

Projectomschrijving 'Besmettingsrisico SARS-CoV-2 in vliegtuigen'

Dit document is een bijlage van de offerte met kenmerk AOEP-819-17064.

Achtergrond

SARS-CoV-2 vormt wereldwijd een ernstig gezondheidsrisico en luchtvaart is door het samenbrengen van mensen een potentiële verspreider van dit virus. Als gevolg hiervan en van de restricties op reizen van en naar risicogebieden is de luchtvaartsector wereldwijd vrijwel tot stilstand gekomen. Sinds 15 juni starten de vluchten vanuit Nederland weer op en ook andere landen zetten vergelijkbare stappen. De luchtvaartsector stelt diverse maatregelen voor om de veiligheid aan boord te waarborgen. Deze maatregelen zijn echter niet verplicht en soms niet eenduidig.

De huidige situatie is ongekend en het daadwerkelijke gezondheidsrisico en verspreidingsrisico van SARS-CoV-2 aan boord van vliegtuigen zijn nog maar beperkt onderzocht. Daarom heeft het Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat NLR de opdracht gegeven om samen met RIVM en door middel van gedegen literatuuronderzoek, metingen en simulatie vóór 31 december 2020 feitelijke en objectieve inzichten in de besmettingsrisico's van SARS-CoV-2 aan boord van vliegtuigen, zoals gevraagd in de mail "Offerte Onderzoek Covid besmetting 19 in vlt" van 22 juli 2020.

Uitgangspunten en initiële afbakening

De voorgestelde werkzaamheden onderscheiden zich van eerder onderzoek door de aandacht voor het besmettingsrisico van specifiek SARS-CoV-2 onder de typische omstandigheden aan boord van vliegtuigen op de grond en in de lucht. De studie leidt mogelijk tot inzichten met betrekking tot nieuwe maatregelen en de effectiviteit van bestaande maatregelen, dit zal op basis van bestaande literatuur beoordeeld worden. Het simuleren en/of meten van deze maatregelen kan als meerwerk worden uitgevoerd, gebruikmakende van de voor deze studie opgezette methodieken.

Over de besmettingsrisico's van SARS-CoV-2 aan boord van vliegtuigen is te weinig bekend om vooraf aan te geven hoeveel simulaties en metingen nodig zijn om een goed inzicht te geven in de risico's. Schattingen van besmettingsrisico's zijn bevat in een raamwerk voor kwantitatieve microbiologische analyse (QMRA) en vergen informatie over: 1) de aantallen virusdeeltjes die worden afgegeven door geïnfecteerde personen, 2) hun depositie op oppervlakken en hun verplaatsing via de lucht, 3) overleving van de virusdeeltjes op oppervlakken en in de lucht, 4) verwijdering van virusdeeltjes uit de lucht door ventilatie en filtratie, 5) het opnemen van virusdeeltjes van oppervlakken en het inademen van virusdeeltjes in de lucht, 6) welk deel van de virusdeeltjes waaraan een persoon is blootgesteld tot een daadwerkelijke infectie zal leiden en 7) het is ook van belang risico's niet alleen per situatie (een vlucht) te schatten, maar ook op te schalen naar aantallen vluchten met inbegrip van de prevalentie van de virusinfecties. Voor elk van de hier genoemde punten zijn voor andere situaties dan in vliegtuigen al schattingen gedaan. Deze geven aan dat er veel variatie en onzekerheid is die vele ordes van grootte omvat.

Om te streven naar een spoedige projectuitvoering en voorspelbare kosten, zijn de uit te voeren fases in twee tranches van activiteiten verdeeld. De eerste tranche bestaat uit de afbakening van het onderzoek en een literatuurstudie (fase 0 en 1). Op basis hiervan kunnen de eerste op feiten gebaseerde kennis als input voor beleidsvorming worden gegeven. De tweede tranche bestaat uit die simulaties en metingen (fase 2, 3 en 4) die op basis van het literatuuronderzoek nodig blijken om de besmettingsrisico's goed te kunnen schatten. Ten behoeve van budgetallocatie geven we voor deze werkzaamheden een ROM af met daarin de bandbreedte van het werk.

