



**Hoge  
Gezondheidsraad**

**AANBEVELINGEN BETREFFENDE DE VENTILATIE  
VAN GEBOUWEN MET UITZONDERING VAN  
ZIEKENHUIZEN EN VERZORGINGSINSTELLINGEN  
OM DE OVERDRACHT VAN SARS-COV-2  
VIA DE LUCHT TE BEPERKEN**

**FEBRUARI 2021  
HGR NR 9616**



**.be**

## COPYRIGHT

Federale Overheidsdienst Volksgezondheid, Veiligheid van de Voedselketen en Leefmilieu

### **Hoge Gezondheidsraad**

Victor Hortaplein 40 bus 10  
B-1060 Brussel

Tel: 02/524 97 97

E-mail: [info.hgr-css@health.belgium.be](mailto:info.hgr-css@health.belgium.be)

Auteursrechten voorbehouden.

U kunt als volgt verwijzen naar deze publicatie:

Hoge Gezondheidsraad. Aanbevelingen betreffende de ventilatie van gebouwen met uitzondering van ziekenhuizen en verzorgingsinstellingen om de overdracht van SARS-CoV-2 via de lucht te beperken. Brussel: HGR; 2021. Advies nr. 9616.

De integrale versie van dit advies kan gedownload worden van de website: [www.hgr-css.be](http://www.hgr-css.be)

Deze publicatie mag niet worden verkocht.



## ADVIES VAN DE HOGE GEZONDHEIDSRAAD nr. 9616

### **Aanbevelingen betreffende de ventilatie van gebouwen, met uitzondering van ziekenhuizen en verzorgingsinstellingen, om de overdracht van SARS-CoV-2 via de lucht te beperken**

*In this scientific advisory report, which offers guidance to public health policy makers, building managers, HVAC technicians and the general public, the Superior Health Council of Belgium focusses on settings other than hospitals and care facilities and provides an expert opinion on the use of ventilation, air conditioning and air filtration systems to reduce the risk of aerosol transmission of SARS-COV-2.*

Versie gevalideerd op het College van  
woensdag 3 februari 2021<sup>1</sup>

*Opmerking: Dit advies werd door een extern vertaalbureau vertaald.  
De Franse tekst van het advies is het brondocument.*

## **I INLEIDING EN VRAAGSTELLING**

Op 29 april 2020 werd de Hoge Gezondheidsraad (HGR) om advies gevraagd door Philippe De Backer, minister van Digitale Agenda, Telecommunicatie en Post, belast met Administratieve Vereenvoudiging, Bestrijding van de sociale fraude, Privacy en Noordzee. Deze adviesaanvraag had betrekking op een dringende vraag omtrent de verspreiding van het SARS-CoV-2-virus via verwarmings-, ventilatie- en airconditioningsinstallaties (HVAC) in gebouwen die geen ziekenhuizen zijn. De HGR heeft toen een advies uitgebracht (advies 9599 van de HGR), waarvan de definitieve versie op 3 juni 2020 door het College werd gevalideerd.

Op 16 november 2020 vroeg coronacommissaris Pedro Facon aan de HGR om na te gaan of er sinds dit advies werd verleend, nieuwe inzichten werden verkregen in verband met SARS-CoV-2, de rol van ventilatie en verluchting en de mogelijk te nemen maatregelen in gebouwen en in andere omgevingen dan ziekenhuizen en verzorgingsinstellingen.

De kwestie van de ventilatie van gebouwen is namelijk bijzonder relevant in de winter, wanneer er minder activiteiten buitenshuis zijn, terwijl de gebouwen meestal veel minder worden verlucht. In tegenstelling tot wat het geval was toen de HGR zijn vorige advies over dit onderwerp uitbracht, wordt de verspreiding van de ziekte via aerosolen niet langer betwist, ook al bestaat er nog geen duidelijkheid over het relatieve belang ervan in vergelijking met andere wijzen van overdracht.

Daarbij komt nog een zeer zorgwekkende ontwikkeling in de gezondheids crisis, namelijk het ontstaan van zeer besmettelijke varianten (bv. Britse, Zuid-Afrikaanse, Braziliaanse varianten). In dit verband is deze herziening van bijzonder belang.

<sup>1</sup> De Raad behoudt zich het recht voor om in dit document op elk moment kleine typografische verbeteringen aan te brengen. Verbeteringen die de betekenis wijzigen, worden echter automatisch in een erratum opgenomen. In dergelijk geval wordt een nieuwe versie van het advies uitgebracht.

In plaats van het vorige advies (waarin alleen specifieke vragen uit de vastgoedsector werden beantwoord) te herzien, heeft de HGR beslist om een volledig nieuw advies op te stellen, met een andere structuur en waarin aanbevelingen worden gedaan voor alle sectoren, behalve ziekenhuizen en verzorgingsinstellingen.

In het eerste hoofdstuk worden de verschillende wijzen van overdracht van SARS-CoV-2 opnieuw overlopen (inhalatie en afzetting van druppels op de slijmvliezen, overdracht via de lucht en inhalatie van aerosolen, indirect contact van de slijmvliezen met besmette oppervlakken). De stand van de kennis over aerosolen, hun belang en de belangrijkste criteria die het besmettingsrisico vergroten, worden geanalyseerd.

In het tweede hoofdstuk worden de klassieke basisregels uiteengezet en wordt de strategie voorgesteld die erin bestaat aan de hand van verluchting en ventilatie de potentiële concentratie van besmettelijke deeltjes in de lucht te verminderen.

In het derde hoofdstuk worden de algemene beginselen van ventilatie, de invloed daarvan op de luchtkwaliteit en dus ook op de concentratie van besmettelijke deeltjes in de lucht indien één of meer besmette personen in afgesloten ruimten aanwezig zijn, overlopen. In het advies wordt ingegaan op de kwestie van het CO<sub>2</sub>-gehalte als indirecte indicator voor de luchtkwaliteit binnenshuis. Er wordt nagegaan in hoeverre het nuttig is om dit gehalte vast te stellen om corrigerende maatregelen te kunnen nemen, wanneer het boven de aanbevolen drempelwaarde stijgt, en aldus het risico van virusoverdracht via aerosolen te beperken. Dit hoofdstuk bevat ook zeer concrete aanbevelingen voor het beheer van de ventilatie in gebouwen.

De volgende twee hoofdstukken zijn gewijd aan de rol en de verschillende mogelijkheden op het vlak van luchtfiltratie als aanvulling op ventilatie, en aan de andere luchtzuiveringssystemen.

Vervolgens wordt in een kort hoofdstuk even stilgestaan bij enkele andere luchtverplaatsingssystemen (zoals individuele ventilatoren) en het risico van virusoverdracht dat ermee gepaard gaat, terwijl in het laatste hoofdstuk van het advies kort wordt ingegaan op het onderscheid tussen residentiële en niet-residentiële gebouwen, alsook op het bijzondere geval van het vervoer.

## INHOUDSTAFEL

I	INLEIDING EN VRAAGSTELLING.....	1
II	CONCLUSIE en AANBEVELINGEN .....	6
1	Aerosolen: productie, verspreiding, belang.....	6
2	Maatregelen Behoeftte aan ventilatie .....	6
3	Hoe ventileren .....	7
4	Filters voor desinfectie van de lucht.....	8
5	Diverse andere systemen voor desinfectie van de lucht .....	9
6	Andere luchtverplaatsingssystemen .....	9
7	Vervoer.....	10
III	METHODOLOGIE.....	11
IV	UITWERKING EN ARGUMENTATIE .....	11
1	Overdracht van het virus .....	11
1.1	Overdracht via de lucht (aerosolen).....	11
1.2	<i>Superspreading events</i> .....	12
1.3	Belang van aerosolen in SARS-CoV-2 transmissie .....	14
1.3.1	Hoe groot zijn uitgeademde druppels? .....	14
1.3.2	Wat is het verschil tussen aerosolen en druppels? .....	14
1.3.3	Over welke afstand worden uitgestoten druppels gedragen? .....	15
1.3.4	Hoe wordt virus via druppels en aerosolen overgedragen? .....	16
1.3.5	Duur van de besmettelijkheid van het virus in de aerosol .....	17
1.3.6	Wat zeggen aerosolexperten over aerosoltransmissie?.....	17
1.3.7	Conclusie .....	18
1.4	Andere factoren: temperatuur en relatieve luchtvochtigheid .....	19
1.5	Conclusies.....	20
2	Besmettingsrisico's beperken .....	21
2.1	Klassieke basisregels .....	21
2.2	De concentratie van virussen in de lucht verdunnen: verluchten/ventileren .....	22
3	Ventilatie .....	23
3.1	Inleiding – algemene ventilatieprincipes .....	23
3.2	Impact van ventilatie.....	24
3.2.1	Modellen .....	24
3.2.2	Dynamica van de luchtmassa.....	25
3.2.3	Luchtkwaliteit.....	26
3.2.4	Regelgeving .....	28
3.2.5	Debieten en luchtverversingen uitgevoerd in de praktijk.....	29
3.2.6	Controle van de luchtkwaliteit: Indicatoren voor het CO <sub>2</sub> -peil.....	31
3.3	Specifieke aanbevelingen voor ventilatie, verwarming en airconditioning .....	34

3.4	Een specifiek geval: sanitaire voorzieningen .....	38
4	Filters en andere aanvullende voorzieningen voor luchtreiniging .....	39
4.1	Filteren .....	40
4.1.1	Centrale filtratie op het recirculatiesysteem .....	42
4.1.2	Plaatselijk filteren .....	43
4.1.3	Onderhoud van de filters .....	44
4.2	Ontsmettingssystemen ter aanvulling van de filtratie .....	44
4.2.1	uv C-stralen als ontsmettingsmiddel .....	45
4.2.2	Ozon als desinfectans .....	49
4.2.3	Andere ontsmettingssystemen .....	50
4.2.4	Luchtzuiveringssystemen voor particulieren .....	51
4.3	Conclusie .....	51
5	Andere luchtverplaatsingssystemen .....	51
5.1	Individuele ventilatoren .....	51
5.2	Heteluchtblazers of luchtverwarmers .....	52
5.3	<i>Jethanddroger</i> .....	53
5.4	Haardrogers .....	54
6	Soorten gebouwen / ruimtes .....	54
V	REFERENTIES .....	58
VI	SAMENSTELLING VAN DE WERKGROEP .....	66

## Lijst van afkortingen

ATIC	Koninklijke Vereniging van de Verwarmings-, ventilatie- en klimaatbeheersingstechniek
BELAC	Belgische Accreditatieinstelling - <i>Organisme belge d'accréditation</i>
CDC	<i>Centers for Disease Control and Prevention</i>
Covid-19	<i>Coronavirus disease 2019</i>
ECDC	<i>European Centre for Disease Prevention and Control.</i>
GMV	Gecontroleerde mechanische ventilatie
HCSP	<i>Haut conseil de la santé publique</i> (Frankrijk)
HEPA	<i>High Efficiency Particulate Air</i> (filters)
HGR	Hoge Gezondheidsraad
HVAC	<i>Heating, ventilation and air-conditioning</i>
PM	<i>Particulate Matter</i> (fijne deeltjes)
REHVA	<i>Federation of European Heating, Ventilation and Air Conditioning Associations</i> (Federatie van Europese verenigingen voor verwarming, ventilatie en <i>airconditioning</i> )
RH	Rusthuis
RT-PCR	<i>Reverse transcription-polymerase chain reaction</i>
RV	Relatieve luchtvochtigheid
SARS	<i>Severe Acute Respiratory Syndrome</i>
SSE	<i>Superspreading event</i> (superverspreidende gebeurtenis)
UVGI	<i>Ultraviolet germicidal irradiation</i> (ultraviolette kiemdodende bestraling)
VVA	Verwarming - Ventilatie - Airconditioning
WHO	<i>World Health Organisation</i> , Wereldgezondheidsorganisatie
WZC	Woonzorgcentra

## Sleutelwoorden en MeSH *descriptor terms*<sup>2</sup>

<b>Mesh terms*</b>	<b>Keywords</b>	<b>Sleutelwoorden</b>	<b>Mots clés</b>	<b>Schlüsselwörter</b>
COVID-19	SARS-CoV-2	SARS-CoV-2	SARS-CoV-2	SARS-CoV-2
<i>Environment, controlled</i>	HVAC	HVAC	CVC	HLK
<i>Disinfection</i>	<i>Disinfection</i>	Ontsmetting	<i>Désinfection</i>	<i>Desinfektion</i>
	<i>Office buildings</i>	Kantoorgebouwen	<i>Immeubles de bureaux</i>	<i>Bürogebäude</i>
<i>Aerosols</i>	<i>Aerosol</i>	Aerosol	<i>Aérosol</i>	<i>Aesorol</i>
	<i>Superspreading event</i>	Superverspreidende gebeurtenis	<i>Evenement de super-propagation</i>	<i>Superspreading-Ereignis</i>

MeSH (*Medical Subject Headings*) is de thesaurus van de NLM (*National Library of Medicine*) met gecontroleerde trefwoorden die worden gebruikt voor het indexeren van artikelen voor PubMed <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/mesh>.

<sup>2</sup> De Raad wenst te verduidelijken dat de MeSH-termen en sleutelwoorden worden gebruikt voor referentiedoeleinden en een snelle definitie van de scope van het advies. Voor nadere inlichtingen kunt u het hoofdstuk "methodologie" raadplegen.

## II CONCLUSIE EN AANBEVELINGEN

Eerst en vooral herinnert de HGR eraan dat de basisaanbevelingen inzake preventie, namelijk: fysieke **afstand**, inachtneming van een **maximumaantal** mensen per m<sup>2</sup> in een afgesloten ruimte, hand-en-oppervlakken**hygiëne**, toezien op minimale verspreiding in geval van hoesten, **dragen van maskers,zelfs wanneer de fysieke afstand wordt nageleefd, en zeker in onvoldoende geventileerde gesloten ruimtes**, enz. essentieel zijn. Bovendien zijn (zelf)quarantaine en het uitvoeren van tests nodig in geval van symptomen en hoogrisicocontacten.

### 1 Aerosolen: productie, verspreiding, belang

Het coronavirus kan zich slechts vermenigvuldigen binnen een gastheercel. De belangrijkste wijzen van overdracht van het virus zijn: a) door **inademing van druppeltjes** die terecht komen in de mond en de bovenste luchtwegen, b) **auto-inoculatie** op de slijmvliezen van de mond, neus en ogen via handen besmet door contact met oppervlakten waarop het virus terecht kwam, en c) door **inademing van aerosolen**, dat zijn zeer kleine deeltjes (typisch kleiner dan 5 µm) die bij het ademen worden geproduceerd, uren in de lucht kunnen blijven hangen en diep in de longen kunnen doordringen. In werkelijkheid ontstaat door het ademen een spectrum van deeltjes van verschillende groottes. Bovendien kunnen druppels door uitdroging in aerosolen veranderen. Hoesten, niezen, zingen of zeer luid spreken geven aanleiding tot een grotere productie van druppeltjes en aerosolen. Sommige mensen, de "superverspreiders", stoten meer met virussen beladen deeltjes uit dan anderen.

**De actueel beschikbare gegevens wijzen erop dat de aerosolen een belangrijke rol kunnen spelen in de transmissie van het coronavirus**, met name binnenshuis, in onvoldoende geventileerde ruimten, waar besmette personen lange tijd met anderen doorbrengen. Het feit dat de kans op besmetting veel groter is in gesloten ruimten dan in de open lucht, strookt met het belang van overdracht via aerosolen. De aerosolen zijn waarschijnlijk de belangrijkste besmettingsvectoren over een lange afstand, terwijl dit over een zeer korte afstand de druppeltjes zijn. De concentratie van de aerosolen is het hoogst in de nabijheid van de verspreider, na verloop van tijd verspreiden ze zich over de beschikbare ruimte en kunnen (indien voldoende geïnfekteerde personen of superverspreiders aanwezig zijn) leiden tot een opstapeling van virusconcentraties in een deel of het geheel van een gesloten ruimte.

Het effect van temperatuur en vochtigheidsgraad op de infectiviteit van aerosolen gecontamineerd met coronavirus is niet goed gekend. Contradictorische waarnemingen werden gerapporteerd. Een nauwkeurige controle van de temperatuur en relatieve vochtigheid zal daarom niet de meest relevante strategie zijn om het risico van overdracht van SARS-CoV-2 via de lucht te beperken.

### 2 Maatregelen: behoefte aan ventilatie

De maatregelen om contaminatie te voorkomen zijn voornamelijk de bekende maatregelen: het houden van **afstand** (minstens 1,5 meter, bij voorkeur 2 meter), het **dragen van goed aansluitende maskers binnenshuis, ook wanneer de fysieke afstand wordt nageleefd en zeker in onvoldoende geventileerde gesloten ruimtes**, hoesten en niezen in de elleboogplooï of bij voorkeur in een papieren wegwerpzakdoek, het frequent wassen van de handen en desinfectie na contact met een mogelijk geïnfekteerd voorwerp en desinfectie van mogelijk gecontamineerde oppervlakten.

Omwille van het belang van aerosolen bij de verspreiding van het virus is in gesloten ruimten ook **ventilatie met verse lucht** van groot belang. Deze aanvoer van verse, niet gecontamineerde lucht, heeft tot doel de concentratie van viruspartikels in de lucht te



verminderen. De mate waarin de luchtkwaliteit in een gesloten ruimte beïnvloed wordt door de aanwezigheid van personen (potentiële dragers van SARS-CoV-2) kan ingeschat worden door het meten van de CO<sub>2</sub>-concentratie, die in de niet gepollueerde buitenlucht gemiddeld 400 ppm bedraagt. Onder normale omstandigheden is een toevoer van ongeveer 25 à 40 m<sup>3</sup> verse lucht per persoon en per uur (10 l/s en per persoon) aanbevolen. Ter voorkoming van de besmetting met het SARS-CoV-2 is een dergelijk niveau van luchtverversing echter waarschijnlijk onvoldoende. Bepaalde modellen suggereren dat, afhankelijk van de blootstellingsduur, het aantal personen per vierkante meter en van het volume van de ruimte, de behoefte aan verse lucht zou kunnen oplopen tot een veelvoud van deze waarde, vooral voor kleine afgesloten ruimten. Dit is waarschijnlijk veel minder een probleem voor grote, hoge zalen. De HGR raadt dan ook aan om, afhankelijk van de technische mogelijkheden, **minstens 50 m<sup>3</sup>, en liefst 80 m<sup>3</sup> verse lucht per persoon en per uur te voorzien en de CO<sub>2</sub>-concentratie zo laag mogelijk, en zeker onder de 800 ppm te houden.** Wanneer het CO<sub>2</sub>-peil dicht bij deze grenswaarde komt, betekent dit dat er onvoldoende wordt geventileerd en dat er dus maatregelen moeten worden genomen (b.v. ramen openzetten, het aantal mensen verminderen).

Met andere woorden, de technische mogelijkheden om afgesloten ruimtes te ventileren zullen in vele gevallen niet toelaten om tot een normale bezetting van een lokaal over te gaan. Het aantal aanwezigen zal moeten ingeperkt worden in functie van de ventilatiecapaciteit.

De HGR **raadt de overheid ten zeerste aan om de installatie van een ventilatiesysteem dat voldoet aan de geldende normen te voorzien** voor elk gebouw waar een aanzienlijk aantal mensen lange tijd moet verblijven. De HGR vestigt de aandacht op het feit dat, wat betreft het beperken van het COVID-risico, de bestaande normen ruimschoots ontoereikend zijn. **Bij gebrek aan een basisventilatie volgens de normen** (bv. de meeste scholen) is het **continu openen van ramen** de enige manier een hogere ventilatie te bekomen.

**Een adequate ventilatie met verse lucht is een noodzakelijke voorwaarde om de overdracht via aerosolen te beperken. De HGR beklemtoont dat het onmogelijk zal zijn om een ventilatiewaarde vast te stellen die het risico op contaminatie volledig uitsluit of om nauwkeurig het ventilatieniveau vast te stellen dat nodig is om het risico zeer sterk te verkleinen. Het is dan ook van cruciaal belang te beseffen dat zelfs de meest perfecte ventilatie geen bescherming biedt tegen besmetting door nauw contact.**

### 3 Hoe ventileren

**De ventilatie wordt bij voorkeur voor 100 % met verse lucht uitgevoerd, waarbij recirculatie** indien mogelijk wordt uitgeschakeld. Het is echter niet altijd technisch mogelijk om recirculatie uit te schakelen of te verzoenen met het energiebeheer en het handhaven van een aanvaardbare temperatuur.

De **ventilatie** kan mechanisch of natuurlijk zijn. Ventilatie kan ook worden bekomen of **versterkt door het openen van vensters**, wat de enige oplossing is indien niet voor mechanische ventilatie kan worden gezorgd. Door de vensters aan één kant van een lokaal wijd te openen, kan een ventilatievoud van 10 volumes per uur worden verkregen. Het openen van vensters op verschillende gevels kan worden gebruikt om de luchtverversing verder op te drijven, als aanvulling op de ventilatie. Wel dienen ongecontroleerde luchtstromen tussen verschillende lokalen te worden vermeden.

Mechanische ventilatie maakt over het algemeen een betere controle van de luchtstromen mogelijk dan geheel of gedeeltelijk natuurlijke ventilatie. Volledig natuurlijke ventilatie is enkel afhankelijk van de stuwende krachten door wind- en temperatuurverschillen tussen de binnen- en buitenlucht.

Het is daarom essentieel om rekening te houden met de plaatselijke luchtstroomomstandigheden om de vorming van zones met verontreinigde lucht te voorkomen en passende ventilatiesystemen te ontwerpen.

Er moet over gewaakt worden dat de lucht circuleert van zuivere zones (die niet of weinig gecontamineerd zijn met virusdeeltjes) naar gecontamineerde zones en niet omgekeerd. Bijvoorbeeld niet van toiletten naar burelen.

De ventilatie moet **ten minste twee uur vóór** de ingebruikneming van de lokalen met de nominale snelheid beginnen en **twee uur na de** ingebruikneming eindigen of op een lagere snelheid overschakelen.

Voor het ingrijpen op de vochtigheidsgraad van de lucht kunnen geen bijzondere richtlijnen gegeven worden. De gebruikelijke normen dienen te worden nageleefd.

Sanitaire voorzieningen zijn een plaats waar voortdurend aerosolen worden geproduceerd. Dit betekent dat daar specifieke maatregelen moeten worden genomen: actieve ventilatie volgens bovenstaand tijdschema, het deksel van het toilet neerklappen, papieren wegwerphanddoeken en geen *jethanddrogers* gebruiken, vuilnisbakjes gebruiken die zijn voorzien van een deksel dat met een pedaal kan worden bediend, de sanitaire voorzieningen onder negatieve druk houden.

#### 4 Filters voor desinfectie van de lucht

Sommige (bijvoorbeeld mechanische) ventilatiesystemen en systemen voor verwarming, ventilatie en airconditioning zijn uitgerust met filters. Het primaire doel van deze filters is om het systeem en de componenten te beschermen tegen vuil. In sommige gevallen, buiten SARS-CoV-2, kan filtering ook worden gebruikt om de kwaliteit van de verse lucht te verbeteren of om de lucht die opnieuw de ruimte wordt ingeblazen tot op zekere hoogte te zuiveren.

Wanneer er luchtrecirculatie is en het onmogelijk is deze volledig uit te schakelen of de nodige filtratie te voorzien voor deze recirculatielucht of wanneer plaatselijke zuivering noodzakelijk is, kan filtratie in het beste geval een ontoereikende ventilatie gedeeltelijk compenseren, maar ze kan correcte ventilatie beslist niet volledig vervangen.

In dit geval is de beste oplossing de mogelijk met virussen beladen recirculatielucht door **centrale filtratie** te zuiveren.

**HEPA-filters** en **elektrostatische precipitatoren** zijn het doeltreffendst en houden meer dan 99,9 % van de virussen tegen. HEPA-filters kunnen echter niet de norm zijn, niet bij het aanpassen van installaties en niet bij nieuwe installaties voor traditionele "comfortventilatie", gezien de technische moeilijkheden en de niet te verwaarlozen drukval. Ze dienen te worden voorbehouden voor bijzondere gevallen waarin het besmettingsrisico groot is en vaak zal een cascade van filters moeten worden overwogen. Elektrostatische precipitatoren veroorzaken geen drukvalproblemen. Deze systemen kunnen echter aanleiding geven tot een zeer beperkte ozonproductie.

Minder efficiënte filters zoals EPA of ePM1 zijn gemakkelijker te installeren dan HEPA-filters. De ePM1-filters zullen echter niet meer dan 60 % werkzaam zijn tegen deeltjes ter grootte van een virus. EPA-filters zijn een goed compromis omdat ze reeds een zekere efficiëntie bieden in het tegenhouden van deeltjes ter grootte van het virus zonder de drukval te veel te vergroten.

In bepaalde bijzondere gevallen waarbij het risico groter is (bv. tandartspraktijken waar aerosolen ontstaan) of in grote koelwerkplaatsen (verplichte recirculatie om de temperatuur laag te houden), wanneer de ventilatie in bepaalde ruimten onvoldoende is en gecentraliseerde filtratie niet mogelijk is, kan men een lokale zuivering door filtratie installeren ("stand-aloneapparaten") in de betrokken ruimten.

De **grootte en de plaatsing** van deze mobiele/plaatselijke luchtreinigers, **hetzij uitgerust met HEPA-filters, hetzij met elektrostatische precipitatie**, moeten in verhouding zijn tot de grootte van de ruimte. Het verdient de voorkeur meerdere kleine toestellen over de ruimte te verdelen in plaats van één groot apparaat te plaatsen.

De lokale luchtfiltratieapparatuur moet langer dan een uur continu in werking zijn om het risico van besmetting via de lucht te verminderen. Voor kortere tijdsperiodes halen ze niets uit. Net als ventilatie met verse lucht beschermen aanvullende filtratievoorzieningen niet tegen blootstelling van zeer dichtbij.

## 5 Diverse andere systemen voor desinfectie van de lucht

**Ultraviolet licht (uv C)** is een technologie die voor andere doelorganismen wordt aangewend om lucht en oppervlakken te ontsmetten. **Directe bestraling** van personen en **blootstelling aan ozon** zijn risicofactoren die bij het gebruik van uv C **dienen vermeden te worden**. Effectiviteit tegen tal van micro-organismen is aangetoond, maar met betrekking tot gebruik tegen SARS-CoV-2 onder reële omstandigheden ontbreken precieze gegevens.

Er kan een onderscheid worden gemaakt tussen vier soorten uv C systemen:

- « *Upper-room* » systemen, geschikt voor grote lokalen met hoge plafonds;
- Uv C lampen, opgesteld binnen ventilatiekanalen;
- Autonome mobiele uv C-lampsystemen, in gesloten systemen om blootstelling van mensen te vermijden;
- « *Far uv C* » systemen, met een golflengte tussen 207 à 222 nm. Deze straling dringt niet door de menselijke huid. Of schadelijke effecten op de ogen uitgesloten zijn dient nader te worden onderzocht.

De keuze, de dimensionering, de afstelling en de plaatsing van uv C systemen zijn complex en vereisen de tussenkomst van personen met bijzondere competenties. Ook het onderhoud van dergelijke systemen is duur (reinigen, regelmatig testen, vervangen van lampen) en vergt gespecialiseerd personeel. Wat de veiligheid betreft, dient een rechtstreeks contact van personen met de straling te worden vermeden, in het geval van "*upper-room*" en "*far uv C*" systemen door een zorgvuldige plaatsing of anderzijds door de aanwending in een gesloten systeem. Wat de productie van ozon betreft, is de aanwending van een gepaste "*coating*" noodzakelijk.

**Om al deze redenen i.v.m. moeilijkheden qua dimensionering, onderhoud en mogelijke gezondheidsrisico's, beveelt de HGR momenteel geen uv C-systemen aan**, behalve in bepaalde units in ziekenhuizen of in grote organisaties met een technisch team dat in staat is om de juiste keuzes te maken inzake aankoop, dimensionering en onderhoud. Het gebruik van dergelijke systemen, als aanvulling op ventilatie, is echter veelbelovend en verdient bijkomend onderzoek.

**Het gebruik van ozon voor desinfectie van lokalen wordt afgeraden door de HGR**, omwille van de toxiciteit van ozon bij concentraties die desinfecterend werken en het feit dat ozon genotoxische eigenschappen heeft en in sommige dierproeven longkanker verwekte.

De HGR **raadt ook het gebruik van andere alternatieve desinfectietechnieken af**.

Deze systemen berusten steeds op oxidatie of toxische producten en kunnen dus gezondheidsrisico's meebrengen voor de mens.

## 6 Andere luchtverplaatsingssystemen

Andere luchtverplaatsingssystemen dan mechanische of natuurlijke ventilatiesystemen vormen een **verhoogd risico op aerogene overdracht** van SARS-COV-2, wanneer de lucht die uit het apparaat blaast rechtstreeks van een besmette persoon - zelfs als deze

asymptotisch is - naar een andere gaat. Deze systemen worden best niet gebruikt. Indien het gebruik ervan onvermijdbaar is, adviseert de HGR om de verversing met verse buitenlucht te verhogen en de lucht die uit de apparaten komt, nooit op personen te richten. Meer specifiek:

- 1) Een individuele ventilator moet dicht bij een open raam worden geplaatst, zodat die verse buitenlucht in de kamer blaast.
- 2) Voor heteluchtblazers of luchtverwarmers wordt aanbevolen de toevoer van verse buitenlucht te vergroten door vensters en deuren te openen en te voorkomen dat mensen zich rechtstreeks in de warme luchtstroom bevinden.
- 3) Er moet op worden gelet dat de lucht die uit een haardroger wordt geblazen, niet van de ene persoon naar de andere wordt gericht. In kapsalons is een efficiënt ventilatiesysteem van essentieel belang. De luchtkwaliteit zou er moeten worden gecontroleerd aan de hand van CO<sub>2</sub>-sensoren, evenals de strikte naleving van het maximale aantal personen per vierkante meter dat tot het salon wordt toegelaten.

Jethanddrogers dragen bij aan de productie van aerosolen die de omgevingslucht, omliggende oppervlakken of andere aanwezige personen kunnen besmetten, vooral als de gebruiker van het toestel besmet en besmettelijk is. Het gebruik ervan moet daarom **kost wat kost worden vermeden** en worden vervangen door papieren wegwerphanddoekjes.

## 7 Vervoer

Of het nu gaat om openbaar of privévervoer, transport speelt zich af in een gesloten, kleine omgeving, waarin de mensen over het algemeen geen fysieke afstand kunnen houden en enige tijd verblijven: het houdt bijgevolg een niet te verwaarlozen risico op besmetting met het SARS-CoV-2-virus in.

Tijdens het vervoer is het continu dragen van een mondkap van essentieel belang.

Wanneer men niet met zijn naasten reist, is het in de auto aanbevolen om geen gebruik te maken van recirculatie door de airconditioning uit te schakelen en te ventileren met buitenlucht door de ramen te openen.

Voor het openbaar vervoer moet elke beheerder de nodige maatregelen nemen om de verspreiding van het virus te beperken, door luchtrecirculatie te vermijden, meer verse lucht aan te voeren en waar mogelijk de ramen van het voertuig open te zetten. Bovendien zouden de voertuigen tijdens periodes met hoge viruscirculatie dagelijks moeten worden gereinigd en ontsmet.

