

Frequently Asked Questions expertpanel corona

Versie 11 september 2020

Aangepast t.o.v. versie 24-4-2020:

- Extra literatuurverwijzingen toegevoegd bij antwoorden vraag 1 t/m 10¹⁻⁶
- Tekstuele verduidelijkingen
- Antwoord vraag 1, 2a, 8 aangevuld
- Vraag 2b en 13 toegevoegd
- Handreiking toegevoegd

Deze lijst met vragen is samengesteld op basis van de vragen die het expertpanel corona (expert.panel.corona@TNO.nl) heeft ontvangen en al heeft beantwoord. Deze vragen zijn veelal in een specifieke context gesteld en de antwoorden zijn op deze context toegesneden. De in dit document gegeven antwoorden zijn dus niet zondermeer in iedere situatie van toepassing. Het delen van de informatie over deze specifieke vragen en antwoorden kan u helpen om richting te geven aan de vragen in uw eigen context. Het expertpanel is bij het geven van de antwoorden uitgegaan van de aanwezigheid van meerdere COVID-19 verdachte of COVID-19 bevestigde patiënten.

Bij de beantwoording van de vragen hanteert het expertpanel de volgende uitgangspunten:

- SARS-CoV-2 is een respiratoir virus waarbij de primaire besmetting plaatsvindt via druppel-contact “aanhoesten”,⁷⁻⁹
- Secundaire besmetting kan door de lucht via aerosolen plaatsvinden,^{2,6,9-19}
- Op een oppervlakte kan het virus 2-3 dagen infectieus blijven,^{1,20,21}
- In de lucht kan een virus een aantal uur infectieus blijven,^{20,21}
- Besmetting kan mogelijk plaatsvinden door fecale-orale overdracht,^{22,23}
- De maatregelen die worden geadviseerd zijn staan wat betreft de inspanningen in verhouding tot de reductie van de kans op besmetting (proportioneel) voor de betreffende context.

Principes die het expertpanel nastreeft voor ruimten waar COVID-19 verdachte of COVID-19 bevestigde patiënten verblijven zijn:

- Zorg dat de luchtstroom die van een coronapatiënt of een gebied waar coronapatiënten zich bevinden wordt afgevoerd zich niet kan verspreiden naar andere gebouwdelen, gebieden in het gebouw, aangrenzende ruimten, gangen, etc. Hier zijn situatie specifieke maatregelen voor te treffen zowel organisatorisch (locaties), gebruik (deuren dicht), installaties (onderdruk in ruimten met coronapatiënten), gebouw (fysieke scheidingen waarmee de gewenste luchtstroom gewaarborgd wordt),
- Voorkom recirculatie (op centraal systeemniveau) indien ruimten met COVID-19 patiënten en ruimten zonder COVID-19 patiënten door eenzelfde luchtbehandelingskast bediend worden. Dit om aerogene verspreiding te voorkomen en een kwetsbare groep mensen zo veel mogelijk te beschermen.

Relatie met richtlijnen van het RIVM

- De antwoorden en handreiking zijn ook een verduidelijking en nadere invulling van de kaders die het RIVM geeft op het gebied van SARS-CoV-2 en ventilatie.²⁴

#	Vraag	Antwoord
1	Moet ik op een operatiekamer de HEPA eind-filters vervangen als daar een COVID-19 patiënt is behandeld, bijvoorbeeld als de OK als IC is gebruikt.	<p>Dit hoeft naar mening van het expert team niet te gebeuren. Mits de stroming over het filter blijft gehandhaafd is er geen verhoogd risico voor het personeel of een volgende patiënt. Een virus zich buiten cellen niet vermenigvuldigen. Van het SARS-CoV-2 virus is bekend dat het op oppervlakken tot maximaal 2 dagen infectieus kan blijven.^{1,20,21} In principe blijft het virus deeltje in het HEPA filter materiaal “gevangen” en komt daar niet zondermeer weer uit vrij. Een SARS-CoV-2 virus dat eventueel in het HEPA eind-filter is gekomen, is na een periode van 2 dagen met een aan zekerheid grenzende waarschijnlijkheid niet meer virulent.</p> <p>Op basis van deze gegevens adviseert het expertpanel om pas na 2 dagen zonder persoonlijke beschermingsmiddelen aan het luchtbehandelingssysteem te werken indien dat nodig is. Is het noodzakelijk om binnen deze periode van twee dagen werkzaamheden uit te voeren en als er kans is dat componenten in het systeem o.a. luchtfilters in aanraking zijn geweest met SARS-CoV-2 gecontamineerde lucht minder dan 48 uur geleden, dan is er een risico op besmetting voor personeel dat de werkzaamheden uitvoert. Het expertpanel adviseert dan nadrukkelijk om persoonlijke beschermingsmiddelen te gebruiken, zoals een FFP2-masker, handschoenen, een bril en beschermende kleding. De af te voeren materialen inclusief de beschermingsmiddelen dienen in die situatie in een plastic zak verpakt te worden afgevoerd.</p> <p>Dit geldt in principe voor al het onderhoud en reparaties die aan het luchtbehandelingssysteem moeten worden uitgevoerd waar lucht doorheen is gestroomd dat mogelijk met het virus is gecontamineerd.</p>
2a	Wat moet ik met het warmtewiel doen in geval er mogelijk met SARS-CoV-2 gecontamineerde lucht door naar buiten wordt afgevoerd.	<p>Zoals aangegeven in het antwoord van vraag 1 zal er geen groei van het virus op het medium van een warmtewiel plaatsvinden. Daarnaast heeft onderzoek van TNO aangetoond dat op warmtewielen onder normale operationele omstandigheden geen <i>bacteriegroei</i> plaatsvindt.²⁵</p> <p>Een warmtewiel kent in potentie twee wijzen waarop lucht uit de luchtafvoer in de verse toevoer lucht (ODA) kan komen.²⁶ Dit betreft 1) directe lekkage van afvoer naar toevoer en 2) het verplaatsen van lucht van afvoer naar toevoer door de rotatie van het warmtewiel. Uit literatuur blijkt dat er een kleine overdracht van Vluchtige Organische Componenten (VOC) en een beperkte lucht lekkage is van de afvoer naar de toevoer.^{27,28} De overdracht van VOC wordt toegewezen aan adsorptie-desorptie door het absorptiemedium op het warmtewiel. De mate waarin overdracht plaatsvindt is sterk afhankelijk van de wijze waarop het warmtewiel is geïnstalleerd (luchtdrukregiem over het wiel), de leeftijd van het systeem en de wijze van onderhoud.²⁹</p>

