Dedicated to innovation in aerospace

NLR-CR-2020-237 | juni 2020

Inventarisatie van de aanwezigheid van HEPA-filters in vliegtuigen op Nederlandse luchthavens

OPDRACHTGEVER: Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat



NLR – Koninklijk Nederlands Lucht- en Ruimtevaartcentrum

Dedicated to innovation in aerospace

Inventarisatie van de aanwezigheid van HEPA-filters in vliegtuigen op Nederlandse luchthavens



Probleemstelling

HEPA-filters zijn ontworpen als barrière tegen de verspreiding van ziekteverwekkers en andere ongewenste luchtdeeltjes aan boord van vliegtuigen. Deze filters zijn tegenwoordig de norm op moderne verkeersvliegtuigen en ook veel oudere types zijn uit te rusten met HEPA-filters. Echter, het was onbekend hoeveel oudere toestellen nog opereerden van de Nederlandse luchthavens zonder HEPA-filters.

Beschrijving van de werkzaamheden

In opdracht van het ministerie van Infrastructuur en Waterstaat (IenW) heeft NLR een inventarisatie gedaan van de aanwezigheid van HEPA-filters in passagiersvliegtuigen op de Nederlandse luchthavens. De inventarisatie is beperkt tot passagiersvliegtuigen met meer dan 19 zitplaatsen. De inventarisatie vond plaats op basis van vliegtuiginformatie (o.a. type en bouwjaar), uitingen van de luchtvaartmaatschappijen over het gebruik van HEPA-filters, en is geprojecteerd op vluchtinformatie van 2019. Het jaar 2020 is niet representatief door de grote daling van het aantal vliegbewegingen.

RAPPORTNUMMER
NLR-CR-2020-237

AUTEUR(S)
R.J. Roosien
B. Peerlings
J. Jabben

RUBRICERING RAPPORT
ONGERUBRICEERD

DATUM
juni 2020

KENNISGEBIED(EN)
Luchtvaartveiligheid
Externe Luchtvaart
Veiligheid en beleidsondersteuning

TREFWOORD(EN)
HEPA
Cabine
Luchtkwaliteit
Nederland

Resultaten en conclusies

Op basis van een analyse van alle vliegbewegingen in 2019 van en naar Nederlandse luchthavens kan de conclusie worden getrokken dat de overgrote meerderheid van de onderzochte vluchten is uitgevoerd met vliegtuigen voorzien van HEPA-filters. Voor 0,9% van de vliegbewegingen kan op basis van deze inventaris niet vanuit meerdere bronnen geconcludeerd worden of deze zijn uitgevoerd met HEPA-filters aan boord. Het betreft hier vluchten uitgevoerd door maatschappijen die geen uitingen hebben gedaan over het gebruik van HEPA-filters en/of opereren met overwegend kleinere en oudere vliegtuigtypes die af-fabriek niet zijn uitgerust met HEPA-filters, of waarvan binnen de gestelde tijd geen informatie gevonden kon worden over het cabineluchtsysteem. Nader onderzoek bij de fabrikant van de betreffende vliegtuigtypes en navraag bij de betreffende luchtvaartmaatschappijen zijn nodig om vast te kunnen stellen of HEPA-filters aanwezig zijn of niet.

Toepasbaarheid

Hoewel de inventaris een overwegend positief beeld laat zien van de aanwezigheid van HEPA-filters, konden verschillende gerelateerde aspecten binnen de gestelde tijd niet onderzocht worden. Zo is uitdrukkelijk niet onderzocht of de HEPA-filters aan boord correct gebruikt en onderhouden worden, en of deze effectief zijn in het voorkomen van virusverspreiding aan boord.

NLR
Anthony Fokkerweg 2
1059 CM Amsterdam, The Netherlands
p) +31 88 511 3113
e) info@nlr.nl i) www.nlr.nl

Dedicated to innovation in aerospace

NLR-CR-2020-237 | juni 2020

Inventarisatie van de aanwezigheid van HEPA-filters in vliegtuigen op Nederlandse luchthavens

OPDRACHTGEVER: Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat

AUTEUR(S):

R.J. Roosien	NLR
B. Peerlings	NLR
J. Jabben	NLR

NLR – Koninklijk Nederlands Lucht- en Ruimtevaartcentrum

Niets uit dit rapport mag worden vermenigvuldigd en/of openbaar gemaakt, op welke wijze dan ook, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de eigenaar.

OPDRACHTGEVER	**Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat**
CONTRACTNUMMER	**31161398**
EIGENAAR	**Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat**
NLR DIVISIE	**Aerospace Operations**
VERSPREIDING	**Beperkt**
RUBRICERING TITEL	**ONGERUBRICEERD**

GOEDGEKEURD DOOR:																		
AUTEUR							**REVIEWER**							**BEHERENDE AFDELING**					
R.J. Roosien							J. Kos							M.H. Nagelsmit					
DATUM	3	0	0	6	2	0	DATUM	3	0	0	6	2	0	DATUM	3	0	0	6	2	0

Samenvatting

Op basis van een inventarisatie van vluchtgegevens, vliegtuiginformatie en uitingen van luchtvaartmaatschappijen wordt geschat dat 99,1% van de passagiersvluchten met meer dan 19 stoelen van en naar Nederlandse luchthavens wordt uitgevoerd met een vliegtuig voorzien van HEPA-filters. Voor 0,9% was onvoldoende informatie beschikbaar vanuit meerdere bronnen in de gegeven tijd om een inschatting te maken.

Inhoudsopgave

Afkortingen 5

1 Inleiding 6
1.1 Achtergrond 6
1.2 Vraagstelling 6
1.3 Disclaimer 6

2 Aanpak 8
2.1 Vluchtinformatie 8
2.2 Analyse op basis van het vliegtuigtype en bouwjaar 9
2.3 Analyse van uitingen van luchtvaartmaatschappijen 10
2.4 Inschatting van de aanwezigheid van HEPA-filters 10

3 Resultaten 13
3.1 Analyse op basis van vliegtuigtype en bouwjaar 13
3.1.1 Airbus 13
3.1.2 Boeing 13
3.1.3 Embraer 15
3.1.4 Overige fabrikanten 15
3.2 Aanwezigheid van HEPA-filters volgens luchtvaartmaatschappijen 15
3.3 Gecombineerde resultaten 15
3.3.1 Situatie op Amsterdam Airport Schiphol 16
3.3.2 Situatie in Caribisch Nederland 17

4 Conclusie 19

5 Referenties 21

Appendix A Aanwezigheid van HEPA-filters per toesteltype 22
Appendix A.1 Airbus 22
Appendix A.2 Boeing 23
Appendix A.3 Embraer 23
Appendix A.4 Overige fabrikanten 24

Appendix B Overzicht van gebruik van HEPA-filters bij luchtvaartmaatschappijen 25
Appendix B.1 HEPA-filters in gebruik 25
Appendix B.2 Gebruik van HEPA-filters onbekend 28

Appendix C Resultaten voor andere vliegvelden 29
Appendix C.1 Eindhoven Airport 29
Appendix C.2 Rotterdam The Hague Airport 29
Appendix C.3 Groningen Airport Eelde 30
Appendix C.4 Maastricht Aachen Airport 30

Afkortingen

ACRONIEM	OMSCHRIJVING
BES	Bonaire, Sint Eustatius en Saba
EHAM	Amsterdam Airport Schiphol
EHBK	Maastricht Aachen Airport
EHEH	Eindhoven Airport
EHGG	Groningen Airport Eelde
EHRD	Rotterdam The Hague Airport
EIS	Entry into service (Nederlands: Jaar van eerste indiensttreding)
HEPA(-filter)	High-Efficiency Particulate Air (filter)
ICAO	International Civil Aviation Organization (Nederlands: Internationale Burgerluchtvaartorganisatie)
NLR	Koninklijk Nederlands Lucht- en Ruimtevaart Centrum

1 Inleiding

1.1 Achtergrond

De lucht in de cabine van de meeste moderne passagiersvliegtuigen bestaat uit een mengsel van verse buitenlucht en gerecirculeerde lucht. Dit mengsel wordt continu ververst. Het deel van de lucht dat de cabine verlaat en gerecirculeerd (hergebruikt) wordt, passeert eerst een luchtfilter om ziekteverwekkers en andere ongewenste deeltjes te verwijderen. Wanneer luchtfilters aan bepaalde normen voldoen mogen deze HEPA-filters (High-Efficiency Particulate Air filter) worden genoemd. HEPA-filters zijn een mogelijke barrière tegen de verspreiding van virussen aan boord van vliegtuigen. Voor de definitie van een HEPA-filter wordt de Europese NEN-EN 1822 norm uit 2019 gehanteerd. Hieronder vallen luchtfilters die minimaal 85% van *the most penetrating particle size* (MPPS) tegenhouden. In de praktijk gaat het dan om deeltjes van rond de 0,3 µm in diameter. De classificering geeft aan hoeveel procent van de MPPS deeltjes wordt tegengehouden, dit loopt uiteen van > 85% (klasse E10) tot > 99,999995% (klasse U17). HEPA-filters in luchtvaartcabine recirculatiesystemen hebben doorgaans een classificering van >99,95% of beter[1]. HEPA-filters zijn geen onderdeel van de certificatie eisen voor verkeersvliegtuigen (EASA, 2020).

Enkele oude vliegtuigtypes uit de jaren 70/80 die nog in gebruik zijn, recirculeren hun cabinelucht niet. Alle lucht die de cabine binnenkomt, komt van buiten. Hiermee is een HEPA-filter niet van toepassing. Uit brandstofbesparing is er van dit principe afgestapt. Voor het doel van deze inventaris worden deze types beschouwd als ware voorzien van HEPA-filters.

1.2 Vraagstelling

In opdracht van het ministerie van Infrastructuur en Waterstaat (IenW) heeft Koninklijke NLR een inventarisatie gedaan van de aanwezigheid van HEPA-filters in passagiersvliegtuigen op de Nederlandse luchthavens. De inventarisatie is beperkt tot passagiersvliegtuigen met meer dan 19 zitplaatsen.

1.3 Disclaimer

Het is op dit moment nog niet volledig duidelijk hoe het virus dat COVID-19 veroorzaakt zich verspreidt. HEPA-filters spelen mogelijk een belangrijke rol in het beperken of voorkomen van de verspreiding van het virus aan boord van vliegtuigen. IenW heeft aan NLR gevraagd een inventarisatie te maken van de aanwezigheid van HEPA-filters in vliegtuigen die passagiers van en naar Nederlandse luchthavens vervoeren.

