



Rijksinstituut voor Volksgezondheid
en Milieu
*Ministerie van Volksgezondheid,
Welzijn en Sport*

**Verkenning haalbaarheid
gezondheidsonderzoek werknemers
Schiphol**

RIVM-briefrapport 2021-0094
M. Reedijk | J.P. Zock | N.A.H. Janssen



Rijksinstituut voor Volksgezondheid
en Milieu
*Ministerie van Volksgezondheid,
Welzijn en Sport*

Verkenning haalbaarheid gezondheidsonderzoek werknemers Schiphol

RIVM-briefrapport 2021-0094
M. Reedijk | J.P. Zock | N.A.H. Janssen

Colofon

© RIVM 2021

Delen uit deze publicatie mogen worden overgenomen op voorwaarde van bronvermelding: Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM), de titel van de publicatie en het jaar van uitgave.

Het RIVM hecht veel waarde aan toegankelijkheid van haar producten. Op dit moment is het echter nog niet mogelijk om dit document volledig toegankelijk aan te bieden. Als een onderdeel niet toegankelijk is, wordt dit vermeld. Zie ook www.rivm.nl/toegankelijkheid.

DOI 10.21945/RIVM-2021-0094

M. Reedijk (auteur), RIVM
J.P. Zock (auteur), RIVM
N.A.H. Janssen (auteur), RIVM

Contact:
Marije Reedijk
Centrum Duurzaamheid, Milieu en Gezondheid
marije.reedijk@rivm.nl

Dit onderzoek werd verricht in opdracht van Ministerie van IenW in het kader van het onderzoeksprogramma "Gezondheidsrisico's ultrafijnstof rond Schiphol"

Dit is een uitgave van:
**Rijksinstituut voor Volksgezondheid
en Milieu**
Postbus 1 | 3720 BA Bilthoven
Nederland
www.rivm.nl

Publiekssamenvatting

Verkenning haalbaarheid gezondheidsonderzoek werknemers Schiphol

Het RIVM onderzoekt sinds 2017 mogelijke effecten van langdurige blootstelling aan ultrafijnstof op de gezondheid van omwonenden van Schiphol. Het ministerie van Infrastructuur & Waterstaat (IenW) heeft het RIVM gevraagd om te verkennen of het haalbaar is dit onderzoek uit te breiden naar mogelijke gezondheidseffecten bij mensen die op Schiphol in de buurt van de vliegtuigen werken. De aanleiding hiervoor is een motie in de Tweede Kamer.

Het blijkt praktisch niet mogelijk om gezondheidseffecten bij de platformmedewerkers binnen de opzet van het onderzoek naar omwonenden te bestuderen. Hiervoor zijn onder andere administratieve gegevens nodig over de aard en werkomstandigheden van oud-medewerkers. Maar de administratie van de vele organisaties waar platformmedewerkers voor werken, is onvolledig of gaat niet ver genoeg terug in de tijd. De weinige gegevens die er wel zijn mogen maar beperkt worden gebruikt vanwege de Algemene Verordening Gegevensbescherming.

Verder zijn er inhoudelijke verschillen met het onderzoek naar omwonenden. Naar verwachting staan platformmedewerkers tijdens hun werk aan hogere concentraties ultrafijnstof bloot dan omwonenden. Ook worden platformmedewerkers aan meer luchtvervuilende stoffen blootgesteld dan ultrafijnstof. Bijvoorbeeld via de dieselmotoremissies van bagagekarretjes en de uitstoot van vliegtuigmotoren. Dit vraagt om een bredere blik naar gezondheidseffecten bij platformmedewerkers dan alleen van ultrafijnstof.

Een ander type gezondheidsonderzoek is wel mogelijk, namelijk onderzoek naar onder andere de long- en hartfunctie en bloed en urine bij medewerkers die er nu werken. De resultaten geven een indicatie maar geen zekerheid over ziekten die door een langdurige blootstelling aan ultrafijnstof kunnen ontstaan. Voorbeelden daarvan zijn beroerte, COPD, longkanker en aandoeningen van het zenuwstelsel. Het duurt jaren om met zekerheid te zeggen wat de effecten van een langdurige blootstelling aan ultrafijnstof op de gezondheid van huidige medewerkers zijn.

Kernwoorden: ultrafijnstof, UFP, Schiphol, platforms, grondpersoneel, luchthavens, beroepsmatig

Synopsis

Exploratory study into the feasibility of a health study for Schiphol workers

Since 2017, RIVM has been looking into the possible effects of long-term exposure to ultrafine particles on the health of people who live in the vicinity of Schiphol. As a response to a motion proposed in the House of Representatives of the Netherlands, the Ministry of Infrastructure and Water Management (IenW) asked RIVM to explore if it is feasible to expand this study to include possible effects of ultrafine particles on the health of people who work near aircraft at Schiphol.

RIVM has concluded that it is not feasible to include a study of these effects on platform workers in the existing study for local residents. Administrative data on the nature and labour conditions of former workers would be needed but the administrations of the many organisations for which platform workers work are incomplete or do not go back far enough. The little data that is available may only be used to a limited extent because of the General Data Protection Regulation (GDPR).

There are, furthermore, substantive differences with the study involving local residents. The expectation is that platform workers are exposed to higher concentrations of ultrafine particles than local residents. They are, moreover, not solely exposed to ultrafine particles but to multiple air pollutants, such as emissions from diesel-powered baggage trucks and aircraft engines, which means these investigations should not be limited to ultrafine particles.

A different type of study, involving among others examination of lung and heart function and blood and urine of current workers, would be possible. The results would not give any certainty regarding diseases that can arise as a result of long-term exposure to ultrafine particles, but they would give an indication. Examples include strokes, COPD, lung cancer and conditions of the nervous system. It will take years to determine the effects of long-term exposure to ultrafine particles on the health of current Schiphol workers with any certainty.

Keywords: ultrafine particles, UFP, Schiphol, platforms, ground personnel, airports, occupational

Inhoudsopgave

Samenvatting — 9

1 Inleiding — 11

- 1.1 Achtergrond en aanleiding voor de verkenning — 11
- 1.2 Verkenning haalbaarheid gericht gezondheidsonderzoek bij werknemers — 11
- 1.3 Leeswijzer — 12

2 Literatuur — 13

- 2.1 Quick scan — 13
- 2.2 Samenvatting beschikbare reviews — 16

3 Uitgangspunten voor onderzoekscenario's — 19

- 3.1 Gezondheidseindpunten — 19
- 3.2 Vaststellen blootstelling werknemers aan UFP — 21
- 3.3 Potentiële onderzoekspopulatie — 23
- 3.4 Potentiële versturende factoren — 25
- 3.5 Algemene Verordening Gegevensbescherming (AVG) — 26
- 3.6 Statistische zeggingskracht — 26

4 Mogelijke onderzoeksopzetten — 29

- 4.1 Historisch cohortonderzoek — 29
- 4.2 Prospectief cohortonderzoek — 32
- 4.3 Dwarsdoorsnedeonderzoek — 32
- 4.4 Onderzoek kortetermijneffecten — 33

5 Aspecten van haalbaarheid — 35

6 Advies — 39

7 Bijlagen — 41

- Bijlage 1: Meetprogramma TNO — 41
- Bijlage 2 Resultaten quick scan literatuur — 42
- Bijlage 3: Samenvatting expertbijeenkomst 23 maart 2021 — 49
- Expertbijeenkomst haalbaarheid gezondheidsonderzoek werknemers Schiphol — 49

8 Literatuur — 53

Samenvatting

Het RIVM doet onderzoek naar mogelijke effecten van langdurige blootstelling aan ultrafijnstof (UFP) op de gezondheid van omwonenden van Schiphol. Hierin worden mogelijke gezondheidseffecten onderzocht met behulp van bestaande gezondheidsregistraties die bij het Centraal Bureau voor de Statistiek (CBS) beschikbaar zijn. Binnen deze registraties is het niet mogelijk om (ex-)medewerkers op Schiphol als aparte groep te identificeren omdat deze specifieke informatie niet bij het CBS beschikbaar is. Daarnaast is het gebruikte rekenmodel voor omwonenden niet geschikt om de blootstelling aan UFP van werknemers op Schiphol te bepalen. Het Ministerie van I&W heeft het RIVM daarom gevraagd de haalbaarheid van een additioneel onderzoek naar mogelijke gezondheidseffecten van beroepsmatige blootstelling aan UFP bij werknemers op Schiphol te verkennen. Hierbij werd gevraagd om advies of een onderzoek naar mogelijke gezondheidseffecten van langdurige beroepsmatige blootstelling aan UFP van de luchtvaart bij (ex-)medewerkers op Schiphol haalbaar en zinvol is.

De verkenning bestond uit drie delen: [i] een *quick scan* van de literatuur over wat er bekend is over blootstelling aan UFP bij werknemers op luchthavens en de mogelijke gezondheidsrisico's daarvan; [ii] gesprekken met verschillende organisaties op Schiphol; en [iii] een bijeenkomst met experts om de haalbaarheid te beoordelen.

In de internationale literatuur zijn publicaties van drie onderzoeksprojecten gevonden waarin zowel beroepsmatige blootstelling van luchtverontreiniging door luchtvaart als de effecten daarvan op de gezondheid van werknemers van luchthavens zijn bestudeerd. Twee dwarsdoersnedeonderzoeken lieten zien dat bepaalde luchtwegklachten vaker werden gerapporteerd bij blootgestelde werknemers die op de platforms werkten vergeleken met niet of lager blootgestelde medewerkers. Een retrospectief cohortonderzoek bij de internationale luchthaven van Kopenhagen liet geen verschil zien in de incidentie van vastgestelde hart- en vaataandoeningen bij bagage-afhandelaars en andere platformmedewerkers vergeleken met een lager blootgestelde controlegroep. Twee recente reviewartikelen identificeren de belangrijkste factoren die van invloed zijn op (beroepsmatige) blootstelling aan UFP. Daarnaast wordt een overzicht gegeven van de mogelijke gezondheidseffecten, waarbij gekeken is naar studies bij mensen (zowel biomonitoring als epidemiologische studies), proefdierstudies en *in vitro* studies. Hoewel de literatuur schaars is en er weinig consistentie is in de gebruikte methoden en gemeten biomarkers, zijn er aanwijzingen dat luchtvaartemissies fysisch-chemische eigenschappen hebben die vergelijkbaar zijn met die van dieseluitlaatgassen en dat deze nadelige gezondheidseffecten kunnen hebben.

Gesprekken met organisaties op Schiphol, aangevuld met een online vragenlijst onder organisaties die werkzaam zijn op de platforms, hebben inzicht gegeven in de aantallen, taken en organisatorische zaken rond de platformmedewerkers en de aanwezigheid en beschikbaarheid

van gegevens uit personeelsadministraties. Het gaat om een complex geheel van meer dan 10.000 medewerkers die op het platform een scala aan verschillende werkzaamheden uitvoeren. Zij worden deeltijds of voltijds ingezet door verschillende organisaties via verschillende typen vaste of tijdelijke (sub)contracten die elk een eigen dynamiek van inzet hebben. Relevante werkzaamheden zijn onder meer grondafhandeling zoals het laden en lossen van bagage of cargo, *marshalling*, aan- en loskoppelen van de gateconnectie, onderhoud en reparatie, tankdienst en andere bevoorrading van de vliegtuigen.

Ter voorbereiding van de bijeenkomst met experts zijn verschillende opzetten van epidemiologisch onderzoek uitgewerkt die de vraag over mogelijke gezondheidseffecten van langdurige beroepsmatige blootstelling aan UFP van de luchtvaart bij (ex-)medewerkers op Schiphol zouden kunnen beantwoorden. Hierin zijn inhoudelijke en praktische aspecten van haalbaarheid geïdentificeerd. Om relaties met (geregistreeerde) ziekten zoals in het omwonendenonderzoek te kunnen analyseren, is een cohortonderzoek nodig met grote aantallen deelnemers. Een retrospectief cohortonderzoek zou hier dan de meest voor de hand liggende onderzoekopzet zijn. In de expertmeeting werden veel praktische knelpunten benoemd, zoals de beschikbaarheid van relevante gegevens uit de salaris- en/of personeelsadministraties van verschillende organisaties en juridische voorwaarden voor het gebruik van deze gegevens. Omdat deelnemers niet actief (kunnen) worden geworven, ontbreekt daarnaast informatie over andere (beroepsmatige) blootstellingen en leefstijlfactoren. Bij een prospectief cohortonderzoek, waarbij je vooruit kijkt in de tijd, worden veel van de praktische knelpunten van een historisch cohortonderzoek vermeden maar duurt het in de praktijk meer dan 10 jaar voordat resultaten beschikbaar komen. Bij beide varianten van cohortonderzoek is medewerking van organisaties op Schiphol essentieel om een onderzoekspopulatie met voldoende blootgestelden én niet-blootgestelden te krijgen zodat er genoeg statistische zeggingskracht is voor minder vaak voorkomende gezondheidssuitkomsten.

De experts oordelen dat het praktisch wel haalbaar en zinvol is om een dwarsdoorsnedeonderzoek uit te voeren. Het betreft dan geen (vastgestelde) ziekten zoals in het omwonendenonderzoek, maar biologische en/of functionele indicatoren van gezondheidseffecten die meestal subklinisch zijn. Bij dit type onderzoek zijn de benodigde aantallen deelnemers kleiner dan bij cohortonderzoek. In een dwarsdoorsnedeonderzoek moeten deelnemers actief bijdragen door zelf informatie te verschaffen over hun arbeidsverleden en andere relevante (leefstijl)factoren. Een uitgebreid blootstellingsonderzoek kan daaraan worden toegevoegd, waarbij meer inzicht wordt verkregen in persoonlijke blootstellingen, bronnen en determinanten van ultrafijnstof en andere relevante componenten voor verschillende functies. Met deze informatie kan ook de historische blootstelling worden ingeschat. In een dwarsdoorsnedeonderzoek onder huidige medewerkers kunnen ook mogelijke acute effecten (van kortdurende blootstellingen) worden bestudeerd.

1 Inleiding

1.1 Achtergrond en aanleiding voor de verkenning

Het RIVM voert sinds 2017 een onderzoeksprogramma uit naar mogelijke effecten van langdurige blootstelling aan ultrafijnstof (UFP) op de gezondheid van omwonenden van Schiphol. Na een motie in de Tweede Kamer heeft het Ministerie van I&W het RIVM gevraagd of het mogelijk is om *werknemers* op Schiphol mee te nemen in het lopende onderzoek naar gezondheidseffecten van langdurige blootstelling aan ultrafijnstof.

