is also in
 41 line with CLP Article 9(3) and CLP Annex I, section 1.1.1, that report that '*where the criteria*
 42 *cannot be directly applied to the available data, expert judgement should be used for the*
 43 *evaluation of the available information in a weight of evidence determination.*'

De conclusie dat KEE en DEE een substantieel gelijk mengsel zijn werd in de paragrafen 2.1 – 2.3 onvoldoende onderbouwd. Op een hoog abstractieniveau zijn er overeenkomsten voorstelbaar. Waarbij ook benzine aan dezelfde analogie-criteria voldoet. Het zijn immers mengsels van voornamelijk koolwaterstoffen met als doel deze in een verbrandingsmotor te gebruiken om mechanische energie te leveren, waarbij onder meer CO₂ en stikstofoxiden vrijkomen.

Er zijn significante verschillen in de brandstof tussen KEE en DEE ten aanzien van:

- Lengte van ketens van koolwaterstoffen
- Additieven in de brandstof
- Verbrandingsproces.

In de literatuur (Rönkkö) wordt aangegeven dat met name de additieven in diesel samen met het mee verbranden van smeerolie verantwoordelijk zijn voor de roetvorming in diesel. Juist deze roetvormende additieven zijn nauwelijks aanwezig in kerosine (en benzine).

P64

14 *KEE-particles versus DEE-particles*

15 Both KEE-particles and DEE-particles have a fractal-like structure with a large surface area
 16 which gives these particles the ability to adsorb large amounts of organic (e.g., PAHs,
 17 sulphur compounds) and inorganic (e.g., metals) compounds. Although, KEE predominantly
 18 consists of very small particles, there is overlap in the particle size distributions between KEE
 19 and DEE. ⁴⁴ Once emitted the particles may grow in size through various physical and
 20 chemical reactions until they reach an equilibrium (see also Chapter 2.3). This starts
 21 immediately after formation and continues during dilution and cooling of the exhaust in
 22 ambient air.

23 The committees acknowledge that KEE contains higher concentrations of very small particles
 24 and that the smaller sized particles can penetrate deeply into the lungs and may, if
 25 deposited, cause toxicological effects. The very small particles can easily pass through
 26 membranes and distribute to all tissues. The committees also note that there is overlap in the
 27 particle size distributions for KEE and DEE (DEE also contains very small particles) and that
 28 particles may grow even after inhalation (see Chapter 5). Evidence for DEE shows that the
 29 toxicity is driven by the presence of carbonaceous particles in DEE. KEE-particles like DEE-
 30 particles predominantly consist of carbonaceous particles (soot).

31

Commentaar:

Er zijn significante verschillen in het verbrandingsproces die leiden tot een andere samenstelling van de uitlaatgassen ten aanzien van:

- Massa en grootte verdeling van deeltjes (in DEE is sprake van een significante massa van de deeltjes in de vorm van fijnstof en ultrafijnstof, in KEE is sprake van vooral ultrafijnstof met een zeer geringe massa)
- Andere PAK's (in KEE vooral vluchtige PAK's en DEE vooral kankerverwekkende vaste PAK's).

Eigenlijk volgt er niet een beschrijving over de vergelijkbare samenstelling, maar over een aantal verschillen in concentraties en componenten in DEE en KEE die resulteert in een meer of mindere mate aan mogelijke gezondheidseffecten.

Waar op basis van het literatuuronderzoek nog aangegeven werd (par 6.4 en 7.3) dat bevindingen door beperkingen in onderzoekskwaliteit nog onvoldoende waren voor een oordeel, worden dezelfde bevindingen ten aanzien van mutagene en carcinogene effecten hier wel als vaststaand bewijs aangemerkt.

Feitelijk wordt hier beschreven dat chemisch gezien DEE en KEE op essentiële punten verschillen, maar alles bij elkaar mogelijk een vergelijkbaar toxisch effect op zou kunnen treden. Waarbij de nadruk moet liggen op "zou kunnen" aangezien eerder door de GR aangegeven is dat er nog onvoldoende grond is voor vaststellen van kankerverwekkende effecten door KEE.

In het draft rapport wordt aangegeven dat gekozen is voor bridging op basis van "substantially similar mixtures". In de CLP-richtlijn wordt juist aangegeven dat wanneer van gelijke samenstelling van mengsels uitgegaan wordt, er echt gekeken moet worden naar de samenstelling en afhankelijk van het gehalte per component een beperkt afwijkend niveau getolereerd wordt. Voor de relevante componenten als PAK's en roetdeeltjes zijn de verschillen in gehalten tussen DEE en KEE veel groter dan binnen CLP getolereerde worden voor bridging (zie afbeelding hieronder). Ook het bijgevoegde rapport van Royal Haskoning laat zien dat toepassing van bridging voor KEE en DEE niet passend is.

1.6.3.2.5. Substantially similar mixtures


Two mixtures contain an identical ingredient at the same concentration. Each of the two mixtures contains an additional ingredient which is not identical with each other; however they are present in equivalent concentrations and the hazard category of these two ingredients is the same and neither of them is expected to affect the hazard classification of the other ingredient. If one of the mixtures is classified based on test data it may be assumed that the hazard category of the other mixture is the same. The application of substantially similar mixtures for determining the classification of a mixture is illustrated by Figure 1.4 (CLP Annex I, 1.1.3.5).

Annex I: 1.1.3.6 Review of classification where the composition of a mixture has changed
 The following variations in initial concentration are defined for the application of Article 15(2)(a):

Table 1.2

Bridging Principle for changes in the composition of a mixture

| Initial concentration range of the constituent | Permitted variation in initial concentration of the constituent |
|--|---|
| $\leq 2,5 \%$ | $\pm 30 \%$ |
| $2,5 < C \leq 10 \%$ | $\pm 20 \%$ |
| $10 < C \leq 25 \%$ | $\pm 10 \%$ |
| $25 < C \leq 100 \%$ | $\pm 5 \%$ |

 **NOTE:** The guidance below explaining Table 1.2 in the green box relates to a change in the composition of mixtures already classified as hazardous. A change in the composition of non-hazardous mixtures may result in concentration thresholds being reached and a need

Afbeelding uit CLP richtlijn

Het op- schalen van effecten, zoals beschreven in par. 8.2.2 en 8.2.3 is niet passend conform CLP-richtlijn. Zie onderstaand knipsel uit deze richtlijn.

1.6.3.3. Classification based on calculation or concentration thresholds

In most cases, test data on the mixture itself or similar mixtures will not be available, therefore bridging principles and weight of evidence determination using expert judgement for all of the necessary health and environmental hazard assessments may not be applied. In these cases, classification must be based on calculation or on concentration thresholds referring to the classified substances present in the mixture.

In the case where one or more mixtures are added to another mixture, the same requirement applies: it is necessary to know all ingredient substances, their hazard classifications and their concentrations to be able to derive a correct hazard classification of the final mixture. For further details see Section 1.6.4 of this document.

De overall conclusie van het draft rapport zou moeten zijn dat op basis van de beschikbare kennis nog geen oordeel te geven is. De bridging methode biedt ook onvoldoende houvast voor een gedegen beoordeling. Daarmee zou het op grond van dit draft rapport meer passend zijn om een definitief oordeel voor classificatie van KEE uit te stellen en nader onderzoek af te wachten. Vooralsnog zou alleen een KEE classificatie 2 voor zowel mutageniteit als carcinogeniteit op basis van het beschikbaar onderzoek verantwoord lijken. Mogelijk met als kanttekening dat aanpassing op niet al te lange termijn aan de orde kan zijn bij het beschikbaar komen van nieuwe inzichten. Het is naar ons idee niet passend om de analogie toe te passen gezien bovengenoemde bezwaren voor toepassen van de analogie vanwege de significante verschillen in samenstelling van de kritische componenten toch gekozen is voor de analogie tussen DEE en KEE. Waarom is niet gekozen om de classificatie uit te stellen, zodat de inzichten die binnen afzienbare tijd openbaar zullen worden, meegewogen kunnen worden?

