

EFFECTIVITEIT VAN SCHERMEN IN HET STADS- EN STREEKVERVOER (TRAM)

DR. JAN L. SOUMAN

4 augustus 2020

› INHOUD

EFFECTIVITEIT VAN SCHERMEN IN HET STADS- EN STREEKVERVOER (TRAM)

01. VRAAGSTELLING

02. ONDERZOEKSAANPAK

03. KWALITATIEVE ANALYSE OVERDRACHTSRoutes EN SCHERMEN

04. OPZET KWANTITATIEF ONDERZOEK DEELTJESVERSPREIDING

05. RESULTATEN TRAM

06. AANBEVELINGEN

› VRAAGSTELLING

Hoofdvraag:

Maakt het gebruik van een scherm tussen bestuurder en passagiers het mogelijk om passagiers weer door de voordeur te laten instappen, zonder dat daarbij de kans op blootstelling aan het SARS-CoV-2 virus voor de bestuurder toeneemt ten opzichte van de huidige situatie waarin de voordeur gesloten blijft?

Secundaire vragen:

1. Heeft het vergroten van de afmetingen van de schermen een positief effect op de aerosolver spreiding (zwevende deeltjes $\leq 5 \mu\text{m}$, ook wel ‘druppelkernen’ genoemd) van het passagiersgedeelte naar de bestuurderspositie?
2. Wat is het effect van het openen van de voertuigdeuren op de aerosolver spreiding?
3. Wat is het effect van de instellingen van het luchtbehandelingssysteem in de verschillende voertuigen op de aerosolver spreiding in het voertuig?

