

Auteurs

Dr.ir. M.G.L.C. Loomans¹, J.J.M. de Leeuw², ir. J.G. Middendorf³, P.V. Nielsen, Ph.D., M.Sc.⁴

1. Eindhoven University of Technology, Group Building Performance – Focus area IEQ and Health, Eindhoven

2. ISSO, Rotterdam

3. VLA, Vereniging Leveranciers Luchttechnische Apparaten, Zoetermeer

4. Aalborg University, Division of Architectural Engineering, Aalborg, Denemarken

Corona-virus en recirculatie

In de adviezen om te anticiperen op het verspreiden van virussen in gebouwen en ruimtes neemt recirculatie een belangrijke plaats in [1,2]. Echter, de adviezen rondom recirculatie roepen ook de nodige vragen op. Een generiek advies laat zich niet altijd één-op-één vertalen in een specifieke situatie. In dit korte artikel willen we de achtergronden bij de voorgestelde adviezen wat verder toelichten. Hiermee hopen we dat een (groot) deel van de vragen kan worden beantwoord die nu nog leven en we hopen ook dat het daarmee gemakkelijker wordt om de eigen situatie hierbij in ogenschouw te kunnen nemen en de mogelijk gewenste maatregelen te kunnen nemen.

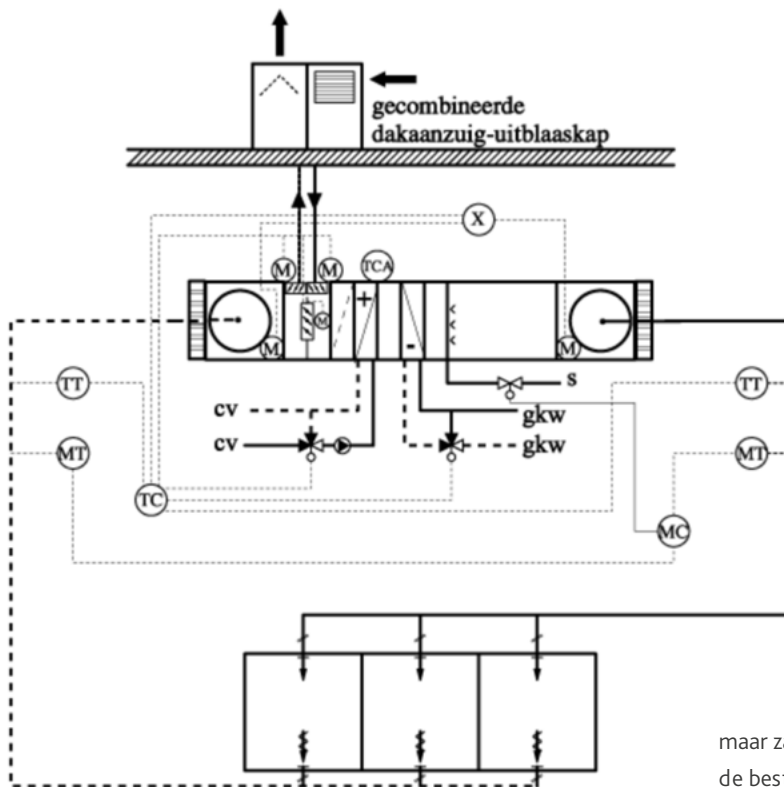
Eerst de definitie: Recirculatie is het opnieuw inbrengen van afgevoerde ruimtelucht in de ruimte of het gebouw. Deze gerecirculeerde lucht wordt dan vaak eerst gemengd met (schone) buitenlucht, het ventilatiedeel (zie Figuur 1). Normaal gesproken met als doel om via een hoog recirculatievoud, veel warmte of koude via de ventilatielucht te kunnen toevoeren zonder een hoog ventilatievoud. Hiermee wordt voorkomen dat steeds veel verse ventilatielucht moet worden geconditioneerd. Zo wordt een energetische besparing bereikt, en wordt de capaciteit van het verwarmings- en/of koelsysteem beperkt. In nieuwe gebouwen is warmteterugwinning een wettelijke verplichting sinds 2014 (EU 1253 [4]) bij balansventilatie. Echter, hierbij kan de gewenste warmteoverdracht verzorgd worden zonder van recirculatie gebruik te hoeven maken via bijvoorbeeld een twin-coil systeem, kruisstroomwisselaar of warmtewiel. In de praktijk zijn er echter nog vele vaak wat oudere gebouwen, met mechanische toe- en afvoer, waar recirculatie wordt toegepast als onderdeel van het luchtbehandelingssysteem. Vaak is het niet mogelijk om de recirculatie geheel uit te schakelen zonder dat er ten aanzien van verwarming en koeling capaciteitsproblemen ontstaan.