-
 9 *Recommendation on the classification of carcinogenicity*
 10 There is limited evidence for the carcinogenic potential of KEE. There is sufficient evidence
 11 from epidemiological and toxicological studies for DEE. In addition, KEE contains several
 12 known carcinogenic components, like DEE. The committees have decided on a classification
 13 in Category 1B *'presumed to be carcinogenic to humans'* for KEE (see Table 15).

Commentaar

De aanname dat KEE vergelijkbare carcinogene componenten bevat als DEE lijkt zonder aanduiding van het gehalte waarin dat is, onvoldoende onderbouwd. In de eerdere hoofdstukken is gebleken dat zowel in samenstelling als toxicologisch onderzoek significante verschillen naar voren komen. De fijnstofdeeltjes met vaste roetdeeltjes met PAK's komen in KEE nauwelijks voor. Er is vooral zorg over de ultrafijne stofdeeltjes die in KEE aanwezig zijn. De gezondheidsraad zou een advies moeten geven op basis van onderbouwing en niet overgaan tot een onvoldoende onderbouwd besluit.

2.9 Other health effects

25 Thus far there are for KEE exposure no occupational cohort studies with long-term follow-up,
 26 thorough exposure and health assessment and relevant information on potential confounding
 27 factors.

Commentaar

Een herhaald dwarsdoorsnede onderzoek is wel uitgevoerd in Denemarken, maar geeft nog geen eenduidig beeld van mogelijke gezondheidsrisico's. (Moller, 2017, 2020)

2.10 Evaluation and recommendation on an occupational exposure limit

11 Unlike for KEE there are OELs for DEE, based on respirable elemental carbon (REC) or EC
 12 as indicator, see also Table 16. It is emphasized that EC, represents a surrogate or indicator
 13 of exposure to carcinogenic components in DEE particles. ⁶ EC is considered as a suitable
 14 indicator of particulate diesel exhaust, because EC in DEE-particles are primarily derived
 15 from the combustion of fossil fuels. In addition, other sources of fossil combustion, such as
 16 gasoline engines emit far less EC than diesel engines. ¹⁶¹ For KEE only a few studies have
 17 determined EC-content in KEE-particles and although there is evidence of EC in KEE-
 18 particles, the concentrations of elemental carbon in KEE have not yet been established (see
 19 Chapter 4). ^{102, 113}

Commentaar

Hoofdstuk 10 gaat over de overweging wat de beste – voldoende selectieve indicator is voor KEE. Gezien de analogie die steeds gezocht wordt met DEE, zou dezelfde grenswaarde passend moeten zijn (EC in microgram/m³). Toch wordt hier naar ons idee terecht niet voor gekozen. De juiste overweging is te zoeken naar een indicator die ook maatgevend is voor de blootstelling die het risico voor gezondheidseffecten door KEE inzichtelijk maakt.

Nu lijkt de conclusie dat goed onderbouwde kwantitatieve dosis-effect relaties nog niet beschikbaar zijn, en er dus nog geen stof of stofgroep aan te wijzen is die als marker zou kunnen dienen. Het lijkt erop dat ook de GR ziet dat er grote verschillen zijn tussen KEE en DEE aangezien er voor KEE alsnog geen exposure limit te stellen is en voor DEE wel., Hoe is dit te rijmen met de gekozen bridging en classificatie in analogie voor KEE en DEE?

P74/75

44 10.4 Evaluation and recommendation

45 There is limited human and no suitable animal data available. The committees consider the
 46 available human data as insufficient to derive an hb-OEL for KEE. There is, however, cause
 47 for concern because of the similarities with DEE, which is classified as *carcinogenic to*
 48 *humans* (Group 1) by IARC and there are existing OELs for DEE (see Table 16).
 49 Furthermore, the available data for KEE indicate that occupational exposure to KEE can lead
 50 to several health effects, including inflammation, reductions in lung function, worsening of
 51 existing respiratory disease and chronic respiratory symptoms. In addition, several

1 components of KEE are known, probable, or suspected carcinogens and/or OELs have been
 2 established (see also Table 16). Finally, the committees consider a classification in Category
 3 1B for carcinogenicity and Category 2 for germ cell mutagenicity warranted based on the
 4 limited evidence from epidemiological and toxicological studies with exposure to KEE and
 5 sufficient evidence for DEE using an analogy approach.
 6 The committees consider that there are ample indications to stress that exposure to KEE
 7 should be limited, even in the absence of an hb-OEL for KEE. Therefore, the committees
 8 recommend that existing OELs for components of KEE, such as PAH, metals, SO₂, NO₂, and
 9 DEE, should be applied to minimize occupational exposure of airport workers. Because it is
 10 uncertain if these OELs are sufficiently protecting workers, the committees recommend
 11 further research to establish exposure-response data for KEE that would allow to derive a
 12 hb-OEL for KEE.

Commentaar

Uit blootstellingsonderzoek is gebleken dat de bestaande grenswaarden voor EC, PAH's, metaal SO₂ en NO₂ in KEE niet overschreden worden. Bij verhoogde blootstelling aan DEE worden wel verhoogde concentraties EC en NO₂ aangetroffen. De suggestie dat er "limited evidence" is dat KEE kankerverwekkende potentie heeft op basis van analogie met DEE, wordt door gebrek aan bewijs met data over aantoonbare overeenkomsten tussen samenstelling van de brandstoffen, de additieven, het verbrandingsproces niet overtuigend onderbouwd. Er lijkt daarmee onvoldoende argumentatie om de analogie tussen KEE en DEE als maatgevend aan te houden, zoals in deze paragraaf wordt beschreven. Gevraagd wordt om een zorgvuldige heroverweging van dit statement in deze paragraaf.

2.11 Research needs

P76

3 Previous chapters have shown that there is limited exposure measurement data, and very
 4 limited data on health effects in relation to KEE exposure. Therefore, the committees make
 5 some suggestions for further research in this chapter.

Commentaar

Het hier beschrevene staat in contrast met de voorgestelde classificatie in 10.4 en haalt de verwijzing naar analogie met DEE grotendeels onderuit. Ook de aangegeven onderzoek behoefte onderstreept dit. Voor wat betreft het differentiëren tussen DEE en KEE lijkt de referentie Xue et al uit 2022 daar een goede aanvulling voor te doen en laat zien op welke gestructureerde wijze uitlaatgassen van diverse brandstoffen met elkaar vergeleken kunnen worden.

2.BE Annex E - Application of CLP criteria

P117

- 1 In conclusion, based on sufficient data for a similar mixture, DEE, KEE can be
- 2 classified for carcinogenicity according to the bridging principles (described in section
- 3 1.1.3. of the CLP regulation).

4

Commentaar

Zoals aangegeven bij hoofdstuk 8 vereist bridging op samenstelling dat de mengsels chemisch een sterk overeenkomstige samenstelling hebben. KEE en DEE zijn chemisch sterk verschillend, zeker wanneer ingezoomd wordt op de schadelijke componenten. In de bijgevoegde rapportage van Royal Haskoning is helder beschreven waarom de in de draft rapportage toegepaste bridging niet passend is. Een herziening lijkt op zijn plaats.

3. Conclusie

KEE ontstaat door de verbranding van kerosine in een vliegtuigmotor. Kerosine is een aardolie destillaat zonder veel toevoegingen. Verbranding vindt plaats in een continu proces onder druk, hitte en met een grote mate van zuurstoftoevoer. Kerosine wordt vergeleken met diesel dat veel meer additieven bevat en verbrand wordt in een discontinu proces in cilinders, waarbij smeerolie mee verbrand wordt. Benzine bevat net als kerosine weinig toevoegingen, maar wordt net als diesel verbrand in een discontinu proces in cilinders. Op basis van de korte karakteristiek van brandstof en verbrandingsproces is niet te concluderen wat de samenstelling van de uitlaatgassen per brandstof zal zijn en welke gezondheidsrisico's deze met zich meebrengen.