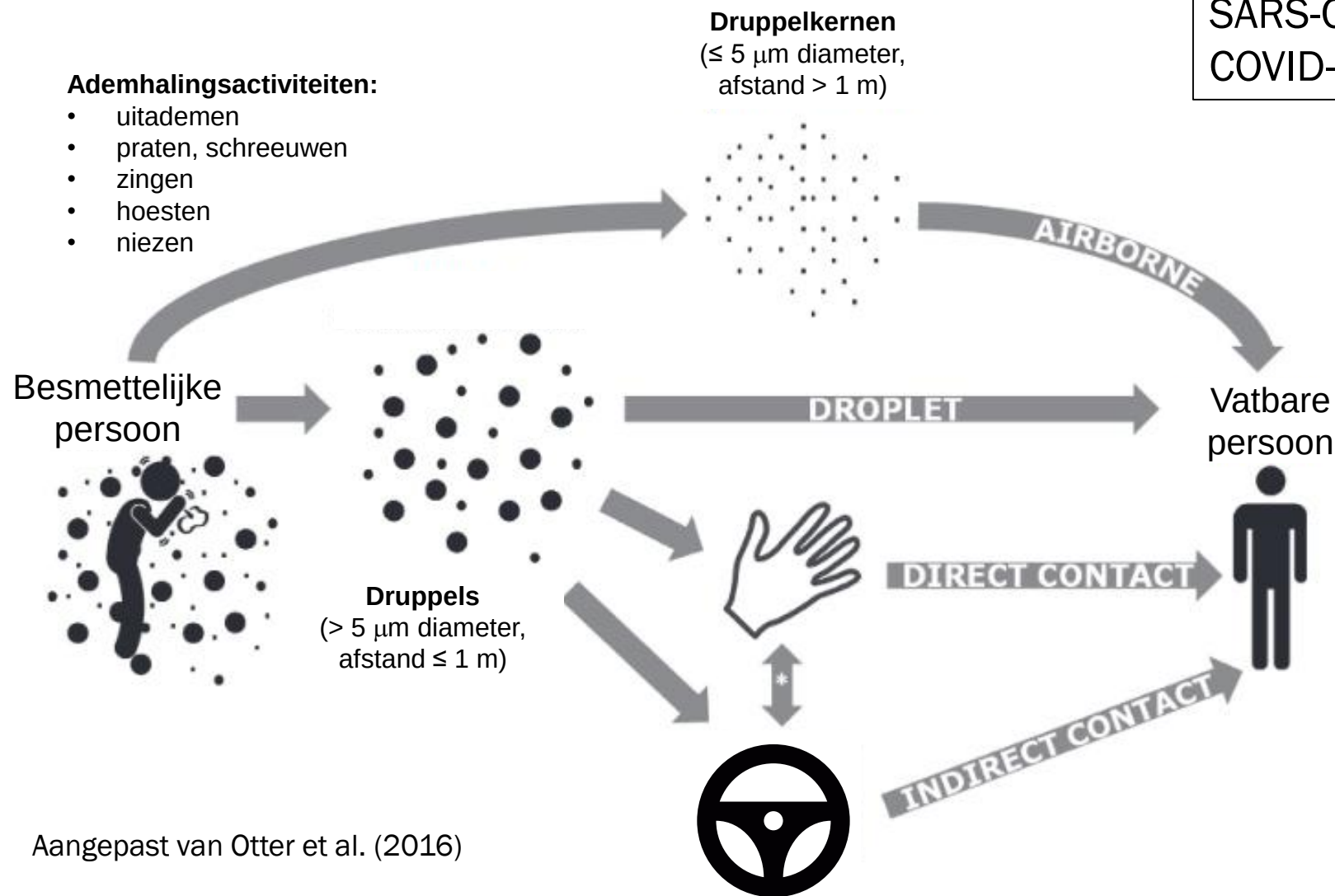
› ONDERZOEKSAANPAK

1. Kwalitatieve analyse van mogelijke overdrachtsroutes in het stads-/streekverkeer en het effect van schermen
 - Op grond van wetenschappelijke literatuur
2. Kwantitatieve metingen van aerosolverbreiding in een tram en het effect van schermen

Zie het TNO rapport *TNO 2020 R11200* voor een volledige beschrijving van de onderzoeksplan en -resultaten

OVERDRACHTSROUTES SARS-COV-2

SARS-CoV-2: Virus
COVID-19: Ziekteverschijnselen



Aangepast van Otter et al. (2016)

Volgens de WHO (2020) is de belangrijkste overdrachtsroute voor SARS-CoV-2 die door druppels en direct contact op korte afstand ($\leq 1 \text{ m}$); indirect contact en overdracht via druppelkernen (aerosolen, airborne) worden mogelijk geacht, maar zijn niet duidelijk bewezen.

OVERDRACHTSRoutes IN STADS- EN STREEKVERVOER

Overdrachtsroute	Beschrijving	Wetenschappelijke evidentie	Voorbeelden in OV	Effect kuchscherm
Directe druppeloverdracht	Overdracht via ademhalingsdruppeltjes ($> 5 \mu\text{m}$)	Consensus, sterke evidentie voor SARS-CoV-2	Hoesten, niezen, praten, ademen (op korte afstand)	Minimaliseert kans op druppeloverdracht
Direct fysiek contact	Overdracht via hand/hand-contact	Consensus, maar beperkte wetenschappelijke evidentie	Handen schudden, contant betalen	Reduceert mogelijkheid voor fysiek contact
Indirecte overdracht	Overdracht via handcontact met oppervlak waarop virusdeeltjes zijn neergeslagen	Consensus, maar beperkte wetenschappelijke evidentie	Deuren, stangen, knoppen, betaalautomaat, kuchscherm, stuur, bedienelementen	Mogelijke toename van kans op indirecte overdracht; desinfectie noodzakelijk
Aerogene overdracht	Overdracht via aerosolen ($\leq 5 \mu\text{m}$) in de lucht	Aannemelijk, evidentie voor andere respiratoire virussen, maar geen consensus	Hoesten, niezen, praten, ademen, zingen (op grotere afstand door luchtstromen en/of slechte ventilatie)	Onduidelijk - Onderwerp van kwantitatieve studie (volgende slides)

