

**Beheersplan Luchtbehandeling**  
**voor de Operatieafdeling**

# Inhoudsopgave

<b>Voorwoord</b> .....	<b>4</b>
<b>1. Inleiding en achtergrond van het beheersplan</b> .....	<b>5</b>
1.1 <i>Ontstaansgeschiedenis</i> .....	5
1.2 <i>Het Beheersplan</i> .....	6
<b>2. Opzet HACCP voor een operatieafdeling</b> .....	<b>9</b>
2.1 <i>Inleiding</i> .....	9
2.2 <i>Risicoanalyse</i> .....	9
2.2.1 <i>Invloed van lucht</i> .....	9
2.2.2 <i>Invloed van patiënt, medewerker en bezoek</i> .....	9
2.2.3 <i>Invloed van bouwkundige voorzieningen</i> .....	9
2.2.4 <i>Invloed van apparatuur, vloeistoffen en instrumenten</i> .....	9
2.3 <i>Eliminatie van risico's door beheersmaatregelen</i> .....	10
2.3.1 <i>Preventieve maatregelen, meldingen en metingen</i> .....	10
2.3.2 <i>Correctieve maatregelen</i> .....	10
2.4 <i>Beheersplan: vastleggen verantwoordelijkheden en maatregelen</i> .....	10
<b>3. Lucht</b> .....	<b>11</b>
3.1 <i>Invloed van de luchtbehandeling</i> .....	11
3.1.1 <i>Luchtfiltering</i> .....	11
3.1.2 <i>Luchtstromingtypen</i> .....	11
3.1.3 <i>Luchtuitredesnelheid</i> .....	12
3.1.4 <i>Luchttoevoerhoeveelheid</i> .....	12
3.1.5 <i>Luchtuitredetemperatuur</i> .....	13
3.1.6 <i>Luchtvochtigheid</i> .....	13
3.1.7 <i>Luchtafvoer</i> .....	14
3.1.8 <i>Drukhiërarchie</i> .....	14
3.1.9 <i>Binnenklimaat</i> .....	14
3.1.10 <i>Nachtsituatie Operatieafdeling</i> .....	15
3.2 <i>Streefwaarden voor de lucht in de operatiekamers</i> .....	15
3.2.1 <i>Inleiding</i> .....	15
3.2.2 <i>Kwaliteit van de lucht in de operatiekamer</i> .....	16
3.2.3 <i>Streefwaarden voor kolonievormende eenheden per kubieke meters lucht</i> .....	16
3.2.4 <i>Streefwaarde voor sedimentatie</i> .....	18
3.2.5 <i>Streefwaarde partikels</i> .....	18
<b>4. Specifieke onderwerpen</b> .....	<b>20</b>
4.1 <i>Beïnvloedende factoren in de operatiekamer</i> .....	20
4.1.1 <i>Operatielamp</i> .....	20
4.1.2 <i>Plaats operatietafel en instrumententafel</i> .....	21
4.1.3 <i>Deuren</i> .....	21

4.1.4 Tussen twee operaties .....	21
4.1.5 Patiëntentransport .....	22
4.1.6 Opdekken .....	23
4.2 <i>Gestandaardiseerde meetmethoden voor het bepalen van de luchtkwaliteit in operatiekamers</i> .....	23
4.2.1 Microbiële contaminatiegraad van de lucht .....	23
4.2.2. Microbiële sedimentatiegraad in de wondomgeving en op instrumentarium....	25
4.2.3 Potentieel MO dragende partikels .....	25
<b>5. Beheersmaatregelen met betrekking tot de luchtbehandelinginstallatie.....</b>	<b>27</b>
5.1 <i>Systematische beschrijving luchtbehandeling</i> .....	27
5.1.1. Procedures ten aanzien van bouw en/ of constructie .....	27
5.1.2. Procedures ten aanzien van het beheer .....	28
5.1.3. Procedures ten aanzien van onderhoud .....	29
5.2 <i>Stappenplan bij afwijkingen in kritieke parameters</i> .....	29
5.3 <i>Stappenplan bij afwijkingen van microbiële aard</i> .....	30
<b>6. Implementatie richtlijnen en Audits .....</b>	<b>32</b>
6.1 <i>Implementatie van richtlijnen</i> .....	32
6.2 <i>Audits</i> .....	33
<b>7. Bijlagen.....</b>	<b>37</b>
7.1 <i>Onderbouwing van de KVE streefwaarde en het ventilatievoud in een mengend systeem</i> .....	37
7.2 <i>Geadviseerde meetapparatuur</i> .....	38
7.3 <i>“Air Samplers for Use in Operating Theatres”</i> .....	40
7.4 <i>Eindrapport Werkgroep Techniek</i> .....	41
7.4.1 Norm Luchttoevoer in operatiekamer .....	41
7.4.2 Norm luchtafvoer.....	42
7.4.3 Norm luchtuitredesnelheid en -temperatuur.....	43
7.4.4 Norm luchttoevoerhoeveelheid.....	44
7.4.5 Norm luchtvochtigheid .....	46
7.4.6 Norm luchtdrukken.....	46
7.4.7 Norm luchtfiltering .....	49
7.4.8 Norm binnenklimaat.....	50
7.4.9 Norm onderhoud.....	50
7.4.10 Algemene aandachtspunten: .....	50
7.5 <i>Enquête gegevens Nederlandse ziekenhuizen</i> .....	53
<b>8. Lijst van afkortingen.....</b>	<b>56</b>
<b>9. Literatuurlijst .....</b>	<b>57</b>
<b>10. Extra aanbevolen Literatuur .....</b>	<b>58</b>

## Voorwoord

Dit Beheersplan moet worden beschouwd als een expert rapport, samengesteld door deskundigen uit het “veld”. Diegenen die in Nederland op dit moment beschouwd mogen worden als meest terzake deskundigen zijn via hun verenigingen en instanties gevraagd mee te werken. Op deze wijze hebben (para)medici, technici en vertegenwoordigers van overheidsinstanties elkaar gevonden in de wens meer helderheid te verschaffen in het complexe onderwerp van de luchtbehandeling van operatiekamers. Er is uiteindelijk gekozen voor de vorm van een beheersplan om met name de beheersmatige aspecten te benadrukken.

Het produceren van dit beheersplan heeft aanzienlijke tijd gekost, meer dan verwacht. Dat is deels te wijten aan het naar elkaar toegroeien van uiteenlopende visies, van vertegenwoordigers van uiteenlopende professie. Daardoor is echter een waardevolle multidisciplinaire synthese verkregen van medische, technische en beheersmatige aspecten. Ook moesten nog in de laatste fase nieuw verschenen adviezen worden verwerkt, deels buitenlands. Het nu voorliggende rapport is tot stand gebracht op dringend verzoek van, maar ook door diegenen die zich verantwoordelijk voelen voor het goed functioneren van de luchtbehandeling op operatiekamers als een belangrijk preventief instrument voor wondinfecties.

Dit beheersplan is na 14 maart 2010 niet meer van toepassing. Na vijf jaar moet er een hernieuwde evaluatie plaats vinden, aan de hand van de dan in Nederland opgedane ervaringen, en van de dan nieuw verworven wetenschappelijke inzichten.

Het is nu, bij het verschijnen van dit beheersplan, duidelijk geworden van wie en waarvoor in de komende vijf jaar extra inspanning wordt gevraagd:

1. het ziekenhuismanagement moet een beheersplan voor de luchtbehandeling van de OK complexen in elke ziekenhuisorganisatie invoeren volgens de HACCP structuur, en een beheerder aanstellen.
2. de ziekenhuishygiënist moeten zich gaan toeleggen op het aanleren en toepassen van zo uniform mogelijke meetmethoden van de microbiële OK-lucht kwaliteit. Zij moeten komen tot de vaststelling van hun lokale uitgangswaarden, en in een periodieke inventarisatie vervolgen.
3. de technici moeten komen tot goed gefundeerde adviezen omtrent plenum ontwerp, met name waar grotere werkgebieden van schone lucht moeten worden voorzien, geschikt voor OK's met grote, maar ook kleinere warmtelast.