De beschrijving van KEE geeft een beeld over de samenstelling op hoofdlijnen en deze wordt vergeleken met DEE. Van KEE is bekend dat het heel beperkt bestaat uit fijnstof deeltjes met een significante massa (roetdeeltjes). De niet volledige verbranding in het discontinue proces samen met de additieven en olieresten in de cilinders veroorzaakt de roetdeeltjes in DEE. Hiermee wijkt KEE dat in een continu proces zonder slechte verbranding van additieven en olie sterk af van DEE.

Voor DEE is een marker bekend om de blootstelling te meten, namelijk EC, gebaseerd op de schadelijke eigenschappen van de roetdeeltjes. Deze marker is niet passend is voor KEE, omdat de roetdeeltjes niet maatgevend zijn voor de mogelijke schadelijke effecten van KEE. Op dit moment wordt vooral het aantal deeltjes/cm³ gehanteerd als marker voor KEE. Omdat deze meetmethode nog relatief nieuw is en er nog onvoldoende kennis is over de inwerking van KEE op de gezondheid zijn geen vaste meetmethode en grenswaarde beschikbaar.

In vitro en dierproefonderzoeken laten een wisselend beeld zien ten aanzien van effecten van KEE blootstelling. De grootste zorg bij KEE ligt in de ultrafijne stofdeeltjes die inflammatie en ROS-vorming in de longen kunnen bewerkstelligen. Daarnaast zijn er indicaties voor divers mogelijke gezondheidseffecten voor het hart, zenuwstelsel en de nieren. Dosisresponsrelaties voor deze effecten zijn niet bekend.

De belangrijkste conclusie is dat er nog veel onderzoek nodig is om een eenduidig beeld te krijgen over het mechanisme, de dosis en ernst van de gezondheidseffecten die op kunnen treden door blootstelling aan DEE. Een grenswaarde met bijbehorende marker en meetmethode is dan ook nog niet af te leiden op basis van het uitgevoerde literatuuronderzoek.

Ook ten aanzien van mutageniteit en carcinogeniteit is er nog veel onbekend en is op basis van de onderzoeksgegevens nog geen eenduidige classificatie toe te passen.

De Gezondheidsraad maakt de keuze om de carcinogeniteit van KEE nu bijna gelijk te stellen aan die van DEE. Deze stap is moeilijk te volgen omdat het vermoeden van carcinogeniteit voor KEE via een ander toxicologisch mechanisme loopt dan de vastgestelde carcinogeniteit van DEE.

Er zijn nog geen onderzoeken die een zorgwekkend beeld geven van gezondheidseffecten door blootstelling aan KEE. De urgentie om nu een classificatie toe te passen, is dan ook niet onderbouwd.

Er is vooral behoefte aan nader onderzoek, waarbij met name de potentiële effecten van ultrafijnstof in KEE nader onderzoek behoeft.

Op basis van de huidige kennis zou een classificatie van KEE voor zowel mutageniteit als carcinogeniteit op 2 uit moeten komen (verdacht mutageen en carcinogeen).

Literatuur

(anders dan door GR gebruikt)

Ultrafine Particles (UFP) in the UK; De Air Quality Expert Group to the Department for Environment, Food and Rural Affairs; Scottish Government; Welsh Government; and Department of the Environment in Northern Ireland, 2018

Bertrand Bessagnet, Nadine Allemand, Jean-Philippe Putaud, Florian Couvidat, Jean-Marc André, David Simpson, Enrico Pisoni, Benjamin N. Murphy and Philippe Thunis; Emissions of Carbonaceous Particulate Matter and Ultrafine Particles from Vehicles—A Scientific Review in a Cross-Cutting Context of Air Pollution and Climate Change, *Appl. Sci.* 2022, 12, 3623. <https://doi.org/10.3390/app12073623>

Christopher- de Vries, M. Brouwer; Aircraft Engine Emissions (AEE):an overview of the available data on mutagenicity, carcinogenicity and other health effects, RIVM letter report 2024-0148

Delaval, M. et al.: Responses of reconstituted human bronchial epithelia from normal and health-compromised donors to non-volatile particulate matter emissions from an aircraft turbofan engine; *Environmental Pollution* 307 (2022) 119521

Jong, Esther de; Evaluation of draft advisory report Kerosene Engine Exhaust, Royal Haskoning 2026 (bijlage 2)

Kittelson, David, Imad Khalek, Joseph McDonald, Jeffrey Stevens, Robert Giannelli; particle emissions and definition, *Journal of Aerosol Science* 159 (2022) 105881

Laporte Marine C., Jean-Ulrich Mullet, Rita Hlala, Michel Klerlein, Isabelle Momas, Lynda Bensefa-Colas; Ultrafine particles and black carbon concentrations and determinants in aircraft cabins of a French airline: Paris-aircraft study; *Environment International*, Volume 206, December 2025, 109905 2025

Møller KL, Brauer C, Mikkelsen S, et al; Copenhagen Airport Cohort: air pollution, manual baggage handling and health, *BMJ* 2017-7.

Møller KL, Brauer C, Mikkelsen S, et al; Cardiovascular disease and long-term occupational exposure to ultrafine particles: A cohort study of airport workers, *International Journal of Hygiene and Environmental Health*, 2020.

Resitoglu Ibrahim Asla, Kemal Altinisik, Ali Keskin.; The pollutant emissions from diesel-engine vehicles and exhaust aftertreatment systems. *Clean Techn Environ Policy* (2015) 17:15–27

Rönkkö, Topi, and Hilka Timonen; Overview of Sources and Characteristics of Nanoparticles in Urban Traffic-Influenced Areas, *Journal of Alzheimer's Disease* 72 (2019) 15–28

Steiner et al. ; Diesel exhaust: current knowledge of adverse effects and underlying cellular mechanisms. *Arch Toxicol* (2016) 90:1541–1553

Swedish Defence Research Agency and Swedavia; Characterisation of emissions from sustainable aviation fuels and Jet A1 fuel on turbojet engine, C877, 2024.

Tromp P.C., D. van Dinther, S.J. Henke, S.E. de Bie, J. Duyzer, J.P. Lollinga, M.M. Moerman, Verkennd onderzoek ultrafijnstof op het Schiphol terrein met behulp van mobiele metingen, TNO 2021.

Visser, M. et al; Towards health-based nano reference values (HNRVs) for occupational exposure: Recommendations from an expert panel, *NanoImpact* Volume 26, April 2022, 100396

Xue et al. (2022) *Seasonal variation and source apportionment of inorganic and organic components in PM2.5*. *Environmental Science and Pollution Research*, 29, 79002–79015.

Bijlage 1: BC en OM in benzine en diesel uitlaatgassen

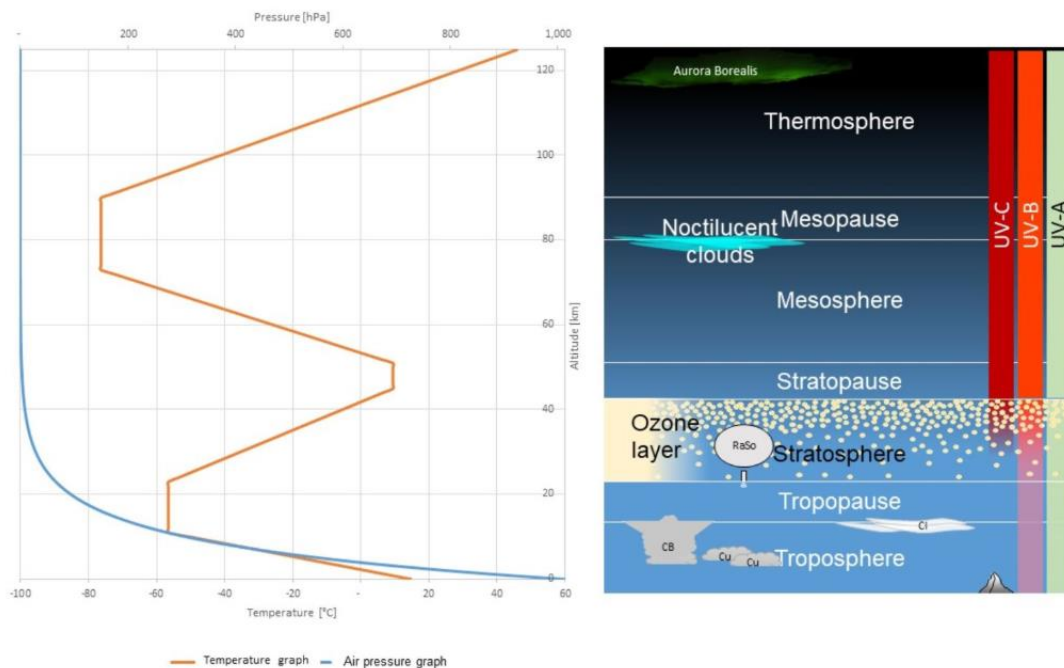
Table 5. PM_{2.5} emission factors, split of PM in elemental (BC) and organic mass (OM) from Ntziachristos and Samarras [216].

