

**De invloed van het waargenomen luchtkwaliteitsniveau op een Sars-Cov-2-besmetting in de kantoor situatie**

**Onderzoek naar invloed luchtkwaliteit in kantoren**

Roelofsen, C.P.G.

**Publication date**

2020

**Document Version**

Final published version

**Published in**

Verwarming Ventilatie Plus (VV+)

**Citation (APA)**

Roelofsen, C. P. G. (2020). De invloed van het waargenomen luchtkwaliteitsniveau op een Sars-Cov-2-besmetting in de kantoor situatie: Onderzoek naar invloed luchtkwaliteit in kantoren. *Verwarming Ventilatie Plus (VV+)*, 2020(9), 30-33.

**Important note**

To cite this publication, please use the final published version (if applicable). Please check the document version above.

**Copyright**

Other than for strictly personal use, it is not permitted to download, forward or distribute the text or part of it, without the consent of the author(s) and/or copyright holder(s), unless the work is under an open content license such as Creative Commons.

**Takedown policy**

Please contact us and provide details if you believe this document breaches copyrights. We will remove access to the work immediately and investigate your claim.

**De invloed van het waargenomen luchtkwaliteitsniveau op een Sars-Cov-2-besmetting in de kantoor situatie**

# ONDERZOEK NAAR INVLOED LUCHTKWALITEIT IN KANTOREN

**Er zijn aanwijzingen dat het Sars-Cov-2-virus zich door de lucht kan verspreiden en dat infectie via aerogene transmissie niet kan worden uitgesloten. In hoeverre is dan het gewenste waargenomen luchtkwaliteitsniveau, dat ten grondslag ligt aan de dimensionering van een ventilatiesysteem, van invloed op de kans van besmetting en de mate van verspreiding in een kantoorgebouw?**

Tekst: dr.ir. C.P.G. (Paul) Roelofsen, Well AP, Industrial design engineering, TU Delft.

Fotografie: Industrie

Volgens de World Health Organization (WHO) en het Rijksinstituut voor Milieuhygiëne (RIVM) is er onvoldoende bewijs dat aerogene transmissie van het Sars-Cov-2-virus ten grondslag ligt aan de huidige pandemie. Het RIVM maakt een uitzondering voor situaties met sporten, zingen en bij circa 5 procent van de geïnfecteerden, die zoveel virusdeeltjes uitscheiden dat verspreiding via de lucht wel mogelijk is [1]. Eén en ander zou nader onderzocht moeten worden, aldus het RIVM en de WHO.

Virusoverdracht via aerosolen op korte afstand (circa 1,5 m) is mogelijk voor de meeste respiratoire infectieuze agentia. Echter, de conclusie dat een nieuw virus zich ook over een langere afstand door de lucht kan verplaatsen en besmettelijk is, heeft een enorme impact op de interventies voor infectiebeheersing in gebouwen.

Vanuit het perspectief dat er aanwijzingen zijn dat het Sars-Cov-2-virus zich via de lucht verspreidt – en infectie via aerogene transmissie niet kan worden uitgesloten [1, 2, 3] – wordt het voorzichtigheidsprincipe gehanteerd en worden proportionele voorzorgmaatregelen geadviseerd door TVVL en REHVA.

Dit leidt tot de vraag: 'In hoeverre is het gewenste waargenomen luchtkwaliteitsniveau, dat ten grondslag ligt aan de dimensionering van een ventilatiesysteem, van invloed op de kans van besmetting en de mate van verspreiding via aerogene transmissie, in een kantoorgebouw?'

In dit artikel wordt getracht hierop antwoord te geven voor de standaardkantoor situatie, waarbij hoog in de ruimte verse buitenlucht wordt toegevoerd en de ruimtelucht ook hoog in de ruimte wordt afgezogen. Dit ventilatieconcept wordt vaak toegepast in kantoorgebouwen.

DE CONCLUSIE DAT EEN  
NIEUW VIRUS ZICH OOK  
OVER EEN LANGERE AF-  
STAND DOOR DE LUCHT KAN  
VERPLAATSEN, HEEFT EEN  
ENORME IMPACT





### Aerogene transmissie van het virus

Uit onderzoek [4] blijkt dat de Sars-Cov-2-besmettingen nauwelijks in de buitenlucht plaatsvinden. Ook blijkt dat het Sars-Cov-2-virus in de binnenlucht tot 3 h en op bepaalde oppervlakken binnen tot 3 dagen kan overleven [5].