Gedurende het traject van vijf jaar wil de stuurgroep trachten de vinger aan de pols te houden en te stimuleren dat over vijf jaar bovenstaande actiepunten gerealiseerd zijn.

Dr. G.H.I.M. Walenkamp  
Maastricht, 14 maart 2005

# 1. Inleiding en achtergrond van het beheersplan

## 1.1 Ontstaansgeschiedenis

Naar aanleiding van vragen uit het veld werd in de jaren zeventig door de afdeling binnenklimaat van het toenmalige Instituut voor Gezondheidstechniek (IG-) TNO onderzoek naar de ventilatie van operatiekamers verricht. Daarvoor werd steun verkregen van een gespreksforum van chirurgen en bacteriologen, en van een commissie van de Nederlandse Technische Vereniging voor Verwarming en Luchtbehandeling (TVVL). De onderzoeksresultaten, adviezen en eisen aan luchtbehandelingsinstallaties werden zoals gebruikelijk bij TNO beschreven in rapporten en enkele publicaties, vooral van de hand van de toenmalige onderzoekers van IG- TNO: ir. H.B. Bouwman en P.A. Bossers. In de jaren daarna bleef het echter een onderwerp waar vooral technici zich mee bezighielden: de afdeling binnenmilieu van TNO en de inmiddels opgerichte Vereniging Contamination Control Nederland (VCCN).

In de medische sector echter groeide ook de interesse. Het juist zelfstandig geworden tijdschrift Ziekenhuishygiëne en Infectiepreventie (ZIP), het verenigingsblad van de vereniging van de ziekenhuishygiënist, wijdde in 1989 het eerste nummer geheel aan de luchtbehandeling in operatiekamers (ZIP nr. 8(1); febr. 1989). In 1991 en 1992 werden in Nederland congressen georganiseerd door de VCCN, samen met TNO en het College voor ziekenhuisvoorzieningen over de rol van luchtbehandeling in de operatiekamers. Deze congressen werden ook door gezondheidswerkers toenemend bezocht. Het volgende congres werd in juni 1998 ( “een Frisse Wind”) georganiseerd door de Vereniging voor Hygiene en Infectiepreventie in de Gezondheidszorg (VHIG), samen met de VCCN. Het congres werd georganiseerd om een aanzet te geven tot een *werkbare* norm voor de luchtkwaliteit op de Nederlandse operatiekamers. Hiermee was het onderwerp van de luchtbehandeling op operatiekamers een onderwerp geworden dat meer aangepakt werd door de medische sector, in samenwerking met technici, dan andersom, zoals het aanvankelijk het geval was geweest.

In 1999 kwam na een uitnodiging door de VHIG en de VCCN aan zo veel mogelijk relevante organisaties (inclusief de Inspectie voor de Gezondheidszorg) en beroepsverenigingen (zie tabel 1.1) een groep geïnteresseerden bijeen en werd besloten te proberen te komen tot een praktisch en duidelijk advies door het formeren van een stuurgroep en een drietal werkgroepen (zie tabel 1.3). De werkgroepen kregen de opdracht om na inventarisatie van bestaande literatuur, richtlijnen en adviezen nieuwe richtlijnen te maken. De nadruk moest liggen op het formuleren van een norm voor de luchtkwaliteit, de meetmethoden, het beheer en het onderhoud van de installaties. Daarbij richtten de werkgroepen zich respectievelijk op de techniek, op standaardisatie van meetmethoden, en op de algemene aspecten van gedragscode t.a.v. de hygiëne. De samenstelling en taakverdeling van de stuurgroep en werkgroepen is in de loop van de benodigde jaren iets gewijzigd, met name door verandering van werkring van sommigen.

Na bestudering van de vele gegevens en adviezen van de werkgroepen besloot de stuurgroep om deze in een systematisch opgezet Beheersplan op te nemen. Hierbij werd de structuur van Hazard Analysis of Critical Control Points (HACCP) gevolgd: een systematische analyse en aanpak van alle kritieke punten in het proces. Een dergelijk beheersplan voor de luchtbehandeling van de operatieafdeling kan als leidraad dienen voor de verantwoordelijke functionarissen. De Raad van Bestuur – evenals de hiertoe aangewezen functionaris – zijn daarbij in eerste respectievelijk tweede instantie verantwoordelijk voor het

opzetten en de uitvoering van het beheersplan, dat een onderdeel moet vormen van het wettelijk vereiste kwaliteitsbeleid van de instelling.

Dit HACCP beheersplan is van toepassing op alle operatieafdelingen en betreft de microbiële kwaliteit van de lucht. Er wordt geen onderscheid gemaakt tussen klinische en poliklinische operatieafdelingen, de kwaliteitseisen behoren gerelateerd te worden aan de aard van de ingreep.

Toen dit beheersplan als vrijwel voltooid kon worden beschouwd werden nog een aantal rapporten in een drietal landen uitgebracht (Engeland: Hospital Infection Society (14, 18); Zwitserland: SWKI richtlijn 99-3 (24); Nederland: Bouwmaatstaven van het College Bouw Ziekenhuisvoorzieningen (6). Deze zijn alsnog verwerkt. De nieuwe Bouwmaatstaven van het College zijn wat minder gedetailleerd dan de vorige Bouwmaatstaven, in het kader van de deregulering, en beschrijven de problematiek van de luchtbehandeling van operatiekamers zonder uitgebreid op het gebruik en beheer ervan in te gaan. Het blijft dan ook zinvol gedetailleerde adviezen te formuleren zoals in dit onderhavige beheersplan, zich meer richtend op de gebruikers in het veld.

## **1.2 Het Beheersplan**

De kwaliteit van het microbiële binnenmilieu wordt beïnvloed door vier hoofdcomponenten:

1. De lucht (technische voorzieningen ten behoeve van de luchtbehandeling)
2. De mens (medewerkers, patiënten, bezoek)
3. De bouwkundige voorzieningen
4. De apparatuur, instrumenten en vloeistoffen

Bij de opzet en uitwerking van het beheersplan moeten bij elk onderdeel deze factoren meegewogen worden. De punten ad 2, 3 en 4 worden slechts in grote lijnen beschreven, aangezien in relevante literatuur, met name in de richtlijnen van de Werkgroep Infectiepreventie en verder in het advies van de Gezondheidsraad en de Bouwstenen van het College Bouw Ziekenhuisvoorzieningen, deze materie reeds uitgebreid behandeld wordt.

Aangezien de luchtkwaliteit van grote invloed is op het microbiële binnenmilieu is dit Beheersplan Luchtbehandeling voornamelijk gewijd aan de technische en microbiële eisen van de lucht in operatiekamers. Geadviseerd wordt per instelling een dergelijk beheersplan voor de operatieafdeling op te stellen.

In hoofdstuk 2 wordt de opzet volgens de HACCP besproken, waarna de uitwerking van enkele specifieke onderwerpen besproken wordt in hoofdstuk 3 en 4.

In hoofdstuk 3 wordt daarbij met name ingegaan op het onderdeel Luchtbehandeling, aangezien hierover tot op heden weinig gepubliceerd is in Nederland, waardoor bij beheerders en ontwerpers van luchtbehandelinginstallaties onzekerheid bestaat over de te stellen eisen. De uitwerking van een aantal onderwerpen die van invloed zijn op de lucht in de operatiekamer, evenals de meting van de luchtcontaminatie staan beschreven in hoofdstuk 4. In hoofdstuk 5 worden beheersmaatregelen besproken met betrekking tot de luchtbehandelinginstallatie zoals de schematische beschrijving en de kwalificatie/validatie eisen. Tevens is hier een schema opgenomen waarin vastgelegd is welke actie genomen moet worden bij geconstateerde afwijkingen van de kritieke parameters en wie hiervoor in eerste instantie verantwoordelijk is.