Daar waar de energetische en capaciteitsredenen met betrekking tot verwarmings- en koelcapaciteit helder zijn, is het gebruik van recirculatie vanuit gezondheidskundig oogpunt minder logisch. Immers, 'verontreinigde' lucht wordt weer opnieuw het gebouw in gebracht. In principe kan die lucht ook terecht komen op plekken/ruimtes waar geen verontreinigingsbronnen zijn en op die manier tot gezondheids- of andere klachten elders in het gebouw leiden. De verontreiniging kan breed gedefinieerd worden, CO₂, geurtjes, fijnstof, maar ook ziektekiemen. Door enkel buitenlucht toe te voeren, i.e. ventilatie, voorkom je eenvoudig dat deze verontreinigingen opnieuw het gebouw in worden gebracht.

Dit gegeven is de achterliggende verklaring voor het advies om geen gebruik te maken van recirculatie. Echter, we kunnen daarbij nog een onderscheid maken. De toelichting zoals hierboven beschreven focust op *gebouwniveau*. Er is ook een mogelijkheid om te recirculeren op *ruimteniveau*. Dit vaak met behulp van secundaire lucht circulatiesystemen zoals een fan-coil unit, split-unit of inductiesysteem. In de beschrijving hieronder zullen we beide niveaus afzonderlijk behandelen.

Recirculatie op gebouwniveau

Op gebouwniveau is het gebruik van recirculatie onwenselijk in het kader van de gezondheid in het algemeen, als je het hebt over lokale bronnen die de gezondheid van een persoon kunnen beïnvloeden. In de huidige situatie is dat het SARS-CoV-2 virus en daarmee dus een voorzorgmaatregel tegen COVID-19. Door recirculatie op gebouwniveau is het mogelijk dat ziektekiemen die in één ruimte worden geproduceerd worden verspreid over het gehele gebouw. De concentratie wordt dan vanzelfsprekend gereduceerd. Hoewel op dit moment het besmettingsrisico via de luchttransmissie als beperkt wordt ingeschat, is het vanuit het voorzichtigheidsprincipe wenselijk om dit te voorkomen. Een recente studie [5], hoewel nog niet ge-peer-reviewed, toont aan dat het virus kan worden aangetroffen op filters in het toevoerdeel van de luchtbehandelingskast bij gebruik van recirculatie en daarmee dat het risico geen hypothetische veronderstelling is.



Figuur 1: Voorbeeld van een recirculatie-oplossing.

Figuur overgenomen van [3].

In dit geval is enkel het RNA gedetecteerd en is niet getoetst op de levensvatbaarheid. Door geen gebruik te maken van recirculatie voorkom je dat deze situatie optreedt. In principe zou het ventilatieniveau, dat wil zeggen de verse luchttoevoer, hiervoor niet hoeven te worden aangepast indien deze al voldoende is. Als de ventilatie als onvoldoende wordt beoordeeld, dan zou je dit niveau moeten verhogen, maar dit staat los van het niet gebruiken van recirculatie op gebouwniveau. Vanuit het oogpunt van luchtbehandeling zouden er wel capaciteitsbeperkingen kunnen ontstaan bij hoge (zomer) en lage (winter) buitentemperaturen. Als er meer geventileerd kan worden dan is dat alleen maar positief. Als dat juist niet het geval is dan moet een afweging worden gemaakt in hoeverre het thermisch comfort wordt beïnvloed door de overgang naar een volledig op buitenlucht geconditioneerde situatie.

Ten aanzien van deeltjes (ziektekiemen worden getransporteerd via deeltjes) is er de mogelijkheid om lucht te filteren. Op die manier zou je de gerecirculeerde lucht kunnen reinigen. Vaak zal er enige mate van filtering aanwezig zijn in een recirculatiesysteem. Echter, deze filters, en als gevolg daarvan het totale luchtbehandelingsysteem, zijn normaal gesproken niet ontworpen om de kleine (<1-2,5 micron) deeltjes

effectief te verwijderen [5]. En het zijn juist deze deeltjes die een rol spelen in de luchttransmissie route omdat zij lang kunnen blijven zweven.

