

## Verslag werkconferentie *Ventilatie en COVID-19*

De Gezondheidsraad heeft verschillende deskundigen uit verschillende vakgebieden uitgenodigd om op persoonlijke titel in een werkconferentie stil te staan bij de vraag wat er bekend is over de rol van ventilatie bij de verspreiding van het coronavirus (SARS-CoV-2) en wat dat betekent voor maatregelen op scholen. De deelnemers zijn het erover eens dat de belangrijkste verspreidingsroute van COVID-19 verloopt via virusbevattende grotere druppels die binnen 1,5 meter aanwezig zijn. Dit onderstreept het belang van de bestaande coronamaatregel om afstand te houden. <https://www.rijksoverheid.nl/onderwerpen/coronavirus-covid-19/nederlandse-maatregelen-tegen-het-coronavirus/gezondheidsadviezen>

Er zijn aanwijzingen dat het SARS-CoV-2 virus via kleinere druppels/aerosolen in bepaalde situaties ook over grotere afstand (>1,5 meter) van de besmettelijke persoon verspreid kan worden, maar onzeker is in welke mate dit bijdraagt aan de verspreiding van de ziekte. Ondanks die onzekerheid wordt goede ventilatie gezien als een proportionele maatregel voor scholen, *naast* de bestaande coronamaatregelen en *niet in plaats van*. Scholen kunnen volgens de deelnemers hulp gebruiken bij het op orde brengen en houden van de ventilatie. De eis uit het Bouwbesluit 2012 van 8,5 l/sec/persoon hoeft naar de mening van de deelnemers niet te worden herzien. In de praktijk blijkt het lastig om aan de ventilatie-eisen uit het Bouwbesluit 2012 te voldoen, met name voor scholen die zijn gebouwd voor 2012. Bijvoorbeeld doordat ventilatiesystemen niet goed zijn afgesteld, niet goed worden onderhouden, onvoldoende efficiënt functioneren, of doordat scholen zijn aangewezen op natuurlijke ventilatie. Er zijn geen bindende prestatie-eisen om te toetsen of de ventilatie *in de praktijk* aan de eisen voldoet. Het gebruik van CO<sub>2</sub>-meters kan inzicht geven in de mate van ventilatie op scholen. Een hoog CO<sub>2</sub>-gehalte is een duidelijke indicatie voor onvoldoende ventilatie in het klaslokaal, maar het zegt weinig over de mogelijke verspreiding van het SARS-CoV-2 virus. Onvoldoende ventilatie betekent niet dat er een acute dreiging zou zijn op besmetting met het virus. Het blijft onverminderd belangrijk om te voorkomen dat met COVID-19 geïnfecteerde leerlingen of leraren in de klas aanwezig zijn.

Het plaatsen van vrijstaande luchtreinigers wordt voorlopig niet aangeraden. De deelnemers achten een actualisatie van het Gezondheidsraadadvies over binnenluchtkwaliteit op basisscholen (2010) in het licht van de corona pandemie gewenst. Daarbij is het belangrijk dat dit advies wordt uitgebreid naar middelbare scholen en waar mogelijk andere gebouwen. Het is belangrijk dat daarbij de bestaande kennis over verspreiding van andere infectieziekten dan COVID-19 bij die actualisatie wordt betrokken. Een nadere uitvoerige gedachtewisseling over ventilatie in verpleeghuizen tussen experts uit verschillende disciplines acht men nodig. Ook is verder onderzoek nodig naar de relatie tussen ventilatie en aerogene transmissie.

## Inleiding

Zowel in Nederland als internationaal is er discussie over de rol van ventilatie bij de verspreiding van COVID-19. In het verlengde van die discussie is er bezorgdheid over de mogelijke rol van ventilatie bij de verspreiding van COVID-19 op scholen. De Gezondheidsraad, de GGD en het RIVM hebben over de jaren heen al vaker aandacht gevraagd voor betere ventilatie op scholen en in woningen, vanwege de gezondheidsvoordelen van een gezond binnenklimaat. De vraag dient zich aan in welke mate eerdere adviezen van de

Gezondheidsraad over ventilatie (1984, 2010) relevant zijn in het kader van de huidige discussie. Op 23 november 2020 heeft de Gezondheidsraad daarom een werkconferentie georganiseerd. Het doel van die werkconferentie is om in kaart te brengen wat bekend is over het belang van goede ventilatie en om na te gaan wat dat betekent voor maatregelen voor een gezonder binnenmilieu, op scholen en mogelijk ook in andere gebouwen zoals kantoren en verpleeghuizen. De werkconferentie startte met vijf korte inhoudelijke presentaties. In de eerste presentatie werd de aard en omvang van de huidige problematiek vanuit het perspectief van scholen geschetst. Vervolgens werden de inhoudelijke achtergronden van eerdere Gezondheidsraad adviezen over ventilatie gepresenteerd. Daarna werd vanuit infectieziektepreventie gereflecteerd op de rol van ventilatie. Vervolgens werd vanuit bouwkundig perspectief de rol van ventilatie belicht. Ten slotte werd de stand van kennis over het meten van besmettelijk virus in binnenruimten beschreven

## Leeswijzer

De deelnemers hebben voorafgaand aan de werkconferentie enkele relevante vragen en een samenvatting van eerdere GR adviezen gekregen (zie bijlage). Dit verslag volgt het verloop van de discussie van de werkconferentie. Voorafgaand aan het verslag wordt een korte beschrijving van enkele kernbegrippen gegeven. Daarna volgt de samenvatting van de vijf presentaties waar de werkconferentie mee begon. Vervolgens wordt de discussie beschreven aan de hand van de volgende vragen:

- Wat is de rol van aerogene transmissie?
- In hoeverre is de ventilatienorm uit het Bouwbesluit relevant voor het terugdringen van de verspreiding van infectieziekten op scholen?
- Is het CO<sub>2</sub>-gehalte een goede indicator voor de kans op verspreiding van infectieziekten?
- Welke praktische maatregelen kunnen scholen treffen op korte termijn?

Tot slot komt een samenvatting van de algemene conclusies aan bod.

Een overzicht van de deelnemers en een uitgebreide beschrijving van de presentaties van de sprekers staan in de bijlage.

## Begrippen

In de discussie tussen experts van verschillende vakgebieden blijken verschillende begrippen en definities te worden gehanteerd. Gewoonlijk zijn experts uit het ene vakgebied niet vertrouwd met de definitie en precieze duiding in een ander vakgebied. Dit leidt regelmatig tot begripsverwarring. Er worden verschillende woorden voor hetzelfde begrip gebruikt en dezelfde woorden voor verschillende begrippen. Zo kan het woord 'verspreiding' of 'transmissie' voor de één een heel breed en complex proces beschrijven van overdracht van infectieus virus van een besmettelijke persoon naar een nog niet geïnfecteerd persoon, terwijl voor een ander het woord verspreiding eenvoudig de verplaatsing van druppels/aerosol in de ruimte beschrijft. Ook zijn er verschillende interpretaties van het begrip 'aerosol'. Daarom worden hieronder een aantal centrale begrippen kort beschreven.

## Druppel transmissie, aerogene transmissie en aerosolen

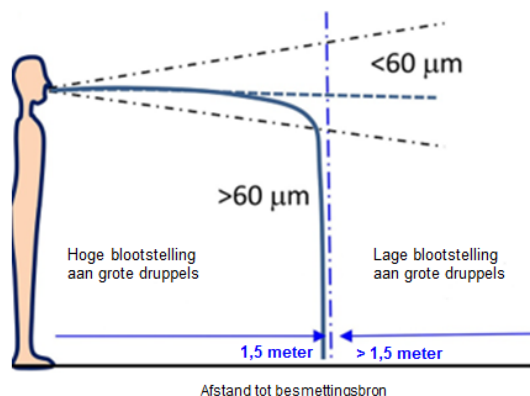
Druppeltransmissie: een infectie die wordt verspreid door blootstelling aan virusbevattende druppels die zijn uitgeademd door een besmettelijk persoon. De kans op transmissie is het grootst als iemand zich dichtbij de besmettelijke persoon bevindt ( $< 1,5$  meter)

Aerogene transmissie is de verspreiding van een infectie door virusbevattende kleinere druppels/aerosolen in de lucht, die vanwege hun geringe diameter over grotere afstand dan 1,5 meter verspreid kunnen worden.

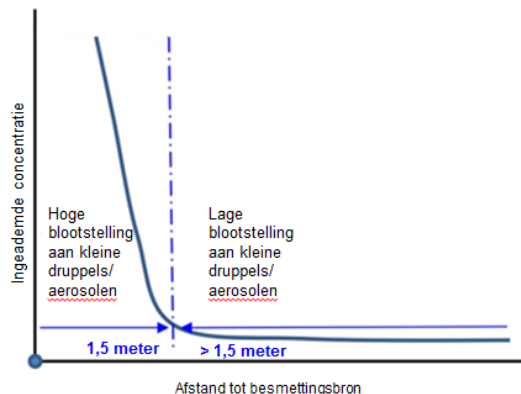
Er is ook verwarring over de term aerosolen. In sommige vakgebieden wordt onderscheid gemaakt tussen druppels en aerosolen op basis van de grootte. In andere vakgebieden worden alle niet gasvormige componenten in de lucht (zowel vaste deeltjes als druppels) aerosolen genoemd. Grotere druppels/aerosolen zullen door de zwaartekracht snel, binnen 1,5 meter, naar de grond uitzakken. Kleinere druppels/aerosolen komen ook voor binnen 1,5 meter, maar kunnen zich ook over grotere afstanden dan 1,5 meter. Naast de grootteverdeling en verspreiding over kortere of langere afstanden is de hoeveelheid infectieus virus in druppel/aerosol van belang.

Onderstaande figuur geeft bovenstaande schematisch weer.

Transport van virusbevattende druppels/aerosolen door de lucht over korte afstand



Relatie tussen afstand tot besmettingsbron en concentratie virusbevattende druppels/aerosolen in de lucht



Deze figuur is een bewerking van de figuur uit de presentatie van Loomans en ontleend aan: Liu, L., Li, Y., Nielsen, P.V., Wei, J., Jensen, R.L., 2017. Short-range airborne transmission of expiratory droplets between two people. Indoor Air 27, 452–462.

## Besmetting / infectie / besmettelijkheid

Bij een *besmetting* is een ziektekiem (zoals een virus of bacterie) op of in het lichaam van een persoon. Daarbij treden niet per definitie ziekteverschijnselen op. Een **besmetting** hoeft dus niet tot een infectie te leiden. Een *infectie* ontstaat wanneer na de besmetting de **ziektekiemen** zich vermenigvuldigen en leiden tot een reactie van het lichaam, al of niet met (klinische) ziekteverschijnselen. De *besmettelijkheid* van een geïnfecteerd persoon geeft aan in welke mate deze persoon ziektekiemen uitscheidt en kan overdragen aan anderen.

## Aantonen van infectieus virus

Het aantonen van virus(deeltjes) is niet hetzelfde als het aantonen van infectieus virus. Naast infectieus virus wordt ook wel van 'levensvatbaar' (potentieel ziekmakend) virus gesproken. Met

# verslag

de zogenaamde PCR methode kan de aanwezigheid van viraal genetisch materiaal worden aangetoond, het RNA. Het aangetoonde viraal RNA kan zowel van levensvatbaar virus als van niet-levensvatbaar virus(deeltjes) afkomstig zijn. De PCR methode maakt daarin geen onderscheid. Niet-levensvatbare virussen kunnen mensen niet infecteren en ziek maken.