	<p>Afhankelijk van de coating kan een wiel ook vocht terugwinnen en daarmee een overdracht van deeltjes vanuit de retour naar de toevoer. Het is op dit moment onduidelijk in welke mate hierdoor het SARS-CoV2- virus kan worden overgedragen aan de verse luchtstroom (ODA).</p> <p>Een warmtewiel heeft dus een kleine lucht lekkage van afvoer naar toevoer. De belangrijkste lekkage van een warmtewiel bevindt zich van de afvoerszijde naar de vers toevoerlucht ter plaatse van de fysieke overgang tussen toevoer en afvoer. Als de afzuigventilator, stroomopwaarts gezien, achter het wiel is geplaatst is deze lekkage gering vanwege de onderdruk, maar blijft een (kleine) lekkage aanwezig. Moderne warmtewielen zijn meestal voorzien van een spoelzone, zodat bij de overgang van afvoer naar toevoer eventuele restlucht in de het warmtewisselende pakket naar de afvoer wordt afgevoerd. Hiermee wordt voorkomen dat contaminanten uit de afgevoerde lucht via de rotatie van het warmtewiel in de vers toegevoerde lucht komt, echter ook bij deze systemen treedt een kleine lekkage op.</p> <p>De kans bestaat dus dat de vers toegevoerde buitenlucht (ODA) wordt gemengd met de afgevoerde lucht. Hierdoor kan het SARS-CoV-2 met de vers toegevoerde lucht (SUP) aan ruimten worden toegevoerd.²⁶ Uit recent onderzoek blijkt dat dit virus enkele uren in de lucht (aerogenen) kan overleven waardoor een potentieel risico ontstaat voor aanwezige personen.^{14,15,20} Het is daarom van belang om de werking van het warmtewiel te controleren.</p> <p>In de toepassing zijn een aantal situaties te onderscheiden:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) het systeem waarin het warmtewiel is opgenomen bedient alleen een gebied waar geen COVID-19 verdachte personen aanwezig zijn (er vindt immers een controle plaats of niemand ziekteverschijnselen heeft door middel van triage), 2) het systeem, waarin het warmtewiel is opgenomen, bedient alleen een gebied waar COVID-19 verdachte/bevestigde personen en personeel in beschermende kleding aanwezig zijn, 3) het systeem, waarin het warmtewiel is opgenomen, bedient een gebied waarin zowel COVID-19 verdacht/bevestigde personen (cohort) als niet verdachte en niet beschermde personen aanwezig zijn. <p>In situatie 1 en 2 is er geen aanleiding om het warmtewiel buiten bedrijf te stellen. Op basis van deze gegevens adviseert het expertpanel echter om in situatie 3, met name bij een cohort aan Covid-19 patiënten, warmtewielen uit te schakelen om de kans op contaminatie van de vers toegevoerde lucht zo veel mogelijk te reduceren (<i>better safe than sorry</i>). Daarbij is wel het advies</p>
--	--

		<p>om de kier tussen wiel en frame te plakken, waardoor de lek wordt geminimaliseerd (een wiel dat alleen wordt stilgezet, blijft lekken).</p> <p>Uitzondering op situatie 3 geldt voor de situatie waarin de verse lucht na het warmtewiel door een HEPA eind-filter stroomt alvorens aan een ruimte te worden toegevoerd (zoals o.a. een operatiekamer). Door een HEPA filter worden virussen in aerosolen met een typische omvang van 125 nm (SARS-CoV en MERS-CoV) bijna volledig uit de luchtstroom gefilterd.^{15,30} In deze situatie kan het warmtewiel operationeel blijven.</p> <p>Als het warmtewiel aantoonbaar een kleine lekkage heeft, goed is onderhouden/geconfigureerd en een spoelzone heeft (zie boven) kan overwogen worden om ook in situatie 3 het warmtewiel in bedrijf te houden. Dit is een afweging die de organisatie zelf per situatie moet maken. Hierbij kunnen aspecten zoals o.a. het besmettingsgebied en aantal besmette personen in dit gebied ten opzichte van het totale verzorgingsgebied van de luchtbehandelingskast worden meegewogen.</p> <p>Voor het weer in bedrijf stellen van het warmtewiel, zie onderwerp 2b.</p>
2b	Hoe kan het warmtewiel het beste weer in gebruik worden genomen	<p>Als het warmtewiel weer in bedrijf gesteld kan worden omdat in het betreffende verzorgingsgebied geen risico meer is op verspreiding (zie 2a) dan wordt de volgende procedure geadviseerd:</p> <ul style="list-style-type: none"> - wacht tot 2 dagen nadat er geen corona patiënten in de betreffende zone meer aanwezig zijn geweest. Uit onderzoek is gebleken dat COVID-19 deeltjes na ca. 48 uur niet meer virulent zijn (zie ook vraag 1). Het luchtsysteem, wielen en filters zijn dan ook niet meer infectieus. Er is dan ook geen reden om filters in de luchtbehandelingskasten te vervangen. - Na deze 2 dagen: eerst visuele inspectie van het warmtewiel op vervuiling (ventilatoren eerst stilzetten). Voor de zekerheid kan men nog persoonlijke beschermingsmiddelen (PBM) dragen t.b.v. risico op besmetting vanuit de luchtbehandelingskast. - afhankelijk van de mate van vervuiling eerst een reiniging uitvoeren van de wielen (stofzuigen, of dieper reinigen). Als de wielen kort hebben stilgestaan en bij aanwezigheid van een filter voor de wielen (zowel aan toevoer- als afzuigzijde) dan is de verwachting dat de vervuiling gering is. - Check op kromtrekken wielen door warmteverschillen (alleen bij extreme temperatuur verschillen buiten/binnen) en onbalans door verschil in vocht (afhankelijk van weercondities). Indien dit het geval is, dan kan het wiel het beste stapsgewijs in bedrijf worden gesteld (wiel elk uur een klein stukje laten draaien, bijv. in 24 uur dan helemaal 1 x rond gedraaid).

		<ul style="list-style-type: none"> - Afhankelijk van de leeftijd van het wiel en condities van de lagers, kan het wiel iets gaan zijn doorhangen. Bij inzetten van het wiel dit gecontroleerd doen en goed toetsen of er geen onbalans ontstaat wat de lagers verder kan beschadigen. - Als kromtrekken/onbalans als bovenstaand beschreven niet aan de orde is en vervuiling gering is of verwijderd is, kan het wiel gewoon gelijk in bedrijf gesteld worden, eventueel de eerste dag in puls/pauze stand. <p>LET OP: bovenstaande zijn algemene adviezen. Afhankelijk van de leeftijd, condities, type en configuratie kunnen andere procedures van toepassing zijn. Toets zo nodig bij de leverancier van het warmtewiel.</p>
3	Kan het recirculeren van lucht een probleem vormen.	<p>Uit recent onderzoek blijkt dat dit virus enkele uren in de lucht kan overleven waardoor een potentieel risico ontstaat voor aanwezige personen.^{13,20} Op basis van deze gegevens adviseert het expertpanel om de kans op contaminatie van de vers toegevoerde lucht zo veel mogelijk te reduceren door recirculatie te voorkomen. Dit is met name van toepassing voor situatie 3 zoals beschreven bij vraag 2.</p> <p>Uitzondering hierop is de situatie waarbij de lucht uit één betreffende ruimte alleen aan deze dezelfde ruimte wordt toegevoerd (<i>secondary air SEC</i>).²⁶ Split-units, fancoil-units en VRF-systemen voor verwarming en koeling recirculeren doorgaans ook alleen in dezelfde ruimte. De kans op het verder verspreiden van het SARS-COV-2 virus buiten de betreffende ruimte is bij deze recirculatiesystemen laag.</p> <p>Het is momenteel nog niet bekend of - en in welke mate - het SARS-CoV-2 virus tijdelijk op oppervlakken in apparaten achter kan blijven om later weer in de luchtstroom te komen. Omdat het virus tot maximaal 2 dagen infectieus kan blijven worden de risico's hiervan laag ingeschat.²⁰</p>
4	Levert het intuberen en extuberen van een COVID-19 patiënt op een operatiekamer een risico op voor het personeel dat zich, onbeschermd, in de OK-gang begeeft.	<p>Dit is sterk afhankelijk van de systeemopzet. Door de toevoer van een grote hoeveelheid toegevoerde lucht via HEPA-filters zal de concentratie in een operatiekamer snel afnemen. In Nederland hebben grote UniDirectionele Flow (UDF) systemen ($\geq 9 \text{ m}^2$) over het algemene een circulatievoud van ca. 70 (70 luchtwisselingen per uur) waardoor een 100-voudige reductie van de concentratie binnen 5,5 minuten wordt gerealiseerd. Wordt de OK-deur tijdens het intuberen dicht gehouden en wordt vervolgens ca. 12 minuten gewacht voordat de OK-deur wordt geopend dan is de concentratie al met een factor 1000 gereduceerd.</p>

