

## **Het belang van ventilatie ter vermindering van transmissie van het coronavirus?**

Prof.dr.ir Philomena M. Bluysen (hoogleraar Indoor Environment)

Faculty of architecture and the Built Environment, Delft University of Technology

*Voor het beantwoorden van deze vraag volgt hieronder de tekst van het filmpje die te zien is op: [https://m.youtube.com/watch?v=bTiE6bF\\_PZo](https://m.youtube.com/watch?v=bTiE6bF_PZo). Dit filmpje is gemaakt met de toegekende middelen van het KNAW-pilotfonds gewaardeerd!*

Begin 2020 zijn we opgeschrikt door het coronavirus, die in een paar maanden tijd om zich heen sloeg en de hele wereld in zijn greep kreeg. Al snel werd duidelijk dat het virus zich via de lucht kan verspreiden, wanneer besmette personen hoesten, niezen, praten of zelfs alleen maar uit ademen. In de buitenlucht vervliegen de zogeheten aerosolen met virusdeeltjes zich snel, en is de kans op besmetting klein. In binnenruimtes kunnen aerosolen blijven hangen en ophopen, waardoor de kans op besmetting groter wordt. In een ruimte waar meerdere personen samenkomen, is goede ventilatie essentieel om de kans op besmetting te verkleinen. Uit onderzoek weten we dat het niet alleen om de hoeveelheid ventilatie gaat maar ook vooral om hoe je ventileert.

Een besmet persoon kan onbewust, zonder zichtbare symptomen, aerosolen met virusdeeltjes verspreiden. Bij het uitademen en praten komen er kleine druppels in de lucht. De grotere druppels zakken snel naar beneden, maar de kleinere druppels stijgen op en blijven in de ruimte hangen. Een mondkapje helpt om die druppels op te vangen, maar er zullen altijd kleinere druppels, ook wel aerosolen genoemd, ontsnappen aan de zij-, onder-, of bovenkant van het mondkapje waar de aansluitingen minder goed zijn. Bij een besmettelijk persoon zit het coronavirus in zo'n druppel. Het virus is daarom niet naakt, maar zit in een waterachtige substantie - die zouten, proteïnen en andere componenten bevat. Terwijl de uitgeademde druppels een breed scala aan afmetingen hebben, - de meesten liggen in de range van sub-micrometers tot een paar micron, - heeft het coronavirus zelf een diameter van rond de 120 nanometer of 0,12 micron. De diameter van een zandkorrel is ongeveer 750 keer zo groot.

Om verspreiding in de ruimte tegen te gaan, en de kans op besmetting te minimaliseren, is het reduceren of ventileren van die aerosolen noodzakelijk, of je nu een mondkapje draagt of niet. Het weghalen van die aerosolen zou je het liefst zo dicht mogelijk bij de bron willen uitvoeren. Dat is het meest effectief, maar helaas in de praktijk niet realistisch. Ventilatie van de ruimte is dus essentieel om de concentratie van uitgeademde aerosolen in de ruimte laag te houden en zo de kans op besmetting te verkleinen. Want zonder ventilatie hopen de aerosolen in de ruimte zich op en wordt de kans op besmetting groter.

Een CO<sub>2</sub>-meter kan een indicatie geven van de hoeveelheid uitgeademde lucht, zowel van besmette als niet-besmette personen. Bij elke uitademing wordt er CO<sub>2</sub> toegevoegd aan de ruimte. De concentratie van CO<sub>2</sub> in een ruimte kan ons daarmee iets vertellen over hoeveel er geventileerd wordt. Wanneer er niet of nauwelijks wordt geventileerd kan de hoeveelheid CO<sub>2</sub> snel oplopen. Hoe snel die concentratie oploopt is, naast ventilatie, afhankelijk van het aantal personen in de ruimte en de grootte van de ruimte. Wanneer je het aantal personen vermindert zal de concentratie van CO<sub>2</sub> minder snel oplopen in een niet of nauwelijks geventileerde ruimte. Wanneer je het aantal mensen halveert in een geventileerde ruimte zal de steady-state CO<sub>2</sub> concentratie ten op zichte van de concentratie in de buitenlucht eveneens halveren. Je kunt een CO<sub>2</sub>-meter dus gebruiken om te zien of er voldoende wordt geventileerd volgens de huidige ventilatierichtlijnen. Die richtlijnen zijn opgesteld om ervoor te zorgen dat mensen zich energiek genoeg blijven voelen om voldoende te functioneren. Echter, of die richtlijnen ook voldoende zijn om het risico op besmetting laag genoeg te houden, is nog niet bekend. Mede omdat besmetting afhankelijk is van een aantal factoren zoals: de hoeveelheid uitgeademde aerosolen met virusdeeltjes; de blootstelling van een persoon aan deze virusdeeltjes in een bepaalde tijd; de besmettelijkheid van het virus; en de lichamelijke gesteldheid van de blootgestelde persoon. In ieder geval helpt ventileren de concentratie van mogelijke virusdeeltjes te reduceren.