## Bouwbesluit

Het Bouwbesluit is een verzameling bouwtechnische voorschriften waaraan bij nieuwbouw of verbouwing minimaal moet worden voldaan. Er zijn verschillende voorschriften voor verschillende typen gebouwen (woningen, kantoren, ziekenhuizen, scholen). In het Bouwbesluit worden onder andere minimale ventilatie-eisen gesteld aan de ventilatiecapaciteit. In het meest recente Bouwbesluit uit 2012 is voor klaslokalen een minimale ventilatie-eis opgenomen van 8,5 liter(l) per seconde (sec) per persoon. Voor oudere scholen is het dan geldende Bouwbesluit de referentie. Voor scholen gebouwd na 2003 (tot 2012) geldt bijvoorbeeld het voorgaande Bouwbesluit uit 2003 met een minder strenge ventilatie-eis van 3,4 l/sec/persoon.

## Ventileren en luchten of spuien

*Ventileren* is het instandhouden van continue toevoer van verse lucht en afvoer van vervuilde binnenlucht door middel van voorzieningen voor natuurlijke ventilatie (zoals ventilatieroosters en klepraampjes) en/of mechanische ventilatie. *Luchten of spuien* is het *snel* afvoeren van sterk verontreinigde binnenlucht door het *gedurende beperkte tijd* realiseren van een grote luchtstroom door deuren en ramen te openen. Luchten wordt vooral toegepast in situaties waarin ventilatie als ontoereikend wordt ervaren. Het effect van luchten is tijdelijk van aard en geen alternatief voor, maar een aanvulling op, ventileren. (bron: GGD richtlijn beoordelen ventilatie op scholen, 2006).

De mate van ventilatie wordt veelal uitgedrukt in volume per tijdseenheid per persoon, of voor een ruimte als volume aangevoerde verse lucht. Voor ruimten wordt vaak het ventilatievoud gebruikt: het aantal keer per uur dat het totale volume van een ruimte vervangen wordt met verse lucht.

## Presentaties

### Ventilatie op scholen: ervaringen uit de GGD-praktijk

Dr. ir. Rob van Strien (senior adviseur milieu en gezondheid GGD Amsterdam en voorzitter werkgroep binnenmilieu GGD-GHOR Nederland) vertelt dat een substantieel deel van de scholen nog steeds is aangewezen op natuurlijke ventilatie. Op die scholen is het vaak moeilijk om altijd aan de minimale ventilatie-eisen te voldoen. Het gebruik van zogenoemde CO<sub>2</sub>-stoplichtjes (meters) kan daarbij helpen. In de praktijk blijkt dat schoolleiding en docenten vaak niet weten wat het 'ventileren' en 'luchten' van ruimten precies inhoudt.

Voor nieuwe scholen is de eis uit het Bouwbesluit 2012 van 8,5 l/sec/persoon, door toepassing van mechanische ventilatie of balansventilatie, een grote verbetering. Het probleem is alleen dat scholen in de praktijk vaak niet aan de eisen uit het Bouwbesluit voldoen. Bij oplevering van de school wordt alleen op papier gecontroleerd of aan het Bouwbesluit kan worden voldaan en of ook in de praktijk wordt voldaan wordt überhaupt niet gecontroleerd. Een ander probleem is dat scholen de ventilatiesystemen vaak niet goed gebruiken en dat de systemen niet goed worden onderhouden, waardoor ze niet optimaal werken. Het stellen van prestatie-eisen na onderhoud van ventilatiesystemen zou hierbij kunnen helpen, ook geeft het regelmatig meten van het CO<sub>2</sub>-gehalte een indicatie. Beter communicatie richting de scholen over goede ventilatie en het gebruik van voorzieningen is nodig. GGD-en kunnen adviseren over ventilatie op natuurlijk geventileerde scholen. Dat doen zij nu al. Voor mechanisch geventileerde scholen, waaronder balansventilatie, ontbreekt echter de technische expertise bij de GGD.

### Wetenschappelijke achtergrond ventilatie- adviezen en relatie tot COVID-19

Prof. dr. ir. Bert Brunekreef (emeritus hoogleraar milieu-epidemiologie IRAS/UU en voorzitter Gezondheidsraadcommissie advies *Binnenluchtkwaliteit in basisscholen* (2010)) licht toe dat de grenswaarde voor CO<sub>2</sub> in klaslokalen primair is gebaseerd op het tegengaan van geuroverlast en niet op de verspreiding van ziektekiemen. In verreweg de meeste onderzoeken zoals beschreven in het Gezondheidsraadadvies uit 2010 zijn geen aanwijzingen dat er gezondheidsklachten ontstaan bij gemiddelde CO<sub>2</sub>-concentraties onder 1200 *parts per million* (ppm). De ventilatie-eis voor onderwijsruimtes is (vanaf 2012) 8,5 l/sec/persoon, wat in een klas met een standaardbezetting ongeveer overeenkomt met 1000 ppm CO<sub>2</sub>.

Bij gebrek aan onderzoeksgegevens is het niet duidelijk of beter ventileren de kans op verspreiding van het COVID-19 beperkt. Er bestaan modellen van verspreiding van COVID-19 in klaslokalen en de mogelijke effecten van ventilatie. Deze zijn gebaseerd op een groot aantal aannames die niet allemaal even goed empirisch onderbouwd zijn. Meer ventileren lijkt een logische oplossing om de kans op verspreiding van het virus te beperken, maar kan ook andere ongewenste effecten hebben zoals tocht, kou en ongecontroleerde horizontale luchtstromen. Het belangrijkste is om te voorkomen dat met COVID-19 geïnfecteerde leerlingen of leraren in de klas aanwezig zijn. Onderzocht kan worden of specifieke voorzieningen zoals vrijstaande luchtreinigers met HEPA-filters de virusniveaus in de lokalen zouden kunnen beperken.

## Rol ventilatie bij infectieziektepreventie

Prof. dr. Andreas Voss (hoogleraar Infectiepreventie Radboud Universiteit) richt zich in zijn presentatie vooral op ziekenhuizen. De dominante verspreidingsroute daar is via druppelinfecties over korte afstand. Overdracht via besmette oppervlakken blijkt minder belangrijk blijkt te zijn dan eerder gedacht. Uit dierexperimenteel onderzoek en onderzoek bij patiënten in ziekenhuizen komt meer bewijs voor de rol van aerogene transmissie als gevolg van medisch handelen, bijvoorbeeld bij longonderzoek en kunstmatige beademing. Daarmee is echter nog niet gezegd dat het in het algemeen een belangrijke route is. Zo is in het ziekenhuis van de spreker nooit aerogene transmissie (>1,5 meter) geconstateerd. Er is volgens hem voldoende bewijs voor transport van het SARS-CoV-2-virus door de lucht over korte afstand, maar nog onvoldoende bewijs voor transport over grotere afstand. Wel vormen infectieuze aerosol-genererende procedures (IAGP, zie een overzichtsdokument van de Federatie Medisch Specialisten) een risico voor behandelaars en patiënten. Daarvoor zijn speciale ventilatie-eisen en aanvullende preventieve maatregelen geadviseerd. In de overige situaties volstaat de gangbare mechanische ventilatie in ziekenhuizen, waarvoor overigens hogere ventilatie-eisen gelden dan voor scholen. Naast tijdens medisch handelen is er risico voor het medisch personeel aanwezig als zij onbeschermd te dicht op elkaar zitten, bijvoorbeeld tijdens multidisciplinaire overleggen en in teamkamers. Het gedrag (je houden aan de standaard coronamaatregelen) is daarom het allerbelangrijkst.

## Ventilatie in de context van COVID-19

Dr. ir. Marcel Loomans (universitair docent Gebouwwprestatie TU Eindhoven) betoogt dat er met betrekking tot de aerogene route een duidelijk onderscheid moet worden gemaakt tussen een korte afstand (binnen 1,5 m) en verder weg. Bij beide spelen aerosolen een rol, waarbij de concentratie aerosolen op korte afstand normaal gesproken veel groter is dan verder weg. In hoeverre een opbouw van aerosolen in de ruimte verder weg dan 1,5 m plaats kan vinden hangt vooral af van de ventilatie. Loomans heeft een aantal scenarioberekeningen gemaakt om besmettingskansen in een schoollokaal, met behulp van de Wells-Riley formule onderling te kunnen vergelijken. Daarbij worden een aantal aannames gemaakt over de hoeveelheid 'levensvatbaar' virus en de ventilatie van het lokaal. De getoonde berekeningen zijn vooral bedoeld om situaties waarin alleen het ventilatievoud (het aantal luchtwisselingen per uur) en de tijdsduur verschillen te vergelijken, niet als berekening van absolute besmettingskansen. Zo is de kans op besmetting in een klaslokaal dat zelfs niet voldoet aan het Bouwbesluit 2003 drie tot vier keer hoger dan wanneer in datzelfde klaslokaal wordt voldaan aan het Bouwbesluit 2012 of de eisen uit het Programma 'Frisse scholen'.

De berekeningen geven aan dat de normen uit het Bouwbesluit 2012 mogelijk een goed referentiepunt zijn om naar toe te werken, het CO<sub>2</sub> gehalte kan gebruikt worden als een indicatie voor de mate van ventilatie en daarmee indirect voor de besmettingskans.

## Metten van levensvatbare virussen in binnenlucht

Dr. ir. Inge Wouters (universitair docent milieu-epidemiologie, IRAS Universiteit Utrecht) legt uit dat het meten van levensvatbare virussen zeer moeilijk is door: de verminderde levensvatbaarheid van het virus door de monsternamen, de lage concentraties van virussen in lucht en de grote variatie van de virussen in lucht over de tijd. De meeste metingen naar SARS-CoV-2 zijn uitgevoerd in ziekenhuizen, van de negen onderzoeken kon maar in twee gevallen replicatie (en daarmee levensvatbaarheid van het virus) worden aangetoond. Voor scholen zijn

## verslag

de in ziekenhuissetting gebruikte monstervmethoden niet zonder meer toepasbaar, en vermoedelijk zijn de concentraties daar nog veel lager dan in ziekenhuizen, waardoor het nog lastiger is om levensvatbare virussen in de binnenlucht te meten. Daarom kunnen we geen uitspraken doen over het voorkomen van levensvatbare virussen in klaslokalen. Overigens gelden deze problemen m.b.t. het meten van levensvatbare virussen niet alleen voor COVID-19. Ook het meten in de binnenlucht van virussen waarvan bewezen is dat zij zich aerogeen verspreiden blijkt problematisch.

## Discussie

### Rol aerogene transmissie

Dat aerogene transmissie mogelijk is staat volgens de deelnemers niet ter discussie. De discussie ging vooral over *de mate waarin* die route een rol kan spelen in de verspreiding van COVID-19. Verschillende vakgebieden hanteren verschillende definities voor begrippen als aerosolen en aerogene transmissie. Een deel van de verwarring over de rol van aerogene transmissie is daarop terug te voeren. Het uitgangspunt voor de geldende maatregelen is dat besmetting binnen de 1,5 meter de dominante verspreidingsroute is. Als de verspreiding van COVID-19 voornamelijk aerogeen zou zijn (zoals bij tuberculose en mazelen), dan zouden heel andere maatregelen nodig zijn dan de huidige maatregelen.