De ademhalingsdruppels, via welke het virus zich in de lucht zou kunnen verplaatsen, zijn in twee categorieën in te delen [6]:

- druppels met een diameter van 5 – 10 µm, die binnen een straal van 1,0 – 1,5 m op de bodem vallen,
- druppels met een diameter kleiner dan 5 µm, die bij praten, kuchen en niezen in de ruimte blijven zweven en meebewegen met de luchtstroom en bij inademing diep in de longen terecht kunnen komen.

### Waargenomen luchtkwaliteit

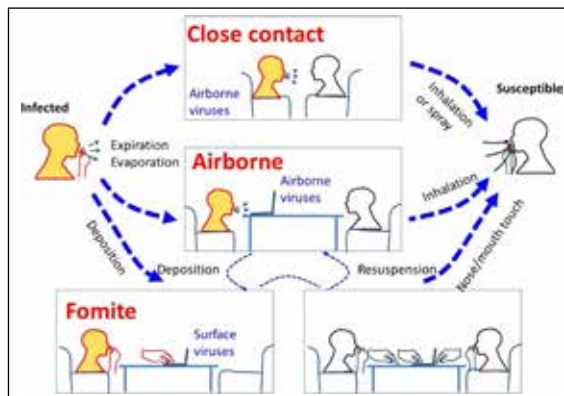
De waargenomen luchtkwaliteit ligt ten grondslag aan de dimensionering van een ventilatiesysteem in een kantoorgebouw. De wettelijk voorgeschreven minimum verse luchthoeveelheid, conform het Bouwbesluit, is over het algemeen minder dan de vereiste verse luchthoeveelheid conform de Nederlandse en Europese richtlijnen NPR-CR-1752 (1999) en NPR-CEN/TR 16798-2 (2019), afhankelijk van het gewenste comfortniveau.

In NPR-CR-1752 wordt de waargenomen luchtkwaliteit onderverdeeld in drie categorieën: A, B en C. NPR-CEN/TR 16798-2 onderscheidt voor de waargenomen luchtkwaliteit vier categorieën: I, II, III en IV. De eerste drie categorieën in beide richtlijnen komen qua uitgangspunten met elkaar overeen. In EN-16798-1 dient de minimale verse luchthoeveelheid per persoon niet minder te bedragen dan 14,4 m<sup>3</sup>/h, waarmee categorie IV in de ontwerpsituatie over het algemeen niet relevant is. In dit artikel wordt voor de categorieën A, B en C (overeenkomstig NPR-CR-1752), en de categorieën I, II en III (overeenkomstig NPR-CEN/TR 16798-2), respectievelijk de classificatie Hoog, Standaard en Laag gehanteerd, gebaseerd op het aantal ontevreden inzake de waargenomen luchtkwaliteit, te weten:

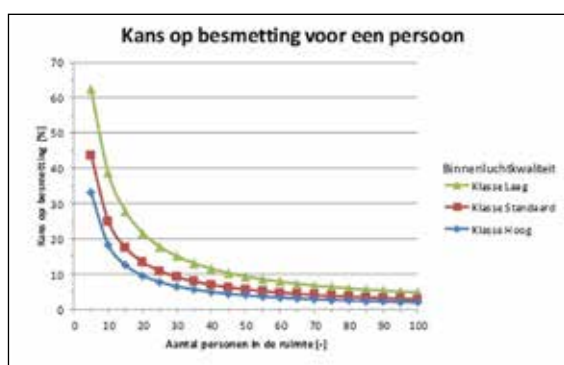
- klasse Hoog: minder dan 15 procent;
- klasse Standaard: minder dan 20 procent;
- klasse Laag: minder dan 30 procent.

### Kans op virusinfectie en reproductie

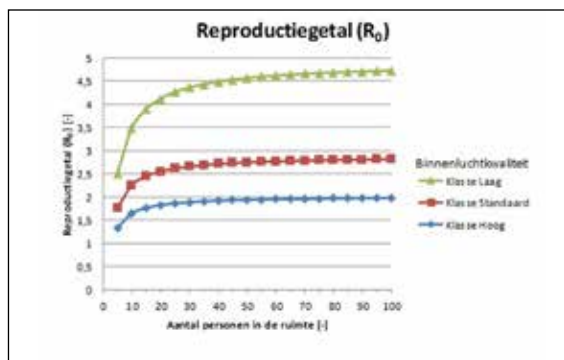
Om de kans op virusinfectie via aerogene transmissie te bepalen, wordt gebruikgemaakt van het begrip 'quanta'. De quanta-hoeveelheid per tijdseenheid bepaalt de virusproductie en is afhankelijk van het virus, de virusconcentratie in de mond en de neus, alsmede de activiteit van de persoon [7]. De kans op virusinfectie, via aerogene transmissie, en de reproductie ( $R_0$ ) is te berekenen met een virusinfectiemodel, bijvoorbeeld het Wells-Riley-model [8]. Het basaal reproductiegetal of besmettingsgetal ( $R_0$ ) van een infectieziekte is het gemiddeld aantal secundaire besmettingen dat wordt veroorzaakt door een primair geval in een populatie, zonder immuniteit en bij afwezigheid van een vaccin. Als voor een bepaalde populatie en besmettelijke agens  $R_0 > 1$  geldt, dan kan dat agens zich in de populatie verspreiden.



