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

Kennisnotitie

Uitwerking onderzoeksvoorstel naar de relatie tussen beroepsmatige blootstelling aan kerosinemotoremissie en genotoxiciteit

RIVM

A. van Leeuwenhoeklaan 9
3721 MA Bilthoven
Postbus 1
3720 BA Bilthoven
www.rivm.nl

T 088 689 89 89

Auteurs:
[redacted]
Centrum:
Veiligheid van stoffen en producten
Contact:
[redacted]

Kenmerk:
KN-2026-0048
DOI:
10.21945/RIVM-KN-2026-0048
Datum:
1 mei 2026

1 Verzoek uitwerking onderzoeksvoorstel

Op verzoek van de staatssecretaris van Participatie en Integratie heeft het RIVM in de zomer van 2025 een verkenning uitgevoerd naar de relatie tussen beroepsmatige blootstelling aan kerosinemotoremissie uit vliegtuigen (KME; ook vaak aangeduid als vliegtuigmotoremissie ofwel VME) en het ontwikkelen van kanker bij medewerkers op de Schipholplatforms (Vlaanderen en Ter Burg, 2025).

De uitkomst van deze verkenning was dat verder inzicht in de kwantitatieve relatie tussen blootstelling aan VME en het ontstaan van kanker maatschappelijk en wetenschappelijk zeer relevant is. Vanuit praktische overwegingen werd geconcludeerd dat het niet haalbaar is om een epidemiologische studie onder de werknemers op de Schipholplatforms op te zetten dat antwoord op deze vraagstelling kan geven. Dit heeft met name te maken met de sterk variabele werknemersgroep, het gebrek aan beschikbaarheid van historische (blootstellings-)gegevens, en de doorlooptijd die bij een dergelijke studie vele jaren zal zijn. Een studie die kwantitatief inzicht geeft in een mogelijk verband tussen beroepsmatige blootstelling aan VME en DNA schade werd ook relevant geacht. Zo'n studie geeft inzicht in het mogelijk carcinogene werkingsmechanisme van VME en draagt daarmee bij aan de mogelijke (internationale) classificatie van VME als kankerverwekkend mengsel. Daarnaast geeft zo'n studie de mogelijkheid kwantitatief onderscheid te maken tussen blootstellingsgroepen (waaronder controlegroepen zonder blootstelling aan VME) en de mate van genotoxische schade. Verder biedt zo'n studie de kans om ook inzicht te krijgen in de kwantitatieve vergelijking met de potentie van dieselmotoremissie (DME) om genotoxische schade te induceren. Deze vergelijking maakt het mogelijk de genotoxische schade door VME in context te kunnen plaatsen.

Er is brede consensus onder betrokken partijen dat aanvullend onderzoek inzicht kan geven in de potentie van VME om DNA-schade te veroorzaken. DNA-schade kan tot kanker leiden, maar het lichaam kan deze schade ook herstellen. In zijn algemeenheid geldt dat de kans op kanker toeneemt wanneer meer DNA-schade optreedt.

In deze kennisnotitie wordt een voorstel beschreven voor een onderzoek dat inzicht zal geven in beide aspecten. Het RIVM heeft voor dit onderzoeksvoorstel samengewerkt met inhoudelijke experts van Universiteit Utrecht, Universiteit Maastricht, Nederlands Kenniscentrum Arbeid en Longaandoeningen, en TNO. Voor de uitvoering van het onderzoek wordt een consortium voorzien dat bestaat uit deze onderzoeksinstituten. Het onderzoeksvoorstel is op meerdere momenten gepresenteerd met de betrokken partijen, waaronder de werknemers, werkgevers en Schiphol.

2 Onderzoeksvragen

Het in deze notitie beschreven onderzoeksvoorstel heeft tot doel de volgende onderzoeksvragen te beantwoorden.

1. Is de genotoxische schade bij werknemers die beroepsmatig hoog zijn blootgesteld aan KME hoger dan de schade gemeten bij werknemers die niet (noemenswaardig) beroepsmatig zijn blootgesteld aan KME?
2. Is de mate van genotoxische schade bij werknemers met een gemiddeld hogere beroepsmatige blootstelling aan KME hoger dan de schade bij werknemers met een gemiddeld lagere blootstelling?
3. Is de mate van genotoxische schade bij personen die beroepsmatig hoog aan KME zijn blootgesteld anders dan de schade die wordt gemeten bij personen die beroepsmatig hoog aan DME zijn blootgesteld?