In hoofdstuk 6 wordt aandacht besteed aan de implementatie van richtlijnen en audits.

In de bijlagen volgt de onderbouwing van een aantal onderwerpen en afgesloten wordt met een lijst van afkortingen en de literatuurlijsten.

*Tabel 1.1: per 04-12-'98 instanties en verenigingen in Nederland, uitgenodigd te participeren*

Kwaliteitsinstituut CBO, infectieregistratie PREZIES  
Centrale Sterilisatie Club (CSC)  
Nederlands Normalisatie Instituut: Normcommissie Steriliteit en Steriliseren  
Nederlandse Vereniging voor Anaesthesiologie (NVA)  
Nederlandse Vereniging voor Heelkunde  
Nederlandse Orthopaedische Vereniging (NOV)  
Nederlandse Vereniging voor Leidinggevenden Operatiekamers (NVLO)  
Nederlandse Vereniging voor Medische Microbiologie (NVMM)  
Nederlandse Vereniging voor Technisch / facilitair Management in de Gezondheidszorg  
Rijksinstituut Volksgezondheid en Milieuhygiëne (RIVM)  
Inspectie voor de Gezondheidszorg  
Stichting Werkgroep Infectie Preventie (WIP)  
TNO, afd. Microbiologie en KM  
Vereniging Contamination Control Nederland (VCCN)  
Vereniging voor Hygiëne en Infectiepreventie in de Gezondheidszorg (VHIG)

*Tabel 1.2: per januari 2004 uitgenodigde instanties en verenigingen gevraagd hun mening ten aanzien van het Beheersplan te geven.*

Centrale Sterilisatie Club (CSC)  
Vereniging van Deskundigen Steriele Medische Hulpmiddelen (DSMH)  
Nederlands Normalisatie Instituut: Normcommissie Steriliteit en Steriliseren  
Nederlandse Vereniging voor Anaesthesiologie (NVA)  
Nederlandse Vereniging voor Heelkunde  
Nederlandse Orthopaedische Vereniging (NOV)  
Nederlandse Vereniging voor Leidinggevenden Operatiekamers (NVLO)  
Nederlandse Vereniging voor Medische Microbiologie (NVMM)  
Nederlandse Vereniging voor Technisch / facilitair Management in de Gezondheidszorg  
Inspectie voor de Gezondheidszorg (afd. Infectieziekten, afd. Farmacie en Medische Technologie, afd. Curatieve Somatische Gezondheidszorg)  
Vereniging voor Hygiëne en Infectiepreventie in de Gezondheidszorg (VHIG)  
Kwaliteitsinstituut CBO  
TNO PG, Leiden  
TNO Voeding, Zeist  
Stichting Werkgroep Infectie Preventie (WIP)  
College Bouw Ziekenhuisvoorzieningen  
Vereniging Contamination Control Nederland (VCCN)  
Instituut voor studie en stimulering van onderzoek op het  
gebied van gebouwinstallaties (ISSO)

Tabel 1.3: leden Stuurgroep en werkgroepen

Stuurgroep

dr. G.H.I.M. Walenkamp (voorzitter)	Orthop.chirurg, Maastricht, NOV	(voorz. na febr.'03)
A.M. Poth,	DSMH, Gouda, VHIG	(voorz. na okt '02)
G.G.M. van Knippenberg–Gordeke	Hygiënist, Venlo, VHIG	(voorz. tot okt '02)
M.A.J. Bilkert - Mooiman	Inspecteur i.a.d., Den Haag, IGZ	(lid)
H. Huiskamp	Adviseur, Eindhoven, VCCN	(lid)
J.L. Paardekooper	Consultant inf. preventie, Den Haag	(adviseur)
T. Daha-Vuurpijl	Hygiënist, Leiden, WIP	(waarnemer)

Werkgroep Techniek

D. Schotel, voorzitter	Adviseur, Rijswijk, VCCN
ing Ph. Ham	Adviseur Delft, TNO-PG Leiden
P. Houtman	Hygiënist, Haarlem, VHIG
E.W.J.M. Schilders	Installateur, Eindhoven, VCCN
L. Zwerver	Hoofd Techn. Dienst, Sneek, NVTG

Werkgroep standaardisering meetmethoden

dr. ir. WHJ Crombach, voorzitter	Microbioloog, Venlo, NVMM
ing. J. Kastelein	Adviseur, Zeist, TNO voeding
M.S.J. Pelk - Jongen	Hygiënist, Den Bosch, VHIG
F.H. Ploegstra	Hygiënist, Leeuwarden, VHIG
I. van Veldhoven	Hygiënist, Eindhoven, VHIG

Werkgroep gedragscode hygiëne

A. de Block, voorzitter	Hoofd OK, Sneek, NVHO/ adviseur, Nijmegen
A. Boskamp	Hygiënist, Nijmegen, VHIG
M.J. Scheerder	Hygiënist, Leiden, VHIG
dr. C.J. van der Linden	Alg. Chirurg, Heerlen, NVH
M. Louwers	Hygiënist Den Bosch, VHIG
dr. A.B. Wymenga	Orthop.chirurg, Nijmegen, NOV



## **2. Opzet HACCP voor een operatieafdeling**

### **2.1 Inleiding**

Alle microbiële risicopunten in de eigen operatieafdeling moeten nauwkeurig worden vastgelegd, dit is de basis van de aanbevolen HACCP systematiek. Er wordt dus een beheersplan gemaakt op basis van een risicoanalyse van kritieke punten in het proces. Bij elk punt wordt bekeken in hoeverre het risico verkleind of geëlimineerd kan worden (risicoanalyse) en welke maatregelen hiervoor (ad hoc, periodiek of continue) noodzakelijk zijn. Het vastleggen van deze maatregelen en van de verantwoordelijkheden rondt het beheersplan af.

### **2.2 Risicoanalyse**

Voor elke operatieafdeling moeten de processen die van invloed (kunnen) zijn op de microbiële veiligheid in kaart gebracht en beschreven worden.

#### 2.2.1 Invloed van lucht

De beheersing van het luchtstromingspatroon en de kwaliteit van de lucht in de operatiekamer vormt een essentieel deel van de infectiepreventie. Door filtratie wordt de aangevoerde lucht van (vrijwel alle) stof- en andere kiemdragende deeltjes ontdaan. Aangezien bij de niet mengende verdringingssystemen de grootste reductie van kiemen plaatsvindt, zijn de in dit Beheersplan opgenomen normen en eisen gerelateerd aan laminaire downflow systemen.

#### 2.2.2 Invloed van patiënt, medewerker en bezoek

De mens is als de grootste bron van micro-organismen in de operatieafdeling te beschouwen. De te nemen maatregelen moeten dus in eerste instantie gericht zijn op een optimale reductie van de micro-organismen die door de patiënt en medewerkers in de operatieafdeling verspreid (kunnen) worden.

#### 2.2.3 Invloed van bouwkundige voorzieningen

In de situatie van bestaande bouw zal, met inachtneming van de mogelijkheden en onmogelijkheden ten gevolge van de bouwkundige en installatietechnische situatie, een zo goed mogelijk resultaat worden nagestreefd. Het uitgangspunt is dat in de bestaande bouw tenminste moet worden voldaan aan de oorspronkelijke ontwerpspecificaties welke bij de nieuwbouw zijn neergelegd. Deze worden geacht te voldoen gedurende een periode van tien jaar. Daarna moet op basis van de nieuwe(re) inzichten op dit gebied bezien worden welke aanpassingen noodzakelijk zijn. Een aantal specifieke aandachtspunten bij de bouwkundige voorzieningen worden genoemd in hoofdstuk 7.4.