1. Transmissieroutes van respiratoire infecties [11].



2. Kans op besmetting voor een persoon.



3. Het reproductiegetal.

### Uitgangspunten en berekeningsresultaten

Om na te gaan in hoeverre het waargenomen luchtkwaliteitsniveau, conform NPR-CR-1752 en NPR/CEN-TR 16798-2, de kans op een Sars-Cov-2-virusbesmetting en de mate van verspreiding, via aerogene transmissie, in de kantoor-situatie beïnvloedt, zijn enkele berekeningen uitgevoerd. Hierbij zijn de uitgangspunten uit tabel 1 gehanteerd.

De berekeningsresultaten, per dagdeel à 4 h, zijn grafisch weergegeven in figuur 2 en 3.

De kans op besmetting voor een persoon, afhankelijk van het luchtkwaliteitsniveau in het gebouw, neemt toe naarmate het aantal voor besmetting ontvankelijke personen in een ruimte afneemt (figuur 2). Uit figuur 3 blijkt ook dat het reproductiegetal afhankelijk is van het aange-

houden waargenomen luchtkwaliteitsniveau en dat het reproductiegetal groter is dan 1, ondanks de noodzakelijke reductie op het aantal aanwezige personen in verband met het '1,5 m afstand'-voorschrift.

Om te voorkomen dat het Sars-Cov-2-virus zich bij een eventuele besmetting in de populatie kan verspreiden moet het reproductiegetal kleiner zijn dan 1. Dit betekent dat er aanvullende maatregelen noodzakelijk zijn, zodat de kans op besmetting en de verspreiding via aerogene transmissie wordt gereduceerd. In figuur 4 is schematisch weergegeven welke bouwkundige en installatietechnische maatregelen hiervoor in aanmerking komen.

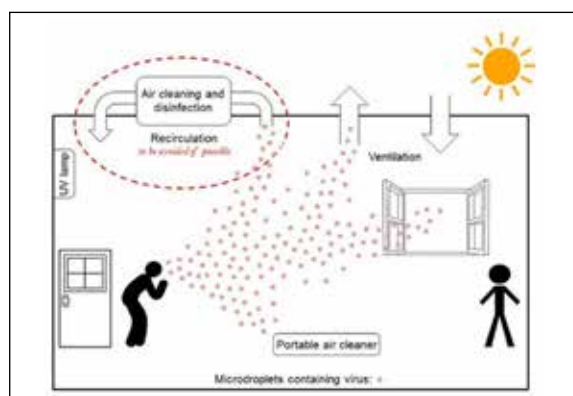
### Persoonlijke beschermingsmiddelen

Naast bouwkundige en installatietechnische maatregelen kan ook worden gedacht aan persoonlijke beschermingsmiddelen, zoals het gebruik van een FFP-masker om mond en neus te beschermen.

In de figuren 5 en 6 is de situatie doorgerekend, met het aanvullende gebruik van een FFP1-masker (percentage aerosolfiltratie: minimaal 80 procent) bij een expositietijd van 4 h. Uit variantberekeningen blijkt dat bij een expositietijd van 8 h niet kan worden volstaan met een FFP1-masker. Bij een expositietijd van 8 h moet een FFP2-masker (percentage aerosolfiltratie: minimaal 94 procent) worden gebruikt.

### UV-C-licht

Een andere maatregel om virale transmissie via de lucht te beperken, is het gebruik van uv-c-licht in het deel van de ruimte boven de leefzone. Kiemdodend ultraviolet licht (golflengte 254 nm) is weliswaar effectief in die zin, maar kan bij onjuist gebruik in de praktijk ook een gevaar vormen voor huid en ogen. Zogenaamd 'Far-uv-c-licht' (207 – 222 nm) daarentegen doodt efficiënt mogelijke ziekteverwekkers, zonder schade toe te brengen aan blootgestelde menselijke weefsels, zo blijkt uit onderzoek [9]. Vooralsnog bestaat er geen zogenoemde 'Equivalent air-change rate' voor het Sars-Cov-2-virus als functie van de Far-uv-c-irradiantie. Dit maakt het lastig om de Far-uv-c-licht-optie mee te nemen in voornoemde berekeningen.