› CONCLUSIES ANALYSE OP BASIS LITERATUUR

1. Als passagiers de bestuurder op < 1.5 m (richtlijn RIVM) kunnen naderen, is bescherming tegen overdracht via druppels die vrijkomen bij het ademen/spreken/hoesten/niezen en via direct contact (m.n. hand/hand-contact) nodig. Een kuchschermb van voldoende grote afmetingen minimaliseert de blootstelling aan grotere ($> 5 \mu\text{m}$) druppels en bemoeilijkt het directe fysieke contact.
2. Virusdeeltjes in grotere druppels kunnen neerslaan op oppervlakken en objecten (incl. kuchschermben) en nog enige tijd (uren tot dagen) actief blijven. Om de kans op indirecte overdracht te minimaliseren dienen schermen daarom regelmatig (minimaal bij wisseling van bestuurder) gedesinfecteerd worden.
3. Kleinere zwevende deeltjes ($\leq 5 \mu\text{m}$) die vrijkomen bij het ademen/spreken/niezen/hoesten vormen ook een mogelijke overdrachtsroute. Het effect van schermen op deze route moet nader onderzocht worden (zie volgende slides).

› ONDERZOEKSOPZET KWANTITATIEVE METINGEN

De verspreiding van kleine deeltjes ($\leq 5 \mu\text{m}$) vanuit het passagiersgedeelte naar de bestuurderspositie werd gemeten door gedurende 15 min dergelijke deeltjes te genereren vanaf een bepaalde passagiersstoel. Dit simuleerde de verspreiding van dergelijke deeltjes door een besmettelijke persoon in de tram. Op de bestuurdersstoel en op 3 passagiersstoelen werd gemeten hoe het deeltjesniveau steeg tijdens deze 15 min, en hoe het daarna weer daalde als de deeltjesbron werd uitgeschakeld.

Dit werd gedaan onder verschillende condities, waardoor de effecten van de aanwezigheid van een kuchscherp en van verschillende ventilatie-instellingen konden worden gemeten.

Een belangrijke maat voor de vergelijking was het totale aantal deeltjes dat aankwam op de bestuurdersstoel (voor verschillende deeltjesgroottes).

TRAM

BOMBARDIER 11G



› ONDERZOEKSOPZET

- Deeltjesemissie ($\leq 5 \mu\text{m}$) in passagiersgedeelte met verwarmde lucht (ca. 33°C). Deeltjes werden gevormd door verneveling van olie.
- Metingen (1x/min) op bestuurdersstoel en 3 passagiersstoelen (deeltjes $\geq 0.3 \mu\text{m}$, $\geq 0.5 \mu\text{m}$, $\geq 1.0 \mu\text{m}$, $\geq 2.5 \mu\text{m}$)
- Passagiers gesimuleerd met verwarmde kartonnen dozen met juiste hoogte, volume en temperatuur

Verwarmde
passagiers-
dummy (80 W)

Luchtpomp
(10 liter/min)

Aerosolgenerator
(2 liter/min)

