



## SAMENVATTING

Om het energieverbruik te reduceren en hierdoor, indirect, de CO<sub>2</sub>-uitstoot te verminderen moet het energieverbruik op de operatiekamers (OK's) kritisch bekeken worden. De luchtbehandelingsinstallaties gebruiken naar schatting meer dan 90% van het totale energieverbruik van de operatiekamers. Dit is ongeveer 10% van de totale emissie in de gezondheidszorg. Het merendeel van Nederlandse operatiekamers is uitgerust met een Ultra Clean luchttoevoersysteem (UCV), geschikt voor onder andere grote gewrichts- vervangende ingrepen (klasse 1+ operatiekamers). Dit is niet nodig volgens de FMS-richtlijn 2022 en kost (te) veel energie. We gaan in dit artikel in op de diverse luchtbehandelingssystemen, de relatie met wondinfecties, de bestaande richtlijnen en het mogelijke besparingspotentieel. Wij realiseren ons dat het taaie kost is. Het is echter wel wezenlijk van belang om er kennis van te nemen, omdat er qua energiereductie en daarmee CO<sub>2</sub>-uitstoot veel te verbeteren valt.

**Jos Lans, Roberto Traversari,  
Anne Brouwer, Sandra Lako**

Ing. J.L.A. Lans, PhD-kandidaat,  
TU Delft; CEO, Medexs,  
Amsterdam

Dr. A.A.L. Traversari, senior  
onderzoeker/consultant,  
afdeling Building Physics and  
Systems (BPS), TNO, Delft

Ir. A. Brouwer, projectmanager/  
adviseur gezondheidszorg, Royal  
Haskoning DHV, Nijmegen

S.J. Lako, anesthesioloog,  
afdeling Anesthesiologie,  
Radboudumc, Nijmegen

## LEERDOELEN

Na het bestuderen van dit  
artikel:

- ken je de verschillende typen OK-luchtbehandelingsinstallaties;
- heb je inzicht in het doel van een OK-luchtbehandelingsinstallatie;
- kun je het verschil uitleggen tussen een Ultra Clean en een conventioneel ventilatiesysteem;
- ken je de classificatie van operatiekamers volgens de (nieuwe) FMS-richtlijn;
- heb je inzicht in maatregelen om energie te besparen op de operatiekamer.

# Energiebesparing op de operatiekamer door aanpassingen aan de luchtbehandeling

## Inleiding

Het energieverbruik in de gezondheidszorg is hoog. Wereldwijd zijn ziekenhuizen verantwoordelijk voor ongeveer 6% van het totale energiegebruik van gebouwen en hoe rijker het land, hoe groter de uitstoot. Een operatieafdeling is drie tot zes keer meer energie-intensief dan de rest van het ziekenhuis. Ongeveer 90-94% van alle energie van een operatiecomplex wordt gebruikt door de luchtbehandeling<sup>1</sup>: verwarmen, koelen, bevochtigen en ventileren. Daarnaast wordt energie gebruikt (6-10%) door apparatuur (o.a. medische apparatuur, warmhoudkasten, patiëntverwarmingssystemen, koelkasten) en verlichting.

Doelen van de luchtbehandeling op de OK zijn onder andere het minimaliseren van het aantal postoperatieve

**Tabel 1** Classificatie operatiekamers volgens FMS-richtlijn van 2022.

	operatiekamer klasse 1+	operatiekamer klasse 1	operatiekamer klasse 2	zelfstandige behandelkamer
<b>luchtwisselingen/uur</b>	ten minste 20x	ten minste 20x	ten minste 6x	ten minste 4x
<b>luchtkwaliteit (isoklassen)</b>	ISO 5 (NEN EN ISO 14644-1)	ISO 7 (NEN EN ISO 14644-1)	ISO 7 (NEN EN ISO 14644-1)	geen bijzondere vereiste
<b>hersteltijd (1:100)</b>	≤ 3 min	≤ 20 min (NEN EN ISO 14644-3)	niet van toepassing	niet van toepassing
<b>filtering lucht</b>	ten minste HEPA-filter H13 (EN 1822)	ten minste HEPA-filter H13 (EN 1822)	tenminste HEPA-filter H13 (EN 1822)	geen specifieke eisen
<b>temperatuur*</b>	18° - 23°	18° - 23°	18° - 23°	geen specifieke eisen
<b>relatieve vochtigheid*</b>	< 65%	< 65%	< 65%	< 65%
<b>drukhiërarchie/ stroomrichting</b>	3 in zuiverheid aflopende zones (op bouwtekening inzichtelijk gemaakt) ten opzichte van het overige gebouw	3 in zuiverheid aflopende zones (op bouwtekening inzichtelijk gemaakt) ten opzichte van het overige gebouw	2 in zuiverheid aflopende zones (op bouwtekening inzichtelijk gemaakt) ten opzichte van het overige gebouw	niet van toepassing

ISO 7 geldt voor de hele operatiekamer.