Het is om twee redenen niet mogelijk om binnen het lopende onderzoek bij omwonenden specifiek gezondheidseffecten bij werknemers te bestuderen:

- 1) Er is geen informatie over de blootstelling van werknemers aan UFP. Het gebruikte rekenmodel voor omwonenden is niet geschikt voor toepassing op het terrein van Schiphol;
- 2) met de in het onderzoek bij omwonenden gebruikte gezondheidsgegevens uit registraties is het niet mogelijk (ex-)medewerkers op Schiphol als aparte groep te identificeren.

Om inzicht te krijgen in de mogelijke gezondheidsrisico's van blootstelling aan UFP bij werknemers op Schiphol is daarom een gericht additioneel onderzoek nodig. Op verzoek van I&W zal het RIVM in eerste instantie de haalbaarheid van een dergelijk onderzoek verkennen. Het onderzoek bestaat uit twee onderdelen.

Het eerste onderdeel gaat over het verkrijgen van inzicht in de concentraties UFP waaraan medewerkers kunnen worden blootgesteld. Schiphol heeft TNO opdracht gegeven om UFP-metingen uit te voeren op het terrein van luchthaven Schiphol. In opdracht van het Ministerie van I&W begeleidt het RIVM dit blootstellingsonderzoek. Het RIVM zal hierbij onder andere vooraf adviseren over de opzet en uitvoering van het meetprogramma en achteraf een bijdrage leveren aan de eindrapportage. In verband met de coronacrisis en de daarmee gepaard gaande verminderde luchtvaart zijn de metingen uitgesteld tot april-juni 2021. Meer informatie over de opzet van het meetprogramma is te vinden in bijlage 1.

Het tweede onderdeel bestaat uit een verkenning van de haalbaarheid van een gericht gezondheidsonderzoek bij werknemers. De mogelijkheden hiervan staan beschreven in dit rapport.

1.2 Verkenning haalbaarheid gericht gezondheidsonderzoek bij werknemers

In het lopende onderzoek bij omwonenden worden mogelijke gezondheidseffecten van langdurige blootstelling aan UFP van de luchtvaart onderzocht met behulp van bestaande gezondheidsregistraties en microdata-bestanden die bij het CBS beschikbaar zijn. Op basis van deze registraties is het *niet* mogelijk (ex-)medewerkers op Schiphol als aparte groep te identificeren. Uit het

blootstellingsonderzoek bij omwonenden is geen informatie beschikbaar over de blootstelling van werknemers aan UFP.

De verkenning beperkt zich in eerste instantie tot de vraag of een apart gezondheidsonderzoek bij werknemers **wel of niet** haalbaar en zinvol is. Er zal in deze fase **geen** specifiek voorstel gedaan worden voor de eventuele opzet van een dergelijk onderzoek. De haalbaarheid zal wel worden beoordeeld aan de hand van bepaalde onderzoeksopzetten.

Voor de verkenning hebben we drie onderdelen uitgevoerd:

1. Een *quick scan* van de literatuur over wat er bekend is over blootstelling aan UFP bij werknemers op luchthavens en de mogelijke gezondheidsrisico's daarvan;
2. oriënterende gesprekken met verschillende organisaties rondom Schiphol;
3. een workshop met experts om de haalbaarheid te beoordelen.

De vraagstelling van het advies:

Is een onderzoek naar mogelijke gezondheidseffecten van langdurige beroepsmatige blootstelling aan UFP van de luchtvaart bij (ex-)medewerkers op Schiphol haalbaar en zinvol?

De vraagstelling van het gezondheidsonderzoek zelf zou zijn:

Wat zijn de mogelijke gezondheidseffecten van langdurige beroepsmatige blootstelling aan UFP van de luchtvaart bij (ex-)medewerkers op Schiphol?

1.3 Leeswijzer

De haalbaarheid van een onderzoek hangt af van zowel inhoudelijke als praktische aspecten. In dit rapport beschrijven we allereerst de beschikbare wetenschappelijke literatuur over het onderwerp (hoofdstuk 2). Vervolgens zijn de uitgangspunten voor onderzoekscenario's in kaart gebracht voor gezondheidsuitkomsten, blootstellingen, de onderzoekspopulatie en potentieel versturende factoren (hoofdstuk 3). Daarna worden mogelijke onderzoeksopzetten uitgewerkt (hoofdstuk 4) en worden de verschillende aspecten van de haalbaarheid benoemd (hoofdstuk 5). Tot slot wordt een advies gegeven of een onderzoek naar mogelijke gezondheidseffecten van langdurige beroepsmatige blootstelling aan UFP van de luchtvaart bij (ex-)medewerkers op Schiphol haalbaar is (hoofdstuk 6).

2 Literatuur

2.1 Quick scan

We hebben een quick scan uitgevoerd om de beschikbare literatuur over *gezondheidseffecten van beroepsmatige blootstellingen van de luchtvaart* in kaart te brengen, waarbij we ons hebben gefocust op UFP. We hebben daarbij gebruik gemaakt van verschillende zoektermen op het gebied van beroep, de luchthaven als setting, blootstelling (met de focus op UFP) en gezondheid. De gebruikte zoekstrategie staat beschreven in bijlage 2, tabel S1. In totaal zijn er drie onderzoeken gevonden die beroepsmatige blootstelling van luchtverontreiniging door luchtvaart én de effecten daarvan op de gezondheid van werknemers hebben bestudeerd (bijlage 2, tabel S2). Meer informatie over deze drie onderzoeken staat in Tabel 1. De drie artikelen zijn recent ook beschreven door Merzenich en collega's in een scoping review (Merzenich, Riccetti et al. 2020). Het gaat hierbij om twee dwarsdoorsnedeonderzoeken¹ uitgevoerd bij Birmingham International Airport en Taiwan Kaohsiung International Airport (Tunncliffe 1999, Yang, Wu et al. 2003) en één cohortonderzoek bij Copenhagen Airport. Bij beide dwarsdoorsnedeonderzoeken was een beperkt aantal blootgestelde deelnemers (respectievelijk <136 en <160) en waren er geen kwantitatieve blootstellingsgegevens beschikbaar. Categorië van werknemers in lage en hoge blootstelling was gebaseerd op functieomschrijvingen en niet op metingen. Daarnaast waren gezondheidsuitkomsten grotendeels gebaseerd op zelfgerapporteerde gegevens. Recent zijn de resultaten van het Copenhagen Airport Cohort gepubliceerd. Hierin is gekeken naar cardiovasculaire ziekten (Møller, Brauer et al. 2020). De opzet van dit cohortonderzoek is uitgebreid beschreven in een artikel (Møller, Brauer et al. 2017). In totaal werden 6629 werknemers op de platforms vergeleken met een laag-blootgestelde controlegroep op basis van verschillende beroepen. De gezondheidsuitkomsten zijn verkregen uit nationale registraties in Denemarken. In een eerder artikel van Møller en collega's is gekeken naar de blootstellingsgegevens van vijf subgroepen werknemers waarvoor persoonlijke metingen van UFP waren uitgevoerd en gecombineerd met beschikbare informatie over de tijd die werknemers aanwezig zijn op de platforms (Møller, Thygesen et al. 2014). Daarnaast is luchtverontreiniging op het huisadres meegenomen in de analyses.

¹ Dwarsdoorsnedeonderzoek staat beschreven in paragraaf 4.3.

Tabel 1 Overzicht epidemiologische studies naar gezondheidseffecten door luchtverontreiniging onder werknemers op luchthaven platforms overgenomen uit (Merzenich, Riccetti et al. 2020)

Artikel	Studie design	Locatie	Blootgestelde groep	Controle groep	Gezondheidsuitkomst	Blootstelling	Bevindingen
Møller et al (2020) (Møller, Brauer et al. 2017, Møller, Brauer et al. 2020)	Register-gebaseerde cohortstudie	Luchthaven Kopenhagen, Denemarken	6,629 bagage-afhandelaars of andere platformmedewerkers. Dienstverband: 1990-2012	62,546 mannen in ongeschoolde functies die binnen op de luchthaven van Kopenhagen werken of mannen die in de regio van Kopenhagen werken. Dienstverband: 1990-2012	Kanker, hart- en vaatziekten, aandoeningen van de luchtwegen, aandoeningen van het spieren skeletstelsel en mortaliteit. Huidige artikel kijkt naar hart-vaat ziekten. (registratie data)	UFP, tijd op platform als proxy voor UFP blootstelling. In deelonderzoek onder 30 medewerkers uit vijf blootstellingsgroepen: individuele UFP-monitoring en (GPS-gebaseerde) beoordeling van de tijd op het platform.	Ischemische hartziekte: IRR=1.0(95% BI, 0.98-1.02) Cerebrovasculaire ziekte: IRR = 1.00(95% BI 0.97-1.03) (jaren op platform, continu)
Tunnercliffe et al (1999)(Tunnicliffe 1999)	Dwarsdoorsnede onderzoek	Internationale Luchthaven Birmingham, Verenigd Koninkrijk	53 bagageafhandelaars, luchthavenpersoneel, marshalls, operationele ingenieurs, monteurs, technische technici (hoge blootstellinggroep). 83 beveiligingspersoneel,	86 personeel werkzaam op terminal en kantoor	Ademhalings- en longfunctie en irriterende symptomen (vragenlijst data, medisch onderzoek)	Blootstelling aan vliegtuigbrandst of of jetstream-uitlaat. Categorië op basis van geschatte blootstellingstijd per werkdag.	Hoest met slijm: OR = 3.5 (95BI% 1.23-9.74) hoog versus gemiddeld Loopneus: OR = 2.9(95BI%

Artikel	Studie design	Locatie	Blootgestelde groep	Controle groep	Gezondheidsuitkomst	Blootstelling	Bevindingen
			brandweerlieden, managers van vliegveldoperaties (gemiddelde blootstellinggroep)				1.32-6.40) hoog versus gemiddeld
Yang et al. (2003)(Yang, Wu et al. 2003)	Dwarsdoorsnede onderzoek	Internationale Luchthaven Kaohsiung, Taiwan	106 luchthavenmedewerkers (brandstofafhandelaren, bagageafhandelaren, operationele ingenieurs, marshalls, monteurs, luchthavenpersoneel, technici)	305 beveiligingspersoneel, managers van vliegvelden, griffiers, accountants, onderhoudspersoneel, personeel op ternaal of kantoor	Chronische ademhalings symptomen en acute irriterende gezondheidseffecten (vragenlijst data)	Blootstelling aan vliegtuigbrandstof of of jetstream-uitlaat. Categoriatie op basis van beroep waarbij gekeken is naar proportie tijd van directe blootstelling.	Hoesten: OR = 3.41 (95BI% 1.26-9.28) blootstelling versus controle. Dyspneu: OR = 2.34 (95BI% 1.05-5.18) blootstelling versus controle.

2.2 Samenvatting beschikbare reviews

Recent zijn er twee wetenschappelijke review artikelen uitgekomen (Merzenich, Riccetti et al. 2020, Bendtsen, Bengtsen et al. 2021) over beroepsmatige blootstellingen op luchthavens. Beide artikelen zijn hieronder samengevat.

- *Merzenich et al, 2021, Air pollution and airport apron workers: A neglected occupational setting in epidemiological research (Merzenich, Riccetti et al. 2020)*

Merzenich en collega's hebben een (scoping) review uitgevoerd naar de effecten van luchtverontreiniging (met de focus op UFP) van de luchtvaart op de gezondheid van platformmedewerkers (Merzenich, Riccetti et al. 2020, Bendtsen, Bengtsen et al. 2021). Slechts drie epidemiologische onderzoeken zijn geïdentificeerd: twee dwarsdoorsnedeonderzoeken en één cohortstudie. De dwarsdoorsnedeonderzoeken hebben een kleine steekproefomvang en geen kwantitatieve blootstellingsgegevens. In de cohortstudie werden individuele blootstellingsmetingen van UFP uitgevoerd, werden relevante versturende factoren meegenomen en werd gebruik gemaakt van ziekteregistraties. Naast deze drie artikelen over gezondheidseffecten door luchtverontreiniging onder platformmedewerkers op civiele luchthavens (tabel 1 in review) beschrijven de auteurs ook blootstellingsonderzoeken naar emissies van luchthavenactiviteiten (tabel 2 in review). De auteurs geven aan dat het huidige wetenschappelijke bewijs over dit onderwerp schaars is. Verdere observationele studies bij deze beroepsbevolking worden sterk aanbevolen. Voor een beter begrip van nadelige gezondheidseffecten als gevolg van luchtverontreiniging, in het bijzonder UFP, zijn studies in verschillende landen essentieel omdat werkomgevingen, medische controle van werknemers en/of veiligheidsnormen internationaal kunnen verschillen.

- *Bendtsen et al, 2021, A review of health effects associated with exposure to jet engine emissions in and around airport (Bendtsen, Bengtsen et al. 2021)*

De review van Bendtsen en collega's is breder opgezet dan de review van Merzenich et al. In de review van Bendtsen et al is gekeken is naar de wetenschappelijke literatuur over gezondheidseffecten van blootstelling aan luchthavenemissies, zowel in de beroepssituatie als bij omwonenden van luchthavens. De auteurs geven een duidelijk overzicht (figuur 1 in review) van de aspecten (o.a. type vliegtuig, motoromstandigheden, brandstoftype, luchthaven, beroepen) die van invloed zijn op het risico van blootstelling vanaf de luchthaven. De auteurs beschrijven verschillende blootstellingen aan emissies van straalmotoren waaronder fijnstof, metalen en polycyclische aromatische koolwaterstoffen (PAKs). Allereerst zijn de blootstellingsonderzoeken beschreven waarbij onderscheid werd gemaakt tussen beroepsmatige blootstelling en omgevingsblootstelling bij omwonenden van luchthavens. Tabel 1

in de review geeft een overzicht van gevonden blootstellingsniveaus voor PAKs, black carbon (BC) en ultrafijnstof.