Het plaatsen van betere filters is een optie, maar zal vaak niet mogelijk zijn vanwege de hogere drukken in de bestaande luchtbehandelingskast die dan benodigd zullen zijn. Voor microbiologische verontreiniging is er ook nog de mogelijkheid om deze met behulp van bijvoorbeeld ultraviolet licht (UVGI - ultraviolet germicidal irradiation) of ionisatie, mits goed uitgevoerd, te verwijderen.

Op gebouwniveau is het gezien het bovenstaande het beste om geen recirculatie toe te passen. Daar waar het onmogelijk is dit volledig te voorkomen in verband met capaciteitsproblemen moet het zoveel als mogelijk worden geminimaliseerd. Verbetering van filters zou dan overwogen kunnen worden en het ventilatieniveau zou zo hoog als mogelijk moeten worden ingesteld. Dit laatste om verdunning zo groot mogelijk te maken. Overigens vormen specifieke situaties (meerdere besmettingen, langdurige aanwezigheid, gevoelige groepen, bijvoorbeeld verpleeghuizen) nadrukkelijke redenen om recirculatie te vermijden.

Recirculatie op ruimteniveau

Op ruimteniveau worden verschillende typen afgiftesystemen gebruikt om lucht in de ruimte te brengen en om lucht te conditioneren. Soms wordt dit gecombineerd. Met name wanneer het systemen betreft die ook voorzien in (een deel van) de ventilatie van de ruimte, dan moeten deze vooral *niet* worden uitgeschakeld. Een inductie-unit is een typisch voorbeeld van zo een systeem. Een dergelijke unit verzorgt ook de verse luchttoevoer (ventilatie) van de ruimte. Ventilatie is een van de belangrijkste onderdelen in de strategie om het risico te verminderen. Hoe meer ventilatie met verse buitenlucht, hoe beter. Ook veel fan-coil units zullen een verse lucht (ventilatie) component hebben. Ook dan is het advies om dit systeem vooral te blijven gebruiken.

Daar waar een systeem niet bijdraagt aan de ventilatie, wordt het advies wat lastiger. Een split-unit is een typisch voorbeeld van een afgiftesysteem dat vaak niet bijdraagt aan de ventilatie van een ruimte. Echter, zij kan wel van wezenlijk belang zijn in de conditionering van de ruimte om tot aangename thermische condities te komen. In de afgelopen periode zijn de adviezen, vanuit o.a. het RIVM, REHVA, TVVL, omtrent het wel of niet gebruiken van zo een unit wat diffuus geweest. In principe is het advies om een dergelijke unit niet te gebruiken. Het uitgangspunt voor dit advies op ruimteniveau is dat we de directe overdracht van het virus via luchtstroming tussen personen willen voorkomen. Het probleem hierbij is dat dit eenvoudig generiek gesteld kan worden, maar dat de interpretatie zeer locatiespecifiek is en het lastig is om dit vast te kunnen stellen.

Overdracht door luchtstromingen tussen personen kan plaats vinden als een (directe) luchtstroom tussen personen in een ruimte kan ontstaan. In de praktijk zullen toevoerroosters en afgiftesystemen zoals een split-unit zodanig zijn ontworpen en geplaatst dat in een ruimte een mengsituatie ontstaat. Het wel of niet aanzetten van de split-unit zal aan die mengsituatie dan niet veel veranderen. Hiermee wordt bedoeld dat niet verwacht mag worden dat daardoor een stabiele luchtstroom tussen twee personen zal ontstaan. Echter, in bepaalde gevallen zal het mogelijk zijn dat door het aanzetten van de unit circulatiestromingen (wervels) in de ruimte ontstaan die zo juist wel een luchtstroming tussen mensen mogelijk maken. De case in het restaurant in China [6] laat de mogelijkheid hiervan zien. Dit betrof een unit aan de wand die via het plafond een min of meer staande wervel (circulatiestroming) in de ruimte creëerde. Opgemerkt moet worden dat in dit voorbeeld het ventilatieniveau in het restaurant heel laag was. Vanuit het oogpunt van

COVID-19, zou voor een plafond-unit de stromingsrichting parallel aan het plafond gezet kunnen worden, bij voorkeur in alle richtingen, zodat menging wordt geoptimaliseerd en geen circulatietstroming in de ruimte ontstaat die lijkt op de situatie zoals geschets voor het restaurant in China [7,8]. Voor de volledigheid, hoofduitgangspunt is steeds een goed werkende ventilatie installatie en voldoende ventilatie van de ruimte.