\* De temperaturen en relatieve vochtigheid die worden aanbevolen zijn richtinggevend; zie toelichting.

wondinfecties (POWI's) en het creëren van een veilige en comfortabele werkomgeving voor personeel (comfortabel is het voor de anesthesie zelden). Hoe geavanceerder de luchtbehandeling, hoe groter de energievraag. We onderscheiden drie klassen operatiekamers, namelijk klasse 1+, klasse 1 en klasse 2 (tabel 1).<sup>2</sup> Voor een OK-klasse 1+ en 1 geldt de eis dat er drie drukzones op het OK-complex moeten zijn. Voor een OK-klasse 2 volstaan twee drukzones. Daarnaast bestaan er verschillende luchttoevoersystemen. Het meest eenvoudige OK-luchttoevoersysteem is een conventioneel systeem. Dit systeem kan, volgens de FMS-richtlijn, gebruikt worden voor een klasse 1- en 2-operatiekamer en is, als we kijken naar het energieverbruik, het gunstigst. Van het Ultra Clean systeem (UCV) zijn drie verschillende types op de markt. Alle voldoen aan de eisen gesteld voor een OK-klasse 1+.

De UCV-systemen zijn ontwikkeld om de kans op post-operatieve wondinfecties bij grote gewrichtsvervangende ingrepen te minimaliseren.<sup>3</sup> Als wij kijken naar de tabel voor classificatie- ingrepen naar operatie-/behandelkamer in de FMS-richtlijn (pagina 40), lijkt de balans tussen evidentie en in veel gevallen de noodzaak van UCV-systemen zoek. Uit een eerste analyse blijkt dat (bijna) alle operatiekamers in Nederland uitgevoerd zijn met een luchtbehandelingsinstallatie voorzien van een UCV.

### Onderzoek naar energieverbruik door Het Landelijk Netwerk de Groene OK

Het Landelijk Netwerk de Groene OK is een samenwerkingsverband van 15 wetenschappelijke en beroepsverenigingen die de zorg op de OK willen verduurzamen en is medeondertekenaar van de Green Deal 3.0 'Samen werken aan Duurzame Zorg'. Het Landelijk Netwerk stimuleert en ondersteunt individuele medisch specialisten en zorgprofessionals die werkzaam zijn op de OK om op duurzame wijze bij te dragen aan de klimaatdoelstellingen. De werkgroep Energie houdt zich bezig met CO<sub>2</sub>-reductie en energiebesparing op het operatiecomplex. Het energieverbruik van een operatiecomplex is wezenlijk anders dan dat van een volledig ziekenhuis. Voor een operatiecomplex geldt dat meer dan 90% van het energieverbruik veroorzaakt wordt door de luchtbehandeling. Het Landelijk Netwerk de Groene OK doet onderzoek naar het energiegebruik van luchtbehandelingssystemen van operatiekamers. Dit onderzoek wordt uitgevoerd in opdracht van het Ministerie van Volksgezondheid, Welzijn en Sport (VWS) op basis van de Urgenda-agenda maatregel 51.

Om onze emissies te reduceren moeten we kritisch kijken naar het aantal operatiekamers met een UCV-systeem (klasse 1+). Ook zijn er tal van andere maatregelen waarmee het energieverbruik van een operatiekamer kan worden verlaagd. Vanuit het landelijk netwerk de Groene OK (zie kader) wordt door ons onderzoek geïnitieerd naar energiegebruik van luchtbehandelings-systemen van operatiekamers. In dit artikel wordt hier verder op ingegaan.

Door middel van een enquête aan alle ziekenhuizen, verschillende metingen in diverse ziekenhuizen voor de bepaling van het werkelijke energieverbruik, computersimulaties en theoretische bepalingen zullen wij onze bevindingen onderbouwen. Wij stellen onder andere de volgende vragen:

1. Welke typen OK-luchtbehandeling/luchttoevoersystemen zijn er en welke zijn geïnstalleerd in de Nederlandse ziekenhuizen?
2. Is er internationaal consensus en evidentie over de relatie tussen POWI's en luchtbehandeling?
3. Is het noodzakelijk om alle ingrepen uit te voeren in een systeem met het hoogste energieverbruik?
4. Wat zijn de mogelijkheden om energie te besparen in de operatiekamers?

Met de antwoorden op onder andere deze vragen zullen we de Nederlandse ziekenhuizen in 2024 adviseren hoe zij verantwoord hun energieverbruik en indirect de CO<sub>2</sub>-uitstoot op de operatiekamer kunnen reduceren.

## OK-luchtbehandelingsinstallaties/ luchttoevoersystemen

Het belangrijkste doel van een OK-luchtbehandelingsinstallatie is zorgen dat er zo min mogelijk pathogenen in de lucht rondom het operatiegebied zitten. De ingebrachte lucht in de operatiekamer verlaagt de concentratie van (anesthesie)dampen, diathermierook en geuren en vermindert de hoeveelheid in de lucht aanwezige micro-organismen.<sup>4,5</sup>

Regelmatige verversing van de lucht op een OK is belangrijk. Een deel van de lucht komt van buiten en wordt op de juiste conditie (temperatuur en relatieve vocht) gebracht door de luchtbehandelingsinstallatie. Dit deel zorgt er ook voor dat er een overdruk (zones) in de operatiekamers tot stand wordt gebracht. Het idee hierbij is dat door de hogere druk in een OK relatief vuile lucht van buiten de operatiekamer niet naar binnen kan stromen. Deze buitenlucht is 'dure lucht', omdat hij geconditio-

neerd moet worden. Naast deze lucht is er recirculatie-lucht die via een HEPA-filter weer in de operatiekamer wordt gebracht. Deze twee luchtstromen samen bepalen het totaal aantal luchtwisselingen.