[1] minimale deeltjesverwijdering van 99,99% (gemeten met natrium vlam test volgens de Engelse Standaard BS.3928, sinds 1994 aangehouden door Airbus) of 99,97% (gemeten volgens DOP test ASTM publicatie D 2986-95, sinds 1998 aangehouden door Boeing) voor deeltjes met een afmeting van 0,3 µm

In het NLR-onderzoek is alleen nagegaan of de vliegtuigen zijn voorzien van een dergelijk HEPA-filter. Of deze luchtfilters daadwerkelijk effectief zijn in de bescherming tegen het veroorzaken van COVID-19, de gezondheid aan boord van vliegtuigen, en onderhoud en inspectie van HEPA-filters, is niet onderzocht. De analyse is daarnaast in zeer korte tijd uitgevoerd en is gebaseerd op alleen die bronnen die binnen dit tijdsbestek voorhanden waren. Om misverstanden te voorkomen wordt daarom in het rapport duidelijk aangegeven waarop de resultaten zijn gebaseerd. Binnen de korte tijd die het onderzoek gegund is, heeft slechts zeer beperkt wederhoor kunnen plaatsvinden met fabrikanten en luchtvaartmaatschappijen. Naarmate meer informatie beschikbaar komt, kunnen de resultaten nader gepreciseerd en geduid worden.

2 Aanpak

Voor de inventarisatie is gebruik gemaakt van twee sporen: een analyse op basis van het vliegtuigtype en bouwjaar, en een analyse van uitingen van luchtvaartmaatschappijen over de aanwezigheid van HEPA-filters in hun operatie. De bevindingen uit beide sporen zijn geprojecteerd op actuele vluchtdata en leiden zo tot een inschatting van de aanwezigheid van HEPA-filters bij de passagiersvliegtuigen met meer dan 19 stoelen die opereren op de Nederlandse luchthavens.

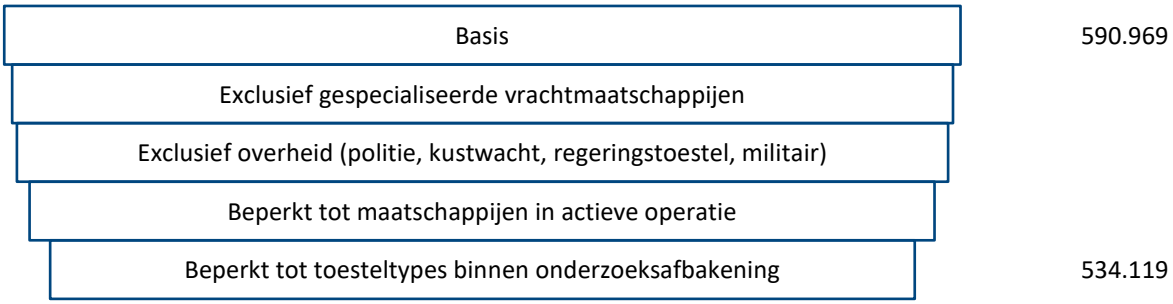
De inventarisatie in dit onderzoek richt zich enkel op de aanwezigheid van HEPA-filters en niet op het gebruik (o.a. onderhoud, tijdige vervanging en inspectie) of de effectiviteit van deze filters. Het onderzoek is verder beperkt tot vluchten van en naar de grotere Nederlandse luchthavens: Amsterdam Airport Schiphol, Eindhoven Airport, Rotterdam The Hague Airport, Groningen Airport Eelde en Maastricht Aachen Airport. Tevens is er een losstaande analyse verricht voor Bonaire, Sint Eustatius en Saba (BES).

2.1 Vluchtinformatie

De inventarisatie is gebaseerd op vluchtinformatie uit het eigen FANOMOS[2] en vluchtinformatie van de regionale vliegvelden die beschikbaar is gesteld aan NLR. De gegevens beslaan de periode van 1 januari tot en met 31 december 2019. Het jaar 2020 is niet representatief door de grote daling van het aantal vliegbewegingen[3]. Wel is rekening gehouden met luchtvaartmaatschappijen die in 2019 en 2020 failliet zijn gegaan of niet meer in Nederland actief zijn[4].

De vluchtgegevens van de regionale luchthavens zijn beperkt tot straalvliegtuigen, turbopropvliegtuigen met startgewicht boven 5700 kg of minder indien opererend onder instrumentvliegvoorschriften, en propellervliegtuigen met startgewicht boven 5.700 kg. Daarnaast zijn de operaties op Eindhoven Airport beperkt tot civiel verkeer.

Deze dataset is vervolgens teruggebracht tot die vluchten die binnen de afbakening van de inventarisatie vallen. Figuur 1 toont de toegepaste filters en het effect daarvan op het totaalaantal vliegtuigbewegingen in de dataset.



Figuur 1: Op de dataset met vluchtinformatie toegepaste filters

De uiteindelijke dataset bestaat uit 534.119 vliegtuigbewegingen, of 90.4% van het totaal aantal bewegingen in de basis-dataset. Ruim 88% daarvan betreft bewegingen op Schiphol.

[2] FANOMOS: Airport Noise and Flight Track Monitoring data, https://www.nlr.org/capabilities/airport-noise-and-flight-track-monitoring/
[3] In het tweede kwartaal van 2020 is de luchtvaartactiviteit in Europa met meer dan 90% (!) afgenomen ten opzichte van een jaar eerder (EUROCONTROL, 2020).
[4] Maatschappijen waarvan de operatie inmiddels is gestaakt zijn Flybe, DAT Danish Air Transport, Level Europe, Jet Airways, Atlasjet / Atlas Global en WOW Air.

De dataset geeft per vliegbeweging weer wie de vlucht heeft uitgevoerd en met welke vliegtuig (registratienummer en vliegtuigtype).

In een klein aantal gevallen is de data niet volledig en is de operator van de vlucht onbekend (30 gevallen) of is de registratie van het toestel waarmee de vlucht is uitgevoerd onbekend (1.137 gevallen). Van 476 vluchten kon de naam van de luchtvaartmaatschappij niet worden aangevuld met behulp van publiek beschikbare data (OpenFlights.org). Deze vluchten maken wel deel uit van de dataset. Mogelijk zijn hierdoor enkele cargo-vluchten ten onrechte meegenomen in de analyse[5]. Het gaat om een relatief zeer beperkt aandeel vluchten (minder dan 0.1%).

2.2 Analyse op basis van het vliegtuigtype en bouwjaar

Op basis van uitspraken van vliegtuigfabrikanten en leveranciers van HEPA-filters is vastgesteld of een toestel geleverd is met HEPA-filters en/of HEPA-filters voor een bepaald toestel geleverd worden. Vliegtuigtypes zijn echter vaak een lange periode (decennia) verkrijgbaar en worden tussentijds aangepast. Daarom is niet alleen gekeken naar het introductiejaar van het vliegtuigtype, maar ook naar het specifieke bouwjaar van het betreffende vliegtuig.

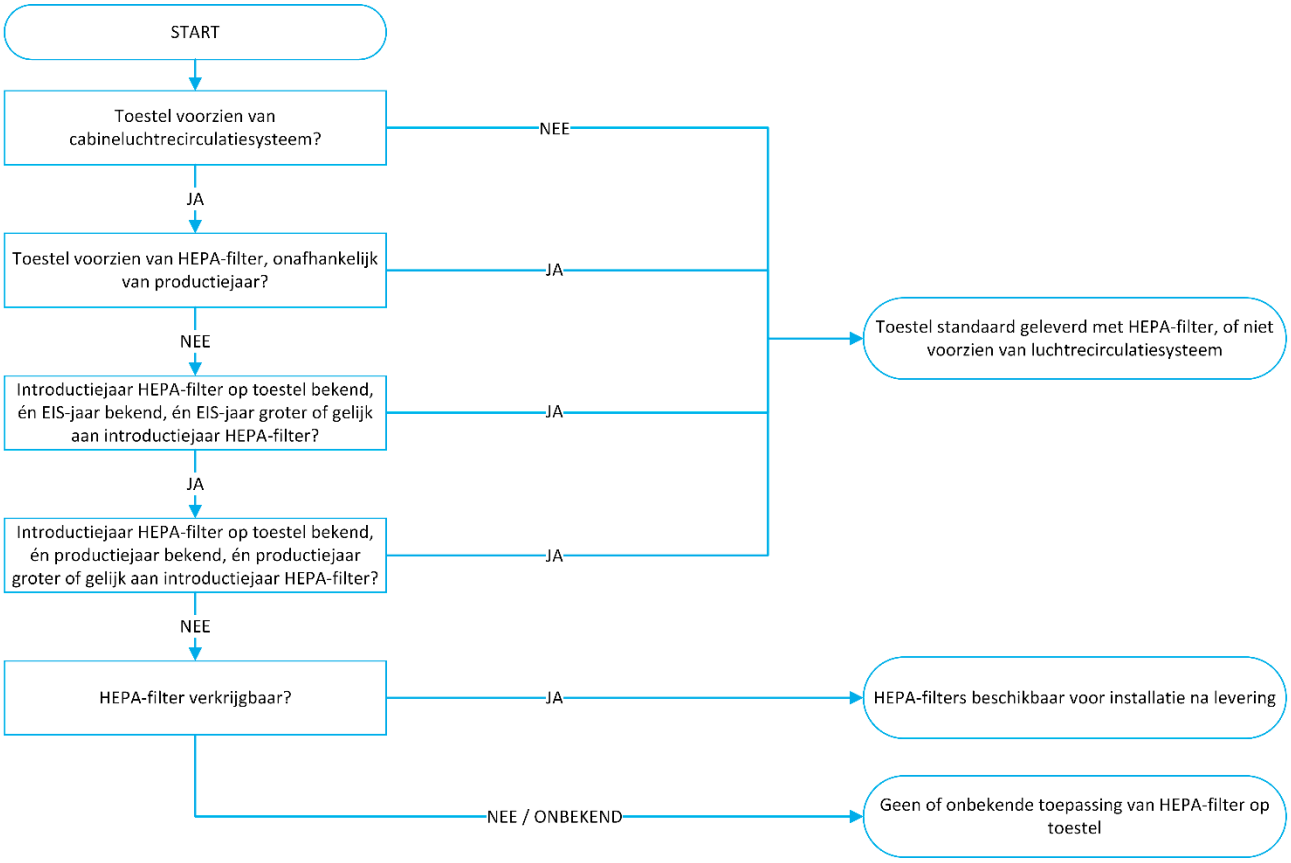
Het productiejaar is vastgesteld op basis van de registratie van het toestel, zoals bekend in het Nederlands luchtvaartregister en de commerciële vliegtuigendatabase ASCEND[6]. Van sommige vluchten is de registratie onbekend (1135 vluchten) of ontbrak de opgezochte registratie in de database (3218 vluchten). In deze gevallen is (conservatief) uitgegaan van de datum van eerste indiensttreding (*entry into service*). Deze informatie is afkomstig uit 'Jane's All The World Aircraft, Development and Production' (Jane's Group UK Limited, 2020).