3 Globale Onderzoeksopzet

Om de onderzoeksvragen uit hoofdstuk 2 te beantwoorden wordt een dwarsdoorsnedeonderzoek uitgevoerd op Schiphol waarin werknemers met een relatief lage en relatief hoge beroepsmatige blootstelling aan KME, werknemers met een relatief lage en relatief hoge beroepsmatige blootstelling aan DME, en werknemers zonder noemenswaardige beroepsmatige blootstelling aan KME en zonder noemenswaardige beroepsmatige blootstelling aan DME met elkaar worden vergeleken. Het totale aantal deelnemers aan het onderzoek zal worden bepaald aan de hand van berekeningen van de steekproefgrootte die nodig is voor de gewenste statistische zeggingskracht. De steekproefgrootte zal mede afhankelijk zijn van de manier waarop genotoxische schade wordt gemeten (zie sectie 3.3) en het verwachte contrast in de blootstelling aan KME en DME op Schiphol. De verwachte grootte van het onderzoek is ongeveer 250-300 deelnemers. Tabel 1 geeft een indicatief beeld van de indeling en steekproefgrootte per blootstellingsgroep bij 250 deelnemers.

Tabel 1. Indeling van deelnemers aan het onderzoek over blootstellingsgroepen.

Blootstelling	**KME**	**DME**	**Steekproef grootte**
Referentie	Achtergrond	Achtergrond	50
KME laag	Laag	Achtergrond	50
KME hoog	Hoog	Achtergrond	50
DME laag	Achtergrond	Laag	50
DME hoog	Achtergrond	Hoog	50
Totaal			**250**

Op basis van bestaande en nieuw te verzamelen meetgegevens in combinatie met informatie over het functies op Schiphol, de taken die binnen deze functies worden uitgevoerd en de locaties waarop deze taken worden uitgevoerd, zullen voor zowel KME als DME twee zogenaamde blootstellingsgroepen worden gedefinieerd. Deelnemers aan het onderzoek zullen worden ingedeeld in één van de blootstellingsgroepen. Werknemers op Schiphol die geïnteresseerd zijn in deelname aan het onderzoek zullen op een aantal voorwaarden worden getoetst voordat zij kunnen deelnemen (bijvoorbeeld bereidheid tot afgifte van een bloedmonster en wangslijmvlies, inschatting van de verwachte blootstelling aan KME en/ of DME, aanwezigheid van bepaalde ziektebeelden, en rookgedrag).

Om de mate van genotoxische schade te bepalen bij de deelnemers van het onderzoek zal een reeks testen (Tabel 2) worden uitgevoerd op wangslijmvlies- en bloedmonsters die eenmalig zullen worden verzameld.

Tabel 2. Overzicht eindpunten die worden geïncludeerd in het onderzoek.

Test	**Celtype**	**Wat de test meet**	**Levensduur van de cel**
Micronucleus	Witte bloedcellen	chromosomale mutaties	enkele maanden
Micronucleus	Wangslijmvliescellen	chromosomale mutaties	enkele weken
Pig-A	Rode bloedcellen	genmutatie	120 dagen
Comet Assay	Witte bloedcellen	reversibele DNA-schade	Enkele maanden
LC-MS	Bloedplasma / -serum	oxidatieve DNA-schade	halfwaardetijd <2 uur

Micronucleusfrequentie in bloedcellen wordt als primaire uitkomstmaat gehanteerd, aangezien deze parameter het meest voorspellend is voor het risico op kanker (Bonassi et al. 2006). Daarnaast wordt de micronucleusfrequentie in wangslijmvliescellen bepaald om een vollediger beeld te verkrijgen van de genotoxische belasting en de mogelijke DNA-schade, zowel lokaal als systemisch. In aanvulling wordt de Pig-A test uitgevoerd om schade op gen niveau te kunnen detecteren, in plaats van uitsluitend chromosomale schade te beoordelen. De Comet Assay en de test voor oxidatieve DNA schade geven inzicht in (vroegtijdige) schade aan het lichaam die (nog) niet tot mutaties heeft geleid. De combinatie van deze testen geeft een goed beeld van de mate van genotoxische schade die ten tijde van de monsterafname in de verzamelde biologische monsters aanwezig is.

3.1 Informatie en uitnodiging tot deelname onderzoek voor werknemers

Informatiebijeenkomsten

De werknemers zullen eerst worden geïnformeerd over het onderzoek tijdens informatiebijeenkomsten. Deze worden in samenwerking met de werkgevers en werknemers gepland door het consortium. Tijdens deze bijeenkomsten worden het doel, de opzet en de verwachtingen en beperkingen van het onderzoek toegelicht en is er ruimte voor het beantwoorden van vragen.