### III METHODOLOGIE

Na analyse van de vraag hebben het College en de voorzitter van de werkgroep de nodige expertises bepaald. Op basis hiervan werd een *ad hoc* werkgroep opgericht met deskundigen in de volgende disciplines: ziekenhuishygiëne, microbiologie en microdeeltjes, infectiologie, virologie, epidemiologie, HVAC, verwarming en ventilatie, filtratie, chemie, vloeistofmechanica, verontreinigende stoffen, aerosolfysica, toxicologie en kankerpreventie. De experts van de werkgroep hebben een algemene belangenverklaring en een *ad hoc* verklaring ingevuld en de Commissie voor Deontologie heeft het potentieel risico op belangenconflicten beoordeeld.

Het advies berust op een overzicht van de wetenschappelijke literatuur, zowel uit wetenschappelijke tijdschriften als uit rapporten van nationale en internationale organisaties die in deze materie bevoegd zijn (*peer-reviewed*), alsook op het oordeel van de experts.

Na goedkeuring van het advies door de werkgroep en door het Bureau van het College, werd het advies tenslotte gevalideerd door het College.

### IV UITWERKING EN ARGUMENTATIE

#### 1 Overdracht van het virus

##### 1.1 Overdracht via de lucht (aerosolen)

De voornaamste in de literatuur vermelde transmissiewijzen van het SARS-CoV-2-virus (bv. HCSP a, 17/03/2020 en HCSP c, 14/10/2020; Sciensano *factsheet* – v7 van 24/12/2020) zijn:

- **Inademing en afzetting** op de slijmvliezen **van druppels** (groter dan 5 µm) die iemand anders van nabij uitstoot bij het hoesten, niezen en praten;
- **Overdracht via de lucht**, door inademing van nog fijnere druppeltjes ("*droplet nuclei*") en deeltjes in de vorm van **aerosolen** die het virus bevatten en die over grote afstanden en gedurende een hele tijd in suspensie in de lucht kunnen blijven;
- **Overdracht door indirect contact** met de slijmvliezen van mond, neus of ogen via de handen die in contact zijn geweest met besmette oppervlakken (fomieten<sup>3</sup>). Er is weinig direct bewijs voor deze transmissieroute, die echter toch als een potentiële route moet worden beschouwd, aangezien meerdere studies hebben aangetoond dat de oppervlakken in de directe omgeving van iemand die het virus draagt in aanzienlijke mate besmet zijn en dat andere luchtwegaandoeningen en coronavirussen via dergelijk indirect contact kunnen worden overgedragen (Sciensano *factsheet*, 14/12/2020).

Deze drie transmissiewijzen sluiten elkaar onderling niet uit.

In de eerste maanden van de epidemie lag de klemtoon vooral op de transmissieroute door inademing van grotere deeltjes of druppels die bij het hoesten en niezen worden uitgestoten, langzaam verdampen en snel op een oppervlak neerslaan alvorens op te drogen.

Maar er worden bij het hoesten, niezen en ook bij het praten, zingen en weliswaar in mindere mate bij het ademen<sup>4</sup>, eveneens grote hoeveelheden voor het blote oog onzichtbare deeltjes geproduceerd, die "aerosolen" vormen en nog altijd groot genoeg zijn om een verscheidenheid

<sup>3</sup> A fomite: a physical object that is not an animal or plant that can spread a disease to a living creature (Cambridge dictionary).

<sup>4</sup> Emissie van wolken van deeltjes van verschillende grootte: van 0,5 tot 500 µm met een piek bij 10 µm bij het hoesten; van 0,5 tot 11 µm met een piek bij 0,8 µm bij het spreken.

aan overdraagbare ziekteverwekkers te bevatten.<sup>5</sup> Vanwege hun zeer kleine afmetingen kunnen deze aerosoldeeltjes lang in suspensie in de lucht blijven. Mensen die zelf geen symptomen vertonen, ademen vooral dergelijke fijne deeltjes (aerosolen) met virus uit (HCSP b, 2020)

Er zijn steeds meer bewijzen voor het belang van aerosolen, die urenlang in de lucht blijven hangen en virussen bevatten, als bron van besmetting. Deze wijze van besmetting is eveneens actief op een afstand van meer dan 1,5 - 2 m (zie ook de rol van aerosolen in de overdracht van SARS-CoV-2 in punt 1.3).

Bij het begin van de pandemie werd de overdracht van SARS-CoV-2 via aerosolen onwaarschijnlijk geacht.

Terwijl de Wereldgezondheidsorganisatie (WHO) lang volhield dat het coronavirus zich voornamelijk verspreidt via de grotere ademhalingsdruppels die snel op de grond vallen, nadat ze door hoestende en niezende besmette mensen zijn uitgestoten, hebben 239 wetenschappelijke deskundigen uit 32 landen in juli 2020 een open brief (Morawska and Milton, 2020) gestuurd, gericht aan de WHO, waarin zij de WHO wijzen op bewijsmateriaal dat aantoont dat aerosolen wel degelijk een transmissieroute kunnen vormen. Meteen vroegen zij de internationale organisatie haar aanbevelingen aan te passen. De WHO erkent nu dat overdracht via de lucht door aerosolen mogelijk is in bepaalde omstandigheden, meer bepaald binnenshuis, in slecht geventileerde ruimtes, waar besmette personen lange tijd met anderen doorbrengen (WHO, 2020).

De CDC (*Centers for Disease Control and Prevention*) en andere autoriteiten (waaronder de Britse en de Italiaanse regering) hebben sindsdien ook de mogelijkheid van transmissie via aerosolen erkend. Het ECDC (*European Centre for Disease Prevention and Control*, 2020) stelt: "*If well-maintained and adapted for use in the COVID-19 pandemic, heating, ventilation and air-conditioning (HVAC) systems may have a complementary role in decreasing potential airborne transmission of SARS-CoV-2.*".

**Tot besluit: het potentieel van overdracht van SARS-CoV-2 via de lucht over grote afstanden wordt niet langer betwist, hoewel het relatieve belang ervan niet kan worden gepreciseerd en met name moet vergeleken worden met de overdracht bij nauw contact door inademing van druppels die worden uitgestoten bij hoesten, niezen en praten. De route door de lucht wordt in bepaalde omstandigheden belangrijker, met name binnenshuis, in slecht geventileerde ruimten, waar besmette personen lange tijd met anderen doorbrengen.**

## 1.2 Superspreading events

Het SARS-CoV-2-virus verspreidt zich op een zeer ongelijkmatige manier.

Bepaalde gebeurtenissen spelen immers een buitenmatige rol in de globale overdracht van de ziekte: deze "*superspreading events*" (SSE) of superverspreidende gebeurtenissen zijn gebeurtenissen waarbij een besmettelijke ziekte zich op een bijzonder efficiënte manier verspreidt.

Zo zijn er mensen die de ziekte niet doorgeven aan anderen, terwijl andere, de "*superverspreiders*" (*superspreaders*) tientallen mensen kunnen besmetten.

Bepaalde omstandigheden die zeer gunstig zijn voor virussen, kunnen dan leiden tot een gelijktijdige besmetting van zeer veel mensen.

<sup>5</sup> Niet alle deeltjes bevatten een virus. Wölfel et al. (2020) geven aan dat een deeltje van bijvoorbeeld 3 µm (1 µm na dehydratie, d.w.z. de piek voor praten en ademen), vertrekkend van een virale lading van  $7 \times 10^6$  kopieën/ml in het speeksel, 0,01 % kans heeft om een viruspartikel te bevatten.

Dit verklaart sommige gevallen van besmetting waarbij de veiligheidsafstanden werden nageleefd. Dergelijke superverspreidende gebeurtenissen hebben bijvoorbeeld plaatsgevonden in kerken (met name de meeste leden van een koor), in sportzalen, tijdens professionele congressen, op cruiseschepen, in vleesverwerkende bedrijven en slachthuizen, rusthuizen, cafés, bussen, enz.

Volgens Meyerowitz et al (2020) is de transmissiedynamiek heterogeen en spelen superverspreidende gebeurtenissen een grote rol bij het in stand houden van de epidemie. Bij deze gebeurtenissen zijn vaak mensen betrokken die zich in elkaars nabijheid bevinden, in slecht geventileerde gesloten ruimtes, gedurende lange periodes, zonder dat ze mondklappers dragen.

Zo hebben Lu et al. (2020) een geval beschreven van besmetting in een restaurant met airco in Guangzhou, China, waarbij drie familiegezinnen betrokken waren. Volgens de auteurs werden druppels en/of aerosoldeeltjes van één besmette persoon via de luchtstroom van de airconditioning getransporteerd tot bij twee andere gezinnen, die hierdoor besmet raakten. Bovendien was de ventilatie van de ruimte onvoldoende. De conclusie was dat het, om de verspreiding van het virus in restaurants te voorkomen, aanbevolen is de afstand tussen de tafels te vergroten en de kwaliteit van de ventilatie te verbeteren door aanvoer van verse lucht.

Andere gevallen die in Japan, Duitsland en op het cruiseschip *Diamond Princess* zijn beschreven, waren voor Correia et al. (2020) aanleiding om te oordelen dat overdracht van SARS-CoV-2 via de lucht mogelijk is en dat systemen voor verwarming, ventilatie en airconditioning, wanneer ze niet correct worden gebruikt of onderhouden, kunnen bijdragen aan de overdracht van het virus. De auteurs onderzochten de mogelijke impact van verwarmings-, ventilatie- en airconditioningsystemen in gebouwen, zoals ziekenhuizen of andere zorginstellingen, als factoren bij de verspreiding van het virus. Deeltjes die zich in suspensie in de lucht verspreiden, kunnen verplaatst worden door de luchtbewegingen die door ventilatie- en airconditioningsystemen veroorzaakt worden. Door de vorming van aerosolen kan het virus met de luchtstroom over langere afstanden worden verplaatst.

De meeste van deze superverspreidende gebeurtenissen vinden plaats

- Binnenshuis;
- In slecht of niet geventileerde ruimten of waar de lucht recirculeert zonder toevoer van verse lucht;
- Met een hoge bezettingsgraad (groot aantal mensen);
- En waar mensen voor een aanzienlijke periode verblijven.

In die omstandigheden hopen de aerosolen die een besmette persoon uitstoot en met virus beladen zijn, zich in de loop van de tijd op. Uiteindelijk bereiken ze een concentratie die voldoende is om andere mensen in de ruimte door inademing te besmetten, zelfs als zij een veilige afstand bewaren (De Cock, 2020).

**Deze superverspreidende gebeurtenissen benadrukken dus het belang van een goede verluchting van de binnenruimtes en de noodzaak om er altijd een mondklapper te dragen zelfs wanneer de veiligheidsafstanden worden gerespecteerd en zeker in onvoldoende geventileerde gesloten ruimtes. Het beste is om slecht geventileerde en drukke binnenruimtes helemaal te vermijden, of om er zo kort mogelijk te verblijven.**

## 1.3 Belang van aerosolen in SARS-CoV-2 transmissie

### 1.3.1 Hoe groot zijn uitgedemde druppels?

Niet enkel bij hoesten of niezen, maar ook bij het spreken, roepen, zingen, en zelfs bij gewoon ademen, worden ter hoogte van de lagere luchtwegen, het strottenhoofd, hogere luchtwegen en mondholte druppels van verschillende grootte geproduceerd die met de uitgedemde lucht naar buiten komen. De grootte (diameter) van deze partikels reikt van ongeveer 0,5  $\mu\text{m}$  (micrometer, micron, duizendste millimeter) tot ongeveer 1000  $\mu\text{m}$  (Johnson et al., 2011; Morawska et al., 2009). Na het uitademen drogen deze druppeltjes gedeeltelijk op in de omgevingslucht tot een diameter die een factor 0,35 tot 0,5 kleiner is dan de oorspronkelijke afmeting, afhankelijk van de relatieve vochtigheid<sup>6</sup> (Nicas et al., 2005; Xie et al., 2007). De laboratoriumexperimenten van Johnson et al. (2011) leggen een verband tussen de grootte van de uitgestoten deeltjes en de locatie in de luchtwegen waar ze gevormd worden. Uitgedemde deeltjes in het groottebereik 0,5 – 10  $\mu\text{m}$  worden gevormd in de lagere luchtwegen (opbreken van bronchiolaire vloeistoffilm) en ter hoogte van het strottenhoofd. Deeltjes in het bereik 10 – 800  $\mu\text{m}$  worden vooral gevormd in de mondholte. Metingen tonen aan dat de intensiteit en grootteverdeling van de uitstoot van deeltjes tijdens normale menselijke spraak positief gecorreleerd is met de spreiding (geluidsniveau) van het stemvolume (Asadi et al., 2019; Morawska et al., 2009). Bovendien gedraagt een klein deel van de individuen zich als “spraak-superverspreiders” die consequent een grootteorde meer deeltjes vrijgeven dan de meeste andere onderzochte personen.

**Hoesten, niezen en zingen of praten met een hoog stemvolume leiden tot de uitstoot van meer deeltjes. Sommige mensen, de “superverspreiders”, produceren meer deeltjes.**

### 1.3.2 Wat is het verschil tussen aerosolen en druppels?

Bij de ademhaling ontstaat een spectrum van kleine deeltjes die, in een medisch-epidemiologische context, enigszins kunstmatig worden onderverdeeld in enerzijds “aerosolen” (ook wel druppelkernen, of “*droplet nuclei*” genoemd) en anderzijds “druppels”. Deze opdeling weerspiegelt fundamentele verschillen in virustransmissie tussen de twee deeltjesklassen: aerosolen neigen ertoe dieper in de longen door te dringen en zweven (per definitie) tientallen seconden tot uren in de lucht en kunnen zich verspreiden over grotere afstanden, afhankelijk van de grootte van de aerosoldeeltjes en de luchtstromen. De concentratie is het hoogst in de nabijheid van de verspreider, na verloop van tijd verspreiden ze zich over de beschikbare ruimte. Daarentegen vallen druppels binnen een paar seconden tijd op de grond, binnen een maximale horizontale afstand van ongeveer 2 m.

Verskillende adviesorganen en officiële richtlijnen definiëren deeltjes kleiner dan 5  $\mu\text{m}$  als “aerosolen” en de grotere deeltjes als “druppels”. Deze definitie is wellicht gebaseerd op het feit dat deeltjes kleiner dan 5  $\mu\text{m}$  diep in de luchtwegen kunnen doordringen wanneer ze ingeademd worden, terwijl grotere deeltjes eerder in de mondholte en bovenste luchtwegen terechtkomen. Echter, als deze scheiding op basis van natuurkundige wetten zou worden gemaakt, zou de grens tussen zwevende en vallende deeltjes niet bij 5  $\mu\text{m}$ , maar eerder rond 100  $\mu\text{m}$  liggen. Druppels van 100  $\mu\text{m}$  hebben ongeveer 6 seconden nodig om van op 1,5 m hoogte op de grond te vallen. Voor druppels van 10 en 5  $\mu\text{m}$  wordt dit 8 en 30 minuten respectievelijk. Nog kleinere druppelkernen/aerosolen blijven verschillende uren rondzweven (Hinds, 2012; van Doremalen et al., 2020). Het is dus belangrijk voor ogen te houden dat ook druppels groter dan 5  $\mu\text{m}$  zich over een vrij grote afstand kunnen verplaatsen.

Bovendien lijkt de variabiliteit in de overdracht van respiratoire ziekteverwekkers volgens Fenelly (2020) minder afhankelijk te zijn van de fysische grootte van de deeltjes die door de

<sup>6</sup> Waarbij de kleine druppeltjes (0,5 – 50  $\mu\text{m}$ ) sneller verdampen, ongeacht de relatieve vochtigheid (Rehva, Morawska 2006).



besmette persoon worden uitgestoten dan andere parameters, waaronder vooral biologische factoren zoals de grootte van het uitgestoten inoculum en het vermogen van de ziekteverwekker om uitdroging te overleven.

Terugkomend op de reeds vermelde grootteorde (diameter) van de uitgestoten deeltjes, zoals vastgesteld door Johnson et al. (2011), kunnen we stellen dat de uitstoot via de bronchiën en de larynx hoofdzakelijk verantwoordelijk is voor de uitstoot van aerosolen, terwijl de orale uitstoot vooral geassocieerd kan worden met druppels die op korte afstand neervallen.

**De uitgestoten deeltjes worden gewoonlijk op basis van hun diameter onderverdeeld in "aerosolen" enerzijds en "druppels" anderzijds. Deeltjes met een diameter kleiner dan 5 µm kunnen tot diep in de luchtwegen doordringen. Dit zijn aerosolen. Dit onderscheid is dus niet uitsluitend gebaseerd op het vermogen om gedurende een bepaalde periode in de lucht te blijven hangen: zelfs druppels die groter zijn dan 5 µm kunnen een relatief grote afstand afleggen. Er kunnen dus vraagtekens worden geplaatst bij het nut van een zuiver binaire aanpak in de context van aerogene overdracht van het SARS-CoV-2 virus (diameter kleiner of groter dan 5 µm), aangezien er meer factoren een rol spelen dan de grootte van de partikels.**

### 1.3.3 Over welke afstand worden uitgestoten druppels gedragen?

Het horizontale bereik van uitgestoten druppels (door een rechtopstaand of zittend persoon) hangt sterk af van zowel de relatieve luchtvochtigheid als van de kracht van de uitstoot (ademen, hoesten). Druppels tussen 70 en 400 µm hebben een horizontaal bereik van minder dan 1 m bij praten met een normaal stemvolume en van ongeveer 1,5 m bij hoesten (Chen et al. 2020). Xie et al. (2007) daarentegen berekenen een horizontaal bereik<sup>7</sup> van 1 m (bij praten) tot 6 m (bij niezen) voor vallende druppels over een verticale afstand van 2 m. Op basis van modelberekeningen die rekening houden met positie en gezichtsgeometrie van naar elkaar gerichte uitademende en inhalerende personen, en het traject van vallende druppels, concluderen Chen et al. dat druppels het belangrijkste overdrachtsmechanisme zijn bij zeer korte afstand (20 cm bij praten, 50 cm bij hoesten) maar vanaf normale spreekafstand (50 – 90 cm) is de dominante vorm van transmissie de inademing van aerosolen, waarbij de concentratie van deze laatste afneemt met de afstand. Opnieuw het is niet mogelijk een precieze afstand te definiëren waarbij hun concentratie verwaarloosbaar wordt. Vanwege hun lange levensduur kan in besloten, niet-geventileerde ruimtes hun concentratie in de gehele ruimte evenwel toenemen met de tijd.

<sup>7</sup> Druppels tot 400 µm hebben de eigenschap dat hun horizontale uitstoot-snelheid snel wordt afgeremd door de lucht, terwijl ze toch door de zwaartekracht neervallen. Grotere druppels hebben bij uitstoot een groter horizontaal bereik door de grotere inertie, hoewel ze sneller neervallen door de zwaartekracht. Deeltjes kleiner dan 70 µm worden zeer snel afgeremd in hun horizontale beweging na uitstoot, en zijn minder beïnvloed door zwaartekracht, waardoor ze na korte tijd door diffusie langzaam in willekeurige richtingen bewegen.

**Druppels zijn de voornaamste manier van overdracht over zeer korte afstanden (20-50 cm), maar de inademing van aerosolen vormt de voornaamste manier van overdracht wanneer mensen op een normale afstand met elkaar praten (50-90 cm). Hoewel geweten is dat de concentratie van aerosolen afneemt met de afstand, is het niet mogelijk een precieze afstand te bepalen waarbij hun concentratie verwaarloosbaar wordt. Hieruit blijkt eens te meer hoe belangrijk het is een afstand van ten minste 1,5 m te bewaren wanneer met een andere persoon wordt gesproken.**

#### **1.3.4**      *Hoe wordt virus via druppels en aerosolen overgedragen?*

Alle uitgestoten deeltjes (aerosolen en druppels) zijn voldoende groot om virussen zoals SARS-CoV-2 mee te dragen maar enkel de aerosoldeeltjes kleiner dan 5 µm hebben de juiste afmeting om gemakkelijk diep in de luchtwegen te worden ingeademd (Heyder et al., 1986; Rissler et al., 2017). Hierbij dient te worden benadrukt dat de longen niet noodzakelijk de plaats van besmetting zijn, maar evenzeer de mond- en keelholte. Aerosolen worden geassocieerd met rechtstreekse overdracht door inademen, terwijl druppels verantwoordelijk zijn voor overdracht door directe afzetting op de slijmvliezen van mond, neus en ogen bij dicht contact (op minder dan 2 m meter afstand) of door auto-inoculatie als gevolg van contact met een besmet voorwerp.<sup>8</sup>

Hoewel het aantal uitgeademde deeltjes (druppeltjes kleiner dan 100 µm en aerosolen) grootteordes kleiner is dan dat van grotere druppels, kan hun aanwezigheid besmettingen op grotere afstand tot stand brengen, vooral in het geval van lang verblijf in een slecht geventileerde ruimte (te vergelijken met het verspreiden en accumuleren van rook bij aanwezigheid van een roker in de kamer)<sup>9</sup>. Hoewel de besmettelijkheidsgraad van SARS-CoV-2 veel lager blijkt dan die van bv. mazelen, en overdracht over lange afstand minder waarschijnlijk is, kan een slechte ventilatie gecombineerd met een hoog stemvolume en/of intensieve ademhaling, de afwezigheid van maskers en lange verblijftijd in dezelfde ruimte als een besmet persoon, toch leiden tot het geaccumuleerd inhaleren van een infectieuze dosis. Zulke omstandigheden kunnen zelfs leiden tot zgn. *super-spreading events*, en zijn consistent met verschillende gedocumenteerde gevallen die niet verklaard kunnen worden door directe druppeloverdracht via slijmvliezen of via besmette oppervlakken, waaronder het bekende geval van de Skagit koorrepetitie op 10 maart 2020 (Hammer et al., 2020).

---

<sup>8</sup> Ademhalingsafscheidingen of druppeltjes die door geïnfecteerde personen worden uitgestoten, kunnen oppervlakken en objecten besmetten, waarna virus kan overgebracht worden op de slijmvliezen van ogen, neus of mond. Deze transmissievorm wordt hier niet besproken.

<sup>9</sup> Bij overdracht door inademen wordt nog een onderscheid gemaakt tussen inademen op korte afstand ("*short range*"), waarbij de uitgeademde luchtstroom direct en op korte afstand geïnhaled wordt door een tweede persoon, en inademen op lange afstand ("*long range*") waarbij de zwevende druppeltjes zich over een ruimte verspreiden en door omgevingslucht verdund worden vooraleer ze door één of meerdere personen weer ingeademd worden.

**Druppels zijn verantwoordelijk voor overdracht door directe depositie op de slijmvliezen van mond, neus en ogen bij nauw contact (op minder dan 2 m afstand) of door auto-inoculatie als gevolg van contact met een besmet voorwerp. Aerosolen daarentegen worden geassocieerd met rechtstreekse overdracht door inademing. Het is duidelijk dat de overdracht uitgedrukt per tijdseenheid waarschijnlijker is over een korte afstand dan over een lange afstand. Toch kan een slechte ventilatie in combinatie met luid praten en/of een intensieve ademhaling, het niet dragen van een mondkapje en langdurige aanwezigheid in eenzelfde ruimte samen met een besmet persoon, leiden tot de cumulatieve inademing van een besmettelijke dosis.**

### 1.3.5 Duur van de besmettelijkheid van het virus in de aerosol

Een nog onbekende factor bij de evaluatie van transmissie via aerosolen bij SARS-CoV-2 is de concentratie van virusdeeltjes in de uitgestoten<sup>10</sup> aerosoldeeltjes en hun levensvatbaarheid in de omgevingslucht en de aerosoldeeltjes zelf. Recent onderzoek naar influenza heeft aangetoond dat levensvatbaar, infectieus virus door een besmet persoon kan worden uitgestoten door te ademen of te spreken, zonder te hoesten of te niezen (Yan et al., 2018). Booth et al. (2005) stelden vast dat ziekenhuispatiënten die tijdens de epidemie van 2003 met SARS-CoV-1 waren besmet, levensvatbaar aerosolvirus in de lucht uitstootten. Hoewel er in enkele recente studies levensvatbaar SARS-CoV-2 virus werd aangetroffen in aerosolen (Lednický et al., 2020; Santarpia et al., 2020), concludeerde de systematische review van Birgand et al. (2020) dat slechts weinig stalen uit de lucht zowel in de buurt als ver verwijderd van patiënten met Covid-19, levensvatbaar virus bevatten. Recent experimenteel werk van Doremalen et al. (2020) in een gesloten container - dus weinig vergelijkbaar met reële omstandigheden - toont aan dat (kunstmatig) vernevelde SARS-CoV-2 levensvatbaar blijft in de lucht met een halfwaardetijd van 1 uur.<sup>11</sup> Zij concludeerden dat zowel overdracht via aerosolen als overdracht via met SARS-CoV-2 besmette oppervlakken aannemelijk is, aangezien het virus uren levensvatbaar en infectieus kan blijven in aerosolen en op oppervlakken. Epidemiologisch en experimenteel onderzoek toont aan dat een grote verscheidenheid aan respiratoire virussen, waaronder het *Severe Acute Respiratory Syndrome* coronavirus (SARS-CoV), het *Middle East Respiratory Syndrome* coronavirus (MERS-CoV), het influenzavirus en het norovirus, via aerosolen kunnen worden overgedragen (Brankston et al., 2007; Lopman et al., 2012; de Wit et al., 2016; Xiao et al., 2018).

**Recente experimentele studies tonen aan dat het virus waarschijnlijk lange tijd levensvatbaar en besmettelijk kan blijven in aerosolen, en zelfs urenlang op oppervlakken. Daarom is de overdracht via aerosolen plausibel. Dit is in overeenstemming met epidemiologisch en experimenteel onderzoek dat heeft aangetoond dat een grote verscheidenheid aan respiratoire virussen via aerosolen overdraagbaar is.**

### 1.3.6 Wat zeggen aerosolexperten over aerosoltransmissie?

De relatieve bijdrage van de twee modi (aerosolen versus druppels) in transmissie van virussen is nog steeds onderwerp van discussie, en is tevens van groot belang bij het bepalen van optimale maatregelen om verspreiding te beperken. Het dient evenwel te worden

<sup>10</sup> Liu et al. (2020) identificeerden virus in aerosolen in twee verschillende groottebereiken, namelijk op submicron-niveau (0,25 - 1 µm) en op supermicron-niveau (> 2,5 µm). De auteurs gaan ervan uit dat de met virus geladen supermicrometrische aerosolen ontstaan door resuspensie van ademhalingsdruppels of van via de lucht op oppervlakken gedeponeerde SARS-CoV-2.

<sup>11</sup> Smither et al. (2020) hebben een vergelijkende analyse uitgevoerd van het vermogen van SARS-COV-2 om onder verschillende omstandigheden in aerosolen te overleven (in het donker, bij twee verschillende luchtvochtigheidsgraden, in artificieel speeksel en in cultuurmedium). Na 90 minuten kon nog steeds levensvatbaar virus worden opgespoord. De vervalsnelheid varieert van 0,4 tot 2,27 % per minuut en de halfwaardetijd van 30 tot 177 minuten, afhankelijk van deze verschillende omstandigheden.

opgemerkt dat, indien de overdracht uitsluitend via directe druppelprojectie zou gebeuren, ventilatie hierop geen enkele invloed zou hebben vanwege de zeer korte tijd waarin de overdracht gebeurt.

Hoewel de WHO in juli nog steeds vrij terughoudend was ten aanzien van de mogelijke rol van aerosolen bij de overdracht van het virus (zie hierboven), heeft ze in het licht van het sindsdien geleidelijk opgestapelde wetenschappelijke bewijsmateriaal ondertussen haar standpunt herzien. Volgens Anderson et al. (2020) bevat het (hierboven aangehaalde) beschikbare bewijsmateriaal voldoende gewicht om onmiddellijke aandacht te hechten aan het belang van aerosolen, en de gevolgen ervan, om de bescherming van de volksgezondheid aan te pakken. Tang et al. (2020) geven transmissie van SARS-CoV-2 via aerosolen een plausibiliteitsscore van 8 op 9, op basis van criteria ontwikkeld door Jones and Brosseau (2015):

- 1) SARS-CoV-2 genetisch materiaal – waaronder ook levensvatbaar virus - is aangetroffen in de lucht rond COVID-19-patiënten;
- 2) levensvatbaar SARS-CoV-2 kan 16 uur in aerosolen overleven en er is epidemiologisch bewijs van transmissie via aerosolen in verschillende omgevingen, waaronder tussen appartementen, in een restaurant, in een koor en in een bus;
- 3) SARS-CoV-2 kan ACE2-receptoren in de luchtwegen bereiken door middel van inademing en diermodellen hebben bovendien aangetoond dat SARS-CoV-2 overdracht en vermenigvuldiging van het virus in de luchtwegen kan gebeuren bij afwezigheid van nabij contact.

Volgens Jimenez (2020) verklaart de hypothese dat SARS-CoV-2 via aerosolen wordt overgedragen, het enorme verschil in besmettingsrisico tussen binnenruimtes en de buitenlucht.

**Steeds meer onderzoekers zijn het erover eens dat aerosolen een belangrijke rol spelen bij de overdracht van SARS-CoV-2. Overdracht via aerosolen verklaart mede het verschil in besmettingsrisico tussen binnenruimtes en de buitenlucht.**

### **1.3.7**      *Conclusie*

Niet alle algemeen aanvaarde mechanismes voor de overdracht van ziekteverwekkers zijn relevant voor alle luchtweginfecties. De meest voorkomende transmissiemodus hangt af van de combinatie van een aantal factoren, waaronder de frequentie en intensiteit van druppelvorming (hoesten, niezen, roepen, praten, ...), de druppelgrootte, relatieve luchtvochtigheid, virale lading, virus-inactivatiesnelheid, afzettingslocatie van ingeademde druppeltjes in de luchtwegen en de infectieuze dosis. De identificatie van de overheersende transmissiemodus is essentieel voor een juiste en efficiënte strategie om de verspreiding van een epidemie te beheersen, inclusief de juiste keuze van persoonlijke beschermingsmiddelen. De meest recente bevindingen tonen aan dat de verspreiding van SARS-COV-2 hoogstwaarschijnlijk ook via aerosolen kan plaatsvinden, waarbij zowel overdracht van aerosolen op korte afstand (direct inademen van uitgestoten deeltjes) als op lange afstand (na verspreiding in binnenruimtes) zich kan voordoen. Op korte afstand is transmissie via druppels de belangrijke factor. Het belang van overdracht via aerosolen speelt zeker een rol in de onmiddellijke nabijheid, maar neemt toe naarmate de afstand groter wordt.

De fysieke afstand<sup>12</sup> is vooral doeltreffend tegen de overdracht via druppels, maar biedt onvoldoende bescherming tegen overdracht via aerosolen in gesloten ruimtes met onvoldoende ventilatie, aangezien aerosolen zich over de gehele ruimte kunnen verspreiden.

De erkenning van de rol van overdracht via aerosolen is belangrijk voor het begrijpen en vermijden van superverspreidingsgebeurtenissen in slecht- of niet geventileerde ruimtes, iets wat niet kan worden verklaard door druppeloverdracht. Het dragen van maskers zelfs wanneer de fysieke afstand wordt nageleefd en, zeker in onvoldoende geventileerde gesloten ruimtes, het vermijden van overvolle locaties in gesloten ruimten en de tijd hier kort houden zijn dan ook van het grootste belang om de blootstelling aan aerosolen te verminderen. Het is belangrijk te benadrukken dat de gezichts- en mondschermen die soms worden gebruikt in plaats van maskers, en plexiglaswanden geen voldoende bescherming bieden tegen het inademen van aerosolen, en bij voorkeur de volle hoogte moeten hebben.