De inschatting is vervolgens gemaakt op basis van publiek toegankelijke bronnen, uitspraken van de fabrikant (online of in reactie op vraagstelling in het kader van dit onderzoek) en het aanbod van HEPA-filters door toeleveranciers.

Figuur 2 geeft weer hoe de informatie heeft geleid tot een indeling in drie groepen:

1. Vliegtuigtype is af-fabriek geleverd met HEPA-filter of de cabinelucht wordt niet gerecirculeerd waardoor een HEPA-filter niet van toepassing is
2. HEPA-filters zijn beschikbaar als retro-fit voor vliegtuigtype
3. Geen of onvoldoende bewijs gevonden tijdens dit onderzoek voor aanwezigheid HEPA-filter

[5] Alleen vrachtvluchten van gespecialiseerde vrachtmaatschappijen zijn uit de dataset weggefilterd. Dat wil zeggen dat de dataset wél vrachtvluchten bevat van maatschappijen die zowel passagiers- als vrachttoestellen (*full freighters*) opereren.
[6] Peildatum augustus 2019. Toestellen met een onbekende registratie zijn uit de ASCEND-database verwijderd. Daarin meervoudig vermelde toestelregistraties met een identiek bouwjaar zijn teruggebracht tot enkele vermeldingen.



Figuur 2: Beslisboom t.b.v. de combinatie van beschikbare toestelinformatie

2.3 Analyse van uitingen van luchtvaartmaatschappijen

Voor deze inventarisatie is literatuuronderzoek gedaan naar uitspraken van in de dataset voorkomende luchtvaartmaatschappijen over het gebruik van HEPA-filters in toestellen van hun vloot. Daarbij is gebruik gemaakt van de websites van deze maatschappijen, naast uitlatingen op sociale media of andere (pers)berichtgeving. Vanwege beperkte uitvoeringstijd zijn geen andere bronnen geraadpleegd ter verificatie. De resultaten van deze analyse zijn vergeleken met de resultaten van een inventarisatie die Schiphol op eigen initiatief is gestart onder de luchtvaartmaatschappijen die opereren van de luchthaven.

Van 30 vluchten in 2019 is de operator in het geheel onbekend en van 446 vluchten kon de naam van de luchtvaartmaatschappij niet binnen de gestelde tijd worden vastgesteld. Zodoende kan voor deze vluchten geen uitsluitsel gegeven worden over de aanwezigheid van HEPA-filters op basis van de informatie van luchtvaartmaatschappijen.

2.4 Inschatting van de aanwezigheid van HEPA-filters

De hierboven beschreven aanpak leidt tot een overzicht met de luchtvaartmaatschappij, vliegtuigtype, bouwjaar, het aantal vliegbewegingen, inschatting op basis van type en bouwjaar en inschatting op basis van de luchtvaartmaatschappij per vliegbeweging. Dit overzicht is geïllustreerd in Tabel 1.

Tabel 1: Illustratieve weergave van een deel van de dataset met vluchtinformatie, uitgebreid met informatie over het gebruik van HEPA-filters op basis van informatie over toestel en luchtvaartmaatschappij

Luchthaven	Operator	Type	Registratie	Bouwjaar	Aantal vluchten	Aanwezigheid HEPA o.b.v. toestel	Aanwezigheid HEPA o.b.v. operator
EHAM	XXX	B738	AB-CDF	2002	3	Ja	Ja
EHAM	YYY	A20N	AB-CDG	2018	4	Ja	Onbekend
EHEH	ZZZ	E295	AB-CDH	2017	1	Ja	Ja
EHGG	AAA	B737	AB-CDI	1998	1	Retro-fit mogelijk	Onbekend
EHAM	ZZZ	A333	AB-CDJ	2004	2	Ja	Ja
EHBK	XXX	B772	AB-CDK	1998	2	Retro-fit mogelijk	Ja

Vervolgens zijn de resultaten van beide analyse tegen elkaar afgezet in een kruistabel zoals getoond in Tabel 2. Om de methodiek uit te leggen zijn de velden, kolommen en rijen genummerd.

Tabel 3 toont de betekenis per veld.

Tabel 2: Kruistabel ten behoeve van de inschatting van de aanwezigheid van HEPA-filters, op basis van toestelgegevens en informatie van luchtvaartmaatschappijen

	Geen of onbekende toepassing van HEPA-filter op toestel	***HEPA-filters beschikbaar voor installatie na levering***	***Toestel af-fabriek geleverd met HEPA-filter (of heeft geen luchtrecirculatie)***	*Rij-totalen*
Luchtvaartmaatschappij gebruikt HEPA-filters	1	2	3	Rij X
Gebruik HEPA-filters door luchtvaartmaatschappij onbekend	4	5	6	Rij Y
Luchtvaartmaatschappij gebruikt geen HEPA-filters	7	8	9	Rij Z
Kolom-totalen	Kolom A	Kolom B	Kolom C	100%

Tabel 3: Betekenissen van de individuele cellen

Veld	Toelichting, percentage vluchten waarvoor geldt…
1	Maatschappij geeft gebruik HEPA aan, voor het vliegtuigtype is geen informatie beschikbaar
2	Maatschappij geeft gebruik HEPA aan, HEPA beschikbaar voor type als retro-fit
3	Maatschappij geeft gebruik HEPA aan, type af-fabriek met HEPA (of gebruikt geen recirculatie)
4	Gebruik HEPA door maatschappij onbekend, voor het vliegtuigtype is geen informatie beschikbaar
5	Gebruik HEPA door maatschappij onbekend, HEPA beschikbaar voor type als retro-fit
6	Gebruik HEPA door maatschappij onbekend, type af-fabriek met HEPA (of gebruikt geen recirculatie)
7	Maatschappij gebruikt geen HEPA , voor het vliegtuigtype is geen informatie beschikbaar
8	Maatschappij gebruikt geen HEPA , HEPA beschikbaar voor type als retro-fit
9	Maatschappij gebruikt geen HEPA, type af-fabriek met HEPA (of gebruikt geen recirculatie)
Kolom A	Totalen – geen conclusie op basis van vliegtuigtype
Kolom B	Totalen – HEPA filter beschikbaar voor vliegtuigtype als retro-fit
Kolom C	Totalen – vliegtuigtype af-fabriek met HEPA (of gebruikt geen recirculatie)
Rij X	Totalen –maatschappij geeft gebruik HEPA aan

Rij Y	Totalen –informatie over gebruik HEPA door maatschappij niet gevonden
Rij Z	Totalen – maatschappij gebruikt geen HEPA

3 Resultaten

Dit hoofdstuk presenteert de resultaten van het onderzoek. Sectie 3.1 toont de resultaten op basis van toestelgegevens, sectie 3.2 toont de resultaten op basis van uitspraken van luchtvaartmaatschappijen. Beide sporen worden gecombineerd in sectie 3.3. Sub-secties 3.3.1 en 3.3.2 gaan specifiek in op de situatie op Schiphol en de situatie op de BES-eilanden in het Caribisch deel van Nederland.

3.1 Analyse op basis van vliegtuigtype en bouwjaar

Een overzicht van de geanalyseerde vliegtuigtypes is opgenomen in Appendix A, hieronder volgt een samenvatting van de bevindingen voor de belangrijkste types.

3.1.1 Airbus

HEPA-filters worden standaard toegepast in toestellen die vanaf 1994 zijn geproduceerd (Airbus, 2020). Voor de eerder geproduceerde Airbus toestellen zijn na 1994 HEPA-filters als retro-fit op de markt gekomen.

Bovenstaande wordt door Airbus na een uitvraag in het kader van de inventaris bevestigd:

> *"All Airbus aircraft manufactured since 1994 are fitted with High Efficiency Particulate Arrestors (HEPA) filters. The Airbus fleet in operation worldwide is equipped with HEPA-filters with the exception of a few A310s and A300-600 aircraft. A HEPA-filter retrofit solution is available for these few aircraft though service bulletin 21-2057 (for A310 aircraft) and service bulletin 21-6046 (for A300- 600 aircraft)."*

3.1.2 Boeing

Meerdere openbare bronnen wijzen erop dat Boeing voor het eerst HEPA-filters toepaste in 1998 op de Boeing 747-400 (Michaelis & Loraine, 2005) en dat in ieder geval per 2003 alle Boeings standaard voorzien worden van HEPA-filters (United States Congress, 2003; United States General Accounting Office, 2004).

In een schriftelijke reactie op een uitvraag in het kader van dit onderzoek heeft Boeing het volgende laten weten met betrekking tot de aanwezigheid van HEPA-filters in haar producten[7]:

> *"All Boeing commercial production aircraft are delivered with HEPA-filters*
> *Boeing 737, 747, 757, 767, 777 models have been delivered with HEPA-filters since the late 1990's. The HEPA-filters meet MIL STD 282, 99.97% efficiency requirement*
> *Boeing 787 was delivered with HEPA/APS filters since delivery in 2011*
> *MD80, MD90 aircraft offer HEPA-type filters in the spares market since 2000*

[7] McDonnell Douglas, de oorspronkelijke fabrikant van o.a. de MD80 en MD90, is eind jaren 90 overgenomen door Boeing.