EASA stelt de volgende vier manieren¹ voor om de verspreiding van virussen aan boord van vliegtuigen te voorkomen (EASA, 2020):

1. Uitgebreide schoonmaak van de cabine voor elke vlucht
2. Triage voor het aan boord gaan van het vliegtuig in combinatie met registratie van passagiers op stoelniveau
3. Verplichting tot het dragen van mondkapjes aan boord
4. Een ventilatiesysteem met een neerwaartse (in plaats van laterale) luchtstroom en HEPA-filters² voor gerecirculeerde lucht

¹ De effectiviteit van deze maatregelen is bij het maken van deze offerte nog niet door NLR of RIVM onderzocht

² Voor 99,1% van de vluchten van en naar Nederlandse luchthavens kan worden aangetoond dat deze zijn voorzien van HEPA-filters (Roosien, Peerlings, & Jabben, 2020).

De voorgestelde werkzaamheden richten zich primair op de besmettingsrisico's aan boord in relatie tot het ventilatiesysteem (punt 4). Dit punt wordt door middel van een literatuurstudie, simulatie en metingen onderzocht. De effecten van de overige 3 punten (punten 1-3) worden kwalitatief op basis van bestaande literatuur omschreven. Verspreiding van het virus op wijzen anders dan door de cabinelucht, bijvoorbeeld door aanraking van besmette oppervlaktes (stoeloppervlak, catering, WC) worden kwalitatief op basis van bestaande literatuur omschreven. Deze afbakening wordt in het project kritisch geëvalueerd (zie fase 0 onder 'omschrijving werkzaamheden'). Als literatuuronderzoek of expert input daar aanleiding toe geeft, kan de afbakening in overleg met IenW aangepast worden.

Voor de inschatting van de besmettingsrisico's wordt uitgegaan van een representatief vliegtuig: een gangbaar type, in representatieve staat, en onder normale operationele condities. Deze factoren worden in het project nader uitgewerkt (zie fase 0 onder 'omschrijving werkzaamheden').

Werkzaamheden tranche 1

Om besmettingsrisico's aan boord van vliegtuigen inzichtelijk te maken op basis van feiten en hiermee mogelijke beschermende maatregelen te formuleren, kan het onderzoek in meerdere fases worden opgedeeld. De fases worden uitgevoerd in twee opvolgende tranches.

De fases worden min of meer chronologisch doorlopen, maar lopen soms ook parallel aan elkaar. De volgende fase kan starten voordat de eerdere fase is afgerond. Onder het kopje 'Planning' wordt hier nader op in gegaan. Door het doorlopen van de fases ontstaat gaandeweg een steeds beter inzicht en meer zekerheid over de besmettingsrisico's.

Tranche 1 bestaat uit de volgende fases:

0. Afbakening onderzoek en organisatie
1. Literatuuronderzoek naar virusverspreiding in vliegtuigcabines

Hieronder volgt een omschrijving van deze fases.

Fase 0 – Afbakening onderzoek en organisatie

Fase 0 verscherpt de afbakening van het onderzoek op basis van gesprekken met de opdrachtgever, experts uit de expertgroep en de eerste bevindingen uit het literatuuronderzoek (Fase 1). Hiermee wordt bepaald waar de nadruk van het onderzoek komt te liggen, welke maatregelen worden onderzocht en met welke diepgang. Ook wordt vastgelegd aan welke eigenschappen het referentievliegtuig moet voldoen qua vliegtuigtype, bezettingsgraad en cabinecondities. Op basis hiervan wordt een projectplan opgesteld voor de uitvoer van de volgende fases. Parallel hieraan wordt een meetplan opgesteld waarmee de metingen voorbereid kunnen worden: o.a. type vliegtuig, benodigde meetapparatuur en planning. Metingen zijn kostbaar en hebben een lange aanlooptijd. Door vroeg te starten met het opstellen van een meetplan kan vertraging later in het traject zo veel mogelijk voorkomen worden. Ten slotte wordt in deze fase de expertgroep samengesteld om input te geven op de onderzoeksopzet en een review te geven op de resultaten. De rol van de expertgroep staat verder omschreven onder het kopje 'organisatie'.

Resultaat: een onderbouwd en afgestemd projectplan, alle informatie om de voorbereidingen voor de vliegtuigmetingen mee te starten, expertgroep met benodigde kennis en expertise.

Fase 1 - Literatuuronderzoek naar virusverspreiding en vliegtuigventilatie

Parallel aan fase 0 start een literatuuronderzoek naar virusverspreiding en vliegtuigventilatie. Het literatuuronderzoek wordt in vier blokken opgedeeld:

- Viruseigenschappen
- Condities in vliegtuig
- Effect maatregelen
- Simulatie- en meetmethodes

Hieronder volgt een korte omschrijving per blok.