#### 2.2.4 Invloed van apparatuur, vloeistoffen en instrumenten

In het kader van een operatie wordt een groot aantal objecten gebruikt, die risico's vormen op overdracht van micro-organismen. Te denken valt hierbij met name aan: anaesthesie apparatuur en anaesthesie toebehoren, instrumentarium, afzuigapparatuur, sondes, punctie- en andere naalden (o.a. infuus-, arteriële- en veneuze-), transducers, hechtmateriaal, biomateriaal, desinfectantia, infuusvloeistoffen e.d., verwarmers voor infuus en bloed, OK matrassen en hete luchtdakens, laserapparatuur/ coagulatie/ röntgenapparatuur.

In elk proces moeten de bronnen en handelingen die een risico (kunnen) vormen vastgelegd worden. Hierna moet per onderdeel beschreven worden hoe de risico's verkleind of geëlimineerd kunnen worden.

In de Richtlijnen van de Werkgroep Infectie Preventie (WIP), is relevante informatie te vinden voor het opzetten van een Beheersplan van de operatieafdeling. Met name wordt verwezen naar de WIP Richtlijn 5a: “Infectiepreventie in operatiekamers”, waarin o.a. de handhygiëne, handschoenen, OK- kleding, maskers, maar ook bijvoorbeeld afdek materiaal uitgebreid beschreven zijn (27).

Specifieke informatie met betrekking tot de invloed van de OK- lamp en de positionering van operatie- en instrumentafzetsels en van operatie- en van het anaesthesieteam is beschreven in hoofdstuk 4.1.

## **2.3 Eliminatie van risico's door beheersmaatregelen**

Onder beheersmaatregelen ressorteren o.a. preventieve maatregelen, meldingen en metingen in de meest brede zin, aangevuld door correctieve maatregelen.

### 2.3.1 Preventieve maatregelen, meldingen en metingen

De preventieve maatregelen omvatten met name educatie, werkinstructies en protocollen waarin de optimale situatie is vastgelegd.

Voorbeelden:

- de preventie van bloedoverdraagbare ziekten inclusief melding van alle prik-, snij- en spatavonden en registratie van post-operatieve wondinfecties.

- Periodieke validatiemetingen die onder andere plaatsvinden aan de luchtbehandeling.

- Noodzakelijke metingen na vernieuwing en reparaties o.a. van het eindfilter van de luchtbehandeling.

- Coördinatie controle van meetresultaten, surveillances en gebruiksprotocollen.

Ook een audit van handelingen, waarbij aan de hand van een checklist het verloop van een operatie wordt gevolgd, kan belangrijke gegevens opleveren die eventueel tot verdere acties leiden.

### 2.3.2 Correctieve maatregelen

Buiten specificatie functionerende installaties of handelingen moeten gecorrigeerd worden waarna gecontroleerd moet worden of de genomen maatregelen tot het gewenste effect geleid hebben.

## **2.4 Beheersplan: vastleggen verantwoordelijkheden en maatregelen**

In het beheersplan worden de resultaten van de risico analyse, de genomen maatregelen en resultaten van metingen, evenals de genomen maatregelen bij afwijkingen vastgelegd.

Zie hoofdstuk 5.

Door de Raad van Bestuur is een beheerder verantwoordelijk gesteld voor het opzetten en actueel houden van dit beheersplan dat een onderdeel vormt van het totale kwaliteitsbeleid van de instelling.

De uitwerking van de systematische beschrijving van de OK, met name betreffende het beheersplan van de luchtbehandeling volgt in hoofdstuk 5 en in de in hoofdstuk 7 opgenomen bijlage.

### 3. Lucht

#### 3.1 Invloed van de luchtbehandeling

##### 3.1.1 Luchtfiltering

Het luchtaanzuigrooster dient zodanig gesitueerd te zijn dat er geen risico bestaat dat verontreinigde lucht wordt aangezogen of dat sterke opwarming door de zon te verwachten valt. De luchtreiniging verloopt via een aantal filters. Voor de operatiekamers en steriele opdekruimten dient deze voorbehandelde lucht nagefilterd te worden door het OK- eindfilter. Dit filter is bij voorkeur achter het kanalenet geplaatst, dus zo dicht mogelijk bij de ruimte zelf.

In de specificatie van de installatie bij de bouw wordt nagegaan wat de filterwaarden in de verschillende reinigungsstappen zijn. De filtering van de toevoerlucht van het OK- complex moet tenminste voldoen aan de voorwaarden van de bouwspecificatie. De filtering van de lucht moet voldoen aan de minimum eisen volgens tabel 3.1.

Functie	klasse- indeling volgens		Vangstpercentage voor verschillen- de testmethoden	
	NEN-EN 779	NEN-EN 1822	Gemiddeld op 0,3 Mm	Op mpps*
Aanzuigfilter	F5	-	40-60	-
Voorfilter	F7	-	80-90	-
Nafilter	F9	-	>95	-
OK-eindfilter** (HEPA)	-	H13	>99,997	>99,95

mpps = most penetrating particle size

\*\* Voor de opdekruimte wordt dezelfde eis gehanteerd als voor de operatiekamer.

Tabel 3.1: Minimale filtereisen

##### Procesbewaking

*Aanzuig-, voor- en nafilters kunnen bij overschrijding van de vervuilingsgraad de luchthoeveelheid beïnvloeden. Permanente bewaking van de drukvervalen over deze filters is noodzakelijk. De grenswaarden voor de metingen zijn vastgelegd in de documentatie die bij de desbetreffende filters hoort. De alarmering van de filters moet zodanig ingesteld worden dat de grenswaarden niet worden overschreden.*

Het is mogelijk het drukval over de OK eindfilters te meten, maar aangezien de interpretatie van de gegevens ten aanzien van het functioneren niet goed mogelijk is, is dit niet als zinvolle parameter opgenomen. Ruim voordat een merkbaar drukval is opgetreden, dient het filter vernieuwd te worden. Integriteitsmetingen ter beoordeling van de kwaliteit van het eindfilter zullen deel moeten uitmaken van de periodieke validatie van de operatiekamer. Reparaties en vernieuwing van OK eindfilters zullen te allen tijde moeten worden vergezeld van integriteitsmetingen van filter en afdichting na reparaties of vervanging

##### 3.1.2 Luchtstromingstypen

De wijze van luchttoevoer en het circulatiepatroon in de operatiekamer moeten zodanig worden gekozen dat de lucht geen contaminatiebronnen passeert alvorens in het operatie-

gebied te komen. Ook over de instrumententafel moet uitsluitend schone lucht stromen. Deeltjes afkomstig van de patiënt of van het operatieteam mogen niet via luchtbewegingen bij de patiënt of op de instrumententafel terechtkomen, maar dienen zo snel mogelijk afgevoerd te worden. Een stromingspatroon dat hieraan voldoet moet dus ook in de praktijk situatie, dat wil zeggen bij ingeschakelde operatielampen en de aanwezigheid van het operatieteam, stabiel blijven. Een niet mengende laminaire luchtstroom voldoet aan deze eis, maar moet van het type downflow (verticaal), en geen crossflow (horizontaal) zijn (32). Bij de mengende systemen, waarbij de binnenkomende kiemarme lucht gemengd wordt met de ruimtelucht zodat door verdunning een verlaging van het aantal kiemen verkregen wordt, blijven nog (te) veel kiemen in de circulatie. Bij renovatie en zeker bij nieuwbouw dienen geen mengende systemen meer toegepast te worden.