| Category | Euro Standard | PM _{2.5} EF (mg km ⁻¹) | BC/PM _{2.5} (%) | OM/BC (%) | Uncertainties (%) |
|-------------------|--|---|--------------------------|-----------|-------------------|
| Petrol PC and LCV | PRE-ECE | 2.2–2.3 | 2 | 4900 | 50 |
| | ECE 15 00/01 | 2.2–2.3 | 5 | 1900 | 50 |
| | ECE 15 02/03 | 2.2–2.3 | 5 | 1900 | 50 |
| | ECE 15 04 | 2.2–2.3 | 20 | 400 | 50 |
| | Open loop | 2.2–2.3 | 30 | 233 | 30 |
| | Euro 1 | 2.2–2.3 | 25 | 250 | 30 |
| | Euro 2 | 2.2–2.3 | 25 | 250 | 30 |
| | Euro 3 | 1.1–2.2 | 15 | 300 | 30 |
| | Euro 4 | 1.1 | 15 | 300 | 30 |
| Diesel PC and LCV | Conventional | 220.9–356 | 55 | 70 | 10 |
| | Euro 1 | 84.2–117 | 70 | 40 | 10 |
| | Euro 2 | 54.8–117 | 80 | 23 | 10 |
| | Euro 3 | 39.1–78.3 | 85 | 15 | 5 |
| | Euro 4 | 31.4–40.9 | 87 | 13 | 5 |
| | Euro 3,4,5 equipped with DPF and fuel additive | - | 10 | 500 | 50 |
| | Euro 3,4,5 equipped with a catalysed DPF | - | 20 | 200 | 50 |
| Diesel HDV | Conventional | 333–491 | 50 | 80 | 20 |
| | EURO I | 129–358 | 65 | 40 | 20 |
| | EURO II | 61–194 | 65 | 40 | 20 |
| | EURO III | 56.5–151 | 70 | 30 | 20 |
| | EURO IV | 10.6–26.8 | 75 | 25 | 20 |
| | EURO V | 10.6–26.8 | 75 | 25 | 20 |
| | EURO VI | 0.5–1.3 | 15 | 300 | 30 |

Uit: Bessagnet, B., Allemand, N., Putaud, J. et al (2022). Emissions of Carbonaceous Particulate Matter and Ultrafine Particles from Vehicles, Applied Scientific, 2022, p25

Bijlage 2: Temperatuur en luchtdruk naar hoogte.

The vertical structure of the atmosphere



Uit: [Troposphere and tropopause - MeteoSwiss](#) (geraadpleegd op 2026-01-27)

Bijlage 3: Afnemende zuurstofgehalte met (vlieg-)hoogte.

| ALTITUDE (FEET) | ALTITUDE (METERS) | EFFECTIVE OXYGEN % | SIMILAR LOCATION |
|-----------------|-------------------|--------------------|---------------------------|
| 0 - Sea Level | 0 - Sea Level | 20.9% | Hypoxico HQ, NY |
| 1,000 | 305 | 20.1% | Tbilisi, Georgia |
| 2,000 | 610 | 19.4% | Canberra, Australia |
| 3,000 | 914 | 18.6% | Chamonix, France |
| 4,000 | 1219 | 17.9% | Salt Lake City, UT |
| 5,000 | 1524 | 17.3% | Boulder, CO |
| 6,000 | 1829 | 16.6% | Stanley, ID |
| 7,000 | 2134 | 16% | Flagstaff, AZ |
| 8,000 | 2438 | 15.4% | Aspen, CO |
| 9,000 | 2743 | 14.8% | Bogota, Colombia |
| 10,000 | 3048 | 14.3% | Leadville, CO |
| 11,000 | 3353 | 13.7% | Cusco, Peru |
| 12,000 | 3658 | 13.2% | La Paz, Bolivia |
| 13,000 | 3962 | 12.7% | Yabuk Camp, Sikkim, India |
| 14,000 | 4267 | 12.3% | Pikes Peak, CO |
| 15,000 | 4572 | 11.8% | Mount Rainier |
| 16,000 | 4877 | 11.4% | Mount Blanc |
| 17,000 | 5182 | 11% | Everest Base Camp |
| 18,000 | 5486 | 10.5% | Mount Elbrus |
| 19,000 | 5791 | 10.1% | Mt. Kilimanjaro |
| 20,000 | 6096 | 9.7% | Mt. Denali |
| 21,000 | 6401 | 9.4% | Hypoxico Generator Max |
| 22,000 | 6706 | 9% | Ama Dablam |
| 23,000 | 7010 | 8.7% | Aconcagua |
| 24,000 | 7315 | 8.4% | K12 |
| 25,000 | 7620 | 8.1% | Chomo Lonzo |
| 26,000 | 7925 | 7.8% | Annapurna |
| 27,000 | 8230 | 7.5% | Cho Oyu |
| 28,000 | 8534 | 7.2% | K2 |
| 29,000 | 8839 | 6.9% | Mt. Everest |
| 30,000 | 9144 | 6.3% | Hypoxico Chamber Max |

Uit: [Altitude to Oxygen Chart | Hypoxico](#) (geraadpleegd op 2026-01-27)

REPORT

Evaluation of draft advisory report Kerosene Engine Exhaust

Client: Schiphol Group

Reference: BL2995IBRP001F01

Status: Final/001

Date: 12 March 2026

HASKONING NEDERLAND B.V.

Jonkerbosplein 52
6534 AB Nijmegen
Netherlands
Industry & Buildings
Trade register number: 56515154

Phone: +31 88 348 70 00
Email: info@haskoning.com
Website: haskoning.com

Document title: Evaluation of draft advisory report Kerosene Engine Exhaust
Subtitle:
Reference: BL2995IBRP001F01
Your reference: -
Status: Final/001
Date: 12 March 2026
Project name: Health council report KME
Project number: BL2995
Author(s): Esther de Jong, PhD ERT

Drafted by: Esther de Jong, PhD ERT

Checked by: Maartje Kleintjes, MSc ERT

Date: 12 March 2026

Approved by: Esther de Jong, PhD ERT

Date: 12 March 2026

Classification: Project related

Unless otherwise agreed with the Client, no part of this document may be reproduced or made public or used for any purpose other than that for which the document was produced. Haskoning Nederland B.V. accepts no responsibility or liability whatsoever for this document other than towards the Client.

Please note: this document contains personal data of employees of Haskoning Nederland B.V.. Before publication or any other way of disclosing, this report needs to be anonymized, unless anonymisation of this document is prohibited by legislation. This document may have been prepared with the assistance of artificial intelligence (AI); all AI-generated content has been reviewed and validated by our experts.