		<p>Door de overdruk van de operatiekamer t.o.v. de OK-gang kan er een beperkte luchtstroming vanuit de OK richting de gang plaatsvinden, zelfs bij een gesloten OK-deur. De concentratie in deze luchtstroom is door de grote circulatievoud relatief laag. In welke mate dit optreedt is o.a. afhankelijk van de afdichting van de deur, de luchtdoorlatendheid van de operatiekamer, het drukverschil tussen operatiekamer en OK-gang. Hierdoor is geen eenduidig antwoord te geven omdat dit sterk afhankelijk is van de specifieke omstandigheden. Normaal gesproken is de overstort maximaal enkele 100 m³/h en dus laag t.o.v. het luchtvolume en de circulatievouden in de OK.</p> <p>Uit indicatieve metingen bij een ziekenhuis blijkt dat deeltjes die in de operatiekamer worden ingebracht ter plaatse van de intubatie, in de range van 0,2 – 10 µm de concentratie in de OK-gang niet waarneembaar verhogen.¹⁶⁻¹⁸ Ook als de OK-deur op een kleine kier stond was er geen verhoging waarneembaar. Dit betekent dat de hoeveelheid deeltjes die vanuit de operatiekamer naar de gang stromen in de betreffende situatie marginaal is en de kans op contaminatie van medewerkers op de gang via deze route laag is. Het systeem waarbij dit experiment is uitgevoerd had een groot UDF systeem (≥9 m²), een inhoud van circa 130 m³ en een aantal luchtwisselingen van ca. 100 per uur en geen overstort vanuit de operatiekamer naar de gang.</p> <p>Voor andere ruimtes binnen de gezondheidszorg waar circulatievouden aanzienlijk lager zijn, geldt dit effect niet en moeten dergelijke contaminatie verspreidende handelingen worden voorkomen of moet het personeel op de afdeling/gang afdoende beschermende maatregelen dragen.¹⁹</p>
--	--	---

5	Is kruisstroom warmteterugwinning veilig als er Corona-besmettingen in het pand zijn?	<p>Een kruisstroom warmtewisselaar met een drukregime waarbij de druk ter plaatse van de kruisstroomwisselaar hoger is dan de druk van de afgevoerde lucht ter plaatse van de warmtewisselaar resulteert in een lage mate van luchtoverdracht, in de range van 2%. Indien een kruisstroom warmtewisselaar in een centraal systeem is opgenomen kan er in theorie een verspreiding door het gehele op het systeem aangesloten gebied plaatsvinden. Door de naar verwachting relatief lage concentratie in de luchtstroom die wordt afgevoerd ter plaatse van de warmtewisselaar en de geringe mate van lekkage verwacht het expertpanel dat de kans dat SARS-CoV-2 via het systeem wordt verspreid zeer gering is.</p> <p>Het is niet geheel uit te sluiten dat de lekkage van kruisstroom warmtewisselaars na verloop van de tijd toeneemt. Hierdoor is contaminatie van de versie buitenlucht (ODA) via een platenwisselaar niet geheel uit te sluiten. De kans op deze wijze van contaminatie wordt door de experts als laag ingeschat.</p>
6	Moeten we iets aan het relatieve-luchtvochtigheid (RV) set-point veranderen? Wat is de beste waarde?	<p>In de literatuur is nog weinig bekend over de relatie tussen de relatieve luchtvochtigheid (RV) en de levensvatbaarheid en de vatbaarheid voor het SARS-CoV-2 virus.³¹ In de literatuur zijn wel ten minste twee studies beschikbaar die voor het influenza virus een relatie met de relatieve vochtigheid aangeven.^{32,33} Een andere studie laat zien dat een virus op een oppervlak langere tijd infectieus kan blijven en dat dit afhankelijk is van de aanwezige luchtvochtigheid en temperatuur.³⁴ Deze studies laten zien dat 1) het Influenza virus juist bij RV < 50% en vlak bij de 100% langer kan overleven en 2) lage RV verlaagt de weerstand tegen Influenza bij muismodellen. Het is echter nog onduidelijk of het SARS-CoV-2 virus ook deze eigenschappen kent. Daarnaast circuleren verschillende documenten die iets over de invloed van RV aangeven zonder dat er een duidelijke referentie naar wetenschappelijke publicaties wordt gegeven. Op dit moment is de invloed van luchtvochtigheid op verspreiding en overleving van het COVID-19 niet vast te stellen, hiervoor is meer wetenschappelijke onderzoek nodig. Omdat de relatie en effecten nu niet zijn vast te stellen, lijkt er nu ook geen directe aanleiding om het beleid ten aanzien van luchtbevochtiging in ziekenhuizen aan te passen in het kader van het minimaliseren van de kans op contaminatie met het SARS-CoV-2 virus.</p> <p>Het expertpanel kan vanuit hun achtergrond hier verder geen uitspraak over doen. Een medisch-microbioloog en viroloog moeten het beleid van de organisatie hierop beoordelen</p> <p>Indien warmtewielen tijdelijk buiten bedrijf worden gesteld moet er rekening mee worden gehouden dat dit invloed kan hebben op de luchtvochtigheid vanwege vochtterugwinning waardoor men mogelijk kan gaan afwijken van de reguliere luchtvochtigheden.</p>

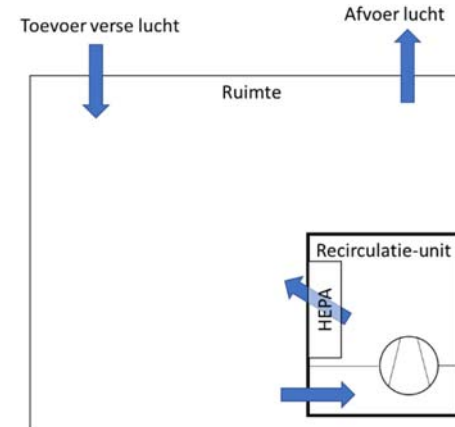
7	<p>Kan ik een gedeelte van het verzorgingshuis, revalidatiecentrum of standaard verpleegafdeling inzetten voor verdachte en bevestigde COVID-19 patiënten?</p>	<p>Veel van deze gebouwen zijn gebaseerd op: of 1) een systeem waarbij lucht uit de kamers/appartementen in de gang wordt overgestort en centraal in de gang wordt afgevoerd of 2) een systeem waarbij verse lucht op de gang wordt toegevoerd en vervolgens naar de kamers/appartementen stroomt en daar wordt afgevoerd (vooral de oudere systemen). In basis zijn geen van beide systemen geschikt om in één en dezelfde gang/bouwdeel een afdoende aerogene scheiding tussen verdachte en bevestigde COVID-19 patiënten en niet verdachte of bevestigde corona patiënten (inclusief personeel) te realiseren.</p> <p>Tevens kan lucht als gevolg van winddruk op het gebouw en doordat het vaak één centrale installatie betreft vanaf een gang van een vleugel/bouwdeel zich relatief eenvoudig door het gehele gebouw verplaatsen, zie hiervoor ook vraag 2, 3 en 5.</p> <p>Het gemengd huisvesten van verdachte en bevestigde COVID-19 patiënten met patiënten/cliënten die nog niet gecontamineerd zijn of personeel verhoogt in deze gebouwen de kans op contaminatie van nog niet besmette mensen.</p> <p>Naar mening van het expertpanel heeft het vanuit het “<i>better safe than sorry</i>” principe dan ook de sterke voorkeur om geen gemengde huisvesting toe te passen buiten een ziekenhuisomgeving. Indien gemengde huisvesting onvermijdelijk is adviseert het expertpanel om met de volgende zaken specifiek rekening te houden:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Controleer of het systeem nog wel werkt zoals oorspronkelijk ontworpen. In de praktijk kunnen stromingsrichting en luchthoeveelheden sterk afwijken. Het toetsen van de stromingsrichting (over-/onderdruk) kan eenvoudig door bij een gesloten deur met een rookbuisje of desnoods met een e-sigaret te kijken waar de rook - en dus de lucht - heen stroomt.
---	--	--