#### *Procesbewaking*

*Het stromingsprofiel kan niet permanent gemeten worden. Het bepalen van het stromingsprofiel moet deel uit maken van het validatieprogramma van de operatiekamer. De frequentie is afhankelijk van onderhoud en beheersprogramma maar dient minimaal jaarlijks uitgevoerd te worden.*

### 3.1.3 Luchtuitredesnelheid

Bij bestaande bouw met downflow installatie wordt in de specificatie van de installatie bij de bouw nagegaan wat het ontwerp luchtuitredesnelheid in combinatie met de temperatuur is. De luchtuitredesnelheid moet minimaal voldoen aan de voorwaarden van de ontwerp-specificatie (zie ook 7.4.3).

Bij nieuwbouwinstallaties moet bij voorkeur de gemiddelde uitredesnelheid over de bruto plenummaat gelijk of groter zijn dan 0,3 m/sec en bij voorkeur kleiner dan 0,35 m/sec. De uniformiteit over het uitstroomoppervlak moet beter dan 10% van de gemiddelde uitredesnelheid zijn. Voor alle negatieve invloeden geldt dat een hogere inblaassnelheid aan het plenum beter beschermt; zo is  $v = 0,3$  m/sec aanzienlijk beter dan  $v = 0,2$  m/sec (10, 12, 32).

In de herziene Bouwmaatstaven van het College wordt een downflow snelheid van 0,24 - 0,30 m/sec voldoende geacht (6).

#### *Procesbewaking*

*De uitredesnelheid kan niet permanent gemeten worden. De metingen moet deel uitmaken van het periodieke validatieprogramma van de operatiekamer.*

### 3.1.4 Luchttoevoerhoeveelheid

Bij bestaande bouw wordt in de specificatie van de installatie nagegaan wat de luchttoevoerhoeveelheid is. De luchttoevoerhoeveelheid moet tenminste voldoen aan de voorwaarden van de oorspronkelijke ontwerp-specificatie (zie ook 7.4.4).

Bij nieuwbouw is de luchttoevoerhoeveelheid voor een operatiekamer bij voorkeur tenminste 3.000 m<sup>3</sup>/h. Het aandeel buitenlucht moet tenminste 2.000 m<sup>3</sup>/h zijn. De hoeveelheid moet in relatie met de downflow snelheid van het oppervlak van het inblaasplenum worden bepaald.

Als de operatiekamer bestemd is voor operaties met een beperkt operatiegebied dan zou het luchtinblaasplenum niet groter hoeven te zijn dan 1,2 x 2,4 m. (bruto). Bij een luchtuitredesnelheid van 0,3 m/s leidt dit dan tot een luchttoevoerhoeveelheid van 3000 m<sup>3</sup>/h.

Bij een groter plenum en eventueel groter werkoppervlak moet de luchttoevoerhoeveelheid evenredig groter zijn.

In de herziene Bouwmaatstaven van het College uit 2004 wordt een aanzienlijk groter inblaasplenum van 8-9 m<sup>2</sup> (b.v. 3 x 3 m) geadviseerd in *alle* operatiekamers (6). De grote

hoeveelheid lucht die daarbij nodig is (bij een downflow snelheid van 0,24 - 0,30 m/sec) is beschikbaar doordat voor een groot deel gebruik wordt gemaakt van gerecirculeerde lucht. Er is echter onvoldoende onderzoek beschikbaar dat aantoonst dat de downflow bij een dergelijk groot plenumoppervlak adequaat gehandhaafd kan worden. Het is waarschijnlijk dat extra maatregelen (als centraal temperatuursverlaging, randafschermingen, e.d.) nodig zijn om met name in het centrale gebied van de operatietafel een voldoende downflow snelheid van de ingeblazen lucht te garanderen.

De overige ruimten in de operatieafdeling moeten worden geventileerd volgens de specificaties die waren opgenomen in de Bouwkundige en functionele eisen voor operatieafdelingen van het College voor Ziekenhuisvoorzieningen uit 1995 (5), en zoals ook op basis van de ARBO beleidsregel uit 2001 wordt vereist.

#### *Procesbewaking*

*De luchttoevoer is een goed te bewaken proces controlepunt voor de functionaliteit van de operatiekamer. Met een meetnauwkeurigheid beter dan 5% moet de installatie continue bewaakt worden op maximale fluctuaties van 5%.*

### 3.1.5 Luchtuitredetemperatuur

Bij bestaande bouw met downflow installatie wordt in de specificatie van de installatie, bij de bouw nagegaan wat de ontwerp luchtuitredesnelheid in combinatie met de temperatuur is. De in- en uitlaat temperatuur van de lucht van een operatiekamer moeten minimaal voldoen aan de voorwaarden van de bouwspecificatie. Als standaardwaarde van de temperatuur van de instroomlucht wordt 19 °C aangehouden, in specifieke situaties kan afgeweken worden van deze temperatuur. De temperatuur van de inblaaslucht moet ca 2°C lager zijn dan de temperatuur van de afgevoerde lucht. Dit temperatuurverschil is een bepalende factor voor het realiseren van het gewenste stromingsprofiel (12).

Afhankelijk van de hoeveelheid toevoerlucht en de activiteiten in een operatiekamer is additionele verwarming of koeling soms noodzakelijk om het gewenste stromingsprofiel te realiseren en te handhaven (zie ook 7.4.3).

#### *Procesbewaking*

*Het temperatuurverschil tussen de inblaas- en afgevoerde lucht, is een proces controlepunt en moet permanent gemeten worden met een meetnauwkeurigheid beter dan 0,1 °C. Op afwijkingen > 0,5 °C moet terstond een aanpassing van de (additionele) verwarming plaatsvinden. Temperatuurschommelingen kunnen deze parameter negatief beïnvloeden. Bij temperatuurschommelingen van ca. 1 °C per minuut moet een alarm afgaan, waarop direct actie moet volgen.*

### 3.1.6 Luchtvochtigheid

Om uitdroging van wonden te voorkomen zou de vochtigheid in de operatiekamer tussen 40 en 80% RV moeten zijn. De NEN 3134 schrijft voor dat de luchtvochtigheid in een S3 ruimte, zoals een operatiekamer, ten minste 50% RV moet zijn. Een goed binnenklimaat vereist tenslotte een vochtigheid tussen 40% en 65% RV. De luchtvochtigheid in de gehele operatiekamer moet tijdens de operatie in de acceptabele range die ligt tussen 50 en 65% RV (relatieve vochtigheid) gehandhaafd blijven (zie ook 7.4.5).

#### *Procesbewaking*

*De relatieve vochtigheid in de toevoer van de operatiekamer is een proces controlepunt en wordt permanent gemeten met een nauwkeurigheid van 5%. Zodra de grenswaarden worden overschreden dient actie te worden ondernomen.*

### 3.1.7 Luchtafvoer

In de specificatie van de installatie bij het ontwerp wordt nagegaan wat de luchtafvoer is. De luchtafvoer moet tenminste voldoen aan de voorwaarden van de ontwerpsspecificatie. De luchtafvoer bij nieuwbouwinstallaties vindt bij voorkeur plaats op vier zover mogelijk van elkaar afliggende plaatsen, waarbij een deel van de afvoer nabij de vloer en het overige deel van de afvoer nabij het plafond plaatsvindt.

Omdat er in de operatiekamers vrij veel stof wordt geproduceerd treedt op den duur vervuiling op in de afvoerkanalen.

De afvoerkanalen en roosters moeten zodanig zijn ontworpen dat een effectieve reiniging mogelijk is. In voorkomende gevallen dienen hiervoor reinigings- en onderhoudsprogramma's te zijn opgesteld.