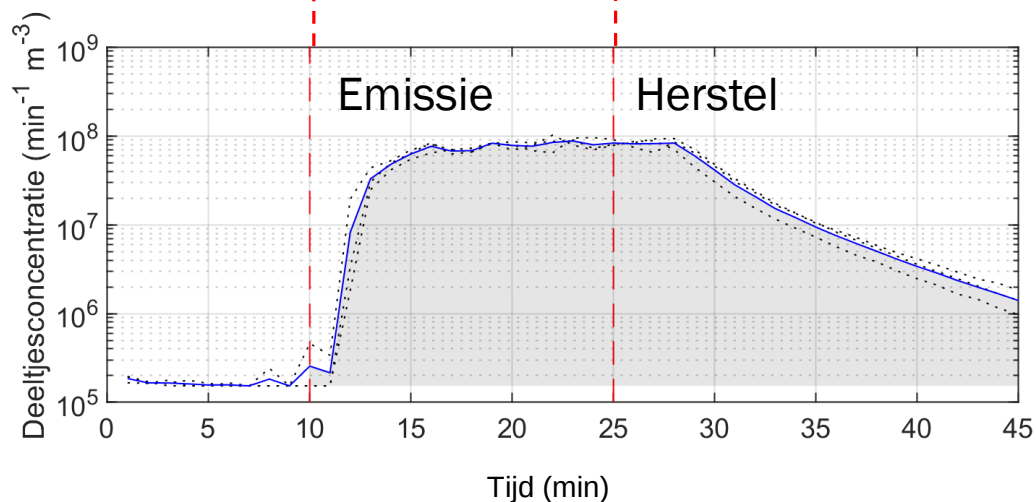


Zie TNO 2020 R11200, H. 3.1-2

› MEETPROCEDURE

Tijd (min)	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
Baseline												
Emissie												
Herstel												
Luchten												

▲ ▲ ▲ ▲
Deur(en) open



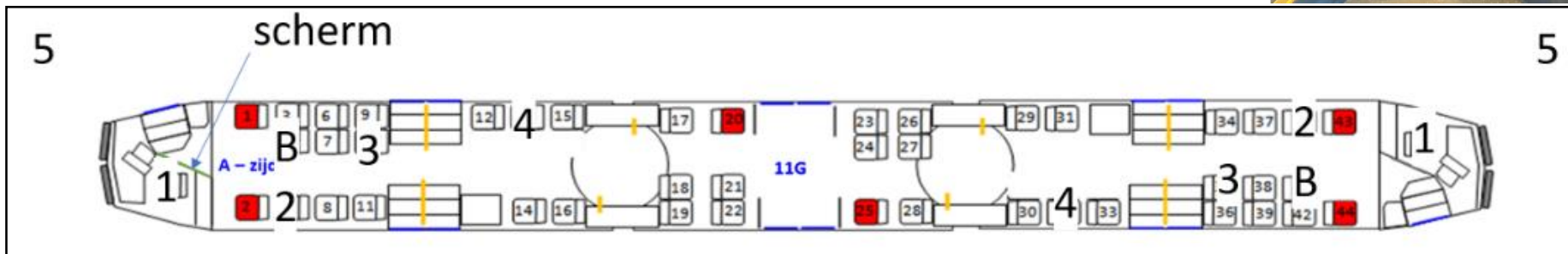
- individuele meetwaarden
- gemiddeld deeltjesniveau
- totaal aantal deeltjes gemeten
boven achtergrondniveau
gedurende emissie/herstel

Tijdens de deeltjesemissie werd(en) de voertuigdeur(en) 4 maal geopend en na 30 s weer gesloten; een persoon stapte in, liep door de tram en stapte weer uit. Hiermee werd de situatie bij het halteren gesimuleerd.

TRAM

Conditie	Schermb	Deuren open	Airco aan	Testlocatie	Aantal metingen
1	Nee	Vanaf 2 ^e deur	Nee	Remise	2
2	Ja	Alle deuren	Nee	Remise	2
3	Ja	Alle deuren	Ja	Remise	2

- Metingen 2 maal herhaald; conclusies o.g.v. gemiddelde
- Ventilatie in kop zonder scherm functioneerde niet goed
- Airco in kop met scherm voorzien van HEPA filter, maar niet goed passend