- (Literatuur)onderzoek naar de eigenschappen van SARS-CoV-2 virusdeeltjes. De meest relevante omstandigheden zijn temperatuur en luchtvochtigheid. Het RIVM beschikt over concentratiegegevens van het virus in keel- en neusmonsters van patiënten. Ook heeft het RIVM al literatuuronderzoek gaande naar de afgifte van virusdeeltjes via aerosolen. Dit is belangrijk voor het schatten van de risico's en de mogelijk te treffen maatregelen. In dit literatuuronderzoek werken het RIVM en NLR samen en maken gebruik van de expertgroep. Het besmettingsrisico kan nader worden gespecificeerd in een blootstellingsrisico op basis van geschatte doses (aantallen virusdeeltjes waar aan men werd blootgesteld) en een infectierisico (dosisresponsrelatie: welke fractie van de virusdeeltjes daadwerkelijk tot symptomen leiden). In de literatuur verschijnen voortdurend nieuwe publicaties met betrekking tot SARS-CoV-2, daardoor zal gaande dit project er ook sprake zijn van een continue bijwerking van gegevens. Opgesomd richt het literatuuronderzoek van het RIVM in dit kader zich op: 1) concentratie van virusdeeltjes in aerosolen, 2) deeltjesgrootteverdeling en hoeveelheden van uitgestoten aerosolen via uitademen, spreken, hoesten en niezen, 3) overleving van

virusdeeltjes in aerosolen, 4) mate van verwijdering van virusdeeltjes door HEPA filters, inclusief gebruiksduur van de filters, 5) fractie intacte virusdeeltjes (welk deel van het waargenomen aantal RNA-kopieën) en 6) fractie infectieuze virusdeeltjes die tot symptomen leiden.

- (Literatuur)onderzoek naar de globale werking en instellingen van ventilatiesystemen in de meest voorkomende passagiersvliegtuigen op Schiphol gedurende de verschillende fases van de vlucht (instappen/uitstappen, taxiën op de grond, start/landing, en kruisvlucht). Hierbij wordt o.a. gekeken naar het gebruik van motoren, APU en/of externe luchtvoorziening en de aanwezige luchtvochtigheid, verhouding verse en gerecirculeerde lucht, luchtdruk, temperatuur etc. De metingen in fase 2 geven inzicht in hoeverre de informatie uit de literatuur overeenkomt met de praktijk.
- (Literatuur)onderzoek naar de werking van de nu bekende/gebruikte mitigerende maatregelen op basis van input van experts. O.a. mondkapjes onder voor vliegtuigen relevante omstandigheden en de werking en effectiviteit van HEPA filters in het filteren van SARS-CoV-2 deeltjes. De kennis hierover zal extern gezocht moeten worden (RIVM, Radboud UMC, DNW, leden van de expertgroep en Beyond1.5mScience, internationaal).
- (Literatuur)onderzoek naar simulatie- en meetmethodes van en voor luchtstromingen en transport van virusdeeltjes in vliegtuigcabines. De methoden worden vergeleken met het oog op de werkzaamheden in fase 2 en 3. Op basis van de viruseigenschappen en die van de aerosolen waarmee ze door de lucht worden verspreid wordt ook gezocht naar geschikte tracers die het transport van de virusdeeltjes in aerosolen, alsmede hun verwijdering door filtratie zo goed mogelijk simuleren. Het RIVM doet daartoe voorstellen. Luchtvochtigheid en temperatuur voor schatting hoeveel druppels aerosol kunnen worden / effect op druppel aerosol ratio

Resultaat: input voor de afbakening van het onderzoek, overzicht van ontbrekende kennis die ingevuld kan worden met simulaties of metingen, definitie van relevante condities voor simulatie en metingen, eerste input voor beleid, overzicht onzekerheden en manieren waarop deze verkleind kunnen worden.

Werkzaamheden tranche 2

Tranche 2 bestaat uit de fases 2 tot en met 4 welke worden ingevuld op basis van de gekozen afbakening, de uitkomsten van de literatuurstudie, en input vanuit de expertgroep. <toelichting op verwachting en spread kosten>.

2. Simulaties en metingen in reële scenario's
3. Bepaling van het besmettingsrisico in reële scenario's (blootstelling crew & passagiers)
4. Op feiten gebaseerde kennis voor beleidsvorming

Hieronder volgt een omschrijving van de voorziene invulling van de fases.