Table of Contents

| | |
|---|-----------|
| Executive summary | 1 |
| 1 Introduction | 2 |
| 2 Summary draft advisory report Kerosene Engine Exhaust | 3 |
| 3 Evaluation of the bridging between KEE and DEE | 4 |
| 3.1 Evaluation of similarity based on composition | 4 |
| 3.1.1 Characteristics of diesel and kerosene fuel | 4 |
| 3.1.2 Characteristics of diesel and kerosene engine exhausts | 6 |
| 3.2 Evaluation of similarity KEE and DEE based on mechanism of action | 7 |
| 3.3 Evaluation of similarity KEE and DEE based on health effects | 8 |
| 4 Comparison to classification criteria | 9 |
| 5 Conclusion | 10 |
| 6 References | 11 |

Executive summary

At the request of Schiphol Group, Haskoning has conducted an independent evaluation of the Dutch Health Council's draft advisory report on Kerosene Engine Exhaust (KEE), published on 5 January 2026. The Council's draft proposes classifying KEE as a Category 2 mutagen and a Category 1B carcinogen under the CLP Regulation No. 1272/2008, based primarily on a bridging approach to diesel engine exhaust (DEE). Because direct toxicological and epidemiological evidence for KEE is limited, the committees rely heavily on the presumed similarity between KEE and DEE to support their conclusions.

This assessment finds that the scientific and regulatory basis for applying the bridging principles is currently insufficient. While KEE and DEE share certain broad characteristics as combustion mixtures derived from petroleum-based fuels, the draft advisory report relies largely on qualitative comparisons. Quantitatively detailed assessments, particularly for toxicologically relevant constituents such as polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs), BTEX compounds, metals, and particle characteristics, are lacking. As a result, it cannot be demonstrated that differences between KEE and DEE do not influence the hazard outcome, a key requirement under CLP bridging rules.

Furthermore, the additional considerations for bridging based on mechanism of action and health effects in the advisory report do not seem to be sufficiently supported. The proposed mechanisms of action for KEE-related carcinogenicity are supported by very limited and inconsistent evidence. Some of this mechanistic rationale depends on extrapolation from DEE, rather than direct data on KEE itself, which further weakens the scientific argument for bridging.

Given the limitations, the current bridging argument does not appear to meet the required evidentiary threshold for classification of KEE as Mutagenic category 2 and Carcinogenic category 1 under the CLP Regulation. This conclusion does not imply that KEE presents no hazard, but rather that the scientific foundation needed for this level of classification is not yet established. This is particularly the case for the Category 1B Carcinogenicity classification as this requires relatively high level of certainty regarding the evidence for classification under the CLP legislation. Introducing a Category 1 classification without a sufficiently validated scientific basis may lead to disproportionate regulatory consequences. Additional research, particularly quantitative compositional comparisons and mechanistic and toxicological studies, is essential before a definitive classification can be scientifically justified.

1 Introduction

On 5 January 2026, the Dutch Health Council published its draft advisory report on Kerosene Engine Exhaust (KEE), presenting recommendations on the classification of its mutagenic and carcinogenic properties, as well as considerations for potential occupational exposure limits. The draft report has been made available for public consultation, allowing interested parties to review the findings and submit their comments prior to finalization.

At the request of the Schiphol Group, Haskoning has conducted an independent expert assessment of the draft advisory report. The aim of this assessment is to evaluate the scientific rational and regulatory interpretation of the Health Council's conclusions particularly focussing on the proposed application of CLP bridging principles between kerosene engine exhaust (KEE) and diesel engine exhaust (DEE).

This report provides Schiphol Group with an independent evaluation of the Dutch Health Council's draft advisory report on KEE to support their response during the consultation process. The structure of the report is designed to guide the reader through the key scientific and regulatory considerations:

- Chapter 2 presents the main conclusions of the Health Council, including the proposed mutagenic and carcinogenic classification of KEE and the justification for applying CLP bridging principles.
- Chapter 3 provides the core of the assessment. It examines whether KEE can be considered sufficiently similar to diesel engine exhaust (DEE) based on (i) chemical composition, (ii) mechanisms of action, and (iii) available health effects data. The chapter also identifies important limitations and uncertainties relevant to the bridging argument.
- Chapter 4 evaluates whether the evidence presented in the draft advisory report meets the regulatory requirements for classification of “substantially similar mixtures” under the CLP Regulation.
- Chapter 5 summarises the overall findings and outlines the implications for classification based on the current evidence base.

2 Summary draft advisory report Kerosene Engine Exhaust

The advisory report evaluates the potential health risks of occupational exposure to KEE, the complex mixture of combustion products emitted from aircraft engines operating on kerosene-based jet fuel. The focus of the advisory report is to determine whether KEE should be classified as mutagenic or carcinogenic, and to assess whether a health-based occupational exposure limit (hb-OEL) can be established.

According to the draft report, KEE comprises a complex mixture containing soot (elemental carbon), polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs), metals, sulphur and nitrogen oxides, and numerous ultrafine particles (UFP). The exact composition and concentration of the combustion products of KEE are mainly influenced by the type of aircraft engine, the type of fuel and the operating conditions, such as power settings and weather conditions.

The Health Council notes that direct scientific data on the toxicity, mutagenicity, and carcinogenicity of KEE is limited. The epidemiological studies are hampered by the small study sizes, the co-exposure to other carcinogenic substances from diesel engines, solvents and paints, and other confounders such as smoking habits. In vitro genotoxicity studies provided limited evidence for genotoxicity. No animal studies were identified that investigated the carcinogenicity from KEE and overall direct data on carcinogenicity was considered to be lacking.

To address this gap, the committees compared KEE with DEE. DEE is classified by IARC as carcinogenic to humans (Group 1), and extensive evidence links DEE to cancer and other health effects. The report argues that this bridging is scientifically justified based on:

- Similarity in composition and combustion products.
- Considerations of mechanism of action.
- Considerations of health effects.

Based bridging to DEE, the committees recommend classifying KEE as:

- Category 2 mutagen: suspected of inducing heritable genetic mutations, and
- Category 1B carcinogen: presumed to be carcinogenic to humans.

However, the report concludes that a health-based OEL for KEE cannot currently be derived. There is no reliable single indicator of exposure (such as elemental carbon for DEE), and existing human data are too limited to establish a quantitative exposure–response relationship. Instead, regulators are advised to apply existing OELs for individual components of KEE, such as PAHs, certain metals, and other known hazardous substances, to reduce worker risk.

The advisory report closes by emphasising the need for additional research, including epidemiological and controlled in vitro and in vivo studies as well as investigation into the impact of particle-adsorbed metals and organic compounds on toxicity.

3 Evaluation of the bridging between KEE and DEE

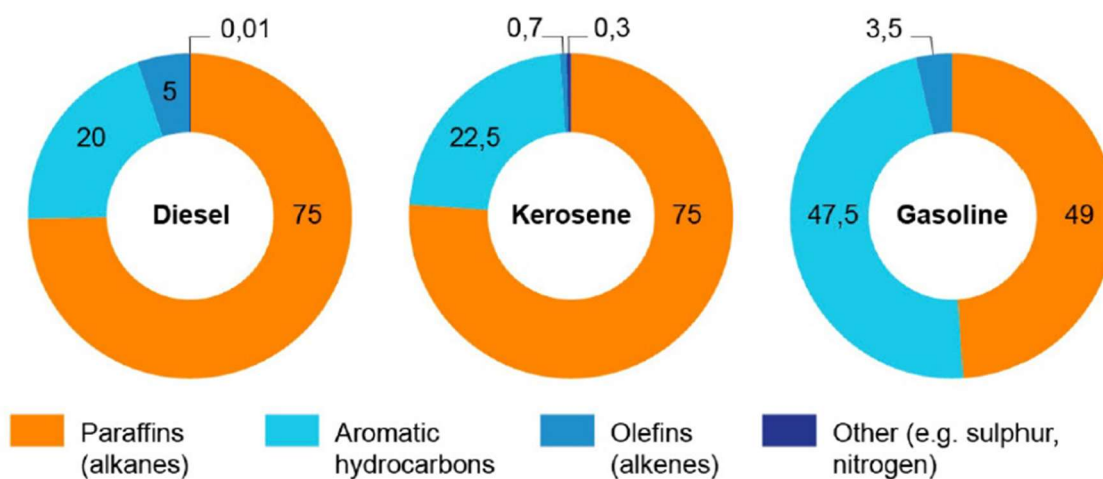
The draft advisory report proposes classifying kerosene engine exhaust (KEE) by applying CLP bridging principles and extrapolating hazard information from diesel engine exhaust (DEE). This bridging is based on similarities in composition (section 3.1), considerations of the mechanism of action (section 3.2) and considerations of the potential health effects (section 3.3.).