#### 1.4 Andere factoren: temperatuur en relatieve luchtvochtigheid

In het algemeen kunnen omgevingsfactoren een impact hebben op de overdracht van luchtwegaandoeningen doordat ze de besmettelijkheid van de ziekteverwekkers en de verspreiding van ademhalingsdruppels en -aerosolen beïnvloeden. Studies wijzen erop dat tijdens de verspreiding van ademhalingsdruppels en -aerosolen, luchtstromen en verdamping beide de efficiëntie van de verspreiding van het virus bepalen (Zhao et al., 2020).

Volgens de systematische *review* van Noorimotlagh et al. (2020) zijn temperatuur en relatieve luchtvochtigheid belangrijke factoren voor de overleving van het SARS-CoV-2-virus in ademhalingsdruppels. Zo zou de overdracht van luchtwegaandoeningen via druppels op oppervlakken worden belemmerd door een stijging van de temperatuur en door een toename (Ahlawat et al., 2020) van de relatieve vochtigheid in gebouwen zoals ziekenhuizen, scholen, universiteiten, kantoren en woningen. Andere studies spreken dit evenwel tegen. Casanova et al. (2010) bijvoorbeeld, geven aan dat bij 20 °C de inactivering bij zowel lage en hoge relatieve vochtigheid relatief beperkt blijft en het hoogst is bij een relatieve vochtigheid van 50 %. Een hoge inactivering wordt bereikt bij 40 °C, maar dit is voor een binnenomgeving niet relevant.

De relatie tussen relatieve vochtigheid, temperatuur en de inactivering van het SARS-CoV-2-virus is daarom complex en er is verder onderzoek nodig om deze effecten op fysiologisch niveau in kaart te brengen.

Virussen hebben een gastheer nodig om te overleven. Vandaar dat ze zich ontbinden op oppervlakken, vooral wanneer de luchtvochtigheid of de temperatuur stijgt, maar het volume van de druppels en het type oppervlak (roestvrij staal, plastic of nitrilhandschoen) hebben een significante invloed op de afbraak van het virus (Biryukov et al., 2020).

In de studie van Zhao et al. (2020) werd de verspreiding van ademhalingsdruppels en aerosoldeeltjes die ontstaan tijdens het praten onderzocht over een breed temperatuurbereik (0 - 40 °C) en bij een sterk uiteenlopende relatieve vochtigheid (0 - 92 %). De studie toonde aan dat de druppels zich drie keer verder kunnen verspreiden in een omgeving met een lage temperatuur en een hoge vochtigheid, terwijl het aantal aerosoldeeltjes toeneemt in omgevingen met een hoge temperatuur en een lage vochtigheid (meestal verwarmde gesloten ruimtes in de winter).

Een relatieve luchtvochtigheid van 40 - 60 % is optimaal voor de menselijke gezondheid. Een te lage relatieve vochtigheid vermindert de immuunweerstand tegen micro-organismen

---

<sup>12</sup> Het gebruik van de term "fysieke afstand" ("*physical distancing*") verdient de voorkeur boven het gebruik van de term "sociale afstand" ("*social distancing*"). Dit laatste zou namelijk kunnen betekenen dat alle belangrijke sociale interacties moeten worden verbroken. De term "fysieke afstand" daarentegen houdt rekening met het feit dat sociale banden mogelijk zijn, zelfs als mensen fysiek gescheiden zijn (Van Bavel et. al. 2020).

(Taylor, 2020) maar de slijmvliezen van het oor, de neus en de keel van de mens kunnen virussen beter bestrijden bij een hogere relatieve vochtigheid (Hohmann-Jeddi, 2019).

Een andere factor die meespeelt, is de verhoogde gevoeligheid van de slijmvliezen voor luchtweginfecties in bepaalde temperatuur- en vochtigheidsomstandigheden. Wanneer we kijken naar de temperatuur stellen we vast dat de ciliaire slagfrequentie van de tracheale epitheelcellen fors afneemt bij het inademen van koude lucht. Dit zou misschien kunnen verklaren waarom mensen in de winter (bijvoorbeeld tijdens het skiën) gevoeliger zijn voor virussen van de luchtwegen, omdat ze deze minder gemakkelijk elimineren (verminderde afvoer van slijm via trilhaartjes) (Kilgour et al., 2004). Bovendien verlaagt een lage luchtvochtigheid eveneens de ciliaire slagfrequentie, wat resulteert in een verminderde mucociliaire klaring (Horstmann et al., 1977).

Hiermee moet dus rekening worden gehouden, aangezien mechanische ventilatiesystemen ook een belangrijke rol spelen bij de bevochtiging (of niet) van de lucht, zonder dat dit het meest significante element is.

**Verscheidene studies tonen aan dat de temperatuur en de relatieve vochtigheid de besmettelijkheid van het SARS-CoV-2-virus, de verspreiding van ademhalingsdruppels en -aerosolen en de gevoeligheid van de slijmvliezen van mensen beïnvloeden. De mechanismen zijn echter te complex om goed op deze twee elementen te kunnen inspelen. Een nauwkeurige controle van de temperatuur en relatieve vochtigheid zal daarom geen aangewezen strategie zijn om het risico van overdracht van SARS-CoV-2 via de lucht te beperken. Dat blijkt ook uit de aanbevelingen van REHVA, die vooral gericht zijn op meer ventilatie met verse lucht.**

### 1.5 Conclusies

Het staat vast dat het virus vooral wordt overgedragen bij langdurig en nauw contact. Het kan zich echter in bepaalde omstandigheden ook over grotere afstanden verspreiden, zoals in onvoldoende geventileerde gesloten binnenruimtes.

Een veiligheidsafstand van 1,5 m bewaren is niet voldoende. Het is daarnaast ook belangrijk om de binnenruimtes goed te ventileren.

**De voornaamste criteria die het risico op besmetting door aerosolen over lange afstanden vergroten, zijn:**

- **Een hogere concentratie van besmettelijke deeltjes in een ruimte, te wijten aan:**
  - **Bronnen van ziekteverwekkers (aantal besmette personen, activiteit, virale lading van besmette personen enz.);**
  - **Het ventilatievoud (ventilatie-debiet, volume van de ruimte, luchtstromen enz.);**
- **De duur van de blootstelling;**
- **Stabiliteit van de aerosolen en de levensvatbaarheid van het virus (temperatuur, vochtigheid, ontsmettingssysteem enz.).**

## 2 Besmettingsrisico's beperken

### 2.1 Klassieke basisregels

Zoals uitgelegd in punt 1.1 wordt het SARS-CoV-2-virus verspreid via de lucht (inademing van aerosolen) of door zwaardere druppels die rechtstreeks in contact komen met de slijmvliezen van personen in de buurt van de besmette persoon (1 - 2 m), of onrechtstreeks wanneer ze oppervlakken aanraken waarop deze druppels zijn terechtgekomen (*fomites*) en vervolgens de slijmvliezen van de luchtwegen via auto-inoculatie besmetten.

De preventie van besmettingsrisico's is daarom gebaseerd op het voorkomen van elk contact met besmettelijke druppels en aerosolen en op handhygiëne na contact met mogelijk besmette oppervlakken voordat het mondmasker of het gezicht wordt aangeraakt. De basisregels die sinds het begin van de gezondheidscrisis van kracht zijn, blijven dus van toepassing.

Een essentiële eerste stap is het **bewaren van een afstand van minstens 1,5 m (bij voorkeur 2 m)** van andere personen om buiten het bereik van de zwaarste druppels en uit gebieden met een hoge concentratie aan infectieuze aerosolen te blijven.

Om de uitstoot over korte afstanden en ook de inademing van besmettelijke druppels te vermijden, is het **dragen van een mondmasker** onontbeerlijk. Dit masker moet zowel de neus, de mond als de kin bedekken.

Wat de bescherming tegen aerosolen betreft, biedt het dragen van een chirurgisch mondmasker helaas geen volledige bescherming. De aerosolen volgen gemakkelijk de luchtstromen en kunnen dus het mondmasker binnendringen via openingen langs de randen. Om effectief te zijn, moet alle ingeademde en uitgedemde lucht door de stof van het mondmasker gaan. Het is daarom essentieel dat het langs alle kanten goed aansluit. We merken op dat de effectiviteit van de mondmaskers voor het grote publiek (chirurgische en zelfgemaakte maskers) als bescherming tegen aerosolen flink varieert (van 26,5 % tot 79 % volgens Clapp et al., 2020; tot 30 % volgens Davies et al., 2013). FFP2-maskers (N95), die moeten worden voorbehouden voor gezondheidswerkers, bieden een betere bescherming tegen aerosolen met een theoretische effectiviteit van 94 %, die in de praktijk daalt tot gemiddeld 90 % bij uitademing en inademing, als gevolg van het verkeerd dragen en het niet correct aansluiten van het masker op het gezicht. Meer volledige aanbevelingen over het gebruik en de soorten maskers zijn beschikbaar op de website van Sciensano.

Bovendien blijft het virus enkele uren of zelfs dagen actief op oppervlakken. Het is daarom essentieel om **de handen regelmatig goed te wassen** met water en zeep of om een hydroalcoholische gel te gebruiken en om **geregeld alle oppervlakken te reinigen en/of te ontsmetten**<sup>13</sup>, vooral die oppervlakken die regelmatig worden aangeraakt (deurklinken, kranen, telefoonschermen). De ogen, neus en mond mogen niet worden aangeraakt om te voorkomen dat het virus hierop wordt overgedragen. Bovendien is het correcte gebruik van het masker ook van cruciaal belang: het masker moet goed de neus en mond bedekken en de handen moeten na elke aanraking met het masker worden gewassen.

Bij hoesten of niezen, moeten de mond en de neus worden afgedekt in de plooi van de elleboog of met een papieren zakdoekje dat vervolgens in een gesloten vuilnisbak wordt gegooid.

<sup>13</sup> Er wordt aanbevolen om harde/niet-poreuze oppervlakken die vaak worden aangeraakt, te desinfecteren met verdund bleekwater: <https://www.info-coronavirus.be/nl/news/ontsmetten/>.

**De klassieke basisregels om het risico op besmetting te beperken zijn:**

- **Bewaar een fysieke afstand van minstens 1,5 m, bij voorkeur 2 m, van andere personen;**
- **Draag een masker dat de neus en mond bedekt en goed op het gezicht aansluit;**
- **Was of ontsmet regelmatig de handen;**
- **Reinig en/of ontsmet oppervlakken geregeld.**

## 2.2 De concentratie van virussen in de lucht verdunnen: verluchten/ventileren

Het SARS-CoV-2-virus wordt veel vaker binnen overgedragen dan buiten. Dit heeft te maken met een gebrekkige verluchting. De concentratie van het virus neemt namelijk toe zolang een besmette persoon in de ruimte aanwezig is en de ruimte onvoldoende wordt geventileerd.

In de open lucht en in grote ruimtes worden de aerosolen die door geïnfekteerde personen worden verspreid, verdund door de grote hoeveelheid lucht die er aanwezig is. In kleinere, gesloten binnenruimtes hopen de geproduceerde aerosolen met virusdeeltjes zich echter op, waardoor hun concentratie toeneemt. Het risico neemt toe naarmate iemand langer in deze ruimte blijft.

Om het risico op virusconcentratie in binnenruimtes te verminderen, beveelt REHVA allereerst aan om binnenruimtes zo veel mogelijk te ventileren, aangezien dit een invloed heeft op de spreiding en de biologische lading van infectieuze aerosolen.

Het ventileren van een ruimte met 100 % verse lucht voorkomt immers de ophoping van virale deeltjes in de ruimte, door de lucht te vernieuwen.

Het France HCSP (HCSP a, 2020) stelt ook een verdunningsstrategie voor in gebouwen zonder mechanische ventilatie, samen met afdichtingsmaatregelen tussen verschillende ruimtes (bijvoorbeeld door een tochtstrip onderaan de deur te plaatsen) om de verspreiding van aerosolen met virusdeeltjes via de lucht van de ene ruimte naar de andere te beperken.

Een vloeistofmechanisch onderzoek dat werd uitgevoerd door de universiteit van Cambridge en is verschenen in het *Journal of fluid mechanics* (Baghat et al., 2020) onderzoekt de rol van ventilatie in gebouwen op de mogelijke routes van deeltjes in suspensie in de lucht. Het onderzoek benadrukt het belang van een goede ventilatie en het dragen van een mondmasker.

Het is belangrijk om hier scherp te stellen dat ventilatie niet de enige strategie mag zijn om de risico's te beperken, omdat die alleen een invloed kan hebben op het risico van besmetting op een afstand van meer dan 1,5 of 2 m van een geïnfekteerde persoon ("*far-field*"). Ventilatie is een manier om de verontreinigende stoffen - en dus de virale lading in het "*far-field*" van een ruimte - te verdunnen, maar zal niet helpen om het risico van besmetting door grote druppels en meer geconcentreerde aerosolen in de omgeving, zeer dicht bij de besmette persoon, te beperken. Ventilatie is dus geen vervanging voor het dragen van een mondmasker, het beperken van het aantal personen in een ruimte of het bewaren van fysieke afstand (zie punt 2.1).

**Om het risico op besmetting via aerosolen in de lucht in kleine, afgesloten binnenruimtes te verminderen, is de beste strategie om de concentratie van virussen in de lucht te verminderen door de ruimte voldoende met 100 % verse lucht te ventileren. Deze strategie heeft echter geen effect op het risico van besmetting door grote druppels op korte afstanden. Daarom blijft het, zelfs in een goed geventileerde ruimte, absoluut noodzakelijk om een mondmasker te dragen en fysiek afstand te houden.**



### 3 Ventilatie

#### 3.1 Inleiding – algemene ventilatieprincipes

In de volgende paragraaf wordt kort ingegaan op de algemene ventilatieprincipes. Een meer gedetailleerde beschrijving wordt met name voorgesteld in de technische voorlichting nr. 258 (2016) van de WTCB voor de woonsector<sup>14</sup>.

Het doel van ventilatie is te zorgen voor de verversing van de lucht in gebouwen, zodat de pollutanten uit de binnenlucht kunnen worden afgevoerd. Ventilatie bestaat uit de afvoer van vervuilde binnenlucht enerzijds en de toevoer van verse buitenlucht anderzijds.

De pollutanten in de binnenlucht die via ventilatie worden afgevoerd, zijn onder meer: CO<sub>2</sub> en bioeffluenten die door mensen worden uitgestoten, chemische pollutanten (uitgestoten door materialen en meubilair), biologische agentia (bacteriën, virussen), stof, vochtigheid die door mensen of bepaalde activiteiten wordt uitgestoten, enz.

Voor de basisventilatie zijn de ventilatieconcepten de volgende:

- Volledig natuurlijke ventilatie: natuurlijke toevoer van verse lucht via specifieke componenten (bijv. roosters in raamkozijnen), en natuurlijke afvoer van verontreinigde lucht via andere specifieke componenten (bijv. verticale kanalen en dakuitlaat);
- Mechanische afvoerventilatie: natuurlijke luchttoevoer van verse lucht zoals hierboven beschreven en mechanische afvoer van verontreinigde lucht;
- Mechanische toevoerventilatie (weinig gebruikt in België): mechanische toevoer van verse lucht en natuurlijke afvoer van verontreinigde lucht via andere specifieke componenten (bijv. verticale kanalen en dakuitlaat);
- Volledig mechanische ventilatie: mechanische toe- en afvoer.

Volledig mechanische ventilatie maakt over het algemeen een betere controle van de ventilatiedebieten mogelijk dan geheel of gedeeltelijk natuurlijke ventilatie. Volledig natuurlijke ventilatie is enkel afhankelijk van de natuurlijke drijvende krachten door wind en temperatuurverschillen tussen de binnen- en buitenlucht.<sup>15</sup>

Naast deze basisventilatie kan men door de ramen te openen ook bijdragen aan de verluchting en intensieve ventilatie van de ruimtes. In een gebouw zonder basisventilatiesysteem is de ramen openen de enige manier om de luchtverversing in het gebouw te garanderen. Net als voor de volledig natuurlijke ventilatie is de luchtverversing via de ramen afhankelijk van de drijvende krachten door wind en temperatuurverschillen tussen de binnen en buitenlucht. Deze maatregel is dus moeilijk controleerbaar, maar er bestaan wel oplossingen om de efficiëntie ervan te verbeteren.<sup>16</sup>

Ventilatie vormt een belangrijk onderdeel van veel types constructies en gebouwen, zowel individuele woningen en appartementsgebouwen als kantoren, hotels, zorginstellingen en ziekenhuizen, van kleine handelszaken tot grote winkelcentra, maar ook van voertuigen (auto's, treinen, vliegtuigen, schepen).

<sup>14</sup> Dit document is betalend voor niet-leden van de WTCB. Andere informatiebronnen zijn:

<https://energieplus-lesite.be/>

<https://omgeving.vlaanderen.be/bouw-gezond>

[https://omgeving.vlaanderen.be/sites/default/files/atoms/files/Fiches\\_ventilatie\\_2017.pdf](https://omgeving.vlaanderen.be/sites/default/files/atoms/files/Fiches_ventilatie_2017.pdf)

<https://www.cstc.be/homepage/index.cfm?cat=publications&sub=search&serie=14&id=CSTC99594>

<sup>15</sup> Gedeeltelijk natuurlijke systemen zijn ook afhankelijk van natuurlijke drijvende krachten, maar in mindere mate dan volledig natuurlijke systemen vanwege de mechanische component.

<sup>16</sup> Zie bijvoorbeeld de richtlijnen van het ministerie van Onderwijs in Vlaanderen: in klaslokalen zonder mechanisch ventilatiesysteem, wordt aanbevolen om te ventileren door de ramen te openen en tegelijkertijd 2 strategieën toe te passen: ramen openen in tegenoverliggende muren en een schoorsteeneffect creëren door ramen op verschillende hoogtes te openen. (<https://onderwijs.vlaanderen.be/nl/coronamaatregelen-verlucht-en-ventileer-voldoende#adviezen-lokalen-zonder-mechanisch>)

In sommige gebouwen maakt ventilatie deel uit van het bredere concept voor verwarming, ventilatie en airconditioning (afgekort, VVA) of in het Engels *heating, ventilation and air-conditioning* (afgekort *HVAC*). Dit is een set van technieken die enerzijds gericht zijn op een goede luchtkwaliteit, maar anderzijds ook op hygrothermisch comfort, met name dankzij de eventuele verwarming, koeling, bevochtiging en ontvochtiging.

In sommige van deze systemen wordt de lucht gedeeltelijk (of volledig) opnieuw in de ruimte geblazen voor verwarmings- of koelingsdoeleinden (recirculatie).

Sommige (bijvoorbeeld mechanische) ventilatiesystemen en HVAC-systemen zijn uitgerust met filters. Het primaire doel van deze filters is om het systeem en de componenten te beschermen tegen vuil. In sommige gevallen kan filtratie ook worden gebruikt om de kwaliteit van de verse lucht te verbeteren of om de lucht die opnieuw de ruimte wordt ingeblazen tot op zekere hoogte te zuiveren.

**Mechanische ventilatie maakt over het algemeen een betere controle van de luchtstromen mogelijk dan geheel of gedeeltelijk natuurlijke ventilatie. Volledig natuurlijke ventilatie is enkel afhankelijk van de stuwende krachten door wind- en temperatuurverschillen tussen de binnen- en buitenlucht. Sommige (bijvoorbeeld mechanische) ventilatiesystemen en HVAC-systemen zijn uitgerust met filters. Het primaire doel van deze filters is om het systeem en de componenten te beschermen tegen vuil. In sommige gevallen kan filtratie ook worden gebruikt om de kwaliteit van de verse lucht te verbeteren of om de lucht die opnieuw de ruimte wordt ingeblazen tot op zekere hoogte te zuiveren.**

## 3.2 Impact van ventilatie

### 3.2.1 Modellen

Er circuleren veel waarden en risicoberekeningsmodellen over het risico op aerogene besmetting over grote afstanden, waaronder het Wells-Riley-model. REHVA stelt op zijn website een berekeningsinstrument voor dat gebaseerd is op dit model en dat het effect van ventilatie op het risico op een SARS-CoV-2-infectie via de lucht inschat. Het wordt gebruikt om het risico op een luchtwegeninfectie via de lucht door mensen die gedurende een bepaalde periode in een kamer verblijven, te beoordelen. Hiervoor dient men het totale aantal personen in de ruimte te kennen, evenals de reeds besmette personen, de grootte van de ruimte, het ventilatieniveau, het kwantumgehalte (d.w.z. de hoeveelheid micro-organismen die door een persoon worden uitgestoten, maar die momenteel nog een belangrijke onzekerheidsfactor is), het inademdebiet (tussen 6 en 15 l/min in rust, maar tot 50 - 60 l/min tijdens zware lichamelijke inspanningen), de verblijftijd, andere middelen om het virus te elimineren (afzetting, natuurlijke afbraak), enz. Opgemerkt moet worden dat de risicobeoordelingen die met deze gegevens worden uitgevoerd, het werkelijke risico voor mensen in de buurt van de besmettelijke bron aanzienlijk kunnen onderschatten, omdat dit model uitgaat van een situatie waarin de lucht perfect gemengd is in de ruimte, en dat het alleen betrekking heeft op de overdracht via aerosolen, niet op de overdracht via druppels over een korte afstand.<sup>17</sup>

Hoewel beoordelingen op basis van deze modellen een goede indicatie geven van de risico's, blijven ze gepaard gaan met veel onzekerheden<sup>18</sup> en vereenvoudigingen omdat ze gebaseerd zijn op een aantal parameters die op dit moment nog zeer onzeker zijn (bijvoorbeeld het kwantumgehalte). Ze worden alleen gebruikt om een grootteorde in te schatten en om de

<sup>17</sup> De grootste beperking van dit model is dat het een globaal model is, dat geen rekening houdt met de lokale verdeling van de pollutanten en de wijze waarop de ventilatie hiermee interageert. Zoals verschillende onderzoekers, zoals Baghat et al. 2020, hebben benadrukt, is dit een belangrijk aspect bij de beoordeling van de ventilatie-efficiëntie en van de binnenluchtkwaliteit.

<sup>18</sup> "Alle modellen zijn verkeerd, maar sommige zijn nuttig." (George Box)

trends bij bepaalde maatregelen (ventilatie, verblijfsduur, het dragen van een masker) te onderzoeken.<sup>19</sup>

Men dient dus in het achterhoofd te houden dat het onmogelijk zal zijn om een ventilatieniveau vast te stellen die het risico op besmetting volledig uitsluit, of om nauwkeurig het ventilatieniveau vast te stellen dat nodig is om het risico sterk te verkleinen.

De enige zekerheid is dat het risico hoog is in niet of slecht geventileerde ruimten, vooral wanneer er in verhouding tot het oppervlak en het volume van de ruimte, veel mensen aanwezig zijn, waarin de virusconcentratie in de omgevingslucht sneller toeneemt als er besmettelijke personen aanwezig zijn, en dat het risico niet kan worden weggenomen door alleen op de ventilatiefactor in te grijpen. Daarom moeten in een situatie van hoge viruscirculatie gesloten, slecht of niet geventileerde en overbevolkte plaatsen koste wat het kost worden vermeden.

**De HGR beklemtoont dat het onmogelijk zal zijn om een ventilatieniveau vast te stellen die het risico op besmetting volledig uitsluit, of om nauwkeurig het ventilatieniveau vast te stellen dat nodig is om het risico sterk te verkleinen. De enige zekerheid is dat het risico hoog is in niet of slecht geventileerde ruimten, vooral wanneer er in verhouding tot het oppervlak en het volume van de ruimte, veel mensen aanwezig zijn, waarin de virusconcentratie in de omgevingslucht sneller toeneemt als er besmettelijke personen aanwezig zijn.**

### 3.2.2 Dynamica van de luchtmassa

Een andere moeilijkheid is dat de lucht niet gelijkmatig over het gebouw wordt verdeeld, waardoor de concentraties van het virale materiaal binnen hetzelfde gebouw ook aanzienlijk kunnen variëren van de ene plaats tot de andere. Luchtstromen binnen een ruimte kunnen immers zeer complex en turbulent zijn. Ze worden beïnvloed door de positie en het type van de luchttoevoer- en luchtafvoeropeningen, en worden verstoord door alle elementen die in de ruimte aanwezig zijn (mensen, meubilair, enz.), de activiteiten die in de ruimte plaatsvinden, eventuele verwarmingssystemen, enz. Ook het openen van ramen en deuren en de weersomstandigheden buiten bij natuurlijke en gedeeltelijk mechanische ventilatie hebben een belangrijke invloed (Bhagat et al., 2020).

Het is daarom essentieel om rekening te houden met de plaatselijke luchtstroomomstandigheden om de vorming van zones met verontreinigde lucht te voorkomen en geschikte ventilatiesystemen te ontwerpen. Erger nog, in sommige situaties kan door ongunstige luchtstromingen een hoger ventilatievoud leiden tot hogere deeltjes- en aerosolconcentraties in bepaalde zones.

In veel gevallen is de ventilatie gebaseerd op het mengprincipe. De luchttoevoeropeningen zijn zo ontworpen dat de verse lucht wordt gemengd met de omgevingslucht van de ruimte en dat de verontreinigde lucht vervolgens wordt afgevoerd naar een andere plaats, of soms zelfs naar een andere ruimte (gang, sanitaire voorzieningen, enz.). De door het ventilatiesysteem aangevoerde luchtstroom zorgt dus voor een verdunning van de concentratie van pollutanten in de hele ruimte.

In de praktijk verloopt de vermenging evenwel over het algemeen niet perfect. Zones met hogere of lagere verontreinigingsconcentraties zijn mogelijk. Sommige luchtstromen kunnen bijvoorbeeld ook pollutanten van de ene zone in de ruimte naar een andere zone van dezelfde

<sup>19</sup> Opgemerkt moet worden dat in deze context CFD-modellen (*computational fluid dynamics*) een zeer krachtig instrument zijn, omdat ze een overzicht kunnen geven van de luchtstromen in een ruimte en dus van de beweging van virale deeltjes. In theorie kan op basis van deze modellen een "blootstelling" worden berekend, maar ze zijn zeer complex en hangen nauw samen met (de nauwkeurigheid van) de grensvoorwaarden. Een CFD-model moet altijd worden gevalideerd met metingen om de nauwkeurigheid ervan te garanderen. Om het besmettingsrisico in te schatten, wordt het Wells-Riley-model aanbevolen. (Zie ook: <https://www.rehva.eu/rehva-journal/chapter/calculating-the-risk-of-infection>).

ruimte verplaatsen. Om deze ongewenste luchtstromen te vermijden, moeten de luchttoevoeren in voldoende grote getale worden ontworpen, op de juiste manier worden verspreid en voorzien zijn van een voor elke toepassing (plafond, wand, enz.) geschikt luchtrooster.

Verdringingsventilatie is een bijzonder concept van luchtverdeling in een ruimte dat erop gericht is om het temperatuurverschil tussen de koudere verse lucht en de warmere verontreinigde lucht te benutten om een verticale stratificatie van de lucht te bekomen (met een schonere zone onderin en een meer verontreinigde zone bovenin), om de ruimte efficiënter te ventileren dan bij ventilatie door vermenging. Verdringingsventilatie werkt het best in ruimten met hoge plafondhoogte, zoals vergaderzalen, bioscopen, enz.<sup>20</sup> Verdringingsventilatie vergt een specifiek ontwerp en specifieke componenten (bijv. luchttoevoer op vloerniveau met trage snelheid, en afvoer van de verontreinigde lucht ter hoogte van het plafond). Deze ventilatie is ook vrij gevoelig voor verstoringen van de luchtstromen in de ruimte (bijv. beweging van mensen) en kan niet in alle gevallen worden toegepast. Dit systeem is niet verenigbaar met het openen van ramen.

**Het is essentieel om rekening te houden met de plaatselijke luchtstroomomstandigheden om de vorming van zones met verontreinigde lucht te voorkomen en geschikte ventilatiesystemen te ontwerpen.**

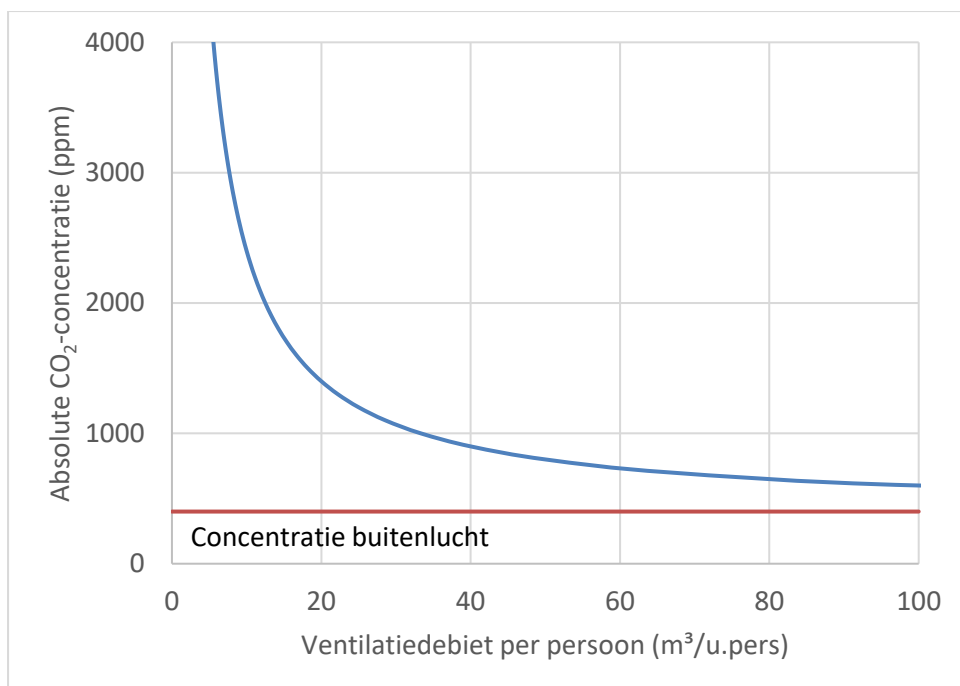
### 3.2.3 Luchtkwaliteit

Luchtkwaliteit is een complex concept, dat afhankelijk is van de bronnen van de pollutanten (er zijn veel verschillende pollutanten) in een ruimte en van de snelheid waarmee de lucht in die ruimte wordt verversd. Tot op heden bestaat er geen wetenschappelijke consensus over een universele luchtkwaliteitsindicator of over een ventilatievoud die de gezondheid van de gebruikers van de ruimte onvoorwaardelijk waarborgt. Historisch gezien houden de in de normen en regelgevingen voorgeschreven ventilatiedebieten verband met het comfort van de gebruikers van de ruimte en met het begrip luchtkwaliteit dat wordt waargenomen door de gebruikers.

De concentratie aan pollutanten in een ruimte (voor een bepaalde bron) neemt omgekeerd af met een toename van het ventilatiedebiet, en dit asymptotisch. Er bestaat dus geen debiet waarbij de concentratie aan pollutanten nul is, zoals blijkt uit de volgende grafiek:

---

<sup>20</sup> Deze systemen zijn alleen efficiënt voor hoge ruimtes (> 4 m); niet voor klassieke ruimtes (< 3 m), waar de luchtlaag boven de mensen niet erg dik is.