Er zijn verschillende manieren om een ruimte te ventileren tijdens een college, een vergadering of andere bijeenkomst. De meest eenvoudige manier om te ventileren is het openen van de ramen, of te wel natuurlijke ventilatie toepassen. Hierdoor vindt een uitwisseling van verse buitenlucht en de binnen lucht plaats. Als gevolg neemt de concentratie CO<sub>2</sub> af. Nog beter is het om ramen tegenover elkaar open te zetten. Hierdoor creëer je spuiventilatie, de ruimte wordt doorgespoeld met buitenlucht. Dan zal de CO<sub>2</sub> concentratie nog verder afnemen. Als er geen ramen aan beide kanten zijn, kunnen aan 1 kant de ramen geopend worden en daar tegenover bijvoorbeeld een binnendeur. Een nadeel is wel, dat de lucht van de gang vaak niet dezelfde kwaliteit heeft als de buitenlucht. Een veelgebruikt apparaat in de zomer, is een zogeheten airco. Een airco koelt de lucht, maar er wordt dan niet geventileerd. In feite wordt de lucht hierbij hergebruikt. Dit is niet aan te bevelen, want de aanwezige "besmette" aerosolen worden teruggeblazen. Wetende dat het virus langer levensvatbaar blijft bij koelere, vochtige lucht, is het zeker niet aan te bevelen om in de luchtstroom van een dergelijk apparaat te zitten. Of beter nog, de airco tijdens een pandemie uitzetten is het beste.

Daarnaast zijn er ook volledige klimaatinstallaties, die lucht toe- en afvoert, verwarmt, koelt en bevochtigt, wanneer nodig. In veel toegepaste systemen, wordt recirculatie toegepast. De lucht wordt dan hergebruikt ivm energiebesparing. In een pandemie is hergebruik van lucht eigenlijk geen optie. Indien de lucht moet worden hergebruikt, bijvoorbeeld in een operatiekamer waar de lucht superschoon moet zijn, wordt de lucht gefilterd voordat deze weer wordt ingeblazen. Hiervoor worden voornamelijk hepa-filters toegepast, die zelfs de allerkleinste deeltjes kunnen afvangen. Een optie is om een mobiel hepa-filter systeem aan de ruimte toe te voegen, die in staat is om aerosolen met virusdeeltjes uit de lucht te halen. Dit kan echter voor veel lawaai zorgen en vaak zijn er in grote ruimtes meerdere systemen nodig om alle aerosolen af te vangen. We weten namelijk niet wie er besmet is en er kunnen meerdere besmette personen aanwezig zijn. Dat neemt niet weg dat deze maatregel als tijdelijke oplossing zou kunnen dienen, naast het regelmatig openen van de ramen en deuren. Want ventileren blijft noodzakelijk.

Natuurlijk ventileren is echter moeilijk controleerbaar en afhankelijk van het aantal te openen ramen, de buitenlucht temperatuur en de winddruk op de gevel. Bovendien is het openen van de ramen in de winter een aanzienlijk minder fijne maatregel. In de winter heeft mechanisch ventilatie daarom de voorkeur. Bij mechanische ventilatie wordt verse lucht toegevoerd en/of afgevoerd via een mechanisch systeem. Onder de vorm van ventilatie vallen verschillende principes. Bij mengventilatie wordt schone lucht toegevoerd vanuit het plafond of er net onder, waarna deze zich mengt met de verontreinigde lucht in de ruimte, en wordt afgevoerd via openingen in het plafond of de wanden. De CO<sub>2</sub> concentratie zal hierdoor afnemen. Bij verdringingsventilatie wordt de lucht vanuit de vloer met een lage snelheid ingebracht, zodat er geen tocht ontstaat. Die lucht wordt opgewarmd door de warme luchtlaag rondom de aanwezige personen (de zogeheten thermische pluim) en stijgt naar boven, waar deze via openingen in het plafond, of er net onder, wordt afgevoerd. Bij de meest perfecte verdringingsventilatie zullen alle omhoog bewegende aerosolen naar boven worden afgevoerd, en niet mengen met de in de ruimte aanwezige lucht. Samen met het gebruik van mondkapjes die de grote druppels tegenhouden, kan deze vorm van ventilatie in theorie tot een aanzienlijke daling van het risico op besmetting leiden.