		<ul style="list-style-type: none"> • Voorkom dat de lucht vanuit een gebied met een verdachte of bevestigde COVID-19 patiënt door het gebouw stroomt: <ul style="list-style-type: none"> 0 Houd alle deuren in het gebouw gesloten om verspreiding van lucht door het gebouw zoveel mogelijk te voorkomen. 0 Houd ramen en balkondeuren gesloten onder voorwaarde dat er voldoende toevoer van buitenlucht gerealiseerd wordt met de overige voorzieningen (zoals aangegeven in het bouwbesluit). Als er onvoldoende verse buitenlucht wordt toegevoerd wordt geadviseerd om de ramen en balkondeuren wel zo veel mogelijk te openen. Met het gesloten houden van ramen en balkondeuren wordt zoveel mogelijk voorkomen dat door wind(vlagen) er een luchtstroom door het gebouw trekt. Als binnen en tussen deuren gesloten blijven en hiermee trek door het gebouw kan worden voorkomen, dan zouden buitendeuren en ramen geopend kunnen worden om zo de ruimte zelf te ventileren. Dit is vooral van toepassing in situaties waarbij natuurlijke ventilatie plaats vindt c.a. er bij het ontwerp vanuit is gegaan dat ramen geopend moeten worden om daadwerkelijk voldoende te kunnen ventileren. Dit zal bij elke situatie en weersomstandigheden moeten worden bekeken. 0 Als er gebruik wordt gemaakt van dauerluftung of andere gevelroosters voor verse luchttoevoer dan zullen deze wel volledig open moeten blijven. Hierbij zijn twee situaties te onderscheiden: 1) waarbij de lucht uit de ruimte mechanisch wordt afgevoerd en 2) een systeem met volledig natuurlijke ventilatie. Bij de eerste variant met mechanische afvoer in de ruimte is de hoeveelheid vaak beperkt en kan door winddruk nog een ongewenste luchtstroming ontstaan. Dat geldt ook voor systemen met volledige natuurlijke ventilatie. Gebruik deze kamers met dauerluftung bij voorkeur niet voor coronapatiënten. 0 Let op gangen, trappenhuisen, vides en andere open verbindingen in het gebouw. Plaats zonnodig extra wanden/schotten rondom trappenhuisen/vides om luchtstromen tussen de afdeling en verdiepingen zoveel mogelijk te beperken. Werk deze wanden zo goed mogelijk luchtdicht af en zet de wand van vloer tot aan bouwkundige plafond (het beton) af en niet alleen tot aan het verlaagd plafond. 0 Onderzoek of de centrale hal/lifthal/trappen in de toegang naar de betreffende afdeling op overdruk gezet kan worden om daarmee te beperken dat luchtstromen vanuit de afdeling naar de rest van het gebouw stromen. 0 Overwogen kan worden om een sluis te plaatsen voor de toegang naar de afdeling als er een kans is op luchtstromen vanuit de afdeling naar de rest van het gebouw. 0 Beperk het gebruik van liften zoveel mogelijk (alleen het echt nodig is). Liften werken als zuigers en kunnen veel lucht verplaatsen tussen de verdiepingen.
--	--	--

		<p>0 Werk luchtschachten, elektrakasten, rioleringspijpen en andere doorvoering zowel horizontaal als verticaal zo goed als mogelijk luchtdicht af.</p>
8	Zijn er risico's te identificeren voor het personeel bij het helpen met douchen/toilet van een verdachte of bewezen COVID-19 patiënt?	<p>In de literatuur zijn aanwijzingen dat een virus zich aerogeen kan verspreiden en dat het SARS-Cov-2 virus enkele uren infectieus in de lucht kan blijven.^{13-15,20} Ook zijn er aanwijzingen dat het SARS-CoV-2 virus mogelijk ook kan worden overgedragen via fecale-orale overdracht.^{22,23} Aerosolen met het SARS-COV-2 virus zouden bij het spoelen van een toilet dus ook in de badruimte kunnen komen. Door het douchen zouden druppels die worden uitgehoest eenvoudiger achter de beschermende bril van het personeel kunnen komen. Het expert panel adviseert dat het verzorgende personeel tijdens het douchen een goed afsluitende bril draagt zodat wordt voorkomen dat gecontamineerde druppels in de ogen kunnen komen. Ook kan overwogen worden om douchen te beperken/uit te stellen. Let hierbij wel op dat bij langdurig stilstand van warmwater er legionella in de leidingen kan ontstaan (afhankelijk van de opzet van het leidingnet).</p> <p>In de literatuur zijn aanwijzingen dat het virus ook aanwezig is in ontlasting en urine, Echter de hoeveelheden infectieus virus zijn zeer beperkt en besmettingskans via (doortrekken) van toilet is gering en niet bewezen. Het is daarom niet proportioneel om extra maatregelen te treffen voor toiletten zoals het sluiten van de deksel bij doorspoelen of het (alsnog) aanbrengen van een deksel specifiek vanuit verspreiding van SARS-CoV-2. Net als alle andere ruimte zullen de toiletten voldoende geventileerd moeten worden, maar er is geen aanleiding om toiletten extra of verhoogd te ventileren. Indien personeel corona patiënten helpt bij het toilet zal het personeel bovendien PBM dragen.</p>
9	Welke mogelijkheden zijn er om de concentratie aerosolen in een ruimte te reduceren?	<p>Het SARS-CoV-2 virus kan in aerosolen enkele uren in een ruimte overleven.²⁰ Buiten het vermijden van luchtuitwisseling tussen verschillende ruimten om overdracht van het virus te voorkomen, is het reduceren van de concentratie aerosolen in de ruimte van belang voor de veiligheid van zorgpersoneel.</p> <p>Literatuur laat zien dat UV straling (far- UVC) de aerogene verspreiding van micro-organismen kan reduceren en als desinfectie-systeem o.a. bacteriën en virussen kan inactiveren en de overlevingsgraad omlaag brengt.³⁵⁻³⁹</p>

		<p>Tot de andere mogelijkheden behoren ionisatie van lucht en ozon luchtzuivering. Literatuur beschrijft onder andere de effectiviteit van ionisatie op het inactiveren en het voorkomen van overdracht via lucht van calicivirus, rotavirus en het influenza virus.⁴⁰ Ozon is als luchtzuivering effectief tegen o.a. (influenza)virussen en bacteriën. Ozonmoleculen tasten de eiwitmantel van virussen aan waardoor het virus inactief wordt gemaakt.⁴¹</p> <p>De studies met betrekking tot luchtzuivering middels ionisatie en ozon zijn veelal gedaan in een gecontroleerde (laboratorium) omgeving en de systemen zijn nog niet in voldoende mate getest onder praktijkomstandigheden of voor het SARS-CoV-2 virus waardoor de effectiviteit van deze systemen onbekend is.</p> <p>Bij deze vorm van luchtzuivering ontstaan restproducten die een risico kunnen vormen voor de gezondheid.⁴²⁻⁴⁴ Een overmaat aan ozon in een ruimte kan leiden tot (gezondheids)klachten zoals hoesten, keel- en hoofdpijn, wat vanuit het ziektebeeld van COVID-19 patiënten niet gewenst is. Een goed regelsysteem is essentieel om een overmaat aan ozon te voorkomen waardoor toepassing van deze systemen geen belemmering hoeft te zijn voor het gebruik daarvan.</p> <p>Om de concentratie aerosolen in een ruimte te reduceren en daarmee micro-organismen en virussen af te vangen is naar verwachting van het expertpanel over een HEPA filter recirculerend systeem ten minste net zo effectief als de hiervoor beschreven principes.^{45,46}</p> <p>Bij de beschreven methoden is het belangrijke dat een goede recirculatie over unit(s) plaatsvindt. Voldoende doorspoeling van de ruimte over de units moet worden gewaarborgd. Deze luchtreinigers o.a UV-C, Ionisatie en HEPA-filters kunnen ook toegepast worden als recirculatie binnen het bestaande kanalsysteem. Dit vraagt echter wel de nodige aanpassingen. Ook mogen deze systemen niet worden gezien als een bescherming tegen directe overdracht van aerosolen van patiënt naar zorgpersoneel o.a. door hoesten, niezen etc., persoonlijke beschermingsmaatregelen blijven hiervoor noodzakelijk.</p>
--	--	--