De auteurs identificeren drie belangrijke factoren die van invloed zijn op beroepsmatige blootstelling:

- 1. Nabijheid van emissiebron**, waarbij de niveaus over het algemeen hoger waren dichterbij en benedenwinds van het vliegtuig;
- 2. schommelingen in emissieniveaus**, gekenmerkt door pieken in de blootstelling, zoals tijdens het landen of opstijgen;
- 3. type functie**, zo kan luchthavenpersoneel worden gegroepeerd in lage blootstelling (kantoorpersoneel / landzijde banen met werk binnen, ver weg van emissiebronnen), middelmatige blootstelling (catering / schoonmaak / beveiligingspersoneel aan de landzijde met periodiek buitenwerk) en hoge (bagage afhandelaren / vliegtuigmonteurs / crew chief) blootstelling.

Daarna geven de auteurs een overzicht van de onderzoeken naar gezondheidseffecten, waarbij gekeken is naar studies bij mensen (zowel biomonitoring als epidemiologische studies), proefdierstudies en celmodellen (*in vitro* studies). Naast de drie eerder genoemde artikelen van Møller et al., Yang et al. en Tunnercliffe (Tunnicliffe 1999, Yang, Wu et al. 2003, Ellerman 2012, Møller, Brauer et al. 2017) (beschreven in tabel 1) beschrijven Bendtsen en collega's nog andere onderzoeken o.a. bij stewardessen en andere beroepsmatig blootgestelden (bijlage 2, tabel S3).

Daarnaast worden de onderzoeken naar gezondheidseffecten bij omwonenden beschreven evenals de dier- en *in vitro*-studies. De auteurs concluderen dat hoewel de literatuur schaars is en er weinig consistentie is in de gebruikte methoden en gemeten biomarkers, er aanwijzingen zijn dat luchtvaartemissies fysisch-chemische eigenschappen hebben die vergelijkbaar zijn met die van dieseluitlaatgassen en dat deze nadelige gezondheidseffecten kunnen hebben.

3 Uitgangspunten voor onderzoekscenario's

In dit hoofdstuk worden verschillende onderwerpen in kaart gebracht die belangrijk zijn voor epidemiologisch onderzoek. Hierbij komen gezondheidseindpunten, de blootstelling, de onderzoekspopulatie, potentieel versturende factoren, algemene verordening gegevensbescherming en statistische zeggingskracht aanbod. De mogelijke onderzoeksopzetten volgen in hoofdstuk 4.

3.1 Gezondheidseindpunten

UFP en gezondheid

Tabel 2 geeft een overzicht van de mate van bewijs tussen korte- (< 1 maand) en langetermijn (1 maand tot jaren) blootstellingen aan UFP en verschillende gezondheidseindpunten (US 2019). De causaliteit van het bewijs wordt onderverdeeld in 5 categorieën: 1) causale relatie, 2) waarschijnlijk een causaal verband, 3) Suggestief voor, maar niet voldoende om een causaal verband af te leiden, 4) Onvoldoende om de aanwezigheid of afwezigheid van een causaal verband af te leiden 5) waarschijnlijk geen causaal verband. Hieruit is op te maken dat er een suggestief causaal verband wordt verondersteld tussen korte termijn blootstelling aan UFP en effecten op de luchtwegen, hart- en vaatziekten en neurologische effecten. Er is onvoldoende bewijs voor gezondheidseffecten op de lange termijn, met uitzondering van neurologische effecten. De review van Ohlwein et al (Ohlwein, Kappeler et al. 2019) naar gezondheidseffecten van UFP laat zien dat er kortetermijneffecten zijn geïdentificeerd voor met name inflammatoire aandoeningen en cardiovasculaire veranderingen.

Tabel 2 Causaliteit voor UFP gebaseerd op ISA 2019 (US 2019)

Gezondheidsuitkomst	Kortetermijn blootstelling	Langetermijn blootstelling
Luchtweg effecten	Suggestief voor, maar niet voldoende om af te leiden	Onvoldoende om af te leiden
Cardiovasculaire effecten	Suggestief voor, maar niet voldoende om af te leiden	Onvoldoende om af te leiden
Metabolische effecten	Onvoldoende om af te leiden	Onvoldoende om af te leiden
Zenuwstelsel effecten	Suggestief voor, maar niet voldoende om af te leiden	Suggestief voor, maar niet voldoende om af te leiden
Voortplantings- en ontwikkelingseffecten	Onvoldoende om af te leiden	Onvoldoende om af te leiden
Kanker		Onvoldoende om af te leiden
Sterfte	Onvoldoende om af te leiden	Onvoldoende om af te leiden

Eindpunten onderzoek omwonenden (volwassenen)

In het lopende onderzoek naar omwonenden van Schiphol worden bij volwassenen de volgende gezondheidseindpunten onderscheiden:

sterfte, kanker, hart- en vaatziekten, aandoeningen aan longen en luchtwegen, aandoeningen van het zenuwstelsel, mentale gezondheid en metabole ziekten (tabel 3). Daarvoor worden voor volwassenen gegevens uit de volgende registraties gebruikt: CBS voor doodsoorzaken, medicatie-verstrekkingen via Zorginstituut Nederland (beschikbaar binnen de CBS-omgeving) en gegevens uit de GGD Gezondheidsmonitor van 2012 en 2016. In tabel 3 is een specificatie van de gezondheidssuitkomsten weergegeven per type gezondheidseindpunt en registratie.

Tabel 3 Eindpunten en gebruikte ziektereferenties in het omwonendenonderzoek bij de luchthaven Schiphol

Thema		Sterfte	Medicatie	Geboortegegevens	Vragenlijsten
Bron		CBS	Zorginstituut Nederland (CBS)	Perined (CBS)	GGD Gezondheidsmonitor 2012-2016
Eindpunten	Algemeen	Sterfte		Laag geboortegewicht Vroeggeboorte Small for gestational age Perinatale sterfte	Ervaren gezondheid
	Cardiovasculair	Hart- en vaatziekten (totaal, ischemische hartziekten, hartinfarct, cerebrovasculaire ziekten, beroerte)	Hartziekten Hoge bloeddruk		Hartziekten Beroerte Hoge bloeddruk
	Respiratoir	Totaal COPD Longkanker	Astma/COPD		Astma/COPD
	Zenuwstelsel en mentale gezondheid	Totaal Dementie, Parkinson, Alzheimer,	Dementie, Parkinson, Antidepressiva		Psychisch leed
	Metabole ziekten	Diabetes	Diabetes		Diabetes

Uitgaande van dezelfde gezondheidseindpunten in een mogelijk onderzoek onder werknemers van Schiphol, ligt het voor de hand om dezelfde gegevensbronnen te overwegen als in het onderzoek naar volwassen omwonenden. Hoewel perinatale uitkomsten relevant kunnen zijn voor vrouwen die tijdens de zwangerschap op Schiphol werkten, zijn deze eindpunten hier niet verder beschouwd.

De hier besproken registraties bevatten routinematig verzamelde gegevens over (vastgestelde) ziekten en aandoeningen. In een onderzoek kunnen gegevens over gezondheid en ziekte ook actief worden verzameld. Met behulp van vragenlijsten kan informatie over

klachten en ziektehistorie worden verzameld. Deze methode is minder betrouwbaar dan het gebruik van routinematig vastgelegde gegevens, onder meer omdat de informatie uit vragenlijsten (deels) gebaseerd is op het geheugen van de respondent en beïnvloed kan zijn door bepaalde ervaren blootstellingen en zorgen. Naast het verkrijgen van gegevens over gezondheid en ziekten kan een vragenlijst helpen om belangrijke aanvullende informatie te verkrijgen zoals:

- arbeidsverleden en andere informatie over beroepsmatige blootstellingen;
- informatie over leefstijlfactoren, zoals rookgewoonten en alcoholgebruik in heden en verleden.

Bij het gebruik van vragenlijsten zal een belangrijk verschil ontstaan tussen huidige werknemers en oud-werknemers wat betreft de bereikbaarheid en kwaliteit van de informatie. Voor het bestuderen van ernstige ziekten (en sterfte) die in het verleden hebben plaatsgevonden, is een vragenlijst minder geschikt.

Naast het gebruik van vragenlijsten kan informatie over de gezondheid ook op andere manieren actief worden verzameld. Het betreft dan pre- of subklinische indicatoren van ziekte, zoals functionele tests en biologische markers. Voorbeelden hiervan zijn het meten van longfunctie en het bepalen van ontstekingsparameters in urine of bloed. De interpretatie van een afwijking van deze waarden naar een medische aandoening is, zowel op individueel als op groepsniveau, vaak niet eenduidig.

3.2 Vaststellen blootstelling werknemers aan UFP

Ultrafijnstof bestaat uit deeltjes met een diameter kleiner dan 100 nm. Ultrafijnstof is voornamelijk afkomstig van de (hoogenergetische) verbranding van fossiele brandstoffen zoals benzine, diesel en kerosine. Belangrijke bronnen van ultrafijnstof zijn huishoudens, scheepvaart en wegverkeer. Er is een duidelijk verschil in gemiddelde diameter van ultrafijne deeltjes afkomstig van vliegverkeer (20 nm) en deeltjes afkomstig van wegverkeer (50 nm) (Janssen, 2019). De hoogste emissies vinden plaats tijdens het opstijgen en landen van de vliegtuigen.

Naast UFP komen bij die processen en samenhangende activiteiten ook andere stoffen vrij. Werknemers op luchthavens worden dus niet alleen blootgesteld aan UFP maar het zal gaan om een complex mengsel van blootstellingen (o.a. andere componenten van luchtverontreiniging, metalen, vluchtige organische stoffen), afkomstig van verschillende bronnen zoals vliegtuigmotoren en dieselmotoren van o.a. bagagekarretjes. De samenstelling van dat mengsel en de verhoudingen tussen de verschillende stoffen, kunnen verschillen per locatie. In de blootstellingskarakterisering van (groepen) werknemers kan daarin moeilijk onderscheid gemaakt worden omdat blootstelling aan UFP in de regel samengaat met blootstelling aan andere componenten.

Voor het vaststellen van de langetermijnblootstelling is informatie over het arbeidsverleden nodig zoals uitgevoerde functies, begin- en einddatum van de functies en de gependeerde tijd per werklocatie (op het platform of niet). De blootstelling aan UFP voor deelnemers aan een

epidemiologisch onderzoek kan kwalitatief, semi-kwantitatief of kwantitatief van aard zijn. Bij kwalitatief gaat het om een uitdrukking in wel of niet blootgesteld. In het geval van semi-kwantitatieve beoordeling kan de blootstelling worden uitgedrukt in bijvoorbeeld laag/midden/hoog op basis van functie, taken en/of tijd op het platform door middel van de categorisatie zoals beschreven in het review van Bendtsen et al (2021)(Bendtsen, Bengtsen et al. 2021). Een kwantitatieve schatting van de blootstelling is mogelijk als er (persoonlijke) metingen van UFP en/of andere luchtverontreiniging bij werknemers op de platforms zijn gedaan of gemodelleerd, waarbij verschillende beroepsgroepen worden onderscheiden zoals in het Copenhagen Cohort onderzoek (Møller, Thygesen et al. 2014). In dit onderzoek zijn duidelijke verschillen in blootstelling tussen verschillende beroepen op de luchthaven gevonden, zie Tabel 4. Hierbij zijn 30 werknemers, verdeeld over verschillende beroepen tussen 7.30 tot 15.00 uur gevolgd tijdens normale luchthaven activiteiten. Een mogelijkheid is het gebruik van een 'job exposure matrix' (JEM) om blootstellingsniveaus op basis van functieomschrijvingen toe te wijzen. Een JEM kan kwalitatieve, semi-kwalitatieve of kwantitatieve informatie over de blootstelling bevatten.

Tabel 4 Blootstelling van verschillende beroepen vanuit het onderzoek rondom luchthaven Kopenhagen overgenomen uit Møller et al. (Møller, Thygesen et al. 2014).

Groep	lokatie	Blootstelling UFP (10³/cm³) mediaan (Q1-Q3)	Tijd aanwezig in minuten (%)
Totaal N=30	Platform	27 (10-67)	3.849
	Niet op platform	8 (3-17)	4.954
Bagagehandelaren N=6	Platform	28 (12-71)	1.231 (75,6)
	Niet op platform	23 (9-42)	396 (24,4)
Catering chauffeurs N=7	Platform	43 (13-110)	738 (35,0)
	Niet op platform	10 (6-18)	1.368 (65,0)
Schoonmakers N=8	Platform	23 (7-51)	1.554 (61,5)
	Niet op platform	4 (1-11)	975 (38,5)
Beveiliging airside N=7	Platform	33 (9-99)	273 (14,0)
	Niet op platform	8 (4-18)	1.680 (86,0)
Beveiliging landside N=2	Platform	5 (4-6)	54 (9,0)
	Niet op platform	3 (2-6)	535 (91,0)

In het onderzoek van Buonanno et al., 2012 was de gemiddelde concentratie van 10 dagelijkse persoonlijke UFP samples 25×10^3 deeltjes/cm³ voor crew chiefs en 17×10^3 deeltjes/cm³ voor hangar operators. Benedenwinds was de concentratie $6,5 \times 10^3$ deeltjes/cm³ (Buonanno, Bernabei et al. 2012). In een onderzoek onder 33 mannelijke werknemers op de taxibaan was de maximale UFP concentratie $2,44 \times 10^3$ deeltjes/cm³ (Marcias, Casula et al. 2019). Marie-Desvergne en collega's vonden concentraties van 10×10^3 tot 21.000×10^3 deeltjes/cm³ bij platformmedewerkers (Marie-Desvergne 2016).

Verschillende onderzoeken hebben gekeken naar de concentraties rondom luchthavens. Zo is de jaargemiddelde concentratie bij de luchthaven van Los Angeles 17×10^3 deeltjes/cm³ op een afstand van 500 meter, met een piekconcentratie gemeten van 72×10^3 deeltjes/cm³. Bij Warwick (Green International Airport) bedraagt de concentratie op twee kilometer van de startbaan 15×10^3 deeltjes/cm³ (Bezemer, Wesseling et al. 2015). De concentraties rondom de startbaan van de luchthaven Rotterdam bedragen gemiddeld ca. 13×10^3 deeltjes/cm³ (Duyzer and Moerman 2018).