Een van de deelnemers merkt op dat de bijdrage van aerogene transmissie zeer contextafhankelijk is. In bijvoorbeeld een verpleeghuis of een schoollokaal kan de belangrijkste route van besmetting verschillen van die in een auto. De deelnemers zijn van mening dat algemene uitspraken over de grootte van de bijdrage van een bepaalde route van overdracht niet zonder meer mogelijk is.

Er wordt op gewezen dat informatie over overdracht van andere micro-organismen op scholen niet wordt meegenomen in deze discussie, terwijl bekend is dat een aantal micro-organismen wordt overgedragen via de lucht. Er is wel onderzoek gedaan naar scholen als bron van infectieoverdracht. Er wordt voor gepleit om een kort literatuuroverzicht te maken naar infectieoverdracht op scholen met daarbij, waar mogelijk, de moleculaire typering van het micro-organisme. Ook wordt gevraagd wat er bekend is over virusoverdracht via toiletten op scholen. Naast handhygiëne wordt er wel gesuggereerd dat ook de aerosolvorming bij het doorspoelen van het toilet kan leiden tot virusoverdracht, doordat de aerosolen bij niet-optimale ventilatie kunnen blijven hangen in de kleine toiletruimte. Er zijn aanwijzingen dat dit bij de overdracht van andere virussen mogelijk wel een rol speelt, naast overdracht via contactoppervlakten in de toiletruimte. Voor COVID-19 is dit nog onbekend, maar niet uit te sluiten. Een moeilijkheid hierbij is dat typering van het SARS-CoV-2-virus in feces nog niet goed mogelijk is. Vooralsnog wordt overdracht van SARS-CoV-2 via feces niet als belangrijke route gezien. Indien aanwezig, kan (als voorzorg) bij doorspoelen het deksel van het toilet worden gesloten worden zodat minder aerosolvorming in de lucht optreedt. Wel is bekend dat er veel viraal RNA in feces zit; wat aan te tonen is met PCR-tests en dus ook in rioolwater eenvoudig te detecteren is. Daarbij gaat het om viraal RNA en dat zegt niets over de vraag of het al dan niet levensvatbaar is. Een deelnemer wijst erop dat ziektes waarvan bekend is dat aerogene verspreiding een belangrijke rol speelt, vaak een veel hogere reproductiefactor (R) hebben dan COVID-19. Bij COVID-19 is het aantal besmettingen per persoon 3 tot 5, zogenoemde superspreaders uitgezonderd. Er zijn al SARS-CoV-2 virussen uit aerosolen gekweekt. Dat toont aan dat er levensvatbaar virus in aerosolvorm aanwezig kan zijn. De vraag in hoeverre een aerosol afkomstig van een met COVID-19 besmet persoon ook altijd voldoende infectieus virus bevat, is daarmee nog niet beantwoord. Daarnaast is de dosis-responsrelatie relatie voor SARS-CoV-2 in mensen is nog niet goed bekend.

Een andere deelnemer bestrijdt dat uit een lage R kan worden geconcludeerd dat aerogene transmissie geen voorname rol speelt. Daarbij moet onder meer worden meegewogen hoeveel virus nodig is om ziek te worden en hoeveel virus in de lucht terechtkomt. Dat is bij elke ziekte anders. De eerste deelnemer onderschrijft dat, maar ziet een lage R niettemin als een indicatie



voor een geringe rol van aerogene transmissie. Wel werd opgemerkt dat er geen reden is dat een lage R aerogene transmissie zou uitsluiten.

Ventilatie is vooral van betekenis voor de verspreiding van aerosolen/druppels over afstanden van meer dan 1,5 meter. Daarbij moet worden opgemerkt dat bij zeer sterke luchtstromen (bijvoorbeeld ten gevolge van ventilatoren of vrijstaande luchtreinigers) ook de verspreiding van aerosolen/druppels binnen (en buiten) 1,5 meter beïnvloed kan worden.

In vervolg op de vraag in welke mate aerogene transmissie een rol speelt in de verspreiding van COVID-19, is de vraag in hoeverre betere ventilatie kan helpen om transmissie van het virus te voorkomen. Dit is een belangrijke onderzoeksvraag, ook voor scholen. Ten aanzien van uitbraken onder koren waarbij goed geventileerd was en zogenaamde 'superspreaders' is het van belang dat er typering van de virusstammen plaatsvindt. Dat kan de vraag beantwoorden of het één of meerdere bronnen van infectie betreft.

Er wordt gevraagd wat aan schoolbesturen en ministeries nu kan worden geadviseerd gelet op de huidige kennis en de onzekerheden. Goede ventilatie kan bijdragen om de overdracht van het SARS-CoV-2 virus te beperken. Een ventilatie van 8,5 l/sec/persoon zoals volgens het Bouwbesluit 2012, mits die ventilatie in de praktijk ook wordt gehaald, zou volgens de deelnemers een redelijke bijdrage aan de infectiepreventie kunnen leveren. Ten tijde van de werkconferentie (23 november 2020) vond slechts 6% van de door het RIVM onderzochte clusters plaats op middelbare scholen en dan vooral in de grote steden. De besmettingen traden vooral op bij de werknemers, in mindere mate bij de kinderen. Misschien is dat een gevolg van te dicht bij elkaar zitten in de lerarenkamer; ook het grote aantal besmettingen kan een rol hebben gespeeld. In grote steden met veel uitbraken, zoals Amsterdam, was de incidentie immers toen heel hoog. GGD-en meldden geen grootschalige uitbraken, maar slechts diffuse clusters verspreid over de klassen. De kinderen die ziek zijn geworden waren vaak kinderen die ook buiten scholen intensief met elkaar omgaan. Ook hier zou typering van virusstammen meer inzicht kunnen bieden in de verspreiding. Overigens wordt bij deze discussie opgemerkt dat de weersomstandigheden tot dusverre (23 november 2020) nog relatief gunstig waren voor goede ventilatie in schoollokalen.

Met subsidie van ZonMW lopen momenteel vijf grote studies naar mogelijke verspreidingsroutes. Uit de voorlopige resultaten van één studie onder ziekenhuispatiënten blijkt dat er weinig transmissie is van het virus onder ziekenhuispatiënten, mogelijk omdat ze op het moment van opname al minder virus uitscheiden. Er wordt overwogen om deze studie te vervolgen in verpleeghuizen. Een aantal grotere studies over aerosolen is in augustus gestart. Een kleinere studie zal gaan over innovaties om transmissie op sportscholen te voorkomen. ZonMW pleit bij het ministerie van VWS voor aanvullende financiering aangezien er nog openstaande vragen zijn.

## Conclusies

In antwoord op de vraag wat de rol is van aerogene transmissie concluderen de deelnemers dat het in ieder geval beter is om te praten over aerogene transmissie dan over verspreiding via aerosolen. Dit omdat het hier alleen om virusbevattende aerosolen en omdat er verschillende definities van aerosolen in omloop zijn. Over de mate waarin aerogene transmissie over afstanden meer dan 1,5 meter bijdraagt aan de verspreiding van het SARS-CoV-2-virus, ten

opzichte van andere transmissieroutes, bestaat nog steeds grote onzekerheid. De deelnemers zijn het erover eens dat de kans op verspreiding van infectieziekte primair afhankelijk is van de aanwezigheid van een 'besmettelijk' persoon en de mate waarin die persoon virus uitscheidt en verspreidt. De hoeveelheid virus die een geïnfekteerde persoon uitscheidt kan een factor miljoen variëren. Bij aerogene transmissie (dus over een afstand van meer dan 1,5 m) geldt dat deze variatie vele malen groter is dan wat je met variatie in ventilatie kan opvangen. Ondanks de eerder genoemde onzekerheden over de mate waarin aerogene transmissie een rol speelt zijn de deelnemers het erover eens dat ventileren op scholen een proportionele maatregel is. Het versterkt ook de boodschap die scholen al jaren krijgen. Goede ventilatie draagt bij aan een betere luchtkwaliteit in het algemeen. Goede ventilatie is nooit een vervanging van de algemene maatregelen om verspreiding te voorkomen, zoals het RIVM die adviseert. Benadrukt wordt dat goede ventilatie wel het risico op besmetting in de klas kan verkleinen, maar niet kan wegnemen. Het meest effectief is om te voorkomen dat personen die het virus zouden kunnen verspreiden op school aanwezig zijn. In de toekomst kunnen sneltesten hier mogelijk bij helpen. Daarnaast blijft het onverminderd belangrijk om ook de andere maatregelen in acht te nemen, zoals afstand houden, mondneusmaskers gebruiken, thuisblijven bij klachten en handhygiëne toepassen.

## Relevantie Bouwbesluit voor tegengaan verspreiding

De eerste vraag die wordt opgeworpen is over welke ventilatienorm van het Bouwbesluit we het precies hebben. In het Bouwbesluit 2003 is een ventilatie-eis van 3,4 l/sec/persoon gesteld, in het Bouwbesluit 2012 van 8,5 l/sec/persoon. Een ventilatie van 8,5 l/sec/persoon komt in een klaslokaal van 150 m<sup>3</sup> met een bezetting van 30 leerlingen en een docent overeen met een ventilatievoud van ongeveer 6. Dit zou volgens de deelnemers een redelijke bijdrage aan de infectiepreventie kunnen leveren. Bij goede ventilatie worden virussen (waaronder het SARS-CoV-2 virus) en andere componenten in de verontreinigde binnenlucht afgevoerd met als gevolg een lagere concentratie aan verontreiniging en micro-organismen. Een ventilatievoud van tenminste 6 in klaslokalen wordt ook door de WHO geadviseerd.