Afbeelding: Illustratie van de CO<sub>2</sub>-concentratie in een lokaal in functie van het ventilatiedebiet per persoon (bij een CO<sub>2</sub>-uitstoot van 20 l/u per persoon)

De meest recente EN-norm op dit gebied, NBN EN 16798-1, definieert 4 luchtkwaliteitscategorieën en de overeenkomstige standaardluchtdebietwaarden, gebaseerd op de methode voor de waargenomen luchtkwaliteit:

	Luchtkwaliteit	Debiet per persoon (l/s)
I	<i>High</i>	10
II	<i>Medium</i>	7
III	<i>Moderate</i>	4
IV	<i>Low</i>	2,5

Het aanbevolen ventilatiedebiet is 10 liter per seconde per persoon in een kantoor (Atkinson et al., 2009). Onder normale omstandigheden komt dit dus neer op een toevoer van ongeveer 36 à 40 m<sup>3</sup> verse lucht per persoon en per uur. In het kader van COVID-19 zijn berekeningen gepubliceerd waaruit blijkt dat, afhankelijk van de blootstellingsduur, het aantal personen per vierkante meter en het volume van de ruimte, de behoefte aan verse lucht tienmaal zo groot kan zijn, vooral voor kleine gesloten ruimten (Sun & Zhai, 2020). Dit is waarschijnlijk veel minder een probleem voor grote, hoge zalen. Het dient echter opgemerkt te worden dat dit slechts modellen zijn die op vele veronderstellingen en onzekerheden zijn gebaseerd - met name de stabiliteit van het virus in een aerosol in de loop van de tijd; zij moeten dus worden gerelativeerd.

In de context van infectieziekten zoals COVID-19 hebben studies aangetoond dat de overdracht van het virus via de lucht in verband kan worden gebracht met deeltjes die zich gedragen als passieve scalairen (d.w.z. contaminanten die in zulke lage concentraties aanwezig zijn dat ze geen effect hebben op de vloeistofbeweging en zich dus mee verplaatsen met de hoofdstroom).

Volgens de meeste adviezen, met name de aanbevelingen van REHVA, is het ventilatieniveau dat het risico voldoende beperkt, vergelijkbaar met dat van de huidige normen die in de regelgeving zijn vastgelegd. Deze normen zijn echter vastgesteld voor niet-microbiële polluenten in de lucht, terwijl voor microbiële risico's de in aanmerking te nemen deeltjesconcentratie varieert naar gelang van de besmettingsdosis - die voor COVID 19 niet

bekend is. In dit verband moet worden opgemerkt dat voor tuberculose het inhaleren van één enkele tuberculosebacil voldoende is om besmet te raken. **Het lijkt dan ook gepast om te streven naar hogere ventilatieniveaus dan die welke in de regelgeving zijn vastgesteld.** Probabiliteitsmodellen voor het oplopen van een SARS-CoV-2-infectie laten eveneens zien dat in veel "normale" en frequente situaties de ventilatie die nodig is om de waarschijnlijkheid van een infectie te verminderen tot 2 % (wat nog altijd hoog is), aanzienlijk hoger is dan het aanbevolen ventilatiedebiet van 10 liter per seconde (of 36 m<sup>3</sup> per uur) per persoon in een kantoor (Atkinson e.a., 2009) en waarden kan bereiken van 140 m<sup>3</sup> (30 minuten blootstellingstijd) tot meer dan 1000 m<sup>3</sup> per uur per persoon (4 uur blootstellingstijd) (Sun & Zhai, 2020).

**Tot op heden bestaat er geen wetenschappelijke consensus over een universele luchtkwaliteitsindicator of over een ventilatievoud die de gezondheid van de gebruikers van de ruimte onvoorwaardelijk waarborgt. De huidige normen voor het ventilatiedebiet zijn vastgesteld voor niet-microbiële pollutanten in de lucht. Aangezien de besmettelijke dosis SARS-CoV-2 op dit moment onbekend is, beveelt de HGR aan om te streven naar een ventilatievoud die een pak boven de huidige normen ligt.**

#### 3.2.4 Regelgeving

Er zijn twee regelgevingen met betrekking tot de ventilatievereisten:

- a) De **EPB-regelgeving** inzake de energieprestaties van gebouwen op gewestelijk niveau, die een minimumontwerpdebiet oplegt voor de aanvoer, doorstroming en afvoer van lucht in verschillende types ruimtes, afhankelijk van hun gebruik (residentieel/niet-residentieel). De installatie van een basisventilatiesysteem is verplicht. Er zijn slechts 4 ventilatieconcepten toegestaan (natuurlijke ventilatie, mechanische afvoerventilatie, mechanische toevoerventilatie, mechanische toe- en afvoerventilatie). In niet-residentiële gebouwen bedraagt het minimale ontwerpventilatiedebiet 22 m<sup>3</sup>/u per persoon verse lucht voor ruimten die bestemd zijn voor menselijke bezetting. De bezettingsgraad van een ruimte wordt bepaald door het ontwerpteam. De minimale waarden voor de bezettingsgraad voor de verschillende soorten ruimten zijn in de regelgeving vastgelegd.
- b) De onlangs herziene<sup>21</sup> **federale wet op het welzijn en de code voor welzijn op het werk**, waarvan de algemene beginselen en de uitvoering in een praktische richtlijn<sup>22</sup> zijn vastgelegd, stelt bepaalde eisen aan de luchtverversing op de werkplek. De werkgever moet onder andere een risicoanalyse uitvoeren om technische en/of organisatorische maatregelen te treffen om voldoende luchtkwaliteit te garanderen. De eis is geformuleerd als een minimaal te bereiken ventilatiedebiet of een maximale CO<sub>2</sub>-concentratie die niet mag worden overschreden. De basiseis is een minimaal debiet van 40 m<sup>3</sup>/u per persoon of een maximale CO<sub>2</sub>-concentratie van 900 ppm. In afwijking van deze basiseis kunnen waarden van 25 m<sup>3</sup>/u per persoon en 1 200 ppm van toepassing zijn als uit de risicoanalyse blijkt dat de luchtkwaliteit gelijkwaardig is, bijvoorbeeld door het gebruik van vloerbedekkingsmaterialen die weinig pollutanten afgeven. Dit verplicht de werkgever om een risicoanalyse uit te voeren, die ook moet worden uitgevoerd voor alle fysische, chemische en biologische agentia, en die moet aangeven wat de beste manier is om de luchtkwaliteit te verbeteren. Als vandaag de dag niet aan de eisen kan worden voldaan, moet er een actieplan worden opgesteld.<sup>23</sup>

<sup>21</sup> Koninklijk besluit van 2 mei 2019 tot wijziging van de codex over het welzijn op het werk inzake de binnenluchtkwaliteit in werklokalen.

<sup>22</sup> <https://werk.belgie.be/nl/nieuws/praktijkrichtlijn-binnenluchtkwaliteit-werklokalen>

<sup>23</sup> "Voor bestaande gebouwen die nog niet aan deze normen kunnen voldoen, moet een actieplan worden ontwikkeld om ervoor te zorgen dat op termijn aan deze normen wordt voldaan. Er moet een stapsgewijze planning worden opgesteld om de situatie geleidelijk te verbeteren door middel van maatregelen op korte, middellange en lange termijn."

Terwijl de EPB-regelgeving van toepassing is op nieuwbouw en de eisen vastlegt voor de gebouwen, is de wetgeving "welzijn op het werk" van toepassing op alle nieuwe en bestaande gebouwen en legt zij de vereisten vast waaraan de werkgever moet voldoen.<sup>24</sup>

Vandaag rijzen er veel vragen over gebouwen zonder gecontroleerde mechanische ventilatie - de beste voorbeelden hiervan zijn de meeste scholen<sup>25</sup> en de oudere zorginstellingen. Deze zijn misschien momenteel niet allemaal geheel wettelijk in orde. De enige mogelijke optie op dit moment is om de lokalen op een natuurlijke manier te verluchten door de ramen te openen. Hoewel het op dit moment de enige oplossing is, is deze situatie niet ideaal of duurzaam op lange termijn. In de eerste plaats is het in de winter moeilijk om ramen te openen, omdat dit leidt tot aanzienlijke ongemakken op het vlak van de omgevingswarmte. Ten tweede is luchtverversing door ramen te openen slecht gecontroleerd op het vlak van het debiet (variabel debiet naargelang van de omstandigheden buiten), de luchtverdeling en het energieverbruik. De HGR raadt de overheid ten zeerste aan om de installatie van een ventilatiesysteem dat voldoet aan de geldende normen te voorzien voor deze gebouwen - en voor elk gebouw waar een aanzienlijk aantal mensen lange tijd moet verblijven. Bij gebrek aan een basisventilatie volgens de normen (bv. de meeste scholen) is het continu openen van ramen de enige manier een hoger ventilatievoud te krijgen.

**De HGR raadt de overheid ten zeerste aan om de installatie van een ventilatiesysteem dat voldoet aan de geldende normen te voorzien voor elk gebouw waar een aanzienlijk aantal mensen lange tijd moet verblijven. De HGR vestigt de aandacht op het feit dat, wat betreft het beperken van het COVID-risico, de bestaande normen ruimschoots ontoereikend zijn bij een hoge bezettingsgraad van de ruimten. Bij gebrek aan een basisventilatie volgens de normen (bv. de meeste scholen) is het continu openen van ramen de enige manier een hoger ventilatievoud te krijgen.**

### 3.2.5 Debieten en luchtverversingen uitgevoerd in de praktijk

Het bereikte debiet of het ventilatievoud<sup>26</sup> in een bepaalde ruimte is afhankelijk van het aanwezige ventilatiesysteem, het ontwerp en eventueel de omstandigheden buiten (wind en temperatuurverschil).

Een basisventilatiesysteem, bijvoorbeeld ontworpen volgens de EPB-voorschriften, moet het debiet kunnen realiseren waarvoor het is ontworpen. In sommige gevallen kan het systeem ontworpen zijn voor een hoger debiet dan het minimumdebiet dat in de regelgeving is vastgelegd. Gedeeltelijk of volledig natuurlijke systemen hebben een werkelijk debiet dat afhangt van omstandigheden buiten (wind en temperatuurverschil). Aangezien de debieten in de regelgevingen per persoon worden uitgedrukt, is het totale debiet en het ventilatievoud van een bepaalde ruimte afhankelijk van de ontwerpbezettingsgraad van die ruimte. De grootteorde van het ventilatievoud voor een systeem dat voldoet aan de regelgeving is in het algemeen vaak van de orde van 1 ACH. **Deze waarde is echter duidelijk onvoldoende om een SARS-CoV-2-infectie te voorkomen.**

In de procedure "Beheersing van SARS-CoV-2 infecties voor de tandartspraktijk" (Sciensano, 2020) besluit de *Risk Management Group* (RMG, 2020): "Om contaminanten in de lucht met 90 % te verminderen, zijn 2,5 luchtverversingen nodig." In een kantoor met een bezetting van

<sup>24</sup> De regelgeving bepaalt dus de eisen en voorziet een kader voor de controle (inclusief boetes). In de praktijk zijn het waarschijnlijk de adviseurs voor preventie en bescherming op het werk die de risicoanalyse en de ontwikkeling van een actieplan op zich zullen nemen, en de controles zouden door het federale niveau moeten worden uitgevoerd.

<sup>25</sup> Cf. de studie van Baloch et al. 2020 over de binnenomgeving van 115 scholen in 23 Europese landen toonde aan dat het mediane CO<sub>2</sub>-gehalte in de klaslokalen 1369 ppm was, het mediane ventilatiedebiet was 0,40 ACH. (<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969720333908?via%3Dihub>)

<sup>26</sup> Opmerking: Het ventilatieniveau van een ruimte kan worden uitgedrukt in debiet (bijv. m<sup>3</sup>/u.) of ventilatievoud (uitgedrukt in ACH). Een debiet (in m<sup>3</sup>/u.) kan worden omgerekend naar een ventilatievoud (in ACH) door dit te delen door het volume van de ruimte (in m<sup>3</sup>).

15 m<sup>2</sup>/persoon en een plafondhoogte van 2,5 m komt dit neer op een capaciteit van 94 m<sup>3</sup>/u. per persoon.

Dit betekent dat in de meeste gevallen **een normale bezetting<sup>27</sup> van de ruimte niet mogelijk is om een zo hoog mogelijk ventilatiedebiet per persoon in de ruimte te garanderen,<sup>28</sup> niet alleen door de beperkingen van het aanwezige ventilatiesysteem, maar ook vanwege de noodzaak om het warmtecomfort van de gebruikers van de ruimte te garanderen (bijv. zonder in putje winter de ramen te openen).**

Het aantal luchtverversingen per uur bij natuurlijke ventilatie is afhankelijk van vele factoren zoals de grootte van de ruimte, de wind, oriëntatie van de ruimte, enz. Zo kan het openen van ramen in sommige gevallen een significant hoger ventilatievoud opleveren dan een basisventilatiesysteem, tot ongeveer 10 ACH onder goede omstandigheden. Daarom spreken we dan ook over intensieve ventilatie.

In een modern zorggebouw wordt de lucht met de ramen en deuren open gemiddeld 17 keer per uur verversd (Escombe et al., 2007), wat meer is dan het minimum van 12 luchtverversingen per uur dat door de WHO wordt aanbevolen bij aerosolproducerende processen (WHO b, 2020). Op dezelfde manier benadrukt de Duitse IRK (*Innenraumlufthygiene Kommission* - Commissie voor binnenluchthygiëne) voor klaslokalen (60 - 75 m<sup>3</sup>; 20 - 30 leerlingen) de noodzaak om de ramen tijdens elke pauze (gedurende meer dan 5 minuten) wijd open te zetten om het niveau van de luchtverversing in de lokalen tijdelijk te verhogen.<sup>29</sup> Voor langere lessen (meer dan 45 minuten) raadt de IRK aan de ramen permanent open te houden. Soortgelijke aanbevelingen worden geformuleerd door het Vlaamse ministerie van Onderwijs.<sup>30</sup>

De ramen kortstondig openen is inderdaad alleen effectief voor de snelle verwijdering van pollutanten, maar niet voor continue luchtverversing. De ramen zullen daarom enkel in aanvulling op andere maatregelen voor voortdurende ventilatie kortstondig worden geopend. Bovendien moet worden bedacht dat deze maatregel niet controleerbaar is, tenzij er specifieke configuraties worden gebruikt (zie paragraaf 3.2.2 - Dynamica van de luchtmassa). De aerosols kunnen door luchtstromen over grote afstanden worden vervoerd, waardoor het risico op infectie van mensen in de stromingsrichting toeneemt.

Een ventilatiesysteem kan, als het efficiënt is, ervoor zorgen dat de luchtkwaliteit weer op het juiste niveau komt nadat een infectiebron gedurende een bepaalde periode actief is geweest. Een ventilatiesysteem heeft echter weinig effect wanneer de afstand tussen verschillende mensen die praten, schreeuwen, zingen, lachen, hoesten en niezen in een ruimte zo groot is dat de deeltjes die de ene persoon uitstoot, de andere bereiken voordat ze worden getransporteerd (bijvoorbeeld in de bovenste laag van de besmette lucht). Dit beklemtoont het belang om gezichtsbedekkingsmiddelen te dragen en om minstens 1,5 m afstand te houden, zelfs bij goed ontworpen ventilatiesystemen (Bhagat et al., 2020).

**Het ventilatievoud voor een systeem dat voldoet aan de EPB-regelgeving is in het algemeen van de grootte-orde van 1 ACH. Deze waarde is echter duidelijk onvoldoende om een SARS-CoV-2-infectie te voorkomen en er moet worden gestreefd naar veel hogere ventilatiedebieten per persoon in de ruimte dan in normale situaties. Dit betekent dat een normale ruimtebezetting meestal niet mogelijk is. Toch heeft een ventilatiesysteem weinig effect als de afstand tussen mensen zo klein is dat de**

<sup>27</sup> Zoals bepaald in de EPB-regelgeving, bv. 15 m<sup>2</sup> per persoon voor kantoren.

<sup>28</sup> Het is raadzaam om de ventilatiedebieten aan te passen op basis van het gebruik van de ruimtes, zo niet zal het energieverbruik stijgen. Het is inderdaad nutteloos om grote (bijna) ongebruikte ruimtes continu en met maximaal debiet te ventileren.

<sup>29</sup> De ramen kortstondig openen is alleen effectief voor de snelle verwijdering van pollutanten, maar niet voor continue luchtverversing. De ramen zullen daarom enkel in aanvulling op andere maatregelen kortstondig worden geopend.

<sup>30</sup> Voor het Vlaamse onderwijs: <https://onderwijs.vlaanderen.be/nl/coronamaatregelen-verlucht-en-ventileer-voldoende>



**uitgestoten deeltjes de anderen bereiken voordat ze worden getransporteerd. Dit beklemtoont het belang om gezichtsbedekkingsmiddelen te dragen en om minstens 1,5 m, bij voorkeur 2 m, afstand te houden, zelfs bij goed ontworpen ventilatiesystemen.**

### 3.2.6 Controle van de luchtkwaliteit: indicatoren voor het CO<sub>2</sub>-peil

Een zeer goede indicatie van de binnenluchtkwaliteit van een ruimte, en dus van de kwaliteit van de ventilatie, kan worden verkregen door het meten van het CO<sub>2</sub>-peil in de ruimte. De lucht die wordt uitgeademd door de mensen die in een ruimte aanwezig zijn, verhoogt immers snel de CO<sub>2</sub>-concentratie. Er is dus een direct verband tussen de CO<sub>2</sub>-concentratie, het aantal personen in de ruimte en het ventilatiedebiet<sup>31</sup> - voor zover er naast de aanwezigheid van personen geen andere bronnen van CO<sub>2</sub> in de ruimte zijn (bv. mobiele verwarmingsapparaten zonder afvoer naar buiten, chemische of industriële processen, enz.) Deze relatie is afhankelijk van het gemiddelde CO<sub>2</sub> productie van de mensen. Dit percentage neemt toe naar gelang hun fysieke activiteit<sup>32</sup>. Voor kantoorwerk ligt het rond de 20 l/u per persoon<sup>33</sup>. Zo komt bijvoorbeeld een CO<sub>2</sub>-concentratie van 900 ppm overeen met een debiet van verse luchtaanvoer van 40 m<sup>3</sup>/u per persoon.<sup>34</sup>

Net als bij het ventilatiedebiet bestaat er geen internationale consensus over de maximale CO<sub>2</sub>-concentratie die overeenkomt met een voldoende luchtkwaliteit. De regelgeving voor de werkplek bepaalt een maximale waarde van 900 ppm (of 1 200 ppm in het geval van vloerbekledingen die weinig pollutanten afgeven). REHVA adviseert een debiet van < 800 ppm in het kader van Covid-19, wat overeenkomt met een minimaal debiet van 50 m<sup>3</sup>/u per persoon. Ter vergelijking: de CO<sub>2</sub>-concentratie in de (verse) buitenlucht is ongeveer 400 ppm.<sup>35</sup>

Op basis van een bezetting van 1 persoon/15 m<sup>2</sup> en een plafondhoogte van 2,5 m (1 persoon in een ruimte van 37,5 m<sup>3</sup>), en een debiet van 50 m<sup>3</sup>/u, zou de evolutie van het CO<sub>2</sub>-peil gedurende het eerste uur van de ruimtebezetting ruim onder 800 ppm blijven<sup>36</sup>, zoals blijkt uit de volgende simulatie:

<sup>31</sup>Een instrument om de evolutie van de CO<sub>2</sub>-concentraties te simuleren in functie van de ventilatie, de grootte van de ruimte en het aantal aanwezigen is beschikbaar op de website van de *Belgian Society for Occupational Hygiene*: [Webapps | Belgian Society for Occupational Hygiene \(BSOH\)](#).

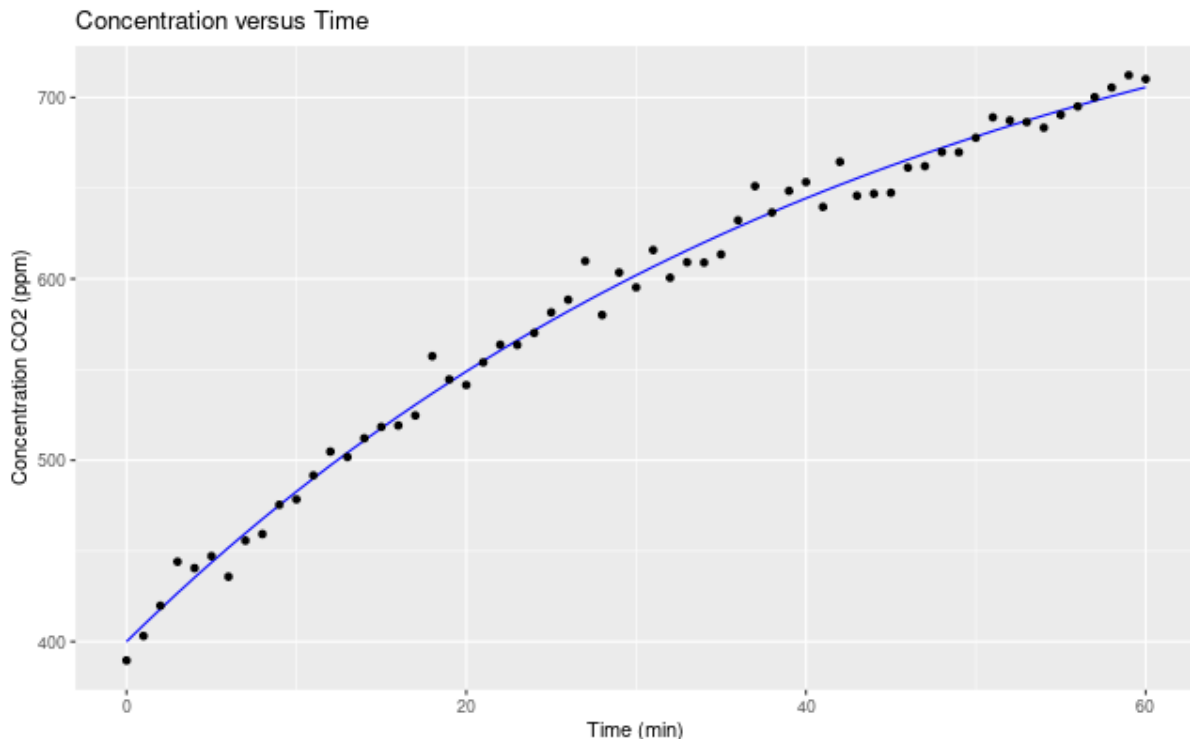
<sup>32</sup> De concentratie CO<sub>2</sub> in de door een individu uitgeademde lucht bedraagt ongeveer 40 000 tot 53 000 ppm CO<sub>2</sub>.

<sup>33</sup>Voor andere indicatieve waarden, zie richtlijn op: <https://werk.belgie.be/nl/nieuws/praktijkrichtlijn-binnenluchtkwaliteit-werklokalen>

<sup>34</sup> REHVA: "2 L/s per m<sup>2</sup> ventilation [...] is capable to keep CO<sub>2</sub> concentration below 800 ppm if there is at least 7 m<sup>2</sup> floor area per occupant. In the case of smaller ventilation rate of 1 L/s per m<sup>2</sup>, at least 10 m<sup>2</sup> per person is needed to keep CO<sub>2</sub> concentration below 1000 ppm."

<sup>35</sup> <https://www.climate.gov/news-features/understanding-climate/climate-change-atmospheric-carbon-dioxide>

<sup>36</sup> Er moet op worden gewezen dat als de tijd wordt verlengd, de evenwichtconcentratie ongeveer de hierboven berekende waarde zal bereiken: 50 m<sup>3</sup>/u = 900 ppm.



([BSOH CO<sub>2</sub> simulator](#) | [Belgian Society for Occupational Hygiene \(BSOH\)](#))

(Gebruikte waarden: 1 volwassene (grootte 1,75 m, gewicht 75 kg, ademhalingsquotiënt 0,83, MET 1,2), CO<sub>2</sub>-productie 21 l/uur, in een ruimte van 37,5 m<sup>3</sup>, ventilatiedebiet 50 m<sup>3</sup>/u, CO<sub>2</sub>-peil buitenlucht van 400 ppm.)

Hoewel REHVA deze waarde van 800 ppm in het kader van COVID-19 aanraadt, is de HGR van oordeel dat ze in veel situaties in het kader van COVID-19 (Sun & Zhai, 2020) niet voldoende is en dat er moet worden gestreefd naar waarden die zo dicht mogelijk bij het CO<sub>2</sub>-peil van de buitenlucht liggen.

Deze relatie tussen debiet en CO<sub>2</sub>-concentratie rechtvaardigt het gebruik van CO<sub>2</sub>-sensoren<sup>37</sup> om te controleren of de ruimte voldoende wordt geventileerd (Scheff et al., 2000). Als het niet mogelijk is om de ruimte meer te ventileren, en dus het CO<sub>2</sub>-gehalte verder te verlagen, betekent dit dat de ruimte niet geschikt is voor het aantal aanwezigen en/of de activiteiten die er worden uitgevoerd.

CO<sub>2</sub>-sensoren kunnen ook worden gebruikt als indicator om de waarschijnlijkheid van besmetting met aerogene ziekteverwekkers te beoordelen met behulp van benaderingen zoals de Wells-Riley-vergelijking (zie paragraaf 3.2.1 - Modellen). Het gebruik van CO<sub>2</sub>-sensoren is immers in het verleden succesvol geweest bij de bestrijding van aerogene ziekteverwekkers, met name bij de bestrijding van tuberculose (Du et al., 2019; Richardson, 2014).

Deze benadering is gebaseerd op het feit dat de uitgeademde lucht natuurlijk niet alleen koolstofdioxide bevat, maar ook potentieel besmettelijke aerosolen. Ventilatie, door het binnenbrengen van buitenlucht, verdunt de concentratie van besmettelijke deeltjes, waardoor de blootstelling aan deze deeltjes wordt verminderd. In het kader van de strijd tegen COVID-19 kan het meten van het CO<sub>2</sub>-peil dus ook nuttig zijn.

<sup>37</sup> Systemen om het CO<sub>2</sub>-peil in de omgevingslucht te meten.

Naar aanleiding van incidenten met superverspreiders, zoals het geval met het koor in Washington, bevelen onderzoekers steeds vaker aan om CO<sub>2</sub>-sensoren uitgerust met een kleurcode, zoals "verkeerslichten", te gebruiken om de aanwezigen te waarschuwen dat de ventilatie onvoldoende is. Deze sensoren kunnen worden gebruikt om de CO<sub>2</sub>-concentratie in scholen, vergaderplaatsen en kantoren continu te meten.

REHVA raadt bijvoorbeeld aan de lampjes op deze sensor zo in te stellen dat een waarschuwing (oranje licht) wordt gegeven zodra het CO<sub>2</sub>-peil hoger is dan 800 ppm en het alarmsignaal (rood licht) oplicht zodra het de drempel van 1 000 ppm overschrijdt.

De sensor wordt idealiter in het midden van de ruimte geplaatst, op een hoogte van 1,5 m, de hoogte waarop mensen werken, lessen bijwonen, etc., zonder de sensor te dicht bij hen te plaatsen (minimaal 2 m). In grote, open ruimtes of kantoren zullen meerdere sensoren moeten worden ingezet, en deze worden beter niet in de buurt van een deur of raam (Metiz, 2020) of in een hoek geplaatst.<sup>38</sup> Bovendien kunnen draagbare sensoren voor persoonlijk gebruik personen in staat stellen om een onvoldoende geventileerde ruimte tijdig te verlaten.

Verschillende **kanttekeningen** moeten worden gemaakt met betrekking tot lokalen met een lage bezettingsgraad in verhouding tot hun oppervlakte/volume en waar een laag CO<sub>2</sub>-peil niet kan worden geïnterpreteerd als een garantie voor veiligheid met betrekking tot het risico op transmissie van het virus. Dit risico kan namelijk sterk toenemen als mensen elkaar vaak ontmoeten, dicht bij elkaar zitten of wanneer de richting waarin ze zitten, ongunstig is ten opzichte van de luchtverplaatsing.

Daarnaast is er nog het risico op meetfouten en de onbetrouwbaarheid van de gebruikte apparaten. Sommige goedkope sensoren kunnen inderdaad een zeer hoge onnauwkeurigheid vertonen (tot 200 ppm). Bovendien kunnen sensoren een drift vertonen, wat betekent dat een regelmatige ijking absoluut noodzakelijk is. De getoonde concentraties kunnen lager zijn dan de werkelijke gehalten, wat een vals gevoel van veiligheid zou geven (Metiz, 2020). Sommige CO<sub>2</sub>-sensoren zijn uitgerust met een systeem om deze drift te beperken. Dit zijn sensoren die zijn uitgerust met een baselinecorrectie (*automatic baseline calibration*, ABC) of een tweede referentiesensor (*dual beam*).

Belangrijker nog is dat een hoog CO<sub>2</sub>-peil aantoont dat de ventilatie onvoldoende is, en dus indirect wijst op een verhoogd risico op besmetting via aerosolen in de gebouwen. Anderzijds betekent **een laag CO<sub>2</sub>-peil (< 800 ppm) niet dat het risico nul bedraagt**. Deze waarde kan in bepaalde situaties te hoog zijn. Bovendien is, zoals hierboven vermeld (zie punt 3.2.3 - Luchtkwaliteit), **de besmettelijke dosis SARS-CoV-2 momenteel niet bekend. Het CO<sub>2</sub>-peil is echter niet de enige factor waarmee rekening moet worden gehouden: het begrip "blootstellingsduur" en dus "blootstellingsdosis" moet ook tot de risicofactoren worden gerekend** (Bhagat et al., 2020).

**Daarom adviseert de HGR om een verse-luchtdebiet van ten minste 50 m<sup>3</sup>/uur per persoon, en bij voorkeur 80 m<sup>3</sup>/uur per persoon, te voorzien.** De HGR beveelt daarom aan te streven naar een CO<sub>2</sub>-concentratie onder 800 ppm (voor een buitenluchtconcentratie van 400 ppm, eventueel gecorrigeerd voor de werkelijke buitenluchtconcentratie, die op sommige plaatsen hoger kan zijn dan 500 ppm), waarbij wordt benadrukt dat, hoewel het CO<sub>2</sub>-peil een indicatie kan zijn voor de kwaliteit van de ventilatie, het verlagen van het CO<sub>2</sub>-peil door het verhogen van het ventilatievoud niet toelaat het risico op besmetting uit te sluiten, aangezien ook andere factoren in aanmerking moeten worden genomen (duur en bezettingsgraad van de ruimte, grootte van de ruimte). Met andere woorden, **het is onmogelijk om een CO<sub>2</sub>-peil te bepalen waarvoor het risico nul is.**

<sup>38</sup> Zie bijvoorbeeld de Praktijkrichtlijn met betrekking tot de regelgeving voor de werkplek: <https://werk.belgie.be/nl/nieuws/praktijkrichtlijn-binnenluchtkwaliteit-werklokalen>.

**De HGR adviseert om in gesloten ruimtes een verse-luchtdebiet van ten minste 50 m<sup>3</sup>/uur per persoon, en bij voorkeur 80 m<sup>3</sup>/uur en per persoon te voorzien om te streven naar een CO<sub>2</sub>-gehalte onder 800 ppm, bij voorkeur zelfs lager dan deze waarde. Een CO<sub>2</sub>-concentratiemeting die hoger is dan de aanbevolen of vereiste waarden is een goede indicator voor een onvoldoende ventilatie en/of een te hoge bezettingsgraad van de ruimte. In dat geval zijn corrigerende maatregelen nodig.**

**Een lagere CO<sub>2</sub>-concentratie mag dan evenwel aangeven dat het ventilatiedebiet redelijk is voor het aantal aanwezigen, maar, net zoals het geval is voor een voldoende ventilatie, garandeert deze niet dat er weinig of geen besmettingsgevaar is.**

### 3.3 Specifieke aanbevelingen voor ventilatie, verwarming en airconditioning

Zoals al herhaald, is de belangrijkste maatregel, naast de bovengenoemde basisregels, het waarborgen van een adequate ventilatie.