4. Aanvullende maatregelen om aerogene transmissie te reduceren [12].

metabolisme	1,2 met
gemiddelde van alle ademhalingsactiviteiten bij 1,2 met	147 quanta/h <sup>1)</sup>
gebouw met een geringe verontreinigingsbelasting	0,1 olf/m <sup>2</sup>
netto hoogte van de ruimte	2,7 m
ontwerp persoonsbezetting	1 persoon per 10 m <sup>2</sup>
reductie aantal personen, in verband met 1,5 m afstand	38,5 %
maximaal aantal personen ontvankelijk voor besmetting	100
aantal geïnfecteerde personen	1
gemiddelde buitenluchtkwaliteit	0,2 dp
werktijd (onderbroken met een pauze in de buitenlucht)	8 h
expositietijd	4 h

<sup>1)</sup> De gemiddelde quanta-productie is gebaseerd op onderzoek [7].

Tabel 1. Uitgangspunten voor de berekeningen.

waargenomen luchtkwaliteit	ventilatievoud [1/h]	circulatievoud [1/h]
laag	1,4	12,1
standaard	2,6	11,5
hoog	3,9	10,4

Tabel 2. Luchtreiniging (Hepa-filter), minimale ventilatie- en circulatievoud, opdat  $R_0 = 1$ .

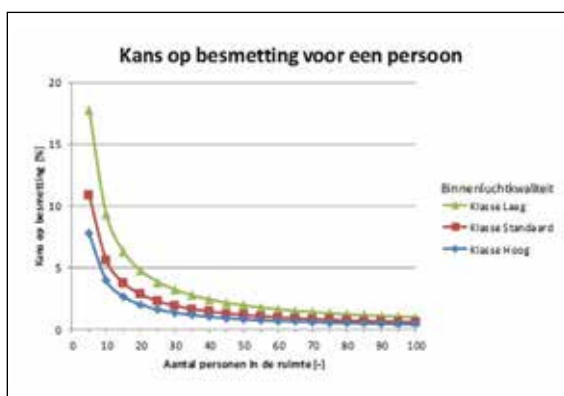
### Luchtreiniging

Als aanvulling op de bestaande ventilatie kan luchtreiniging met een uitstekend filtersysteem worden toegepast om de hoeveelheid aerosolen met een diameter kleiner dan 5  $\mu\text{m}$  in de lucht te reduceren. Tijdige vervanging van de filters in de luchtreinigers en onderhoud is dan cruciaal.

Om een idee te krijgen omtrent het minimale circulatievoud in de kantoorruimte zijn enkele berekeningen uitgevoerd met een luchtreiniger voorzien van een zogenoemd Hepa-filtersysteem. De berekeningsresultaten zijn weergegeven in tabel 2.

### Conclusie en advies

Mocht er voldoende bewijs zijn dat het Sars-Cov-2-virus zich ook over langere afstand (> 1,5 m) door de lucht verplaatst en besmettelijk is, dan heeft dat een enorme impact op de inter-



5. De onderhavige situatie, echter aangevuld met een FFP1-masker.

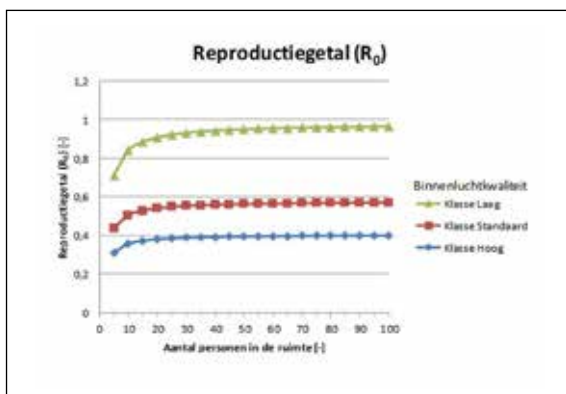
venties voor infectiebeheersing in gebouwen tot gevolg. In dat geval is, op grond van de berekeningsresultaten, het volgende te concluderen en te adviseren voor de standaard kantoor situatie:

- het bouwbesluit houdt geen rekening met comfort;
- het bouwbesluit en de Nederlandse richtlijnen, inzake ventilatie en comfort, houden geen rekening met infectieziekten;
- bij het ontwerp van elk (kantoor)gebouw moet men een bewuste keuze maken inzake het aan te houden waargenomen luchtkwaliteitsniveau, aangezien de binnenluchtkwaliteit sterk van invloed blijkt te zijn op de gezondheid, de prestatie en het comfort van de personen die er werkzaam zijn [10];
- het reproductiegetal is in de standaard kantoor situatie groter dan 1, bij een expositieduur van 4 h, ondanks de noodzakelijke reductie op het aantal aanwezige personen in verband met het '1,5 m afstand'-voorschrift;
- het reproductiegetal is afhankelijk van het aangehouden luchtkwaliteitsniveau in het ontwerp van het ventilatiesysteem;
- de kans op besmetting voor een persoon neemt toe, afhankelijk van het aangehouden waargenomen luchtkwaliteitsniveau, naarmate het aantal voor besmetting ontvankelijke personen in een ruimte afneemt;
- in de standaardkantoor situatie zijn aanvullende maatregelen noodzakelijk om te voorkomen dat een eventuele besmetting met het Sars-Cov-2-virus zich via aerogene transmissie in de populatie kan verspreiden;
- aanvullende maatregelen, ter reductie van virale transmissie via de lucht, kunnen zijn:
  - een FFP1-masker bij een expositietijd van 4 h;
  - een FFP-masker (of een equivalent) bij een expositietijd van 8 h,
  - de toepassing van zogenaamd 'Far-UV-C'-licht;
  - de toepassing van luchtreiniging met een zogenoemd Hepa-filter, waarbij rekening moet worden gehouden met een relatief hoog circulatievoud en kans op tocht.
  - de evaluatie van de binnenluchtkwaliteit in gebouwen dient een combinatie te zijn van ventilatie en luchtrei-

niging. Dit dient nader te worden onderzocht, waarna regelgeving, normen en richtlijnen hierop kunnen worden aangepast. <<

## Literatuur en verwijzingen

1. Schijven J., Vermeulen L.C., Swart A., Meijer A., Duizer E., Roda Husman A. M. de, 'Exposure assessment for airborne transmission of SARS-CoV-2 via breathing, speaking, coughing and sneezing', opgehaald van MedRxiv: <https://doi.org/10.1101/2020.07.02.20144832>, juli 2020.
2. Standing Committee on Emerging Infectious Diseases and 21st Century, 'Rapid expert consultation on the possibility of bioaerosol spread of SARS-CoV-2 for the COVID-19 Pandemic', opgehaald van The National Academies of Sciences Engineering Medicine: <https://www.nap.edu/read/25769/chapter/1>, april 2020.
3. Buonanno G., Morawska L., Stabile L., 'Quantitative assessment of the risk of airborne transmission of SARS-CoV-2 infection: prospective and retrospective applications', opgehaald van MedRxiv: <https://doi.org/10.1101/2020.06.01.20118984>, juni 2020.
4. Qian H., Miao T., Liu L., Zheng X., Luo D., Li Y., 'Indoor transmission of Sars-CoV-2', opgehaald van Medrxiv.org: <https://www.medrxiv.org/content/10.1101/2020.04.04.20053058v1>, april 2020.
5. Doremalen N. van, Gamble A., Williamson B., Tamin A., 'Aerosol and Surface Stability of Sars-CoV-2 as Compared with Sars-CoV-1', Centers for Disease Control and Prevention (CDC), opgehaald van <https://www.nejm.org/doi/full/10.1056/NEJMc2004973>, april 2020.
6. Ningthoujam R., 'COVID 19 can spread through breathing, talking, study estimates', Current Medicine Research and Practice, opgehaald van NCBI: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7205645/>, juli 2020
7. Buonanno G., Stabile L., Morawska L., 'Estimation of airborne viral emission: Quanta emission rate of Sars-Cov-2 for infection risk assessment', Environment International, Elsevier, London (UK), 2020.
8. Riley E. C., Murphy G., Riley R. L., 'Airborne spread of measles in a suburban elementary school', American Journal of Epidemiology, Oxford Academic, Oxford (UK), 1978.
9. Buonanno M., Welch D., Shuryak I., Brenner D.J., 'Far-UVC light (222 nm) efficiently and safely inactivates airborne human coronaviruses', opgehaald van <https://www.nature.com/articles/s41598-020-67211-2>, juni 2020.
10. Roelofsen P., 'Modelling relationships between a comfortable indoor environment, perception and performance change', Ede, Nederland, 2016.
11. Tellier R., Li Y., Cowling B.J., Tang J.W., 'Recognition of aerosol transmission of infectious agents: a commentary', BMC Infectious Diseases, 9, 2019.
12. Covaci A., 'How can airborne transmission of Covid-19 be minimised'. Environment International, Elsevier, London (UK), 2020.



6. De onderhavige situatie, echter aangevuld met een FFP1-masker.