B = emissiebron
1-5 = meetpunten

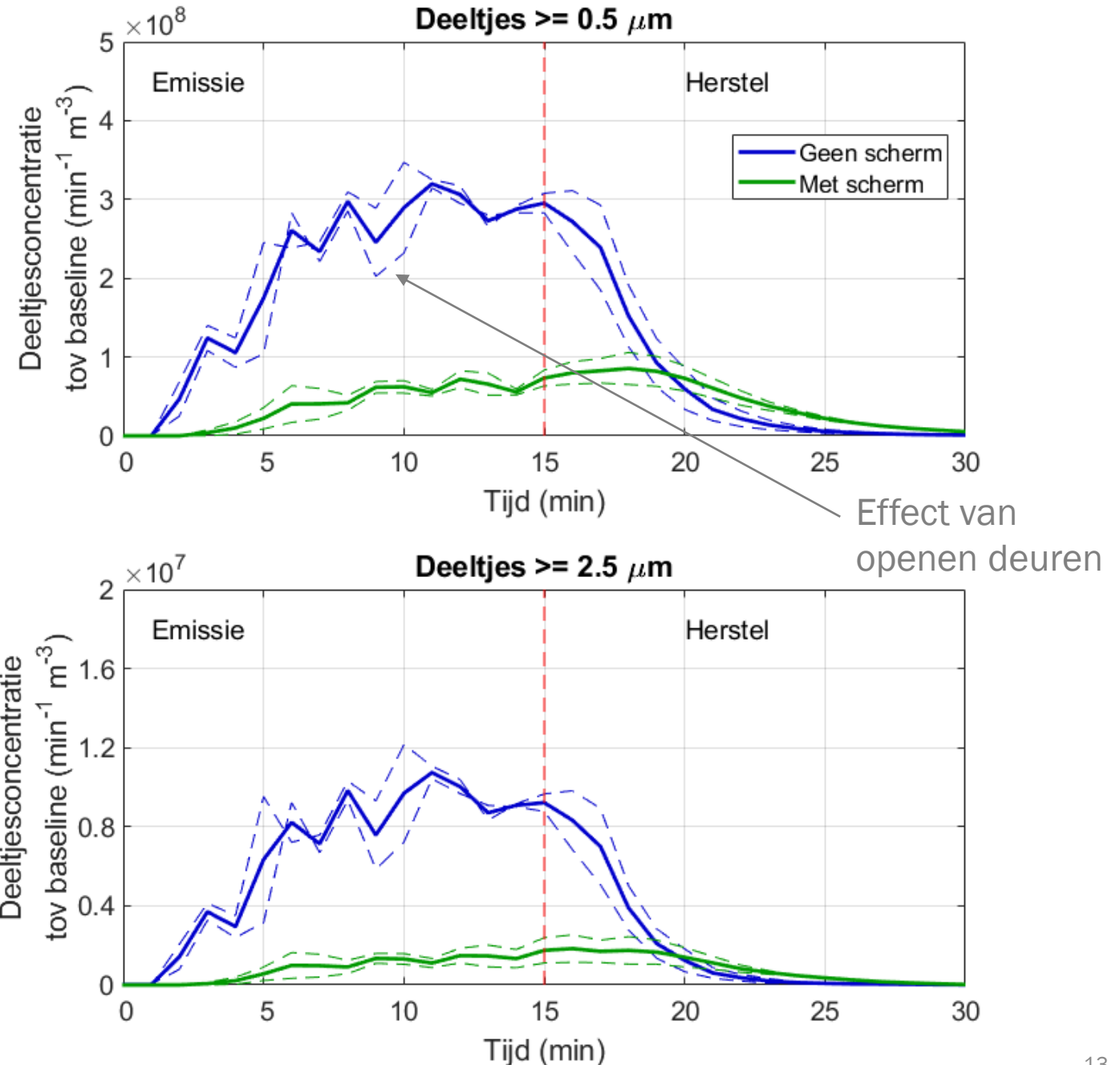
RESULTATEN

Effect scherm:

- Emissiebron op 2^e zitrij
- Deuren 4x open/dicht
 - geen scherm: vanaf 2^e deur open
 - met scherm: alle deuren open

Resultaten:

- 78 – 88% reductie in deeltjes-niveau bij bestuurder gedurende emissie met scherm
- Tijdelijke reductie in deeltjes-niveau door openen deuren
- NB: ventilatie werkte niet goed in kop zonder scherm



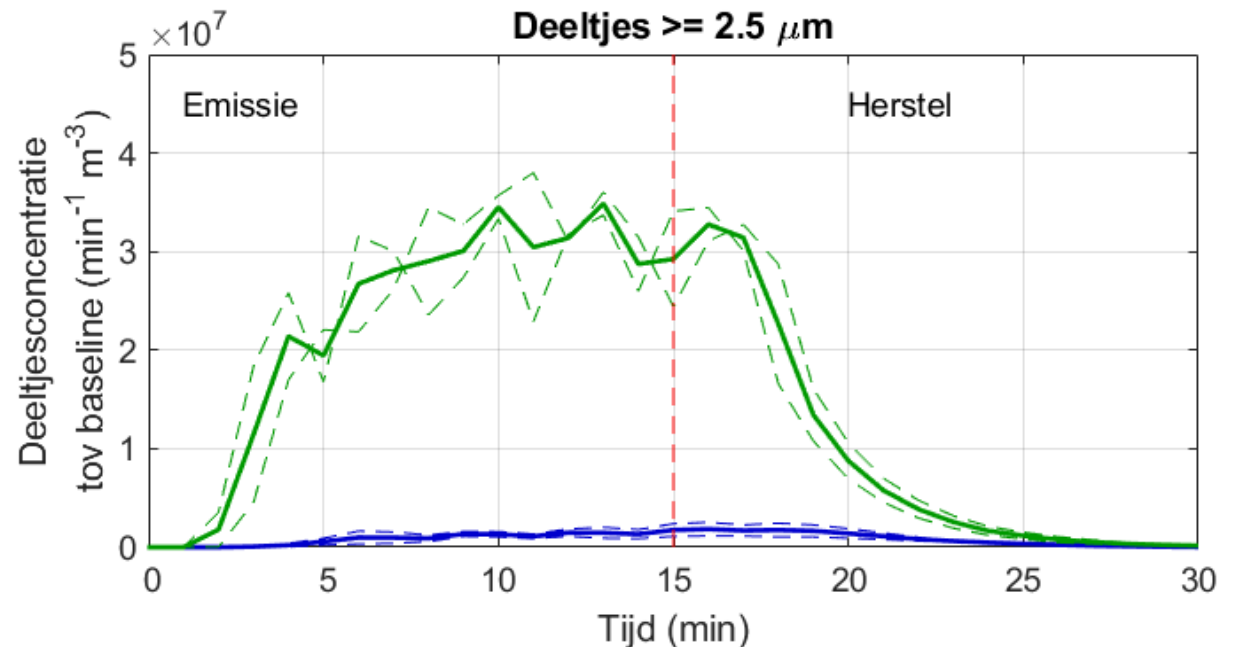
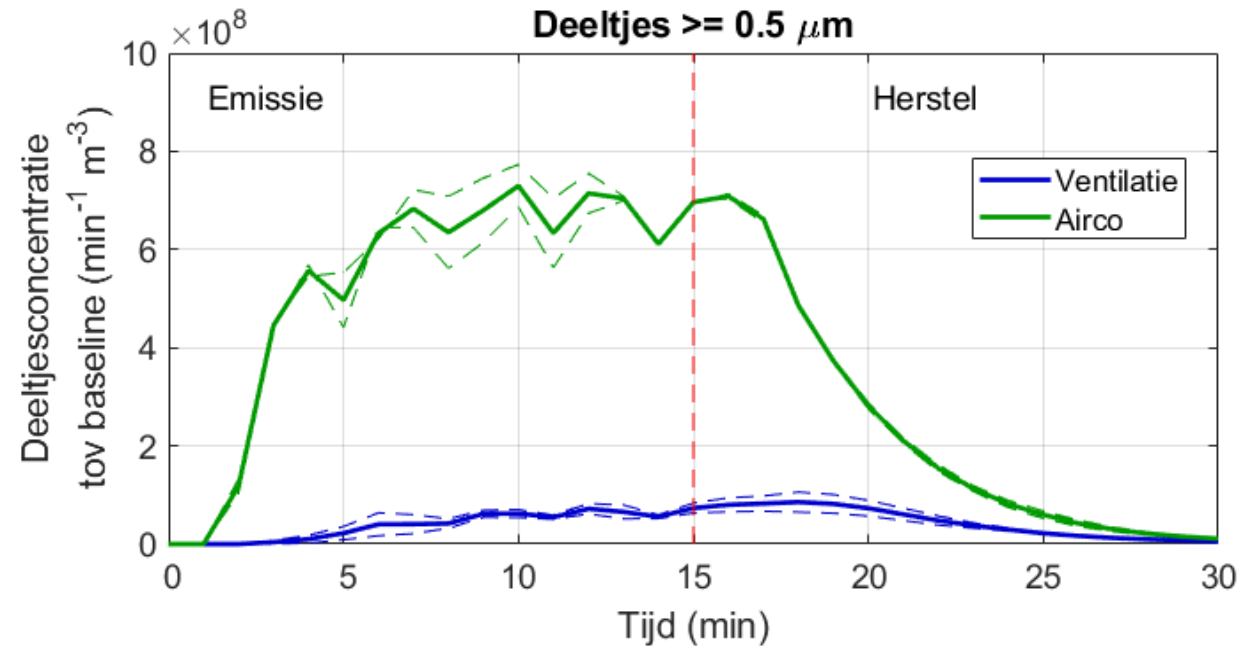
RESULTATEN