10	Levert het via een rooster overstorten van lucht uit de operatiekamer naar de OK-gang een risico op bij een ingreep bij een COVID-19 patiënt voor personeel dat onbeschermd op de OK-gang of wasruimte aanwezig is?	<p>Dit betreft een andere situatie dan beschreven bij vraag 4. Het risico voor het personeel op de OK-gang kan vergaand gereduceerd worden door het plaatsen van een HEPA filter in de overstort. Dit kan een HEPA filter in het rooster zijn maar ook een separate HEPA filterbox in het kanaal.</p> <p>Let op dat de weerstand niet te veel toeneemt omdat dit de drukken en overstroming kan beïnvloeden. Neem daarom een filter met een groot oppervlak met relatief weinig weerstand, bijvoorbeeld > 3 maal het oppervlak van het kanaal of de doorgang.</p>
11	Moet er een HEPA filter in het lucht afvoerkanaal uit een ruimte waar COVID-19 patiënten liggen worden geïnstalleerd?	<p>Naar mening van het expertpanel is het niet noodzakelijk en zelfs ongewenst om in het luchtafvoerkanaal dat de lucht naar buiten toe afvoert een HEPA filter te plaatsen. Een HEPA filter kan dan als enig doel hebben het personeel dat onderhoud moet plegen aan het systeem te beschermen. Zoals ook aangegeven in het antwoord van vraag 1 blijft het SARS-CoV-2 virus maximaal 2 dagen infectieus op een oppervlak.²⁰ Als onverhoopt onderhoud moet worden uitgevoerd c.q. reparaties moeten worden uitgevoerd is het naar mening van het expertpanel beter en effectiever om het personeel dan te voorzien van persoonlijke beschermingsmiddelen. Een HEPA filter heeft in deze situatie zonder enige mate van voorfiltratie ook onderhoud nodig (moet frequent worden vervangen) hetgeen ook een risico voor het personeel op kan leveren. Daarnaast zijn hiervoor vaak aanpassingen in het systeem noodzakelijk.</p>
12	Kan in een ruimte met lage luchtcirculatie ook geïntubeerd en geëxtubeerd worden?	<p>Een lage luchtcirculatie van bijvoorbeeld 6-voudig betekent een hersteltijd voor een 100-voudige reductie van de concentratie van ten minste 45 minuten. Na intuberen of extuberen ontstaat voor personeel dat deze ruimte zonder afdoende beschermende maatregelen betreedt een risicovolle situatie.^{16,47-50} Omdat deze lucht veelal ook op de gang komt kan daar ook een risico ontstaan. De circulatievoud van de betreffende ruimte kan relatief eenvoudig fors worden verhoogd door het toepassen van een systeem dat de lucht uit de ruimte recirculeert over een HEPA filter. Dergelijk units kunnen eenvoudig worden gemaakt door een technische dienst of compleet worden aangeschaft.</p>



Door het toepassen van een dergelijke unit kan de 100-voudige hersteltijd fors worden gereduceerd. Er dient wel voor gezorgd te worden dat de gehele ruimte goed wordt doorspoeld met de HEPA gefilterde luchtstroom.

De 100-voudige hersteltijd voor een ideaal mengend systeem kan worden berekend met de volgende formule:

$$t [\text{min}] = \frac{276,3}{vv [h^{-1}]}$$

Waarin:

t = hersteltijd voor een 100-voudige reductie

vv = circulatievoud, aantal luchtwisselingen in de ruimte per uur bepaald volgens: de circulerende luchthoeveelheid in m^3/h gedeeld door het volume van de ruimte in m^3 .

Het luchtdebiet van de unit kan berekend worden met de volgende formule:

$$\text{Luchtdebiet} [m^3/h] = \frac{276,3}{t [\text{min}]} \cdot V [m^3]$$

Waarin:

V = ruimtevolumen in m^3 .

		<p>Voorbeeld: Bij een ruimte van 5x 4 x 2,70 moet de 100-voudige hersteltijd 10 minuten zijn: De recirculatie-unit moet dan minimaal een debiet hebben van: $276,3/10 * (5 \times 4 \times 2,70) = \text{ca. } 1.500 \text{ m}^3/\text{h}$ Let op: dit geldt bij een ideale volledige mengende recirculatie, in de praktijk zal dit altijd minder zijn.</p>
13	<p>Moeten er bij onderhoud aan een vacuümsysteem dat ook gebruikt wordt bij COVID-19 patiënten extra maatregelen worden getroffen?</p>	<p>Het expertpanel adviseert om het personeel dat werkzaamheden uitvoert aan een vacuüm systeem o.a. het vervangen van filters waarbij mogelijk SARS-CoV-2 virusdeeltjes vrij kunnen komen gebruik te laten maken van adequate persoonlijke beschermingsmiddelen (PBM). De verwijderde materialen zoals verwijderde filters moeten direct in een goed sluitende omhulling worden geplaatst zoals dat ook met ander bij COVID-19 gebruikt materiaal o.a. PBMs plaatsvindt.</p> <p>Bij de patiënt waarbij vacuüm wordt gebruikt voor het “uitzuigen” van mond, neus en keel komt het patiënt-materiaal in de een bedset (opvangbus) terecht, maar aerosolen kunnen ook in het vacuüm systeem komen.</p> <p>Volgens de NEN-EN-ISO 7396-1 dient de afvoer van het vacuüm systeem rechtstreeks naar buiten te zijn (artikel 5.7.80).⁵¹ Ondanks deze norm is de ervaring dat de afvoer van het vacuüm systeem ook nog wel eens in de technische ruimte uitmondt. Dit verhoogt de kans op besmetting van het technische personeel.</p> <p>De luchtstroom uit de afvoer van een vacuüm systeem die buiten het gebouw uitmondt is beperkt en bij voldoende afstand tot het uitblaaspunt en afhankelijk van de windrichting, hoogte van de afvoer etc. ziet het expertpanel dat niet als een verhoogd risico voor het personeel. In de nabijheid van dit afvoerpunt adviseert het expertpanel om gebruik te maken van PBMs. Het expertpanel kan geen onderbouwde uitspraak doen over wat onder voldoende afstand wordt gezien. Dit is van vele factoren afhankelijk.</p> <p>Niet alleen de afvoer van het vacuüm systeem is hierbij een potentieel risico maar ook de beluchting van het rioolstelsel. Over het algemeen zijn deze punten voldoende ver verwijderd van een raam/aanzuigpunt.</p>

Handreiking voor de zorgsector

Met deze handreiking heeft het Corona Expertpanel aan aantal achtergronden en adviezen hoe kan worden omgegaan met de ventilatie in gebouwen in relatie tot besmettingsrisico en verspreiding van het corona-virus binnen gebouwen. Hierbij wordt opgemerkt dat deze algemene adviezen moeten worden beschouwd vanuit en vertaald naar een specifieke situatie. Het Expertpanel heeft hiervoor gekozen omdat er nog steeds veel vragen zijn over hoe om te gaan met ventilatie in zorggebouwen.

De handreiking heeft met name betrekking op algemene omgeving/openbare gebieden in zorginstellingen waar door middel van goede triage de kans op aanwezigheid van besmette of verdachte personen minimaal is.