In Nederland worden waarden tot 40×10^3 deeltjes/cm³ gerapporteerd in grote steden (Amsterdam, Rotterdam, Utrecht). Stedelijke achtergrondwaarden variëren tussen de 8 en 22×10^3 deeltjes/cm³ (Bezemer, Fischer et al. 2015). Voor woonlocaties dichtbij Schiphol kan de jaargemiddelde blootstelling aan UFP oplopen tot circa 15×10^3 deeltjes/cm³ (Bezemer, Wesseling et al. 2015).

3.3 Potentiële onderzoekspopulatie

Er zijn verschillende arbeidsonderzoeken gedaan naar de werkgelegenheid van Schiphol. Deze onderzoeken geven inzicht in hoeveel werknemers er werkzaam zijn per bedrijfsactiviteit op de luchthaven Schiphol.

De directe werkgelegenheid van de luchthaven Schiphol was in 2018 ruim 68.000 banen (57.000 FTE) (tabel 5). De werkgelegenheid is verdeeld over verschillende bedrijfsactiviteiten, waarbij het grootste deel van de mensen werkzaam is bij luchtvaartmaatschappijen (46%, 31.700 banen), gevolgd door de grondafhandeling (19%, 13.000 banen) en beveiligingsdiensten (8%, 5.650 banen) (Decisio 2019).

Tabel 5 Werkgelegenheid naar categorie op Schiphol in 2013 en 2018, overgenomen uit rapport Decisio (Decisio 2019)

	Werkgelegenheid		
	2013	2018	Groei in %
Luchtvaartmaatschappijen	31.200	31.700	1,6%
Luchthaven en luchtverkeersleiding	3.200	3.200	0,0%
Grondafhandeling	12.850	13.000	1,2%
Onderhoud en reparatie	950	1.300	36,8%
Beveiligingsdiensten	4.500	5.650	25,6%
Detailhandel en dienstverlening aan passagiers	2.100	2.000	-4,8%
Cafés en restaurants	1.600	2.800	75,0%
Douane, immigratie en overige overheidsdiensten	3.100	3.450	11,3%
OV en taxibedrijven	700	750	7,1%
Overig	4.500	4.550	1,1%
Totaal	64.700	68.400	5,7%

De activiteiten die het meest op de platforms uitgevoerd worden zijn o.a. de grondafhandeling, onderhoud en reparatie van vliegtuigen en in mindere mate beveiliging. Deze activiteiten waren in 2018 goed voor een kleine 20.000 banen. Dit aantal is ten opzichte van 2013 licht toegenomen (18.300 werknemers in 2013) (Decisio 2019). De

grondafhandeling wordt uitgevoerd door meerdere bedrijven waarvan KLM Ground Services de grootste organisatie is op de luchthaven Schiphol. Andere partijen zijn o.a. Swissport, Martinair, Aviapartner en Menzies Aviation. Deze organisaties maken op hun buurt weer gebruik voor sub-contracten voor bepaalde activiteiten zoals schoonmaak en catering.

Voor toegang tot het platform dienen werknemers te beschikken over een pas met de letter "P", uitgegeven door de Schiphol Group. Dit zou naast de salaris- en personeelsadministratie een mogelijke gegevensbron kunnen zijn om werknemers te identificeren die toegang hebben tot de platforms op Schiphol. Schiphol Group heeft als eigenaar van Schiphol een goed zicht op de partijen die aanwezig zijn op de platforms.

In het arbeidsmarktonderzoek Schiphol van SEOR in 2016 is ook gekeken naar het percentage man/vrouw, leeftijdscategorieën, opleidingsniveau, het aantal ingeleend personeel en de in- en uitstroom van personeel per bedrijfsactiviteit (Zandvliet and de Rooij – van Leeuwen 2018). Bij de meeste activiteiten op de luchthaven Schiphol werken meer mannen dan vrouwen met uitzondering van de detailhandel en horeca. Sectoren met relatief veel ingeleend personeel zijn o.a. de grondafhandeling, MRO (vliegtuigonderhoud), grondtransport en beveiliging, waarbij het voornamelijk om uitzendkrachten gaat. Verder zien we voor de activiteiten grondafhandeling en luchtvaartmaatschappijen ook een hogere verhouding tussen ingeleend en vast personeel in de piekperiode ten opzichte van de dalperiode.

Op de luchthaven Schiphol worden meerdere locaties onderscheiden. Zo vindt op Schiphol-Centrum de afhandeling van de vluchten plaats en op Schiphol-Oost het onderhoud van het materieel. Naar locatie en type service kunnen verschillende functiegroepen worden onderscheiden:

1. Onderhoud van het materieel op Schiphol-Oost
Het gaat om monteurs en andere technici van KLM die reparaties uitvoeren, testen en proefdraaien.
2. Afhandeling van vluchten op Schiphol-Centrum
Hieronder vallen taken en werkzaamheden als:
laden/lossen/transport bagage van/naar de terminal, cargo(in- en uitladen vracht), brandstof bijvullen (tankdienst), onderhoud/reparatie/checks, aan-/loskoppelen gateconnectie, loodsen bij parkeren na taxiën ("marshalling"), pushback van vliegtuig, water en toilet service, de-icing, schoonmaak en catering van vliegtuigen en beveiliging.

Interne of externe referentiegroep

Bij de meeste onderzoeksopzetten (zie hoofdstuk 4) dient er een niet of lager blootgestelde referentiegroep te worden gedefinieerd. Hiervoor zijn in de regel twee opties: interne of externe referentiegroep. Bij een **interne** referentiegroep worden frequenties van gezondheidsuitkomsten vergeleken tussen groepen (ex-)medewerkers van Schiphol die variëren in niveau van blootstelling aan UFP. Een andere mogelijkheid is het vergelijken van (ex-)medewerkers van Schiphol met een **externe** (grote) referentiegroep, meestal uit de algemene bevolking, die voor het

overgrote deel zal bestaan uit niet- of laag blootgestelde personen. Een voorwaarde is dat voor de externe referentiegroep hetzelfde type gegevens over gezondheid en versturende factoren (zie paragraaf 3.4) beschikbaar is als voor de (ex-)medewerkers van Schiphol. Om confounding te minimaliseren kan daarnaast op basis van CBS-microdata een vergelijkbare groep worden geselecteerd op basis van geslacht, leeftijd, sociaal-economische status en arbeidsstatus. Omdat dit overwegend niet-blootgestelden zijn, zal dit de statistische zeggingskracht (zie paragraaf 3.6) echter beperkt vergroten omdat die voornamelijk door de kleinere aantallen (blootgestelde) werknemers wordt bepaald.

Vragenlijst organisaties Schiphol

Om inzicht te krijgen in de situatie rondom Schiphol hebben we ter verkenning enkele oriënterende gesprekken gevoerd met organisaties op Schiphol. Daarnaast hebben we een korte vragenlijst uitgezet onder organisaties die werkzaam zijn op de platforms. Een belangrijk aspect van de verkenning was om meer inzicht te krijgen in de aantallen, taken en organisatorische zaken rond de platformmedewerkers op Schiphol. Ook wilden we de aanwezigheid en beschikbaarheid van gegevens uit bijvoorbeeld de personeelsadministraties in kaart brengen. De online vragenlijst is via e-mail uitgezet door Schiphol Group en de Schiphol Airline Operators Committee (SAOC). In totaal hebben 13 bedrijven de vragenlijst ingevuld. Deze bedrijven verschilden sterk in aantallen personen werkzaam bij de organisatie, aantallen personen werkzaam op de platforms, aantallen personen met een beschikking over een zogeheten 'P' Schiphol pas en het aandeel ingeleend personeel. Het aantal personen werkzaam op de platforms op 1 januari 2021 liep uiteen van 0 tot 250 personen, met gemiddeld 65 mensen per organisatie. In totaal beschikten rond de 57 personen per organisatie op 1 januari 2021 over een Schiphol pas met de letter 'P' (variërend van 0 tot 172). De meeste organisaties gaven aan te beschikken over functieomschrijvingen en deze te willen delen met onderzoekers. In totaal gaven 6 van de 13 organisaties aan de personeelsadministratie uitbesteed te hebben. De bewaartermijn van de dossiers van oud-werknemers liep ook uiteen maar meerdere organisaties gaven aan de gegevens 7 jaar te bewaren of te voldoen aan de wettelijke bewaartermijn.

3.4 Potentiële versturende factoren

Determinanten die met zowel de blootstelling aan UFP als het vóórkomen van de te bestuderen ziekten samenhangen zouden het onderzochte verband kunnen verstoren. Met deze versturende factoren dient rekening te worden gehouden in de statistische analyse. De volgende potentieel versturende factoren kunnen voor het onderzoek naar UFP en gezondheid van werknemers op platforms van belang zijn (o.a. op basis van onderzoek bij omwonenden):

- Geslacht, leeftijd, burgerlijke staat, afkomst, inkomen, sociale status, leefstijlfactoren (zoals roken en alcoholgebruik);
- beroepsmatige blootstellingen anders dan UFP zoals vluchtige organische stoffen, NO₂, fijnstof, metalen en polycyclische aromatische koolwaterstoffen (PAKs)(Bendtsen, Bengtsen et al. 2021);

- blootstellingen in de woonomgeving: luchtverontreiniging (PM_{2.5}, UFP, NO₂) en geluid (lucht, wegen, spoor).

Informatie over leefstijlfactoren en beroepsmatige blootstellingen zijn niet aanwezig binnen de microdata van het CBS. Informatie over demografische gegevens en blootstelling op het huisadres zijn wel aanwezig in de CBS-omgeving of kunnen worden toegevoegd.

3.5 Algemene Verordening Gegevensbescherming (AVG)

Om (oud-)werknemers van Schiphol in de registraties te kunnen identificeren, zullen gegevensbestanden uit bijvoorbeeld personeelsadministraties moeten worden gekoppeld binnen de CBS-omgeving. Dit kan onder andere op basis van het BSN. Hierbij spelen verschillende juridische aspecten een rol. Ten eerste zullen de beheerders van dergelijke bestanden (werkgevers) hiervoor toestemming moeten geven. In artikel 5.b van de AVG staat het doelbindingsbeginsel beschreven. In principe mag een ten behoeve van personeelsbeleid aangelegd bestand uitsluitend daarvoor worden gebruikt. Er is echter wel een belangrijke uitzondering op het doelbindingsbeginsel. Verdere verwerking ten behoeve van wetenschappelijk onderzoek en statistiek is niet onverenigbaar met het oorspronkelijke doel. Een ander uitgangspunt van de AVG is de opslagbeperking (artikel 5.c). Gegevens mogen niet langer in een identificerende vorm worden bewaard dan nodig is voor het doel van de gegevensverwerking. Ook hierop is echter een belangrijke uitzondering ten behoeve van wetenschappelijk onderzoek.

Om de individuele herleidbaarheid in het proces van verwerking van de gegevens uit te sluiten zonder alle betrokkenen persoonlijk toestemming te hoeven vragen, moeten gegevens worden gepseudonimiseerd en kunnen bijvoorbeeld door een *trusted third party* worden bewerkt. Na koppeling met microdata binnen de CBS-omgeving kunnen de gegevens worden geanonimiseerd.

3.6 Statistische zeggingskracht

Voor UFP is er geen kwantitatieve associatie met gezondheidseindpunten uit een originele studie of meta-analyse beschikbaar. Tijdens de verkenning van het omwonendenonderzoek is voor sterfte gebruik gemaakt van het resultaat van een 'expert elicitation' (Hoek, Boogaard et al. 2010, Janssen, Ameling et al. 2016). Uit een oriënterende poweranalyse bleek dat een follow-up tijd van tenminste 8 tot 12 jaar nodig is om een hazard ratio voor sterfte van 1,003 per 1.000 deeltjes/cm³ (gelijk aan die uit de 'expert elicitation') aan te kunnen tonen in het onderzoeksgebied of UFS cohort (Hoek, Boogaard et al. 2010, Janssen, Ameling et al. 2016). Daarbij werd aangegeven dat een goede karakterisering van de blootstelling, ook bij lagere UFP concentraties een belangrijke voorwaarde voor een dergelijk onderzoek is. In vergelijking met het lopende onderzoek onder omwonenden zullen de aantallen lager liggen maar zullen de blootstellingsniveaus aanmerkelijk hoger liggen. Om de haalbaarheid van de gekozen onderzoeksopzet te kunnen beoordelen moet ook gekeken worden naar de statistische zeggingskracht van het onderzoek. Daarbij zijn momenteel nog veel aannames gezien de beperkte literatuur op dit

gebied en onduidelijkheid over de mogelijke aantallen. Daarnaast hangt het af van de onderzoeksopzet (zie hoofdstuk 4) en van het gezondheidseindpunt. Voor een onderzoek onder werknemers hoeft niet uitgegaan te worden van een relatief risico per blootstellingseenheid UFP, maar van bijvoorbeeld het regelmatig werken op de platforms hetgeen naast UPF ook verhoogde blootstelling aan andere componenten met zich meebrengt.

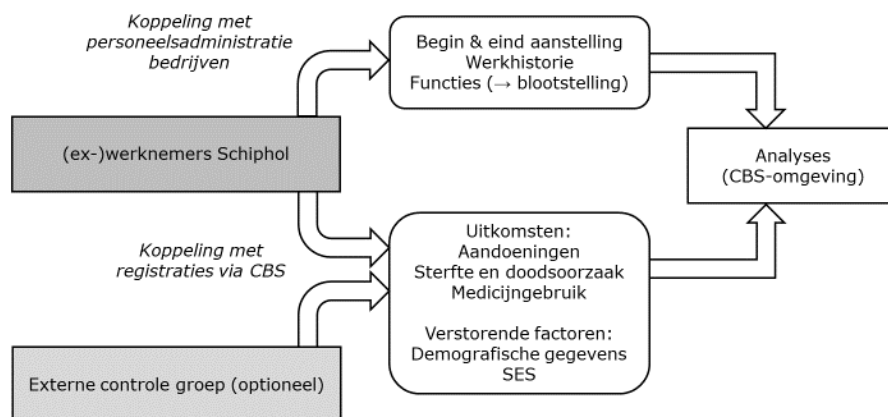
4 Mogelijke onderzoeksopzetten

4.1 Historisch cohortonderzoek

Historisch of retrospectief cohortonderzoek is gezien de vraagstelling mogelijk een geschikte onderzoeksopzet. In een historisch cohortonderzoek hebben de blootstelling en het optreden van de ziekten al in het verleden plaatsgevonden. Dit type onderzoek wordt vaak gebruikt om gezondheidseffecten van beroepsmatige blootstellingen op de langere termijn te onderzoeken. Sterke punten zijn dat de volgorde van waarnemingen samenvalt met de natuurlijke loop van de gebeurtenissen en meerdere ziekten kunnen worden onderzocht, in tegenstelling tot bijvoorbeeld een patiënt-controle onderzoek. De populatie vormt bij voorkeur een zogenaamd *dynamisch cohort*, wat betekent dat op verschillende tijdstippen in het verleden steeds nieuwe mensen aan het cohort kunnen worden toegevoegd. Op basis van gegevens uit bijvoorbeeld salaris- en/of personeelsadministraties wordt de populatie verdeeld in een blootgestelde en niet-blootgestelde groep.