Effect ventilatie:

- Emissiebron op 2^e zitrij
- Met scherm
- Deuren 4x open/dicht
- Ventilatie $\frac{1}{2}$ of Airco 2

Resultaten:

- Deeltjesniveaus bestuurder met ventilatie factor 8-32 lager dan met airco
- NB: slecht passend HEPA filter in airco



› SAMENVATTING RESULTATEN

1. De combinatie van scherm + openen van alle deuren zorgde voor een reductie in verspreiding van kleine deeltjes vanuit passagiersgedeelte naar bestuurderspositie (78 – 88%) t.o.v. de situatie zonder scherm waarin alle deuren behalve de voorste werden geopend. Echter, een (onbekend) deel van deze reductie is toe te schrijven aan het niet goed functioneren van de ventilatie in het bestuurderscompartiment in de kop zonder scherm.
2. Gebruik van de ventilatie (stand 1½) i.p.v. de airconditioning (stand 2) in het bestuurdersgedeelte (met scherm) resulteerde in een factor 8-32 reductie in deeltjesniveaus. Mogelijk mede doordat het HEPA filter in de airco niet goed paste.

› AANBEVELINGEN (1)

De aanbevelingen zijn gebaseerd op de kwalitatieve analyse en op de resultaten van metingen in de tram en in de streekbus.

1. Het gebruik van kuchschermen minimaliseert directe druppeloverdracht tussen passagiers en bestuurder en reduceert (in combinatie met het openen van de voordeur) de hoeveelheid kleine deeltjes ($\leq 5 \mu\text{m}$) die vanuit het passagiersgedeelte bij de bestuurder komen. **Daarom is het gebruik van dergelijke schermen bij gebruik van de voordeur aan te raden.** Wel dienen ze regelmatig gedesinfecteerd te worden, om directe overdracht van virusdeeltjes te voorkomen.
2. De onderzoeksresultaten geven geen aanleiding de schermen groter te maken dan het standaardscherm beschreven in deze studie, daar dit niet of nauwelijks voor een verdere reductie in deeltjesniveaus bij de bestuurder zorgde (metingen in de bus).