#### *Procesbewaking*

*Het meten van de luchthoeveelheid die per afzuigkanaal wordt verwijderd uit de operatiekamer moet deel uitmaken van de periodieke validatie.*

### 3.1.8 Drukhiërarchie

In de specificatie van de installatie bij de bouw wordt vastgelegd hoe de onderlinge verhoudingen van de luchtdrukken van de verschillende ruimten is. De luchtdrukverhoudingen moeten tenminste voldoen aan de voorwaarden van de ontwerpsspecificatie.

De luchtdrukken in de operatieafdeling moeten tijdens het in bedrijf zijn van de operatieafdeling gehandhaafd blijven met een aflopende rangorde, zoals o.a. beschreven in de vorige versie van de Bouwkundige en functionele eisen voor operatieafdelingen van het College voor ziekenhuisvoorzieningen (5). Bij een drukverschil van minimaal 5 Pa over de deur, wordt geacht te zijn voldaan aan de eis.

Bij bestaande en nieuw te bouwen afdelingen moet in de nachtstand van de luchtbehandeling de deuren en de drukhiërarchie zodanig zijn ingesteld dat een overdruk per operatiekamerblok in stand blijft.

#### *Procesbewaking*

*De overdruk van de operatiekamer over de deuren naar de aangrenzende ruimten en de overdruk van het operatiecomplex ten opzichte van de rest van het ziekenhuis zijn proces controlepunten en moeten derhalve permanent worden gemeten. De meetnauwkeurigheid moet beter dan 0,2 Pa zijn. Zodra een van de drukken de grenswaarde van < 5 Pa benadert, dient de oorzaak opgespoord te worden. De permanente metingen kunnen worden opgenomen in het geautomatiseerde gebouwbeheerssysteem met daaraan gekoppeld een directe uitlezing met signalering op de afdeling bij afwijkingen. Ter voorkoming van onnodige alarmeringen mag een tijdsvertraging aangebracht worden van ten hoogste 15 seconden.*

### 3.1.9 Binnenklimaat

In de operatiekamer wordt door de medewerkers wisselend geoordeeld over de behaaglijkheid. Een aantal factoren zoals lichamelijke activiteit, kleding, temperatuur, luchtsnelheid en relatieve vochtigheid is bepalend voor het comfort en dit kan per medewerker uiteenlopend ervaren worden. Het gemiddelde oordeel (Predicted Mean Value, PMV) is als norm vastgelegd. Het binnenklimaat van de operatieafdeling dient in beginsel te voldoen aan de NEN EN 7730 met  $-0,5 < PMV < +0,5$  (21) (zie ook 7.4.8).

#### *Procesbewaking*

*De binnenklimaatsspecificatie is opgezet voor een optimaal functioneren van het personeel. De waarden en normen zijn niet opgenomen in de kwaliteitsbepaling van de operatieafdeling.*

### 3.1.10 Nachtsituatie Operatieafdeling

Teneinde energiebesparing te kunnen toepassen is een nachtschakeling van de luchtbehandeling toegestaan. Indien gebruik gemaakt wordt van de nachtschakeling, moet aan de volgende eisen worden voldaan:

Er moet een plan zijn dat beschrijft hoe deuren, verlichting etc. van de operatieafdeling achtergelaten worden alvorens de nachtschakeling wordt ingeschakeld.

Er moet een plan zijn voor gebruik van operatiekamers ten behoeve van spoedoperaties. Deze operatiekamer(s) mogen ten tijde van operaties niet in de nachtschakeling blijven staan.

De nachtschakeling moet duidelijk visueel gesignaleerd worden in of nabij het kantoor van de verantwoordelijke die de operatieafdeling vrijgeeft voor operaties.

In de nachtschakeling is een verlaagde circulatie flow toegestaan.

Ten tijde van de verlaagde recirculatie moeten de betrokken operatiekamers te allen tijde blijven voorzien van een overdruk ten opzichte van de omliggende ruimten. Deze overdruk moet meetbaar aanwezig zijn.

Om energiebesparing te kunnen toepassen is in de nachtschakeling recirculatie van de lucht toegestaan. De excessieve luchtverversing welke nodig is voor het afvoeren van gassen e.d. in de operationele stand mag worden gereduceerd tot ca 10 – 15% van de totale recirculatie in de nachtschakeling.

Om de downflow in de operatiekamer onder operationele omstandigheden snel weer te kunnen realiseren is het wenselijk om de recirculatietemperatuur ca. 2° C hoger te zetten dan de operationele omstandigheid. Hierdoor blijven de vaste materialen als apparatuur, wanden, vloer etc. op de gewenste temperatuur voor de operationeel noodzakelijke downflow.

## **3.2 Streefwaarden voor de lucht in de operatiekamers**

### 3.2.1 Inleiding

*Het ontstaan van een infectie van de operatiewond is gecorreleerd met de microbiële contaminatiegraad van de lucht.*

Bacteriën in wonden bij *schone* orthopedische gewrichtsoperaties bleken in 98% afkomstig te zijn van besmette huidpartikels (meestal van medewerkers) in operatiekamers zonder laminair flow. Deze partikels kwamen met name na sedimentatie via besmette instrumenten, handschoenen e.d. in de wond terecht (30). De oorzaak van postoperatieve wondinfecties na algemene chirurgie is minder duidelijk. Weliswaar is bekend dat de huidflora van de patiënt zelf hierbij een belangrijke rol kan spelen, maar ook hier blijkt vermindering van luchtcontaminatie tot een reductie van postoperatieve wondinfecties te leiden (28, 31).

Uit de literatuur blijkt overigens dat de wond bij een *niet-schone* operatie vooral gecontamineerd kan worden door bacteriën die uit een besmette holte van de patiënt afkomstig zijn, b.v. bacteriën uit galvloeistof (29).

Het stromingsprofiel op een OK is van groot belang, omdat hierdoor de al of niet met bacteriën beladen partikels zowel worden aan- als afgevoerd. Deze zijn vooral afkomstig van personen en van (afdek)materialen. Ook door operatieactiviteiten (boren, frezen, coaguleren) komen partikels in de lucht terecht. Behalve via de lucht komen ook bacteriën vanaf de huid van de wondranden van de patiënt. Grotere partikels sedimenteren direct vanaf de bron (b.v. een hoofd of lamp) rechtstreeks in de wond, omdat ze te zwaar zijn om met de lucht te worden meegevoerd.

Ook partikels afkomstig van steriele materialen kunnen besmet raken en bij sedimentatie contaminatie veroorzaken van wond en instrumentarium. Het is niet uit te sluiten dat steriele partikels die in wonden sedimenteren lichaamsreacties veroorzaken in de vorm van een ontstekingsreactie.

Een optimale surveillance van postoperatieve wondinfecties, met name van schone operaties – bijvoorbeeld orthopedische implantaten – kan goede ondersteuning bieden bij het beoordelen van de kwaliteit van het gehele proces. Hieronder wordt verstaan de kwaliteit van het luchtbehandelingsysteem, maar evenzeer de uitvoering van de werkzaamheden volgens de voorgeschreven procedures door de betrokken medewerkers.

Indien afwijkingen worden geconstateerd bij deze surveillances moet onderzoek plaatsvinden waarbij in eerste instantie aan audits en aan controle van kritieke procesparameters wordt gedacht.

### 3.2.2 Kwaliteit van de lucht in de operatiekamer

Controle van de kwaliteit van de operatiekamer is nodig bij nieuwbouw, bij verbouw, als de surveillance er aanleiding toe geeft, en periodiek b.v. eenmaal per jaar.