Naast het verschil in het aantal drukzones varieert per klasse het minimaal aantal luchtwisselingen en ISO-classificatie voor wat betreft de maximale deeltjesconcentratie van de ruimte (tabel 1). Het gevolg van een hoger aantal luchtwisselingen is de hogere hoeveelheid toegevoerde lucht aan de operatiekamer. Dit wordt het luchtdebiet in m<sup>3</sup>/h genoemd. Het verhogen van de luchthoeveelheid (het luchtdebiet) leidt tot minder deeltjes in de ruimte (ISO 5 vs. ISO 7) en tevens tot een sneller herstel van de luchtkwaliteit in de operatiekamer (hersteltijd).<sup>6</sup> Een kortere hersteltijd van de luchtkwaliteit in de operatiekamer zorgt, bij een operatiekamer in gebruik, voor een lager aantal gemeten kolonievormende eenheden per m<sup>3</sup> (KVE/m<sup>3</sup>). ISO 5 en ISO 7 zeggen iets over de maximaal toegestane concentratie aan deeltjes/m<sup>3</sup> in de lucht. Bijvoorbeeld bij ISO 5 is het aantal toegestane deeltjes/m<sup>3</sup> met een grootte van  $\geq 0,5 \mu\text{m}$  3520 en bij ISO 7 is het aantal toegestane deeltjes/m<sup>3</sup> van  $\geq 0,5 \mu\text{m}$  352 000. Het aantal gemeten deeltjes in de lucht is bij ISO 5 100 keer lager dan bij ISO 7.

Bij infectiegevoelige operaties (grote gewrichtsvervangende ingrepen = klasse 1+) zijn meer luchtwisselingen gewenst dan bij minder infectiegevoelige operaties.<sup>3</sup> Het aantal luchtwisselingen in de operatiekamer is bij een klasse 1+ hoger dan het genoemde aantal van 20 in tabel 1. In de praktijk zit het aantal wisselingen vaak boven de 60 per uur. Per specialisme is in de FMS-richtlijn per ingreep aangegeven in welke OK-klasse deze moet plaatsvinden.

### Luchttoevoersystemen

Er zijn twee typen luchttoevoersystemen, namelijk conventionele luchttoevoer (CV = mengend systeem) en Ultra Clean (UCV). Een CV-systeem is voor klasse 1 en 2, een UCV voor een klasse 1+ operatiekamer.

Conventionele systemen mengen de toegevoerde lucht gelijkmatig in de gehele OK en verdunnen de concentratie van micro-organismen en schadelijke stoffen. UCV-systemen brengen de lucht via speciaal hiervoor ontwikkelde OK-luchttoevoersystemen naar het beschermde gebied en verdringen de aanwezige lucht daar waar het beschermde gebied zich bevindt. Het beschermde gebied is bedoeld voor het plaatsen van de patiënt (het wondgebied), het steriel opgestelde personeel en de instrumententafels. De luchtkwaliteitseis voor

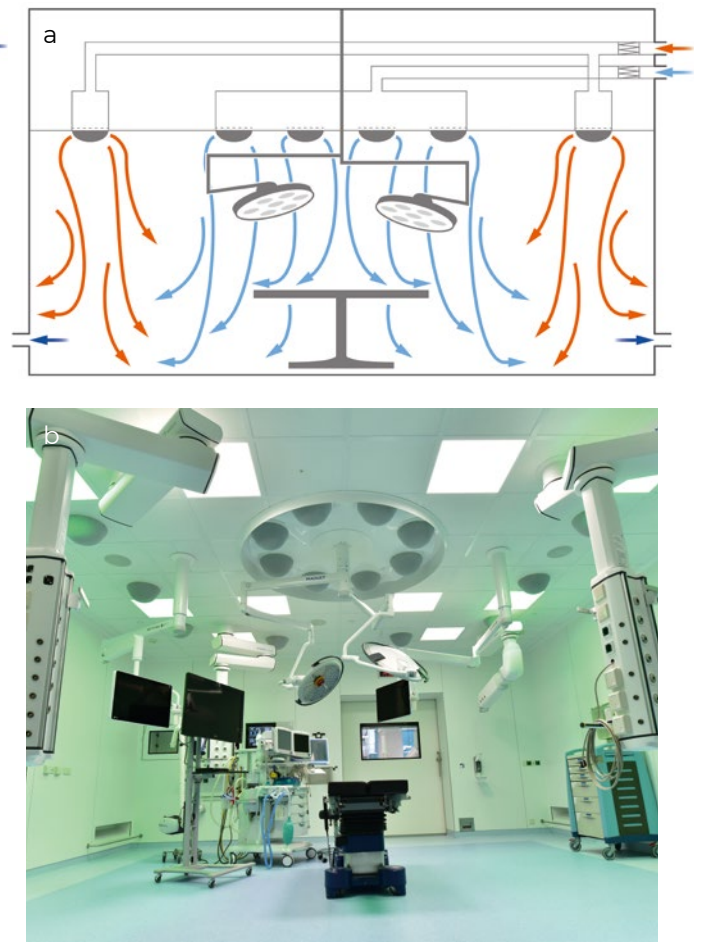


**Figuur 1** Werkingsprincipe (a) en foto (b) van een CV-systeem.

een UCV-systeem in het beschermde gebied, wat betreft het aantal micro-organismen, mag tijdens een operatie niet hoger zijn dan 10 KVE/m<sup>3</sup>.<sup>7,8</sup> Uit ons vooronderzoek blijkt dat de onderzochte UCV-systemen geïnstalleerd in Nederland voldoen aan deze KVE-eis.