3.1 Evaluation of similarity based on composition

To support bridging, the draft advisory report first compares the chemical composition of kerosene and diesel fuels and then examines the composition of their combustion emissions. This comparison forms an important part of the proposed bridging rationale. This section evaluates the strength of this comparison and identifies where additional information might be required to substantiate the conclusions drawn in the draft report.

3.1.1 Characteristics of diesel and kerosene fuel

The draft advisory report concluded that kerosene fuel and diesel fuel show strong similarities in composition referring to figure 2 and table 2 in the report (see below).



All numbers are averages

Table 2. Chemical and physical properties of commonly used kerosene and diesel fuels

| | Kerosene (Jet A / Jet A-1) | Diesel |
|----------------------------------|---|--|
| Carbon atoms | C9 - C16 | C12 - C20 |
| Cetane number | Not specified, so may contain a larger proportion of hydrocarbons | 49-53 (Europe) High cetane number improves cold starting, engine durability, reduces noise, fuel consumption and exhaust emissions |
| Boiling range | 145 - 300°C | 200 - 350°C |
| Density at 15°C | 0.775 - 0.840 kg/L | 0.820 - 0.845 kg/L |
| Solubility in water at 20°C | 10.4 mg/L ~5 mg/L (other data source) | ~5 mg/L |
| Chemical composition fuel | | |
| | Kerosene (Jet A / Jet A-1) | Diesel |
| Alkanes (paraffins) | Branched and linear 70-80% | Branched and cyclic 65-85% |
| Aromatic compounds | 20-25% BTEX: trace amounts PAH content consists mostly of naphthalene | 5-30% BTEX: trace amounts PAH content varies widely, total PAH <5% by volume, consists mostly of naphthalene |
| Alkenes (olefins) | <1% | Maximum 10%, probably much lower |
| Sulphur content | Sulphur: 0.05% (currently regulated at 0.3%) | Sulphur: 0.001% (currently regulated at 0.001%, in 1993 regulated at 0.2%) |
| Additives | Antioxidant (required for hydroprocessed Jet-A1), static dissipator (Jet-A1). | Cetane number improvers, cold-flow improvers, detergents, antioxidants, lubricity improvers, corrosion inhibitors, anti-foam agents, anti-emulsion agents, biocides. |

This comparison seems to be fairly general and even then, notable differences are observed:

- Alkanes: kerosene contains smaller branched and straight chains alkanes compared to the larger branched and cyclic alkenes in diesel fuels. This difference impacts among others, the boiling range, density, viscosity and volatility of the two fuel types.
- Aromatic compounds, toxicological relevant compounds such as BTEX and PAH are not compared in a quantitative way. A more extensive quantitative comparison between kerosene and diesel fuel, in particular for the toxicological relevant compounds that are mentioned in the advisory report (such as BTEX, PAH) is needed to conclude with a strong basis of evidence that these two fuel types can be considered as similar.
- Alkenes: kerosene contains substantially lower concentrations of olefins compared to diesel fuel.

The draft advisory report concludes that as kerosene and diesel fuel exhibits comparable chemical compositions, it is likely that their combustion products, also show similar characteristics. However, no assessment is made in the advisory report on how the differences in composition noted above might impact the combustion products of the two fuel types. Existing literature indicates that, due to higher aromatic content and lower volatility, diesel fuel tends to generate more soot and higher PAH emissions under comparable combustion conditions (Li et al. 2022, Hailong et al. 2025, Topal et al. 2004).

Furthermore, even if the composition were the same it is questionable that such a conclusion can be drawn on the basis of a comparison of the fuel compositions alone. It is well known that the composition of the engine exhaust is not only influenced by the fuel type but is also highly dependent on other factors such as engine type and operating conditions such as the fuel flow rate and combustion temperature (Abdalla et al. 2020, Perzold and Schröder 1998, EPA 1993, Bendsten et al. 2021).

3.1.2 Characteristics of diesel and kerosene engine exhausts

The draft advisory report concludes that the overall compositions of kerosene exhaust emissions (KEE) and diesel exhaust emissions (DEE) are broadly similar, in the sense that both contain the same types of toxicologically relevant components. According to the report, the primary differences relate to the concentrations in which these substances occur in the respective exhausts, which may subsequently influence their toxicological properties. In table 4 of the report a comparison of the composition of KEE (during cruise conditions) and DEE (automotive) is made (see below).

Table 4. Composition of kerosene engine exhaust (during cruise conditions) and diesel engine exhaust (automotive)

| | Kerosene engine exhaust | Diesel engine exhaust* |
|------------------------------------|--------------------------------|-------------------------------|
| Nitrogen (N ₂) | ~ 75.2% | ~ 75.2% |
| Oxygen (O ₂) | ~ 16.3% | ~ 15% |
| Carbon dioxide (CO ₂) | ~ 6.1% | ~ 7.1% |
| Water vapour (H ₂ O) | ~ 2.3% | ~ 2.6% |
| Sulphur oxides (SO _x) | ~ 0.02% | Trace amounts |
| Nitrogen oxides (NO _x) | ~ 0.03% | ~ 0.03% |
| Hydrocarbons (HC) | Trace amounts | Trace amounts |
| Carbon monoxide (CO) | Trace amounts | Not specified |
| Soot | Trace amounts | Trace amounts |

While this high-level comparison is informative, it does not include a quantitative assessment of the toxicologically relevant components identified in Section 2.3.2—namely particulate matter (PM), polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs), BTEX and other volatile organic compounds, and metals. Although some of these components (such as particles, sulphur compounds, and PAHs) are addressed qualitatively in Section 8.2.1 to support the proposed bridging between KEE and DEE, the discussion lacks details, remains qualitative instead of quantitative and does not include all toxicologically relevant components.

Particle matter

The advisory report states that kerosene jet fuel generally leads to higher concentrations of smaller-sized combustion-generated particles compared to particles from road transportation, but no exact comparison is provided. It is also unclear whether this comparison reflects modern DEE emissions (which have changed significantly due to after-treatment technologies such as diesel particulate filters) or older, pre-filter DEE emissions. This distinction is important because the epidemiological evidence underlying the IARC Group 1 carcinogenic classification of DEE primarily reflects exposures that occurred before the introduction of diesel particulate filters (DPFs) and other technologies. Pre-filter DEE contained substantially higher concentrations of soot, elemental carbon, and particle-bound PAHs compared to modern on-road diesel emissions. Without a more detailed comparison of particle number, mass and size fractions, it remains uncertain whether the particle profiles of KEE align with historical DEE.

PAH

In section 8.2.1 of the draft advisory report, it is stated that limited data indicate that KEE has a lower concentration of high-molecular weight PAH and a higher concentration of low-molecular weight PAH compared to DEE. The report, however, does not evaluate the toxicological implications of this difference. This is a critical omission because high-molecular-weight PAHs are generally considered to have greater carcinogenic potential than low-molecular-weight PAHs (Ali et al. 2025, Barbosa et al. 2023).

To meaningfully assess whether KEE can be bridged to DEE in terms of health effects, a more detailed comparison of PAH profiles is needed. This should include, where possible, a quantitative comparison and a consideration of how these differences affect the toxicity potential. Without such analysis, the current qualitative statements in the report are insufficient to evaluate whether the observed PAH differences meaningfully alter the toxicological profile of KEE compared to DEE.

BTEX and other volatile organic compounds

BTEX, other volatile organic compounds such as formaldehyde and metals are not discussed in section 8.2 on the similarities in characteristics between KEE and DEE to support bridging. Chapter 2 also does not provide a lot of details, other than stating that both exhaust types contain trace amounts of BTEX (as a group). As these are toxicologically relevant components a more detailed comparison seems warranted.