In zijn gids over de werking en het gebruik van technische uitrustingen in gebouwen om de verspreiding van het SARS-CoV-2 op de werkplek te voorkomen (versie 4, 17/11/2020) doet REHVA 15 aanbevelingen, die hoofdzakelijk gericht zijn op het verhogen van het verse-luchtdebiet en, voor zover mogelijk, de luchtrecirculatie uit te schakelen door 100 % verse lucht aan te voeren.<sup>39</sup> Virusdeeltjes die zich in de luchtafvoerleidingen bevinden, kunnen namelijk opnieuw in het luchttoevoercircuit worden gebracht wanneer er een recirculatiesysteem is. Er werd vastgesteld dat ventilatiesystemen met recirculatie een overdrachts/verspreidingsmiddel zijn voor infectieziekten zoals mazelen, tuberculose, varicella, influenza, pokken en SARS (Correia et al., 2020).

De *American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers (ASHRAE)* heeft ook een reeks aanbevelingen gedaan, mede gebaseerd op de vaststelling dat een goede ventilatie de concentratie van besmettelijke aerosolen kan verminderen en daarmee het risico op infectie kan verkleinen. Er moet echter opgemerkt worden dat de aanpak van de twee agentschappen verschilt met betrekking tot de luchtrecirculatie. Deze verschillen kunnen deels worden verklaard door de verschillen tussen de HVAC-systemen die in Europa en de VS worden gebruikt. In Europa zijn de gebruikte systemen gebaseerd op de toevoer van verse lucht voor ventilatie en airconditioning, die over het algemeen gescheiden zijn van de hydronische verwarming. In de Verenigde Staten zijn veelgebruikte airconditionings- en verwarmingssystemen gebaseerd op luchtrecirculatie met een minimum aan verse lucht (Leprince, 2020).

De REHVA-aanbevelingen, die erg voorzichtig zijn, omdat ze de voorkeur geven aan de volledige uitschakeling van de luchtrecirculatie waar mogelijk, kunnen negatieve gevolgen hebben op het energieverbruik van HVAC-installaties en soms op het comfort van de aanwezigen als er gebruik wordt gemaakt van natuurlijke ventilatie of als het niet mogelijk is om de verse lucht voldoende te verwarmen door de uitgeschakelde terugwinnings-/recyclagesystemen. De aanbevelingen van ASHRAE zijn daarentegen minder streng en berusten op de verdunning van de concentraties. De luchtrecirculatie gebeurt aan de hand van MERV13/ ePM1 50 % filters bij een maximaal debiet in combinatie met luchtdesinfectie met behulp van UVGI. ASHRAE waarschuwt voor het risico op thermische belasting bij de gebruikers van de ruimten en voor een vermindering van de weerstand tegen infecties, aangezien te lage temperaturen in combinatie met tocht ook een rol kunnen spelen in de ontwikkeling van luchtweginfecties. In het algemeen is ASHRAE van mening dat verdunning,

<sup>39</sup> Het is raadzaam om de ventilatiedebieten aan te passen op basis van het gebruik van het gebouw, zo niet zal het energieverbruik stijgen. Het is inderdaad nutteloos om grote (bijna) ongebruikte ruimtes continu en met maximaal debiet te ventileren.

filtratie en desinfectie samenwerken en dat filtratie in veel gevallen efficiënter kan zijn dan verhoogde ventilatie. Houd er echter rekening mee dat deze efficiëntie grotendeels afhankelijk is van de filterklasse, de luchtdichtheid tussen de filter en de behuizing (die in de praktijk niet altijd ideaal is), en de positie van het filter (gecentraliseerd of gedecentraliseerd).

Op dezelfde manier beveelt REHVA aan om installaties met een variabel debiet continu op te drijven tot hun maximale debiet, wat volgens ASHRAE niet gerechtvaardigd lijkt wanneer de werkelijke bezettingsgraad zeer laag is, zoals het geval is in perioden van hoge viruscirculatie en wanneer telewerken verplicht is. Een aanbeveling voor een minimale luchtverversing van binnenruimten en een minimaal debiet per aanwezige persoon lijkt verstandiger (bijvoorbeeld op basis van de debieten die worden aanbevolen door de normen, waaronder de EN 16798- 1, die categorieën voor de binnenluchtkwaliteit vastlegt).

In het geval van COVID-19 beveelt de HGR aan om, voor zover mogelijk, de voorzichtigere aanbevelingen van REHVA te volgen, waarbij het debiet echter wordt afgestemd op de bezettingsgraad en het CO<sub>2</sub>-peil in de omgeving.

Op basis hiervan kunnen de volgende aanbevelingen worden gedaan, afhankelijk van de gebruikte systemen:

#### A) Ventilatie

Voor **ruimtes uitgerust met basisventilatie** (volgens de geldende EPB- of werkplekregelgeving):

- De mechanische ventilatiesystemen worden gebruikt met een toevoer van verse lucht van 50 m<sup>3</sup> per uur en per persoon, en bij voorkeur 80 m<sup>3</sup> verse lucht per uur en per persoon.
- De lucht zal van zuivere zones naar verontreinigde zones stromen, niet andersom.
- De ventilatie moet ten minste 2 uur vóór de ingebruikneming van de lokalen met de nominale snelheid beginnen en 2 uur na de ingebruikneming eindigen of op een lagere snelheid overschakelen.
- Voor systemen met vochtregeling: Aangezien de bevochtiging de levensvatbaarheid van het SARS-CoV-2-virus niet voldoende zal verminderen, heeft het geen zin om de relatieve vochtigheid (RV) boven de gebruikelijke instelpunten (40 - 65 % RV) te verhogen.
- Door de ramen te openen kan men de luchtverversing nog verhogen.
- Als er niet voldoende ventilatie kan worden gegarandeerd, moet het aantal personen en de tijdsduur van de bezetting van de ruimte worden beperkt. In ieder geval is het belangrijk te benadrukken dat ventilatie de problemen van transmissie over korte afstanden niet oplost en dat maatregelen zoals een mondkapje dragen en afstand houden, belangrijk blijven.
- De ventilatie mechanisch opvoeren is niet altijd mogelijk. Het opvoeren van de ventilatie kan gebeuren door de snelheid te verhogen (aanpassing van kanalen, ventilatoren, eindroosters, reguleringstoestellen, enz.), maar zal ook afhangen van de basisdimensionering en de eventueel nog beschikbare marge (met name drukvallen).

In het geval van **ventilatiesystemen uitgerust met warmteterugwinningssystemen**:

- In het geval van een systeem met platenwisselaars of met batterijen zijn de luchtstromen volledig gescheiden. Er is dus geen risico op besmetting van de aangevoerde lucht door de teruggewonnen lucht.
- In het geval van roterende lucht-luchtsystemen: om het risico op lekkage van de afvoerlucht naar de toevoerlucht te vermijden, moet het ontwerp en het onderhoud van het systeem worden gecontroleerd: de toestand van de afdichtingen (uitschakeling van de rotor sluit lekkage niet uit), het ontluichtingsgedeelte, de drukken aan weerszijden van het terugwinningstoestel. In geval van lekkages, de druk bijstellen en de bypass gebruiken (indien aanwezig).

**Bij gebrek aan een basisventilatie volgens de normen (of bij onvoldoende ventilatie): de ramen openen** is de enige manier om het ventilatievoud te verhogen. De aanbevelingen zijn:

- Indien mogelijk continu en meer dan normaal, ramen openen op plaatsen die ver uit elkaar liggen en zich in verschillende gevels bevinden, maar ongecontroleerde luchtstromen tussen de ruimten vermijden door binnendeuren te sluiten;
- Het CO<sub>2</sub>-peil bewaken (zie punt 3.2.3);
- Als er niet voldoende ventilatie kan worden gegarandeerd, het aantal personen en de tijdsduur van de bezetting van de ruimte beperken. In ieder geval is het belangrijk te benadrukken dat ventilatie de problemen van transmissie over korte afstanden niet oplost en dat maatregelen zoals een mondkap dragen en afstand houden, belangrijk blijven.

#### B) Luchtzuiveraars

In het bijzondere geval dat de luchtverversing (door het ventilatiesysteem en/of door het openen van ramen) niet voldoende is en de bezettingsgraad van de ruimte niet kan worden vermindert, kan eventueel een mobiel luchtzuiveringssysteem worden gebruikt, mits dit systeem is uitgerust met HEPA-filters of elektrostatische precipitator en een debietcapaciteit van 2 - 5 ACH heeft (zie punt - 4.1 Filtratie).

#### C) Luchtre circulatie voor verwarming en/of airconditioning

- Centrale recirculatie vermijden door het recirculatiecircuit te sluiten om alleen verse buitenlucht te hebben.
- Recirculatie wordt hoofdzakelijk gebruikt om energie te besparen. Het is niet altijd mogelijk met 100 % verse lucht te werken, de dimensionering van sommige huidige installaties is niet berekend om met 100 % verse lucht te werken: door de kleine afmetingen van de luchttoevoerkanalen zal de hoeveelheid verse lucht altijd kleiner dan 100 % zijn.
- Wanneer centrale recirculatie niet kan worden vermeden: de buitenluchtfractie zoveel mogelijk verhogen en extra maatregelen nemen om de gerecirculeerde lucht te filteren. In dat geval moet een HEPA-filtratie van minimaal H13 op de recirculatie worden overwogen (zie 4.1.1 - Centrale filtratie op het recirculatiesysteem).

#### D) Eindtoestellen voor verwarming of airconditioning

In bepaalde gevallen wordt de verwarming en airconditioning verzorgd door in de ruimten aanwezige eindtoestellen in plaats van door lucht uit het gecentraliseerd ventilatiesysteem.

Voor **eindtoestellen in de ruimten** (ventilatorconvectoren, airconditioners, enz.):

Een individuele airconditioner of ventilatorconvector is een luchtbehandelingstoestel dat ontworpen is om de lucht die erdoorheen gaat te koelen of te verwarmen, bestaande uit een warmtewisselaar (spoel, batterij, enz.) en een ventilator.

De thermische energie wordt aan de ventilatorconvector geleverd door een vloeistof (water of koelmiddel) of door een elektrische inrichting. De lucht die op de gewenste temperatuur wordt

gebracht, wordt ofwel rechtstreeks in de te koelen of te verwarmen ruimte geblazen, ofwel via een kanaal of luchtverdelingsnetwerk.

Er moet voorzichtig worden omgesprongen met deze apparaten, vooral wanneer ze worden gebruikt in gemeenschappelijke ruimten. De volgende aanbevelingen zijn van kracht:

- Bij voorrang zorgen voor een voldoende toevoer van verse lucht door middel van natuurlijke of mechanische ventilatie;
- Letten op de veroorzaakte luchtsnelheid in bezette zones, die ervoor kan zorgen dat het virus zich veel verder verspreidt dan de aanbevolen 1,5 m afstand tussen mensen; de voorkeur geven aan systemen die geen sterke luchtstromen in de lokalen veroorzaken; als dit niet het geval is, de instellingen van de luchtstromen aanpassen, de snelheid beperken tot 0,3 m/s en de werkplekken zo inrichten dat de luchtstromen niet op de mensen gericht zijn.
- De toestellen 1 uur voor en 1 uur na de bezetting van de ruimten minstens tegen minimale snelheid laten werken;
- Ventilatorconvectoren uitschakelen of ze zo laten werken dat de ventilatoren continu blijven draaien: men moet dan wel opletten voor de accumulatiezones en zorgen voor een onderhoudsplan dat op deze situatie is afgestemd.

#### E) Onderhoud van de installaties:

Volgens het ECDC (2020) is er nog geen bewijs van een menselijke infectie met SARS-CoV-2 veroorzaakt door lucht die via de kanalen van VVA-systemen wordt verspreid, zodat dit risico zeer klein wordt geacht, op voorwaarde dat er geen recirculatie is van verontreinigde lucht. Het is overigens belangrijk om men eraan te herinneren dat de kanalen verse, onvervuilde buitenlucht in het gebouw brengen. Bovendien is er, zelfs als de kanalen vuil en stoffig zijn, geen risico dat het virus zich daar vermenigvuldigt, zoals in alle omgevingen buiten een gastheer. De kanalen kunnen overigens ook uitgerust zijn met vrij grove filters die niet bedoeld zijn om vervuilde lucht te filteren, maar gewoon om het systeem te beschermen tegen stof en grove deeltjes.

In zijn aanbevelingen over de werking en het gebruik van sanitaire- en airconditioningsystemen in gebouwen in de strijd tegen SARS-Cov-2 is REHVA (2020) van mening dat kanaalreiniging niet effectief is tegen kamer-tot-kamerinfectie omdat het ventilatiesysteem geen bron van besmetting is als het advies over warmteterugwinning en recirculatie wordt opgevolgd<sup>40</sup>.

Filters geïnstalleerd op de buitenluchttoevoer en de binnenluchtafvoer (zonder recirculatie) hebben geen invloed op de virale lading van de binnenlucht - de buitenlucht is geen significante bron van SARS-CoV-2. Daarom is er geen extra onderhoud in de strijd tegen COVID-19 nodig naast het geplande onderhoud.

De aanbeveling is:

- De gebruikelijke procedures voor het onderhoud en de reiniging van de kanalen te handhaven - de reiniging van de kanalen is niet efficiënt tegen het virus, maar het voorkomt de ophoping van stof in de kanalen, wat de ventilatiedebieten kan verminderen;
- Te waken over veiligheid van het onderhoudspersoneel (bv. bij de behandeling van uitlaatluchtfilters) door hen persoonlijke beschermkledij te laten dragen.

Men mag de filters in aircocassettes, bedoeld om de lucht te zuiveren, niet verwarren met ventilatieroosters, waarvan de grove filters bedoeld zijn om de ventilatoren en de onderdelen te beschermen. In deze filters hoopt zich veel vuil op en ze moeten regelmatig onderhouden worden, op basis van een schema dat afhangt van de mate waarin ze vuil worden.

<sup>40</sup> "Virussen gehecht aan kleine deeltjes zullen zich niet gemakkelijk vestigen in ventilatiekanalen en zullen normaal gesproken worden voortgestuwd door de luchtstroom. Daarom is het niet nodig om de normale procedures voor de reiniging en het onderhoud van de kanalen te wijzigen. Het is veel belangrijker om de toevoer van buitenlucht te verhogen en recirculatie van lucht te voorkomen."

### 3.4 Een specifiek geval: sanitaire voorzieningen

Sanitaire voorzieningen moeten eveneens worden beschouwd als een mogelijke factor van verspreiding van het virus (Correia et al. 2020). Een van de redenen hiervoor is dat in een goed ontworpen ventilatiesysteem de lucht wordt verplaatst van "droge" naar "vochtige" ruimten, inclusief de toiletten. Er is dus een constante mogelijk "besmette" stroom die langs de sanitaire voorzieningen loopt. Aan de andere kant, omdat sanitaire voorzieningen zelf een plaats zijn waar continu aerosolen worden geproduceerd. Hoewel er tot nu toe geen gedocumenteerde fecaal-orale transmissie is, is echter aangetoond dat het virus via de feces wordt uitgescheiden (Tian Y. et al., 2020; Chen Y. et al., 2020; Wang W. et al., 2020; Hindson J., 2020).

De turbulentie die bij het doorspoelen van een wc ontstaat wanneer de inhoud van de toiletpot wordt vervangen, de draaikolkjes die het water uit de kraan veroorzaakt en het blazen van de (natte) handdroger genereren aerosolen die de omgevingslucht en de omliggende oppervlakken zoals de wastafel kunnen besmetten of rechtstreeks de slijmvliezen van mond, neus en ogen kunnen bereiken via inademing of contact.

De aanbevolen praktische maatregelen zijn:

- Het toiletdeksel moet dichtgeklapt zijn vóór men de wc doorspoelt;
- De sifons controleren op lekkage en ervoor zorgen dat alle sifons en vloerafvoerputjes vol water blijven staan;
- Papieren wegwerphanddoekjes zijn beter dan *jethanddrogers* om de handen te drogen (zie punt 5.3). Zelfs al is het systeem uitgerust met een HEPA-filter op de luchttoevoer, deze heeft geen effect op de mogelijke verspreiding van virusdeeltjes wanneer een gebruiker zijn handen droogt;
- Vuilnisbakjes moeten voorzien zijn van een deksel dat met een pedaal kan worden bediend.

Daarbij komt dat sanitaire ruimten doorgaans vrij krap en gesloten zijn: de lucht circuleert er niet goed.

Bijgevolg spelen ventilatiesystemen in sanitaire ruimtes een potentiële rol in de preventie van de verspreiding van SARS-CoV-2 (Correia et al., 2020).

Het is daarom aanbevolen:

- De sanitaire afzuiging op dezelfde wijze laten werken als de algemene mechanische ventilatie: de ventilatie moet ten minste 2 uur vóór de ingebruikneming van de ruimten met de nominale snelheid beginnen en 2 uur na de ingebruikneming eindigen of op een lagere snelheid overschakelen.
- Wanneer de sanitaire ruimten zijn uitgerust met mechanische ventilatie, moet worden vermeden dat de ramen van de sanitaire ruimten worden geopend om de negatieve druk in stand te houden en om secundaire luchtstromen naar de aangrenzende ruimten te vermijden.

#### **Voor de sanitaire voorzieningen:**

- **De sanitaire afzuiging op dezelfde wijze laten werken als de algemene mechanische ventilatie: de ventilatie moet ten minste 2 uur vóór de ingebruikneming van de ruimten met de nominale snelheid beginnen en 2 uur na de ingebruikneming eindigen of op een lagere snelheid overschakelen;**
- **Het toiletdeksel steeds dichtklappen vóór men de wc doorspoelt;**
- **De sifons controleren op lekkage en ervoor zorgen dat alle sifons en vloerafvoerputjes vol water blijven staan;**
- **De voorkeur geven aan wegwerphanddoekjes i.p.v. *jethanddrogers* om de handen te drogen.**



#### 4 Filters en andere aanvullende voorzieningen voor luchtreiniging

Als er in een ruimte voldoende ventilatie is met de aanvoer van 100 % buitenlucht, is het niet nodig aanvullende voorzieningen voor luchtreiniging te overwegen.

Deze optie moet alleen worden overwogen als het onmogelijk is om het gebruik van recirculatielucht binnen het ventilatiesysteem te vermijden of als lokale reiniging noodzakelijk is. In het beste geval kan zij ontoereikende ventilatie gedeeltelijk compenseren maar ze kan ventilatie beslist niet volledig vervangen.

Om het risico op COVID-19-besmetting in binnenruimten te verminderen is er een hiërarchie van maatregelen die moeten worden gevolgd:

- 1) De belangrijkste maatregel, die voorrang heeft op al de rest, is zoveel mogelijk **ventileren** en daarbij recirculatie van lucht volledig uitschakelen en 100 % buitenlucht aanvoeren. Doeltreffende ventilatie met 100 % buitenlucht vermindert het risico op overdracht van SARS-CoV-2 door aerosolen aanzienlijk en wordt als afdoende beschouwd.
- 2) Als recirculatie volledig uitschakelen niet mogelijk is, dan is het aanbevolen **het debiet van de aangevoerde verse lucht te vergroten**.
- 3) Als het verhoogde debiet van verse luchtaanvoer onvoldoende is en de recirculatie van lucht het overdrachtsrisico vergroot doordat potentieel besmette lucht opnieuw in de ruimten terechtkomt, kan men als oplossing een voldoende efficiënt **gecentraliseerd filtersysteem** aanbrengen **in het recirculatiesysteem** (HEPA-filters en elektrostatische precipitatoren zijn het meest efficiënt).
- 4) Is het evenmin mogelijk een gecentraliseerd filtersysteem aan te brengen in het recirculatiesysteem (bv. wegens te hoge drukval met HEPA-filters) of volstaat de ventilatie in bepaalde ruimten echt niet, dan dringen andere maatregelen zich op naargelang de specifieke situatie:
  - In bepaalde bijzondere gevallen waarbij het risico groter is (bv. tandartspraktijken waar aerosolen ontstaan) of in grote koelwerkplaatsen (verplichte recirculatie om de temperatuur laag te houden), en wanneer de ventilatie in bepaalde ruimten onvoldoende is, kan men **een lokale zuivering door filtratie** installeren ("*stand-alone*apparaten") in die ruimten. Deze oplossing moet per geval worden overwogen, uitgaande van de relevantie ervan. Het zou bijvoorbeeld onrealistisch zijn in elk klaslokaal van een school of in elk kantoor in een groot gebouw een lokale filtering te installeren. Om een ventilatievoud te verkrijgen die evenwaardig is met die van een gecentraliseerd filtersysteem zijn het aantal te plaatsen toestellen, de afmetingen ervan en de indeling van de ruimte van zeer groot belang. Verstoring van de luchtstromen (afvoer en afzuiging) door objecten (muren, lampen, meubilair, enz.) die zich vlakbij bevinden, kan er immers toe leiden dat de lucht slechts plaatselijk wordt gerecycleerd en gezuiverd. Het verdient de voorkeur meerdere kleine toestellen over de ruimte te verdelen in plaats van één groot apparaat te plaatsen (Kähler, 2020).
  - Naast plaatselijke zuivering door filtratie zijn er ook **andere lokale ontsmettingssystemen** (bv. uv C), die zouden kunnen worden gebruikt. Verder onderzoek is echter nog vereist om na te gaan of die oplossing in de praktijk ook echt doeltreffend is tegen SARS-CoV-2. Qua dimensionering en positionering vereist deze technologie een nog moeilijkere analyse dan filtratie en vergt ze regelmatig onderhoud, monitoring en controle door gespecialiseerd personeel, om nog maar te zwijgen van het aanzienlijke budget voor de aankoop en de periodieke vervanging van de lampen. Een risico- en kosteneffectiviteitsanalyse is dan ook nodig. In die analyse moet absoluut worden gekozen voor ontsmettingsmethoden die mensen niet kunnen blootstellen aan toxische stoffen of aan ultraviolette straling.

Het nut van luchtzuiveringsvoorzieningen is beperkt tot het verminderen van het risico op besmetting via de lucht nadat ze zowat een uur of enkele uren hebben gewerkt. Voor kortere tijdsperiodes halen ze niets uit. Net als ventilatie met verse lucht beschermen aanvullende zuiveringsvoorzieningen niet tegen blootstelling van zeer dichtbij.

**In alle gevallen zullen filters en andere aanvullende voorzieningen voor luchtreiniging (ongeacht de middelen die men inzet (ventilatie, filtratie, bijkomende ontsmetting)) het risico op besmetting verkleinen maar niet volledig uitschakelen.**

#### 4.1 Filteren

Men dient meerdere **categorieën van filters** te onderscheiden:

- a) De groffilters houden alleen deeltjes van meer dan 10 µm tegen (stuifmeel, zand, fijne haartjes, enz.) met een zekere efficiëntie tegen en worden volgens de norm NBN EN ISO16890 "coarse" genoemd: ISO coarse 50 - 95 % (= % gravimetrisch rendement voor synthetisch stof, doeltreffendheid voor deeltjes van 0,3 - 10 µm < 50 %) of eventueel ePM10<sup>41</sup> 50 - 60 % (doeltreffendheid voor deeltjes van 0,3 - 10 µm).
- b) Vervolgens zijn er fijnfilters die bedoeld zijn om de luchtkwaliteit te verbeteren door een hele reeks deeltjes zoals stof of bacteriën te verwijderen.
  - De meest gebruikte filters zijn ePM2,5: 65 - 95 % of ePM1: 50 - 95 % volgens de norm NBN ISO EN 16890 (F7 volgens de verouderde norm EN 779: 2012 of eventueel F9). F7-filters zijn bijvoorbeeld niet zo doeltreffend in het kader van COVID-19 omdat ze maar een beperkt deel van potentieel virusbevattende partikels kleiner dan 1 µm zullen tegenhouden (grootteorde virus bevattende partikels 250nm-1 µm (Liu et al., 2020; Van Herreweghe et al., 2020))
  - EPA-filters (klasse E10, E11 en E12<sup>42</sup> volgens NBN EN 1822), tussen ePM1 en HEPA, omdat ze al enige efficiëntie bieden in het tegenhouden van deeltjes ter grootte van het virus zonder echter het drukverlies al te veel te vergroten, d.w.z. dat deze filters een minder grote impact hebben op het debiet en de ventilator.
  - HEPA-filters zijn nog doeltreffender. Een HEPA H13 heeft bijvoorbeeld een retentierendement van 99,95 %, een H14 van 99,995 % voor de MPPS (*Most Penetrating Particle Size*<sup>43</sup>, de deeltjesgrootte die het meest doordringt) volgens de norm NBN EN 1822: 2019.

Het is belangrijk op te merken dat een luchtfilter in een toestel of systeem ingebracht wordt in een daartoe voorziene ruimte/behuizing. De luchtdichtheid tussen de filter en zijn behuizing is van cruciaal belang voor zijn optimaal functioneren. Luchtlekken tussen de filter en behuizing zorgen er namelijk voor dat een deel van de lucht niet gefilterd zal worden. Bijgevolg is de totale filterefficiëntie van het systeem kleiner dan de efficiëntie van het filter op zich. Binnen bepaalde sectoren, zoals de ziekenhuissector, gaat speciale aandacht uit naar de luchtdichtheid tussen toegepaste filters en hun behuizing. Dit is echt lang niet zo binnen andere toepassingen. Sommige fabrikanten vermelden de efficiëntie van het systeem als geheel in de technische fiche.

<sup>41</sup> De deeltjes worden in verschillende PM-klassen (*Particulate Matter*) ingedeeld op basis van de aerodynamische diameter van het deeltje: PM1 ≤ 1 µm, PM 2,5 ≤ 2,5 µm, telkens met een ondergrens van 0,3 µm, enz. Een ePM1-filter 50 % houdt bijvoorbeeld 50 % van de deeltjes tussen 0,3 - 1 µm tegen.

<sup>42</sup> Doeltreffendheid van de EPA-filters: E10: 85 %; E11: 95 %; E12: 99,5 %.

<sup>43</sup> MPPS is de moeilijkst tegen te houden deeltjesgrootte. De MPPS-fractie moet worden bepaald op een stuk vlak filtermateriaal waarvan het te testen filter is gemaakt. Vervolgens moet de granulometrische fractie die het MPPS voor dit filtermateriaal vormt, gebruikt worden om de efficiëntie van het filter te bepalen.

- c) Ten slotte is er de elektrostatische precipitator: binnen een dergelijk systeem krijgen de deeltjes aanwezig in de luchtstroom opzettelijk een elektrische lading, meestal positief, en worden ze vervolgens afgevangen op een collector met een neutrale of tegengestelde lading. Deze systemen bestaan in een vorm die kan worden aangesloten op een ventilatiesysteem of als op zichzelf staande toestellen. De doeltreffendheid ervan is ten minste gelijk aan die van HEPA-filters, maar met veel geringere drukverliezen dankzij de meer open structuur binnenin. Het WTCB (Out2In project; Van Herreweghe et al., 2020) heeft twee elektrostatische precipitatie-systemen getest (één met reinigbare en één met een te vervangen collector) die compatibel zijn met residentiële ventilatiesystemen. Beide systemen vertoonden zeer hoge en constante<sup>44</sup> prestaties over het gehele meetbereik (deeltjes van 10 nm tot 10 µm) en een beperkte ozonproductie.

Men moet eveneens een onderscheid maken tussen **verschillende toepassingen van deze filters** in de praktijk:

- a) Enerzijds zijn er filters in systemen op de verse lucht en op de afgevoerde lucht maar die staan totaal buiten de COVID-19-problematiek aangezien de buitenlucht niet wordt beschouwd als beladen met virussen en men zich evenmin zorgen maakt over potentieel met virussen beladen afgevoerde lucht. Bijkomende vervanging van deze filters is dus niet nodig met het oog op de preventie van COVID-19.  
Deze filters zijn standaard aanwezig in ventilatiesystemen, vaak bij de in- en uitgang van de eventuele warmtewisselaar, en zijn bedoeld om het systeem zelf te beschermen (ventilatoren, motoren, kanalen, enz.) en ervoor te zorgen dat het systeem niet te snel heel vuil wordt.  
Voor deze toepassingen worden minimaal groffilters gebruikt. In sommige gevallen worden echter ook fijnfilters gebruikt op verse lucht, om de kwaliteit van de lucht die van buiten komt te verbeteren (bijvoorbeeld met betrekking tot fijn stof, enz.).
- b) Vervolgens zijn er filters voor de recirculatie in bepaalde HVAC-systemen. Standaard gaat het hierbij doorgaans eveneens om groffilters die het systeem moeten beschermen tegen vuil. Maar het is uiteraard eveneens mogelijk fijnfilters (indien de systeemkarakteristieken dit toelaten) of elektrostatische precipitatoren te gebruiken.
- c) Ten slotte zijn er filters die ingebouwd zijn in op zichzelf staande luchtreinigers die bijvoorbeeld de lucht in één vertrek behandelen. Het doel van deze filters is natuurlijk de lucht te zuiveren en de kwaliteit ervan te verbeteren. De filters die in dat geval meestal worden gebruikt zijn HEPA-filters. Elektrostatische precipitatoren zijn hier eveneens relevant.

Fijnere soorten filters voor recirculatie-toepassingen of op zichzelf staande luchtreinigers zijn dan ook een voor de gezondheid volkomen onschadelijk middel om in het kader van de COVID-19-epidemie een deel van de met virussen beladen deeltjes te verwijderen. Indien mogelijk is deze oplossing voor luchtzuivering het meest aan te bevelen boven op een goede ventilatie.

Hoewel aanbevolen door ASHRAE, zijn ePM1-filters niet zo efficiënt. EPA-filters kunnen in sommige gevallen een goed compromis zijn, het meest ideaal blijven de HEPA-filters - met die beperking dat ze moeilijk in te bouwen zijn in bestaande installaties - of de elektrostatische precipitatoren.

<sup>44</sup> Voor het systeem met vervangbare collector (op voorwaarde dat de vervangfrequentie zoals aangegeven door de fabrikant gerespecteerd wordt).

Het gebruik van een HEPA-filter is waarschijnlijk het nuttigst in medische inrichtingen, evenals in afgesloten en ongeventileerde ruimten, of bijvoorbeeld in gekoelde omgevingen, waar het uitschakelen van de recirculatie een enorm energieverlies met zich meebrengt en er dus een doeltreffende oplossing nodig is om potentieel besmette lucht uit deze recirculatie te filteren. Bestaande ventilatiesystemen in grote gebouwen die geen gebruik maken van recirculatie ermee uitrusten is overbodig mits die voorzien zijn van verluchting met voldoende aanvoer van verse lucht.

Of het gerechtvaardigd is om tot filteren over te gaan, moet geval per geval worden geanalyseerd: gemiddeld aantal personen in de vertrekken, gecentraliseerde of lokale airconditioning (bv. ventilo-convectoren), recirculatie of niet, relevantie, haalbaarheid, kosten, enz.

#### 4.1.1 Centrale filtratie op het recirculatiesysteem

Wanneer het niet mogelijk is de recirculatie volledig uit te schakelen, is gecentraliseerde filtratie de eerste maatregel die moet worden genomen. HEPA-filters en elektrostatische precipitatoren zijn meest doeltreffend.

Het is evenwel niet altijd mogelijk bestaande systemen uit te rusten met HEPA-filters. Door de snelle ophoping van deeltjes zijn ze geneigd een forse drukval te veroorzaken, met als gevolg een afname van het luchttoevoerdebiet of meer lucht die om de filters heen gaat als ze niet goed zijn geïnstalleerd (Dixon, 2020). Ze vereisen een specifieke studie en vaak een aanpassing van de installaties. Deze filters vergen een hogere luchtdruk en resulteren dus in een geringer nuttig luchtdebiet en/of een veel hoger energieverbruik.