De informatieverstrekking en uitnodiging tot deelname aan het onderzoek zal, indien relevant, worden afgestemd met de polikliniek mens en arbeid (PMA). PMA overweegt bij dezelfde groep werknemers een eigen onderzoek uit te voeren naar de korte-termijneffecten (longfunctie) van blootstelling aan KME. Dit onderzoek is in opdracht van

Schiphol en werkgevers. Het is van groot belang de doelstellingen van beide onderzoeken duidelijk te maken bij deelnemers. Waar mogelijk zal de samenwerking worden gezocht om daarmee de belasting voor deelnemers van de onderzoeken zo min mogelijk te maken. Het is cruciaal dat er voldoende deelnemers worden gerekruteerd in de studie. Om dit te waarborgen zal er veel contact zijn met Schiphol en de werkgevers om zo veel mogelijk aandacht voor de studie te genereren bij de werknemers.

Uitnodiging
Aansluitend op de informatiebijeenkomsten ontvangen mogelijke deelnemers een schriftelijke informatiebrief, waarin de belangrijkste informatie over het genotoxiciteitsonderzoek overzichtelijk wordt samengevat. Nadat mogelijke deelnemers voldoende tijd hebben gehad om de informatiebrief te lezen en vragen te stellen worden geïnteresseerden gevraagd om een geïnformeerde toestemmingsverklaring ('informed consent') te ondertekenen. Na het verkrijgen van deze toestemming zullen de deelnemers een korte vragenlijst invullen, waarmee gegevens over onder andere leeftijd, geslacht en huidige functie worden verzameld. Op basis van de antwoorden in deze vragenlijst vindt de uiteindelijke uitnodiging voor deelname aan het onderzoek plaats.

3.2 Karakterisering van de blootstelling
Het doel van de blootstellingskarakterisering is om studiedeelnemers zo in te delen dat er voldoende contrast is tussen de onderscheiden groepen deelnemers, om een mogelijk effect van KME en DME op de mate van genotoxische schade te kunnen waarnemen. Studiedeelnemers worden daarom ingedeeld in groepen op basis van hun geschatte gemiddelde 8-uurs blootstelling aan KME en blootstelling aan DME in de 2 maanden voor monsterafname. Deze periode van 2 maanden is gebaseerd op de levensduur van cellen die worden bemeten voor genotoxische schade (zie Tabel 2).

Op basis van eerder verzamelde locatie- en meetgegevens zal een aantal blootstellingsgroepen worden gedefinieerd. Startpunt zijn de meetgegevens die door UU-IRAS/NKAL en TNO zijn verzameld op Schiphol voor een reeks functies (Van der Meer 2024). Specifiek gaat het om: elementair koolstof in respirabel stof, ultrafijnstof, en een reeks vluchtige organische stoffen en de (GPS-gebaseerde) locatiegeschiedenis tijdens de werkdag. De gegevens zijn verzameld in 2023 (UU-IRAS/NKAL) en 2025 (TNO).

Omdat de focus van de onderzoeken van UU-IRAS/NKAL en TNO lag op werknemers die potentieel hoog zijn blootgesteld aan KME, is er binnen de onderzoeken van UU-IRAS/NKAL en TNO niet specifiek gemeten bij functies waarvoor geen hoge beroepsmatige blootstelling aan KME wordt verwacht of bij functies waarvoor uitsluitend hoge beroepsmatige blootstelling aan DME (en dus niet aan KME) wordt verwacht. Daarom zullen voor deze functies nog aanvullende metingen voor ultrafijnstof en elementair koolstof in respirabel stof moeten worden verricht. Deze metingen zullen worden uitgevoerd volgens de protocollen die zijn opgesteld door UU-IRAS/NKAL en TNO in het kader van de blootstellingsstudies uit 2023 en 2025, zodat de meetresultaten vergelijkbaar zijn met de eerdere studies.

Bij de verschillende werkgevers op Schiphol zal informatie worden opgehaald over werkzaamheden, taken, locaties, emissies, en beheersmaatregelen die mogelijk invloed kunnen hebben gehad op de blootstelling aan KME en DME in de periode tussen 2023 en 2026. Over deze periode zal ook het aantal vliegbewegingen en de weersomstandigheden worden opgevraagd. Ten slotte zullen we ook informatie verzamelen over de locaties op het Schipholterrein waar bouwwerkzaamheden met

diesel aangedreven apparatuur zijn uitgevoerd. Dit is van belang om inzicht te krijgen in mogelijk verhoogde DME-blootstelling als gevolg van deze werkzaamheden.

Gezamenlijk zal deze informatie worden gebruikt om tot een indeling van blootstellingsgroepen te komen die zich onderscheiden naar de mate van blootstelling aan KME of DME.