› AANBEVELINGEN (2)

3. Het openen van de voertuigdeuren zorgde voor een tijdelijke afname in deeltjesniveaus. Het is daarom aan te bevelen de deuren regelmatig te openen (bijvoorbeeld bij elke halte).
4. Gebruik van een emissiebron op de eerste i.p.v. de tweede zitrij zorgde voor duidelijk hogere deeltjesniveaus bij de bestuurder (metingen in de bus). Het is daarom aan te raden de eerste rij ook bij gebruik van de voordeur niet voor passagiers vrij te geven.
5. In het algemeen geldt: hoe groter de toevoer van verse buitenlucht, hoe groter de reductie in aerosolniveaus. Daarom is het aan te bevelen zo veel mogelijk ventilatie met buitenlucht te gebruiken, alsmede deuren en ramen waar mogelijk te openen (mits daardoor niet een luchtstroom in de omgekeerde richting ontstaat).

› AANBEVELINGEN (3)

6. In de zomerstand zorgt het ventilatiesysteem in het bestuurderscompartiment van de onderzochte tram voor toevoer van buitenlucht. Het gebruik van de ventilatie is daarom aan te bevelen boven gebruik van de airconditioning, tenzij deze laatste over adequate luchtfiltering beschikt (goed passend HEPA filter). Voor de winterstand, waarin de ventilatie gebruik maakt van een combinatie van buitenlucht en recirculatie is dit niet onderzocht.

› **BEDANKT VOOR
UW AANDACHT**



› LITERATUURREFERENTIES

Otter, J. A., Donskey, C., Yezli, S., Douthwaite, S., Goldenberg, S. D., & Weber, D. J. (2016). Transmission of SARS and MERS coronaviruses and influenza virus in healthcare settings: The possible role of dry surface contamination. *Journal of Hospital Infection*, 92(3), 235–250.

<https://doi.org/10.1016/j.jhin.2015.08.027>

TNO 2020 R11200: Souman, J. L. (2020). *De effectiviteit van schermen in het stads- en streekvervoer*. TNO IVS.

WHO (2020, July 9). *Transmission of SARS-CoV-2: implications for infection prevention precautions. Scientific brief*. <https://www.who.int/publications/i/item/modes-of-transmission-of-virus-causing-covid-19-implications-for-ipc-precaution-recommendations>

(Voor een uitgebreide literatuurlijst, zie [TNO 2020 R11200, H. 6](#))

TRAM

Verhouding deeltjesniveaus t.o.v. baseline tijdens emissieperiode (conditie B t.o.v. A):

Conditie A	Conditie B	Meetpunt	≥ 0.3 μm	≥ 0.5 μm	≥ 1.0 μm	≥ 2.5 μm
Zonder scherm	Met scherm	1	0.22	0.18	0.14	0.12
		2	1.14	1.18	1.29	1.31
		3	1.03	0.99	0.98	0.98
		4	2.47	2.95	3.37	3.39
Ventilatie	Airco	1	8.64	14.45	26.66	28.22
		2	0.96	0.93	0.88	0.86
		3	0.96	1.00	0.98	0.90
		4	1.10	1.20	1.16	1.14

Verhouding ventilatievouden tijdens herstelperiode (conditie B t.o.v. A):

Conditie A	Conditie B	Meetpunt	≥ 0.3 mm	≥ 0.5 mm	≥ 1.0 mm	≥ 2.5 mm
Zonder scherm	Met scherm	1	0.67	0.66	0.72	0.78
		2	0.79	0.76	0.84	0.89
		3	0.78	0.79	0.93	1.19
		4	1.13	1.05	1.28	1.94
Ventilatie	Airco	1	1.16	1.24	1.22	1.20
		2	0.87	0.90	0.94	0.95
		3	0.94	0.98	0.97	0.96
		4	0.89	0.93	0.94	0.88