De **basispopulatie** bestaat uit alle (ex-)medewerkers van Schiphol die in theorie aan het cohort kunnen bijdragen. De populatie kan afgebakend worden door te kiezen voor een bepaalde onderzoeksperiode en de keuze voor bepaalde functies. De **onderzoekspopulatie** bestaat uit alle personen die daadwerkelijk aan het onderzoek meedoen. Deze wordt bepaald door de basispopulatie, de aanwezigheid van essentiële gegevens en eventueel toestemming voor deelname en/of actieve medewerking aan het onderzoek.

Figuur 1 geeft een schematische weergave van een mogelijke opzet van een historisch cohortonderzoek, waarin gegevens uit de personeelsadministratie gekoppeld worden aan (micro)data van de registraties via het CBS. Indien nodig kunnen deze verrijkt worden met gegevens uit vragenlijsten over leefstijlfactoren etc.



Figuur 1 Schematische weergave voor mogelijk historisch cohort

Voorbeeld van een historisch cohortonderzoek is het Copenhagen Airport Cohort, dit onderzoek is in detail beschreven door Møller et al. (Møller, Brauer et al. 2017, Møller, Brauer et al. 2020). In dit cohort zijn platformwerkers (o.a. bagageafhandelaars) werkzaam bij de luchthaven van Kopenhagen tussen 1990 en 2012 vergeleken met een referentiegroep. Gegevens uit het cohort zijn gekoppeld aan nationale ziekteregistraties in Denemarken, zoals voor kanker, doodsoorzaken, cardiovasculaire ziekten en respiratoire aandoeningen. De resultaten voor cardiovasculaire ziekten zijn recent gepubliceerd (Møller, Brauer et al. 2020).

Onderzoekspopulatie:

Voor deze opzet zouden gegevens van (ex-)medewerkers uit de salaris- of personeelsadministraties van de verschillende bedrijven verzameld moeten worden. Onzekerheden hierin zijn o.a. het binnen de AVG-wetgeving toestemming krijgen tot het gebruik van de administraties per bedrijf, verschillen tussen organisaties in beschikbare informatie in de administraties en verschillen in functieomschrijvingen/coderingen. Naast de personeelsadministratie is het wellicht mogelijk gebruik te maken van gegevens verzameld door Schiphol Group. Het is echter nog niet duidelijk of deze informatie voldoende gedetailleerde gegevens bevat en of het mogelijk is om (al) deze informatie te delen.

Gezondheid:

Voor het omwonendenonderzoek rondom Schiphol wordt momenteel ervaring opgedaan met het gebruik van gegevens van verschillende registraties. In het omwonendenonderzoek was geen specifieke toestemming voor toegang tot de gegevens nodig. Voor dit werknemersonderzoek is het uit juridische gronden wellicht nodig dat (ex-)medewerkers toestemming moeten geven voor het gebruik van hun gegevens voor epidemiologisch onderzoek omdat deze gelinkt moeten worden aan de gegevens uit de gezondheidsregistraties. Indien dit nodig blijkt dan zullen alle (ex-)medewerkers benaderd moeten worden met de vraag om een geïnformeerde toestemmingsverklaring te ondertekenen.

Statistische zeggingskracht:

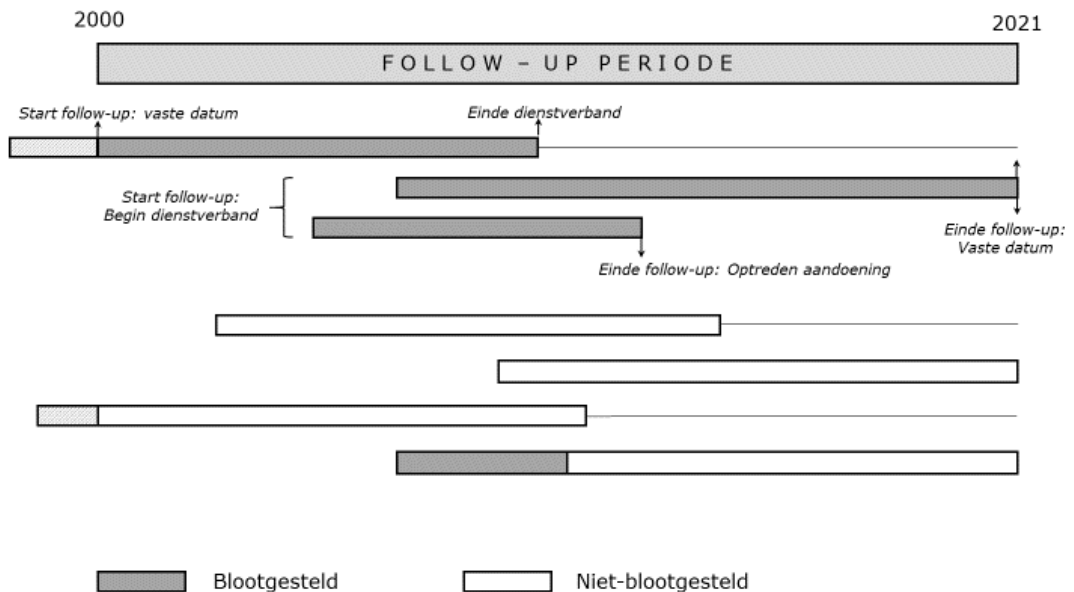
In vergelijking met het omwonendenonderzoek zal de statistische zeggingskracht lager zijn door het kleinere aantal deelnemers, echter zal het niveau van blootstelling hoger zijn en daarmee naar verwachting ook het relatief risico. Het is te verwachten dat voor de gegevens uit de gezondheidsmonitor de aantallen respondenten te laag zijn omdat waarschijnlijk maar een klein deel van de deelnemers aan dit onderzoek werkzaam zullen zijn bij Schiphol. Met een onderzoekspopulatie van rond de 10.000 blootgestelden en 10.000 niet-blootgestelden kan een relatief risico (RR) van 1,5 worden aangetoond als de incidentie van de aandoening 1% bedraagt, en een RR van 1,2 als de incidentie 5% is.

Blootstelling:

Het bepalen van de blootstelling aan UFP in een historisch cohortonderzoek zal gebeuren aan de hand van de beschikbare gegevens over het arbeidsverleden van de (ex-) medewerkers in de dossiers van de verschillende organisaties (en eventueel pensioenfondsen).

Om de blootstelling te kunnen karakteriseren is in elk geval informatie nodig over de uitgevoerde functies, begin- en einddatum van de functies en de locatie (tijd op platform). Het is op dit moment nog niet duidelijk welke informatie beschikbaar is voor elk van de organisaties.

Figuur 2 geeft een schematische weergave van hoe het arbeidsverleden voor (ex-)medewerkers in een historisch cohort onderzoek er mogelijk uit kan zien. Het betreft hier een dynamisch cohort, wat betekent dat op verschillende tijdstippen in het verleden steeds nieuwe mensen aan het cohort kunnen worden toegevoegd. In de praktijk kan dit de datum van eerste aanstelling zijn. Er wordt ook een vaste datum van start van het cohort opgenomen (in dit voorbeeld 1 januari 2000). Deze datum kan ook van belang zijn als een vergelijking met een externe controlegroep van niet-werknemers wordt gemaakt. Verder kunnen individuele deelnemers, afhankelijk van hun uitgevoerde functies, gedurende de follow-up bijdragen aan persoonsjaren van zowel blootgestelden als niet-blootgestelden. Ook na de beëindiging van het dienstverband loopt de follow-up-periode nog door omdat later ziekten kunnen optreden die in registraties terug te vinden zijn.



Figuur 2 Schematische weergave van het arbeidsverleden voor (ex-)medewerkers.

Indien de beschikbare informatie in de personeelsadministratie niet toereikend is, dan bestaat nog de mogelijkheid om voor een deel van de (ex-)medewerkers via een vragenlijst informatie te verkrijgen over het arbeidsverleden. Deze methode kent wel nadelen zoals *recall bias*. Daarnaast kan *immortal time bias* optreden door mensen te includeren die al werkzaam waren voor de start van de follow-up periode. Bovendien zal voor bepaalde gezondheidseindpunten (zoals sterfte) een systematische vertekening optreden omdat voor een deel van de populatie de blootstelling niet (goed) met een vragenlijst kan worden achterhaald. Met een vragenlijst kan ook inzicht verkregen worden in

blootstelling aan andere stoffen en/of blootstellingen bij andere werkgevers.

Er zijn twee mogelijkheden wat betreft referentiegroep (zie ook paragraaf 3.3):

- (1) binnen de groep (oud-)werknemers van Schiphol (die variëren in blootstelling);
 - (2) tussen de groep (oud-)werknemers van Schiphol en een externe referentiegroep uit de algemene bevolking of eventueel een andere sector.
- De mogelijke analyses kunnen complementair zijn, maar hebben elk sterke en zwakke punten.

Doorlooptijd:

De doorlooptijd van deze studie is relatief kort als toestemming van de verschillende organisaties is verkregen, aangezien blootstelling en ziekten al in het verleden hebben plaatsgevonden en gegevens worden gehaald uit bestaande bronnen.

Verstorende factoren:

Een deel van de verstorende variabelen, zoals de demografische gegevens, zullen beschikbaar zijn in de personeelsadministratie en bij het CBS (o.a. geslacht, leeftijd, inkomen, opleidingsniveau). Informatie over andere factoren zoals leefstijl maar ook beroepsmatige blootstelling zouden eventueel via een vragenlijst kunnen worden verkregen voor een (deel) van de populatie. Dit zou wel weer de eerder besproken nadelen met zich meebrengen.

4.2 Prospectief cohortonderzoek

Een andere mogelijkheid is een prospectief cohortonderzoek waarbij voor een groep werknemers met enige regelmaat over een aantal jaren wordt vastgesteld wat de blootstelling is en afgewacht wordt bij welke werknemers ziekte optreedt. Nadelen van dit onderzoek ten opzichte van een historisch onderzoek opzet zijn de langere doorlooptijd om voldoende zeggingskracht te hebben (15-20 jaar) i.v.m. het ontstaan van ziekten en er regelmatig contact met de groep werknemers nodig is voor het vaststellen van de blootstelling. Wel kunnen potentieel verstorende factoren al voor de ziekte is ontstaan worden nagevraagd.

4.3 Dwarsdoorsnedeonderzoek

Naast cohortonderzoek is een andere mogelijkheid voor de onderzoeksvraag een dwarsdoorsnedeonderzoek. In dit soort onderzoek worden voor alle deelnemers op hetzelfde moment de blootstelling en de aanwezigheid van een ziekte vastgesteld en wordt onderzocht of er een samenhang tussen deze blootstelling en het gezondheidseindpunt is. Vergeleken met een cohortonderzoek is een dwarsdoorsnedeonderzoek minder geschikt om effecten van blootstelling op (met een lange ontstaansgeschiedenis te onderzoeken. Een voordeel van deze onderzoeksoptzet is dat het gemakkelijker is om effecten van blootstelling op functionele tests en biologische markers te onderzoeken (zie paragraaf 3.1).

Een algemeen nadeel van deze opzet is het gelijktijdig vaststellen van de blootstelling en het gezondheidseffect, terwijl beide factoren (ook) in het verleden hebben plaatsgevonden. Selectiebias kan een rol spelen als mensen met gezondheidsproblemen minder vaak in bepaalde sectoren (zoals platforms) gaan werken dan gezonde personen, en/of dat werknemers die gezondheidsproblemen ontwikkelen eerder geneigd zijn om in een andere, minder blootgestelde functie of sector te gaan werken. Dit zogenaamde *healthy worker effect* kan de onderzoeksresultaten vertekenen, met name als een externe referentiegroep wordt gebruikt. Bij het gebruik van preklinische tests zal de verwachte bias minder sterk zijn dan bij het bestuderen van klachten of vastgestelde ziekten.

Voorbeelden van een dwarsdoorsnedeonderzoek over dit onderwerp zijn beschreven door Tunnercliffe et al (Tunnicliffe 1999) en Yang et al (Yang, Wu et al. 2003). Hierin zijn gezondheidseffecten van hoge blootstelling aan luchtverontreiniging van werknemers op luchthavenplatforms vergeleken met een controlegroep (bijv. kantoorwerkers). Overigens biedt een dwarsdoorsnedeonderzoek doorgaans mogelijkheden om ook kortetermijneffecten te bestuderen.

Onderzoekspopulatie:

Voor deze onderzoeksopzet zouden persoonsgegevens nodig zijn uit de personeelsadministratie om de mogelijke deelnemers te benaderen. Een andere mogelijkheid is om deelnemers te benaderen via bijvoorbeeld werkgevers, vakbonden of gegevens van de Schiphol Group.

Gezondheid en blootstelling:

Gegevens over de huidige en historische blootstelling van de deelnemers kunnen worden verzameld met behulp van vragenlijsten. Voor zelfgerapporteerde blootstelling kan de beoordeling door respondenten met een ziekte of zorgen/klachten anders zijn dan voor gezonde personen. In de vragenlijst kunnen ook gezondheidsproblemen en mogelijk versturende factoren worden nagevraagd. Ook hier is wellicht een koppeling met registraties mogelijk. Ten slotte kunnen testen op de deelnemers worden uitgevoerd die indicatief zijn voor functionele en/of biologische veranderingen die onderliggend zijn aan bepaalde ziekten.

Doorlooptijd:

De doorlooptijd van een dwarsdoorsnedeonderzoek is kort omdat ziekte en blootstelling op één moment worden nagevraagd dan wel bepaald met testen.

Statistische zeggingskracht:

De relatie tussen blootstelling en de waarde van een functionele test zoals longfunctie of van een biologische ontstekingsmarker kan, vergeleken met vastgestelde ziekten, met kleinere aantallen deelnemers statistisch significante resultaten opleveren.