Metals

Similarly to BTEX, the presence of metals is not discussed in the bridging justification in chapter 8 of the advisory report. In addition, chapter 2 also does not provide a comparison between DEE and KEE in terms of the presence of metals. It is noted that in a recent study which evaluated the exposure to metals of different employee groups at Schiphol airport only aluminium, zinc and nickel were detected in a low number of samples at very low levels well below their limit values (<10%) (van der Meer et al. 2024).

To summarize, while the report provides a discussion of similarities between KEE and DEE, it relies almost exclusively on qualitative statements of similarity between KEE and DEE without providing the quantitative comparison required to make a robust comparison. This is particular the case for:

- Detailed particulate metrics;
- PAH profiles, including high-molecular-weight PAH;
- BTEX and other VOCs;
- Metal profiles.

These gaps make it difficult to evaluate whether differences in composition might influence hazard classification, which is a key requirement under CLP bridging principles. The committees themselves acknowledge major data gaps, including a need for further studies to determine how particle-adsorbed metals and organic compounds may affect the toxicity.

3.2 Evaluation of similarity KEE and DEE based on mechanism of action

In section 8.2.2 of the draft advisory report, it is considered that the carcinogenic mechanism of KEE-particles involves lung inflammation, formation of reactive oxygen species (ROS) and oxidative DNA damage. A closer examination of the available data indicates that the support for each of these proposed mechanisms is, at present, limited.

Lung inflammation

The report refers to limited evidence indicating that exposure to KEE-particles can induce lung inflammation, citing increased inflammatory cells in BAL fluid (Bendtsen et al., 2019). However, this finding is based on a single intratracheal instillation study, a method that does not reflect real-life inhalation exposure conditions. Intratracheal instillation can result in non-uniform particle deposition within the lung, differences in clearance compared to inhalation exposure as well as induce short-term inflammation (Osier and Oberdörster 1997; Hadrup et al. 2025). Therefore, the applicability of these findings to actual KEE exposure scenarios is uncertain.

ROS formation

The advisory report acknowledges that data on ROS formation specific to KEE-particles are lacking. Instead, ROS-related effects are implied through bridging to carbonaceous particles in DEE, under the assumption that both exhaust types contain similar carbonaceous fractions. This creates two issues:

- 1 The bridging argument uses DEE data to support the MoA for KEE, effectively relying on the very mixture to which KEE is being bridged. This introduces circular reasoning rather than independent evidence.
- 2 The report does not provide quantitative evidence demonstrating that the carbonaceous particle composition of KEE and DEE is comparable. In fact, the report itself identifies this gap, noting the need for further investigation to determine the elemental carbon content of KEE-particles and how particle-adsorbed metal and organic compounds may affect the toxicity.

Without direct, quantitative compositional data, the assumption of similarity in ROS-generating potential remains unverified.

Oxidative DNA damage

Regarding oxidative damage it is noted that only a single intratracheal study in mice is available where the results seem to be inconsistent (Bendtsen et al. 2019). For non-commercial airfield particles (JEP), DNA strand breaks only occurred in BAL cells, only on day 1 and only at the mid-dose. For commercial airfield particles (CAP), effects were detected only in the liver, only on day 28 and only at the low dose. For standard reference diesel exhaust particles (NIST2975), increases were only seen in BAL cells, only at day one and only in the low dose. There is a clear lack of a dose-response relationship and consistency in the findings putting in question the strength of the evidence.

To summarize, the evidence directly supporting the proposed mechanism of action for KEE-particles themselves is highly limited and in several instances inconsistent. While some mechanistic parallels with DEE are hypothesized, the current evidence for the proposed MoA of KEE-particles is insufficient to support bridging to DEE.

3.3 Evaluation of similarity KEE and DEE based on health effects

As already mentioned in the advisory report the number of in vitro, animal and human studies on the potential health effects of KEE are very limited and not sufficient to support classification.

In section 8.2.3 of the draft advisory report, it is stated that the available studies give evidence of oxidative stress, ROS formation and lung inflammation after exposure to KEE derived particles. However, as concluded in section 3.2 above the evidence to support this MoA is limited.

The available epidemiological studies with KEE have a high number of limitations, including cofounders such as exposures to other carcinogenic compounds. Moreover, the limited evidence that is available does not coincide with the known effects of DEE. It is also worth noting that most of these studies were conducted among Navy/Air Force personal. There are differences in the composition between military and commercial jet fuel. In addition, the difference in operating conditions, such as afterburner mode in military aircraft, lead to higher fuel consumption and a different exposure situation compared to commercial airflight (EPA, 1993).

4 Comparison to classification criteria

The draft advisory report proposes classifying KEE through the application of CLP bridging principles for “substantially similar mixtures” under Regulation (EC) No 1272/2008. To evaluate this proposal, it is essential to consider the specific regulatory conditions that must be met for bridging to be valid.

The Guidance on the Application of the CLP Criteria part 1: General Principles for Classification and Labelling (ECHA, 2024a) section 1.6.3.2 on bridging principles state the following requirements for bridging based on substantially similar mixtures:

“Two mixtures contain an identical ingredient at the same concentration. Each of the two mixtures contains an additional ingredient which is not identical with each other; however they are present in equivalent concentrations and the hazard category of these two ingredients is the same and neither of them is expected to affect the hazard classification of the other ingredient. If one of the mixtures is classified based on test data it may be assumed that the hazard category of the other mixture is the same.”

These criteria put a strong emphasis on having the toxicological relevant substance(s) being present at comparable concentrations as well as having other ingredient(s) present at equivalent concentrations that are not expected to affect the hazard classification of the other ingredient. The ECHA Guidance for enforcement of mixture classification based on bridging principles also emphasizes the importance of demonstrating similarity at the level of the individual ingredient identity and composition, including concentrations (ECHA 2024b). Currently the justification to support bridging between KEE and DEE does not follow these criteria as a quantitative comparison between the toxicologically relevant components of KEE and DEE is lacking leading to uncertainties in the bridging approach. Without a more detailed quantitative comparisons, it is not possible to demonstrate that observed differences do not alter the hazard outcome.

Given the absence of detailed compositional equivalence, the bridging argument presented in the draft advisory report does not appear to comply the bridging principles for “substantially similar mixtures”. Consequently, the proposed classification of KEE as Mutagenic Category 2 and Carcinogenic Category 1 does not seem sufficiently supported. This is particularly the case for the Category 1B carcinogenic classification given a category 1 classification, which under the CLP requires a relatively high level of certainty regarding the underlying hazard evidence.

5 Conclusion

The assessment conducted in this report finds that the current scientific foundation for classifying kerosene engine exhaust (KEE) through bridging to diesel engine exhaust (DEE) is not sufficiently robust to meet the requirements of the CLP Regulation for “substantially similar mixtures.” This does not imply that KEE is without hazard, but rather that the evidentiary threshold for classification via bridging has not been met.

While the committees rightly acknowledge the limited availability of direct epidemiological, in vivo, and in vitro data for KEE, the proposed reliance on bridging to DEE is not adequately supported by quantitative evidence. Application of the bridging principle under the CLP legislation requires clear demonstration that differences in composition do not influence hazard classification. In the case of KEE and DEE, key toxicologically relevant components, such as particle characteristics, PAH profiles (particularly high-molecular-weight PAHs), BTEX compounds, and metal concentrations, remain insufficiently compared. The draft advisory report largely provides qualitative descriptions, focusing on component groups rather than specific substances, which seems insufficient to establish substantial similarity at the level required for regulatory classification.

Furthermore, the additional considerations for bridging based on mechanism of action and health effects do not seem to be sufficiently supported. The proposed mechanisms of action for KEE-related carcinogenicity, including lung inflammation, ROS generation, and oxidative DNA damage, are supported by very limited and inconsistent evidence. Some of this mechanistic rationale depends on extrapolation from DEE, rather than direct data on KEE itself, which weakens the scientific argument for bridging.