Om aan deze eisen te kunnen voldoen, worden in de OK hogere lucht volumes toegevoerd.<sup>3</sup> De lucht volumes van UCV-systemen zijn hoger (ongeveer 7000 – 10 000 m<sup>3</sup>/h) in vergelijking tot de lucht volumes van conventionele systemen (ongeveer 3000 – 4000 m<sup>3</sup>/h). Bij gebruik van lagere lucht volumes is de hersteltijd van de lucht lager, waardoor het aantal gemeten micro-organismen in de gehele OK hoger wordt. Dit kan een risicofactor zijn voor het ontstaan van POWI's. Het aantal micro-organismen is ook afhankelijk van het aantal personen, type kleding, procedures, deurbewegingen en aantal lucht wisselingen.

In Nederland kennen we op dit moment de volgende vier typen OK-luchttoevoersystemen:<sup>6</sup>



**Figuur 2** Werkingsprincipe (a) en foto (b) van een temperatuurgecontroleerd systeem.

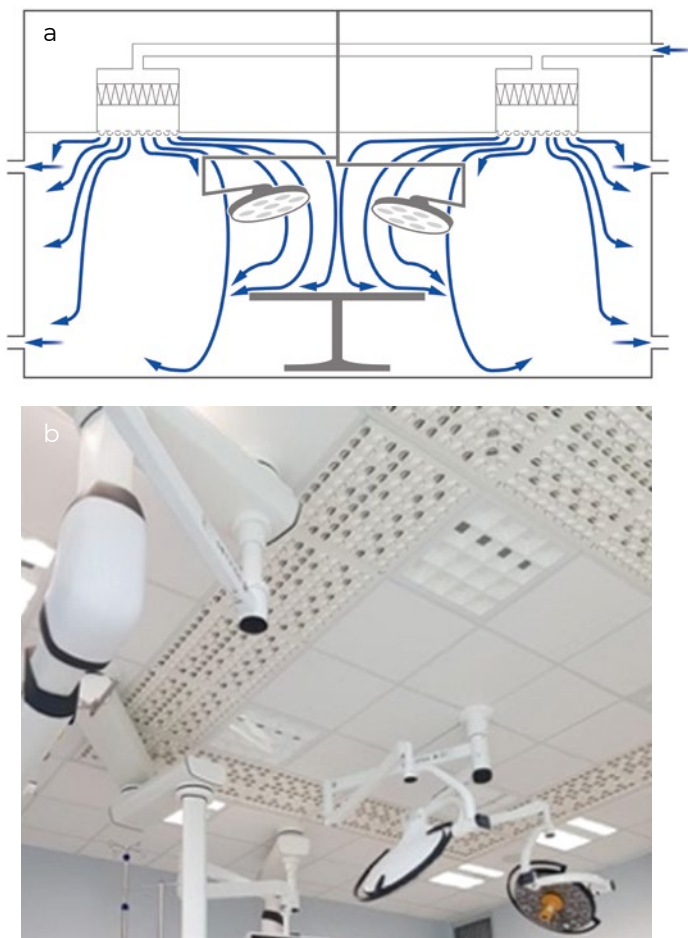
1. Conventionele Ventilatieluchttoevoer (CV)
2. Temperatuurgecontroleerde Air Flow (TcAF)
3. Gecontroleerde verdunningsventilatie (cdV)
4. Uni Directional Air Flow (UDAF)

De eerste wordt gezien als klasse 1- of 2-luchttoevoer-systeem. Nummer twee tot en met vier worden gezien als klasse 1+ UCV-systeem. Deze systemen zijn geschikt voor grote gewrichts vervangende ingrepen.

#### **Conventionele luchttoevoer systeem (CV)**

Een conventioneel luchttoevoersysteem (figuur 1b) is een mengend luchttoevoersysteem. Het conventionele systeem brengt HEPA-gefilterde lucht in de OK via verschillende inblaasroosters (figuur 1a). HEPA is een afkorting van *high-efficiency particulate air* en is een specifiek type luchtfilter. Het kan minimaal 85% en maximaal 99,99% van alle stofdeeltjes van 0,3 micrometer tegenhouden (micro-organismen hebben stofdeeltjes nodig om te kunnen reizen door de ruimte).