4.4 Onderzoek kortetermijneffecten

Naast onderzoek naar gezondheidseffecten van langdurige (chronische) blootstelling aan ultrafijnstof van luchtvaart bij werknemers is het ook mogelijk om onderzoek te doen naar gezondheidseffecten van kortdurende (acute) verhogingen van ultrafijnstof bij werknemers. Hierbij kan gedacht worden aan: dag-tot-dag variatie van UFP

(verschillen werkdagen en vrije dagen) en variatie binnen werkdagen in relatie tot gezondheid, vrijwilligersonderzoek werknemers en panelonderzoek. We hebben deze mogelijke designs niet uitgewerkt omdat de originele vraagstelling over langdurige effecten van UFP gaat en kortetermijneffecten niet zonder meer te vertalen zijn naar langetermijneffecten.

5 Aspecten van haalbaarheid

Of een onderzoek naar mogelijke gezondheidseffecten van langdurige beroepsmatige blootstelling aan UFP van de luchtvaart bij (ex-)medewerkers op Schiphol haalbaar is hangt af van verschillende aspecten. Dit betreffen zowel inhoudelijke als praktische aspecten. Op basis van voorgaande hoofdstukken benoemen we in dit hoofdstuk diverse punten die als handvatten dienen voor het beoordelen van de haalbaarheid en als input gebruikt zijn voor de bijeenkomst met de experts.

Vraagstelling

Bij de vraagstelling voor het advies "*is een onderzoek naar mogelijke gezondheidseffecten van langdurige beroepsmatige blootstelling aan UFP van de luchtvaart bij (ex-)medewerkers op Schiphol haalbaar en zinvol*" vallen twee aspecten op. Enerzijds gaat het om langdurige blootstelling en daarnaast gaat het om blootstelling van UFP.

Onderzoekspopulatie

Op en rond Schiphol werkten in 2018 meer dan 68.000 personen bij verschillende organisaties (Decisio 2019). Als we kijken naar bedrijfsactiviteiten die grotendeels op of rond de platforms worden uitgevoerd (o.a. grondafhandeling, onderhoud en reparatie en in mindere mate beveiliging) dan waren er in 2018 een kleine 20.000 werknemers werkzaam.

Voor het vaststellen van de onderzoekspopulatie zouden de personeelsadministraties van de bedrijven een goede basis kunnen vormen, ervan uitgaande dat die gebruikt kunnen en mogen worden en dat gegevens van ex-werknemers voldoende lang worden bewaard na uitdiensttreding. Daarnaast worden in de administraties gegevens bijgehouden over werknemers die toegang hebben tot het platform, maar het is nog onduidelijk of daar gebruik van gemaakt kan worden. Gezien het grote aantal bedrijven werkzaam op Schiphol en de heterogeniteit daarvan, is het nog onduidelijk welke gegevens beschikbaar zijn in de personeelsadministratie, welke verschillen er zijn in beschikbare informatie tussen de personeelsadministraties en of er verschillen zijn in functieomschrijvingen/coderingen. Het ontsluiten van deze administraties en het eenduidige verzamelen van die gegevens voor een historisch cohortonderzoek zal een arbeidsintensieve en tijdrovende bezigheid zijn.

De organisaties die betrokken zijn bij grondafhandeling maken gebruik van sub-contracten voor diverse taken/functies zoals schoonmaak en catering. In de piekperioden (zomerperiode, vakanties) wordt er veel gebruik gemaakt van uitzendkrachten. Voor deze groep mensen zal waarschijnlijk een andere strategie dan hierboven beschreven nodig zijn om deel uit te kunnen maken van de onderzoekspopulatie. Voor een dwarsdoorsnedeonderzoek zijn er diverse mogelijkheden om de medewerkers te werven bijvoorbeeld door middel van vakbonden of mogelijk de administratie die bijhoudt welke mensen op het platform werken.

Blootstelling

Werknemers op de platforms worden niet alleen blootgesteld aan UFP maar het zal gaan om een complexe mix van blootstellingen (UFP, PM_{2.5}, NO₂, PAKs), afkomstig van verschillende bronnen (zoals vliegtuigmotoren en dieselmotoren van o.a. bagagekarretjes). Vanuit eerdere onderzoeken (o.a. (Ellerman 2012, Møller, Thygesen et al. 2014, Møller, Brauer et al. 2017)) is er al enig inzicht in de variatie in concentraties UFP op de platforms van luchthavens uitgesplitst naar verschillende beroepen. In de loop van 2021 worden resultaten van TNO-metingen op de luchthaven Schiphol verwacht (de meetstrategie is beschreven in bijlage 1). De verwachting is dat de (piek)concentraties UFP op de platforms hoger zullen zijn dan in het omwonendenonderzoek. Naast het feit dat we nog niet weten of en welke informatie beschikbaar is uit de administraties, is het ook nog onduidelijk in hoeverre de informatie in de verschillende personeelsadministraties vergelijkbaar is en in hoeverre deze bruikbaar is voor het bepalen van blootstelling.

Onderzoeksopzet

Een historisch cohortonderzoek is een voor de hand liggende onderzoeksopzet voor de beantwoording van de vraagstelling. Rond de luchthaven van Kopenhagen loopt een soortgelijk onderzoek (Møller, Brauer et al. 2017). Voor deze onderzoeksopzet is beschikbaarheid van gegevens uit persoonsadministraties en gezondheidsregistraties belangrijk. Andere onderzoekopzetten hebben nadelen wat betreft de lange doorlooptijd (prospectief cohortonderzoek), het gelijktijdig vaststellen van ziekte en blootstelling (dwarsdoorsnede onderzoek) of zijn geschikter om kortetermijneffecten te onderzoeken.

Gezondheid

Over gezondheidseffecten van UFP in en om luchthavens is nog weinig bekend. Op basis van de literatuur lijken er suggesties voor effecten op het functioneren van het hart- en vaatsysteem, het centraal zenuwstelsel en het ademhalingssysteem. Het lijkt daarom goed om de gezondheidseindpunten, net als in het onderzoek bij omwonenden van Schiphol, breed te houden.

Praktische onderzoeksmogelijkheden

Het is nog onduidelijk of er voor een eventueel onderzoek onder (ex-)medewerkers toestemmingsverklaringen nodig zijn om hun gegevens te gebruiken in een epidemiologisch onderzoek. Daarnaast moet gekeken worden op basis van welke gegevens (BSN, geboortedatum, etc.) een koppeling mogelijk is met gezondheidsregistraties. Voor enkele gegevensbronnen of gezondheidsuitkomsten kan het zijn dat de aantallen te laag worden, zoals gegevens uit de gezondheidsmonitor of specifieke doodsoorzaken.

Expertbijeenkomst

Op 23 maart 2021 heeft een expertbijeenkomst plaatsgevonden. Daarin is aan de hand van een zestal punten (vraagstelling, populatie, blootstelling, onderzoeksopzet, gezondheidseindpunten en praktische onderzoeksmogelijkheden) bekeken of een onderzoek naar gezondheidseffecten van beroepsmatige UFP op de luchthaven Schiphol haalbaar en zinvol is. Meerdere experts denken dat er, op basis van

eerder onderzoek, legitieme zorgen zijn over mogelijke gezondheidseffecten door blootstelling aan UFP bij platformmedewerkers. Voor wat betreft de vraagstelling wordt geconcludeerd dat het lastig is om effecten van blootstelling aan UFP te onderscheiden van effecten van blootstelling aan andere componenten. Wat betreft de onderzoeksopzet is een meerderheid van de experts voor een dwarsdoorsnedeonderzoek onder een (homogene) groep werknemers, aangevuld met vragenlijsten om historische componenten zoals de hele beroepshistorie te achterhalen. Dit betekent wel dat een aantal gezondheidseindpunten zoals de (geregistreerde) ziekten die onderwerp van studie zijn in het omwonendenonderzoek, niet kan worden onderzocht. Geen van de experts is voorstander van een historisch of prospectief cohortonderzoek. Het is onzeker of er voldoende personeelsgegevens aanwezig en te achterhalen zijn en het kiezen van een geschikte onderzoeks- en controlegroep is lastig. Daarnaast zijn er zorgen of de onderzoekspopulatie op basis van beschikbare registraties niet te klein is voor sommige gezondheidssuitkomsten. Bij een dwarsdoorsnedeonderzoek zal dit een kleinere rol spelen. De haalbaarheid van een onderzoek hangt onder andere af van de bereidheid van bedrijven op de luchthaven Schiphol om mee te werken aan het onderzoek. In bijlage 3 staat een samenvatting van de expertbijeenkomst.

6 Advies

Een onderzoek naar mogelijke gezondheidseffecten van langdurige blootstelling aan ultrafijnstof (UFP) bij werknemers van Schiphol is niet haalbaar voor dezelfde aandoeningen als in het omwonendenonderzoek. Dat blijkt uit een haalbaarheidsonderzoek van het RIVM uitgevoerd in opdracht van IenW naar aanleiding van een motie in de Tweede Kamer. Het RIVM heeft een literatuuronderzoek uitgevoerd, gesprekken gevoerd met organisaties werkzaam op de luchthaven Schiphol en een bijeenkomst met externe deskundigen georganiseerd. Op basis van praktische haalbaarheid, statistische zeggingskracht en doorlooptijd adviseert het RIVM een combinatie van een zogenaamd dwarsdoorsnedeonderzoek naar biologische en/of functionele indicatoren van subklinische gezondheidseffecten in combinatie met een gedetailleerd blootstellingsonderzoek. Opgemerkt moet worden dat gezondheidseffecten van UFP in geen enkele onderzoeksopzet goed te onderscheiden zullen zijn van effecten van andere gelijktijdig optredende beroepsmatige blootstellingen.

Er is weinig wetenschappelijke literatuur over gezondheidseffecten van beroepsmatige blootstelling aan ultrafijnstof van luchthavens. Naar kortdurende blootstelling aan ultrafijnstof op luchthavens onder werknemers of vrijwilligers is meer onderzoek gedaan. De literatuur bevestigt de verwachting dat werknemers op de platforms hogere (piek)blootstellingen aan ultrafijnstof hebben dan omwonenden. In welke mate dit zo is volgt uit het parallel uitgevoerde TNO-onderzoek op het terrein van Schiphol.

Naast UFP zijn werknemers ook blootgesteld aan een groot aantal andere stoffen van verschillende bronnen die de gezondheid kunnen schaden. Het is onderzoekstechnisch moeilijk om onderscheid te maken tussen UFP en andere componenten (PM10 en PM2,5 en gassen/dampen), zowel afkomstig van vliegtuigmotoremissies als van andere bronnen van UFP op de luchthaven. Ook is niet bekend wat de gezondheidskundig relevantie is van de andere componenten in vergelijking met (uitsluitend) UFP. Voor onderzoek naar beroepsmatige blootstelling zou daarom een breder scala aan gezondheidseindpunten relevant kunnen zijn dan in het onderzoek naar effecten van UFP bij omwonenden.

Er zijn verschillende onderzoeksopzetten denkbaar voor onderzoek naar beroepsmatige blootstelling waarvan de praktische uitvoerbaarheid, statistische zeggingskracht en doorlooptijd verschillen. Hieronder worden inhoudelijke en praktische aspecten besproken. Om relaties met (geregistreerde) ziekten te onderzoeken zoals in het omwonendenonderzoek bij Schiphol, is een cohortonderzoek nodig met naar verwachting enkele duizenden deelnemers over een periode van ten minste 10-20 jaar. Een *historisch* cohortonderzoek, waarbij je terugkijkt in de tijd, zou hier dan de meest voor de hand liggende onderzoeksopzet zijn. In de expertbijeenkomst werden echter veel praktische knelpunten benoemd, zoals de beschikbaarheid van relevante gegevens uit de salaris- en/of personeelsadministraties van

verschillende organisaties en juridische voorwaarden voor het gebruik van deze gegevens. Omdat bij een historisch cohortonderzoek deelnemers niet actief (kunnen) worden geworven, ontbreekt daardoor informatie over potentieel versturende factoren zoals roken en andere (beroepsmatige) blootstellingen. Bij een *prospectief* cohortonderzoek, waarbij je vooruit kijkt in de tijd, worden veel van de praktische knelpunten van een *historisch* cohortonderzoek vermeden, maar zal het in de praktijk meer dan 10 jaar duren voordat resultaten beschikbaar komen. Bij beide varianten van cohortonderzoek is medewerking van organisaties op Schiphol essentieel om een onderzoekspopulatie met voldoende blootgestelden én niet-blootgestelden te krijgen zodat er genoeg statistische zeggingskracht is voor minder vaak voorkomende gezondheidsuitkomsten.

De experts oordelen dat het wel praktisch haalbaar is om een dwarsdoorsnedeonderzoek uit te voeren. Daarin kan gekeken worden naar biologische en/of functionele indicatoren van gezondheidseffecten die in de regel subklinisch zijn zoals longfunctie. Voor veel ziekten bestaan dergelijke indicatoren die niet-invasief buiten een medische setting kunnen worden bepaald. De interpretatie is echter vaak lastig omdat afwijkende waarden van de testresultaten (op groeps- of individueel niveau) vaak niet specifiek zijn voor een bepaalde (chronische) aandoening. Om in een dergelijk dwarsdoorsnedeonderzoek verbanden aan te kunnen tonen tussen werk en gezondheid zijn in de regel minder grote aantallen deelnemers nodig in vergelijking met een cohortonderzoek.

In een dwarsdoorsnedeonderzoek is het niet mogelijk een causaal verband aan te tonen. Wel is het mogelijk om een historische component in te bouwen waarbij onder andere de beroepshistorie in kaart wordt gebracht van de deelnemers. In een dwarsdoorsnedeonderzoek moeten deelnemers actief bijdragen door zelf informatie te verschaffen over hun arbeidsverleden en andere relevante (leefstijl)factoren. In een dwarsdoorsnedeonderzoek kan ook een blootstellingsonderzoek worden ingebouwd, waarbij meer informatie wordt verkregen omtrent persoonlijke blootstellingen en bronnen/determinanten van ultrafijnstof en andere relevante componenten. Ook kan daarbij gekeken worden naar verschillen in blootstelling bij verschillende functies. Met deze informatie kan ook de historische blootstelling worden ingeschat. Een dergelijk dwarsdoorsnedeonderzoek naar de gezondheidseffecten van langdurige blootstelling aan UFP en andere componenten op de luchthavenplatforms is door de experts als haalbaar en zinvol beoordeeld. Ook zouden daarin mogelijke acute effecten (van kortdurende blootstellingen) kunnen worden bestudeerd.