Given the limitations, the current bridging argument does not appear to meet the required evidentiary threshold for classification of KEE as Mutagenic category 2 and Carcinogenic category 1. This is particularly the case for the Category 1B Carcinogenicity classification as this requires relatively high level of certainty regarding the evidence for classification under the CLP legislation. Introducing a Category 1 classification without a sufficiently validated scientific basis may lead to disproportionate regulatory consequences. In alignment with the committees’ own recommendations, further studies are essential to properly characterize the mutagenic and carcinogenic potential of KEE. Until such data becomes available the proposed classification seems premature.

6 References

Ali SR, Anwar Y, Ali HM. Environmental Impacts, Health Risks, and Biodegradation Strategies of Fluorene and Other Polycyclic Aromatic Hydrocarbons. *J Pure Appl Microbiol.* 2025;19(4):2429-2440. doi: 10.22207/JPAM.19.4.39

Abdalla AOG, Liu D, Zhang L, Zhao X, Ying Y, Jiang B, He X, Soot formation and evolution in RP-3 kerosene inverse diffusion flames: Effects of flow rates and dimethyl carbonate additions, *Fuel*, Volume 273, 2020 doi.org/10.1016/j.fuel.2020.117732

Barbosa, F., Rocha, B. A., Souza, M. C. O., Bocato, M. Z., Azevedo, L. F., Adeyemi, J. A., ... Campiglia, A. D. (2023). Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs): Updated aspects of their determination, kinetics in the human body, and toxicity. *Journal of Toxicology and Environmental Health, Part B*, 26(1), 28–65. doi.org/10.1080/10937404.2022.2164390

Bendtsen KM, Brostrøm A, Koivisto AJ, Koponen I, Berthing T, Bertram N, Kling KI, Dal Maso M, Kangasniemi O, Poikkimäki M, Loeschner K, Clausen PA, Wolff H, Jensen KA, Saber AT, Vogel U. Airport emission particles: exposure characterization and toxicity following intratracheal instillation in mice. *Part Fibre Toxicol.* 2019 Jun 11;16(1):23. doi: 10.1186/s12989-019-0305-5

Bendtsen KM, Bengtson E, Saber AT, Vogel U. A review of health effects associated with exposure to jet engine emissions in and around airports. *Environ Health.* 2021 Feb 6;20(1):10. doi: 10.1186/s12940-020-00690-y. Erratum in: *Environ Health.* 2021 Feb 24;20(1):20. doi: 10.1186/s12940-021-00705-2

CLP, Regulation (EC) No 1272/2008 of the European Parliament and of the Council of 16 December 2008 on classification, labelling and packaging of substances and mixtures, amending and repealing Directives 67/548/EEC and 1999/45/EC, and amending Regulation (EC) No 1907/2006 <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A02008R1272-20250901>

ECHA, 2024a Guidance on the Application of the CLP Criteria Part 1: General Principles for Classification and Labelling Version 5.0

ECHA, 2025b Guide for enforcement of mixture classification based on bridging principles Article 9(4) of the CLP Regulation Weight of evidence / Expert judgements Adopted on 28 June 2024

EPA, 1993 Toxic emissions from aircraft engines. Prepared for Air Risk Information Support Centre (AIR RISC) U.S. Environmental Protection Agency 453-R-93-028

Hadrup N, Guldbrandsen M, Terrida E, Bendtsen KMS, Hougaard KS, Jacobsen NR, Vogel U. Intratracheal instillation for the testing of pulmonary toxicity in mice-Effects of instillation devices and feed type on inflammation. *Animal Model Exp Med.* 2025 Feb;8(2):378-386. doi: 10.1002/ame2.12503

Hailong C., Guanzhen T., Daijun W., Guangyao O., Influence of Aviation Kerosene-Diesel Blending Ratios on Ignition Behavior and Spray Dynamics, *Fluid Dynamics and Materials Processing*, 2025 Volume 21, Issue 10, 2025, Pages 2527-2538, <https://doi.org/10.32604/fdmp.2025.069569>

Li B, Cui Z, Fan L, et al. Comparative study on the spray and combustion characteristics between diesel and kerosene under low-temperature combustion (LTC) mode conditions. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part D: Journal of Automobile Engineering.* 2022;238(5):1081-1095. doi:10.1177/09544070221144366



Osier M, Oberdörster G. Intratracheal inhalation vs intratracheal instillation: differences in particle effects. *Fundam Appl Toxicol.* 1997 Dec;40(2):220-7. doi: 10.1006/faat.1997.2390

Petzold A, Schröder FP. Jet engine exhaust aerosol characterization. *Aerosol Science and Technology*, 1998 28:1, 62-76, doi: 10.1080/02786829808965512

Topal MH., Wang J, Levendis YA, Carlson JB, Jordan J. PAH and other emissions from burning of JP-8 and diesel fuels in diffusion flames, *Fuel*, Volume 83, Issues 17–18, 2004: 2357-2368. doi.org/10.1016/j.fuel.2004.06.007.

Van der Meer N, Houba R, Houba T, Kromhout H. Blootstelling aan deeltjesvormige verontreiniging van medewerkers Schiphol Airside, IRAS 2024 Eindrapport d.d. 8 april 2024 ISBN/EAN: 978-90-393-7677-5

Aan: Gezondheidsraad

T.a.v. Dr. D. Boers

Van: KWS Infra, Vialis, BAM en Heijmans

Betreft: *aangepaste* reactie op conceptrapport gepubliceerd over de mutagene en kankerverwekkende eigenschappen van beroepsmatige blootstelling aan Kerosinemotoremissie (KME) – Kerosine Engine Exhaust (KEE)

Aanpassing: inclusief ondertekening directie Heijmans

9 april 2026

Geachte heer, Dr. D. Boers,

De ondergetekenden waarderen de zorgvuldige en wetenschappelijk onderbouwde wijze waarop de GHR in het conceptrapport de beschikbare kennis over kerosinemotoremissies (hierna KME) heeft samengebracht. Het rapport maakt helder dat sprake is van een complex mengsel van stoffen waarvoor aanwijzingen bestaan voor mutagene en carcinogene eigenschappen, terwijl tegelijkertijd belangrijke kennishiaten blijven bestaan met betrekking tot gezondheidkundige grenswaarden.

In dit kader willen wij nadrukkelijk aandacht vragen voor de positie van ultrafijnstof (UFP) en de consequenties van het ontbreken van duidelijke normatieve kaders voor de praktijk.

In het conceptrapport wordt vastgesteld dat ultrafijnstof een wezenlijk en onderscheidend bestanddeel vormt van KME en dat voor UFP op dit moment geen gezondheidkundige grenswaarden beschikbaar zijn.

Het ontbreken van een expliciete positionering en normstelling voor ultrafijnstof staat op gespannen voet met het uitgangspunt van preventie en de minimalisatie van blootstelling bij potentieel ernstige gezondheidsrisico's en is ongewenst.

Tegen deze achtergrond verzoeken wij u vanuit onze zorgplicht als werkgever om in het definitieve advies een (voorlopige) gezondheidkundige grenswaarde voor ultrafijnstof te formuleren, dan wel een expliciet referentiekader aan te reiken dat gebruikt kan worden bij risicobeoordeling en het vaststellen van beschermingsmaatregelen in arbeidssituaties.

Een dergelijke expliciete duiding door de GHR zou bijdragen aan meer eenduidigheid in beleid en uitvoering en voorkomen dat het ontbreken van normstelling leidt tot onjuiste of onvoldoende preventieve maatregelen in de praktijk.

Bovendien kan een duidelijke richtinggevende uitspraak van de GHR over ultrafijnstof een belangrijke impuls geven aan het daadwerkelijk terugdringen van blootstelling in situaties waarin gezondheidsrisico's aannemelijk zijn, maar wetenschappelijke zekerheid nog onvolledig is.

Hoogachtend,

Frank Groot (KWS Infra)

Max Moerke (Vialis)

Bart- Jan Freriks (BAM)

Eelke Stellingwerf (Heijmans Utiliteit)

Landolin Boender (Heijmans Infra)