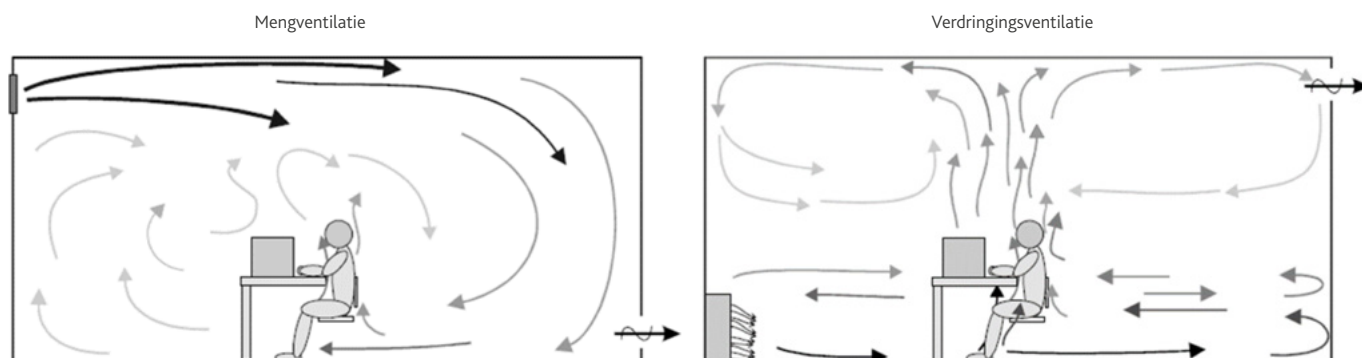
Vaak zal het niet eenvoudig zijn om inzicht te krijgen in de luchtstroming die in een ruimte ontstaat. Rook voor de visualisatie is een handig hulpmiddel, maar beter is het om de beoordeling over te laten aan een deskundige zoals bijvoorbeeld een installatietechnische adviseur. Een andere belangrijke opmerking is dat wanneer het systeem (bijv. een split-unit) aan blijft, dat in alle gevallen de ventilatie op orde moet blijven. Bij een werkend systeem zal bij koelen wellicht de indruk kunnen ontstaan, doordat de lucht ook vanuit een luchtkwaliteitsoogpunt als 'fris' kan worden beoordeel [9], dat er wat minder geventileerd hoeft te worden. Dat is niet wenselijk. Ventilatie is in dit geval, en eigenlijk altijd, eerst en vooral bedoeld om de luchtkwaliteit op orde te houden.

Ventilatieprincipes

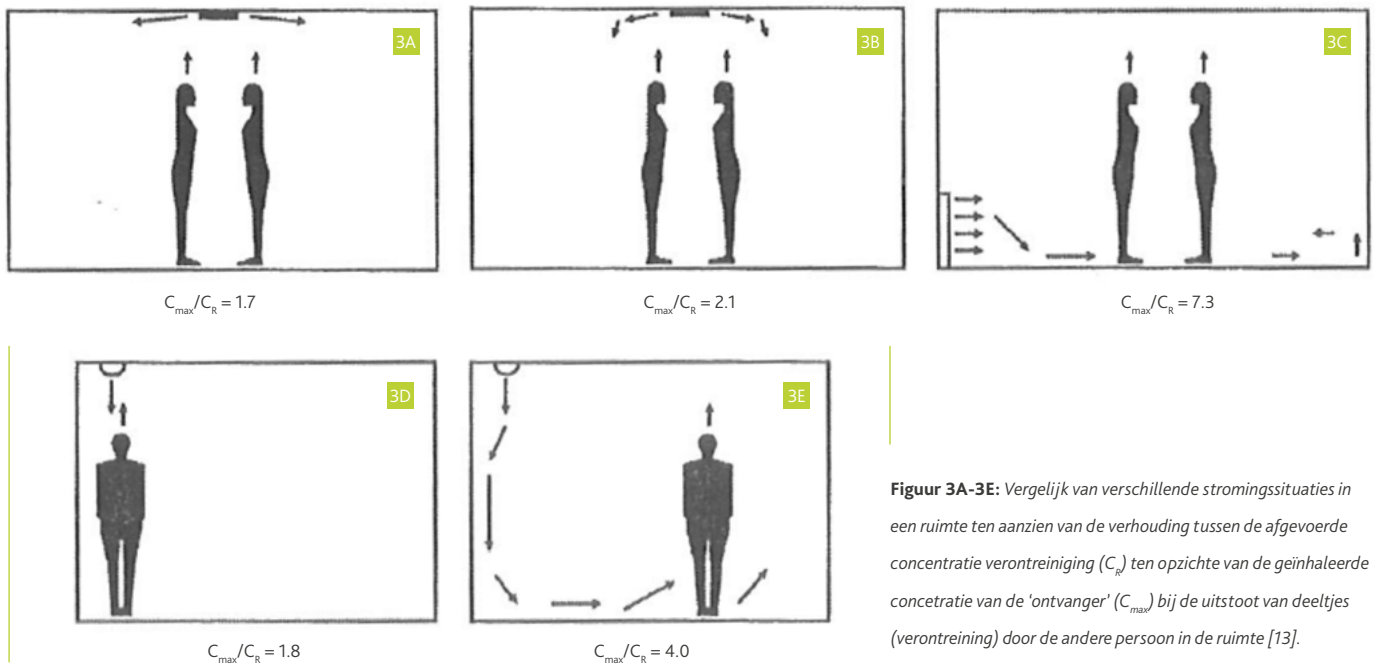
In aanvulling op het belang van voldoende ventilatie willen we voor de volledigheid ook kort nog even ingaan op de ventilatie-efficiency van oplossingen voor de ventilatie in ruimtes. We kennen daarbij twee hoofdprincipes: mengventilatie en verdringingsventilatie. In Figuur 2 zijn de principes schematisch gevisualiseerd.