HEPA-filters are available on all Boeing commercial aircraft with the exception of the MD80 and MD90 aircraft which have HEPA-type filters available"
HEPA-filters have been available since the late 1990's for 737, 747, 757, 767 and 777 models. HEPA-filters are basic since the inception of the 787 aircraft

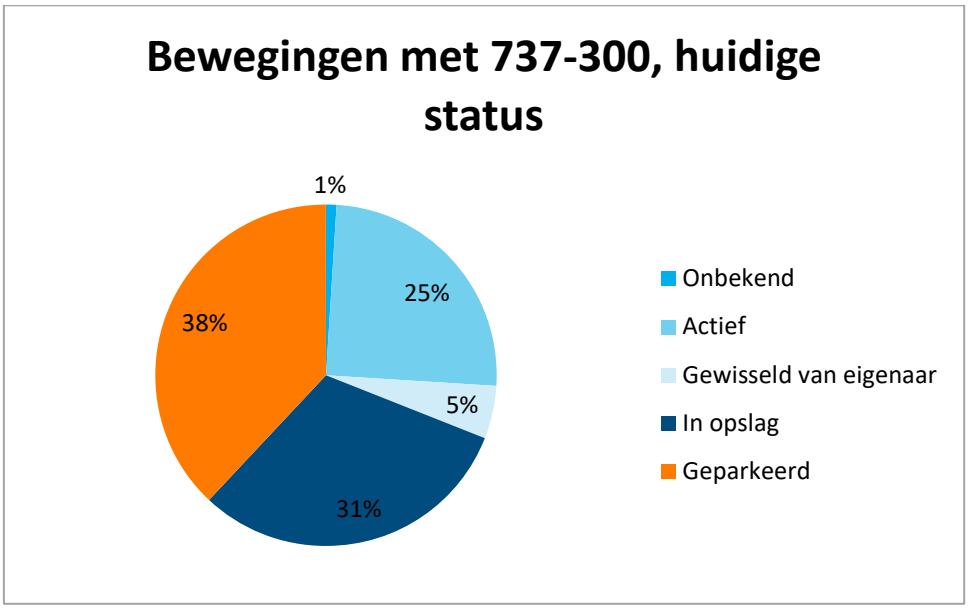
Op basis van de door Boeing beschikbaar gestelde informatie wordt er in dit onderzoek vanuit gegaan dat alle Boeing-toestellen die sinds 2000 zijn geproduceerd, af-fabriek zijn uitgerust met een HEPA-filter en dat voor alle types, met uitzondering van de 727-200 (10 vluchten), HEPA-filters beschikbaar zijn.

Boeing 737-300

In 2003 is vastgesteld dat een met SARS geïnfecteerde passagier het virus aan 22 andere passagiers heeft overgedragen (Olsen, et al., 2003). Deze casus is recent ook in de Nederlandse media aangehaald (Sajet, 2020). Zodoende is op verzoek van IenW extra aandacht besteed aan toestellen van dit type.

De geanalyseerde dataset bevat 2.255 vluchten die met een Boeing 737-300 zijn uitgevoerd. Eerder aangehaalde bronnen laten zien dat HEPA-filters voor dit type worden aangeboden (PALL, 2020; Turkish Directorate General of Civil Aviation, 2020) daar mee is de 737-300 (volgens Figuur 2) geclassificeerd als 'HEPA-filters beschikbaar voor installatie na levering'.

In deze subset zaten 50 individuele vliegtuigregistraties. Alle vliegtuigen met meer dan 3 vliegbewegingen zijn nader onderzocht (Airfleets.net, 2020), hiermee is 1% van de vliegbewegingen uitgesloten van de analyse. 10 toestellen verantwoordelijk voor 25% van de bewegingen zijn nog actief bij dezelfde luchtvaartmaatschappij, 5 toestellen verantwoordelijk voor 5% van de bewegingen zijn inmiddels gewisseld van eigenaar, 7 toestellen verantwoordelijk voor 31% van de bewegingen is in opslag. Meestal betekent dit dat een vliegtuig niet meer terugkeert in operatie. 16 toestellen verantwoordelijk voor 38% van de bewegingen staan momenteel geparkeerd. Hiervan is het onduidelijk of deze zullen terugkeren in de operatie.



3.1.3 Embraer

In een reactie op dit onderzoek heeft Embraer aangegeven dat alle modellen uit de eerste en tweede generatie E-Jets[8] af-fabriek zijn voorzien van HEPA-filters:

> *E1 and E2 from commercial are delivered by default as well as Executive Praetors 500 and 600. The smaller executive airplanes don't have HEPA.*

De modellen uit de ERJ-serie[9] hebben geen HEPA-filters aan boord. Een retrofit kit voor deze types is in ontwikkeling.

> *Studies for adding HEPA-filter on ERJ-145 are in progress. It should be defined still this year.*

3.1.4 Overige fabrikanten

Voor vliegtuigtypen van de overige fabrikanten is binnen de gestelde tijd geen informatie van fabrikanten verkregen. De inschatting van de aanwezigheid van HEPA-filters is daarom gebaseerd op de productieperiode en de beschikbaarheid van retro-fit HEPA-filters. Hieruit blijkt dat een beperkt aantal, voornamelijk oudere typen vliegtuigen waarschijnlijk geen gebruik maakt van HEPA-filters.

Dit betreft toestellen van het type Aerospatiale/Alenia ATR 42/72, Avro RJ100/RJ85, Antonov An-72, BAe 146-100 / -200 en Jetstream 41, Fokker 50/70/100, McDonnell Douglas MD-11 / -82 / -83, Saab SF340A/B en Yakovlev Yak-40. Deze toestellen en hun aandeel in het totaal aantal vluchten zonder HEPA-filter zijn als zodanig in de resultaten verwerkt.

3.2 Aanwezigheid van HEPA-filters volgens luchtvaartmaatschappijen

96.9% van de in dit onderzoek geanalyseerde vluchten is uitgevoerd door een luchtvaartmaatschappij die gebruik maakt van HEPA-filters. Een overzicht van geanalyseerde luchtvaartmaatschappijen die gebruikmaken van HEPA-filters is opgenomen in Appendix B.

Deze resultaten zijn in lijn met een inventarisatie van Schiphol naar de aanwezigheid van HEPA-filters in de vloot van haar luchtvaartmaatschappijen. De 51 (van 73 benaderde) luchtvaartmaatschappijen die tot nu toe hebben kunnen reageren op de uitvraag door de luchthaven gaven allen aan HEPA-filters aan boord te hebben. Samen zijn zij verantwoordelijk voor 93% van de vluchten op Schiphol in 2019 en 2020 (tot nu toe).

3.3 Gecombineerde resultaten

Tabel 4 toont de gecombineerde resultaten van de analyse op basis van toestelgegevens en de informatie van luchtvaartmaatschappijen. Hierbij is de werkwijze van Tabel 2 gevolgd, zie sectie 2.4. Dit betreft de resultaten voor de

[8] E170 / 175 / 190 / 195 / 195-E2
[9] ERJ 135 / 140 / 145. In een aparte mail is door Embraer bevestigd dat de in ontwikkeling zijnde kit voor de ERJ145 ook geschikt is voor de ERJ135 en ERJ140.

ruwweg 534.000 passagiersvluchten die in 2019 van en naar Nederlandse luchthavens (Schiphol, Rotterdam-Den Haag, Maastricht, Eindhoven (civiel) en Eelde) hebben plaatsgevonden.

Tabel 4: Aandeel vluchten en beschikbare informatie over de aanwezigheid van HEPA-filters

	Geen of onbekende toepassing van HEPA-filter op toestel	***HEPA-filters beschikbaar voor installatie na levering***	***Toestel af-fabriek geleverd met HEPA-filter (of heeft geen luchtrecirculatie)***	*Totaal*
Luchtvaartmaatschappij gebruikt HEPA-filters	0,2%	5,4%	91,6%	97,2%
Gebruik HEPA-filters door luchtvaartmaatschappij onbekend	0,5%	0,2%	2,1%	2,8%
Luchtvaartmaatschappij gebruikt geen HEPA-filters	0%	0%	0%	0%
Totaal	0,7%	5,6%	93,7%	100%

Tabel 4 leidt tot de volgende observaties:

- 0,5% van de vliegbewegingen zijn uitgevoerd door maatschappijen waarvan niet bekend is of deze HEPA-filters gebruiken. Deze zijn uitgevoerd met een vliegtuigtype waarvan niet met zekerheid gesteld kan worden dat deze zijn voorzien van HEPA-filters, hetzij af-fabriek, hetzij als retro-fit
- 0,2% van de vliegbewegingen zijn uitgevoerd door maatschappijen waarvan niet bekend is of deze HEPA-filters gebruikt, echter zijn voor dit vliegtuigtype wel HEPA-filters beschikbaar als retro-fit
- 0,2% van de vliegbewegingen zijn uitgevoerd door maatschappijen die aangeven HEPA-filters te gebruiken, maar waar voor het vliegtuigtype binnen de gestelde tijd geen informatie voor handen is om dat te bevestigen
- De overige 99,1% van de onderzochte vliegbewegingen zijn uitgevoerd door een vliegtuig die af-fabriek is geleverd is met HEPA-filters of waarvoor HEPA-filters leverbaar zijn als retro-fit en de maatschappij aangeeft HEPA filters te gebruiken
- Geen enkele luchtvaartmaatschappij stelt expliciet geen HEPA-filters te gebruiken.

Resultaten specifiek voor Amsterdam Airport Schiphol en Caribisch Nederland worden in de volgende sub-secties behandeld. Appendix C toont de resultaten voor de andere geanalyseerde vliegvelden.

3.3.1 Situatie op Amsterdam Airport Schiphol

Tabel 5 toont het aandeel vluchten en beschikbare informatie over de aanwezigheid van HEPA-filters voor vluchten die van en naar Amsterdam Airport Schiphol zijn uitgevoerd in 2019. Dit betreft 470.126 geanalyseerde vliegtuigbewegingen[10].

[10] De Traffic Review van 2019 toont 482.670 *schedulded* en *non-scheduled* passagiersvluchten (Schiphol, 2019). Het aantal geanalyseerde vliegtuigbewegingen is voornamelijk lager omdat vluchten die uitgevoerd zijn door maatschappijen die hun operatie hebben gestaakt uit de dataset zijn verwijderd, als vermeldt in Sectie 2.1.