7 Bijlagen

Bijlage 1: Meetprogramma TNO

Verkenkend onderzoek ultrafijnstof Schiphol met behulp van mobiele metingen

Het hoofddoel van het onderzoek dat TNO in opdracht van Schiphol uitvoert is het verkrijgen van een overzicht van de concentratieniveaus aan UFP op het terrein van Schiphol Airport en zodoende een indicatie te krijgen van de mogelijke concentraties van UFP waaraan medewerkers blootgesteld (kunnen) worden. Het beoogde eindresultaat is een kaart met UFP concentratieniveaus op het terrein van Schiphol Airport.

De UFP metingen voor dit onderzoek worden mobiel uitgevoerd gedurende een periode van circa 6 weken met behulp van Environmental Particle Counters (EPC), in het RIVM onderzoek rondom Schiphol is dit type meetapparatuur ook ingezet. De UFP metingen vinden plaats in de periode april – mei – juni 2021.

RIVM denkt mee met opzet en kwaliteitsborging van de metingen. Ook zal het RIVM een adviserende rol hebben in de data-analyse. De rapportage van het onderzoek zal openbaar worden gemaakt.

Bijlage 2 Resultaten quick scan literatuur

Tabel S1. Zoekstrategie in Medline (accessed via Pubmed), SCOPUS and EMBASE

MEDLINE (via Pubmed), SCOPUS AND EMBASE SEARCH STRATEGY	A. OCCUPATIONAL		SEARCH LIMITS	
	Setting	occupat* employ* work* personnel* job* manual baggage handling airport platform apron drome aviation		
	Occupation	ultrafine particles UFP fine particles air pollut* particulate matter black carbon engine emissions asphalt nanoparticles diesel kerosene aviation fuel jet stream		
	B. EXPOSURE	exhaust		
C. HEALTH	health (effect) symptom* cardio* respirat * airway* obstruct* lung* intratracheal* pulmonar* oxidative stress inflammat* prev* inciden* adverse	Publication article article in press erratum letter short survey Language English, Dutch Time published after 1980		

Resultaten op 13 oktober 2020

a. Zoektermen in titel – Exposure breed

	Pubmed	EMBASE	SCOPUS
Occupational, Setting, Exposure, Health	4	4	4
Occupational, Setting, Exposure	10	8	17
Occupational, Setting, Health	83	96	129
Setting, Exposure, Health	17	10	30
Occupational, Exposure, Health	225	200	297

b. Zoektermen in titel, samenvatting – Exposure breed

	Pubmed	EMBASE	SCOPUS
Occupational, Setting, Exposure, Health	320	89	743
Occupational, Setting, Exposure	2,092	217	6,355
Occupational, Setting, Health	7,660	12,415	19,682
Setting, Exposure, Health	1,326	353	2,962
Occupational, Exposure, Health	10,164	7,596	20,503

c. Zoektermen in titel – Exposure UFP

	Pubmed	EMBASE	SCOPUS
Occupational, Setting, Exposure, Health	3	2	3
Occupational, Setting, Exposure	4	3	5
Occupational, Setting, Health	-	-	-
Setting, Exposure, Health	5	4	5
Occupational, Exposure, Health	7	7	9

d. Zoektermen in titel, samenvatting en keywords (scopus) – Exposure UFP

	Pubmed	EMBASE	SCOPUS
Occupational, Setting, Exposure, Health	11	11	21
Occupational, Setting, Exposure	28	27	62
Occupational, Setting, Health	-	-	-
Setting, Exposure, Health	34	43	71
Occupational, Exposure, Health	400	526	728

Dik gedrukte artikelen zijn verder uitgewerkt.

Tabel S2 Overzicht artikelen review

	Artikel	Studie	Voldoet aan eisen	Geen luchthaven	Geen werknemer	Geen ziekteuitkomst	Geen origineel onderzoek	Alleen abstract
1	(Cheng, Chang et al. 2012)	Temporal variations in air pollution levels at Taipei bus terminal and workers.		X – bus terminal		X		
2	(Choi, He et al. 2012)	explore the variability of the large downwind pollutant impact zone in the pre-sunrise hours on a wider geographic scale		X - freeway	X	X		
3	(Cleary, Patton et al. 2017)	Development of new software tool appropriate for educating about the nature and potential health risks of traffic-related air pollution.		X – traffic related air pollution	X	X		
4	(Coll, Cazaunau et al. 2018)	first toxicological analyses of the organs of mice after 48 hours of exposure in atmospheric simulation chamber with realistic atmospheric conditions.		X – air pollution broad	X	X – research in mice		
5	(Frenzel and Kohnert 2020)	collection of information regarding the emission of ultrafine particles (UFP) by airplanes as well as the contribution of aviation to UFP-pollution of ambient air in the vicinity of airports.			X	X		X
6	(Gianicolo, Riccetti et al. 2020)	Comments on article by Møller et al, 2020 about UPF, airport					X – Comments on Møller et al., 2020	

	Artikel	Studie	Voldoet aan eisen	Geen luchthaven	Geen werknemer	Geen ziekteuitkomst	Geen origineel onderzoek	Alleen abstract
		workers and cardiovascular disease.						
7	(Hawley, McKenna et al. 2014)	development and application of an electrostatic aerosol in vitro exposure system (EAVES) with increased throughput and ease-of-use		X - in vitro	X - in vitro	X - in vitro		
8	(Lopes, Russo et al. 2019)	influence of air traffic and ground activities of Lisbon Airport (LA), in the surrounding urban area, focusing on the UFP concentrations.			X – several sampling sites	X		
9	(Marcias, Casula et al. 2019)	Impact of aviation-related emissions on occupational exposure to ultrafine particles and noise exposure of workers operating in an airport taxiway				X		
10	(Merzenich, Riccetti et al. 2020)	Review of articles about UFP, airport workers and health, which describes 3 papers					X – review UFP, airport, health	
11	(Møller, Brauer et al. 2020)	Answers on comments by Gianicoli on article by Møller et al on cardiovascular disease					X – answers on Comments by Gianicoli et al., 2020	
12	(Møller, Brauer et al. 2020)	Prospective cohort among airport workers at Copenhagen Airport looking at cardiovascular disease	X					

	Artikel	Studie	Voldoet aan eisen	Geen luchthaven	Geen werknemer	Geen ziekteuitkomst	Geen origineel onderzoek	Alleen abstract
13	(Møller, Brauer et al. 2017)	Description of the Copenhagen Airport cohort.				X – no health outcome		
14	(Møller, Thygesen et al. 2014)	Exposure monitoring of UFP at airport for five occupational groups				X – no health outcome		
15	(Patton, Collins et al. 2014)	Regression model for UFP at highway in urban area		X - highways	X	X		
16	(Rivas, Beddows et al. 2020)	Particulate number size at 6 monitoring locations			X	X		
17	(Seaton, Cherrie et al. 2005)	Exposure to dust in railway underground		X - underground railway		X		
18	(Tortorella and Karagiannis 2014)	Book about the significance of nanoparticles in medicine and their potential application in asthma		X	X	X		
19	(Venecek, Yu et al. 2019)	Predicted ultrafine particulate matter source contribution across the continental United States during summertime air pollution events		X	X	X		
20	(Yu, Fanning et al. 2007)	Downwind monitoring UFP of aircrafts Los Angeles			X	X		
21	(Zhu, Zhang et al. 2014)	Characterize air pollutants in and around school buses		X – school buses	X	X		
22	(Yang, Wu et al. 2003)	Cross-sectional study among airport workers in Taiwan looking at chronic and acute respiratory and irritative symptoms	X					

	Artikel	Studie	Voldoet aan eisen	Geen luchthaven	Geen werknemer	Geen ziekteuitkomst	Geen origineel onderzoek	Alleen abstract
23	(Tunnicliffe 1999)	Cross-sectional study among airport workers in Birmingham looking at respiratory and pulmonary function.	X					

Tabel S3 Overzicht artikelen geïdentificeerd in review Bendtsen et al omtrent beroepsmatige blootstelling op en rond luchthavens (Bendtsen, Bengtsen et al. 2021)

Auteurs	Studie
Lemasters et al, 1997	Fuel and solvent, repeat measures design among male aircraft workers at a military air station, expired breath analysis for different trace compounds.
Whelan et al, 2003	Prevalence of respiratory symptoms among female flight attendants compared to teachers.
Cavallo et al, 2006	Evaluation of exposure to aircraft emissions and biomarkers in 41 airport employees in close / some proximity of aircraft compared to a control group at an airport in Rome.
Radican et al, 2008	Follow-up study among 14,455 workers on mortality risk from trichloroethylene and other chemical exposures in aircraft maintenance workers
Erdem et al, 2012	Evaluation of biomarkers to jet fuel and biomarkers of genotoxic exposure in 43 aircraft fuel maintenance stall, specialist en mechanics.
Marie-Desvergne et al, 2016	Exposure to airport nanoparticles and metals was evaluated in 458 airport workers by exhaled breath condensate (EBC) as a non-invasive representative of respiratory system.

Bijlage 3: Samenvatting expertbijeenkomst 23 maart 2021**Expertbijeenkomst haalbaarheid gezondheidsonderzoek
werknemers Schiphol**

Datum: 23 maart 2021
Locatie: Videoconferentie

Aanwezig

Erik Lebret (voorzitter)	Lebret IVoRi Consult; IRAS-UU
Hans Kromhout	IRAS-UU
Gerard Hoek	IRAS-UU
Flemming Cassee	RIVM; IRAS-UU
Tjabe Smid	Amsterdam UMC
Maaïke Visser	RIVM
Monique Frings-Dresen	UvA
Marije Reedijk	RIVM
Jan-Paul Zock	RIVM
Nicole Janssen	RIVM
Wendy Danser	Het Notuleercentrum

Inleiding

Nicole Janssen (opdrachtcoördinator RIVM) licht aan de hand van een presentatie, de achtergrond en de aanleiding van de opdracht kort toe. Uit verkennend onderzoek naar de concentraties van ultrafijnstof (UFP) rondom de luchthaven Schiphol bleek dat deze concentraties verhoogd zijn. De betekenis hiervan voor de gezondheid van omwonenden is onduidelijk, omdat weinig bekend is over de gezondheidseffecten van ultrafijnstof, in het bijzonder van vliegverkeer. Dit heeft geleid tot een vijfjarig onderzoeksprogramma (t/m 2021) waarin de effecten van (kort- en langdurige) blootstelling aan UFP op de gezondheid van omwonenden worden onderzocht. In 2019 zijn de resultaten van het onderzoek naar effecten van kortdurende blootstelling gerapporteerd, waarin werd geconcludeerd dat kortdurende verhoogde blootstelling aan UFP samenhangt met acute effecten op de gezondheid. Dit leidde tot een motie in de Tweede kamer waarin wordt verzocht om ook de gezondheidsrisico's van werknemers (platformmedewerkers) op Schiphol mee te nemen in het lopende onderzoek. Dit is echter niet mogelijk omdat 1) het rekenmodel dat wordt gebruikt bij de omwonenden niet geschikt is om in te zetten voor medewerkers op Schiphol 2) het niet mogelijk is (ex-)medewerkers op Schiphol als aparte groep te identificeren in de registraties die zijn gebruikt voor het omwonenden onderzoek. Naar aanleiding van deze informatie heeft het ministerie van I&W, het RIVM gevraagd om de haalbaarheid van een additioneel onderzoek onder werknemers van Schiphol te verkennen. Een van de onderdelen hiervan is een expertmeeting.

Presentatie notitie haalbaarheid gezondheidsonderzoek werknemers Schiphol

Ter voorbereiding van de expertmeeting zijn twee wetenschappelijke artikelen en een notitie opgestuurd naar de deelnemers. De notitie is gebaseerd op de beschikbare literatuur (quick scan) en oriënterende

gesprekken met organisaties werkzaam bij de luchthaven Schiphol. Over de notitie wordt een korte presentatie gegeven door Marije Reedijk (RIVM). De presentatie volgt dezelfde structuur als de notitie. Na een inleiding, met daarin de vraagstelling van het advies en mogelijk gezondheidsonderzoek, worden de volgende punten besproken:

- 1) quick scan van literatuur
- 2) uitgangspunten voor onderzoekscenario's, waarin gezondheidsuitkomsten, blootstelling, onderzoekspopulatie, versturende factoren, gegevensbescherming (AVG) en statistische zeggingskracht aan bod komen
- 3) mogelijke onderzoekopzetten: historisch cohortonderzoek, prospectief cohortonderzoek, dwarsdoorsnedeonderzoek (en een opmerking over onderzoek naar kortetermijneffecten)
- 4) aspecten van haalbaarheid van de onderzoekspopulatie, gezondheidsuitkomsten en blootstellingen.

Tijdens en na afloop van de presentatie was er gelegenheid tot het stellen van - verhelderende - vragen. Hierin is het blootstellingsonderzoek dat TNO (in opdracht van de Luchthaven Schiphol) op Schiphol gaat uitvoeren nog iets verder toegelicht.

Discussie

Jan-Paul Zock (RIVM) licht zes punten toe die in de verkenning naar voren zijn gekomen: vraagstelling, basispopulatie, blootstelling, onderzoekopzet, gezondheidseindpunten en praktische onderzoeksmogelijkheden. Deze punten vormen de basis voor de discussie:

1. Vraagstelling

- Rondom de vraagstelling van het onderzoek is een discussie gevoerd of het mogelijk is om in een onderzoek onderscheid te maken tussen de blootstelling aan UFP en de blootstelling aan andere contaminanten. De conclusie was dat het onmogelijk is om de blootstelling aan en het effect van de verschillende stoffen uit elkaar te halen.
- Naar voren kwam dat het belangrijk is om 'de vraag achter de vraag' van de opdrachtgever boven water te krijgen en het doel van een mogelijk onderzoek duidelijk te hebben (voorkómen van blootstelling, verbeteren van arbeidsomstandigheden, aansprakelijkheid, kijken naar toekomst of verleden).