In principe is verdringingsventilatie een efficiëntere vorm van ventileren. Daarmee wordt bedoeld dat met dezelfde hoeveelheid lucht verontreinigingen efficiënter worden afgevoerd, waardoor de concentratie daarvan in de ruimte, in de ademzone, lager is.

Het interessante is echter dat dit voor het vraagstuk van druppeltjes en aerosolen bij praten, e.d. niet per se het geval hoeft te zijn. Uit onderzoek [11,12] wordt duidelijk dat in zo een situatie verdringingsventilatie niet beter presteert. In Figuur 3 [13] wordt dit geïllustreerd. Hierin wordt de



Figuur 2: Schematische weergave principe mengventilatie en verdringingsventilatie [10].



Figuur 3A-3E: Vergelijk van verschillende stromingssituaties in een ruimte ten aanzien van de verhouding tussen de afgevoerde concentratie verontreiniging (C_R) ten opzichte van de geïnhaleerde concentratie van de 'ontvanger' (C_{max}) bij de uitstoot van deeltjes (verontreiniging) door de andere persoon in de ruimte [13].

geïnhaleerde concentratie vergeleken ten opzichte van de afgevoerde concentratie. In dit geval staan de personen op 0.35 m afstand van elkaar.

Figuren 3A tot en met E laten zien dat in dit geval verdringingsventilatie ($C_{max}/C_R = 4.0-7.3$; C_R : afgevoerde concentratie verontreiniging, C_{max} : geïnhaleerde concentratie van de 'ontvanger') minder goed presteert dan een mengventilatie oplossing ($C_{max}/C_R = 1.7-2.1$). De verklaring hiervoor is dat, op relatief korte afstand, de adem van de 'bron' persoon de grenslaag van de 'ontvangende' persoon kan doorbreken. Verdringingsventilatie blijkt hier gevoeliger voor dan een mengsituatie. Dit is een probleem op korte afstand, maar ook op grotere afstand kan verdringingsventilatie in zo een situatie minder goed presteren. De uitgedemde lucht kan ingesloten raken in een gestratificeerde, rustige, laag die

kenmerkend is voor verdringingsventilatie. Daardoor kunnen de deeltjes daar langer verblijven en verder verspreiden [12]. Bij een mengsituatie worden deze deeltjes in dat geval beter verdund en afgevoerd.

Tot slot

Met de huidige ervaringen is het belang van een goede ventilatie nog wat steviger op de kaart komen te staan. Recirculatie hoort in nieuwe gebouwen niet meer thuis. Er zijn goede alternatieven om warmteterugwinning mogelijk te maken zonder dat hiervoor lucht hoeft te worden gemengd. Op ruimteniveau moeten we ons bewust zijn dat decentrale systemen bijdragen in de conditionering van de ruimte, maar dat ook hier ventilatie leidend moet blijven. In deze tijden van COVID-19, maar ook voor de toekomst, is een efficiënte ventilatie van belang. Maar in de verspreiding van ziektekiemen tussen mensen zijn andere prestatie-indicatoren voor de ventilatie ook belangrijk. Het is goed om deze te onderkennen en daar nu, maar zeker ook in de toekomst, rekening mee te houden.