Tabel 5: Aandeel vluchten en beschikbare informatie over de aanwezigheid van HEPA-filters voor Amsterdam Airport Schiphol

	Geen of onbekende toepassing van HEPA-filter op toestel	***HEPA-filters beschikbaar voor installatie na levering***	***Toestel af-fabriek geleverd met HEPA-filter (of heeft geen luchtrecirculatie)***	*Totaal*
Luchtvaartmaatschappij gebruikt HEPA-filters	0,2%	5,7%	91,6%	97,5%
Gebruik HEPA-filters door luchtvaartmaatschappij onbekend	0,1%	0,2%	2,2%	2,5%
Luchtvaartmaatschappij gebruikt geen HEPA-filters	0%	0%	0%	0%
Totaal	0,3%	5,9%	93,8%	100%

De resultaten voor Amsterdam Airport Schiphol komen grotendeels overeen met de gecombineerde resultaten van de vijf geanalyseerde luchthavens in het Europese deel van Nederland (in Tabel 4). Voor 0,5% van de vliegbewegingen kon binnen de gestelde tijd niet vanuit meerdere bronnen vastgesteld worden dat de vliegbewegingen zijn uitgevoerd met HEPA-filters.

3.3.2 Situatie in Caribisch Nederland

Tabel 6 toont het aandeel vluchten en beschikbare informatie over de aanwezigheid van HEPA-filters voor vluchten die van en naar de BES-eilanden (Bonaire, Sint Eustatius en Saba) zijn uitgevoerd in 2019. Dit betreft 2.618 geanalyseerde vliegtuigbewegingen. Deze vluchten maken geen deel uit van de in sectie 3.1 beschreven dataset of de in Tabel 4 opgenomen resultaten, maar worden hier apart besproken.

Tabel 6: Aandeel vluchten en beschikbare informatie over de aanwezigheid van HEPA-filters voor vluchten van, naar en in Caribisch Nederland

	Geen of onbekende toepassing van HEPA-filter op toestel	***HEPA-filters beschikbaar voor installatie na levering***	***Toestel af-fabriek geleverd met HEPA-filter (of heeft geen luchtrecirculatie)***	*Totaal*
Luchtvaartmaatschappij gebruikt HEPA-filters	0%	14,4%	60,4%	74,8%
Gebruik HEPA-filters door luchtvaartmaatschappij onbekend	9,8%	1,2%	14,2%	25,2%
Luchtvaartmaatschappij gebruikt geen HEPA-filters	0%	0%	0%	0%
Totaal	9,8%	15,6%	74,6%	100%

De resultaten voor Caribisch Nederland wijken duidelijk af van de resultaten voor het Europese deel van Nederland (Tabel 4). Het aandeel vluchten dat is uitgevoerd door luchtvaartmaatschappijen waardoor het gebruik van HEPA-filters onbekend is, is ruim 8 keer hoger (3,1% voor Europees Nederland; 25,2% voor Caribisch Nederland). Het aantal

vluchten uitgevoerd met toestellen zonder HEPA-filter of met onbekende toepassing van HEPA-filters is 14 keer hoger (0,7% voor Europees Nederland; 9,8% voor Caribisch Nederland).

Twee factoren vormen een verklaring voor deze verschillen. Allereerst zijn de productiejaren van de toestellen in de dataset met vluchten in, van en naar Caribisch Nederland onbekend. Bij toestellen die niet gedurende hun hele productieperiode van HEPA-filters zijn voorzien, is de toepassing van HEPA-filters als onbekend beschouwd. Daarnaast worden er in Caribisch Nederland meer kleinere en oudere toestellen gebruikt, waarvoor binnen de gestelde tijd minder informatie voorhanden was.

4 Conclusie

Het Ministerie van IenW heeft aan NLR gevraagd een inventarisatie te maken van de aanwezigheid van HEPA-filters in vliegtuigen die passagiers van en naar Nederlandse luchthavens vervoeren. In dit NLR-onderzoek is alleen nagegaan of de vliegtuigen zijn voorzien van een dergelijk HEPA-filter. Of deze luchtfilters daadwerkelijk effectief zijn in de bescherming tegen het veroorzaken van COVID-19, de gezondheid aan boord van vliegtuigen, en onderhoud en inspectie van HEPA-filters, is niet onderzocht. Enkele oude vliegtuigtypes uit de jaren 70/80 die nog in gebruik zijn, recirculeren hun cabinelucht niet. Alle lucht die de cabine binnenkomt, komt van buiten. Hiermee is een HEPA-filter niet van toepassing. Voor het doel van deze inventaris worden deze types beschouwd als ware voorzien van HEPA-filters. Binnen de korte tijd die het onderzoek gegund is, heeft slechts zeer beperkt wederhoor kunnen plaatsvinden met fabrikanten en luchtvaartmaatschappijen. Naarmate meer informatie beschikbaar komt, kunnen de resultaten nader gepreciseerd en geduid worden.

Op basis van een analyse van alle vliegbewegingen in 2019 van en naar Nederlandse luchthavens kan de conclusie worden getrokken dat de overgrote meerderheid van de passagiersvluchten met meer dan 19 stoelen is uitgevoerd met vliegtuigen voorzien van HEPA-filters.

99,3% van de onderzochte vliegbewegingen is uitgevoerd met vliegtuigen waarvan gesteld kan worden dat die af-fabriek geleverd zijn met HEPA-filters, of waarvoor HEPA-filters als retro-fit beschikbaar zijn. De daarvoor gebruikte bronnen zijn openbare publicaties, uitspraken van fabrikanten, of beschikbaarheid van onderdelen bij toeleveranciers op basis van type en bouwjaar. Voor 0,7% van de vluchten kan op basis van toesteltype en bouwjaar geen conclusie worden getrokken over de aanwezigheid van HEPA-filters.

De combinatie van deze gegevens met uitspraken van de luchtvaartmaatschappijen op hun websites over de aanwezigheid van HEPA-filters bevestigt bovenstaande bevindingen. Op basis van type, bouwjaar en luchtvaartmaatschappij is zeer waarschijnlijk dat 99,1% van de vluchten uitgevoerd is met HEPA-filters aan boord. Voor 0,9% van de vliegbewegingen kan op basis van deze inventaris niet uit meerdere bronnen geconcludeerd worden of deze zijn uitgevoerd met HEPA-filters aan boord. Het betreft hier vluchten uitgevoerd door maatschappijen die geen uitingen hebben gedaan over het gebruik van HEPA-filters en/of opereren met overwegend kleinere en oudere vliegtuigtypes die af-fabriek niet zijn uitgerust met HEPA-filters, of waarvan binnen de gestelde tijd geen informatie gevonden kon worden over het cabineluchtsysteem. Nader onderzoek bij de fabrikant van de betreffende vliegtuigtypes en navraag bij de betreffende luchtvaartmaatschappijen zijn nodig om vast te kunnen stellen of HEPA-filters aanwezig zijn of niet.

Specifiek voor Schiphol blijkt uit de geanalyseerde gegevens dat 99,7% van de vliegbewegingen is uitgevoerd met een vliegtuig waarvoor een HEPA-filter af-fabriek geleverd wordt of beschikbaar is voor installatie achteraf. Gekoppeld aan uitingen van de luchtvaartmaatschappijen wordt verwacht dat 99,5% van de vliegbewegingen is uitgevoerd met een HEPA-filter aan boord. Voor 0,5% van de vliegbewegingen kan op basis van deze inventarisatie niet vanuit meerdere bronnen geconcludeerd worden of deze zijn uitgevoerd met HEPA-filters aan boord.

In het Caribisch gebied worden vanaf Bonaire internationale vluchten uitgevoerd die vallen binnen de afbakening van dit onderzoek. Wegens minder beschikbare informatie zijn deze vluchten minder gedetailleerd geanalyseerd. Toch kan op basis van vliegtuigtype en bouwjaar worden vastgesteld dat 90,2% van de vliegbewegingen binnen de afbakening van dit onderzoek in 2019 is uitgevoerd met een vliegtuig waarvoor een HEPA-filter beschikbaar is. Gekoppeld aan uitingen van de luchtvaartmaatschappijen is 89,0% van de vliegbewegingen waarschijnlijk uitgevoerd met een HEPA-

filter aan boord. Voor 11,0% van de vliegbewegingen kan op basis van deze inventarisatie niet geconcludeerd worden of deze zijn uitgevoerd met HEPA-filters aan boord.

5 Referenties

Airbus. (2020). *Cabin and Comfort*. Opgeroepen op juni 22, 2020, van Passenger Aircraft: https://www.airbus.com/aircraft/passenger-aircraft/cabin-comfort.html

Airfleets.net. (2020). *Airfleets aviation*. Opgeroepen op juni 26, 2020, van https://www.airfleets.net/home/

EUROCONTROL. (2020). *Daily Traffic Variation - States*. Opgeroepen op juni 29, 2020, van Aviation Intelligence: https://www.eurocontrol.int/Economics/DailyTrafficVariation-States.html

Jane's Group UK Limited. (2020). *All the World's Aircraft: Development & Production*. Opgeroepen op juni 2020, van Janes: https://janes.ihs.com/JAWADevelopmentProduction

Michaelis, S., & Loraine, T. (2005). Aircraft Cabin Air Filtration and Related Technologies:Requirements, Present Practice and Prospects. In M. Hocking, *Air Quality in Airplane Cabins and Similar Enclosed Spaces* (pp. 267-289). Springer Link.