Op specifieke afdelingen waar corona (verdachte) patiënten of cliënten aanwezig zijn zullen maatregelen getroffen moeten worden zoals bijvoorbeeld persoonlijke beschermingsmiddelen, extra ventilatie of extra luchtreiniging, voorkomen van recirculatie met ruimte waar geen geïnfecteerde personen aanwezig zijn. Dit geldt zeker als er sprake is van handelingen met verhoogde productie van aerosolen (intubatie/extubatie, inspanningstesten, kaakchirurgie, KNO-onderzoeken etc.). Ook in ruimte waar de anderhalve meter afstand niet aangehouden kan worden vanwege de aard van behandeling of verzorging zullen aanvullende maatregelen overwogen moeten worden.

De afgelopen tijd is er veel discussie ontstaan over verspreiding van het corona-virus (SARS-CoV-2 of COVID-19) via aerosolen (kleine deeltjes die lang in de lucht blijven zweven) en de rol van ventilatie hierin. Ook zijn in de media diverse berichten verschenen dat met goede ventilatie in gebouwen geen andere maatregelen meer noodzakelijk zouden zijn en dat met een maximale ventilatie een gebouw zelfs helemaal corona-proof gemaakt kan worden. De berichtgeving heeft geleid tot onduidelijkheid hoe hierin te handelen en of aanpassingen aan de ventilatiesystemen in gebouwen noodzakelijk zijn.

Het Corona Expertpanel adviseert de gezondheidszorg om alleen maatregelen te treffen waarbij de inspanningen voor het nemen daarvan in verhouding staan tot het reduceren van de kans op besmetting. Ventilatie is zeker niet de heilige graal om de kans op besmettingen vergaand te reduceren of zelfs helemaal weg te nemen. Naar inzicht van het Corona Expertpanel draagt een goede ventilatie bij aan het reduceren van de kans op besmetting, maar zal het risico op besmetting niet tot nul kunnen reduceren. Het Expertpanel doet dit advies op basis van richtlijnen, recente inzichten van de wetenschappelijke literatuur en eigen onderzoek.⁵²⁻⁵⁴

Besmetting via de lucht

Uit diverse onderzoeken is inmiddels gebleken dat de virusdeeltjes zich via aerosolen kunnen verplaatsen en dat op grotere afstand van de bron (ca. 2 meter) deze virusdeeltjes nog infectieus kunnen zijn en daarmee mogelijk een besmetting kunnen geven.¹² De vraag is nu in welke mate deze route daadwerkelijk bijdraagt bij het ontstaan van een besmetting en welke rol het ventilatiesysteem hierin heeft.^{2,6,18,19,9-11,13-17} Deze vraag is op basis van de huidige stand van onderzoek nog niet eenduidig te beantwoorden.

De concentratie virusdeeltjes zal ongeacht de deeltjesgrootte dicht bij de bron het hoogst zijn, zeker in de uitadem wolk.⁵⁵ Er is in de wetenschappelijke literatuur echter geen eenduidig conclusie te trekken betreffende de deeltjesgrootte die vrijkomen bij verschillende activiteiten zoals ademen, praten, zingen, niesen en hoesten, dit betreft zowel kleine ($< 5 \mu\text{m}$) als grotere deeltjes ($> 100 \mu\text{m}$). Wel lijkt het zo te zijn dat het aantal geëmitteerde deeltjes afhankelijk is van het geproduceerde geluidsniveau (volume).⁵³

Deeltjes van $40 \mu\text{m}$ en kleiner worden sterk beïnvloed door de vochtigheid in de ruimte. Bij lage relatieve vochtigheid (RV) zullen deze deeltjes snel in afmeting en gewicht afnemen waardoor deze veel verder door een luchtstroom kunnen worden meegevoerd. Het effect van de RV op grotere deeltjes is veel beperkter, voor deeltjes van $80 \mu\text{m}$ en groter lijkt dit effect te verwaarlozen.⁵⁴ Deeltjes van $100 \mu\text{m}$ en groter zullen onder invloed van de zwaartekracht al snel, binnen ca. 1,3 meter neerslaan. De kleinere deeltjes (aerosolen) blijven bij een lagere RV dus een langere tijd in de lucht zweven en zullen zich door luchtstromingen onafhankelijk van de RV waarde na verloop van tijd hoe dan ook over de ruimte verdelen. Door het toevoeren van schone buitenlucht (ventilatie) kan de concentratie aerosolen worden verdund waardoor de kans op besmetting via de in de lucht zwevende deeltjes wordt verlaagd. Het verlagen van de RV heeft zowel een positief (sneller verspreiden, verdunnen en afvoeren via ventilatie) als een negatief effect (deeltjes kunnen zich verder over de ruimte verspreiden). Het goed ventileren lijkt om de concentratie te reduceren een belangrijkere parameter te zijn dan de luchtvochtigheid. Het aanpassen van de RV lijkt daarmee geen effectieve maatregel (zie ook FAQ 6).

Kans op besmetting via de lucht niet eenduidig vast te stellen

Hoe groot de kans op besmetting via de lucht is, hangt van veel factoren af. Zo is bijvoorbeeld het aantal (besmette) personen in een ruimte, de bronsterkte, de grootte van de ruimte, de gevoeligheid van de ontvanger (leeftijd, conditie, aanleg) en de verblijfsduur in de ruimte van belang. Ook is het niet eenduidig welke kans op het besmet raken met het SARS-CoV-2 virus in een ruimte acceptabel wordt gevonden. Daarnaast zijn besmettingen via de lucht over grotere afstanden nog niet aangetoond. Er kan dus nog niet zondermeer worden aangegeven welke ventilatiehoeveelheid voldoende is.

Om die reden adviseert het Expertpanel om in ieder geval te borgen dat aan de ventilatie-eisen zoals gesteld in het bouwbesluit en de specifieke richtlijnen en professionele standaarden voor de zorg wordt voldaan en dat deze voorgeschreven ventilatiecapaciteit (de ventilatiehoeveelheid die door het systeem kan worden gerealiseerd) daadwerkelijk wordt gerealiseerd in de praktijksituatie. Op basis van berekeningen met het in de literatuur beschreven Wells-Riley model is de kans op een individuele besmetting via de lucht berekend.⁵³ Het Wells-Riley model beschouwt een aantal variabelen zoals de concentratie aan infectieuze deeltjes in de uitgeademde lucht en de hoeveelheid virusdeeltjes die nodig zijn om iemand te besmetten. Het blijkt dat bij ventilatievouden volgens bouwbesluit al sprake is van een forse vermindering van de kans op een individuele besmetting ten opzichte van geen ventilatie. Uit de berekeningen blijkt ook dat een verdubbeling van de ventilatiehoeveelheid de kans op een individuele besmetting minder dan de helft laat afnemen. Pas bij enorm grote en vanuit praktisch oogpunt onrealistisch hoge ventilatiehoeveelheden, een soort buitensituatie, wordt de kans op een individuele besmetting flink lager en nadert tot nul.

Er is geen lineair verband tussen de ventilatiehoeveelheid en de kans op een individuele besmetting. De kans nul zal met ventilatie dan ook niet worden bereikt, de term “corona proof”-ventilatie is dan ook niet realistisch! Ventilatie is dus zeker niet de heilige graal om besmetting te voorkomen.