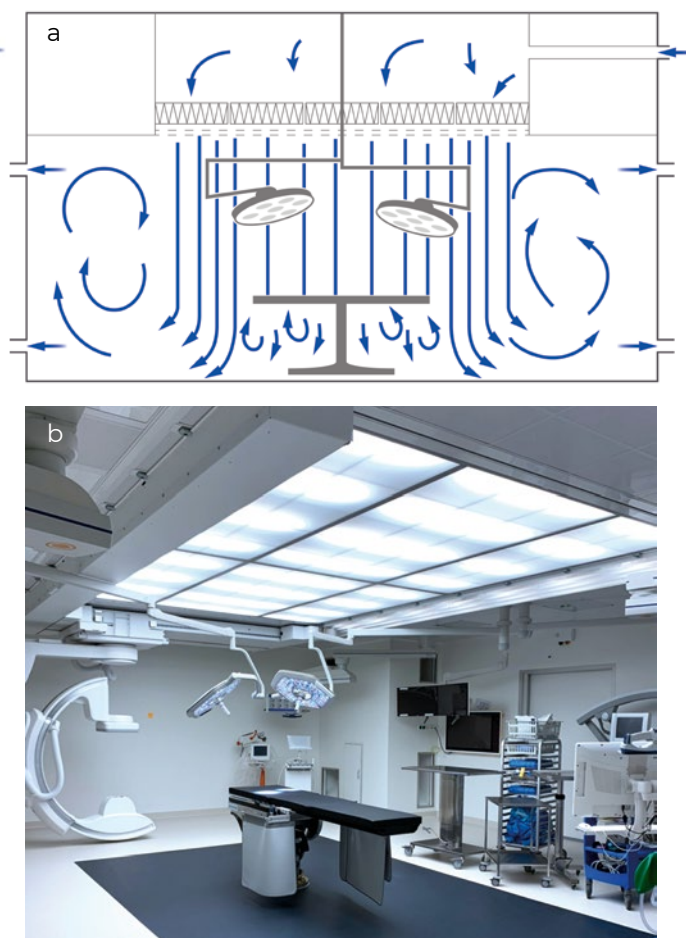
**Figuur 3** Werkingsprincipe (a) en foto (b) van een gecontroleerd mengend systeem.

### Temperatuurgecontroleerd luchttoevoersysteem

Een temperatuurgecontroleerd systeem (figuur 2b) wordt gedefinieerd als een temperatuurgecontroleerd luchttoevoersysteem waarbij koelere HEPA-gefilterde lucht wordt toegevoerd boven de OK-tafel en warmere lucht in de periferie door middel van bolvormige uitblaasornamenten. De ingebrachte lucht boven de OK-tafel stroomt door dichtheidsverschillen naar beneden. In de periferie ontstaat door de bolvormige uitblaasornamenten een gemengde luchtstroom.

### Gecontroleerd mengend luchttoevoersysteem

Een gecontroleerd mengend luchttoevoersysteem (figuur 3b) is een gemengde luchtstroom. De lucht wordt gefilterd door HEPA-filters en in de OK toegevoerd via diverse mondstukken in het plafond. De toevoerluchtstroom is deels gericht op de ultraschone zone en deels op de periferie van de operatiekamer, waardoor een goede menging van de toevoerlucht met de aanwezige ruimtelucht ontstaat (figuur 3a).



**Figuur 4** Werkingsprincipe (a) en foto (b) van een UDAF-systeem.

### Unidirectional airflow-systemen (UDAF)

Unidirectionele luchtstroom (figuur 4b) wordt gedefinieerd als een turbulente arme luchtstroming met een eenduidige richting. Deze lucht wordt toegevoerd boven het beschermde gebied en vervangt de aanwezige lucht continu (verdringing) door nieuwe HEPA-gefilterde lucht. Zij creëert een HEPA-gefilterd beschermd gebied met een constante snelheid (figuur 4a). De toegevoerde lucht stroomt naar de periferie waar het door middel van de afzuigroosters geplaatst in de OK-wand wordt afgevoerd.

Bij een klasse 1+ OK wordt er veelal geadviseerd een beschermd gebied van ten minste drie bij drie meter te realiseren waar de patiënt, de OK-tafel en het steriele materiaal in kunnen worden gepositioneerd. Uit onderzoek blijkt dat, in geval dit niet mogelijk is, de lucht buiten dit gebied bij kleinere Uni Directional AirFlow (UDAF)-luchttoevoersystemen van 2,4 bij 2,4 meter, ook al voldoende schoon is om hier de instrumenttafels te positioneren.<sup>9</sup> Dit betekent dat er in sommige gevallen

met een kleiner UDAF-systeem gewerkt kan worden en er minder lucht naar de OK toegevoerd hoeft te worden. Een kleiner UDAF-systeem bespaart hierdoor energie ten opzichte van een groter UDAF-systeem.

## Postoperatieve wondinfectie in relatie tot luchtbehandeling

Het optreden van POWI's wordt door veel factoren beïnvloed, waarbij het type operatie en de gezondheidsstatus van de patiënt de meeste invloed hebben. Andere belangrijke factoren zijn (hand)hygiëne, correct gebruik van antibiotica (profylaxe), adequate desinfectie, voorkomen van hypothermie van de patiënt, kledingdiscipline en bewegingen van personeel in de operatiekamer (tabel 2, RIVM). Om POWI's ten gevolge van luchtgedragen micro-organismen in de operatiekamer te voorkomen is voldoende ventilatie en het totaal aantal luchtwisselingen van belang. Momenteel worden bijna alle ingrepen in Nederland nog in een klasse 1+ operatiekamer uitgevoerd. We opereren in operatiekamers die, in sommige gevallen, dag en nacht op volle toeren draaien.