Ze zouden ook vaker moeten worden vervangen. Een oplossing om de HEPA-filters te behouden en te vermijden dat ze te snel vuil worden is een cascade van filters bij het bepalen van de afmetingen van de groepen (ISO Coarse + ISO Fijn (ePM1 of ePM2,5) + HEPA). Om de drukval te meten en de vervangingsperiode van de voorfilters te bepalen, zal een verschillendrukmanometer aangebracht moeten worden. De HEPA-filter kan op die manier aanzienlijk langer meegaan.

Het is daarom niet altijd eenvoudig HEPA-filters toe te voegen aan bestaande systemen. Deze zullen in de regel moeten worden gewijzigd door voor het HEPA-filter een eindkast toe te voegen en de ventilator en eventueel de stroomvoorziening daarvan te vervangen - aangezien de drukval van het filtratiegedeelte ten minste met 500 Pascal zal toenemen

Een dergelijke wijziging van het systeem druist dus in tegen de Europese richtlijnen inzake ecologisch ontwerp, die de drukval en dus het vermogen van ventilatoren beperkt willen zien, en dit soort wijziging zou dus uitgeschakeld moeten kunnen worden wanneer het gevaar voor virale besmetting geweken is.

REHVA (2020) stelt voor minder efficiënte filters dan HEPA te gebruiken en de druk van de extractieventilator te verhogen zonder het luchtdebiet te verkleinen. Een minimale verbetering is het vervangen van bestaande luchtafvoerfilters met een laag rendement door ePM1-filters met 80 % rendement (voorheen F8), die een redelijk afvangrendement zouden hebben voor met virussen beladen deeltjes (afvangrendement 65 - 90 % voor ePM1).

ASHRAE benadert de zaken anders dan REHVA en geeft de voorkeur aan Merv13-filters (gelijk aan ePM1 50 % of vroeger F7 in Europa) voor recirculatielucht, die weliswaar een lagere capaciteit voor het tegenhouden van virussen hebben maar een veel groter nuttig debiet mogelijk maken zonder grote aanpassingen aan de luchtbehandelingscentrales. ASHRAE gaat er dan van uit dat het virus niet altijd op zichzelf in de lucht aanwezig is maar vaak gebonden zit op een groter deeltje, waarvoor filters die minder krachtig zijn dan HEPA toch nog relatief doeltreffend werken.

Het WTCB heeft een studieproject uitgevoerd (Out2In<sup>45</sup> project; Van Herreweghe et al., 2020) dat aangeeft dat het rendement van een F7 (ePM1 50 %) binnen de grootteklasse van deeltjes die viruspartikels kunnen bevatten (250nm-1µm, Liu et al. 2020), eerder beperkt is (± 60 %).

Elektrostatische precipitatoren zijn een verschillende technologie, met een efficiëntie die gelijk is aan die van HEPA-filters, en die niet de drukval van HEPA-filters veroorzaken.

**Besluit: wanneer het niet mogelijk is de recirculatie volledig uit te schakelen, is gecentraliseerde filtratie de eerste maatregel die moet worden bekeken om het overdrachtsrisico te verkleinen. HEPA-filters en elektrostatische precipitatoren zijn het meest doeltreffend. HEPA-filters zullen niet in alle gevallen kunnen worden geïmplementeerd, niet bij het aanpassen van installaties en ook niet bij nieuwe installaties voor traditionele "comfortventilatie", gezien de technische moeilijkheden en de niet te verwaarlozen drukval die ze veroorzaken. Ze dienen te worden voorbehouden voor bijzondere gevallen waarin het besmettingsrisico groot is en vaak zal een cascade van filters moeten worden overwogen.**

**Minder efficiënte filters zoals EPA of ePM1 zijn gemakkelijker te installeren. De ePM1-filters zullen echter niet meer dan 60 % werkzaam zijn tegen het COVID-19-virus. EPA-filters zijn een goed compromis omdat ze reeds een zekere efficiëntie bieden in het tegenhouden van deeltjes ter grootte van het virus zonder de drukval te veel te vergroten.**

#### 4.1.2 Plaatselijk filteren

Plaatselijk filteren is een goede oplossing wanneer de ventilatie ontoereikend is en het onmogelijk is centrale filtratie te plaatsen die doeltreffend genoeg is. In het geval van luchtrecirculatie die niet kan worden onderbroken, zou plaatselijke "stand-alone" filtratie een optie kunnen zijn, die REHVA evenwel niet aanbeveelt; er zou een zuiveringsinstallatie in elk vertrek bij nodig zijn, wat niet realistisch is.

Er bestaan dan mobiele, "stand-alone"-kamerluchtreinigers,

- a. Hetzij uitgerust met filters. Ter herinnering: om virusdeeltjes doeltreffend te filteren moeten het HEPA-filters zijn, met een minimaal debiet van 2 ACH en bij voorkeur 5 ACH (REHVA, 2020).

Er zijn veel oplossingen van dit type op de markt, die tot 6 000 m<sup>3</sup> lucht per uur kunnen filteren. Het spreekt voor zich dat het belangrijk is een toestel te plaatsen dat qua capaciteit is afgestemd op de noden van de te behandelen ruimte (het volume van de ruimte vermenigvuldigen met 2 of 5, afhankelijk van het gewenste ACH-debiet).

- b. Hetzij gebaseerd op elektrostatische precipitatie: ten minste even doeltreffend als HEPA (zie punt 4.1.c).

Het is belangrijk hierbij te verduidelijken dat de efficiënte systemen deze met elektrostatische precipitatie zijn. Over de doeltreffendheid van systemen die alleen een elektrostatische lading produceren of van luchtreinigers met enkel een ionisator loopt de discussie nog in de literatuur (WTCB, REHVA).

Volgens REHVA is een luchtreiniger een middel dat op korte termijn eenvoudig in te zetten is, maar op langere termijn zijn verbeteringen aan het ventilatiesysteem noodzakelijk om een voldoende ventilatiedebiet met buitenlucht te bereiken.

<sup>45</sup> Out2In: Impact van filtratie- en luchtzuiveringstechnieken op het binnendringen van buitenluchtpolluenten via ventilatie ter verbetering van de binnenluchtkwaliteit in duurzame gebouwen, project met de financiële steun van het Brussels Hoofdstedelijk Gewest – Innoviris.

Tot besluit: in het kader van de SARS-CoV-2-epidemie adviseert de HGR in slecht geventileerde ruimten (en/of die niet voldoende geventileerd kunnen worden door de ramen open te zetten) of wanneer gecentraliseerd filteren van recirculatielucht niet mogelijk is, mobiele/plaatselijke luchtreinigers te gebruiken naast ventilatie en wanneer dit realistisch is. Deze zijn hetzij uitgerust met HEPA-filters, hetzij met elektrostatische precipitatie, met een debietcapaciteit van ten minste 2 ACH en bij voorkeur 5 ACH en met een grootte in verhouding tot het volume/ de grootte van de ruimte. De precieze plaats waar ze moeten komen is van belang: dicht bij mensen in grote ruimten, maar zonder dat een potentieel besmette luchtstroom naar hen gericht is. De luchtreiniger mag niet in een hoek en uit het zicht worden geplaatst.

#### 4.1.3 Onderhoud van de filters

Cruciaal is dat men zorgt voor het technisch routine-onderhoud van de luchtbehandelingssystemen (HGR 8364, 2010), regelmatig integriteitstests verricht om de doeltreffendheid van de HEPA-filters te meten, en ze te vervangen overeenkomstig de aanbevelingen van de fabrikant (sommigen adviseren jaarlijks te vervangen), waardoor de goede werking van het ventilatiesysteem wordt gewaarborgd (HGR 8573, 2013).

Het onderhoudspersoneel dat de filters moet vervangen, dient specifieke beschermingsmaatregelen in acht te nemen: minstens maskers (volgens de officiële aanbevelingen van Sciensano) en handschoenen dragen, die na afloop in een verzegelde zak moeten worden weggegooid.

#### 4.2 Ontsmettingssystemen ter aanvulling van de filtratie

Naast filters zijn er verschillende **ontsmettingssystemen** voor lucht die reeds bestaan of in ontwikkeling zijn. Ze worden geacht de luchtkwaliteit te verbeteren. De verschillende mogelijke pistes worden hieronder opgesomd en becommentarieerd in het licht van de huidige kennis.

Vele ontsmettingssystemen maken gebruik van oxidatie. Het is daarom altijd gevaarlijk deze technieken in aanwezigheid van mensen te gebruiken. Het spreekt vanzelf dat blootstelling van mensen aan uv-licht, ozon of irriterende of genotoxische chemicaliën onder geen beding aanvaardbaar is.

Er worden almaar meer verschillende ontsmettingssystemen ontwikkeld ter aanvulling van filtratie, zoals uv-stralen, ozon, koud plasma, biociden, enz. Ze worden thans zo ontworpen dat ze niet langer de aanwezige mensen blootstellen, maar alleen de lucht die in de voorziening wordt aangezogen. Er bestaat echter altijd het risico dat er wat uv of ozon in de atmosfeer terecht komt, en daarom is het onmogelijk de onschadelijkheid ervan volledig te garanderen.

Ook kunnen we nog niet ver genoeg terugblikken om de doeltreffendheid van deze voorzieningen te evalueren wat de dosis en de duur van de blootstelling aan het ontsmettingsproces betreft. Er zouden op dit gebied normen moeten komen.

Bij de bestrijding van SARS-CoV-2 zijn ze waarschijnlijk niet zo nuttig voor ruimten met een groot volume. Deze systemen, die trouwens duur zijn en veel energie verbruiken, moeten worden voorbehouden voor plaatsen waar de besmetting zeer aanzienlijk is, zoals bepaalde ziekenhuisafdelingen.

#### 4.2.1 Uv C-stralen als ontsmettingsmiddel

##### a) "Standaard" uv C

Uv C-stralen kunnen doeltreffend zijn om de overdracht en verspreiding van luchtverdraagbare bacteriën en virussen te beperken (Welch et al., 2018). De effecten van uv C-stralen zijn ook bewezen voor het desinfecteren van oppervlakken, op voorwaarde van een efficiënte voorreiniging (Dexter et al., 2020) en voor de decontaminatie van maskers en beademingsapparaten (Ludwig et al., 2020; Wielick et al., 2020).

Uit bepaalde artikelen blijkt dat uv C-straling inderdaad het SARS-CoV (Darnell et al., 2004) en het SARS-CoV-2 (Hessing et al., 2020; Heilingloh, 2020) onder laboratoriumomstandigheden inactieveert.

Uv C-stralen werken in een golflengte tussen 200 en 280 nm. De meest efficiënte zone voor de inactivering van micro-organismen zou zich bevinden tussen 220 en 280 nm. De lagedruk-kwikdamp lamp is een veelvoorkomende bron van uv C-stralen met een piek bij een golflengte van 254 nm.

Een onderscheid dient aangebracht tussen:

- Enerzijds mobiele systemen voor het desinfecteren van oppervlakken en ruimten zonder mensen erin, waarvan de effectiviteit is bewezen en goed gedocumenteerd, bijvoorbeeld voor infectiepreventie in ziekenhuizen (Anderson et al., 2017), maar die minder relevant zijn in de context van coronavirusinfectie en dit advies;
- Anderzijds systemen gebruikt voor het desinfecteren van de lucht (bv. *upper-room ultraviolet germicidal irradiation*), die worden gebruikt in aanwezigheid van mensen en vooral werden ontwikkeld voor tuberculose (CDC, 2020), maar die ook werden onderzocht op hun effect op de griep en andere respiratoire virussen. Het zijn dit soort systemen die voor ons van belang zijn in het kader van een door de lucht overdraagbare aandoening zoals SARS-CoV-2.

Deze luchtdesinfectie-technologie komt veel vaker voor in de Verenigde Staten en wordt aanbevolen door de *American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers* (ASHRAE), met name voor de bestrijding van tuberculose in daklozen opvangcentra.

Volgens het ASHRAE-handboek (2019, hoofdstuk 62) gebruikt ultraviolette kiemdodende bestraling (UVGI) kortgolvlige ultraviolette energie (uv C) om virale, bacteriële en fungale agentia te inactiveren, zodat deze zich niet kunnen vermenigvuldigen en mogelijk ziektes veroorzaken. De absorptie van uv-stralen door nucleïnezuren veroorzaakt significante aantasting, met name door de vorming van pyrimidinedimeren (thymines in het geval van DNA; uracils in het geval van RNA). Als de beschadiging groot genoeg is en niet meer herstelbaar door het micro-organisme, resulteert dit in de inactivatie van het organisme (Brickner et al., 2003; CIE, 2003)<sup>46</sup>.

De gevoeligheid van micro-organismen voor uv C-stralen is echter zeer variabel en ook afhankelijk van omgevingsfactoren zoals temperatuur, relatieve vochtigheid, omgeving (lucht, water, ...) en van de toestand waarin het organisme zich bevindt. Coronavirussen lijken niet te behoren tot de meest gevoelige organismen (Kowalski et al., 2020). Met andere woorden: voor de meeste systemen met gebruikelijke bestralingswaarden zal de lucht meer dan eens moeten passeren om een bruikbaar effect te bereiken.

<sup>46</sup> Met name RNA-virussen, zoals coronavirussen. Het antivirale effect wordt in essentie veroorzaakt door de absorberende eigenschappen (Heßling et al., 2020).

Het "Ultraviolet Germicidal Irradiation" systeem (UVGI) wordt gebruikt voor zeer grote ruimtes met hoge plafonds (maar ook voor ruimtes met aan het plafond weinig objecten zoals lampen, technische installaties, enz., die door deze uv-bundel heen gaan en ongewenste reflectie van het licht kunnen veroorzaken, in het ergste geval naar de onderliggende zone waarin personen aanwezig zijn. Deze systemen worden zodanig bevestigd dat er een horizontale uv C-lichtbundel wordt opgewekt ter hoogte van het plafond. Dus op veilige afstand van aanwezige personen, zodat mensen in principe niet aan de uv C-stralen worden blootgesteld, en er geen oog- en huidschade optreedt (Hadi et al., 2020), zolang tenminste de aanbevelingen van de producent inzake de bevestigingsvoorschriften van het systeem worden opgevolgd. De lucht van de ruimte wordt actief doorheen deze zone gecirculeerd en aldus gedesinfecteerd. Hoewel het systeem efficiënt is en theoretisch gezien uitvoerbaar voor SARS-CoV-2 (Beggs et al., 2020), is het moeilijk om aan te passen aan de grootte en vorm van de ruimte en om ervoor te zorgen dat de omstandigheden in de ruimte ideaal zijn. Het risico van blootstelling van mensen, ook aan gereflecteerde uv-straling, dient echter volledig te worden uitgesloten.

Uv C-lampsystemen, om te worden ingebouwd met name in ventilatiekanalen, staan hogere vermogens toe. Dergelijke systemen, die al lang bekend staan omwille van hun effectiviteit tegen de overdracht van tuberculose (Riley et al., 1962) kunnen in aerosol aanwezige coronavirussen op efficiënte wijze inactiveren (Qiao et al., 2020). Niettemin, door de hoge luchtsnelheid in deze kanalen kan het moeilijk blijken om deze systemen correct te dimensioneren teneinde de noodzakelijke contacttijd van de besmette lucht met de lampen te garanderen en om de lucht met voldoende intensiteit te bestralen voor de desinfectie. Ook al vinden we hiervan in de literatuur geen voorbeelden, zouden gegevens zoals het lampvermogen, het te behandelen debiet, de diameter van de kanalen en de lengte van de installatie (en dus het aantal lampen) in theorie een correcte dimensionering mogelijk moeten maken. Concrete gevallen ontbreken in de literatuur en het valt te vrezen dat het aantal lampen en het stroomverbruik bij het gebruikelijke debiet en de gebruikelijke afmetingen van de kanalen, buitensporig hoog zouden zijn.

De details van het systeem zijn dus van groot belang (bijvoorbeeld het ontwerp van de toestellen, het gebruikte lamptype, de plaats van de lamp, de hoeveelheid en mengsel van de luchtstroom, de dimensionering, enz.). Het is niet bewezen dat het een voordeel zou inhouden om simpelweg uv-stralen toe te voegen aan een bestaand systeem zonder met deze factoren rekening te houden (Dixon, 2020). Om hiervan een praktische oplossing op het terrein te maken, zouden de luchtsnelheden zeer laag moeten zijn (om de uv-stralen voldoende tijd te geven om in te werken op de luchtkwaliteit) en zou de dimensionering moeten worden vergroot.

De autonome mobiele systemen op basis van uv C-stralen bestaan in essentie uit een behuizing met daarin uv-lampen waarin lucht circuleert, aangedreven door een ventilator. Het debiet kan over het algemeen worden aangepast. Een lager debiet staat een langere contacttijd toe, maar met een kleinere hoeveelheid gedesinfecteerde lucht in de ruimte per tijdseenheid en dus minder luchtpassages door het systeem. Een hoger debiet betekent meer gedesinfecteerde lucht en meer passages per tijdseenheid, met een beperkte contacttijd.

De positionering van deze mobiele units is een belangrijk punt dat mede afhankelijk is van de systeemspecificaties (positie van de toe- en afvoer van de gefilterde lucht) en van de indeling van (en vrije ruimte in) de kamer. Het is niet mogelijk om in deze algemene aanbevelingen te doen, tenzij dan om de voorkeur te geven aan meerdere kleine installaties verspreid over de hele ruimte i.p.v. één grote en om de toe- en afvoeropeningen niet te verbergen (dus geen openingen richting muur).

Ook het onderhoud van uv C-systemen is van cruciaal voor hun goede werking. Dit vereist een specifieke uitrusting voor het vervangen van lampen, het meten van het lampvermogen, een regelmatige reiniging om stofophoping te voorkomen, enz. Lampen moeten geregeld



worden vervangen volgens de specificaties van de fabrikant (indicatieve frequentie van 9 000 uur bij continu gebruik (ongeveer jaarlijks) volgens ASHRAE (2016 hoofdstuk 17), wat aanzienlijke kosten teweegbrengt na de aanvankelijke aankoop van het systeem. De veroudering en vervuiling van de lampen leidt tot een afname van de uv C-output, wat dus een direct effect heeft op de werkzaamheid van het systeem.

Om deze bijkomende reden worden dergelijke systemen niet aanbevolen in niet-gecontroleerde omgevingen, d.w.z. in gebouwen waar de verantwoordelijkheid voor en opvolging van dit onderhoud onduidelijk is.

Wat betreft de gezondheidsrisico's van uv C-stralen: studies maken melding van schadelijke effecten op de menselijke ogen en huid bij directe blootstelling, dit vooral als gevolg van accidentele acute blootstelling aan hoge niveaus van uv C-straling afkomstig van uv C-lampen. Evenwel, kwantitatieve schattingen van de drempels voor gezondheidseffecten op lange termijn konden niet worden afgeleid uit de momenteel beschikbare gegevens (SCHEER, 2017).

Aangezien uv C-stralen genotoxische en carcinogene eigenschappen hebben, is er geen drempelwaarde waaronder geen risico bestaat. Uv-straling induceert ook staar. Aan de andere kant: uv C-stralen zijn wel aanwezig in zonlicht. Blootstelling aan de zon is verantwoordelijk voor een significante toename van de incidentie van melanomen en andere huidtumoren (Emri et al., 2018; Mancebo en Wang, 2014). Een minimale blootstelling aan de straling van lampen is dus waarschijnlijk niet-significatief. Het gebruik van uv-lampen in aanwezigheid van mensen wordt echter afgeraden (WHO, 2019).

Bij het uitvoeren van een risicoanalyse voor een uv C-apparaat moeten de normen worden gevolgd op federaal vlak (Codex over het welzijn op het werk) en deze van de *International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection* (ICNIRP, 2004). De grenswaarden voor de blootstelling aan uv C-straling voor werknemers zijn vastgelegd in de federale norm voor de blootstelling van werknemers aan kunstmatige optische straling, bijlage V.6-1 van titel 6, boek V van de Codex. De ICNIRP-richtlijnen, die beginnen bij 180 nm, zijn hoofdzakelijk van toepassing op werknemers en de bredere bevolking.

Aangezien de basis van de werking van uv C bestaat uit het beschadigen van nucleïnezuren (DNA of RNA), is het risico op beschadiging van het menselijk DNA zeer reëel.

Wanneer de uv C-dosis niet groot genoeg is, bestaat het risico op ontstaan van gemuteerde virusstammen (afhankelijk van het geval muteren ze tot minder of meer pathogene virussen) of van virusstammen die zelfs meer resistent zijn tegen uv (Raeszadeh & Adeli, 2020).

Wat betreft het risico van ozonproductie door uv-lampen: dit is alleen significant voor golflengten onder 200 nm (Tapp et al., 2012). Boven 200 nm absorbeert ozon uv zodat zuurstof ontstaat. Kwiklampen hebben een piek bij 254 nm (nuttig voor het aanvallen van DNA) en één bij 185 nm. Gebruikelijke *coatings*, zoals *glascoatings*, kunnen de 185 nm-piek absorberen, waardoor ozonproductie wordt vermeden (ASHRAE, hoofdstuk 17, 2016). De kiemdodende golflengte van uv C genereert dus geen ozon.

Hoewel het zeer moeilijk is om ervoor te zorgen dat er in dit soort systemen helemaal geen ozon wordt geproduceerd, is dit in het kader van de SARS-CoV-2-epidemie een secundair gezondheidsprobleem.

#### b) *Far uv C*

De zogenaamde "verre" uv C-stralen (*far uv C*), een nieuw type uv C-stralen dat onlangs is onderzocht, met een golflengte van 207 tot 222 nm, korter en met lagere dosis dan de gebruikelijke uv C-stralen, lijken minder gevaarlijk in de omgang en ze inactiveren virussen en bacteriën (Welch et al., 2018; Buonanno et al., 2013; Buonanno et al., 2016; Buonanno et al., 2017). Deze "verre" uv C-stralen worden voorgesteld als mogelijke oplossing voor COVID-19.

Experimentele, lage doses uv C bij 222 nm, van de orde grootte van 1,2 tot 1,7 mJ/cm<sup>2</sup>, inactiveren 99,9 % van de geaerosoliseerde coronavirussen (Buonanno et al., 2020). Wanneer deze gegevens worden geëxtrapoleerd naar bevolkte openbare gebouwen, resulteren ze, bij benadering, in 90 % inactivering in ongeveer 8 min, 95 % in 11 min, 99 % in 16 min en 99,9 % in 25 min. Volgens een voorspellend model verhogen uv C-stralen, indien gecombineerd met ventilatie van de ruimte, bovendien de inactivering van SARS-CoV-2 met 50 tot 85 % ten opzichte van ventilatie alleen (Buchan et al., 2020). Deze resultaten zijn overtuigend, maar deze studie (Buonanno, 2020) is de enige die hierover bestaat voor SARS-CoV-2.

Wat betreft de gezondheidsrisico's van "verre" uv C-stralen: volgens Woods et al. (2015) kunnen deze de hoornlaag aantasten bij lage doses onder de drempel van bacteriostatische werking.

Niettemin besluiten Buchan et al (2020) dat deze verre uv C-golflengten niet kunnen doordringen in de menselijke hoornlaag en ook niet, volgens deze publicatie, in het traanlaag. Ook zijn ze niet kankerverwekkend of cataractogeen en kunnen ze daarom veilig worden gebruikt in toepassingen bedoeld voor mensen. Deze observatie moet echter nog onafhankelijk worden bevestigd.

Uv C-stralen met een golflengte van minder dan 240 nm kunnen zuurstof in de omgevingslucht fotochemisch omzetten in ozon. Dit is het geval bij sommige lagedruk-kwikdamplampen die uv C opwekken met een golflengte van 185 nm (Shalk et al., 2006). Zoals hierboven vermeld, wordt ozon geproduceerd onder 200 nm. Kwiklampen kunnen daarom worden *gecoat* om de piek bij 185 nm te vermijden, wat het probleem oplost.

Hoewel ziekenhuizen in de Verenigde Staten deze technologie al lijken te gebruiken om lucht en oppervlakken te bestralen, is ze nog niet genoeg ontwikkeld om te worden aanbevolen. Daarom is de HGR van mening dat verder onderzoek moet worden gedaan om zeker te zijn dat er geen risico's zijn voor de mens. De HGR meent voorts dat er richtlijnen nodig zijn vooraleer systemen op basis van verre uv C-stralen worden geïnstalleerd in openbare ruimten.

**Uv C-stralen hebben hun effectiviteit in de desinfectie van oppervlakken bewezen, maar zijn niet bruikbaar bij de problematiek van aerosolen.**

**Voor luchtdesinfectie heeft het gebruik van uv C-stralen potentieel in de strijd tegen een hele reeks micro-organismen en worden ze gebruikt in ziekenhuisomgevingen, maar de literatuur biedt geen bewijs van specifieke werkzaamheid ten aanzien van SARS-CoV-2 in reële en veilige gebruiksomstandigheden. Aangezien coronavirussen niet de meest gevoelige lijken te zijn, zullen waarschijnlijk meerdere passages langs uv C-stralen nodig zijn om een afdoend effect te hebben.**

**Vier soorten toepassingen van uv C-straling worden onderscheiden**

- **"Upper-room"-systemen: alleen in zeer grote ruimtes met hoge plafonds (of ruimtes met weinig objecten aan het plafond);**
- **Uv C-lampsystemen om in te bouwen in ventilatiekanalen, die bekend staan om hun effectiviteit tegen de overdracht van tuberculose, kampen met het probleem van hoge luchtsnelheden in de kanalen en bijhorende korte contacttijd;**
- **Autonome mobiele uv C-lampsystemen, in gesloten systemen om blootstelling aan mensen te vermijden;**
- **Ten slotte technologieën gebaseerd op verre uv C-stralen, die veelbelovend zijn maar die nog te recent en te weinig gedocumenteerd zijn op vlak van effectiviteit en veilig gebruik in ruimtes in aanwezigheid van mensen.**

**De concrete toepassing van de drie soorten systemen met standaard uv C-stralen vormen een uitdaging op vlak van de keuze (ontwerp, type lamp, plaats van de lamp,**

hoeveelheid en mengsel van de luchtstroom, etc.), het dimensioneren en afstellen (aantal toestellen in de ruimte, vereiste debiet, stroomsnelheid en contacttijd, enz.), en de positionering (afhankelijk van de grootte en indeling van de ruimte, om voldoende contacttijd mogelijk te maken voor de desinfectie van de besmette lucht). Nog een cruciaal punt is het onderhoud van uv C-systemen, dat vraagt om gekwalificeerd personeel met specifieke beschermingsuitrusting: regelmatige reiniging van de lampen en controles op het rendement ervan, vervanging van de lampen, enz. Dit alles impliceert een allerm minst verwaarloosbare extra kost bovenop de aanvankelijke aankoopprijs.

Wat de veiligheid betreft, betekenen de risico's bij kiemdodende golflengten (blootstelling aan uv C, ozonproductie) dat deze technieken alleen kunnen worden toegepast in een context waarin de blootstelling van mensen kan worden vermeden of sterk beperkt. De genotoxische en carcinogene risico's van uv-straling moeten worden vermeden door systemen te gebruiken zonder blootstelling van mensen: hetzij door hun plaats ("upper-room"-systeem in de hoogte volgens de specificaties van de fabrikant; systeem in het ventilatiekanaal), hetzij door hun ontwerp (gesloten systeem).

Het risico van ozonproductie kan intussen worden vermeden door gebruik van geschikte lampen (bv. gecoate lampen).

Echter: het risico op de productie van gemuteerde virussen door suboptimaal gebruik van uv-licht, als gevolg van slechte dimensionering of slecht onderhoud, vereist bijkomend onderzoek.

Omwille van de aangehaalde moeilijkheden op vlak van dimensionering, onderhoud en mogelijke gezondheidsrisico's, én bij gebrek aan gegevens over de werkelijke effectiviteit van de meeste van deze apparaten tegen SARS-CoV-2, beveelt de HGR momenteel geen uv C- luchtdesinfectiesystemen aan, behalve op plaatsen waar de contaminatie zeer groot is (zoals bepaalde *units* in ziekenhuizen) of in grote organisaties met een technisch team dat in staat is om de juiste keuzes te maken inzake aankoop, dimensionering en onderhoud.

Het gebruik van dergelijke systemen, als aanvulling op ventilatie, is echter veelbelovend en verdient bijkomend onderzoek.

#### 4.2.2 Ozon als desinfectans

Advies 9593 (HGR, 2020) over "SARS-CoV-2 en het gebruik van ozontunnels met tot doel "het ontsmetten van winkelkarren inclusief klanten" vermeldt dat de oxiderende eigenschappen van ozon op tal van micro-organismen welbekend zijn.

SARS-CoV-2 is relatief gevoelig voor bepaalde fysische en chemische factoren, en ozon is voorgesteld als een middel om de omgeving te desinfecteren (Cristiano, 2020; Manjunath et al., 2021).

Ozon heeft een virusdodend effect op SARS-CoV-2. Niettemin is het gebruik van ozongas gedurende een langere periode (ten minste 10 minuten) en in een hoge concentratie (10 tot 20 ppm) volgens dit advies onverenigbaar met menselijke aanwezigheid (irritatie van ogen en longen). Ozon reageert met DNA en veroorzaakt longtumoren bij muizen (maar niet bij ratten) in experimenten uitgevoerd door het Amerikaanse *Environmental Toxicology Program* (Sills et al., 1995; Sills et al., 1999). Ozon veroorzaakt met name mutaties in genen die belangrijk zijn voor carcinogenese (KRAS proto-oncogene) bij muizen (Sills et al., 1995). In 1992 werd ozon door het Amerikaanse *Environmental Protection Agency* (Fowle et al., 1992) beschouwd als een "*high priority*" toxische substantie. Het gebruik onder de drempels gesteld door de gezondheidsautoriteiten voor blootstelling van de bevolking aan ozon, is waarschijnlijk ondoeltreffend in het doden van micro-organismen. Dit is niet het geval met klassieke ontsmettingsmiddelen, die effectief zijn tegen SARS-CoV-2.

In laboratoriumcondities vermindert de besmettelijkheid van SARS-CoV-2 met 95 % door lage concentraties ozon in bevochtigde lucht van 0,1 en 0,05 ppm (de maximaal toegestane concentratie door de Amerikaanse *Food and Drug Administration*) gedurende respectievelijk 10 of 20 uur (Murata et al., 2020). Het ontbreekt echter aan gegevens over de effectiviteit van laag geconcentreerd ozongas tegen SARS-CoV-2 in reële gebruikscondities in binnenruimten.

Andere parameters spreken niet in het voordeel van het huidige gebruik van ozon als desinfectiemiddel. Een andere beperkende factor genoemd in het advies is het energieverbruik bij ozonproductie, wat gebeurt door de elektrische ontlading van de generator. Hiermee dient rekening te worden gehouden bij een ruimere toepassing van deze techniek.

Bovendien: waar de effecten van uv-lampen stoppen zodra ze worden uitgeschakeld, blijft ozon na zijn werking in de lucht aanwezig. Het moet dus worden verwijderd of men moet lang genoeg wachten om de ruimte binnen te gaan. De halfwaardetijd van ozon zou ongeveer 30 minuten zijn.

**De HGR beveelt dus het gebruik van ozon als ontsmettingsmiddel momenteel niet aan.**

#### 4.2.3 Andere ontsmettingssystemen

Koude plasma-systemen werden al voorgesteld om verschillende virussen te behandelen (Filipic et al., 2020) omdat koude plasma zorgt voor het vrijkomen van oxidatieve reactieven en uv-straling met een significante bacteriedodende activiteit. Er is geen enkele specifieke studie beschikbaar voor het SARS-CoV-2-virus, maar een goede werkzaamheid is bereikt bij het *Escherichia-virus MS2*. Bij het proces komt echter tot 4 ppm ozon vrij, wat gevaarlijk is voor de gezondheid (Xia et al., 2019).