In 2010 concludeerde de Gezondheidsraad in het advies *Binnenluchtkwaliteit op basisscholen* dat er onvoldoende onderzoek beschikbaar is naar een verband tussen luchtverversing en het tegengaan van infecties door ziektekiemen in scholen. Vast staat dat het veel belangrijker is om te voorkomen dat geïnfekteerde leerlingen of docenten in de klas aanwezig zijn. Dat geldt ook voor COVID-19. Het probleem is echter dat met name kinderen en jongeren het virus bij zich kunnen dragen zonder het te weten. Wanneer er dan toch geïnfekteerde kinderen op school aanwezig zijn, kan ventilatie conform de eisen uit het Bouwbesluit 2012 (8,5 l/sec/persoon) de kans op besmetting met het SARS-CoV-2-virus beperken. Het probleem is echter 1) dat de norm van 8,5 l/sec/persoon alleen geldt voor nieuwe scholen en 2) dat alleen bij oplevering op basis van het ontwerp wordt beoordeeld of kan worden voldaan aan de ventilatie-eis. In de praktijk is dat heel vaak niet het geval, bijvoorbeeld omdat het ventilatiesysteem op een lagere stand wordt ingesteld of slecht wordt onderhouden. Er zijn geen bindende prestatie-eisen om te toetsen of de ventilatie in de praktijk voldoet. Zeker voor scholen met alleen natuurlijke ventilatie is het moeilijk om te bepalen of ze in de praktijk voldoen aan de minimale ventilatie-eis. Dat kan hoogstens indirect met een CO<sub>2</sub>-meting. Daarnaast is natuurlijke ventilatie niet constant zoals bij mechanische ventilatiesystemen, maar variabel en afhankelijk van onder meer de buitentemperatuur, windrichting en windsnelheid en

uiteraard het gebruik van de ventilatievoorzieningen (aantal en type ramen en roosters dat open staat)

De capaciteit van een ventilatiesysteem bepaalt hoeveel lucht er wordt ververst, de effectiviteit van de ventilatie bepaalt in hoeverre de lucht ook daadwerkelijk overal in de gehele ruimte wordt ververst. De effectiviteit is afhankelijk van de systeemkeuze, de uitvoering en de aanwezigheid van obstakels. Als de totale hoeveelheid afgevoerde lucht conform het Bouwbesluit is, maar met een ventilatie effectiviteit van minder dan 100%, dan kan er toch onvoldoende luchtverversing voor de gebruikers zijn. In de praktijk is de effectiviteit vaak maar 80% of lager, ook een effectiviteit van slechts 40% is waargenomen. Besproken wordt ook in hoeverre de-activering van het virus met UV straling of het afvangen van het virus met vrijstaande luchtreinigers voorzien van HEPA filters bruikbare alternatieven kunnen zijn als (tijdelijke) aanvulling voor (onvoldoende) ventilatie. Over het lawaai van vrijstaande apparaten met HEPA-filters lopen de meningen uiteen. Sommige deelnemers menen dat het meevalt, volgens andere produceren ze 40 tot ruim 60 db(A), wat niet acceptabel is in de klas. UV-techniek maakt wellicht minder lawaai, omdat de lucht niet door een filter hoeft te worden geperst, maar de evidentie over de effectiviteit van bovengenoemde systemen in het tegengaan van infecties ontbreekt vooralsnog. Daarom is ook het Europees Centrum voor ziektepreventie en –bestrijding (ECDC) terughoudend met aanbevelingen voor hun gebruik. Meer onderzoek is nodig. Ook de luchtstromen die in de klas zouden kunnen ontstaan bij gebruik van vrijstaande apparatuur (met HEPA-filters of UV-filters) moeten daarin worden meegenomen.

## Conclusies

De deelnemers zijn van mening dat er sprake is van goede ventilatie wanneer scholen *in de praktijk* voldoen aan de huidige ventilatie-eisen uit het Bouwbesluit 2012 (8,5 l/s/persoon). Hoewel scholen van voor 2012 daar formeel niet aan hoeven te voldoen wordt dat door deelnemers wel wenselijk geacht. In een klaslokaal met dertig leerlingen plus een docent en een volume van 150 m<sup>3</sup> komt dat overeen met ongeveer 1000 m<sup>3</sup>, ofwel ruim 6 luchtwisselingen per uur. Dit zou volgens de deelnemers een redelijke bijdrage aan de infectiepreventie kunnen leveren. Ook de WHO heeft in dit kader een ventilatievoud van 6 in klaslokalen geadviseerd. Dat het ventilatiesysteem van een school *kan* voldoen aan het Bouwbesluit 2012 is een belangrijke, maar niet een voldoende voorwaarde voor adequate ventilatie van schoollokalen. In de praktijk worden de ventilatienormen vaak niet gehaald omdat voorzieningen niet goed worden gebruikt of slecht worden onderhouden, of omdat de effectiviteit van de ventilatie niet 100% is. Er zijn geen bindende prestatie-eisen om te toetsen of de ventilatie in de praktijk voldoet.

De deelnemers benadrukken het grote belang om ervoor te zorgen dat met virus besmette personen niet in een klas aanwezig zijn. Dit is niet eenvoudig. In de toekomst kunnen snelsten hier mogelijk bij helpen. De kans op verspreiding van infectieziekte is ook afhankelijk van de aanwezigheid van een besmettelijk persoon en de mate waarin die persoon virus uitscheidt en verspreidt. De hoeveelheid virus die een besmettelijk persoon uitscheidt kan een factor van een miljoen variëren. Bij aerogene transmissie (dus over een afstand van meer dan 1,5 m) geldt dat deze variatie vele malen groter is dan wat je met variatie in ventilatie kan opvangen. Als aerogene transmissie belangrijk is, dan is deze variatie vele malen groter dan met extra ventilatie kan worden opgevangen.

Vanwege de onzekerheden rond luchtreinigers op basis van HEPA-filters of UV-straling en vanwege mogelijke geluidsoverlast zijn de deelnemers, evenals het ECDC, op dit moment terughoudend in het aanbevelen van het gebruik daarvan. Daarvoor zou verder onderzoek nodig zijn

## CO<sub>2</sub>-gehalte als indicator voor kans op verspreiding

De deelnemers zijn het erover eens dat CO<sub>2</sub> geen directe relatie heeft met de verspreiding van infectieziekten. Wel is CO<sub>2</sub> ruwweg een goede indicator voor de mate van ventilatie en daarmee indirect voor de concentratie van ziektekiemen.

De deelnemers bespreken de vraag welke ventilatie nodig is om een CO<sub>2</sub>-gehalte van 1500 of 1000 ppm te bereiken. Volgens een van de deelnemers resulteert een ventilatie van 3,5 l/s/persoon in een klaslokaal vol kinderen in een CO<sub>2</sub>-concentratie van ongeveer 1700 ppm. Een ventilatie van 8,5 l/s/persoon (nieuwbouweis volgens Bouwbesluit 2012) leidt tot ongeveer 900 ppm.

Een van de deelnemers stelt dat 900 tot 1100 m<sup>3</sup> per uur ventileren in een gemiddeld klaslokaal leidt tot een CO<sub>2</sub>-gehalte van tussen de 1000 en 1200 ppm, uitgaande van een bezetting van 25 kinderen. De ervaringen van andere deelnemers zijn dat er regelmatig wel zo'n 30 kinderen in de klas zitten.

Een van de deelnemers meent dat scholen gewend zijn aan CO<sub>2</sub>-signalering op basis van een stoplichtsysteem. Er zijn meerdere typen CO<sub>2</sub>-'stoplichten' op de markt met net verschillende afkappunten, maar in het algemeen geldt dat rood vermeden moet worden en dat moet worden gestreefd naar groen. Het meten van het verloop van het CO<sub>2</sub>-gehalte in ppm is informatiever dan stoplicht signalering om inzicht te krijgen in de relatie tussen bezetting, ventilatie en CO<sub>2</sub>-gehalte. Omdat voldoen aan 1000 ppm in klaslokalen moeilijk haalbaar is wordt in de praktijk regelmatig een CO<sub>2</sub>-gehalte van maximaal 1200 ppm gehanteerd. Een te hoog CO<sub>2</sub> gehalte betekent overigens niet dat er een acute dreiging zou zijn op besmetting met het virus, of dat een drastische maatregel zoals het ontruimen van een lokaal nodig zou zijn. Gezien de onzekerheden achten de deelnemers meer onderzoek nodig naar de rol van ventilatie bij het voorkomen van aerogene transmissie. Naast mogelijke positieve effecten op verwijdering van ziekteverwekkers bij CO<sub>2</sub>-gehalten lager dan 1200 ppm dient ook gekeken te worden naar comfort en proportionaliteit van de te nemen maatregelen als de waarde niet gehaald wordt.

Goede communicatie over de betekenis van CO<sub>2</sub>-waarden is nodig. Een betere indicator dan CO<sub>2</sub> is op dit moment nou eenmaal niet voor handen. Het meten van levensvatbare SARS-CoV-2-virussen in de lucht is zeer moeilijk en vormt geen alternatief. Ook is het momenteel lastig om met modellen nauwkeurig de kans op verspreiding van infectieziekten aan te geven.

Verschillende ventilatie scenario's kunnen wel onderling vergeleken worden.

Een deelnemer noemt een grote scholengemeenschap die een aantal CO<sub>2</sub>-meters heeft aangeschaft. Daar worden nu goede CO<sub>2</sub>-waarden gemeten, omdat alle ramen en deuren open staan, en het aantal besmettingen op die school is nu laag. Maar de scholengemeenschap kijkt met enige zorg naar de komende weken als de buitentemperatuur daalt. Een bijkomende moeilijkheid is dat er in een klaslokaal vol leerlingen luchtstromingen kunnen ontstaan waardoor een goede menging misschien minder goed mogelijk is. Een deelnemer meent dat scholen tijdens lessen de ramen en deuren het best op een kier kunnen zetten en goed moeten luchten tussen de lessen door. Daar zijn scholen wel aan gewend. Een andere deelnemer voegt

daaraan toe dat bij voorkeur de bovenramen opgezet moeten worden. Een probleem in de advisering over ventilatie is dat scholen het verschil tussen ventileren en luchten vaak niet helemaal begrijpen en in plaats van continu te ventileren, continu luchten, waardoor het tocht en te koud wordt in de klas.

## *Conclusies*

In antwoord op de vraag of het CO<sub>2</sub>-gehalte een goede indicator is voor de kans op verspreiding van infectieziekten concluderen de deelnemers dat dat niet het geval is, maar dat het op dit moment wel de best beschikbare indicator is voor het beoordelen van de ventilatie in schoollokalen. Het meten van het CO<sub>2</sub>-gehalte is een nuttig hulpmiddel om leerkrachten bewust te maken van het belang van ventilatie en hun eigen aandeel daarin.

## *Praktische maatregelen voor scholen*

De deelnemers zijn van mening dat er sprake is van goede ventilatie wanneer in de praktijk wordt voldaan aan de eis van 8,5 l/s/persoon uit het Bouwbesluit 2012. Die eis is weliswaar niet gericht op het beperken van verspreiding van infectieziekten, maar helpt wel om een gezond binnenklimaat te creëren. Herziening van die norm wordt niet nodig geacht, maar opgemerkt wordt dat in veel gevallen de minimale ventilatie-eis in de praktijk niet wordt gerealiseerd, zeker voor scholen die gebouwd zijn voor 2012. Als de ventilatie niet voldoet en het CO<sub>2</sub> gehalte te hoog is betekent dat overigens niet dat er een acuut gezondheidsprobleem is. De deelnemers komen met vijf praktische maatregelen die scholen op korte termijn zelf kunnen treffen.

## *Standaardmaatregelen niet uit het oog verliezen*

De standaard COVID-19-maatregelen blijven onverminderd belangrijk en vragen continu aandacht: thuisblijven bij klachten, het gebruik van mondneusmaskers waar verplicht voor leerlingen en docenten, afstand houden (voor leraren), drukte vermijden en goede handhygiëne. Er zijn bijvoorbeeld scholen waar nauwelijks mogelijkheden zijn om handen te wassen of waar leerlingen in de pauze dicht op elkaar in de aula gaan zitten zonder mondneusmaskers.