Olsen, S. J., Chang, H.-L., Cheung, T. Y.-Y., Tang, A. F.-Y., Fisk, T. L., Ooi, S. P.-L., . . . Dowell, S. (2003). Transmission of the Severe Acute Respiratory Syndrome on Aircraft. *New England Journal of Medicine, 349*(25), 2416-2422. doi:10.1056/NEJMoa031349

OpenFlights.org. (sd). *Airport, airline and route data*. Opgeroepen op juni 22, 2020, van OpenFlights: https://openflights.org/data.html

PALL. (2020). *Boeing Cabin Air Pages*. Opgeroepen op juni 22, 2020, van Electronics Cooling Filtration: https://shop.pall.com/us/en/aerospace/commercial-fixed-wing/electronics-cooling-filtration/zidgxiyphh4?CategoryName=AD101&CatalogID=Aerospace-Defense-Marine

Sajet, D. (2020, juni 18). *'Verbied vliegtuigen op Schiphol zonder speciaal filter tegen corona'*. Opgeroepen op juni 26, 2020, van NH Nieuws: https://www.nhnieuws.nl/nieuws/268986/verbied-vliegtuigen-op-schiphol-zonder-speciaal-filter-tegen-corona

Schiphol. (2019). *Traffic review 2019.* Opgehaald van https://assets.ctfassets.net/biom0eqyyi6b/2a3AhGB6ciY86vBhVbFrPW/da4d2bfd0cb0274834354ad5b7a5b925/Schiphol_Traffic_review_2019.pdf

Turkish Directorate General of Civil Aviation. (2020, januari). *Boeing Recommended Cabin Air Filters HEPA Type or Better.* Opgeroepen op juni 22, 2020, van http://web.shgm.gov.tr/documents/sivilhavacilik/files/pdf/saglik_birimi/Boeing.pdf

UK Parliament. (2017, juni 18). *Memorandum by the Boeing Company*. Opgeroepen op juni 22, 2022, van House of Lords - Science and Technology - Written Evidence: https://publications.parliament.uk/pa/ld200708/ldselect/ldsctech/7/7we07.htm

United States Congress. (2003). *Hearing before the Subcommittee on Aviation of the Committee on Transportation and Infrastructure - House of Representatives - One Hundred Eigth Congress - First Session, June 5, 2003.* Washington: U.S. Government Printing Office. Opgeroepen op juni 22, 2020, van https://play.google.com/books/reader?id=_A0WAAAAIAAJ&pg=GBS.PP4

United States General Accounting Office. (2004). *Report to the Ranking Democratic Member, Subcommittee on Aviation, Committee on Transport and Infrastructure, House of Representatives: Aviation Safety - More Research needed on the Effects of Air Quality on Airliner Cabin Occupants.* Opgehaald van https://www.gao.gov/new.items/d0454.pdf

Appendix A Aanwezigheid van HEPA-filters per toesteltype

De tabellen in deze appendix bieden informatie over de aanwezigheid van HEPA-filters in verschillende toesteltypes. De informatie uit sectie 3.1 is daarin toegepast op alle toesteltypes die in de geanalyseerde dataset voorkomen.

Voor toestellen die voor het eerst in dienst zijn genomen (*entry-into-service*, EIS) ná het moment waarop een fabrikant is gestart met het standaard uitrusten van toestellen met HEPA-filters is geconcludeerd dat deze toestellen altijd van een HEPA-filter zijn voorzien.

Appendix A.1 Airbus

Tabel 7: Aanwezigheid van HEPA-filters in toestellen van Airbus in de geanalyseerde dataset

ICAO-code	Toestelnaam	EIS	HEPA af-fabriek
A320	Airbus A320	28-03-1988	Sinds 1994; retrofit
A319	Airbus A319	08-05-1996	Ja
A321	Airbus A321	18-03-1994	Ja
A333	Airbus A330-300	17-01-1994	Ja
A332	Airbus A330-200	1998	Ja
A20N	Airbus A320neo	25-01-2016	Ja
A359	Airbus A350-900	15-01-2015	Ja
A388	Airbus A380-800	28-10-2007	Ja
A21N	Airbus A321neo	> 2016	Ja
A318	Airbus A318	2003	Ja
A306	Airbus A300-600		Sinds 1994; retrofit
A35K	Airbus A350-1000	24-02-2018	Ja
A343	Airbus A340-300	29-03-1993	Sinds 1994; retrofit
A310	Airbus A310	12-04-1983	Sinds 1994
A339	Airbus A330-900neo	15-12-2018	Ja
A346	Airbus A340-600	01-08-2002	Ja
A30B	Airbus A300		Sinds 1994
A345	Airbus A340-500	15-09-2003	Ja

Appendix A.2 Boeing

Tabel 8: Aanwezigheid van HEPA-filters in toestellen van Boeing in de geanalyseerde dataset

ICAO-code	Toestelnaam	EIS	HEPA af-fabriek
B722	Boeing 727-200	14-12-1967	Nee[11]
B38M	Boeing 737 MAX 8	22-05-2017	Ja
B733	Boeing 737-300	28-11-1984	Nee; retrofit[12]
B734	Boeing 737-400	15-09-1988	Nee; retrofit[12]
B735	Boeing 737-500	28-02-1990	Nee; retrofit[12]
B736	Boeing 737-600	25-10-1998	Sinds 2000; retrofit
B737	Boeing 737-700	18-01-1998	Sinds 2000; retrofit
B738	Boeing 737-800	24-04-1998	Sinds 2000; retrofit
B739	Boeing 737-900	27-05-2001	Ja
B744	Boeing 747-400	09-02-1989	Sinds 2000; retrofit
B748	Boeing 747-8	> 2011	Ja
B752	Boeing 757-200	01-01-1983	Sinds 2000; retrofit
B753	Boeing 757-300	19-03-1999	Sinds 2000; retrofit
B763	Boeing 767-300	20-10-1986	Sinds 2000; retrofit
B764	Boeing 767-400	14-09-2000	Ja
B772	Boeing 777-200	07-06-1995	Sinds 2000; retrofit
B77L	Boeing 777-200LR	2006	Ja
B773	Boeing 777-300	27-05-1998	Sinds 2000; retrofit
B77W	Boeing 777-300ER	29-04-2004	Ja
B78X	Boeing 787-10	03-04-2018	Ja
B788	Boeing 787-8	25-09-2011	Ja
B789	Boeing 787-9	07-08-2014	Ja

Appendix A.3 Embraer

Tabel 9: Aanwezigheid van HEPA-filters in toestellen van Embraer in de geanalyseerde dataset

ICAO-code	Toestelnaam	HEPA af-fabriek
E170	Embraer 170	Ja
E75L	Embraer 175 (long wing)	Ja
E75S	Embraer 175 (short wing)	Ja
E190	Embraer 190	Ja
E195	Embraer 195	Ja
E295	Embraer E195-E2	Ja
E120	Embraer EMB 120 Brasilia	Nee
E135	Embraer RJ135 / 140	Nee; retrofit in ontwikkeling
E145	Embraer RJ145	Nee; retrofit in ontwikkeling

[11] De laatste Boeing 727-200 werd in September 1984 afgeleverd.
[12] Het laatste toestel van de Boeing 737 Classic serie (737-300, -400 en -500) werd in 2000 uitgeleverd vóórdat Boeing haar toestellen standard uitrustte met HEPA-filters. Desalniettemin zijn HEPA-filters voor deze types verkrijgbaar.

Appendix A.4 Overige fabrikanten

Tabel 10: Aanwezigheid van HEPA-filters in toestellen van overige fabrikanten in de geanalyseerde dataset

ICAO-code	Toestelnaam	HEPA af-fabriek
AT43	Aerospatiale/Alenia ATR 42-300	Onbekend
AT45	Aerospatiale/Alenia ATR 42-500	Onbekend
AT72	Aerospatiale/Alenia ATR 72	Onbekend
AT75	Aerospatiale/Alenia ATR 72-500	Onbekend
AT76	Aerospatiale/Alenia ATR 72-600	Onbekend
AN72	Antonov An-72	Onbekend
RJ1H	Avro RJ100	Nee
RJ85	Avro RJ85	Nee
B461	BAe 146-100	Nee
B462	BAe 146-200	Nee
BCS1	Bombardier CS100 (later: Airbus A220-100)	Ja
BCS3	Bombardier CS300 (later: Airbus A220-300)	Ja
JS41	British Aerospace Jetstream 41	Nee
CRJX	Canadair Regional Jet 1000	Ja
CRJ2	Canadair Regional Jet 200	Ja
CRJ7	Canadair Regional Jet 700	Ja
CRJ9	Canadair Regional Jet 900	Ja
DH8A	De Havilland Canada DHC-8-100 Dash 8 / 8Q	Ja
DH8B	De Havilland Canada DHC-8-200 Dash 8 / 8Q	Ja
DH8C	De Havilland Canada DHC-8-300 Dash 8	Ja
DH8D	De Havilland Canada DHC-8-400 Dash 8Q	Ja
J328	Fairchild Dornier 328JET	Ja
D328	Fairchild Dornier Do.328	Ja
F100	Fokker 100	Onbekend
F50	Fokker 50	Nee
F70	Fokker 70	Onbekend
MD11	McDonnell Douglas MD-11	Nee
MD82	McDonnell Douglas MD-82	Geen cabineluchtrecirculatie[13]
MD83	McDonnell Douglas MD-83	Geen cabineluchtrecirculatie[13]
SF34	Saab SF340A/B	Onbekend; retrofit beschikbaar
SU95	Sukhoi Superjet 100-95	Onbekend
YK40	Yakovlev Yak-40	Nee

[13] De Boeing 717, een doorontwikkeling van de McDonnell Douglas MD-80-serie, heeft géén cabineluchtrecirculatie (United States General Accounting Office, 2004). Zodoende is aangenomen dat de McDonnell Douglas MD-80-serie hier ook niet van is voorzien.

Appendix B Overzicht van gebruik van HEPA-filters bij luchtvaartmaatschappijen

De tabellen in deze appendix bieden informatie over de aanwezigheid van HEPA-filters bij verschillende luchtvaartmaatschappijen. 0 toont een overzicht van maatschappijen die in het publieke domein hebben gesteld gebruik te maken van HEPA-filters. Van de in **Error! Reference source not found.** genoemde luchtvaartmaatschappijen kon dit binnen de looptijd van het onderzoek niet worden vastgesteld.

Appendix B.1 HEPA-filters in gebruik

Tabel 11 toont een overzicht van de luchtvaartmaatschappijen die in het publieke domein (eigen website, sociale media, pers) hebben aangegeven gebruik te maken van HEPA-filters. Zoals vermeld in sectie 3.3 zijn deze luchtvaartmaatschappijen verantwoordelijk voor 97,2% van de in Europees Nederland geanalyseerde vluchten en 74,8% van de in Caribisch Nederland geanalyseerde vluchten.