De Wereldgezondheidsorganisatie (WHO) stelt dat bestaand onderzoek naar het gebruik van een UCV-systeem (klasse 1+) voor operatiekamers wetenschappelijk beperkt en zwak is onderbouwd en dat er daardoor (te) weinig bewijs is dat dergelijke systemen bijdragen aan het verminderen van POWI's.<sup>10</sup> Volgens de WHO<sup>10</sup> en de Centers for Disease Control and Prevention (CDC)<sup>11</sup> zijn daarnaast de investeringskosten in een installatie voorzien van een UCV-systeem hoger dan dat van een CV-systeem zoals geadviseerd door de WHO.

De Federatie van Medisch Specialisten (FMS) heeft in 2022 een nieuwe richtlijn over luchtbehandeling gepubliceerd, *Luchtbehandeling in operatiekamers en behandelkamers*.<sup>2</sup> In deze richtlijn worden chirurgische procedures in verschillende categorieën ingedeeld. Elk specialisme heeft de mogelijkheid gekregen aan te geven welke ingreep in welke type (klasse 1+, 1 of 2) operatiekamer moet worden verricht. Volgens deze aanbeveling zijn de strenge eisen van klasse 1+ alleen noodzakelijk bij grote gewrichtsvervangende ingrepen.<sup>12</sup>

Internationale richtlijnen<sup>7,13,14</sup> en de Nederlandse Orthopedische Vereniging (NOV)<sup>12</sup> adviseren om grote orthopedische implantaten (primaire en revisie protheses) van de grote gewrichten (als heup, knie, schouder, elleboog, enkel), en grote wervelkolomchirurgie (bijv. scoliose) uit te voeren in een OK-klasse 1+.<sup>2</sup>

**Tabel 2** Beïnvloedbare risicofactoren postoperatieve wondinfecties. Bron: RIVM.

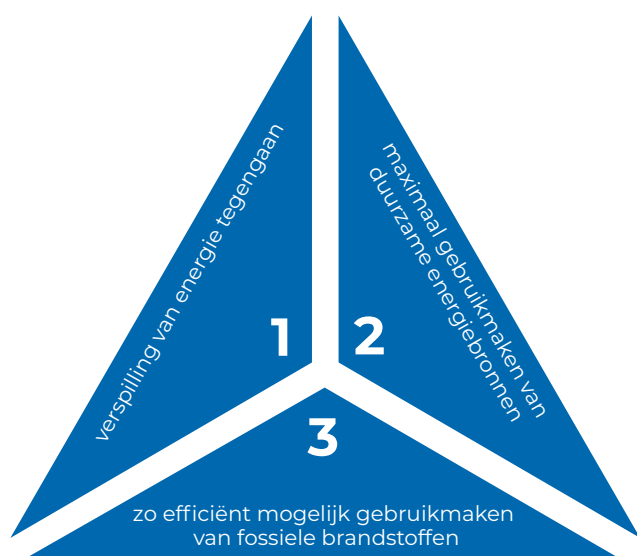
algemene conditie van de patiënt (zoals overgewicht, ondervoeding en laag serumalbuminegehalte, roken, slecht gereguleerde diabetes mellitus en gebruik van immunosuppressiva)
neusdragerschap met <i>Staphylococcus aureus</i>
infecties elders in het lichaam
preoperatief verwijderen van haar
incorrecte preoperatieve handdesinfectie operatieteam
inadequate reiniging en sterilisatie van instrumentarium
onvoldoende ventilatie van operatiekamer
onjuiste desinfectie van operatiegebied
onjuiste kleding operatieteam (masker, handschoenen etc.)
combineren van meerdere ingrepen
peroperatief gebruik van bloedtransfusies
ondertemperatuur van de patiënt tijdens ingreep
chirurgische techniek (o.a. grootte wondbed, mate van weefselchade, gebruik van lichaamsvreemd materiaal en drains, wijze waarop ingreep wordt uitgevoerd)
discipline op de OK
drukhiërarchie op de OK

Dit advies komt voort uit verschillende studies waaruit is gebleken dat er bij systemen met een hoger luchtvolume minder POWI's optreden.<sup>3</sup> De luchtkwaliteit werd hier gedefinieerd als lucht met een kwaliteit van minder 10 KVE/m<sup>3</sup>. Voor andere operaties is er geen bewijs dat bij een klasse 1+ operatiekamer minder POWI's optreden. Deze kunnen, afhankelijk van het specialisme, worden uitgevoerd in een klasse 1- of klasse 2-operatiekamer. Er wordt internationaal in sommige normen en richtlijnen geadviseerd om een verdringend Uni Directional Air Flow (UDAF) (figuur 4) toe te passen<sup>13,14</sup> terwijl andere eisen stellen aan het aantal gemeten KVE/m<sup>3</sup> tijdens de chirurgische procedure.<sup>7</sup>

## Wat zijn de mogelijkheden om energie te besparen op de operatieafdeling?

Als men energie wil besparen is een veelgebruikte methode de trias energetica:

1. **Verspilling van energie tegengaan.** Dit kan onder andere door te werken met sensoren of automatisering. Deze zorgen ervoor dat apparatuur en verlichting uitgaan als ze niet gebruikt worden, en dat de luchtbehandeling op een minimale stand schakelt als de OK niet gebruikt wordt. Het uitzetten van alle computers, anesthesietoestellen, microscopen en dergelijke bij de OK buiten gebruik. Hiermee kan tot ongeveer een derde van het totale jaarlijkse energieverbruik bespaard worden.
2. **Maximaal gebruikmaken van duurzame energiebronnen.** Deze CO<sub>2</sub>-reductie kan worden gerealiseerd door zelf zoveel mogelijk duurzame energie op te wekken. Dit kan bijvoorbeeld met zonnepanelen op daken en gevels, warmte-terugwin-installaties en (indien mogelijk) door kleine tot middelgrote windmolens op het terrein.
3. **Zo efficiënt mogelijk gebruikmaken van fossiele brandstoffen om in de resterende energiebehoefte te voorzien.** Dit betekent onder andere het aanpassen van per kamer instelbare luchtbehandeling op de benodigde OK-klasse en een bandbreedte aanhouden voor de luchtbevochtiging<sup>15</sup> in plaats van één waarde nastreven. Ook kan men halogeen-, gloeilamp- of tl-verlichting vervangen door ledverlichting.



**Figuur 5** Trias energetica.

## Hoe kun je energie besparen met luchtbehandeling?

De belangrijkste maatregel is om de luchtbehandeling op minimale instellingen (luchthoeveelheid) te schakelen als de OK (langdurig) niet gebruikt wordt. Uit onderzoek van Loomans (2020) komt naar voren dat bij het verlagen van het aantal luchtwisselingen wanneer de ruimte niet in gebruik is een gelijke classificatie (ISO 5) behouden blijft.<sup>16</sup> Dit geldt onder de voorwaarden dat de installatie na gebruik ten minste 30 minuten blijft aanstaan, de ruimte goed luchtdicht is, de overdruk ten minste 7,5 Pa, het aantal luchtwisselingen per uur tenminste vier is en de deuren dicht blijven. De energiebesparing die gepaard ging met het aanpassen van de luchtbehandelingsinstallatie was op basis van de besparing in ventilatorenergie. Hiermee werd 32% aan energie per jaar bespaard. Uit deze studie komt naar voren dat de ruimte 30 minuten na opstarten weer volledig voldoet aan alle gestelde uitgangscandities.<sup>16</sup> Uit ons vooronderzoek in operatiekamers komen vergelijkbare resultaten met het cleanroom-onderzoek naar voren.<sup>17,18</sup> Ons advies is om, indien een operatiekamer niet in gebruik is, de luchtbehandeling op stand-by te zetten.<sup>18</sup> Stand-by betekent niet helemaal uit. Immers, een minimale flow blijft nodig om de drukhiërarchie in stand te houden.

Een tweede manier om energie te besparen is om bij nieuwbouw een aantal kamers toe te wijzen als klasse 1+ en de overige kamers als een klasse 1- of 2-operatiekamer, een en ander afhankelijk van het type ingreep. Door gezamenlijk met de verantwoordelijke personen binnen het ziekenhuis te bepalen wat werkelijk nodig is, kan bespaard worden in energie en wellicht aanschaf- en onderhoudskosten. Eerdere schattingen in de WIP-richtlijn (2014) waren dat 85-90% van de operaties in klasse 2- operatiekamers uitgevoerd kunnen worden.<sup>19</sup>

Een derde strategie is beperkt bevochtigen, waarbij de relatieve luchtvochtigheid (RV) op de OK tussen de 30-70% wordt gehouden in plaats van een streefwaarde van 50-65%, zoals geadviseerd in het verleden.<sup>20,21</sup> TNO en TU/e hebben in mei 2021 onderzocht dat er geen evidentie is voor een dergelijke strikte waarde voor de relatieve luchtvochtigheid en er beter een bandbreedte kan worden aangehouden.<sup>15</sup> Wanneer de RV zich vrij kan bewegen tussen twee grenswaarden, hoeft de lucht minder vaak bevochtigd of ontvochtigd te worden.

Om ervoor te zorgen dat aanpassingen aan de luchtbehandelingsinstallatie de personele en patiëntveiligheid niet in gevaar brengt, zal er door het onderzoeksteam van het Landelijk Netwerk de Groene OK nader onder-

zoek worden gedaan in verschillende ziekenhuizen. Hierbij wordt er gekeken naar de logistieke, procedurele en technische (on)mogelijkheden die aanpassing aan de luchttechnische installatie teweeg kan brengen. Er wordt onderzocht welke componenten in de luchttechnische installatie kritisch zijn voor het reduceren van de ingebrachte luchthoeveelheid. Overdruk en een stabiel werkende luchtbehandeling installatie blijft te allen tijde van belang.

Scholing van het OK- en technisch personeel is evident. Een belangrijk onderdeel hiervan zal zijn het technisch personeel en de medewerkers van de OK bewust te maken van de mogelijke energiebesparingen op het OK-complex.