Evenmin is er rechtstreeks klinisch bewijs voor het nut van draagbare luchtzuiveraars gebaseerd op andere technologieën dan HEPA-filtratie of elektrostatische precipitatie zoals beschreven in punt 4.1.2 (Gedecentraliseerde filtratie) die veeleer bestemd zijn voor particulier gebruik, om het risico op overdracht van besmettelijke ziekten te verkleinen.

Het gecombineerde gebruik van uv en fotokatalytische stoffen (voornamelijk TiO<sub>2</sub>) maakt het mogelijk om lokaal OH-radicalen vrij te maken die virussen kunnen inactiveren (Mohan et al., 2021). Er moeten echter nog echt geschikte katalytische materialen worden ontwikkeld en er zijn nog geen studies uitgevoerd naar SARS-CoV-virussen (Habibi-Yangjeh et al., 2020). Systemen gebaseerd op fotokatalyse zijn al op de markt aanwezig. Deze toestellen lieten een zekere werkzaamheid zien qua antibacteriële ontsmetting, maar er zijn meer gegevens nodig over de veiligheid.

Er is momenteel ook geen wetenschappelijk bewijs dat louter de ionisatie van de in de lucht aanwezige partikels, zonder deze te capteren (wat een elektrostatische precipitator besproken in punt 4.1.c) wel doet), effectief is in de strijd tegen het SARS-CoV-2-virus.

Verneveling met waterstofperoxide: Het reinigen van de ruimte gaat vooraf aan de verneveling. Het gaat om een gas (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) dat na werking in de lucht blijft. Dit gas is een oxiderend agens en desinfecteert door de productie van hydroxyl radicalen en superoxide anionen, die de celcomponenten van het DNA aanvallen. Deze desinfectiemethode is efficiënt om afgesloten ruimtes en materiaal te ontsmetten en heeft een breedspectrum activiteit tegen micro-organismen (Humayun et al., 2019). Men moet enkele uren wachten alvorens de behandelde ruimte opnieuw te betreden, omwille van het schadelijk effect op de mens. Het zal ook geen effect meer hebben op het afzwakken van het virus zodra er weer mensen in de kamer zijn.

Sommige systemen op de markt combineren verschillende behandelingswijzen (uv, uv-LED<sup>47</sup>, *blue light*, ozon, plasma, ionisatie, enz.). Er zijn momenteel geen aanwijzingen voor het bestaan van synergetische effecten tussen deze verschillende methoden, hoewel dergelijke synergiën wel bestaan voor sommige vervuilende stoffen (da Costa Filho et al., 2019).

**Daarom beveelt de HGR geen van deze alternatieve technieken aan naast ventilatie en eventuele luchtzuivering door mobiele apparatuur die is uitgerust met HEPA-filters.**

#### 4.2.4 Luchtzuiveringssystemen voor particulieren

Bij gebrek aan bewijs van hun doeltreffendheid moeten deze luchtzuiveringssystemen niet worden aanbevolen. Een goede ventilatie van de ruimte lijkt in dit opzicht belangrijker.

### 4.3 Conclusie

Om het risico van overdracht van SARS-CoV-2 door aerosolen te verminderen, zijn de beste beschikbare technieken in ruimten met onvoldoende ventilatie *stand-alone* systemen op basis van HEPA-filtratie of elektrostatische precipitatie, met een debietcapaciteit van minstens 2 ACH en bij voorkeur 5 ACH, die in verhouding tot de grootte van de ruimte zijn gedimensioneerd en correct zijn gepositioneerd.

Vanwege de kosten, grote dimensioneringsproblemen, het onderhoud en de gezondheidsrisico's kunnen desinfectiesystemen op basis van uv C-stralen over het algemeen niet worden beschouwd als een effectieve en veilige oplossing.

In bijzondere gevallen, bijvoorbeeld in ziekenhuizen of bepaalde industriële ruimten, kunnen deze technologieën een oplossing bieden. In alle gevallen moet men rekening houden met een kosten-batenanalyse, een nauwkeurig aankoopproces, duidelijke verantwoordelijkheden in en opvolging van het onderhoud, en met mogelijke toxische effecten op de mens.

Andere desinfectiesystemen (plasma, ozon, ionisatie van de lucht, enz.) hebben hun doeltreffendheid of de afwezigheid van gezondheidsrisico's niet bewezen en zijn te vermijden.

Filtratie- en desinfectiesystemen moeten niet volledig worden afgekeurd: sommige specifieke toepassingen<sup>48</sup> zijn doeltreffend. Toch is de HGR van mening dat ze van ondergeschikt belang zijn in vergelijking met een correcte ventilatie met voldoende toevoer van verse lucht, beperking van de luchtrecirculatie en naleving van alle bekende hygiënevoorschriften, zoals het dragen van een masker, de desinfectie van handen en oppervlakken en het naleven van afstanden. Als deze systemen worden gebruikt, dienen ze te worden gebruikt naast en als aanvulling op ventilatie maar kunnen ze deze niet vervangen.

## 5 Andere luchtverplaatsingssystemen

### 5.1 Individuele ventilatoren

Bij warm weer is het verleidelijk om tafel- of standventilatoren te gebruiken om af te koelen.

Het gebruik ervan wordt afgeraden in gesloten ruimtes. De lucht die door de ventilator wordt verplaatst, kan immers van een besmette persoon - ook al vertoont die geen symptomen - rechtstreeks naar een andere persoon worden geblazen, waardoor het risico op overdracht stijgt, hetzij via druppels, hetzij via aerosolen.

<sup>47</sup> Gerschman et al. (2020)

<sup>48</sup> Bv. in ziekenhuizen.

Het Amerikaanse CDC adviseert om persoonlijke koelventilatoren van werkplekken te verwijderen om de mogelijke verspreiding van virussen via de lucht of in de vorm van aerosolen te beperken.

Toch is het zinvol om, voordat we ventilatoren helemaal afschaffen, voor elke specifieke situatie altijd de risico's en baten tegen elkaar af te wegen. Volgens de sterftcijfers in België bijvoorbeeld, geven hittegolven in de zomer aanleiding tot een duidelijke toename van het aantal overlijdens. Rusthuisbewoners zijn immers bijzonder kwetsbaar voor extreme temperaturen. In dergelijke situaties stelt de HGR voor om de aanbevelingen van de WHO te volgen: als het gebruik van een tafel- of standventilator onvermijdelijk is, is het belangrijk om meer verse buitenlucht binnen te laten door de ramen open te zetten en zo weinig mogelijk lucht te verplaatsen van de ene persoon (of een groep van personen) naar een andere persoon (of een groep van personen). De HGR beveelt aan om nog een stap verder te gaan en de lucht die uit de ventilator komt nooit op personen te richten en de ventilator dicht bij een open raam te plaatsen, zodat die verse buitenlucht in de kamer blaast. We herinneren eraan dat de ruimtes sowieso regelmatig moeten worden verlucht door de ramen op te zetten.

Nog volgens de WHO kunnen plafondventilatoren zorgen voor een betere circulatie van de buitenlucht. Ze voorkomen bovendien dat luchtzakken in de ruimte blijven hangen. Het is echter essentieel om bij het gebruik van plafondventilatoren een goede buitenventilatie te behouden door de ramen regelmatig open te zetten.

**Het gebruik van individuele ventilatoren wordt afgeraden vanwege het risico van overdracht via hun sterke luchtstroom. Indien het gebruik ervan onvermijdbaar is, adviseert de HGR om meer verse buitenlucht binnen te laten door de ramen open te zetten en de lucht die uit de ventilator komt nooit op personen te richten en de ventilator dicht bij een open raam te plaatsen, zodat die verse buitenlucht in de kamer blaast.**

## 5.2 Heteluchtblazers of luchtverwarmers

Sommige oude, zeer slecht geïsoleerde, grote ruimtes, zoals sportzalen, hangars, tentoonstellingsruimtes of grote tenten, worden soms verwarmd met heteluchtblazers of luchtverwarmers die de binnenlucht aanzuigen, verwarmen en weer uitblazen in de ruimte.

Het risico bestaat dus dat de lucht die door besmette personen in de ruimte wordt uitgeademd ongefilterd en krachtig wordt teruggeblazen naar alle andere personen die in de ruimte aanwezig zijn. Dit soort toestellen zou echter niet de hoeveelheid vervuilende stoffen in de lucht verhogen, maar wel sterker vermengen en verspreiden. Bovendien worden deze luchtverwarmers doorgaans gebruikt in grote, slecht geïsoleerde volumes, waar een eventueel aanwezige virale lading voldoende moet worden verdund en het waarschijnlijk is dat er op een natuurlijke manier verse lucht binnenkomt.

Daarbij moet een onderscheid worden gemaakt tussen luchtverwarmers die de aanwezige lucht alleen rond laten circuleren, d.w.z. zonder verse buitenlucht, en luchtverwarmers met ingebouwde verse luchttoevoer.

Bij gebruik van een luchtverwarmer met ingebouwde verse luchttoevoer is het risico beperkt; er wordt aanbevolen om de luchtklep in de stand te plaatsen waarbij zoveel mogelijk verse lucht wordt aangevoerd en te voorkomen dat mensen zich rechtstreeks in de warme luchtstroom bevinden.

Bij gebruik van een luchtverwarmer die de lucht alleen rond laat circuleren is het risico groter. Als het gebruik van dergelijke toestellen niet kan worden vermeden, wordt aanbevolen om de

luchtverwarmer op de minimumsnelheid te laten draaien om de verwarmingstemperatuur aan te houden en daarnaast verse buitenlucht aan te voeren, bijvoorbeeld door de ramen open te zetten of door het toestel, indien mobiel, voor een open raam/deur te plaatsen. Ook hier moet worden vermeden dat mensen zich rechtstreeks in de warme luchtstroom bevinden.

**Het gebruik van luchtverwarmers kan met een risico gepaard gaan. Om dit risico te verminderen wordt geadviseerd om (meer) frisse buitenlucht naar binnen te brengen door ramen en deuren open te zetten en om te voorkomen dat mensen zich rechtstreeks in de warme luchtstroom bevinden.**

### 5.3 *Jethanddroger*

Hoewel sommige studies aantonen dat heteluchthanddrogers het aantal levensvatbare bacteriën op de handen verminderen (Mutters en Warnes, 2019; Snelling et al., 2011; Suen et al., 2019), dragen deze toestellen ook bij aan de aerosolisatie van kiemen die in de omgeving terecht komen (Alharbi et al., 2016; Best et al., 2015; Huang et al., 2012; Huesca-Espitia, 2018). In tijden van een SARS-CoV-2-viruspandemie en gelet op de momenteel gekende besmettingsroutes moet het gebruik van *jethanddrogers* en heteluchthanddrogers tot elke prijs worden vermeden.

Volgens Best et al. (2015) is een effectieve handdroging belangrijk om de verspreiding van ziekteverwekkers te voorkomen. De neiging van drie gangbare handdroogmethoden (*jethanddrogers*, heteluchthanddrogers en papieren handdoekjes) om de omgeving, gebruikers en omstaanders te besmetten werd hierbij vergeleken. Het onderzoek wijst uit dat wanneer de handen niet goed gewassen zijn, de *jethanddroger* ("jet air dryer") het meest aerosolen met kiemen die nog op de handen aanwezig zijn na het wassen de lucht in blaast. Bacterietellingen in de lucht in de buurt van de handdroger waren volgens deze studie 4,5 keer hoger voor de *jethanddroger* dan voor de heteluchthanddroger, en 27 keer hoger dan bij het gebruik van papieren handdoekjes. Het aantal deeltjes in suspensie in de lucht verschilde ook significant bij het gebruik van papieren handdoekjes in vergelijking met het gebruik van een heteluchthanddroger. Visualisatie-experimenten toonden aan dat de heteluchthanddroger de grootste dispersie van druppels veroorzaakte.

Het klopt dat sommige *jethanddrogers* zijn uitgerust met HEPA-filters, maar deze bevinden zich op de aangevoerde lucht en verhinderen dus niet dat door de kracht van die propere lucht druppels in de lucht en op de omliggende oppervlakken terecht komen.

Daarom zullen handen besmet met het SARS-CoV-2-virus die niet goed werden gewassen en die met een *jethanddroger* worden gedroogd aerosolen veroorzaken, die op hun beurt de lucht en oppervlakken besmetten.

***Jethanddrogers* of heteluchthanddrogers dragen bij aan de productie van aerosolen die de omgevingslucht en omliggende oppervlakken, zoals de wastafel, kunnen besmetten of rechtstreeks op de slijmvliezen van de mond, neus en ogen terecht komen door inademing of contact, vooral als de gebruiker van het toestel besmet en besmettelijk is.**

**De HGR beveelt daarom aan om papieren wegwerphanddoekjes te gebruiken en *jethanddrogers* of heteluchthanddrogers uit de sanitaire ruimtes te verbannen zolang de SARS-CoV-2-pandemie blijft duren en het virus volop circuleert.**

## 5.4 Haardrogers

Net als bij *jethand*drogers bestaat er bij het gebruik van haardrogers een niet te verwaarlozen risico dat met virussen besmette lucht in de omgeving en naar andere personen wordt geblazen.

In de literatuur wordt geen melding gemaakt van gevallen van besmetting die in een kapsalon werden vastgesteld. Integendeel, het onderzoek naar 2 besmette kappers die hun activiteit gewoon voortzetten en 139 klanten bedienden in Springfield, Missouri (Hendrix et al., 2020) bracht geen besmette klanten aan het licht. Zowel de kappers als hun klanten droegen een mondmasker.

Uit voorzorg hebben sommige landen het gebruik van haardrogers verboden, niet alleen in kapsalons, maar ook in sportzalen of de kleedkamers in zwembaden.

Bij gebrek aan nauwkeurige gegevens beveelt de HGR aan om voorzichtig te zijn. Zoals in alle inrichtingen die toegankelijk zijn voor het publiek, maar zeker in dit soort inrichtingen waar de fysieke afstand niet kan worden gerespecteerd en waar mensen meerdere uren kunnen doorbrengen, is een efficiënt ventilatiesysteem van essentieel belang. Bovendien zou de luchtkwaliteit er gemonitord moeten worden door middel van CO<sub>2</sub>-sensoren. Het is absoluut noodzakelijk om de klassieke maatregelen toe te passen: een mondmasker dragen, oppervlakken geregeld ontsmetten, deuren en ramen regelmatig openzetten, zelfs wanneer er een ventilatiesysteem is, het aantal klanten beperken in verhouding tot de grootte van het salon en de veiligheidsafstand tussen klanten bewaren. De kapper moet de haardroger ook zo hanteren dat de lucht niet van de ene persoon naar de andere wordt geblazen.

## 6 Soorten gebouwen/ruimtes

Het doel van het advies is niet om specifieke aanbevelingen te geven voor elk type gebouw of omgeving.

De belangrijkste principes die ongeacht het betrokken gebouw moeten worden toegepast, bestaan erin om zoveel mogelijk te ventileren met verse lucht en de recirculatie van lucht te vermijden, om het aantal personen te beperken en om de basishygiëneregels toe te passen die intussen herhaaldelijk in herinnering werden gebracht. In de meeste gevallen zullen deze principes volstaan om het risico van overdracht van het SARS-CoV-2-virus via de lucht te beperken.

Er moet echter steeds een onderzoek worden gedaan naar de risico-batenbalans om indien nodig aanvullende maatregelen te nemen. Dit is zeker nodig wanneer het niet mogelijk is om alle basisregels toe te passen, bijvoorbeeld wanneer recirculatie niet volledig kan worden uitgesloten, wanneer het onmogelijk is om een voldoende efficiënte ventilatie te garanderen, wanneer niet voortdurend mondmaskers worden gedragen (bijvoorbeeld in een restaurant) of wanneer de veiligheidsafstand niet kan worden gegarandeerd (bijvoorbeeld bij contactberoepen zoals schoonheidsspecialistes).

In de risicoanalyse moet een onderscheid worden gemaakt tussen:

- 1) **Open lucht:**  
Het risico op overdracht van het SARS-CoV-2-virus via aerosolen lijkt zeer gering gezien de aerosolen die virussen bevatten in de open lucht worden verdund (HCSP b, 2020). Het bewaren van een afstand van minstens 1,5 m is echter nog steeds erg belangrijk.
- 2) **Niet-residentiële gebouwen en ruimtes**, die slechts occasioneel worden gebruikt, maar waar personen toch enkele uren kunnen doorbrengen.



Dit zijn bijvoorbeeld kantoren, maar ook vergaderruimtes, gebouwen van openbare diensten en besturen, specifieke werkruimtes (bijvoorbeeld werkplaats), scholen, sportfaciliteiten, theaters, winkelcentra, restaurants en bars enz.

De aanbevelingen van REHVA en van het huidige advies zijn specifiek van toepassing voor dit soort gebouwen.

Opmerking: In grote, gesloten omgevingen is het risico van overdracht van het SARS-CoV-2-virus via aerosolen in theorie gering gezien de aerosolen die virussen bevatten door ventilatie van de ruimte worden verdund, op voorwaarde dat het aantal personen dat in de ruimte aanwezig is, beperkt blijft.

### 3) Residentiële gebouwen

Dit zijn bijvoorbeeld privéwoningen, ziekenhuisstructuren of rust- en verzorgingstehuizen.

Voor privéwoningen gelden de volgende aanbevelingen wanneer personen die niet tot de eigen bubbel behoren de woning binnenkomen: een mondkapje dragen, behalve tijdens het eten en drinken, fysiek afstand bewaren, de handen regelmatig ontsmetten, niet zingen of roepen en natuurlijk het raam continu open laten staan - eventueel op kipstand - om de ruimte te ventileren. Nadat de gasten zijn vertrokken, wordt aanbevolen om de ruimte 15 minuten te verluchten met de ramen wijd open.

Het WTCB (2020) deed eveneens verscheidene aanbevelingen die van toepassing zijn op privéwoningen zonder mechanisch ventilatiesysteem.

In een privéwoning waar een zieke verblijft, beveelt het Franse HCSP aan af en toe te verluchten door de ramen van het vertrek waar de zieke verblijft minstens 15 minuten en minstens 3 keer per dag wijd open te zetten, vooral tijdens periodes waarin veel druppels worden verspreid.

“De strategie bestaat erin dit vertrek te verluchten door de ramen wijd open te zetten maar het daarbij af te zonderen van de woning door de deur van het vertrek gesloten te houden en de luchtdichtheid naar de rest van de woning toe maximaal te verzekeren (afdichting van de onderkant van de deur met een tochtstrip). Zonder de beveiliging van de lokalen in het gedrang te brengen is het van belang gebruik te maken van de nacht om de onbezette lokalen gedurende langere tijd permanent te verluchten indien de weersomstandigheden het toelaten.”

Het is belangrijk om erop toe te zien dat de verluchting naar buiten toe gebeurt en niet naar andere vertrekken waar zich mensen bevinden.

De HGR sluit zich aan bij de aanbeveling van de *Risk Management Group* in zijn "Hygiëenadvies voor de COVID-19 patiënt die thuis geïsoleerd is" (versie van 25 januari 2021) **om de ramen van de kamer waar de zieke verblijft zo vaak mogelijk fopen te laten.**

Ziekenhuizen en medische instellingen vallen buiten de scope van dit advies.

Deze nieuwe kennis over de overdracht van SARS CoV-2 via de lucht moet ook worden gebruikt voor het beheren van besmettingen in de verzorgingsinstellingen (aerogene isolatiekamers voor COVID-patiënten, de voorziening van negatieve druk in deze kamers, ventilatie van consultatieruimtes waar non-COVID-patiënten hun mondkapje moeten afnemen voor het onderzoek, het nemen van passende maatregelen in meerpersoonkamers zolang een incubatieperiode van COVID-19 niet kan worden uitgesloten, met name voor immunodeficiënte en geriatrische patiënten, enz.).

Er moet bijzondere aandacht uitgaan naar de rusthuizen en bepaalde oudere ziekenhuisstructuren die geen centrale mechanische ventilatie hebben en waar het

openzetten van de ramen de enige mogelijkheid is om de ruimtes te verluchten. Deze oplossing is op lange termijn niet houdbaar. Vooral voor kwetsbare personen in rusthuizen en ziekenhuizen moeten dringend werken worden uitgevoerd opdat de omgeving zou voldoen aan de normen, meer bepaald door efficiënte ventilatiesystemen te installeren.

#### 4) **Vervoer:**

Mensen vervoeren, met het openbaar vervoer of privé, houdt een niet te verwaarlozen risico op besmetting met het SARS-CoV-2-virus in.

Er werden verschillende gevallen van besmetting gemeld in het openbaar vervoer, waaronder twee bussen met 128 reizigers die een religieus evenement in China wilden bijwonen. Een derde van de reizigers in één van de bussen werd besmet met het virus. Shen et al. (2020) hebben dit geval van besmetting uitvoerig onderzocht. Niemand droeg een mondkap, de lucht werd gerecirculeerd en de besmette personen bevonden zich niet noodzakelijk in de buurt van de zieke. Hun conclusie is dat het SARS-CoV-2-virus zeer overdraagbaar is in een gesloten omgeving met luchtrecirculatie.

In het kader van een recente studie namen Moreno et al. (2020) in Barcelona stalen in metro's en bussen. Hun conclusie was dat er in het openbaar vervoer bijzondere aandacht moet worden besteed aan ventilatiesystemen en regelmatige ontsmetting van de voertuigen om sporen van het virus in het hele voertuig effectief te verwijderen, vooral op momenten dat er meer COVID-19-gevallen zijn. Modelleren van de kans op infectie tijdens busreizen bij verschillende scenario's geeft aan dat geforceerde ventilatie het risico flink vermindert.

De neiging tot infectie in afgesloten ruimtes, meer bepaald in vliegtuigen en personenwagens, door de overdracht van druppels en aerosolen als gevolg van een hoestbui van een besmette persoon onder wisselende ventilatieomstandigheden werd onderzocht door Jayaweera et al. (2020). Volgens de auteurs bestaan er bewijzen dat er een groot risico is op verspreiding van het SARS-CoV-2-virus in een vliegtuig wanneer er zich een symptomatische of zelfs asymptomatische besmette persoon aan boord bevindt. Bovendien zouden omgevingsfactoren zoals een gematigd lage relatieve vochtigheid (50 %), een lage temperatuur (< 25° C) en een gematigde ACH (< 30 per uur) ervoor zorgen dat het SARS-CoV-2-virus gedurende langere tijd in de cabine aanwezig kan blijven.

Voor personenwagens varieert de ACH of ventilatievoud sterk tussen verschillende scenario's: stilstaand voertuig met gesloten ramen (ACH tussen 0,42 en 1,09), met de airconditioning aan (ACH tussen 1 en 3), recirculatieventilatoren (ACH tussen 1,8 en 3,7), de airconditioning uit maar ventilatoren met verse lucht aan en de ramen gesloten (ACH tussen 13,3 en 26,1), of de airconditioning en ventilatoren uit en de ramen open (ACH tussen 36,2 en 47,5) enz.

De auteurs concludeerden dat reizen in een privévoertuig met andere inzittenden bij gebruik van de airconditioning en met de ramen gesloten een belangrijke risicofactor vormt voor besmetting van vatbare gastheren, ondanks het feit dat er mondkapen worden gedragen. Ze bevelen daarom aan om tijdens de COVID-19-pandemie te rijden met de airconditioning uit en de ramen open.

**Het vervoer van personen gebeurt in een gesloten, kleinere ruimte. Wanneer men niet met zijn naasten reist, is het in een privévoertuig aanbevolen om geen gebruik te maken van recirculatie door de airconditioning uit te schakelen en te ventileren met buitenlucht door de ramen te openen.**

**Voor het openbaar vervoer moet elke beheerder de nodige maatregelen nemen om de verspreiding van het virus te beperken, door luchtrecirculatie te vermijden, meer verse**

**lucht aan te voeren en waar mogelijk de ramen van het voertuig open te zetten. Bovendien zouden de voertuigen tijdens periodes met hoge viruscirculatie dagelijks moeten worden gereinigd en ontsmet.  
Het dragen van een mondmasker is hoe dan ook van essentieel belang**

## V REFERENTIES

- Ahlawat A, Mishra SK, Birks JW, Costabile F, Wiedensohler A. Preventing Airborne Transmission of SARS-CoV-2 in Hospitals and Nursing Homes. *Int J Environ Res Public Health* 2020;17:8553.
- Ahlawat A, Wiedensohler A, Mishra SK. An Overview on the Role of Relative Humidity in Airborne Transmission of SARS-CoV-2 in Indoor Environments. *Aerosol Air Qual Res* 2020;20:1856–61.
- Alharbi SA, Salmen SH, Chinnathambi A, Alharbi NS, Zayed ME, Al-Johny BO et al. Assessment of the bacterial contamination of hand air dryer in washrooms. *Saudi J Biol Sci* 2016;23:268–71.
- Anderson DJ, Chen LF, Weber DJ, Moehring RW, Lewis SS, Triplett PF et al. Enhanced terminal room disinfection and acquisition and infection caused by multidrug-resistant organisms and *Clostridium difficile* (the Benefits of Enhanced Terminal Room Disinfection study): a cluster-randomised, multicentre, crossover study. *Lancet* 2017;389:805-14.
- Anderson EL, Turnham P, Griffin JR, Clarke CC. Consideration of the Aerosol Transmission for COVID-19 and Public Health. *Risk Anal* 2020;40:902-7.
- Asadi S, Wexler AS, Cappa CD, Barreda S, Bouvier NM, Ristenpart WD. Aerosol emission and superemission during human speech increase with voice loudness. *Sci Rep* 2019;9:2348.
- ASHRAE. ASHRAE Handbook - HVAC Applications (SI). 2019.
- ASHRAE, hoofdstuk 17, 2016
- Atkinson J, Chartier Y, Pessoa-Silva CL, Jensen P, Li Y, Seto WH. Natural Ventilation for Infection Control in Health-Care Settings: Annex D - Basic concept of ventilation flow rate. Geneva: World Health Organization; 2009.  
Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK143289/>
- Azuma K, Kagi N, Yanagi U, Osawa H. Effects of low-level inhalation exposure to carbon dioxide in indoor environments: A short review on human health and psychomotor performance. *Environ Int* 2018;121:51-6.
- Banik RK, Ulrich A. Evidence of Short-Range Aerosol Transmission of Severe Acute Respiratory Syndrome Coronavirus-2 and Call for Universal Airborne Precautions for Anesthesiologists During the Coronavirus Disease 2019 Pandemic. *Anesth Analg* 2020;131:102-4.
- Beggs CB, Avital EJ. Upper-room ultraviolet air disinfection might help to reduce COVID-19 transmission in buildings: a feasibility study. *PeerJ* 2020;8:10196.
- Best EL, Parnell P, Wilcox MH. Microbiological comparison of hand-drying methods: the potential for contamination of the environment, user, and bystander. *J Hosp Infect* 2014;88:199-206.
- Bhagat, RK, Davies Wykes MS, Dalziel SB, Linden PF. Effects of ventilation on the indoor spread of COVID-19. *J Fluid Mech* 2020;903.
- Birgand G, Peiffer-Smadja N, Fournier S, Kerneis S, Lescure F, Lucet J. Assessment of Air Contamination by SARS-CoV-2 in Hospital Settings. *JAMA Netw Open*. 2020;3(12):e2033232. doi:10.1001/jamanetworkopen.2020.33232
- Bolster DT, Linden PF. Contaminants in ventilated filling boxes. *J Fluid Mech* 2007;591:97–116.
- Booth TF, Kournikakis B, Bastien N, Ho J, Kobasa D, Stadnyk L et al. Detection of Airborne Severe Acute Respiratory Syndrome (SARS) Coronavirus and Environmental Contamination in SARS Outbreak Units. *J Infect Dis* 2005;191:1472-7.
- Brankston G, Gitterman L, Hirji Z, Lemieux C, Gardam M. Transmission of influenza A in human beings. *Lancet Infect Dis* 2007;7:257-65.
- Brickner PW, Vincent RL, First M, Nardell E, Murray M, Kaufman W. The application of ultraviolet germicidal irradiation to control transmission of airborne disease: Bioterrorism countermeasure. *Public Health Rep* 2003;118:99-114.

- Buchan AG, Yang L, Atkinson KD. Predicting airborne coronavirus inactivation by far-UVC in populated rooms using a high-fidelity coupled radiation-CFD model. *Sci Rep* 2020;10:19659.
- Buonanno M, Ponnaiya B, Welch D, Stanislauskas M, Randers-Pehrson G, Smilenov L et al. Germicidal efficacy and mammalian skin safety of 222-nm UV light. *Radiat Res* 2017;187:483–91.
- Buonanno M, Randers-Pehrson G, Bigelow AW, Trivedi S, Lowy FD, Spotnitz HM et al. 207-nm UV light—a promising tool for safe low-cost reduction of surgical site infections. I: in vitro studies. *PLoS One* 2013;8:76968.
- Buonanno M, Stanislauskas M, Ponnaiya B, Bigelow AW, Randers-Pehrson G, Xu Y et al. 207-nm UV light—a promising tool for safe low-cost reduction of surgical site infections. II: In-vivo safety studies. *PLoS one* 2016;11.
- Buonanno M, Welch D, Shuryak I, Brenner DJ. Far-UVC light (222 nm) efficiently and safely inactivates airborne human coronaviruses. *Sci Rep* 2020;10:10285.
- 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;76:2712-7.
- CDC - Centers for Disease Control and Prevention. Guidelines for preventing the transmission of Mycobacterium tuberculosis in healthcare settings. *Morbidity and Mortality Weekly Report* 2005;54:1-141.
- CDC - Centers for Disease Control and Prevention. Interim Infection Prevention and Control Recommendations for Healthcare Personnel During the Coronavirus Disease 2019 (COVID-19) Pandemic. 2020.  
Available at: <https://www-cdc-gov.vdicp.health.fgov.be/coronavirus/2019-ncov/hcp/infection-control-recommendations.html>
- CDC - Centers for Disease Control and Prevention. NIOSH - National Institute for Occupational Safety and Health. Environmental Control for Tuberculosis: Basic Upper-Room Ultraviolet Germicidal Irradiation Guidelines for Healthcare Settings. DHHS (NIOSH) Publication 2009;105.
- Chen W, Zhang N, Wei J, Yen HL, Li Y. Short-range airborne route dominates exposure of respiratory infection during close contact. *Build Environ* 2020;176:106859.
- Chen Y, Chen L, Deng Q, Zhang G, Wu K, Ni L et al. The presence of SARS-CoV-2 RNA in the feces of COVID-19 patients. *J Med Virol* 2020;92:833-40.
- CIE - Commission Internationale de L'Eclairage. Ultraviolet air disinfection. *CIE report* 2003;155.
- Clapp PW, Sickbert-Bennett EE, Samet JM, Berntsen J, Zeman KL, Anderson DJ et al. Evaluation of Cloth Masks and Modified Procedure Masks as Personal Protective Equipment for the Public During the COVID-19 Pandemic. *JAMA Intern Med* 2020;10:208168.
- Correia G, Rodrigues L, Gameiro da Silva M, Gonçalves T. Airborne route and bad use of ventilation systems as non-negligible factors in SARS-VoV-2 transmission. *Med Hypotheses* 2020;141:109781.
- Cristiano L. Could ozone be an effective disinfection measure against the novel coronavirus (SARS-CoV-2)? *J Prev Med Hyg* 2020;61:301-3.
- da Costa Filho BM, Silva GV, Boaventura RAR, Dias MM, Lopes JCB, Vilar VJP. Ozonation and ozone-enhanced photocatalysis for VOC removal from air streams: Process optimization, synergy and mechanism assessment. *Sci Total Environ* 2019;687:1357-68.
- Darnell ME, Subbarao K, Feinstone SM, Taylor DR. Inactivation of the coronavirus that induces severe acute respiratory syndrome, SARS-CoV. *J Virol Methods*. 2004 Oct;121(1):85-91.
- Davies A, Thompson KA, Giri K, Kafatos G, Walker J, Bennett A. Testing the efficacy of homemade masks: would they protect in an influenza pandemic? *Disaster Med Public Health Prep* 2013;7:413-8.
- De Cock M. Superverspreiding via aerosolen en het belang van ventilatie. 2020.