Bij elke studiedeelnemer worden de volgende gegevens verzameld:

- Locatiegegevens en verblijfsduur tijdens werktijd zullen op de dag van de monsterafname worden verzameld. Deze gegevens zullen worden gebruikt om de a priori indeling in blootstellingsgroepen (op het niveau van functiegroep) te verifiëren.
- Gedetailleerde informatie over werkzaamheden, taken, werkplekken, gebruik van beheersmaatregelen en werktijden in de twee maanden voorafgaand aan de afname van biologische monsters. Deze informatie zal worden verzameld door een interviewer (zie ook 3.3). In dit interview zullen ook algemene gegevens over deelnemers aan het onderzoek worden verzameld die van mogelijk belang zijn voor de interpretatie van de onderzoeksresultaten. Daarnaast zal aanvullende informatie bij de werkgever worden opgevraagd, zoals lijsten met de indeling van functies en namen per dienst, werkpleklocaties en registraties van vrije dagen.
- Cotinine in serum. Door de cotininewaarden te bepalen, kunnen we de invloed van (indirecte blootstelling aan) tabaksrook op de onderzoeksresultaten nauwkeuriger beoordelen.

3.3 Verzamelen van informatie over mogelijk verstorende factoren

Voor een juiste interpretatie van de onderzoeksresultaten is het van belang voldoende gegevens bij studiedeelnemers te verzamelen die de mogelijke interpretatie kunnen verstoren. Deze informatie zal systematisch worden verzameld door een interviewer. In aanvulling op de informatie die wordt genoemd onder 3.2 zal de interviewer vragen stellen over ziekten en geneesmiddelengebruik in de twee maanden voor monsterafname, zodat eventuele verstoringen in de biologische metingen kunnen worden meegenomen in de analyses. Verder zal informatie worden verzameld over persoonlijke kenmerken, ziektegeschiedenis, leefstijl, hobby's, dieet en volledige arbeidsgeschiedenis. Hierbij zal de informatie over de recente arbeidsgeschiedenis (laatste 2 jaar) in meer detail worden uitgevraagd dan die van meerdere jaren geleden.

De vragenlijsten die zullen worden gebruikt tijdens het interview zullen in detail worden uitgewerkt en getest in de opstartfase van het onderzoek.

3.4 Steekproefgrootteberekening

Voor dit studievoorstel is een berekening gemaakt om te bepalen hoeveel deelnemers nodig zijn om betrouwbare resultaten te krijgen. Omdat er weinig gegevens beschikbaar zijn over de relatie tussen blootstelling aan KME en genetische schade, is gebruikgemaakt van informatie uit een eerdere studie naar blootstelling aan DME (Zhang et al. 2015). Hierbij is de blootstelling aan ultrafijnstof geschat aan de hand van gegevens uit de literatuur, omdat deze niet direct in de studie werd gemeten.

De analyse is gebaseerd op verschillende scenario's, waarbij de volgende parameters zijn gevarieerd: het verwachte verschil in potentie tussen KME en DME, de mediane blootstelling van de controlegroep, de mediane blootstelling van de groep personen die zijn blootgesteld aan KME of DME, en het aantal verstorende factoren waarvoor in de

regressieanalyse gecorrigeerd wordt. De resultaten laten zien dat bij een klein verschil in potentie (10%) de power laag is (0–54%), vooral als er voor meerdere verstorende factoren gecorrigeerd wordt. De power neemt toe naarmate de mediane blootstelling van de blootgestelde groep stijgt. Bij een middelgroot verschil in potentie (50%) wordt de power aanzienlijk hoger (7–100%), met name bij een hogere mediane blootstelling in de blootgestelde groep. Bij een groot verschil in potentie (100%) is de power vrijwel altijd 100%, ongeacht de mediane blootstelling in de hoog blootgestelde groep.

3.5 Samenwerking NFA

In het kader van deze studie wordt samengewerkt met het Deense Nationale onderzoeksinstituut voor de werkomgeving (NFA), dat een vergelijkbare studie uitvoert in Denemarken. Deze samenwerking biedt de unieke mogelijkheid resultaten van beide onderzoeken te vergelijken. De samenwerking maakt het mogelijk om biologische monsters die in onze studie worden verzameld, gedeeltelijk te laten analyseren in het Deense laboratorium (waar de Comet Assay wordt bepaald). Tegelijkertijd kunnen Deense monsters naar Nederland worden gestuurd om sample ook de micronucleus-, Pig-A- en oxidatieve DNA-schade -assays te bepalen. Uitwisseling van monsters, data, en expertise kan bijdragen aan het beantwoorden van de vragen gesteld onder 2. De kosten voor de uitwisseling en analyse van deze monsters zijn op dit moment niet begroot in de Nederlandse en Deense studies.

3.6 Risico's en beheersmaatregelen

Een aantal factoren vormen een mogelijk risico voor de succesvolle uitvoering van het hier voorgestelde onderzoek. In tabel 3 geven we een overzicht van deze mogelijke risico's en de beheersmaatregelen die kunnen worden genomen mochten deze risico's daadwerkelijk optreden.