Tabel 11: Overzicht van in de geanalyseerde dataset aanwezige luchtvaartmaatschappijen die gebruikmaken van HEPA-filters

ICAO-code	Luchtvaartmaatschappij	Bron
AAL	American Airlines	http://news.aa.com/news/news-details/2020/American-Airlines-Announces-Enhanced-Cleaning-Procedures-and-New-Personal-Protective-Equipment-for-Customers-OPS-DIS-04/default.aspx
ACA	Air Canada	https://www.aircanada.com/ca/en/aco/home/book/travel-news-and-updates/2020/cleancareplus.html
AEA	Air Europa	https://www.globalia.com/2020/03/12/informacion-air-europa-coronavirus_3292/
AEE	Aegean Airlines	https://en.aegeanair.com/togetherwithcare/your-health-and-safety/
AFL	Aeroflot Russian Airlines	http://www.koreapost.com/news/articleView.html?idxno=20832
AFR	Air France	https://www.airfrance.fr/FR/en/common/page_flottante/information/coronavirus.htm
AMC	Air Malta	https://www.airmalta.com/destinations/malta/blog/detail/message-from-the-ceo
AMX	AeroMexico	https://aeromexico.com/en-eu/am-news/here-are-a-few-things-you-didnt-know-about-flying-with-aeromexico
ASL	Air Serbia	https://www.airserbia.com/nl/informatie/vluchten/travel-information-coronavirus/news
AUA	Austrian Airlines	https://www.austrianairlines.ag/Press/PressReleases/Press/2020/06/043.aspx?sc_lang=en&mode=%7B30999B4B-42D0-45A6-B671-FE5E3CB68ED8%7D
AZA	Alitalia	https://www.alitalia.com/en_en/fly-alitalia/news-and-activities/news/info-flights/flying-safely.html
BAW	British Airways	https://www.britishairways.com/en-gb/information/the-ba-experience/welcome-on-board

ICAO-code	Luchtvaartmaatschappij	Bron
BTI	Air Baltic	https://www.airbaltic.com/en/health-measures
CAI	Corendon Airlines	https://images.corendon.nl/NL/HEPA%20filter%20.pdf
CAL	China Airlines	https://www.china-airlines.com/nl/nl/member/members-exclusive/member-news/20200326.html
CES	China Eastern Airlines	https://twitter.com/CEAirglobal/status/1271370024649801728
CFE	BA CityFlyer	https://www.britishairways.com/en-gb/information/the-ba-experience/welcome-on-board
CND	Corendon Dutch Airlines	https://images.corendon.nl/NL/HEPA%20filter%20.pdf
CPA	Cathay Pacific	https://www.cathaypacific.com/cx/nl_NL/travel-information/travel-preparation/travel-advisories/novel-coronavirus-information-centre/precautionary-measures.html
CSN	China Southern Airlines	https://twitter.com/CSAIRGlobal/status/1227049614294913024
CTN	Croatia Airlines	https://m.croatiaairlines.com/Important-notice/Important-information-about-COVID-19/Current-travel-information/
CXA	Xiamen Airlines	https://www.facebook.com/XiamenAirlines/posts/2567082116952891
CXI	Corendon Airlines Europe	https://images.corendon.nl/NL/HEPA%20filter%20.pdf
DAL	Delta Air Lines	https://www.delta.com/us/en/travel-update-center/ways-we-are-keeping-you-safe/6-ways-delta-supports-healthy-flying
DLH	Lufthansa	https://www.dailymail.co.uk/travel/travel_news/article-8288431/Air-France-KLM-Lufthansa-make-face-masks-compulsory-passengers-amid-coronavirus-crisis.html
EIN	Aer Lingus	https://www.aerlingus.com/experience-aer-lingus/your-health-and-safety/#/tab-0-new-safety-measures
EJU	easyJet Europe	https://www.easyjet.com/nl/fly-with-confidence
ETD	Etihad Airways	https://www.etihad.com/en/fly-etihad/health-and-wellness
EVA	EVA Air	https://www.evaair.com/en-us/about-eva-air/news/travel-news/2020-01-22-evaair-wuhan-2019nCoV.html
EZS	easyJet Switzerland	https://www.easyjet.com/nl/fly-with-confidence
EZY	easyJet	https://www.easyjet.com/nl/fly-with-confidence
FHM	FreeBird Airlines	https://www.freebirdairlines.com/en/healthy-flying.asp
FHY	FreeBird Airlines	https://www.freebirdairlines.com/en/healthy-flying.asp
FIN	Finnair	https://www.finnair.com/en/bluewings/travel-experience/how-finnair-ensures-healthy-and-hygienic-travel-2051340
GIA	Garuda Indonesia	https://www.garuda-indonesia.com/sg/en/news-and-events/Garuda-Indonesia-Steps-Up-Disinfecting-of-Aircraft-Amid-COVID-19-outbreak
HLX	TUIfly	https://www.tuifly.be/nl/vluchtinfo-corona-maatregelen
IBK	Norwegian Air International (D8)	https://www.norwegian.com/nl/flight-status/updates/
IBS	Iberia Express	https://www.iberia.com/nl/nl/covid-19/measures-taken/
ICE	Icelandair	https://www.icelandair.com/nl-nl/klantenservice/covid-19/safe-travels-shared-responsibility/
JAF	Jetairfly	https://www.tuifly.be/nl/vluchtinfo-corona-maatregelen
KAL	Korean Air	https://www.koreanair.com/global/en/customer-support.html?sectionName=faqs&_charset_=UTF8&mode=query&q=%5BCOVID-19%5D%20I%20am%20concerned%20about%20the%20virus%20spreading%20inside%20the%20cabin.#faqs

ICAO-code	Luchtvaartmaatschappij	Bron
KLC	KLM Cityhopper	Op basis van KLM.
KLM	KLM Royal Dutch Airlines	https://nieuws.klm.com/brief-van-pieter-elbers-aan-onze-klanten/
KQA	Kenya Airways	https://www.kenya-airways.com/en-ke/covid-19
KZR	Air Astana	https://airastana.com/kaz/en-us/About-Us/Overview/Air-Astana-News/coronavirus-preventative-measures-that-are-taken-on-board-our-aircraft
LOT	LOT Polish Airlines	https://www.lot.com/ee/en/covid-19-safety-procedures
LZB	Bulgaria Air	https://www.air.bg/en/news/updated-how-does-bulgaria-air-take-care-of-the-passengers-affected-by-the-cancellations-and-changes-due-to-the-covid-19
MAU	Air Mauritius	https://www.airmauritius.com/docs/default-source/airmauritius_news/covid-19-questions-and-answers---05-march-2020.pdf?sfvrsn=5d7b9fd3_2
MSR	Egyptair	https://www.egyptair.com/en/about-egyptair/news-and-press/Pages/COVID%2019%20HYGIENE%20MEASURES.aspx
NAX	Norwegian Air Shuttle	https://www.norwegian.com/nl/flight-status/updates/
PGT	Pegasus Airlines	https://images.corendon.nl/NL/HEPA%20filter%20.pdf
QTR	Qatar Airways	https://www.qatarairways.com/en/press-releases/2020/April/COVID19Response.html
RAM	Royal Air Maroc	https://www.royalairmaroc.com/dz-fr/service-a-bord
RYR	Ryanair	https://www.ryanair.com/ie/en/travel-updates/articles/BACK-FLYING
S50	Swiss International Air Lines	https://blog.swiss.com/en/2020/06/asktheexpert-mit-roland-rainer-head-of-maintenance-planning-control-english/
SAS	Scandinavian Airlines System	https://www.flysas.com/en/help-and-contact/faq/safety/is-there-a-risk-getting-infected-via-the-air-on-board/
SIA	Singapore Airlines	https://www.singaporeair.com/en_UK/us/travel-info/covid19-measures/
SWG	Sunwing Airlines	https://www.sunwing.ca/en/promotion/packages/safe-with-sunwing
SWR	Swiss International Air Lines	https://blog.swiss.com/en/2020/06/asktheexpert-mit-roland-rainer-head-of-maintenance-planning-control-english/
SXS	SunExpress	https://www.sunexpress.com/en/company/media-center/press-releases/sunexpress-resumes-international-flights/
TAP	TAP Portugal	https://www.flytap.com/en-nl/recommendations-covid-19?accordionid=adec3540-f0ab-4ec6-bdeb-16a3a1c0f971
TFL	Arkefly / Tuifly	https://www.tui.nl/content/marketing/nl-NL/multimedia/corona/TUI_fly_protocol_jun20.pdf
THY	Turkish Airlines	https://www.turkishairlines.com/de-lu/guidelines-for-safe-travel/
TRA	Transavia Holland	https://corporate.transavia.com/nl-NL/nieuws/corona-update/
TSC	Air Transat	https://www.airtransat.com/en-CA/Travel-information/Our-fleet
TUB	TUI Airlines Belgium	https://www.tuifly.be/nl/vluchtinfo-corona-maatregelen
TVF	Transavia France	https://corporate.transavia.com/nl-NL/nieuws/corona-update/
UAE	Emirates	https://www.emirates.com/media-centre/emirates-offers-travellers-added-peace-of-mind/
UAL	United Airlines	https://www.united.com/ual/en/us/fly/travel/united-cleanplus.html
VLG	Vueling Airlines	https://www.vueling.com/en/passengers/covid-prevention-and-measures/
WZZ	Wizz Air	https://wizzair.com/nl-nl/informatie-en-diensten/reisinformatie/enhanced-health-and-safety-measures

Appendix B.2 Gebruik van HEPA-filters onbekend

Error! Reference source not found. toont een overzicht van de luchtvaartmaatschappijen waarvan het gebruik van HEPA-filters niet kon worden bepaald op basis van informatie in het publieke domein en die deze vluchten uitvoerden met een type waar binnen de gestelde tijd niet aangetoond kon worden dat het toestel af-fabriek is geleverd met HEPA-filters. Voor deze maatschappijen is meer informatie nodig om de aanwezigheid van HEPA-filters vast te stellen. Het aantal vluchten per luchthaven is eveneens weergegeven. Blijkens de gegevens in sectie 3.3 voerden deze luchtvaartmaatschappijen 0,7% van de in Europees Nederland geanalyseerde vluchten en 11,0% van de in Caribisch Nederland geanalyseerde vluchten uit.

Voor 270 vliegtuigbewegingen kon de naam van verschillende luchtvaartmaatschappijen niet bij de ICAO-code gevonden worden. Hierdoor is het mogelijk dat Tabel 12 luchtvaartmaatschappijen bevat die in principe buiten de afbakening van het onderzoek vallen (zoals maatschappijen die alleen vracht vervoeren). Zoals aangegeven in sectie 2.1 ontbreekt de naam van de luchtvaartmaatschappij bij 476 vluchten (< 0.1% van het totaal). Het effect van eventuele tekortkomingen die hieruit voortvloeien is daarmee niet van invloed op de conclusies van dit onderzoek.