## *CO<sub>2</sub> meten*

Scholen, leraren en bestuur kunnen niet goed inschatten hoe goed de ventilatie is. Het is daarom verstandig om CO<sub>2</sub> te meten in de klaslokalen. Het geeft weliswaar geen indicatie van de kans op verspreiding van infectieziekten, maar het geeft wel aan hoe het met de ventilatie in het klaslokaal gesteld is. Zonder CO<sub>2</sub>-meters is dat lastig in te schatten. Het is van belang dat wordt gemeten op een representatieve plek in het klaslokaal. Een hoog CO<sub>2</sub> gehalte betekent overigens niet dat er een acute dreiging zou zijn op besmetting met het virus.

## *Naast ventileren ook luchten*

Conform de aanbevelingen van het RIVM is het, naast continu ventileren, ook nodig om klaslokalen regelmatig helemaal door te spoelen met buitenlucht (luchten) tussen de lessen door en in de pauzes. Luchten is een goede aanvulling op continue ventilatie, maar geen vervanging.

# verslag

## *Bovenramen en ventilatieroosters openen*

Scholen die zijn aangewezen op natuurlijke ventilatie doen er goed aan om bovenramen en ventilatieroosters, als die aanwezig zijn, altijd open te laten staan. Dat zorgt voor minder horizontale luchtstromen en leidt tot minder tocht dan het geval is bij lagere open ramen en deuren. Als het buiten te koud wordt kunnen de bovenramen zo nodig iets minder ver worden geopend (door het grotere temperatuurverschil tussen binnen en buiten kan toch nog een redelijke ventilatie optreden). Overigens geldt voor alle scholen dat zij zouden moeten beschikken over ramen die open kunnen, ook scholen met mechanische ventilatiesystemen zoals balansventilatie.

## *Mechanische ventilatie goed gebruiken en goed onderhouden*

Voor scholen met mechanische/balansventilatiesystemen is het van belang dat zij ervoor zorgen dat die systemen ook aan staan, op de juiste stand staan en volgens specificaties presteren, zo mogelijk op het voorgestelde debiet van 8,5l/sec/persoon, regelmatig worden onderhouden, periodiek worden gereinigd en dat de filters regelmatig worden vervangen.

## Samenvatting en conclusies

### Aerogene transmissie en ventilatie

De deelnemers waarderen de gelegenheid die de werkconferentie biedt om vanuit meerdere kennisdomeinen het onderwerp ventilatie en COVID-19 te bespreken, kennis te delen en kennislacunes vast te stellen. Definities en begrippenkaders kunnen sterk verschillen en makkelijk aanleiding geven tot spraakverwarring rond begrippen als 'aerosolen' en 'aerogene verspreiding'.

De deelnemers zijn het er over eens dat de transmissie over korte afstand - binnen 1,5 meter – de belangrijkste verspreidingsroute is voor COVID-19: afstand houden blijft dan ook een van de primaire preventie maatregelen. Over de invloed van ventilatie op de verspreiding van het SARS-CoV-2-virus en andere virussen in de binnenlucht is nog relatief weinig bekend. Er zijn aanwijzingen dat aerogene transmissie over langere afstand een rol kan spelen, maar onzeker is in welke mate dit bijdraagt aan de verspreiding van COVID-19. Het meten van levensvatbare SARS-CoV-2-virussen in de lucht is zeer moeilijk en staat nog in de kinderschoenen. Ook modelberekeningen van besmettingskansen bij aerogene transmissie zijn nog zeer onzeker en vooral bruikbaar om verschillende ventilatiescenario's onderling te vergelijken. Ondanks deze onzekerheden wordt goede ventilatie door de deelnemers gezien als een proportionele maatregel. Als aerogene transmissie een rol speelt, dan kan goede ventilatie die rol volgens de deelnemers namelijk beperken en eventuele overdracht van virus over afstanden van meer dan 1,5 meter terugdringen. De deelnemers benadrukken dat ventilatie ingezet dient te worden als aanvulling op de bestaande coronamaatregelen, niet in plaats van. Thuisblijven bij klachten, dus voorkomen dat met virus besmette personen in een klas aanwezig zijn, blijft één van de belangrijkste maatregelen. In de toekomst kunnen snelsten hier mogelijk bij helpen. Ook hygiënemaatregelen zoals handen wassen blijven van belang.

Herziening van de ventilatie-eis van uit het Bouwbesluit 2012 achten de deelnemers niet nodig. De deelnemers achten een actualisatie van het Gezondheidsraadadvies over binnenluchtkwaliteit op basisscholen (2010) in het licht van de corona pandemie gewenst. Daarbij is het belangrijk dat dit advies wordt uitgebreid naar middelbare scholen en waar mogelijk andere gebouwen. Ook is het belangrijk dat daarbij de bestaande kennis over verspreiding van andere infectieziekten dan COVID-19 bij die evaluatie wordt betrokken. Vooral de problematiek van ventilatie in verpleeghuizen vinden deelnemers onderbelicht. Een nadere uitvoerige gedachteswisseling over ventilatie in verpleeghuizen tussen experts uit verschillende disciplines acht men nodig. Ook is verder onderzoek nodig naar de rol van ventilatie bij de verspreiding van infectieziekten.

### Ventilatie in de praktijk

Er is sprake van goede ventilatie wanneer in de praktijk wordt voldaan aan de eis van 8,5 l/s/persoon. Voor een klas met 30 leerlingen en een docent in een lokaal komt dat neer op bijna 1000 m<sup>3</sup> lucht verversen per uur, ofwel een ventilatievoud van 6. Dit komt overeen met de eis die ten grondslag ligt aan het Bouwbesluit 2012. De ventilatie-eis is weliswaar niet gericht op beperken van verspreiding van infectieziekten, maar zou volgens de deelnemers, mits hieraan *in de praktijk* aan wordt voldaan, een redelijke bijdrage aan de infectiepreventie kunnen leveren. Het is voor schoolleiding en docenten niet eenvoudig om te achterhalen of zij in de praktijk aan de ventilatie-eisen voldoen. In lokalen met natuurlijke ventilatie is dit niveau van ventilatie

moeilijk te bereiken en vraagt het actief gebruik van de aanwezige ventilatievoorzieningen. Probleem daarbij is dat de mate van ventilatie niet eenvoudig is vast te stellen. Het gebruik van CO<sub>2</sub>-meters kan helpen de ventilatie te controleren en eventueel op orde te brengen. Een hoog CO<sub>2</sub>-gehalte (>1200 ppm gedurende langere tijd) is een duidelijke indicatie voor onvoldoende ventilatie. CO<sub>2</sub> meters waarbij de concentratie (in ppm-en) wordt weergegeven geven de meeste informatie. Het gebruik van CO<sub>2</sub>-meters op basis van een stoplichtsysteem op scholen is een laagdrempelig en veelgebruikt alternatief. Een praktisch probleem is dat er meerdere CO<sub>2</sub>-'stoplichten' op de markt zijn met verschillende kleurcategorieën en afkapwaarden. Voor alle meters geldt dat voor een goede ventilatie 'rood' moet worden voorkomen. De deelnemers benadrukken dat het CO<sub>2</sub> gehalte een indicatie is voor de mate van ventilatie niets zegt over de aan of afwezigheid van infectieuze virussen en, maar weinig zegt over de mogelijke aerogene transmissie van het SARS-CoV-2- virus. Een hoog CO<sub>2</sub> gehalte betekent overigens niet dat er een acute dreiging zou zijn op besmetting met het virus.

Ook bij mechanische ventilatiesystemen (waaronder balansventilatie met warmteterugwinning) wordt in de praktijk vaak niet aan de minimale ventilatie-eisen voldaan. Systemen worden niet altijd goed afgesteld en gebruikt en onderhoud van de systemen laat regelmatig te wensen over. Ook is de effectiviteit van ventilatie vaak beperkt door onvoldoende menging van de lucht. De hoeveelheid verplaatste lucht voldoet dan wel aan de eisen, maar de lucht wordt niet overal in de gehele ruimte daadwerkelijk ververst, bijvoorbeeld doordat er veel obstakels zijn. Het Bouwbesluit 2012 stelt eisen aan de voorzieningen voor ventilatie, voor scholen uitgedrukt in een debiet per persoon. Het zijn geen prestatie-eisen voor de praktijk, maar eisen m.b.t minimale voorzieningen. Alleen bij oplevering van een schoolgebouw wordt hieraan getoetst, en alleen op basis van het ontwerp. Het stellen van prestatie-eisen in de praktijk en regelmatige controle daarop wordt gezien als een mogelijk middel om te helpen de kwaliteit van onderhoud en de werking van ventilatiesystemen van scholen te waarborgen. Het plaatsen van vrijstaande luchtreinigers (HEPA filters, UV straling) wordt voorlopig niet aangeraden, daarvoor zou verder onderzoek nodig zijn.

Om scholen te ondersteunen in het bereiken van goede ventilatie is goede voorlichting en ondersteuning nodig. Verschillende instanties hebben handreikingen voor goede ventilatie opgesteld, waaronder de Quickscan scholen die recent beschikbaar is gekomen. De vraag is wel of die handreikingen voldoende eenduidig zijn, en of ze de doelgroep bereiken en aansluiten op het aanwezige kennisniveau. Bovendien is maatwerk nodig omdat de situatie per school sterk verschilt. Tot slot merken de deelnemers op dat een impuls voor verdere verbetering van ventilatie op scholen goed kan samengaan met de implementatie van de energietransitie op scholen. Daarnaast geldt dat goede ventilatie niet alleen het risico ten aanzien van COVID-19 ten goede komt, maar ook het binnenklimaat in het algemeen. Eventuele investeringen hierin zijn dus voor de lange termijn.



## Deelnemers online werkconferentie Ventilatie en COVID-19 23 november 2020

### *Voorzitter*

Prof. dr. ir. Erik Lebet, emeritus hoogleraar environmental health impact assessment, universiteit Utrecht voorzitter Gezondheidsraadcommissie Signalering Gezondheid en Milieu

### *Sprekers*

Dr. ir. Rob van Strien, senior adviseur milieu en gezondheid GGD Amsterdam en voorzitter werkgroep binnenmilieu GGD-GHOR Nederland  
Prof. dr. ir. Bert Brunekreef, emeritus hoogleraar milieu-epidemiologie IRAS/UU en voorzitter Gezondheidsraadcommissie advies *Binnenluchtkwaliteit in basisscholen* (2010)  
Prof. dr. Andreas Voss, hoogleraar Infectiepreventie Radboud Universiteit  
Dr. ir. Marcel Loomans, universitair docent Gebouwprestatie TU Eindhoven  
Dr. ir. Inge Wouters, universitair docent milieu-epidemiologie IRAS/UU

### *Overige deelnemers*

Drs. Alvin Bartels, beleidsadviseur infectiepreventie, LCHV/LCI, RIVM  
Dr. ir. Atze Boerstra, senior binnenmilieu & feelgoodbuilding adviseur, BBA Binnenmilieu  
Prof. dr. Roel Coutinho, emeritus hoogleraar epidemiologie, voormalig hoofd CiB, RIVM  
Dr. ir. Erwin Duizer senior onderzoeker Centrum Infectieziekte onderzoek, Diagnostiek en Screening, RIVM)  
Dr. Peter van den Hazel, medisch milieukundige, lid Gezondheidsraadcommissie Signalering Gezondheid en Milieu  
Prof. dr. Detlef Lohse (Professor Fluid Dynamics, TU Twente)  
Dr. Gini van Rijckevorsel (arts M&G / infectieziektebestrijding, LCI, RIVM)  
Prof. dr. Jeroen van der Sluijs (hoogleraar nieuwe risico's, lid Gezondheidsraadcommissie Signalering Gezondheid en Milieu)  
Drs. Suzanne Verver (senior programmamanager infectieziektebestrijding/COVID-19, ZonMw)  
Prof. ir. Wim Zeiler (Professor Building physics, TU/e)