Tabel 3: Risico's en beheersmaatregelen

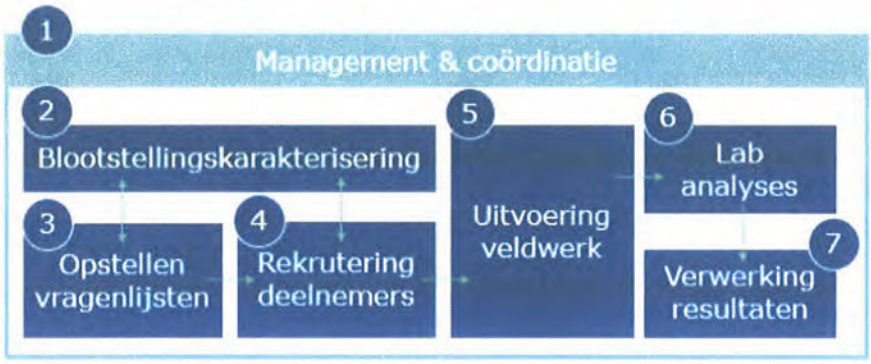
Risico	**Beheersmaatregel**
Onvoldoende werknemers willen deelnemen	We zullen eerst aanvullende activiteiten uitvoeren om de studie onder de aandacht te brengen. Is het aantal deelnemers te laag om de vraagstellingen te beantwoorden op een redelijke wijze dan zal de studie worden stopgezet
Onvoldoende medewerking van betrokken partijen	Schiphol, werkgevers en andere betrokken partijen zullen regelmatig op de hoogte worden gehouden van de planning en uitvoering van de studie en zullen de kans krijgen zorgen te uiten.
Wijziging in het aantal bagageafhandelbedrijven op Schiphol vanaf 2027	Extra afstemming met Schiphol en werkgevers zodat deze wijziging geen invloed heeft op de kwaliteit van de studie
Geen functiegroep met hoge DME blootstelling te identificeren op Schiphol	Deelnemers zullen worden gerekruteerd bij bedrijven die niet op Schiphol actief zijn
Geen functiegroep met achtergrondsblootstelling te identificeren op Schiphol	Deelnemers zullen worden gerekruteerd bij bedrijven die niet op Schiphol actief zijn
Verzameling gegevens loopt uit	Na 4 maanden gegevensverzameling wordt een inschatting gemaakt of aanvullend personeel moet worden ingezet
Onvoldoende afstemming mogelijk over het veldwerk met partijen op Schiphol	Er zal een projectleider op Schiphol worden aangesteld die als contactpersoon dient voor de afstemming van het veldwerk

4 Organisatie en praktische uitvoering

4.1 Project overzicht

Binnen deze studie worden taken onderverdeeld in verschillende werkpakketten (Figuur 1).

Figuur 1: Onderlinge samenhang van de verschillende werkpakketten.



4.2 Samenwerkende partijen/ samenstelling consortium

Verschillende partijen zijn nauw betrokken bij het opstellen van het studieprotocol en het uitvoeren van de uiteindelijke studie. Direct betrokken partners, hierna benoemd als consortium, zijn het RIVM, UU, UM, TNO en NKAL. De implementatie van het onderzoek zal worden afgestemd met belanghebbenden zoals vertegenwoordigers van werkgevers en werknemers, Nederlandse Arbeidsinspectie en partijen verantwoordelijk voor lopend onderzoek op Schiphol. De algehele coördinatie van het onderzoek ligt bij het RIVM. Verder is er per werkpakket één verantwoordelijke partij aangesteld beschreven in tabel 4. De deelnemers van het consortium zullen aan alle werkpakketten bijdragen (zie sectie 4.3).

Tabel 4: Overzicht van de verantwoordelijke partij per werkpakket

WP #	*Inhoud werkpakket*	*Verantwoordelijke partij*
1	Algehele coördinatie	RIVM
2	Blootstellingskarakterisering	NKAL
3	Opstellen vragenlijsten	UU-IRAS
4	Rekrutering deelnemers	RIVM
5	Uitvoering veldwerk	TNO
6	Laboratoriumanalyses	UM
7	Verwerking resultaten	RIVM