De kwaliteit van de lucht in de operatiekamer kan worden weergegeven aan de hand van drie samenhangende indicatoren:

1. het aantal kolonievormende eenheden (KVE) per m<sup>3</sup> circulerende lucht
2. de sedimentatiegraad van bacteriën op oppervlakken, uitgedrukt in KVE/m<sup>2</sup>/uur (8) of in KVE/dm<sup>2</sup>/uur ((NEN-EN-ISO 14698-1).
3. het aantal partikels in de circulerende lucht, uitgedrukt in partikels/m<sup>3</sup>, wel of niet bacterie dragend, en onderverdeeld in grootte van partikels.

Helaas is er tot op heden geen voldoende internationale consensus over de te stellen eisen aan de microbiologische kwaliteit van alle operatiekamers, noch aan de meetmethoden, de te gebruiken apparatuur, en de wijze van ijken hiervan. Evenals de Gezondheidsraad acht de stuurgroep het dringend gewenst dat er landelijke normen komen voor de luchtkwaliteit in alle soorten van operatiekamers, gebaseerd op wetenschappelijk onderzoek en gebaseerd op goede surveillance gegevens.

### 3.2.3 Streefwaarden voor kolonievormende eenheden per kubieke meters lucht

#### a. aantal KVE in OK in rust

De waarden voor de KVE zoals die op een OK worden gemeten indien niet wordt geopeerd, zijn een maat voor de kwaliteit van de ingeblazen lucht en daarmee of de technische installatie tot aan het plenum en/of de schoonmaakwerkzaamheden in de OK voldoen. Een streefwaarde van <1 KVE/m<sup>3</sup> kan bij een goed werkende installatie, zowel bij een verdringend als bij een mengend systeem gerealiseerd worden. Deze meting moet altijd plaatsvinden na oplevering van de luchtbehandelinginstallatie en na (ingrijpende) veranderingen.

#### b. aantal KVE in OK tijdens een ingreep

Het aantal KVE 's dat tijdens een ingreep wordt gemeten is een resultante van de gegenereerde KVE 's in de OK en van de capaciteit van de luchtbehandelinginstallatie om de vervuilde lucht snel en adequaat af te voeren. De actuele situatie vanaf het plenum in de OK wordt hierdoor weergegeven in getallen die gegevens kunnen verschaffen over (onnodig) veel activiteiten, (te) veel mensen e.d. , óf over gebreken in het luchtstromingsprofiel.

In de literatuur wordt in het algemeen in de adviezen onderscheid gemaakt tussen operatiekamers die gebruikt worden voor grote implantaten als gewrichtsprothesen, en andere ope-



ratiekamers (9). Eenzelfde indeling wordt aangehouden door de Working Party van de Hospital Infection Society (HIS) in hun recent gepubliceerde adviezen (14, 18). Zij maken in hun rapporten een onderscheid tussen “ultraclean ventilated” (UCV) en “conventionally ventilated” operatiekamers. Voor Nederland gaat het daarbij in feite vergelijkbaar om respectievelijk laminaire downflow installaties en mengende systemen.

Internationaal wordt ook wel een indeling van ruimtes naar klassen van reinheid gebruikt. Operatiekamers worden daarbij wel ingedeeld in 3 klassen: klasse 1 < 10 KVE/m<sup>3</sup> (b.v. ultraclean operatiekamers), klasse 2 < 200 KVE/m<sup>3</sup> (niet erg infectiegevoelige ingrepen) en klasse 3 < 500 KVE/m<sup>3</sup> (behandelkamers voor kleine ingrepen).

Voor Nederland gaat het in dit advies om de eerste twee klassen operatiekamers. Over een advies voor behandelkamers (inclusief interventiekamers) wordt een advies voorbereid door de WIP.

Als men de OK's zou indelen naar operatiekamers geschikt voor meer infectiegevoelige ingrepen en in operatiekamers voor andere ingrepen, dan gelden de volgende richtlijnen.

#### A. infectiegevoelige ingrepen

In de V.S. werd voor infectiegevoelige ingrepen een maximum waarde geadviseerd van 35-70 KVE/m<sup>3</sup>, en in Zwitserland <10 KVE/m<sup>3</sup> (25). In Engeland is door de HIS geadviseerd te komen tot een maximum van 10 KVE/m<sup>3</sup> op 30 cm van de wond, bij gebruik van katoenen operatiekleding, en van <1 KVE bij afsluitende of afgezogen kleding. De zone direct eromheen zou volgens de HIS respectievelijk maximaal 20 KVE en <10 KVE mogen bevatten (14). Zij adviseren deze kwaliteit van operatiekamers voor prothese chirurgie als het infectiepercentage voor totale heupprothesen > 0,4 - 0,6 % is, en voor totale knieprothesen > 0,6 - 0,8 %. In Nederland is, evenals in Engeland, het advies van de Nederlandse orthopaeden om prothesen te plaatsen in een OK met <10 KVE/m<sup>3</sup> (2, 3). De Gezondheidsraad en het College voor ziekenhuisvoorzieningen raadden voor orthopaedische chirurgie het gebruik van laminaire flow installaties aan (5, 9).

#### B. andere ingrepen

In het Engelse advies van de HIS wordt een maximum geadviseerd van 180 KVE/m<sup>3</sup>, bij een OK in bedrijf. In andere landen variëren deze waarden van 50-200 KVE. Bij een OK in rust zou een waarde van <35 KVE/m<sup>3</sup> het maximum moeten zijn volgens de HIS (14). Er is nog geen consensus geformuleerd door andere chirurgische disciplines ten aanzien van bacteriologische lucht kwaliteit voor hun (schone) ingrepen, infectiegevoelig of niet.

In de recent verschenen, herziene Bouwmaatstaven van het College Bouw Ziekenhuisvoorzieningen wordt nu voor *alle* nieuw te bouwen operatiekamers een laminair downflow installatie van 8-9 m<sup>2</sup> voorgeschreven, eventueel met randafscherming. Deze eis wordt ook voorgesteld voor operatiekamers waarin ingrepen worden verricht zonder implantatie van lichaamsvreemd materiaal, of voor niet-schone ingrepen. Steriliteit en het vermijden van aërogene contaminatie van de instrumenten worden beschouwd als te behoren tot de standardeisen in de moderne chirurgie (6).

Bij het hanteren van gegevens van metingen op operatiekamers moet worden verdisconteerd in welke mate betrouwbaar gemeten kan worden. De techniek van meten moet veelal geleerd worden, en de apparatuur moet betrouwbaar zijn en consistent meten. Er is gevaar voor misinterpretatie door fout-positieve zowel als fout-negatieve uitslagen. Om ervaring op te doen en om een indruk te krijgen van de lokale situatie kan het zinvol zijn in het ziekenhuis een soort microbiologisch testprofiel op te stellen aan de hand van een aantal metingen. De waarden daarvan moet men dan toetsen aan de hierboven geciteerde literatuur

en aan de eigen gegevens van surveillance van de postoperatieve infecties. Een belangrijke toetssteen daarbij is de regelmatige publicatie van de landelijke cijfers verkregen uit het continue landelijke surveillance netwerk voor preventie van ziekenhuisinfecties PREZIES, een samenwerkingsproject van CBO en RIVM. De module postoperatieve wondinfecties bevat in de jaarlijkse referentiecijfers van 2003 gegevens uit 69 ziekenhuizen en van 106.077 operaties (met 3.597 infecties) (4). Deze gegevens leveren “spiegelinformatie” die het mogelijk maakt de eigen surveillance getallen te vergelijken met het Nederlandse gemiddelde. De landelijk getallen moeten door de opzet van het netwerk, en de interne validatie worden beschouwd als het best mogelijke in Nederland op het ogenblik. Door de inmiddels grote getallen ontstaat ook internationaal gezien een toetsingsmogelijkheid van belang. Zo is bijvoorbeeld het aantal totale heupen 21.968, totale knieën 7.930, mastectomieën met okseltoilet 3.261, aorta reconstructies 1.527 en keizersnedes 4.017 (4). Getallen uit buitenlandse surveillance programma’s geven vergelijkbare infectie percentages (20, 23)

Bij het vergelijken van de eigen infectie percentages met de landelijke PREZIES getallen, zou men moeten streven naar een eigen percentage dat ten minste lager is dan het landelijk gemiddelde. De eigen infectieregistratie moet men vergelijkbaar inrichten, bij voorkeur met de geadviseerde methode van surveillance na ontslag (“SNO”). Het eenvoudigste en betrouwbaarste is uiteraard zelf participeren met een of meer soorten operaties naar keuze in het landelijke registratie netwerk, dan wordt de landelijke spiegel informatie automatisch regelmatig geleverd.