Referenties

1. REHVA, REHVA COVID-19 guidance document, Brussel, Belgium, 2020. <https://www.rehva.eu/activities/covid-19-guidance>.
2. L. Morawska, J.W. Tang, W. Bahnfleth, P.M. Bluyssen, A. Boerstra, G. Buonanno, J. Cao, S. Dancer, A. Floto, F. Franchimon, C. Haworth, J. Hogeling, C. Isaxon, J.L. Jimenez, J. Kurnitski, Y. Li, M. Loomans, G. Marks, L.C. Marr, L. Mazzarella, A. Krikor Melikov, S. Miller, D.K. Milton, W. Nazaroff, P. V. Nielsen, C. Noakes, J. Peccia, X. Querol, C. Sekhar, O. Seppänen, S. Tanabe, R. Tellier, K. Wai Tham, P. War-gocki, A. Wierzbicka, M. Yao, How can airborne transmission of COVID-19 indoors be minimised?, *Environ. Int.* (2020) 105832. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2020.105832>.
3. ISSO, Handboek Installatietechniek, 2nd ed., ISSO, Rotterdam, The Netherlands, 2012. <https://kennisbank.issso.nl/publicatie/handboek-hbi-installatietechniek/2012>.
4. VERORDENING (EU) Nr. 1253/2014 VAN DE COMMISSIE van 7 juli 2014 tot uitvoering van Richtlijn 2009/125/EG van het Europees Parlement en de Raad met betrekking tot de eisen inzake ecologisch ontwerp voor ventilatie-eenheden, *Eur. Comm.* (2014) 1–19. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/NL/TXT/PDF/?uri=CELEX:32014R1253&from=EN> (accessed August 31, 2020).
5. P.F. Horve, L. Dietz, M. Fretz, D.A. Constant, A. Wilkes, J.M. Townes, R.G. Martindale, W.B. Messer, K.G. Van Den, Title: Identification of SARS-CoV-2 RNA in Healthcare Heating, Ventilation, and Air Working Title: SARS-CoV-2 in Healthcare HVAC Systems Authors: Corresponding Author(s), *MedRxiv*. (2020) 2020.06.26.20141085. <https://doi.org/10.1101/2020.06.26.20141085>.
6. Y. Li, H. Qian, J. Hang, X. Chen, L. Hong, P. Liang, J. Li, S. Xiao, J. Wei, L. Liu, M. Kang, Evidence for probable aerosol transmission of SARS-CoV-2 in a poorly ventilated restaurant, *MedRxiv*. (2020) 2020.04.16.20067728. <https://doi.org/10.1101/2020.04.16.20067728>.
7. M.G.L.C. Loomans, P.C.A. Molenaar, H.S.M. Kort, P.H.J. Joosten, Energy demand reduction in pharmaceutical cleanrooms through optimization of ventilation, *Energy Build.* 202 (2019) 109346. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2019.109346>.
8. D. Dijkstra, M.G.L.C. Loomans, J.L.M. Hensen, B.E. Cremers, Ventilation efficiency in a low-energy dwelling setting – a parameter study for larger rooms, in: 14th Int. Conf. Indoor Air Qual. Clim. (Indoor Air 2016), International Society of Indoor Air Quality and Climate - ISIAQ, Ghent, Belgium, 2016: p. [180].
9. L. Fang, G. Clausen, P.O. Fanger, Impact of temperature and humidity on the perception of indoor air quality, *Indoor Air.* 8 (1998) 80–90. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0668.1998.t01-2-00003.x>.
10. M.G.L.C. Loomans, The Measurement and Simulation of Indoor Air Flow, Eindhoven University of Technology, 1998. <https://pure.tue.nl/ws/portalfiles/portal/1362860/9803293.pdf>.
11. P.V. Nielsen, F.V. Winther, M. Buus, M. Thilageswaran, Contaminant Flow in the Microenvironment between People under Different Ventilation Conditions, *ASHRAE Trans.* 114 (2008) 632–638.
12. Y. Li, P.V. Nielsen, M. Sandberg, Displacement Ventilation in Hospital Environments, *ASHRAE J.* (2011) 86–88.
13. P.V. Nielsen, L. Liu, The influence of air distribution on droplet infection and airborne cross infection, Aalborg, 2020. file:///C:/Users/bwmgjclo/Downloads/The_influence_of_air_distribution_on_droplet_infection_and_airborne_cross_infection_(1).pdf.