4.3 Werkplan implementatie

4.3.1 Algehele coördinatie

Het RIVM is verantwoordelijk voor de algehele coördinatie van het onderzoek en de uitvoering van de bijbehorende taken. Dit omvat de structurele afstemming met de opdrachtgever en betrokken stakeholders gedurende het gehele traject. Daarnaast is het RIVM verantwoordelijk voor de communicatie met externen en deelnemers, zodat alle betrokkenen tijdig en adequaat worden geïnformeerd. Het RIVM is, ondersteund door het consortium, verantwoordelijk voor het opstellen van het studieprotocol en data management plan en het indienen voor METC-goedkeuring. Het RIVM stelt een

wetenschappelijke adviesraad en een maatschappelijke klankbordgroep samen en onderhoudt actief interactie met deze groepen om de voortgang en inhoudelijke kwaliteit te borgen. De wetenschappelijke adviesraad zal bestaan uit onafhankelijke experts en onderzoekers met relevante inhoudelijke kennis. De maatschappelijke klankbordgroep zal bestaan uit stakeholders, waaronder vertegenwoordigers van betrokken organisaties, werkgevers en werknemers. Het RIVM stemt ook de uitvoering van het onderzoek af met werkgevers en werknemers, en andere partijen die actief zijn bij lopend onderzoek op Schiphol. Ten slotte onderhoudt het RIVM contact met NFA om goede samenwerking en kennisuitwisseling te waarborgen. Vervolgens is RIVM verantwoordelijk voor de rapportage van de bevindingen en de publicatie van de resultaten, zodat zowel de deelnemers en de opdrachtgever als andere relevante stakeholders worden geïnformeerd over de uitkomsten van het onderzoek. Er zal bij aanvang van het onderzoek een samenwerkingsovereenkomst worden opgesteld tussen de partners van het consortium waarin onder andere verantwoordelijkheden en intellectueel eigendom zullen worden vastgelegd. In aanvulling daarop zal er ook een publicatieplan worden opgesteld waarin de verantwoordelijkheden voor en andere afspraken omtrent de wetenschappelijke publicaties binnen het consortium zullen worden vastgelegd.

4.3.2 Blootstellingskarakterisering
NKAL en TNO zijn verantwoordelijk voor de blootstellingskarakterisering binnen deze studie. Dit houdt in dat NKAL samen met TNO de (her)analyse van bestaande data van UU-IRAS/ NKAL en TNO uitvoert om tot een indeling van functiegroepen te komen. Daarnaast verwerkt NKAL, in samenwerking met TNO, informatie die wordt opgehaald bij de verschillende werkgevers op Schiphol en de arbodienst Schiphol, zodat relevante, actuele gegevens over werkprocessen en blootstelling worden meegenomen. Na de verzameling van alle benodigde data maken NKAL en TNO gebruik van taakhistorie en GPS-locatiegeschiedenis van de deelnemers om een indeling te maken op basis van type en niveau van blootstelling. Hiermee wordt de blootstelling van verschillende functiegroepen zorgvuldig gekarakteriseerd, wat belangrijk is voor het verdere verloop van het onderzoek. De uitkomsten van de blootstellingskarakterisering zullen worden opgeleverd in een rapport.

4.3.3 Opstellen vragenlijsten
UU-IRAS is verantwoordelijk voor het opstellen van de vragenlijsten die binnen het onderzoek worden gebruikt. Dit omvat het zorgvuldig ontwikkelen van verschillende vragenlijsten die aansluiten bij de onderzoeksvragen en inclusiecriteria. Daarnaast voert UU-IRAS pilots uit om de afname van de vragenlijsten te testen.

4.3.4 Rekrutering deelnemers
Het RIVM is verantwoordelijk voor de rekrutering van deelnemers voor het onderzoek en de uitvoering van de bijbehorende taken. Dit omvat het organiseren van informatiebijeenkomsten voor potentiële deelnemers, waarin het doel en de werkwijze van het onderzoek worden toegelicht. Het organiseren van de informatiebijeenkomsten zal gebeuren in samenwerking met het consortium, werkgevers, werknemers, en in afstemming met PMA in het kader van lopende activiteiten. Daarnaast zorgt het RIVM voor het verstrekken van informatiebrieven met relevante details over het onderzoek, zodat deelnemers goed geïnformeerd zijn. Het regelen van geïnformeerde toestemming ('informed consent') wordt ook door het RIVM geleid, waarbij deelnemers expliciet worden geïnformeerd over het onderzoek. Ook is het RIVM verantwoordelijk voor het afnemen van de korte vragenlijst (zie 3.1). Op basis van de daarin verzamelde gegevens voert het RIVM de selectie en matching van studiedeelnemers uit, zodat de onderzoekspopulatie representatief en passend is bij de onderzoeksvragen.

4.3.5 Uitvoering veldwerk
TNO is verantwoordelijk voor de uitvoering van het veldwerk binnen deze studie. Dit omvat het doen van aanvullende blootstellingsmetingen (samen met NKAL) bij de referentiegroep, het afnemen van verschillende vragenlijsten onder de deelnemers (paragraaf 3.3), het uitdelen en verzamelen van GPS-trackers, en de verzameling van bloed en wangslijmvliescellen. Hierbij kan waar nodig worden samengewerkt met een betrokken arbodienst. De lokale opslag van de verzamelde monsters valt eveneens onder de verantwoordelijkheid van TNO. Tot slot is TNO verantwoordelijk voor de verzameling en het beheer van de vragenlijstgegevens.