Minimale kans door naleving maatregelen

Door triage vooraf is de kans op aanwezigheid van een corona besmet persoon in een ruimte al heel laag. Bij vermeende klachten blijft men thuis en zal men zich over het algemeen laten testen. Bevindt zich ondanks deze triage een hoestend en kuchend persoon in een ruimte, dan zal de omgeving deze individu hierop zeer waarschijnlijk aanspreken. Hierdoor zal de mogelijke verspreiding van het virus en de kans op besmetting via de lucht gering zijn. Personen die corona hebben, maar geen symptomen vertonen zijn uitzonderlijk, maar komen voor. Deze personen (asymptotisch) zullen echter minder hoesten en kuchen, waardoor de verspreiding van virus/aerosolen beperkt zal zijn. Het is juist dan van belang dat anderen niet direct via de lucht besmet raken. Om de kans hierop te minimaliseren zijn de richtlijnen om afstand te houden en het vermijden van een sterke luchtstroom van persoon naar persoon van toepassing.^{24,52}

Toepassen van recirculatie units

Het toepassen van recirculerende units binnen een ruimte zelf voor (aanvullende) koeling en/of verwarming is geen probleem, zolang er voldoende verse lucht aan de ruimte wordt toegevoerd (ventilatie). De verspreiding van virusdeeltje binnen de ruimte vindt hoe dan ook plaats, ook zonder deze recirculerende units. Alleen de tijd waarbinnen deze deeltjes zich door een ruimte verspreiden zal met een recirculatiesysteem mogelijk sneller gaan. Daartegen zal de lokale concentratie in de nabijheid van de bron door een dergelijk systeem sneller afnemen. De verse lucht zorgt hier voor verdunning en afvoeren. Wel moet ervoor worden gewaakt dat door een zeer krachtige luchtstroom de uitademwolk (pluim) veel verder komt dan normaal (de verlengde pluim). Via deze route zouden mogelijk andere personen die in de ruimte op meer dan anderhalve meter afstand staan kunnen worden besmet.

Recirculatie van lucht over meerdere ruimten in een gebouw is een systeem dat in Nederland nog zelden en vrijwel uitsluitend in oudere gebouwen wordt gebruikt. Als de verse lucht hoeveelheid voldoende is, dan hoeft dit geen probleem te zijn, omdat verdunning/afvoer van deeltjes voldoende is. In gebouwen met verhoogde aanwezigheid van besmette personen en/of risicogroep corona (cohorten) kan deze recirculatie beter uitgezet worden en uitsluitend in verse lucht worden voorzien om invulling te geven aan het voorkomen van vermijdbare “risico’s”.

Tref geen onnodige maatregel

Het Corona Expertpanel adviseert de gezondheidszorg om alleen maatregelen te treffen waarbij de inspanningen voor het nemen daarvan in verhouding staan tot het reduceren van de kans op besmetting. Dit om minder effectieve aanpassingen en kosten te voorkomen. Men moet zich wel realiseren dat de besmettingsroute via de lucht niet is bewezen maar dat deze niet kan worden uitgesloten. Onder normale omstandigheden is het voldoende afstand houden een heel belangrijke maatregel.²⁴ Basisventilatie, waarbij het niveau zoals gegeven in het bouwbesluit en de specifieke richtlijnen en professionele standaarden voor de zorg daadwerkelijk wordt gerealiseerd in de praktijksituatie, lijkt hierbij een voldoende maatregel. Ventilatie is zeker niet de heilige graal om de kans op besmettingen vergaand te reduceren of zelfs helemaal weg te nemen. Er blijft altijd een risico op besmetting, en dat is met ventilatie niet volledig tegen te gaan.

Mocht u verdere vragen hebben op het gebied van Corona en gebouwventilatie in de zorg, stel deze dan gerust aan ons Expertpanel!

Referenties

1. Chin A, Chu J, Perera M, et al. Stability of SARS-CoV-2 in different environmental conditions. *Lancet Infect Dis.* 2020;5247(20):2020.03.15.20036673. doi:10.1016/S2666-5247(20)30003-3
2. World Health Organisation (WHO)-B. Modes of transmission of virus causing COVID-19 : implications for IPC precaution recommendations. *Sci Br 29 march 2020.* 2020;(March):1-3. doi:10.1056/NEJMoa2001316.5.
3. Chen X, Liu Y, Gong Y, et al. Perioperative Management of Patients Infected with the Novel Coronavirus. *Anesthesiology.* 2020;(Xxx):1. doi:10.1097/ALN.0000000000003301
4. Cheng VCC, Wong SC, Chen JHK, et al. Escalating infection control response to the rapidly evolving epidemiology of the Coronavirus disease 2019 (COVID-19) due to SARS-CoV-2 in Hong Kong. *Infect Control Hosp Epidemiol.* 2020;2019:1-6. doi:10.1017/ice.2020.58
5. Shiu EYC, Leung NHL, Cowling BJ. Controversy around airborne versus droplet transmission of respiratory viruses: Implication for infection prevention. *Curr Opin Infect Dis.* 2019. doi:10.1097/QCO.0000000000000563
6. Fennelly KP. Particle sizes of infectious aerosols: implications for infection control. *Lancet Respir Med.* 2020;8(9):914-924. doi:10.1016/S2213-2600(20)30323-4
7. World Health Organisation (WHO). Report of the WHO-China Joint Mission on Coronavirus Disease 2019 (COVID-19). *Who.* 2020;2019(February):16-24.
8. Offord C. How COVID-19 Is Spread. *Feb 21, 2020.* 2020;(Cdc):1-5.
9. Kutter JS, Spronken MI, Fraaij PL, Fouchier RA, Herfst S. Transmission routes of respiratory viruses among humans. *Curr Opin Virol.* 2018;28:142-151. doi:10.1016/j.coviro.2018.01.001
10. Lindsley WG, Blachere FM, Thewlis RE, et al. Measurements of airborne influenza virus in aerosol particles from human coughs. *PLoS One.* 2010;5(11). doi:10.1371/journal.pone.0015100
11. Moriyama M, Hugentobler WJ, Iwasaki A. Seasonality of Respiratory Viral Infections. *Annu Rev Virol.* 2020:1-19. doi:10.1146/annurev-virology-012420-022445
12. Lednicky JA, Lauzardo M, Fan ZH, et al. Viable SARS-CoV-2 in the air of a hospital room with COVID-19 patients. 2020;(1):1-20.
13. Liu Y, Ning Z, Chen Y, et al. Aerodynamic Characteristics and RNA Concentration of SARS-CoV-2 Aerosol in Wuhan Hospitals during COVID-19 Outbreak. *bioRxiv.* 2020;86(21):2020.03.08.982637. doi:10.1101/2020.03.08.982637
14. Cowling BJ, Ip DKM, Fang VJ, et al. Aerosol transmission is an important mode of influenza A virus spread. 2013:1-12. doi:10.1038/ncomms2922.Aerosol
15. Tellier R. Review of aerosol transmission of influenza A virus. *Emerg Infect Dis.* 2006;12(11):1657-1662. doi:10.3201/eid1211.060426
16. Judson SD, Munster VJ. Nosocomial transmission of emerging viruses via aerosol-generating medical procedures. *Viruses.* 2019;11(10). doi:10.3390/v11100940
17. Tran K, Cimon K, Severn M, Pessoa-Silva CL, Conly J. Aerosol generating procedures and risk of transmission of acute respiratory infections to healthcare workers: A systematic review. *PLoS One.* 2012;7(4). doi:10.1371/journal.pone.0035797
18. Li Y, Huang X, Yu ITS, Wong TW, Qian H. Role of air distribution in SARS transmission during the largest nosocomial outbreak in Hong Kong. *Indoor Air.* 2005;15(2):83-95. doi:10.1111/j.1600-0668.2004.00317.x
19. Grosskopf K, Mousavi E. Bioaerosols in health-care environments. *ASHRAE J.* 2014;56(8):22-31.
20. Doremalen N van, Bushmaker T, Morris DH, Holbrook MG, Gamble A, Williamson BN. correspondence Aerosol and Surface Stability of SARS-CoV-2 as Compared with SARS-CoV-1. *new engl J Med.* 2020:1-3. doi:10.1056/NEJMc2004973
21. Kampf G, Todt D, Pfaender S, Steinmann E. Persistence of coronaviruses on inanimate surfaces and its inactivation with biocidal agents. *J Hosp Infect.* 2020;104(3):246-251. doi:10.1016/j.jhin.2020.01.022
22. Xiao F, Tang M, Zheng X, Liu Y, Li X, Shan H. Evidence for gastrointestinal infection of SARS-CoV-2. *Gastroenterology.* 2020. doi:10.1053/j.gastro.2020.02.055