De coronapandemie laat zien wat het belang van ventilatie is in de strijd tegen virussen. Ook al is er meer kennis nodig over hoe potentiële ziekteverwekkers zich verspreiden in gebouwen, wat de beste condities en manieren zijn om ze te bestrijden, op de juiste manier ventileren lijkt een belangrijke verdediging tegen de pandemie. Het is duidelijk dat het niet alleen gaat om de vraag welke ventilatiehoeveelheden zijn er nodig, maar ook hoe er moet worden geventileerd in verschillende situaties. Het is belangrijk dat hoe we ventileren heroverwegen, vooral in drukbezette ruimtes waar mensen voor een langere tijd verblijven zoals bijvoorbeeld in klaslokalen, kantoortuinen, restaurants, verpleeghuizen, theaters, sportclubs, etc. Onderzoek is nodig; samenwerking tussen epidemiologen, virologen, aerosolen experts, bouwkundige ingenieurs, architecten, gedrags-psychologen, en installatiedeskundigen, is hierbij onmisbaar.

## Gebruikte literatuur

1. Morawska L, Tang J, Bahnfleth W, Bluysen PM, Boerstra A, Buonanno G, Cao J, Dancer S, Floto A, Franchimon F, Haworth C, Hogeling J, Isaxon C, Jimenez JL, Kurnitski J, Li Y, Loomans M, Marks G, Marr LC, Mazzarella L, Melikov AK, Miller S, Milton D, Nazaroff W, Nielsen PV, Noakes C, Peccia J, Querol X, Sekhar C, Seppänen O, Tanabe S, Tellier R, Tham KW, Wargocki P, Wierzbicka A, Yao M (2020) How can airborne transmission of COVID-19 indoors be minimised? *Environment International* 142: 105382.
2. Bluysen PM, Ortiz M, Zhang D (2021) The effect of a mobile HEPA filter system on 'infectious' aerosols, sound and air velocity in the SenseLab, *Building and Environment* 188: 107475.
3. Tang JW, Bahnfleth WP, Bluysen PM, Buonanno G, Jimenez JL, Kurnitski J, Li Y, Miller S, Sekhar C, Morawska L, Marr LC, Melikov AK, Nazaroff WW, Nielsen PV, Tellier R, Wargocki P, Dancer SJ (2021) Dismantling myths on the airborne transmission of severe acute respiratory syndrome coronavirus (SARS-CoV-2)- Narrative review, *Journal of Hospital Infection* 110:89-96.
4. Ortiz M, Ghasemshakhtaki M and Bluysen PM (2021) Testing of outward leakage of different types of masks with a breathing manikin head, UV-light and coloured water mist, *Intelligent Buildings International* 1951153.
5. Morawska L, Allen J, Bahnfleth W, Bluysen PM, Boerstra A, Buonanno G, Cao J, Dancer S, Floto A, Franchimon F, Greenhalgh T, Haworth C, Hogeling J, Isaxon C, Jimenez JL, Kurnitski J, Li Y, Loomans M, Marks G, Marr LC, Mazzarella L, Melikov AK, Miller S, Milton D, Nazaroff W, Nielsen PV, Noakes C, Peccia J, Prather K, Querol X, Sekhar C, Seppänen O, Tanabe S, Tang J, Tellier R, Tham KW, Wargocki P, Wierzbicka A, Yao M (2021) A paradigm shift to combat indoor respiratory infection, *Science* 372, issue 6543, May 14 2021.
6. Ding E, Zhang D, Bluysen PM (2022) Ventilation strategies of school classrooms against airborne transmission of infectious respiratory droplets: A review, *Building and Environment* 207: 108484.
7. de Man P, Ortiz M, Bluysen PM, de Man SJ, Rentmeester M-J, van der Vliet M, Wils E-J, Ong DSY (2022) Airborne SARS-CoV-2 in home and hospital environment investigated with a high-powered air sampler, *Journal of Hospital Infection* 119:126-131.
8. Dancer SJ, Bluysen PM, Li Y, Tang JW (2021) Why don't we just open the windows? The evidence for preventing COVID-19 is lost in translation, *BMJ* 2021;375:n2895.
9. Zhang D, Ding E, Bluysen PM (2022) Guidance to assess ventilation performance of a classroom, based on CO<sub>2</sub> monitoring, *Indoor and Built Environment* 31:1107-1126.
10. Bluysen PM (2022) How airborne transmission of SARS-CoV-2 confirmed the need for new ways of proper ventilation, Chapter 32 in: Handbook of Resilient Thermal Comfort. Eds. Nicol, Rijal and Roaf, Routledge, pp. 531-550.