Fase 2 – Simulaties en metingen in vliegtuigcabines

Het NLR heeft kennis en ervaring met simulatiemodellen voor klimaatsystemen in vliegtuigcabines, oorspronkelijk ontwikkeld voor onderzoek naar passagierscomfort. Deze Computational Fluid Dynamics (CFD) simulatiemodellen, waarin ook de aanwezigheid van passagiers wordt meegenomen, kunnen worden uitgebreid met het volgen van deeltjes in de stroming. Die deeltjes (tracers) zijn conservatieve deeltjes, dat wil zeggen stabiele deeltjes, die qua afmetingen overeenkomen met aerosolen met een diameter van 1 – 60 μm . Maar er wordt gedacht aan aerosolen met dezelfde afmetingen als die afkomstig van personen. Dit zijn dan deeltjes afkomstig van neus- en (vooral) keelslijm. De tracers dragen een label waardoor ze te volgen en te tellen zijn.

De simulaties en metingen kunnen in 3 stappen worden opgedeeld:

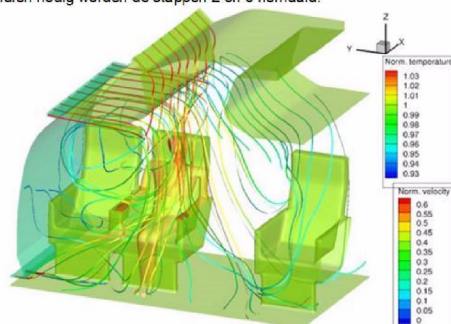
1. Analyse simulatiemodellen en overzicht beschikbare data (uitkomst fase 1)
2. Gerichte meting(en) om modellen aan te vullen en te verbeteren (kosten gebruik vliegtuig niet meegenomen)
3. Verfijning simulatiemodellen

Hieronder volgt een korte omschrijving per stap.

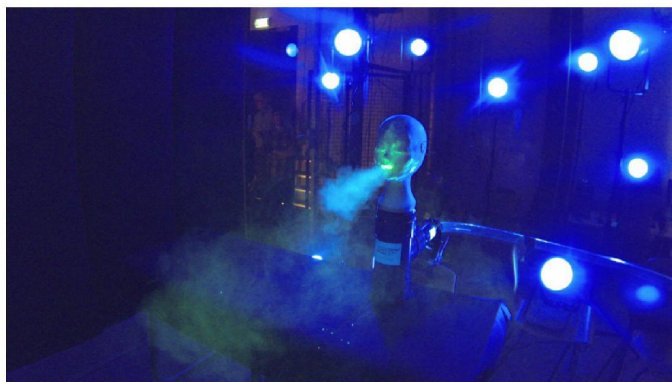
1. De fase start met een overzicht van de uit andere projecten beschikbare data (uitkomst fase 1) en een beoordeling van de bruikbaarheid van deze data voor de simulaties. Hiermee kan samen met RIVM bepaald worden welke informatie ontbreekt voor het bepalen van de besmettingsrisico's. In eerste instantie kunnen een representatieve 'single aisle' en 'widebody' cabine gesimuleerd worden. Deze modellen kunnen gevalideerd worden met metingen in vliegtuigen, waarvan sommige resultaten al beschikbaar zijn uit andere projecten. De details van deze metingen moeten tijdens het onderzoek vastgesteld worden. De ontbrekende informatie kan ingevuld worden met metingen. Deze aanpak maakt optimaal gebruik van de kostbare metingen en voorkomt onnodig tijdsverlies.

2. De metingen³ kunnen zich richten op de verificatie van eigenschappen van deeltjes in een cabine omgeving, de effecten van passagiers in de cabine, het meten van de verplaatsing van deeltjes (stromingen) en het meten aan ontbrekende gegevens uit de simulatie modellen. Dit kan mogelijk door middel van het visualiseren van de stroming met geschikte deeltjes en optische technieken en/of door het meten van de aanwezigheid van deeltjes met UFP meetapparatuur. Afhankelijk van de data die moet worden verkregen en de gewenste condities bepaald in fases 0 en 1, vinden deze metingen op de grond of in de lucht plaats.
3. De meetresultaten worden ten slotte gebruikt om de simulatiemodellen verder te verfijnen. Als de modellen gevalideerd zijn kunnen ze uitgebreid worden naar andere vliegtuigtypes.

Indien nodig worden de stappen 2 en 3 herhaald.



Figuur 1: CFD simulaties vliegtuigcabine



Figuur 2: DNW visualisaties aerosolen

Resultaat: met metingen uitgebreide simulatiemodellen voor de bepaling van de besmettingsrisico's van SARS-CoV-2 aan boord van vliegtuigen.