### *Verslaglegging*

Dr. Marjan Alsema, wetenschappelijk secretaris, Gezondheidsraad  
Dr. Sies Dogger, wetenschappelijk secretaris, Gezondheidsraad  
Dr. Harrie van Dijk, wetenschappelijk secretaris, Gezondheidsraad  
Drs. Martine Hendriksen, wetenschappelijk redacteur, Gezondheidsraad  
Dr. ir. Saskia van der Zee, wetenschappelijk secretaris, Gezondheidsraad

## Uitgebreide samenvatting presentaties

### Presentatie Rob van Strien:

#### Ventilatie op scholen: ervaringen uit de GGD praktijk

Dr. ir. Rob van Strien geeft aan dat het verbeteren van de ventilatie op scholen al jaren een aandachtspunt is bij de GGD-en. Een groot deel van de scholen beschikt niet over mechanische ventilatiesystemen en is aangewezen op natuurlijke ventilatie. De GGD heeft in de afgelopen jaren een project uitgevoerd op 'natuurlijk geventileerde' basisscholen om ze bewust te maken van het belang van ventilatie, met adviezen over ventilatie en CO<sub>2</sub>-stoplichten. Van Strien benadrukt dat er verschil is tussen ventileren en luchten; in de praktijk worden die begrippen vaak door elkaar heen gebruikt. Ventileren houdt in: ramen op een kier, ventilatieroosters open, en bij gebruik van mechanische ventilatiesystemen: zorgen dat het systeem aan staat en moet continu gebeuren. Luchten houdt in het, af en toe, wijd open zetten van de ramen (tegen elkaar, als mogelijk). Beide zijn belangrijk.

Van Strien geeft korte uitleg over de drie soorten ventilatie die er zijn: 1. Natuurlijk ventilatie; dit betekent dat men is aangewezen op het openen van (boven)ramen en roosters 2. Mechanische ventilatie; op een aantal plekken (toilet, keuken, toilet) wordt de lucht mechanisch afgezogen, toevoer van lucht gebeurt via natuurlijke ventilatie; dit systeem komt veel voor in woningen 3. Balansventilatie; zowel mechanische toevoer als afvoer van lucht, waarbij de (warme) lucht die wordt afgevoerd via een luchtwisselaar zijn warmte afgeeft aan de toegevoerde. Dit systeem wordt op steeds meer scholen toegepast.

Hoewel het principe van mechanische/balansventilatie goed is en hiermee voldaan kan worden aan de tamelijk strenge eisen uit het Bouwbesluit 2012 gaat het in de praktijk vaak mis. Ten eerste omdat de eisen uit het Bouwbesluit minimumeisen zijn. Bijvoorbeeld: een school voldoet aan het Bouwbesluit als, met het ventilatiesysteem op de hoogste stand, aan de 8,5 l/sec/persoon wordt voldaan. Maar als in de praktijk, bijvoorbeeld vanwege geluid of tocht, op lagere stand wordt geventileerd wordt er niet aan voldaan. Ook wordt alleen bij oplevering van het gebouw getoetst of aan het Bouwbesluit wordt voldaan. Eenmaal in gebruik kan de capaciteit van het systeem achteruit gaan, ook kan het voorkomen dat inregeling en dimensionering niet optimaal zijn. Daarnaast is goed en regelmatig onderhoud van het systeem erg belangrijk. Dit gaat in de praktijk vaak mis, ook op scholen die een onderhoudscontract hebben. Er worden geen wettelijke eisen gesteld aan onderhoud van ventilatiesystemen en er is geen controle op de kwaliteit van het onderhoud. Het stellen van prestatie-eisen in het onderhoudscontract zou hiervoor een oplossing kunnen zijn, maar uit een experiment hiermee door de GGD Rotterdam bleek dat ook dit in de praktijk lastig is. Om te illustreren dat ventilatiesystemen niet altijd op de juiste manier worden onderhouden toont dhr. van Strien een aantal foto's uit de GGD praktijk. Met o.a. voorbeelden van met vuil bijna compleet dichtgeslibte kanalen, ventilatoren en afzuigpunten en dichtgeslibte filters. De aangezogen buitenlucht wordt vaak over filters geleid, die een belangrijk deel van het fijn stof zouden moeten afvangen maar bij niet of niet tijdig vervangen kunnen dichtslibben, met onvoldoende toevoer van lucht tot gevolg.

Op scholen met alleen natuurlijke ventilatie is het vaak lastig om vast te stellen of er voldoende wordt geventileerd. Dat varieert per lokaal en is afhankelijk van de leerkracht. Soms zijn er alleen grote ramen die veel tocht genereren en ontbreken bovenraampjes of ramen met kiepstand. Soms ook ontbreken ventilatieroosters. De plek van de (kleinere) ramen is ook van

## verslag

belang. Die moeten bij voorkeur hoog zitten, want op die manier wordt het gevoel van tocht geminimaliseerd en bovendien stijgt de warme lucht op, wat tot effectievere afvoer leidt. De gezamenlijke GGD-en hebben ten behoeve van de Omgevingswet een prettig en gezond binnenklimaat geformuleerd als een van de kernwaarden voor een gezonde leefomgeving. In de praktijk betekent dat, naast voldoende ventilatie in scholen, woningen en andere gebouwen ook: voorkom teveel opwarming van gebouwen in de zomer, en beperk de uitstoot van schadelijke stoffen in een gebouw – en zorg ervoor dat de schadelijke stoffen die er zijn in voldoende mate worden afgevoerd. Ventilatiesystemen moeten permanent in gebruik zijn; goed worden onderhouden; goed regelbaar zijn, eenvoudig te bedienen en inbraakveilig. Dhr. van Strien geeft aan dat het meten van het CO<sub>2</sub>-gehalte in klaslokalen en goede indicator kan zijn voor de ventilatie. CO<sub>2</sub> dat door mensen wordt uitgeademd is bij concentraties zoals die in de binnenlucht voorkomen niet schadelijk, maar vormt wel een indicatie voor de mate van ventilatie. Omdat het CO<sub>2</sub>-gehalte over de dag varieert is een korte meting slechts beperkt nuttig. De GGD hanteert 1200 ppm als grenswaarde voor de CO<sub>2</sub>-concentratie over een schooldag (98-percentiel) maar een lagere concentratie is beter. Wat betreft de relatie tussen ventilatie en Corona geeft dhr van Strien aan dat SARS-CoV-2-virus zich niet makkelijk via de lucht verspreidt, maar dat slechte ventilatie in sommige situaties een rol kan hebben gespeeld. Hij acht het niet nodig om naast de al bestaande ventilatienormen strengere eisen te formuleren. En hij benadrukt het belang van de de 'standaard' maatregelen (afstand houden, hygiëne maatregelen); goede ventilatie is nooit een alternatief voor het naleven van die maatregelen. Dhr van Strien concludeert dat de ventilatie op veel scholen nog onder de maat is. En dat er aandacht voor/verbetering nodig is van 1. Het onderhoud en gebruik van mechanische ventilatiesystemen en 2. het gebruik van ramen, roosters etc in scholen met natuurlijke ventilatie

## Presentatie Bert Brunekreef:

### Wat is de wetenschappelijke achtergrond van de ventilatieadviezen en wat betekenen die in relatie tot COVID-19?

Prof. Brunekreef vat het advies van de Gezondheidsraad over Binnenluchtkwaliteit in basisscholen uit 2010 samen. Daarin is geconcludeerd dat er geen geschikt onderzoek beschikbaar is naar een verband tussen luchtverversing en het voorkómen van infecties door ziektekiemen in scholen. In het advies gesteld dat onder een gemiddelde CO<sub>2</sub> concentratie van 1200 ppm (minimumeis voor luchtverversing in Bouwbesluit 2003) geen aanwijzingen zijn voor gezondheidsklachten. In het Bouwbesluit 2012 is de ventilatienorm voor onderwijsruimtes vastgesteld op 8.5 l/s per persoon (komt ongeveer overeen met 1000 ppm CO<sub>2</sub>). Deze mate van luchtverversing wordt via natuurlijke ventilatie vaak niet gehaald. Een CO<sub>2</sub> gestuurde mechanische ventilatie zonder recirculatie van lucht, maar met warmteterugwinning zou een duurzame oplossing kunnen zijn. Dit vergt echter wel het nodige onderhoud in de praktijk. De gangbare CO<sub>2</sub>-eis is gebaseerd op een verband tussen CO<sub>2</sub>-concentraties en lichaamsgeur dat is aangetoond door Von Pettenkofer in de 19<sup>e</sup> eeuw en dat sindsdien een paar keer bevestigd is. Von Pettenkofer stelde daarbij dat andere verontreinigingen niet met ventilatie moeten worden bestreden, maar bij de bron moeten worden aangepakt. Het aanpakken van de bron is bij COVID-19 problematisch omdat mensen in de pre-symptomatische fase mogelijk al besmettelijk zijn.

Er bestaan modellen van verspreiding van COVID-19 in klaslokalen en de mogelijke effecten van ventilatie. Deze zijn gebaseerd op een groot aantal aannames die niet allemaal even goed empirisch onderbouwd zijn. Meer ventileren lijkt een logische oplossing maar kan ook andere ongewenste effecten hebben. Zo zijn ventilatiestromen, met name in natuurlijk geventileerde klassen, onvoorspelbaar. Verder zou ventileren bij kou contraproductief kunnen werken omdat dit de luchtvochtigheid verlaagd. Er zijn hypothesen dat dit resulteert in kleinere druppeltjes met virus die verder kunnen dragen. Ook komt er bij meer ventileren meer buitenluchtverontreiniging (fijn stof) in de klas wat mogelijk een effect heeft op het risico op infecties.

Prof Brunekreef laat zien dat er recent nieuwe studies zijn verschenen over de verspreiding van COVID-19 op scholen. Instanties geven regelmatig een nieuwe stand van wetenschap en adviezen (CDC, WHO, ECDC, RIVM, VO-raad). Prof. Brunekreef vraagt aandacht voor preventie door het minimaliseren van aanwezigheid van besmette personen en het verkleinen van groepsgroottes. Wat ventilatie betreft is het volgens hem onduidelijk of er meer nodig is dan de eisen van het Bouwbesluit. Tenslotte is er volgens hem meer onderzoek nodig naar adviezen op het gebied van mondkapjes, zingen en sporten op scholen, naar effectiviteit van HEPA filters voor het reduceren van concentraties virusdeeltjes, en naar de effecten van luchtbevochtiging.