4.3.6 Coördinatie laboratoriumanalyses
UM is verantwoordelijk voor de coördinatie van de laboratoriumanalyses binnen deze studie. RIVM en UM zullen het selecteren van de laboratoria die de verschillende analyses zullen uitvoeren, waarbij wordt afgestemd op expertise en capaciteit uitwerken. In samenwerking met taak 4.3.5 zorgt TNO voor het versturen van de monsters met bloed en wangslijmvliescellen naar de geselecteerde laboratoria. Ook coördineren zij het ontvangen van bloedmonsters door NFA indien van toepassing.

4.3.7 Verwerking resultaten
Het RIVM is verantwoordelijk voor de verwerking van de resultaten van het onderzoek en de uitvoering van de bijbehorende taken. Hierbij hoort de centrale opslag van alle verzamelde data, waaronder vragenlijsten, locatiegeschiedenis en laboratoriumresultaten, zodat deze gegevens veilig en overzichtelijk worden beheerd en bewaard. Het RIVM voert de statistische analyses uit waarin blootstelling wordt gerelateerd aan de effectmaten. Daarbij dragen alle partijen van het consortium bij aan de interpretatie van de resultaten. De rapportage van de bevindingen zal worden uitgevoerd volgens het publicatieplan.

5 Internationale wetenschappelijke adviesraad en klankbordgroep

Voor deze studie wordt een maatschappelijke klankbordgroep samengesteld, bestaande uit diverse belanghebbenden zoals werkgevers, werknemers en andere relevante partijen. Daarnaast zullen zowel nationaal als internationaal betrokken wetenschappers vanuit complementaire vakgebieden worden uitgenodigd voor een wetenschappelijke adviesraad, die actief zijn binnen hetzelfde vakgebied of vergelijkbare onderzoeken uitvoeren. Deze twee groepen waarborgen dat verschillende perspectieven en expertise worden meegenomen in de opzet, het verloop en de rapportage van en communicatie rondom het onderzoek, en bevordert de uitwisseling van kennis en *best practices* op internationaal niveau.