Available from:

<https://documentcloud.adobe.com/link/track?uri=urn:aaid:scds:US:be20eabc-c6ee-4c01-82a3-1f7444bc74b3>

- de Wit E, van Doremalen N, Falzarano D, Munster VJ. SARS and MERS: recent insights into emerging coronaviruses. *Nat Rev Microbiol* 2016;14:523-34.
- Dexter F, Parra MC, Brown JR, Loftus RW. Perioperative COVID-19 Defense: An Evidence-Based Approach for Optimization of Infection Control and Operating Room Management. *Anesth Analg* 2020;10:1213.  
Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7172574/>
- Dixon K. Air filtration and COVID-19: Indoor air quality expert explains how to keep you and your building safe. *University of Toronto Engineering News*; 2020.
- ECDC - European Centre for Disease Prevention and Control. Heating, ventilation and air-conditioning systems in the context of COVID-19: first update. 2020.
- ECDC - European Centre for Disease Prevention and Control. Heating, ventilation and air-conditioning systems in the context of COVID-19. Stockholm; 2020.
- El Pais. Un salon, un bar et une classe: ainsi se transmet le coronavirus dans l'air. 2020.  
Available from: <https://elpais.com/ciencia/2020-11-02/un-salon-un-bar-et-une-classe-ainsi-se-transmet-le-coronavirus-dans-lair.html>
- Emri G, Paragh G, Tószaki Á, Janka E, Kollár S, Hegedűs C et al. Ultraviolet radiation-mediated development of cutaneous melanoma: An update. *J Photochem Photobiol B* 2018;185:169-75.
- Escombe AR, Oeser CC, Gilman RH, Navincopa M, Ticona E, Pan W et al. Natural ventilation for the prevention of airborne contagion. *PLoS Med* 2007;4:68.
- Fennelly KP. Particle sizes of infectious aerosols: implications for infection control. *Lancet Respir Med*. 2020 Sep;8(9):914-924.
- Filipić A, Gutierrez-Aguirre I, Primc G, Mozetič M, Dobnik D. Cold Plasma, a New Hope in the Field of Virus Inactivation. *Trends Biotechnol* 2020;38:1278-91.
- Fowle JR, Sexton K. EPA priorities for biologic markers research in environmental health. *Environ Health Perspect* 1992;98:235-41.
- Gerchman Y, Mamane H, Friedman N, Mandelboim M. UV-LED disinfection of Coronavirus: Wavelength effect. *J Photochem Photobiol B*. 2020 Nov;212:112044.
- Habibi-Yangjeh A, Asadzadeh-Khaneghah S, Feizpoor S, Rouhi A. Review on heterogeneous photocatalytic disinfection of waterborne, airborne, and foodborne viruses: Can we win against pathogenic viruses? *J Colloid Interface Sci* 2020;580:503-14.
- Hadi J, Dunowska M, Wu S, Brightwell G. Control Measures for SARS-CoV-2: A Review on Light-Based Inactivation of Single-Stranded RNA Viruses. *Pathogens* 2020;9:737.
- Hamner L, Dubbel P, Capron I, et al. High SARS-CoV-2 Attack Rate Following Exposure at a Choir Practice — Skagit County, Washington, March 2020. *MMWR Morb Mortal Wkly Rep* 2020;69:606–610. DOI: [http://dx.doi.org/10.15585/mmwr.mm6919e6external icon](http://dx.doi.org/10.15585/mmwr.mm6919e6external%20icon)
- HCSP - Haut conseil de la santé publique. Avis relatif à la réduction du risque de transmission du SARS-CoV-2 par la ventilation et à la gestion des effluents des patients COVID-19. 2020.  
Available from: [https://www.hcsp.fr/Explore.cgi/Telecharger?NomFichier=hcspa20200317\\_cosacord\\_durililaveetgedeef.pdf](https://www.hcsp.fr/Explore.cgi/Telecharger?NomFichier=hcspa20200317_cosacord_durililaveetgedeef.pdf)
- HCSP - Haut conseil de la santé publique. Avis relatif à l'utilisation des appareils de chauffage dans le contexte de l'épidémie de Covid-19. 2020.  
Available from: [https://www.hcsp.fr/Explore.cgi/Telecharger?NomFichier=hcspa20201014\\_cosacoch\\_arvephidebt.pdf](https://www.hcsp.fr/Explore.cgi/Telecharger?NomFichier=hcspa20201014_cosacoch_arvephidebt.pdf)

- HCSP - Haut conseil de la santé publique. Avis relatif au risque résiduel de transmission du SARS-CoV-2 sous forme d'aérosol, en milieu de soin, dans les autres environnements intérieurs, ainsi que dans l'environnement extérieur. 2020.  
Available from: [https://www.hcsp.fr/Explore.cgi/Telecharger?NomFichier=hcspa20200408\\_corsarcov\\_risdetraduirsoufordaro.pdf](https://www.hcsp.fr/Explore.cgi/Telecharger?NomFichier=hcspa20200408_corsarcov_risdetraduirsoufordaro.pdf)
- Heilingloh CS, Aufderhorst UW, Schipper L, Dittmer U, Witzke O, Yang D, Zheng X, Sutter K, Trilling M, Alt M, Steinmann E, Krawczyk A. Susceptibility of SARS-CoV-2 to UV irradiation. *Am J Infect Control*. 2020 Oct;48(10):1273-1275.
- Hendrix MJ, Walde C, Findley K, Trotman R. Absence of Apparent Transmission of SARS-CoV-2 from Two Stylists After Exposure at a Hair Salon with a Universal Face Covering Policy - Springfield, Missouri, May 2020. *MMWR Morb Mortal Wkly Rep* 2020;69:930-2.
- Heßling M, Hönes K, Vatter P, Lingenfelder C. Ultraviolet irradiation doses for coronavirus inactivation - review and analysis of coronavirus photoinactivation studies. *GMS Hyg Infect Control* 2020;15:08.
- Heyder J, Gebhart J, Rudolf G, Schiller CF, Stahlhofen W. Deposition of particles in the human respiratory tract in the size range 0.005–15 µm. *J Aerosol Sci* 1986;17:811–25.
- Hinds WC. *Aerosol Technology: Properties, Behavior, and Measurement of Airborne Particles*. Wiley; 1999.
- Hindson J. COVID-19: faecal–oral transmission? *Nat Rev Gastroenterol Hepatol* 2020;17:259.
- HGR – Hoge Gezondheidsraad. Binnenluchtkwaliteit in België. Brussel: HGR; 2017. Advies nr. 8794.
- HGR – Hoge Gezondheidsraad. Aanbevelingen inzake bacteriologische controles van de omgeving binnen de verzorgingsinstellingen. Brussel: HGR, 2010. Advies nr. 8364.
- HGR – Hoge Gezondheidsraad. Aanbevelingen voor de beheersing van de postoperatieve infecties in het operatiekwartier. Brussel: HGR; 2013. Advies nr. 8573.
- HGR – Hoge Gezondheidsraad. SARS-CoV-2 en het gebruik van ozontunnels met tot doel “het ontsmetten” van winkelkarren inclusief klanten. Brussel: HGR; 2020. Advies nr 9593.
- HGR – Hoge Gezondheidsraad. Gebruik van UV-C-stralen voor ontsmettingsdoeleinden in een nietziekenhuisomgeving in de strijd tegen Covid-19. Brussel: HGR; 2020. Advies nr. 9594.
- Hohmann-Jeddi C. Dry air promotes infections. *PZ – Pharmazeutische Zeitung*; 2019. Available from: <https://www.pharmazeutische-zeitung.de/trockene-luft-foerdert-infektionen/>
- Horstmann G, Irvani J, Norris Melville G, Richter HG. Influence of temperature and decreased water content of inspired air on the ciliated bronchial epithelium. A physiological and electron microscopical study. *Acta Otolaryngol* 1977;84:124-31.
- Huang C, Ma W, Stack S. The Hygienic Efficacy of Different Hand-Drying Methods: A Review of the Evidence. *Mayo Clin Proc* 2012;87:791-8.
- Huesca-Espitia LDC, Aslanzadeh J, Feinn R, Joseph G, Murray TS, Setlow P. Deposition of Bacteria and Bacterial Spores by Bathroom Hot-Air Hand Dryers. *Appl Environ Microbiol* 2018;84:00044-18.
- Humayun T, Qureshi A, Al Roweily SF, Carig J, Humayun F. Efficacy Of Hydrogen Peroxide Fumigation In Improving Disinfection Of Hospital Rooms And Reducing The Number Of Microorganisms. *J Ayub Med Coll Abbottabad*. 2019 Oct-Dec;31(Suppl 1)
- ICNIRP - International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection. Guidelines on limits of exposure to ultraviolet radiation of wavelengths between 180 nm and 400 nm (incoherent optical radiation). *Health Phys* 2004;87:171-86.
- Jayaweera M, Perera H, Gunawardana B, Manatunge J. Transmission of COVID-19 virus by droplets and aerosols: A critical review on the unresolved dichotomy. *Environ Res* 2020;188:109819.

- Jimenez JL. COVID-19 Data Dives: Why Arguments Against SARS-CoV-2 Aerosol Transmission Don't Hold Water. Medscape; 2020.  
Available from: <http://www.medscape.com/viewarticle/934837>
- Johnson GR, Morawska L, Ristovski ZD, Hargreaves M, Mengersen K, Chao CYH et al. Modality of human expired aerosol size distributions. J Aerosol Sci 2011;42:839–51.
- Jones RM, Brosseau LM. Aerosol transmission of infectious disease. J Occup Environ Med 2015;57:501–8.
- Kähler C, Fuchs T, Hain R. Can mobile indoor air cleaners effectively reduce an indirect risk of SARS-CoV-2 infection by aerosols? 2020.  
Available from: [https://www.researchgate.net/publication/343514409\\_Can\\_mobile\\_indoor\\_air\\_cleaners\\_effectively\\_reduce\\_an\\_indirect\\_risk\\_of\\_SARS-CoV-2\\_infection\\_by\\_aerosols](https://www.researchgate.net/publication/343514409_Can_mobile_indoor_air_cleaners_effectively_reduce_an_indirect_risk_of_SARS-CoV-2_infection_by_aerosols)
- Kilgour E, Rankin N, Ryan S, Pack R. Mucociliary function deteriorates in the clinical range of inspired air temperature and humidity. Intensive Care Med 2004;30:1491-4.
- Koninkrijk België. Codex over het welzijn op het werk.
- Kowalski WJ, Walsh TJ, Petraitis V. 2020 COVID-19 Coronavirus Ultraviolet Susceptibility. 2020.
- Laussmann D, Helm D. Air Change Measurements Using Tracer Gases: Methods and Results. Significance of air change for indoor air quality. 2011.  
Available from: <https://www.intechopen.com/books/chemistry-emission-control-radioactive-pollution-and-indoor-air-quality/air-change-measurements-using-tracer-gases-methods-and-results-significance-of-air-change-for-indoor>
- Lednicky JA, Lauzardo M, Fan ZH, Jutla A, Tilly TB, Gangwar M et al. Viable SARS-CoV-2 in the air of a hospital room with COVID-19 patients. Int J Infect Dis 2020;100:476–82.
- Leprince V. Similarities and differences between REHVA's & ASHRAE's guidance. AIVC Webinar; 2020.  
Available from: [https://www.aivc.org/system/files/AIVC-Nov20\\_Leprince.pdf](https://www.aivc.org/system/files/AIVC-Nov20_Leprince.pdf)
- Linden PF, Lane-Serff GF, Smeed DA. Emptying filling boxes: the fluid mechanics of natural ventilation. J Fluid Mech 1990;212:309–35.
- Linden PF, Simpson JE. Buoyancy-driven flow through an open door. Air Infiltration Review 1985;6:4-5.
- Liu Y, Ning Z, Chen Y, Guo M, Liu Y, Gali NK et al. Aerodynamic analysis of SARS-CoV-2 in two Wuhan hospitals. Nature 2020;582:557-60.
- Lopman B, Gastañaduy P, Park GW, Hall AJ, Parashar UD, Vinjé J. Environmental transmission of norovirus gastroenteritis. Curr Opin Virol 2012;2:96–102.
- Lu J, Gu J, Li K, Xu C, Su W, Lai Z et al. COVID-19 outbreak associated with air conditioning in restaurant, Guangzhou, China, 2020. Emerg Infect Dis 2020;26:1628-31.
- Ludwig-Begall LF, Wielick C, Dams L, Nauwynck H, Demeuldre PF, Napp A et al. The use of germicidal ultraviolet light, vaporised hydrogen peroxide and dry heat to decontaminate face masks and filtering respirators contaminated with a SARS-CoV-2 surrogate virus. J Hosp Inf 2020;106:577-84.
- Mancebo SE, Wang SQ. Skin cancer: role of ultraviolet radiation in carcinogenesis. Rev Environ Health 2014;29:265-73.
- Manjunath SN, Sakar M, Katapadi M, Balakrishna RG. Recent case studies on the use of ozone to combat coronavirus: Problems and perspectives. Environ Technol Innov 2021;21:101313.
- METIZ. Kan CO<sub>2</sub> meten COVID19 besmetting voorkomen? 7/6/2020. Available from: [https://metiz.be/onewebmedia/METIZ\\_Whitepaper%20CO2%20meten%20om%20COVID19%20besmetting%20te%20voorkomen.pdf](https://metiz.be/onewebmedia/METIZ_Whitepaper%20CO2%20meten%20om%20COVID19%20besmetting%20te%20voorkomen.pdf)
- Meyerowitz EA, Richterman A, Gandhi RT, Sax PE. Transmission of SARS-CoV-2: A Review of Viral, Host, and Environmental Factors. Ann Intern Med 2020;M20-5008.



- Mohan SV, Hemalatha M, Kopperi H, Ranjith I, Kumar AK. SARS-CoV-2 in environmental perspective: Occurrence, persistence, surveillance, inactivation and challenges. *Chem Eng J* 2021;405:126893.
- Morawska L, Johnson GR, Ristovski ZD, Hargreaves M, Mengersen K, Corbett S et al. Size distribution and sites of origin of droplets expelled from the human respiratory tract during expiratory activities. *J Aerosol Sci* 2009;40:256–69.
- Morawska L, Milton DK. It Is Time to Address Airborne Transmission of Coronavirus Disease 2019 (COVID-19). *Clin Infect Dis* 2020;71:2311-3.
- Moreno T, Pintó RM, Bosch A, Moreno N, Alastuey A, Minguillón MC et al. Tracing surface and airborne SARS-CoV-2 RNA inside public buses and subway trains. *Environ Int* 2020;147:106326.
- Murata T, Komoto S, Iwahori S, Sasaki J, Nishitsuji H, Hasebe T et al. Reduction of severe acute respiratory syndrome coronavirus-2 infectivity by admissible concentration of ozone gas and water. *Microbiol Immunol* 2020;10:1348-421.
- Mutters R, Warnes SL. The method used to dry washed hands affects the number and type of transient and residential bacteria remaining on the skin. *J Hosp Infect* 2019;101:408-13.
- Nicas M, Nazaroff WW, Hubbard A. Toward Understanding the Risk of Secondary Airborne Infection: Emission of Respirable Pathogens. *J Occup Environ Hyg* 2005;2:143-54.
- Noorimotlagh Z, Mirzaee SA, Jaafarzadeh N, Maleki M, Kalvandi G, Karami C. A systematic review of emerging human coronavirus (SARS-CoV-2) outbreak: focus on disinfection methods, environmental survival, and control and prevention strategies. *Environ Sci Pollut Res Int* 2021;28:1–15.
- Qiao Y, Yang M, Marabella IA, McGee DAJ, Aboubakr H, Goyal S et al. Greater than 3-Log Reduction in Viable Coronavirus Aerosol Concentration in Ducted Ultraviolet-C (UV-C) Systems. *Environ Sci Technol* 2020.
- Raeiszadeh M, Adeli B. A Critical Review on Ultraviolet Disinfection Systems against COVID-19 Outbreak: Applicability, Validation, and Safety Considerations. *ACS Photonics* 2020.
- REHVA – Federation of European Heating, Ventilation and Conditioning Associations. REHVA COVID-19 guidance document: How to operate and use building services in order to prevent the spread of the coronavirus disease (COVID-19) virus (SARS-CoV-2) in workplaces. 2020.
- Richardson ET, Morrow CD, Kalil DB, Bekker LG, Wood R. Shared Air: A Renewed Focus on Ventilation for the Prevention of Tuberculosis Transmission. *PLoS One* 2014;9:96334.
- Riley RL, Mills CC, O'Grady F, Sultan LU, Wittstadt F, Shivpuri DN. Infectiousness of air from a tuberculosis ward. Ultraviolet irradiation of infected air: comparative infectiousness of different patients. *Am Rev Respir Dis* 1962;85:511-25.
- Rissler J, Gudmundsson A, Nicklasson H, Swietlicki E, Wollmer P, Löndahl J. Deposition efficiency of inhaled particles (15-5000 nm) related to breathing pattern and lung function: an experimental study in healthy children and adults. *Part Fibre Toxicol* 2017;14:10.
- RMG – Risk Management Group. Beheersing van SARS-CoV2-infecties voor de tandartspraktijk. Versie van 20/05/2020.  
Available from: [https://covid-19.sciensano.be/sites/default/files/Covid19/COVID19\\_procedure\\_dentists\\_NL.pdf](https://covid-19.sciensano.be/sites/default/files/Covid19/COVID19_procedure_dentists_NL.pdf).
- RMG – Risk Management Group. Hygiëneadvies voor de Covid-19 patiënt die thuis geïsoleerd is. Versie van 25 januari 2021.  
Available from: [https://covid-19.sciensano.be/sites/default/files/Covid19/COVID-19\\_procedure\\_hygiene\\_case%20%26houshold\\_NL.pdf](https://covid-19.sciensano.be/sites/default/files/Covid19/COVID-19_procedure_hygiene_case%20%26houshold_NL.pdf).
- Rudnick, SN, Milton DK. Risk of indoor airborne infection transmission estimated from carbon dioxide concentration. *Indoor Air* 2003;13:237–45.

- Santarpia JL, Herrera VL, Rivera DN, Ratnesar-Shumate S, Reid SP, Denton PW et al. The Infectious Nature of Patient-Generated SARS-CoV-2 Aerosol. 2020.
- Santarpia JL, Rivera DN, Herrera V, Morwitzer MJ, Creager H, Santarpia GW, et al. Transmission Potential of SARS-CoV-2 in Viral Shedding Observed at the University of Nebraska Medical Center. 2020.
- SCHEER - Scientific Committee on Health, Environmental and Emerging Risks. Opinion on Biological effects of UV-C radiation relevant to health with particular reference to UVC lamps. 2017.
- Sciensano. Fact sheet version 7 du 24/12/2020.  
Available from: [https://covid-19.sciensano.be/sites/default/files/Covid19/COVID-19\\_fact\\_sheet\\_ENG.pdf](https://covid-19.sciensano.be/sites/default/files/Covid19/COVID-19_fact_sheet_ENG.pdf)
- Shen Y, Li C, Dong H, Wang Z, Martinez L, Sun Z et al. Community Outbreak Investigation of SARS-CoV-2 Transmission Among Bus Riders in Eastern China. JAMA Intern Med 2020;180:1665-71.
- Sills RC, Boorman GA, Neal JE, Hong HL, Devereux TR. Mutations in ras genes in experimental tumours of rodents. IARC Sci Publ 1999;146:55-86.
- Sills RC, Hong HL, Greenwell A, Herbert RA, Boorman GA, Devereux TR. Increased frequency of K-ras mutations in lung neoplasms from female B6C3F1 mice exposed to ozone for 24 or 30 months. Carcinogenesis 1995;16:1623-8.
- Smither SJ, Eastaugh LS, Findlay JS, Lever MS. Experimental aerosol survival of SARS-CoV-2 in artificial saliva and tissue culture media at medium and high humidity. Emerg Microbes Infect 2020;9:1415-7.
- Snelling AM, Saville T, Stevens D, Beggs CB. Comparative evaluation of the hygienic efficacy of an ultra-rapid hand dryer vs conventional warm air hand dryers. J Appl Microbiol 2011;110:19-26.
- Suen LKP, Lung VYT, Boost MV, Au-Yeung CH, Siu GKH. Microbiological evaluation of different hand drying methods for removing bacteria from washed hands. Sci Rep 2019;9:13754.
- Sun C, Zhai Z. The efficacy of social distance and ventilation effectiveness in preventing COVID-19 transmission. Sustain Cities Soc 2020;62:102390.
- Tang S, Mao Y, Jones RM, Tan Q, Ji JS, Li N et al. Aerosol transmission of SARS-CoV-2? Evidence, prevention and control. Environ Int 2020;144:106039.
- Tapp C, Rice RG. Generation and Control of Ozone. In Ozone in Food Processing. 2012.
- Taylor S. Why the fight against COVID-19 must include indoor air humidity. Building; 2020.  
Available from: <https://building.ca/feature/why-the-fight-against-covid-19-must-include-indoor-air-humidity/>
- Tellier R. Review of aerosol transmission of influenza A virus. Emerg Infect Dis 2006;12:1657-62.
- Tian Y, Rong L, Nian W, He Y. Review Article: Gastrointestinal Features in COVID-19 and the Possibility of Faecal Transmission. Aliment Pharmacol Ther 2020;51:843-51.
- Van Bavel JJ, Baicker K, Boggio PS, Capraro V, Cichocka A, Cikara M et al. Using social and behavioural science to support COVID-19 pandemic response. Nat Hum Behav 2020;4:460-71.
- van Doremalen N, Bushmaker T, Morris DH, Holbrook MG, Gamble A, Williamson BN et al. Aerosol and Surface Stability of SARS-CoV-2 as Compared with SARS-CoV-1. N Engl J Med 2020;382:1564-7.
- Van Herreweghe J, Caillou S, Haerinck T, Van Dessel J. Real-life ventilation filter performance in a city environment. REHVA Journal; 2020.  
Available from: <https://www.rehva.eu/rehva-journal/chapter/real-life-ventilation-filter-performance-in-a-city-environment>
- Wang W, Xu Y, Gao R, Lu R, Han K, Wu G et al. Detection of SARS-CoV-2 in Different Types of Clinical Specimens. JAMA 2020;323:1843-4.

- Welch D, Buonanno M, Grilj V, Shuryak I, Crickmore C, Bigelow AW et al. Far-UVC light: A new tool to control the spread of airborne-mediated microbial diseases. *Sci Rep* 2018;8:2752.  
Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5807439/>
- WTCB – Wetenschappelijk en technisch centrum voor het bouwbedrijf. Praktische Gids voor de basisventilatiesystemen voor woongebouwen. TVN 258; 2016.
- WTCB – Wetenschappelijk en technisch centrum voor het bouwbedrijf. COVID-19 pandemie: wat met de technische installaties ? WTCB-dossiers 2020;2:13.
- WHO – World Health Organization. Clinical management of severe acute respiratory infection (SARI) when COVID-19 disease is suspected: interim guidance, 13 March 2020.  
Available from: <https://apps.who.int/iris/handle/10665/331446>
- WHO - World Health Organization. Mask use in the context of COVID-19: interim guidance, 1 December 2020.  
Available from: <https://apps.who.int/iris/handle/10665/337199>
- WHO – World Health Organization. Non-pharmaceutical public health measures for mitigating the risk and impact of epidemic and pandemic influenza. 2019.
- Wielick C, Ludwig-Begall LF, Dams L, Razafimahefa RM, Demeuldre PF, Napp A et al. The use of germicidal ultraviolet light, vaporised hydrogen peroxide and dry heat to decontaminate face masks and filtering respirators contaminated with an infectious norovirus. *Infect Prev Practice* 2021;3:100111.
- Wölfel R, Corman VM, Guggemos W, Seilmaier M, Zange S, Müller MA et al. Virological assessment of hospitalized patients with COVID-2019. *Nature* 2020;581:465-9.
- Woods JA, Evans A, Forbes PD, Coates PJ, Gardner J, Valentine RM et al. The effect of 222 nm UVC phototesting on healthy volunteer skin: a pilot study. *Photodermatol Photoimmunol Photomed* 2015;31:159-66.
- Xia T, Kleinheksel A, Lee EM, Qiao Z, Wigginton KR, Clack HL. Inactivation of airborne viruses using a packed bed non-thermal plasma reactor. *J Phys D Appl Phys* 2019;52:255201.
- Xiao S, Li Y, Sung M, Wei J, Yang Z. A study of the probable transmission routes of MERS-CoV during the first hospital outbreak in the Republic of Korea. *Indoor Air* 2018;28:51–63.
- Xie X, Li Y, Chwang ATY, Ho PL, Seto WH. How far droplets can move in indoor environments -- revisiting the Wells evaporation-falling curve. *Indoor Air* 2007;17:211–25.
- Yan J, Grantham M, Pantelic J, Bueno de Mesquita J, Albert B, Liu F et al. Infectious virus in exhaled breath of symptomatic seasonal influenza cases from a college community. *PNAS* 2018;115:1081–6.
- Yu ITS, Li Y, Wong TW, Tam W, Chan AT, Lee JHW et al. Evidence of airborne transmission of the severe acute respiratory syndrome virus. *N Engl J Med* 2004;350:1731-9.
- Zhao L, Qi Y, Luzzatto-Fegiz P, Cui Y, Zhu Y. COVID-19: Effects of Environmental Conditions on the Propagation of Respiratory Droplets. *Nano Lett* 2020;20:7744-50.

## VI SAMENSTELLING VAN DE WERKGROEP

De samenstelling van het Bureau en het College alsook de lijst met de bij KB benoemde experts is beschikbaar op de website van de HGR: [wie zijn we?](#).

Al de experts hebben **op persoonlijke titel** aan de werkgroep deelgenomen. Hun algemene belangenverklaringen alsook die van de leden van het Bureau en het College kunnen worden geraadpleegd op de website van de HGR ([belangenconflicten](#)).

De volgende experts hebben hun medewerking en goedkeuring verleend bij het opstellen van het advies. Het voorzitterschap werd waargenomen door **Nicolas VAN LAREBEKE-ARSHODT** en het wetenschappelijk secretariaat door Sandrine EVERAERT en Evelyn HANTSON.

<b>ABLORH Raina</b>	Ziekenhuishygiëne	UZ Gent
<b>BADOT Pierre Yves</b>	HVAC & Bouwfysica	Regie der Gebouwen
<b>CAILLOU Samuel</b>	Verwarming en ventilatie	WTCB
<b>CORNELISSEN Laura</b>	Epidemiologie	Sciensano
<b>DEBASTE Frédéric</b>	Chemie, procestechniek, binnenhuisvervuiling	ULB
<b>EGGERMONT Gilbert</b>	Stralingsbescherming en milieu	ex-VUB
<b>GERARD Michèle</b>	Infectiologie, Ziekenhuishygiëne	UMC Sint-Pieter
<b>MASCART Georges</b>	Microbiologie, ziekenhuishygiëne	UVC Brugmann
<b>PARENTE Alessandro</b>	Chemie, vloeistofmechanica, dispersie van vervuilende stoffen	ULB
<b>SIMON Anne</b>	Microbiologie, Ziekenhuishygiëne	<i>Hôpital de Jolimont</i>
<b>THIRY Etienne</b>	Dierlijk virologie	<i>Uliège</i>
<b>VAN DINGENEN Rita</b>	Aerosolfysica	<i>European Commission JRC</i>
<b>VAN GAEVER Romy</b>	Verwarming en ventilatie	WTCB
<b>VAN HERREWEGHE Joris</b>	Filtratie, Microbiologie en Micropartikels	WTCB
<b>VAN LAETHEM Yves</b>	Infectiologie	ex-CHU <i>Saint-Pierre</i> , ULB
<b>VAN LAREBEKE-ARSHODT Nicolas</b>	Toxicologie, carcinogenese en primaire preventie van kanker	ex-Ugent

De volgende expert werd geraadpleegd, maar heeft niet deelgenomen aan de goedkeuring van het advies.

DEROM Eric	Pneumologie	UZ Gent
------------	-------------	---------

Dit advies werd door een extern vertaalbureau vertaald.

## Over de Hoge Gezondheidsraad (HGR)

De Hoge Gezondheidsraad is een federaal adviesorgaan waarvan de FOD Volksgezondheid, Veiligheid van de Voedselketen en Leefmilieu het secretariaat verzekert. Hij werd opgericht in 1849 en geeft wetenschappelijke adviezen i.v.m. de volksgezondheid aan de ministers van Volksgezondheid en van Leefmilieu, aan hun administraties en aan enkele agentschappen. Hij doet dit op vraag of op eigen initiatief. De HGR probeert het beleid inzake volksgezondheid de weg te wijzen op basis van de recentste wetenschappelijke kennis.

Naast een intern secretariaat van een 20-tal medewerkers, doet de Raad beroep op een uitgebreid netwerk van meer dan 1 500 experts (universiteitsprofessoren, medewerkers van wetenschappelijke instellingen, praktijkbeoefenaars, enz.), waarvan er 300 tot expert van de Raad zijn benoemd bij KB; de experts komen in multidisciplinaire werkgroepen samen om de adviezen uit te werken.

Als officieel orgaan vindt de Hoge Gezondheidsraad het van fundamenteel belang de neutraliteit en onpartijdigheid te garanderen van de wetenschappelijke adviezen die hij aflevert. Daartoe heeft hij zich voorzien van een structuur, regels en procedures die toelaten doeltreffend tegemoet te komen aan deze behoeften bij iedere stap van het tot stand komen van de adviezen. De sleutelmomenten hierin zijn de voorafgaande analyse van de aanvraag, de aanduiding van de deskundigen voor de werkgroepen, het instellen van een systeem van beheer van mogelijke belangenconflicten (gebaseerd op belangenverklaringen, onderzoek van mogelijke belangenconflicten en een Commissie voor Deontologie) en de uiteindelijke validatie van de adviezen door het College (eindbeslissingsorgaan van de HGR, samengesteld uit 30 leden van de pool van benoemde experts). Dit coherent geheel moet toelaten adviezen af te leveren die gesteund zijn op de hoogst mogelijke beschikbare wetenschappelijke expertise binnen de grootst mogelijke onpartijdigheid.

Na validatie door het College worden de adviezen overgemaakt aan de aanvrager en aan de minister van Volksgezondheid en worden ze gepubliceerd op de website ([www.hgr-css.be](http://www.hgr-css.be)). Daarnaast wordt een aantal onder hen gecommuniceerd naar de pers en naar bepaalde doelgroepen (beroepsbeoefenaars in de gezondheidssector, universiteiten, politiek, consumentenorganisaties, enz.).

Indien u op de hoogte wilt blijven van de activiteiten en publicaties van de HGR kunt u een mail sturen naar: [info.hgr-css@health.belgium.be](mailto:info.hgr-css@health.belgium.be).

[www.hgr-css.be](http://www.hgr-css.be)



Deze publicatie mag niet worden verkocht.



federale overheidsdienst

**VOLKSGEZONDHEID,  
VEILIGHEID VAN DE VOEDSELKETEN  
EN LEEFMILIEU**