Presentatie Andreas Voss:

## Wat is de rol van ventilatie vanuit het perspectief van infectieziektepreventie?

De transmissieroutes zijn bekend. Onderzoek met hamsters toont aerosoloverdracht aan en laat zien dat gecontamineerde oppervlakken minder belangrijk zijn (Sia 2020 in Nature). Wiskundige modellen duiden op een bijdrage van pre- of asymptomatische transmissie van 50% tot soms 88% aan  $R_0$ . De echte waarde zullen we nooit weten, want de realiteit ziet er toch vaak anders uit. In een scoutstudie in Nederland was het 1,5%, in een studie onder medewerkers in de VS 7% en een systematische review noemt 16%. Er is dus beslist asymptomatische overdracht, maar hoeveel is de vraag, want die mensen hoesten en niezen niet. Een nieuwe publicatie in het NEJM over SARS-cov-2 transmissie onder rekruten (jonge mannen) meldt dat 2% COVID-19 opliep tijdens de quarantainetijd. Het betrof verschillende stammen. Clusters waren te zien bij mensen die ruimtes handen gedeeld of in hetzelfde peloton zaten. Bijna iedereen testte positief vóór symptomen optreden. Verschillende studies laten zien dat virus-RNA in de lucht zit. Bij artificiële verstuiwing laat het virus zich ook uit de lucht terug kweken. Er komt steeds meer bewijs voor de rol aerosoloverdracht. Behalve de genoemde studie van Sia is er een recente publicatie over overdracht van levensvatbaar SARS-CoV-2 virus in een patiëntenkamer. Het is een vreemde studie met veel onduidelijkheden, maar niettemin een indicatie voor mogelijke verspreiding via aerosolen. Daarmee is nog niet gezegd dat het een van de meest belangrijke bronnen is. In ons eigen ziekenhuis hebben we nooit overdracht via aerosolen gezien. Daarom geloof ik voor COVID-19 of SARS-CoV-2 wel in transport door de lucht over korte afstand, maar niet over lange. Dat heeft ook invloed op de keuze van de mondmaskers. De discussie gaat meestal over FFP2 ten opzichte van niet-medische maskers, maar volgens een heel goede systematische review van RCTs (Bartoszko 2020) is er weinig verschil. Dat is zeker belangrijk gezien een recent IGJ (Inspectie Gezondheidszorg en Jeugd) document, waarin ze chirurgische maskers geen plek geven in de COVID-19-zorg.

Over de risico's van Infectieuze Aerosol Genererende Procedures (IAGP) heeft een werkgroep van de Federatie Medisch Specialisten (ik was de voorzitter) een document opgesteld dat alle handelingen opsomt waarbij aerosolen ontstaan. Wat er nog onvoldoende in zit is het verschil tussen eenmalige en continue aerosolvorming. Een voorbeeld is Optiflow, waarbij via een neussonde onder hoge druk 60 L/min zuurstof aan de patiënt wordt toegediend, de perfecte manier om infectieuze aerosolen te genereren. Zelfs mensen met maskers kunnen dan COVID-19 oplopen. De ventilatie van de kamer is in die situatie onvoldoende om andere patiënten op de kamer te beschermen. Er zijn echter onvoldoende éénpersoonskamers. In mijn ziekenhuis is dit probleem opgelost door mensen die dergelijke aerosol genererende procedures moeten ondergaan eerst via PCR te testen.

De meeste ziekenhuizen houden zich aan 1,5 m<sup>3</sup> of 6m<sup>2</sup> per persoon. De mechanische ventilatie gaat verder dan het bouwbesluit: 45 m<sup>3</sup> in plaats van 30 m<sup>3</sup> per uur per persoon. Het grootste risico in ziekenhuizen doet zich voor als medisch personeel tijdens MDO's (multidisciplinair overleg) en in teamkamers onbeschermd te dicht op elkaar zit. Dat gebeurt helaas ook vandaag nog. Ziekenhuizen hebben onvoldoende teamkamers en ruimtes voor MDO's die voldoen aan de eisen voor ventilatie en afstand. Ventilatie is van groot belang waar (continu) aerosol genererende procedures plaatsvinden. Daarvoor zijn betere regels nodig. Maar gedrag (je houden aan de maatregelen) is het allerbelangrijkst.

## Presentatie Marcel Loomans: Ventilatie in de context van COVID-19

Zijn presentatie gaat over de rol van ventilatie bij COVID-19 en meer algemeen ten aanzien van de luchtkwaliteit. Bij ventilatie gaat het om toevoer van buitenlucht (recirculatie is dus geen ventilatie). Het bouwbesluit geeft minimumeisen en kent ook aanpassingen in de loop der tijd. Dit betekent bijvoorbeeld dat aan nieuwbouw momenteel hogere eisen worden gesteld dan aan schoolgebouwen die voor 2012 zijn gebouwd. Hij spreekt zich verder hier niet nader uit ten aanzien van de diameter die een scheiding maakt tussen kleine druppeltjes en aerosolen. Deze discussie betreft met name welke diameter van deeltjes nog verspreid worden buiten de range van 1,5 m. Hij licht aan de hand van een grafiek toe dat ook druppels ruim groter dan 5 µm verder kunnen reiken dan 1,5 m. Hij heeft doorgerekend dat deeltjes van 5 µm resp 10 µm in een normale kantoor setting voor 80 % resp 40 % via het afvoerrooster worden afgevoerd. Aan de hand van een figuur licht hij toe dat binnen de 1,5 m de concentratie aan aerosolen hoog zal zijn en op die manier kan bijdragen aan een infectie (airborne transmissieroute), in combinatie met kleine druppeltjes/deeltjes (directe route). Daarbuiten, verder dan 1,5 m zullen aerosolen nog steeds in de lucht aanwezig zijn, maar de concentratie zal duidelijk lager zijn, o.a. door verdunning.. Deze concentratie van aerosolen in de ruimte verder weg dan 1,5 m wordt in belangrijke mate beïnvloed door de aanwezige ventilatie. Er zijn wat bekende voorbeelden van situaties van transmissie waarbij ventilatie een rol speelde, bv een restaurant in China. De CDC (ref 5) concludeert dat airborne transmissie op kan treden onder bepaalde ventilatie omstandigheden. Dit is slechts één van de voorbeelden wereldwijd waarbij vergelijkbare organisaties hebben aangegeven dat er een rol is voor airborne transmissie (waarbij ventilatie een rol heeft). Er zijn een aantal manieren om de mogelijkheden tot infecties te beperken, in volgorde van effectiviteit:

1. De bron verwijderen, voorkomen dat virussen bij mensen kunnen komen.
2. Door maatregelen te nemen bij de gebouw- en installatie gerelateerde inrichting. Hierin speelt ventilatie een belangrijke rol. De REHVA guideline geeft (Europees) adviezen hoe hiermee om te gaan. In Nederland zijn ook dergelijke adviezen voorhanden,

Loomans heeft voorbeeldberekeningen gemaakt van de besmettingskans in een schoollokaal met de Wells-Riley formule. Daarbij worden een aantal aannames gemaakt, o.a perfect gemengde situatie, gemiddelde concentratie virussen, incubatietijd etc. De berekeningen gaan alleen uit van luchttransmissies, dus niet van andere blootstellingsroutes. De besmettingskans wordt berekend op basis van quanta (gedefinieerd als dat als je 1 quanta inademt dat je dan een kans op infectie hebt van 63%). Naast de veronderstelling van perfecte menging, die in de praktijk niet altijd gerealiseerd zal worden, is het aantal quanta dat door een persoon per tijdseenheid wordt geproduceerde een moeilijk te bepalen eenheid. Schattingen van quanta kunnen gemaakt worden op basis van casussen (retrospectief), bijvoorbeeld superspreader events zoals zangkoren in Amerika (bijdrage afzonderlijke routes is daarbij niet vast te stellen). Ook worden er prospectief schattingen gemaakt op basis van fysiologische eigenschappen bij de mens. Beide methodes leiden tot onzekerheden in de schatting. Berekeningen van de besmettingskans met de Well-Riley formule zijn op dit moment daaro vooral zinvol om situaties te kunnen vergelijken, niet als een nauwkeurige berekening van absolute waarden. Op de uiteindelijke uitkomsten van die berekening (de besmettingskans) hebben vooral

## verslag

quantaproductie en blootstellingstijd een grote invloed. De voorbeeldberekeningen zijn gemaakt uitgaande van 1 besmet persoon in een klaslokaal.

Voor een ruimte met ventilatie volgens het bouwbesluit uit 2012 (die geldt voor nieuwe schoolgebouwen) komt hij op een besmettingskans van 8% bij een verblijfsduur van 6 uur. Voor ventilatie volgens het "Frisse Scholen" programma van eisen klasse A komt hij uit op een besmettingskans van 6%. Bij ventilatie zoals bij oudere schoolgebouwen, waarvoor de norm uit het bouwbesluit uit 2003 geldt loopt de besmettingskans op naar 18%. Tot 23 % bij nog slechtere ventilatiesituaties. Deze getallen zijn niet bedoeld als absolute waarden maar om een indruk te geven van de verschillen, zoals tav ventilatiehoeveelheden en blootstellingstijd. De berekeningen bieden inzicht en op basis hiervan zou geconcludeerd kunnen worden dat de normen uit het Bouwbesluit van 2012 een goed referentiepunt zijn om naar toe te werken. De CO<sub>2</sub>-concentratie kan gebruikt worden als een *indicatie* voor de mate van ventilatie en daarmee indirect voor besmettingskans. Er is geen directe relatie tussen aerosol verspreiding of besmettingskans op zich. Er is wel een mogelijkheid om vanuit CO<sub>2</sub> terug te rekenen naar een ventilatiedebiet ( die wordt echter wel weer beïnvloed door aantal personen in de ruimte, activiteiten, het aanwezige ventilatievoud en daarmee het moment waarop gemeten wordt, nauwkeurigheid apparatuur ).

## Presentatie Inge Wouters: Het meten van levensvatbare virussen in de binnenlucht

Deze metingen zijn zeer moeilijk te doen door 1. Verminderde levensvatbaarheid van het virus tijdens en door de door de monstername, 2. Lage concentraties van virussen in lucht 3. variatie van de virussen in lucht over de tijd.

De verminderde levensvatbaarheid komt door stress van het virus gedurende verblijf in het lichaam, deactivatie in de lucht (uitdroging, temperatuur relatieve vochtigheid, straling) en de fysieke stress tijdens de monstername (invangen, filtering in het apparaat). Niet alleen voor COVID-19 maar ook voor andere virussen zijn er weinig metingen verricht, juist vanwege net genoemde moeilijkheden. Door lage concentraties is het moeilijk virus replicatie aan te tonen. Daarom wordt wel een indirecte maat voor replicatie gebruikt. Normaal worden monsters opgebracht op cellen, en wordt er vervolgens gekeken naar cytopathologische verschijnselen bij cellen. Bij lage concentraties kan dat niet doordat er dan geen of moeilijk vast te stellen cytopathologische effecten optreden. Als alternatieve methode wordt aan het begin en aan het einde van de kweek na een aantal dagen, gekeken naar het verschil in PCR uitslag van die kweken. Nadeel van deze methode is dat de onzekerheid in PCR uitslagen hierop ook van invloed is. In een ziekenhuissetting hebben ze op deze manier en deels met cytopathologische effecten aanwezigheid van levensvatbaar SARS-Cov-2 in de lucht aangetoond. Over metingen in de ziekenhuissettings is een recent reviewartikel verschenen er blijken uiteindelijk van de 9 studies er maar twee te zijn die positieve virus kweek hebben aangetoond in de samples (die dus levensvatbaar waren). In een aantal samples werd wel replicatie in de PCR gemeten. Buiten ziekenhuizen zijn alleen metingen bekend bij de nertsen bedrijven. Bij bedrijven met een corona uitbraak werden monsters passief verzameld gedurende een week met elektrostatische doekjes (passief) en met actieve (kortdurende) monstername. Bij de passieve monstername werden vaker positieve uitslagen met PCR gevonden dan met actieve monstername. Dit kan te maken hebben met de langere monstername duur van de passieve methode, waardoor de variatie in de tijd ondervangen wordt.