#### **Video: tips voor het besparen van energie op de OK**

Scan onderstaande QR-code om een video van Landelijk Netwerk de Groene OK te bekijken waarin zes concrete tips worden gegeven voor het besparen van energie op de OK.



*NB: De termen '(prestatie)niveau 1' en '(prestatie)niveau 2' die gebruikt worden in deze video zijn nog gebaseerd op de WIP-richtlijn uit 2014. In de nieuwe FMS-richtlijn (en in dit artikel) worden de termen klasse 1+, klasse 1 en klasse 2 gebruikt.*

#### **Literatuur**

1. MacNeill AJ, Lillywhite R, Brown CJ. The impact of surgery on global climate: A carbon footprinting study of operating theatres in three health systems. *The Lancet Planetary Health* 2017;1(9).
2. Kennisinstituut van de Federatie van Medisch Specialisten. Luchtbehandeling in operatiekamers en behandelkamers. 2022. Beschikbaar via [https://richtlijnendatabase.nl/richtlijn/luchtbehandeling\\_in\\_operatiekamers\\_en\\_behandelkamers/startpagina\\_-\\_luchtbehandeling\\_in\\_operatiekamers\\_en\\_behandelkamers.html](https://richtlijnendatabase.nl/richtlijn/luchtbehandeling_in_operatiekamers_en_behandelkamers/startpagina_-_luchtbehandeling_in_operatiekamers_en_behandelkamers.html).
6. Lans JLA, Mathijssen NMC, Bode A, et al. Operating room ventilation systems: Recovery degree, cleanliness recovery rate and air change effectiveness in an ultra-clean area. *Journal of Hospital Infection* 2022.
10. World Health Organization (WHO). Global guidelines for the prevention of surgical site infection. 2016;158-62.
16. Loomans MGLC, Ludlage TBJ, Van den Oever H, et al. Experimental investigation into cleanroom contamination build-up when applying reduced ventilation and pressure hierarchy conditions as part of demand controlled filtration. *Building and Environment* 2020;176.

Voor de volledige literatuurlijst wordt verwezen naar [www.iamnascholing.nl](http://www.iamnascholing.nl).

Jos Lans is CEO van Medexs, leverancier van operatiekamers, cleanrooms en laboratoria. De overige auteurs hebben geen financiële banden met de farmaceutische industrie, ontvangen geen onderzoeksgeld van commerciële partijen en hebben geen bedrijfsbelangen of andersoortige financiële relaties met betrekking tot dit onderwerp.



## EINDTOETS

- 1 Het verhogen van het luchtdebiet zorgt voor een afname van deeltjes in de ruimte en een sneller herstel van de luchtkwaliteit in de operatiekamer.**
  - a juist
  - b onjuist
  
- 2 De luchtkwaliteitseis voor een UCV-systeem in het beschermde gebied mag, wat betreft het aantal micro-organismen, tijdens een operatie niet hoger zijn dan ... KVE/m<sup>3</sup>.**
  - a 25 KVE/m<sup>3</sup>
  - b 20 KVE/m<sup>3</sup>
  - c 10 KVE/m<sup>3</sup>
  - d 5 KVE/m<sup>3</sup>
  
- 3 In Nederland kennen we op dit moment de volgende vier typen OK-luchttoevoersystemen. Welke van deze luchttoevoersystemen worden gezien als een klasse 1+ UCV-systeem?**
  - a Conventionele Ventilatieluchttoevoer (CV)
  - b Temperatuurgecontroleerde Air Flow (TcAF)
  - c Gecontroleerde verdunningsventilatie (cDV)
  - d Uni Directional Air Flow (UDAF)
  
- 4 Een *high-efficiency particulate air (HEPA)* filter is een specifiek type luchtfilter dat een bepaald percentage van alle stofdeeltjes van 0,3 micrometer kan tegenhouden. Hoe hoog is dit percentage?**
  - a minimaal 50% en maximaal 75%
  - b minimaal 75% en maximaal 90%
  - c minimaal 85% en maximaal 99,99%
  - d minimaal 95% en maximaal 99,99%
  
- 5 Kenmerkend aan een gecontroleerd mengend luchttoevoersysteem zijn de bolvormige uitblaasornamenten in het plafond.**
  - a juist
  - b onjuist
  
- 6 De Federatie van Medisch Specialisten (FMS) heeft in 2022 een nieuwe richtlijn over luchtbehandeling gepubliceerd, *Luchtbehandeling in operatiekamers en behandelkamers*. In deze richtlijn worden chirurgische procedures in verschillende categorieën ingedeeld. Volgens deze aanbeveling zijn de strenge eisen van klasse 1+ alleen noodzakelijk bij grote gewrichtsvervangende ingrepen.**
  - a juist
  - b onjuist
  
- 7 Wat is het aantal toegestane deeltjes/m<sup>3</sup> met een grootte van  $\geq 0,5 \mu\text{m}$  bij een ISO-klasse 5 installatie?**
  - a 352 deeltjes/m<sup>3</sup>
  - b 3520 deeltjes/m<sup>3</sup>
  - c 35 200 deeltjes/m<sup>3</sup>
  - d 352 000 deeltjes/m<sup>3</sup>