Tabel 12: Overzicht van in de geanalyseerde dataset aanwezige luchtvaartmaatschappijen waarvan het gebruik van HEPA-filters niet kon worden bepaald en het bijbehorend aantal geanalyseerde vluchten

		Aantal vluchten						
ICAO-code	Luchtvaartmaatschappij	Caribisch Nederland	EHAM	EHBK	EHEH	EHGG	EHRD	Totaal
onbekend					5	2	8	15
A21				16				16
A44				6				6
A47				18				18
A50				1				1
A60				2				2
A63				1				1
A73				2				2
A75				2				2
AAG	Air Atlantique			2				2
ABP	Aba Air				2			2
ABR	Air Contractors		4					4
ADR	Adria Airways		6					6
AEH	Aviaexpress		19		6		4	29
AF1			1					1

		Aantal vluchten						
ICAO-code	Luchtvaartmaatschappij	Caribisch Nederland	EHAM	EHBK	EHEH	EHGG	EHRD	Totaal
AIZ	Arkia Israel Airlines		4					4
ARU	Aruba Airlines	30						30
ATV	Avanti Air		6		2		3	11
AUI	Ukraine International Airlines		13					13
AXY	Axis Airways		10				6	16
B34				4				4
BCI	Blue Islands					18	44	62
BRO	BASE Regional Airlines		10			6		16
BRU	Belavia Belarusian Airlines		373					373
BUS	Zimex Aviation			504				504
BVR	ACM Air Charter		2		2			4
C28				18				18
CFP	Compania de Aviacion Faucett		2					2
CMB			3					3
CSA	Czech Airlines		4	2				6
DVR	Divi Divi Air	2						2
E19				2				2
EDC	Edinburgh Air Charter				2			2
EEX				14				14
ELY	El Al Israel Airlines		120					120
ENT	DAT Enterprise Limited			4	2			6
ENZ	Jota Aviation		14		2	4	12	32
EUP	Euroair		4					4
EWG	Eurowings		56					56
EZE	Eastern Airways					2	2	4
F17				4				4
FPO	Europe Airpost		2					2
FRV			4					4
GJI					4			4
GJT	Gestion Aerea Ajecutiva		1					1
HZX	Citic General Aviation		4					4
IGA	Skytaxi		2					2
IMX	Zimex Aviation			91				91

		Aantal vluchten						
ICAO-code	Luchtvaartmaatschappij	Caribisch Nederland	EHAM	EHBK	EHEH	EHGG	EHRD	Totaal
INC	Insel Air International	148						148
IRA	Iran Air		15					15
J02				68				68
J06				10				10
J08				8				8
JF0			4					4
JNL	JetNetherlands		20		8		6	34
JTG	Jettime				2			2
KLJ			9	4				13
KRF	United Kingdom Royal VIP Flights						1	1
KRP	Carpatair		4		1		10	15
LAV	AlbaStar		1					1
LDM	LaudaMotion				4			4
LGL	Luxair		1					1
LOG	Logan Air					38	2	40
LZF	Lease Fly				4			4
MGX	Montenegro Airlines				1			1
MLT	Maleth-Aero					2		2
MMD	Air Alsie		10		2	10	22	44
MNB	MNG Airlines		42					42
MSI	Motor Sich					2		2
N11				2				2
N73			2					2
NWS	NordWind Airlines		2					2
OAW	Helvetic Airways		2					2
OTT			1					1
P4L			2					2
PEA	Pan Europeenne Air Service		6					6
PVG	Privilege Style L				2		4	6
RAV	Reed Aviation			1				1
RCH	Air Mobility Command		2					2
RJA	Royal Jordanian			226			2	228
ROT	Tarom		152					152

		Aantal vluchten						
ICAO-code	Luchtvaartmaatschappij	Caribisch Nederland	EHAM	EHBK	EHEH	EHGG	EHRD	Totaal
S26				1				1
S27				4				4
S47				2				2
SAM	SAM Colombia		2				2	4
SHH	Sky High Aviation Services	54						54
SLM	Surinam Airways		28					28
SRN	Sprintair		20				16	36
SSG	Slovak Government Flying Service		2				2	4
STK	Stobart Air					1.140		1.140
SVW	Global Jet Luxembourg		2					2
SWT	Swiftair		394					394
SXI					1			1
T17				2				2
T22				1				1
T7G			2					2
TAR	Tunisair		41					41
TDR	Trade Air		6				4	10
TGZ	Georgian Airways		2					2
TOM	Thomsonfly		2					2
VIP	Tag Aviation UK		4					4
VLJ			16				2	18
WNA	Winair	54						54
Z02				12				12
Totaal		**288**	**1.460**	**1.034**	**52**	**1.224**	**152**	**4.210**

Appendix C Resultaten voor andere vliegvelden

Appendix C.1 Eindhoven Airport

Tabel 13: Aandeel vluchten en beschikbare informatie over de aanwezigheid van HEPA-filters voor Eindhoven Airport, op basis van 38.958 vliegtuigbewegingen

	Geen of onbekende toepassing van HEPA-filter op toestel	***HEPA-filters beschikbaar voor installatie na levering***	***Toestel af-fabriek geleverd met HEPA-filter (of heeft geen luchtrecirculatie)***	*Totaal*
Luchtvaartmaatschappij gebruikt HEPA-filters	0%	3,0%	95,8%	98,8%
Gebruik HEPA-filters door luchtvaartmaatschappij onbekend	0,1%	0%	1,1%	1,2%
Luchtvaartmaatschappij gebruikt geen HEPA-filters	0%	0%	0%	
Totaal	0,1%	3,0%	96,9%	100%

Appendix C.2 Rotterdam The Hague Airport

Tabel 14: Aandeel vluchten en beschikbare informatie over de aanwezigheid van HEPA-filters voor Rotterdam The Hague Airport, op basis van 16.840 vliegtuigbewegingen

	Geen of onbekende toepassing van HEPA-filter op toestel	***HEPA-filters beschikbaar voor installatie na levering***	***Toestel af-fabriek geleverd met HEPA-filter (of heeft geen luchtrecirculatie)***	*Totaal*
Luchtvaartmaatschappij gebruikt HEPA-filters	0,1%	2,9%	95,0%	98,0%
Gebruik HEPA-filters door luchtvaartmaatschappij onbekend	0,7%	0,2%	1,1%	2,0%
Luchtvaartmaatschappij gebruikt geen HEPA-filters	0%	0%	0%	0%
Totaal	0,8%	3,1%	96,1%	100%

Appendix C.3 Groningen Airport Eelde

Tabel 15: Aandeel vluchten en beschikbare informatie over de aanwezigheid van HEPA-filters voor Groningen Airport Eelde, op basis van 2.280 vliegtuigbewegingen

	Geen of onbekende toepassing van HEPA-filter op toestel	***HEPA-filters beschikbaar voor installatie na levering***	***Toestel af-fabriek geleverd met HEPA-filter (of heeft geen luchtrecirculatie)***	*Totaal*
Luchtvaartmaatschappij gebruikt HEPA-filters	0%	2,7%	40,7%	43,4%
Gebruik HEPA-filters door luchtvaartmaatschappij onbekend	53,5%	0,2%	2,9%	56,6%
Luchtvaartmaatschappij gebruikt geen HEPA-filters	0%	0%	0%	0%
Totaal	53,5%	2,9%	43,6%	100%

Appendix C.4 Maastricht Aachen Airport

Tabel 16: Aandeel vluchten en beschikbare informatie over de aanwezigheid van HEPA-filters voor Maastricht Aachen Airport, op basis van 5.915 vliegtuigbewegingen

	Geen of onbekende toepassing van HEPA-filter op toestel	***HEPA-filters beschikbaar voor installatie na levering***	***Toestel af-fabriek geleverd met HEPA-filter (of heeft geen luchtrecirculatie)***	*Totaal*
Luchtvaartmaatschappij gebruikt HEPA-filters	0%	2,9%	72,6%	75,6%
Gebruik HEPA-filters door luchtvaartmaatschappij onbekend	13,2%	4,3%	7,0%	24,4%
Luchtvaartmaatschappij gebruikt geen HEPA-filters	0%	0%	0%	0%
Totaal	13,2%	7,2%	79,6%	100%

Dedicated to innovation in aerospace

Koninklijk Nederlands Lucht- en Ruimtevaartcentrum

Het NLR is een toonaangevend, mondiaal opererend onderzoekscentrum voor de lucht- en ruimtevaart. Met zijn multidisciplinaire expertise en ongeëvenaarde onderzoeksfaciliteiten, levert NLR innovatieve, integrale oplossingen voor complexe uitdagingen in de aerospace sector.

De werkzaamheden van het NLR beslaan het volledige spectrum van Research Development Test & Evaluation (RDT&E). Met zijn kennis en faciliteiten kunnen bedrijven terecht bij het NLR voor validatie, verificatie, kwalificatie, simulatie en evaluatie. Zo overbrugt het NLR de kloof tussen onderzoek en toepassing in de praktijk. Het NLR werkt zowel voor overheid als industrie in binnen- en buitenland. Het NLR staat voor praktische en innovatieve oplossingen, technische expertise en een lange termijn ontwerpvisie. Hierdoor vindt NLR's cutting edge technology zijn weg naar succesvolle lucht- en ruimtevaartprogramma's van OEM's zoals Airbus, Embraer en Pilatus. Het NLR draagt bij aan (defensie)programma's zoals ESA's IXV re-entry voertuig, de F-35, de Apache-helikopter en Europese programma's als SESAR en Clean Sky 2.
Opgericht in 1919 en met 600 betrokken medewerkers, realiseerde NLR in 2017 een omzet van 76 miljoen euro. 81% hiervan is afkomstig uit contractonderzoek, het overige betreft een overheidsbijdrage.

Voor meer informatie bezoek: **www.nlr.nl**

Postal address
PO Box 90502
1006 BM Amsterdam, The Netherlands
e) info@nlr.nl **i)** www.nlr.org

NLR Amsterdam
Anthony Fokkerweg 2
1059 CM Amsterdam, The Netherlands
p) +31 88 511 3113

NLR Marknesse
Voorsterweg 31
8316 PR Marknesse, The Netherlands
p) +31 88 511 4444

NLR is a registered trade name of Stichting Nationaal Lucht- en Ruimtevaartlaboratorium, Chamber of Commerce No. 41150373. VAT No. NL002760551B01