Voor scholen zijn de in ziekenhuis setting gebruikte monster methoden voor levensvatbare detectie echter niet allemaal toepasbaar, hetgeen nog verdere beperkingen geeft. De voor scholen bruikbare monsternamen (impinger methode) maken gebruik van een beperktere monsternamen periode waardoor variatie in de aanwezigheid in virushoeveelheid in de lucht van belang is. Daarbij is de concentratie in de lucht waarschijnlijk zeer laag, waardoor het lastig is om het goed te kunnen meten. Er zijn nog veel vragen tav virussen in de lucht: wat is de infectieuze dosis, rol bijdrage asymptomatische personen, rol verspreiding in de lucht; dit weten we niet precies.



# verslag

Links die tijdens de werkconferentie door de deelnemers in de chat zijn genoemd

- [Effects of ventilation on the indoor spread of COVID-19 | Journal of Fluid Mechanics | Cambridge Core](#)  
[https://www.rehva.eu/fileadmin/user\\_upload/School\\_guidance\\_COVID19.pdf](https://www.rehva.eu/fileadmin/user_upload/School_guidance_COVID19.pdf)
- [Testing mobile air purifiers in a school classroom: Reducing the airborne transmission risk for SARS-CoV-2 | medRxiv](#)
- [VDI nachrichten - Das Nachrichtenportal für Ingenieure \(vdi-nachrichten.com\)](#)  
<https://www.vdi-nachrichten.com/>
- [Probable Evidence of Fecal Aerosol Transmission of SARS-CoV-2 in a High-Rise Building | Annals of Internal Medicine \(acpjournals.org\)](#)
- [\(PDF\) Hand hygiene instruction decreases illness-related absenteeism in elementary schools: A prospective cohort study \(researchgate.net\)](#)
- [Hand hygiene instruction decreases illness-related absenteeism in elementary schools: a prospective cohort study \(nih.gov\)](#)
- [Effectiveness of Adding a Mask Recommendation to Other Public Health Measures to Prevent SARS-CoV-2 Infection in Danish Mask Wearers: A Randomized Controlled Trial: Annals of Internal Medicine: Vol 0, No 0 \(acpjournals.org\)](#)
- De Frisse scholen eisen voor maximale CO<sub>2</sub>-concentratie staan op blz. 8 van dit document:  
<https://www.rvo.nl/sites/default/files/2016/01/Programma%20van%20Eisen%20Frisse%20Scholen%20-%20September%202015%20v3.pdf>  
<https://doi.org/10.1101/2020.08.26.20182824>

*Als voorbereiding van de werkconferentie is onderstaand doel met 4 centrale vragen en toelichting op eerdere Gezondheidsraad adviezen aan de deelnemers toegezonden.*

Het doel van de werkconferentie is om de kennis en de kennislacunes op verschillende terreinen (infectiepreventie, ventilatie) in kaart te brengen. Het doel is niet om uitsluitend te geven over de rol van aerosolen bij de verspreiding van COVID-19. Het belang van goede ventilatie in het algemeen en hoe men daar in de praktijk op een pragmatische manier mee om kan gaan in het licht van de huidige pandemie staat centraal. Een korte lijst met vragen zal tijdens de conferentie besproken worden. De Gezondheidsraad kan besluiten om vragen die uit de werkconferentie komen zelf op te pakken. Anderzijds kunnen er vragen voor een onderzoeksagenda uitkomen, en vragen voor andere partijen.

Centrale vragen:

1. In hoeverre is de norm zoals aangegeven in het bouwbesluit relevant in het kader van het voorkomen van de verspreiding van infectieziekten?
2. Is het CO<sub>2</sub> gehalte een goede indicator voor de kans op verspreiding van
3. infectieziekten? Zo nee, wat zou een betere indicator zijn?
4. Wat betekent de onzekerheid in onze kennis over de bijdrage van aerosolen bij de transmissie van Covid-19 voor het toepassen van een proportionele
5. voorzorgsbenadering?
6. Wat zouden pragmatische, no regret adviezen voor scholen op korte termijn kunnen zijn? Zijn deze adviezen ook van toepassing op andere instellingen of gebouwen?

## Achtergrond Gezondheidsraad adviezen

De Gezondheidsraad heeft in het verleden een aantal adviezen gegeven die relevant zijn voor de discussie over COVID-19 en ventilatie in brede zin. Een deel van de vragen die tijdens de werkconferentie besproken worden, zijn gebaseerd op deze adviezen.

### Adviezen over ventilatie

Gebrekkige ventilatie kan onder meer leiden tot vermoeide of tranende ogen, keelpijn, benauwdheid, kortademigheid, astma, concentratieproblemen en doorslaapproblemen (Gezondheidsraad, 2020). In 1984 heeft de Gezondheidsraad een CO<sub>2</sub> waarde van 1200 ppm geadviseerd als uitgangspunt voor de in het Bouwbesluit minimaal vereiste ventilatiecapaciteit in woningen (Gezondheidsraad, 1984). Dat was gebaseerd op geurhinder en niet op verspreiding van virussen, allergenen en stoffen in de lucht. Die 1200 ppm kwam overeen met een ventilatiecapaciteit van 25 m<sup>3</sup> / uur (=6,9 l/sec) per persoon. In 2003 is 3,4 l/sec als minimale ventilatie-eis in het Bouwbesluit vastgelegd voor bestaande bouw, ook voor klaslokalen. In 2010 heeft de Gezondheidsraad desgevraagd aangegeven dat de wetenschappelijke basis ontbrak om in basisscholen een lagere waarde dan 1200 ppm CO<sub>2</sub> te adviseren. Die waarde wordt in een groot deel van de scholen overschreden (Gezondheidsraad 2010, RIVM, 2011). De Gezondheidsraad schreef in 2010: "de CO<sub>2</sub> concentratie in een klaslokaal is een goede maat voor de luchtverversing per persoon en een indicator voor geur. CO<sub>2</sub> is minder bruikbaar als indicator voor door de mens verspreide stofdeeltjes, allergenen en ziektekiemen omdat de productiesnelheid van CO<sub>2</sub> nauwelijks samenhangt met die van andere verspreide stoffen. Dat laat onverlet dat het vergroten van de ventilatie zal leiden tot een daling van zowel de CO<sub>2</sub> concentratie als de concentratie van andere stoffen en deeltjes in de lucht".

In 2012 is 8,5 l/sec in het Bouwbesluit vastgelegd als eis voor nieuwbouw. Concreet betekent dit dat scholen van voor 2012 moeten voldoen aan 3,4 l/sec per persoon en scholen van na 2012 aan 8,5 l/sec. Voor scholen is het niet eenvoudig om na te gaan of wordt voldaan aan het Bouwbesluit. Het in augustus 2020 opgerichte Landelijk Coördinatiecentrum Ventilatie op Scholen adviseert scholen hoe ze daarachter kunnen komen. Als ventilatievoorzieningen niet goed worden gebruikt of onderhouden, kunnen ze leiden tot gezondheidsklachten (Gezondheidsraad 2013, Gezondheidsraad 2020, RIVM, 2011).

## Voorzorg met rede

In het Gezondheidsraad advies Voorzorg met Rede uit 2008 wordt gesteld dat onzekerheid over gezondheids- of milieuschade vraagt om een beleid waarin voorzorg centraal staat. Voorzorg wordt in het advies gezien als een strategie voor een alerte, zorgvuldige, redelijke, transparante en op de situatie toegesneden omgang met onzekerheden. Toe te passen op vraagstukken die zich kenmerken door substantiële (d.w.z. de besluitvorming belemmerende) onzekerheid. Daarbij wordt aanbevolen de diverse handelingsopties, met elk hun positieve en negatieve, zekere én onzekere gevolgen, op hun merites te beoordelen en tegen elkaar af te wegen op een zorgvuldige en transparante wijze.

## Gevolgen van rampen voor de gezondheid op de middenlange en lange termijn

In 2006 verscheen het Gezondheidsraad advies 'Gevolgen van rampen voor de gezondheid op de middellange en lange termijn'. Als kenmerken van een 'ramp' noemt het advies:

- de gezondheid van mensen wordt bedreigd
- de aangerichte schade is omvangrijk
- het karakter van de gebeurtenis of dreiging is acuut
- de gebeurtenis ontwricht (sociale) structuren van (delen van) de samenleving
- de gebeurtenis brengt een collectief gevoel van onmacht of van onveiligheid teweeg
- de gebeurtenis is zo ingrijpend dat verwacht kan worden dat reguliere menskracht, middelen en instanties tekortschieten.

De Corona epidemie heeft al die kenmerken in zich en kan daarmee als een 'ramp' betiteld worden. Vaak is bij een ramp ook sprake van onmiddellijke evacuatie en verlies van huis en haard. Daarin is de corona epidemie anders van aard.

Direct na een ramp treedt een draaiboek in werking voor acute hulp en start na enige tijd de uitvoering van het nazorgbeleid. Na ruim een half jaar lijkt het covid beleid nog steeds vooral bepaald zoals in de acute fase. Het ligt in de rede om ook middel- en lange-termijn effecten bij de nazorg te betrekken. Een onderdeel daarvan is voorzien in een centrale functie voor informatie en advies aan betrokkenen, bijv. met betrekking tot ventilatie in scholen, verpleeghuizen en kantoren.

## Referenties van eerdere adviezen van de Gezondheidsraad:

Gezondheidsraad. Advies in zake het binnenhuisklimaat, in het bijzonder een ventilatieminimum, in Nederlandse woningen, 1984.

Gezondheidsraad. Gevolgen van rampen voor de gezondheid op de middellange en lange termijn, 2006

<https://www.gezondheidsraad.nl/documenten/adviezen/2006/12/20/gevolgen-van-rampen-voor-de-gezondheid-op-middellange-en-lange-termijn>

# verslag

Gezondheidsraad. Voorzorg met Rede, 2008.

<https://www.gezondheidsraad.nl/documenten/adviezen/2008/09/26/voorzorg-met-rede>

Gezondheidsraad. Binnenluchtkwaliteit in basisscholen, 2010.

<https://www.gezondheidsraad.nl/documenten/adviezen/2010/04/29/binnenluchtkwaliteit-in-basisscholen>

Gezondheidsraad. Een gezond binnenmilieu in de toekomst, 2013.

<https://www.gezondheidsraad.nl/documenten/adviezen/2013/07/18/een-gezond-binnenmilieu-in-de-toekomst>

Gezondheidsraad. Gezonde energietransitie in de gebouwde omgeving, 2020

<https://www.gezondheidsraad.nl/documenten/adviezen/2020/07/14/gezonde-energietransitie-in-de-gebouwde-omgeving>