23. Xu Y, Li X, Zhu B, et al. Characteristics of pediatric SARS-CoV-2 infection and potential evidence for persistent fecal viral shedding. *Nat Med*. 2020. doi:10.1038/s41591-020-0817-4
24. RIVM. COVID-19 Richtlijn. <https://lci.rivm.nl/richtlijnen/covid-19>.
25. Kastelein J. *TNO Rapport V94.175. Bepaling van de Microbiologische Vervuiling van Warmtewielen, Merk Rototherm Fabrikaat Kraftanlagen, in Twee Ziekenhuizen.*; 1994.
26. EN 16798-3:2017. Energy performance of buildings - Ventilation for buildings - Part 3: For non-residential buildings - Performance requirements for ventilation and room-conditioning systems (Modules M5-1, M5-4). 2017.
27. Roulet CA, Pibiri MC, Knutti R, Pfeiffer A, Weber A. Effect of chemical composition on VOC transfer through rotating heat exchangers. *Energy Build*. 2002;34(8):799-807. doi:10.1016/S0378-7788(02)00098-1
28. Schild PG, Peterson AJ. Air Information Review; New report on hygiene and energy performance of rotary heat exchangers. *Air Infiltration Vent Center*,. 2009;30(4).
29. Ruud SH. *SP RAPPORT 1993:03. Transfer of Pollutants in Rotary Air-to-Air Heat Exchangers – A Literature Study /.*; 1993.
30. Fehr AR, Perlman S. Coronaviruses: Methods and protocols. *HHS Public Access*. 2015:1-25. doi:10.1007/978-1-4939-2438-7
31. Luo W, Majumder MS, Liu D, et al. The role of absolute humidity on transmission rates of the COVID-19 outbreak. *medRxiv*. 2020:2020.02.12.20022467. doi:10.1101/2020.02.12.20022467
32. Yang W, Elankumaran S, Marr LC. Relationship between Humidity and Influenza A Viability in Droplets and Implications for Influenza's Seasonality. *PLoS One*. 2012;7(10):1-8. doi:10.1371/journal.pone.0046789
33. Kudo E, Song E, Yockey LJ, et al. Low ambient humidity impairs barrier function and innate resistance against influenza infection. *Proc Natl Acad Sci U S A*. 2019;166(22):10905-10910. doi:10.1073/pnas.1902840116
34. Casanova LM, Jeon S, Rutala WA, Weber DJ, Sobsey MD. Effects of air temperature and relative humidity on coronavirus survival on surfaces. *Appl Environ Microbiol*. 2010;76(9):2712-2717. doi:10.1128/AEM.02291-09
35. Welch D, Buonanno M, Grilj V, et al. Far-UVC light: A new tool to control the spread of airborne-mediated microbial diseases. *Sci Rep*. 2018;8(1):1-7. doi:10.1038/s41598-018-21058-w
36. Dietz L, Horve PF, Coil D, Fretz M, Eisen J, Wymelenberg K Van Den. Novel Coronavirus (COVID-19) Outbreak: A Review of the Current Literature and Built Environment (BE) Considerations to Reduce Transmission. *Preprints*. 2020;(March):1-29. doi:10.20944/preprints202003.0197.v2
37. Kurnitski J, Boerstra A, Franchimon F, et al. REHVA COVID-19 guidance document. 2020.
38. Weinstein RA, Bonten MJM. Laminar airflow and surgical site infections: the evidence is blowing in the wind. *Lancet Infect Dis*. 2017;17(5):472-473. doi:10.1016/S1473-3099(17)30060-9
39. Miller SL, Linnes J, Luongo J. Ultraviolet germicidal irradiation: Future directions for air disinfection and building applications. *Photochem Photobiol*. 2013;89(4):777-781. doi:10.1111/php.12080
40. Hagbom M, Nordgren J, Nybom R, Hedlund KO, Wigzell H, Svensson L. Ionizing air affects influenza virus infectivity and prevents airborne-transmission. *Sci Rep*. 2015;5:1-10. doi:10.1038/srep11431
41. Hudson JB, Sharma M, Vimalanathan S. Development of a Practical Method for Using Ozone Gas as a Virus Decontaminating Agent. *Ozone Sci Eng*. 2009;13(3):216-223. doi:10.1080/01919510902747969
42. Laumbach RJ. Outdoor air pollutants and patient health. *NIH Public Access*. 2010;81(2):175-180.

43. Jerrett M, Burnett RT, Arden Pope C, et al. Long-term ozone exposure and mortality. *N Engl J Med*. 2009;360(11):1085-1095. doi:10.1056/NEJMoa0803894
44. Weschler CJ. Ozone's impact on public health: Contributions from indoor exposures to ozone and products of ozone-initiated chemistry. *Environ Health Perspect*. 2006;114(10):1489-1496. doi:10.1289/ehp.9256
45. Schoen BLJ, Life F, Ashrae M. COVID-19 PANDEMIC Guidance for Building Operations During the COVID-19 Pandemic. *ASHRAE J*. 2020.
46. Ashrae. COVID 19 GUIDANCE. *ASHRAE J*. 2020.
47. Wax RS, Christian MD. Practical recommendations for critical care and anesthesiology teams caring for novel coronavirus (2019-nCoV) patients. *Can J Anesth*. 2020. doi:10.1007/s12630-020-01591-x
48. Loudon RG, Roberts RM. Droplet Expulsion from the Respiratory TRACT. *Am Rev Respir Dis*. 1969;95(3):435-442.
49. Pyankov O V., Bodnev SA, Pyankova OG, Agranovski IE. Survival of aerosolized coronavirus in the ambient air. *J Aerosol Sci*. 2018;115(September 2017):158-163. doi:10.1016/j.jaerosci.2017.09.009
50. Brewster DJ, Chrimes NC, Do TBT, et al. Consensus statement: Safe Airway Society principles of airway management and tracheal intubation specific to the COVID-19 adult patient group. *Med J Aust*. 2020;(April). 7396-1:2016 I. ISO 7396-1:2016. Medical gases and vacuum. 2016.
51. RIVM. Bijlage bij LCI-richtlijn COVID-19 | versie 21 augustus 2020. <https://lci.rivm.nl/ventilatie-en-covid-19>.
53. Jacobs P, Borsboom W. *2020 R11031 Ventilatie in Gebouwen En de Invloed Op de Verspreiding van COVID-19*. Delft, The Netherlands; 2020.
54. Kompatscher K, Traversari R. *TNO 2020 R11208 Rev. 1. Literatuurstudie Naar de Afstand Die Deeltjes (>5 Mm) Afleggen Bij Verschillende Respiratoire Activiteiten*. Delft, The Netherlands; 2020.
55. Jones NR, Qureshi ZU, Temple RJ, Larwood JPJ, Greenhalgh T. Two metres or one : what is the evidence for physical distancing in past viruses , argue Nicholas R Jones and colleagues. 2020:1-6. doi:10.1136/bmj.m3223

Disclaimer

De verstrekte informatie (de "Informatie") per e-mail, telefoon of skype of anderszins verstrekt, wordt u aangeboden naar aanleiding van uw eerste acute vraagstelling en is in zeer korte tijd, maar met de grootst mogelijke zorg, samengesteld op basis van de door u mondeling of schriftelijk aangeleverde gegevens. Het is mogelijk dat, mede hierdoor, het advies niet volledig, juist of up-to-date is.

Indien u gebruik maakt van de Informatie, verklaart u daarmee het onderstaande te aanvaarden:

TNO, TUe, VCCN en HaskoningDHV Nederland B.V. zijn niet aansprakelijk voor enige schade in verband met het gebruik van de Informatie. Ieder gebruik anders dan voor uw vraagstelling of door derden is zonder onze voorafgaande schriftelijke toestemming niet toegestaan.