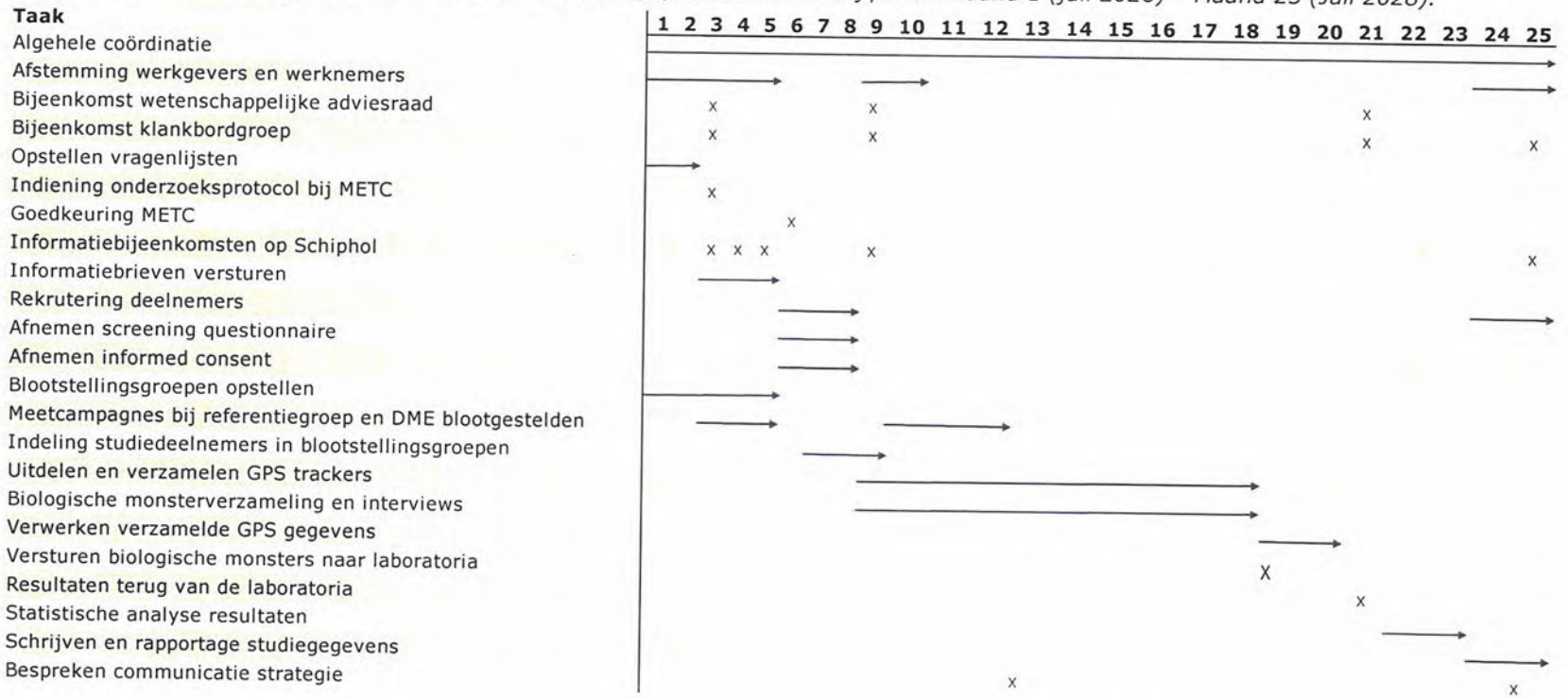
6 Tentatieve begroting

Het RIVM heeft op hoofdlijnen een inschatting gemaakt van het benodigde budget voor de uitvoering van het onderzoek. Bij deze inschatting is een post onvoorzien van 20% personeelskosten opgenomen en kan als worst case worden gezien. Ter onderbouwing van de uiteindelijke offerte zullen offertes worden aangevraagd bij alle consortiumpartners.

	Personeel	*Analyse*	*Materiaal*	*Overig*	*Totaal*
Algehele coördinatie en verwerking gegevens	€930,000			€60,000	€990,000
Blootstellingskarakterisering	€460,000			€20,000	€480,000
Opstellen vragenlijsten	€140,000				€140,000
Rekrutering deelnemers	€10,000		€10,000		€20,000
Uitvoering veldwerk	€310,000		€60,000	€30,000	€400,000
Laboratoriumanalyses		€300,000			€300,000
					€2,330,000

7 Beoogde tijdslijn

Figuur 2. Verwachte tijdlijn van het onderzoek met belangrijkste taken en mijlpalen: Maand 1 (juli 2026) – Maand 25 (Juli 2028).



Bijlage A Referenties

Bonassi S, Znaor A, Ceppi M, Lando C, Chang WP, Holland N, Kirsch-Volders M, Zeiger E, Ban S, Barale R, Bigatti MP, Bolognesi C, Cebulska-Wasilewska A, Fabianova E, Fucic A, Hagmar L, Joksic G, Martelli A, Migliore L, Mirkova E, Scarfi MR, Zijno A, Norppa H, Fenech M. An increased micronucleus frequency in peripheral blood lymphocytes predicts the risk of cancer in humans. Carcinogenesis. 2007 Mar;28(3):625-31. doi: 10.1093/carcin/bgl177.

da Silva Junior, F. C., De Araújo, L. P., de Mendonça Freitas, J. P., de Oliveira Alves, N., Bonassi, S., & de Medeiros, S. R. B. 2023. Empirical relationship between chromosomaPl damage and airborne particulate matter: A systematic review and meta-analysis of studies in exposed populations. *Mutation Research-Reviews in Mutation Research*, *791*, 108454.

Vlaanderen JJ, Ter Burg W. 2025. Verkenning RIVM naar de relatie beroepsmatige blootstelling vliegtuigmotorenemissie en het ontwikkelen van kanker. https://www.rivm.nl/bibliotheek/rapporten/KN-2025-0100.pdf

Van der Meer N, Houba R, Houba T, Kromhout H. Blootstelling aan deeltjesvormige verontreiniging van medewerkers Schiphol Airside. Eindrapport d.d. 8 april 2024 ISBN/EAN: 978-90-393-7677-5. 240408 Rapport Blootstelling deeltjesvormige verontreiniging Schiphol Definitief_0.pdf

Zhang X, Duan H, Gao F, Li Y, Huang C, Niu Y, Gao W, Yu S, Zheng Y. Increased micronucleus, nucleoplasmic bridge, and nuclear bud frequencies in the peripheral blood lymphocytes of diesel engine exhaust-exposed workers. Toxicol Sci. 2015 Feb;143(2):408-17. doi: 10.1093/toxsci/kfu239

.

Bijlage B Lijst met afkortingen

DME	Dieselmotoremissie
FNV	Federatie Nederlandse Vakbeweging
UU-IRAS	Institute for Risk Assessment Sciences van de Universiteit Utrecht
MN	Micronucleus
NFA	The National Research Centre for the Working Environment
NKAL	Nederlands Kenniscentrum Arbeid en Longaandoeningen
PAH	Polycyclische aromatische koolwaterstoffen
PMA	Polikliniek Mens en Arbeid
RIVM	Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu
TNO	Nederlandse Organisatie voor Toegepast natuurwetenschappelijk Onderzoek
UM	Universiteit Maastricht
VME	Vliegtuigmotorenemissie
KME	Kerosinemotoremissie