2. Populatie

- Het lijkt lastig om een vergelijkbare externe controlepopulatie te vinden voor platformmedewerkers. Er zijn meerdere confounders die van invloed kunnen zijn op de haalbaarheid van een onderzoek, zoals bijv. nachtwerk/ploegendienst en rookgewoonten. Een interne controlegroep lijkt haalbaarder.
- De beschikbaarheid en compleetheid van gegevens van de onderzoekspopulatie uit salaris- en personeelsadministraties wordt ingeschat als laag en dit beperkt de mogelijkheden voor een historisch cohortonderzoek. De haalbaarheid van een onderzoek hangt onder andere af van de bereidheid van

bedrijven om mee te werken aan een onderzoek.

3. Blootstelling

- Het lijkt lastig om projecties naar het verleden te maken omdat er door de tijd veel is veranderd op Schiphol. Sommige zaken zijn erop vooruitgegaan en andere niet. Het is bijvoorbeeld drukker, de omdraaitijden zijn korter, de voertuigen zijn schoner etc. Dat maakt onderzoek naar blootstellingsniveaus in het verleden ingewikkeld.
- Het belang werd aangestipt om te kijken naar de bijdrage van verschillende bronnen aan de blootstelling. Daarnaast is het goed om ook breder te kijken naar andere contaminanten, zoals dieselmotoremissies en roet.

4. De onderzoeksopzet

- In de expertmeeting is het historisch cohortonderzoek uitgebreid besproken. De experts zagen veel beperkingen in dit type onderzoek (o.a. in de aantallen deelnemers, de beschikbaarheid van informatie, toestemmingen en medewerking van veel organisaties). De mogelijkheid voor een dwarsdoorsnedeonderzoek met eventueel een retrospectieve component (bijv. beroepsverleden navragen) lijkt volgens de experts haalbaarder. Hierbij hoeft de onderzoeksgroep minder groot te zijn en kan gekeken worden naar uitkomsten als longfunctie en biomarkers.
- Andere onderzoeksdesign passen niet bij de onderzoekssituatie zoals case-control (maar één gezondheidseffect onderzocht), panelonderzoek (alleen acute effecten).

5. Gezondheidspunten

- Vanuit toxicologisch onderzoek en acute onderzoeken is al duidelijk dat blootstelling aan UFP kan leiden tot gezondheidseffecten, als de niveaus maar hoog genoeg zijn.
- In een dwarsdoorsnedeonderzoek kan worden gekeken naar functionele testen (zoals longfunctie) en biomarkers (zoals ontstekingsmarkers in bloed) als gezondheidseindpunten als het gaat om chronische effecten door langetermijnblootstelling.

6. Praktisch/uitvoering (personeelsdossiers en koppeling CBS)

- Het lijkt lastig om op basis van de verschillende bedrijfssystemen het beroepsverleden te reconstrueren omdat er veel gebruikt gemaakt wordt door tijdelijke en uitzendcontracten. Dit pleit er voor om mensen zelf naar hun arbeidsverleden te vragen. Er zijn diverse arbodiensten op Schiphol, waartussen periodiek wordt veranderd. Voor een eventueel historisch cohortonderzoek moet meer onderzoek worden gedaan naar de beschikbaarheid en compleetheid van de diverse systemen.

Formulering conclusies en aanbevelingen

Meerdere experts denken dat er legitieme zorgen over blootstelling aan UFP bij platformmedewerkers op basis van gezondheidsonderzoek naar acute gezondheidseffecten. Voor wat betreft de vraagstelling wordt geconcludeerd dat het lastig is om blootstelling aan UFP te differentiëren ten opzichte van de blootstelling aan andere componenten. De resultaten van een eventueel onderzoek kunnen leiden tot een verrijking van de literatuur op dit gebied. Daarbij is het wel van belang om scherp te stellen wat precies de doelstelling is van het onderzoek. Wat betreft de onderzoeksopzet is een meerderheid van de experts voor een dwarsdoorsnedeonderzoek onder een (homogene) groep werknemers, aangevuld met vragenlijsten om de historische component en versturende factoren te achterhalen. Dit betekent wel dat een aantal gezondheidseindpunten zoals (geregistreerde) ziekten niet kan worden onderzocht. Geen van de experts is voorstander van een historisch of prospectief cohortonderzoek. Het is onzeker of er voldoende personeelsgegevens aanwezig en te achterhalen zijn en het kiezen van een geschikte onderzoeks- en controlegroep is lastig. Daarnaast zijn er zorgen of de onderzoekspopulatie op basis van registraties niet te klein is. Bij een dwarsdoorsnedeonderzoek hoeft dit geen rol te spelen. De haalbaarheid van een onderzoek hangt onder andere af van de bereidheid van bedrijven om mee te werken aan een onderzoek.

8 Literatuur

Bendtsen, K. M., E. Bengtsen, A. T. Saber and U. Vogel (2021). "A review of health effects associated with exposure to jet engine emissions in and around airports." Environmental Health **20**(1): 10.

Bezemer, A., J. Wesseling, F. Cassee, P. Fischer, P. Fokkens, D. Houthuijs, B. Jimmink, F. de Leeuw, G. Kos, E. Weijers, M. Keuken and H. Erbrink (2015). Nader verkennend onderzoek ultrafijnstof rond Schiphol. RIVM Rapport 2015-0110.

Buonanno, G., M. Bernabei, P. Avino and L. Stabile (2012). "Occupational exposure to airborne particles and other pollutants in an aviation base." Environ Pollut **170**: 78-87.

Cheng, Y. H., H. P. Chang and J. W. Yan (2012). "Temporal variations in airborne particulate matter levels at an indoor bus terminal and exposure implications for terminal workers." Aerosol and Air Quality Research **12**(1): 30-38.

Choi, W., M. He, V. Barbesant, K. H. Kozawa, S. Mara, A. M. Winer and S. E. Paulson (2012). "Prevalence of wide area impacts downwind of freeways under pre-sunrise stable atmospheric conditions." Atmospheric Environment **62**: 318-327.

Cleary, E. G., A. P. Patton, H. C. Wu, A. Xie, J. Stubblefield, W. Mass, G. Grinstein, S. Koch-Weser, D. Brugge and C. Wong (2017). "Making Air Pollution Visible: A Tool for Promoting Environmental Health Literacy." JMIR Public Health Surveill **3**(2): e16.

Coll, P., M. Cazaunau, J. Boczkowski, M. Zysman, J. F. Doussin, A. Gratién, G. Derumeaux, M. Pini, C. Di Biagio, É. Pangui, C. Gaimoz, S. Hüe, F. Relaix, A. Der Vatanian, I. Coll, V. Michoud, P. Formenti, G. Forêt, L. Thavaratnasingam, A. Amar, M. Lacavalerie, M. Mäder and S. Lanone (2018). "Pollurisk: An innovative experimental platform to investigate health impacts of air quality." WIT Transactions on Ecology and the Environment **230**: 557-565.

Decisio (2019). "Economisch-belang-mainport-Schiphol."
Duyzer, J. and M. Moerman (2018). Ultrafijn stof rond Rotterdam The Hague Airport TNO 2018 R10714.

Ellerman, T. M., A.; Lofstrorn, P.; Winther, M.; Nojgaard, J.; Ketznel, M. (2012). "Assessment of the air quality at the apron of copenhagen airport kastrup in relation to the working environment."
Frenzel, W. and B. Kohnert (2020). "Contributions of aviation to ultrafine particulate matter – a review." Gefahrstoffe Reinhaltung der Luft **80**(1-2): 7-18.

Gianicolo, E. A. L., N. Riccetti and H. Merzenich (2020). "Comment on "Cardiovascular disease and long-term occupational exposure to ultrafine particles: A cohort study of airport workers" by Møller KL et al., 2019." International journal of hygiene and environmental health **229**: 113476.

Hawley, B., D. McKenna, A. Marchese and J. Volckens (2014). "Time course of bronchial cell inflammation following exposure to diesel particulate matter using a modified EAVES." Toxicology in Vitro **28**(5): 829-837.

Hoek, G., H. Boogaard, A. Knol, J. de Hartog, P. Slottje, J. G. Ayres, P. Borm, B. Brunekreef, K. Donaldson, F. Forastiere, S. Holgate, W. G. Kreyling, B. Nemery, J. Pekkanen, V. Stone, H. E. Wichmann and J. van der Sluijs (2010). "Concentration Response Functions for Ultrafine Particles and All-Cause Mortality and Hospital Admissions: Results of a European Expert Panel Elicitation." Environmental Science & Technology **44**(1): 476-482.

Janssen, N., C. Ameling, A. Bezemer, F. Cassee, O. Breugelmans, A. F. Dusseldorp, P. , D. Houthuijs, M. Marra and J. Wesseling (2016). "Verkenning gezondheidsrisico's ultrafijnstof luchtvaart rond Schiphol en voorstel vervolgonderzoek." RIVM Briefrapport 2016-0050.

Lopes, M., A. Russo, J. Monjardino, C. Gouveia and F. Ferreira (2019). "Monitoring of ultrafine particles in the surrounding urban area of a civilian airport." Atmospheric Pollution Research **10**(5): 1454-1463.

Marcias, G., M. F. Casula, M. Uras, A. Falqui, E. Miozzi, E. Sogne, S. Pili, I. Pilia, D. Fabbri, F. Meloni, M. Pau, A. M. Sanna, J. Fostinelli, G. Massacci, E. D'aloja, F. L. Filon, M. Campagna and L. I. Lecca (2019). "Occupational fine/ultrafine particles and noise exposure in aircraft personnel operating in airport taxiway." Environments - MDPI **6**(3).

Marie-Desvergne, C. D., M.; Touri, L.; Zimmermann, E.; Gaude-Mome, M., Leclerc, L.; Durand, C.; Klerlein, M.; Molinari, N.; Vachier, I.; Chanez, P.; Mossuz, V.C. (2016). "Assessment of nanoparticles and metal exposure of airport workers using exhaled breath condensate." Journal of Breath Research.

Merzenich, H., N. Riccetti, B. Hoffmann, M. Blettner, F. Forastiere and E. Gianicolo (2020). "Air pollution and airport apron workers: A neglected occupational setting in epidemiological research." International journal of hygiene and environmental health **231**: 113649.

Møller, K. L., C. Brauer, S. Mikkelsen, J. P. Bonde, K. Helweg-Larsen and L. C. Thygesen (2020). "Answers to "Comment on "Cardiovascular disease and long-term occupational exposure to ultrafine particles: A cohort study of airport workers" by Møller KL et al., 2019"." International journal of hygiene and environmental health **229**: 113477.

Møller, K. L., C. Brauer, S. Mikkelsen, J. P. Bonde, S. Loft, K. Helweg-Larsen and L. C. Thygesen (2020). "Cardiovascular disease and long-term occupational exposure to ultrafine particles: A cohort study of airport workers." International Journal of Hygiene and Environmental Health **223**(1): 214-219.

Møller, K. L., C. Brauer, S. Mikkelsen, S. Loft, E. B. Simonsen, H. Koblauch, S. H. Bern, T. Alkjær, O. Hertel, T. Becker, K. H. Larsen, J. P. Bonde and L. C. Thygesen (2017). "Copenhagen Airport Cohort: Air pollution, manual baggage handling and health." BMJ Open **7**(5).

Møller, K. L., L. C. Thygesen, J. Schipperijn, S. Loft, J. P. Bonde, S. Mikkelsen and C. Brauer (2014). "Occupational exposure to ultrafine particles among airport employees-combining personal monitoring and global positioning system." PLoS ONE **9**(9).

Ohlwein, S., R. Kappeler, M. Kutlar Joss, N. Kunzli and B. Hoffmann (2019). "Health effects of ultrafine particles: a systematic literature review update of epidemiological evidence." Int J Public Health **64**(4): 547-559.

Patton, A. P., C. Collins, E. N. Naumova, W. Zamore, D. Brugge and J. L. Durant (2014). "An hourly regression model for ultrafine particles in a near-highway urban area." Environmental Science and Technology **48**(6): 3272-3280.

Rivas, I., D. C. S. Beddows, F. Amato, D. C. Green, L. Järvi, C. Hueglin, C. Reche, H. Timonen, G. W. Fuller, J. V. Niemi, N. Pérez, M. Aurela, P. K. Hopke, A. Alastuey, M. Kulmala, R. M. Harrison, X. Querol and F. J. Kelly (2020). "Source apportionment of particle number size distribution in urban background and traffic stations in four European cities." Environment international **135**: 105345.

Seaton, A., J. Cherrie, M. Dennekamp, K. Donaldson, J. F. Hurley and C. L. Tran (2005). "The London Underground: Dust and hazards to health." Occupational and Environmental Medicine **62**(6): 355-362.

Tortorella, S. and T. C. Karagiannis (2014). The significance of nanoparticles in medicine and their potential application in asthma. Molecular Mechanisms and Physiology of Disease: Implications for Epigenetics and Health: 247-275.

Tunnicliffe, W. S. O. H., S.P.; Fletcher, T.J.; Miles, J.F.; Burge, P.S.; Ayres, J.G. (1999). "Pulmonary function and respiratory symptoms in a population of airport workers." Occupational and Environmental Medicine **56**: 118-123.

US, E. (2019). "Integrated Science Assessment for Particulate Matter." Venecek, M. A., X. Yu and M. J. Kleeman (2019). "Predicted ultrafine particulate matter source contribution across the continental United States during summertime air pollution events." Atmospheric Chemistry and Physics **19**(14): 9399-9412.

Yang, C. Y., T. N. Wu, J. J. Wu, C. K. Ho and P. Y. Chang (2003). "Adverse respiratory and irritant health effects in airport workers in Taiwan." J Toxicol Environ Health A **66**(9): 799-806.

Yu, R. C., E. W. Fanning and J. R. Froines (2007). Downwind fate of ultrafine particles emitted by in-use commercial aircraft. 100th Annual Conference and Exhibition of the Air and Waste Management Association 2007, ACE 2007.

Zandvliet, K. and M. de Rooij – van Leeuwen (2018). "ARBEIDSMARKT SCHIPHOL 2016 Resultaten onderzoek onder bedrijven eind 2016."

Zhu, Y., Q. Zhang and H. E. I. H. R. Committee (2014). "Characterizing ultrafine particles and other air pollutants in and around school buses." Research report (Health Effects Institute)(180): 3-37.

RIVM

De zorg voor morgen begint vandaag