Fase 3 – Bepaling van het besmettingsrisico

Het RIVM incorporeert de simulatiemodellen in een raamwerk voor kwantitatieve microbiologische risicoschatting. De stappen in het QMRA-raamwerk zijn al geschilderd onder de uitgangspunten en initiële afbakening. Gegevens zijn deels afkomstig van eigen metingen (virusconcentraties in patiëntmateriaal) en uit de literatuur. Het schatten van het besmettingsrisico omvat allereerst het schatten van de kans op blootstelling (exposure assessment) en vervolgens

³ Optioneel kan in internationaal verband meegewerkt worden aan het opstellen van een meetstandaard. Dit heeft als voordeel dat het onderzoek internationaal herhaald kan worden waarmee gemakkelijk meer (vergelijkbare) data wordt verkregen over het besmettingsrisico aan boord van vliegtuigen

gegeven de fracties intacte en infectieuze virusdeeltjes het schatten van het infectierisico. De risicoschatting beperkt zich niet tot een enkele specifieke situatie, maar wordt uitgebreid met een scala aan scenario's, waarin dimensies van de vliegtuigcabine, de mate van ventilatie, luchtvochtigheid en temperatuur, de verblijfsduur in het vliegtuig, en de aantallen passagiers variëren. De scenario's zijn grondslag voor de gevoeligheidsanalyse van de risicoschattingen, inclusief de simulatiemodellen. Vanzelfsprekend zijn onzekerheden onderdeel van de risicoschatting. De risicoschatting wordt uitgebreid naar aantallen vluchten in een periode met inbegrip van de prevalentie van de virusinfectie.

Resultaat: Risicoschatting van het risico op besmetting (blootstelling en infectie) van crew en passagiers met SARS-CoV-2 tijdens een vlucht voor een groot aantal scenario's specifiek voor vluchten, alsmede opgeschaald naar aantallen vluchten in een periode en rekening houdende met prevalentie. De risicoschattingen zijn inclusief onzekerheid.

Fase 4 (continu) – Op feiten gebaseerde kennis voor beleidsvorming

Per fase wordt continu een overzicht gegeven van de belangrijkste onderzoeksresultaten en de bijbehorende onzekerheidsmarge in begrijpelijke taal. Zo ontstaat tussentijds een steeds nauwkeuriger beeld van de besmettingsrisico's aan boord.

Resultaat: op feiten gebaseerde kennis voor beleidsvorming

Organisatie

Het onderzoek wordt uitgevoerd door NLR in samenwerking met RIVM. Daarnaast worden externe experts geraadpleegd. In het onderzoek is NLR verantwoordelijk voor projectcoördinatie en is NLR het vaste aanspreekpunt voor het Ministerie. Daarnaast brengt NLR operationele kennis in met betrekking tot het gebruik van cabine-luchtsystemen, het meten in en aan vliegtuigen, het passagiersproces en de condities aan boord van het vliegtuig.

Het RIVM brengt belangrijke medische en biologische kennis over viruseigenschappen, besmettingsrisico's en aanverwante zaken in en modelleert de risicoschatting op besmetting met SARS-CoV-2 in vliegtuigcabines. Daarnaast adviseert RIVM over de onderzoeksopzet. De externe experts leveren input op de literatuurstudies en geven een review op de onderzoeksresultaten waar dat mogelijk is met het oog op de vertrouwelijkheid van sommige data.

Tijdens de uitvoering van de werkzaamheden is (10)(2e) (M: 06 (10)(2e) / E: (10)(2e)@nlr.nl) het vaste aanspreekpunt voor de opdrachtgever. De werkzaamheden worden verder uitgevoerd door een team van experts, bestaande uit o.a.: (10)(2e) (NLR), (10)(2e) (NLR), (10)(2e) (RIVM), (10)(2e) (RIVM) en (10)(2e) (RIVM).

Kosten

Voor een omschrijving van de kosten wordt verwezen naar de offerte behorende bij deze projectschrijving.

Referenties

- EASA. (2020, Juni 30). *COVID-19 Aviation Health Safety Protocol*. Retrieved Juli 17, 2020, from EASA website: https://www.easa.europa.eu/sites/default/files/dfu/EASA-ECDC_COVID-19_Operational%20guidelines%20for%20management%20of%20passengers_v2.pdf
- Roosien, R., Peerlings, B., & Jabben, J. (2020). *Inventarisatie van de aanwezigheid van HEPA-filters in vliegtuigen op Nederlandse luchthavens*. Amsterdam: NLR.
- Schijven, J. F., Vermeulen, L. C., Swart, (10)(2e) e., Duizer, E., & de Roda Husman, A. M. (2020). *Exposure assessment for airborne transmission of SARS-CoV-2 via breathing, speaking, coughing and sneezing*. medRxiv.