Als de metingen kloppen met de streefwaarden uit de literatuur, en overeenstemmen met betrouwbare surveillance gegevens kan men de metingen jaarlijks of zonedig herhalen. Als er te hoge waarden worden gevonden bij bacteriële metingen, of er bestaan toch teveel infecties volgens de surveillance, dan zal men moeten onderzoeken of de meettechniek wel klopt, en waar de oorzaak van eventueel te hoge waarden is gelegen.

Voor dergelijke metingen wordt het volgende geadviseerd:

- meet steeds tijdens eenzelfde “ijkoperatie” totale heupprothese, of andere schone vaak uitgevoerde operatie.
- meet op vastgestelde en vastgelegde meetpunten in de OK.
- een bezetting bij voorkeur met een zelfde aantal personen bij de verschillende metingen.
- een optimale werk discipline (conform het protocol)
- luchttechnische voorzieningen conform omschreven installatie-eisen en adequaat onderhouden.
- de instrumenttafel wordt zoveel mogelijk binnen het stromingsprofiel onder het plenum geplaatst en staat bij voorkeur op dezelfde plaats bij de verschillende metingen.
- de gegevens (meetmethode en resultaten) worden vastgelegd in een logboek en bewaard zoals aangegeven in het beheersplan.

#### 3.2.4 Streefwaarde voor sedimentatie

De richtwaarde voor sedimentatie is  $350 \text{ KVE/m}^2/\text{uur}$  (=  $3,5 \text{ KVE/dm}^2/\text{uur}$ ), overeenkomend met een contaminatiegraad van de lucht van  $10 \text{ KVE/m}^3$  (8).

#### 3.2.5 Streefwaarde partikels

Het is aantrekkelijk om te werken met een streefwaarde voor partikels in OK lucht omdat een dergelijke waarde direct en constant meetbaar zou kunnen zijn tijdens operaties, en zo een zinvolle terugkoppeling zou kunnen vormen voor werkers in de operatiekamer, en een

stimulans tot gedisciplineerd en hygiënische werken. Men dient zich echter enkele belangrijke aspecten daarbij te realiseren.

Allereerst worden bij een partikelmeting over het algemeen met name de deeltjes met een grootte van 0,5 tot 5 µm gemeten, omdat deze deeltjes zich als een gas gedragen, en meting ervan informatie oplevert over de beweging van de lucht op de OK.

Daarnaast kunnen alleen deeltjes van  $\geq 3 \mu\text{m}$  een bacterie dragen, maar is het deel van de partikels dat ook werkelijk bacteriedragend sterk afhankelijk van de plaats de deeltjes worden verzameld, en b.v. van de gedragen kleding. Bij een onderzoek in een experimentele OK bleek dat ter hoogte van een operatietafel, van de door de lucht meegevoerde deeltjes van  $\geq 3 \mu\text{m}$  ongeveer 1 op de 200 bacteriedragend is (13).

Een streefwaarde voor een maximum van partikels hangt dus af van:

- waar gemeten wordt en in wat voor omstandigheden
- welke deeltjesgrootte
- welke bacterie/partikel verhouding in werkelijkheid ter plekke bestaat

Tot er meer onderzoek voorhanden is lijkt het verstandig om in een OK in bedrijf alleen incidenteel partikels te meten en er slechts waarde aan te hechten in combinatie met bacteriologische metingen. Het meten van alleen partikels tijdens de operaties, als een continue hygiëne feed back naar de OK medewerkers moet nog als experimenteel worden beschouwd, en heeft ook het gevaar dat onterechte gevoelens van veiligheid worden opgewekt. Een continue deeltjesmeting lijkt het meest zin te hebben, indien geplaatst achter het chirurgenteam bij de instrumenttafels, ter controle van de contaminatie van deze tafels uit de periferie van de operatiekamer.

	continue	periodieke		
<i>lucht-</i>	meting	validatie	frequentie	parameter
drukval voorfilters	X			
stromingsprofiel		X	1 jaar	
uittredesnelheid		X	1 jaar	m/sec
Luchtcapaciteit	X			m <sup>3</sup> /uur
In- uittredetemperatuur	X			Δ T
Relatieve vochtigheid	X			% R.H
Afvoer verdeling		X	1 jaar	m <sup>3</sup> /uur
drukhiërarchie	X			Pa
binnenklimaat				PMV
meetinstrument nauwkeurigheid		X	1 jaar	
alarmen testen		X	2,5 jaar	

*Tabel 3.2: overzichtsschema procesbewaking luchtbehandeling*

## 4. Specifieke onderwerpen

### 4.1 Beïnvloedende factoren in de operatiekamer

#### 4.1.1 Operatielamp

De benedenwaartse kracht van de door het plenum ingeblazen lucht wordt vooral bepaald door de luchtsnelheid aan het plenum (circa 0,3 m/sec) en het temperatuurverschil tussen de ingeblazen lucht en de afgevoerde lucht (circa 2°C). De benedenwaartse luchtstroming (downflow) die ontstaat, moet zo min mogelijk wervelingen vertonen (laminair zijn) om een stabiele stroming in de goede richting te waarborgen. Deze luchtstroming kan echter gemakkelijk worden verstoord.

Alle objecten (pendels, hoofden) die zich in de luchtstroom bevinden kunnen deze tegenhouden of afbuigen, en de stroming turbulent maken in plaats van laminair. Daarnaast is er ook een belangrijke tegenkracht te verwachten van alle warmtebronnen die zich in het operatiegebied bevinden: patiënt, operatieteam, en vooral ook een of meer brandende operatielampen. Deze warmtebronnen veroorzaken een opwaarts gerichte convectiewarmte die zo krachtig kan zijn dat na enige operatietijd in het geheel geen neerwaartse luchtstroming meer bestaat, maar de luchtstroom vanaf de grond opwaarts langs het operatiegebied stroomt.

Het is duidelijk dat dit meer het geval zal zijn als:

- de lampen warmer zijn (lichtsterkte, vermogen)
- de lampen meer luchtweerstand geven (grootte, vorm)
- extra warmtebronnen aanwezig zijn (warmtematras, warme lucht blazers)
- veel lichamelijke activiteit door een groter operatieteam
- de uittreedsnelheid van de lucht te laag is
- de temperatuur van de ingeblazen lucht te hoog is t.o.v. de omgevingstemperatuur

Voor operatielampen is voor het gedrag in een laminaire downflow luchtbehandeling de zogenaamde Laminair Flow (LF) Index gecreëerd, die zo laag mogelijk moet zijn:

$$\text{LF index} = \frac{\text{opp.lamp (cm}^2\text{)}}{\text{Lichtsterkte (lux)}} \times \frac{\text{vermogen (W)}}{\text{lichtsterkte (lux)}}$$

De beste operatielamp moet een goede aërodynamische vorm hebben met een grote lichtsterkte, maar toch een klein vermogen en een kleine diameter. De LF index van een slechte lamp kan tot 200 oplopen, en is bij een goede lamp 30 – 60 (10).

Van groot belang op de downflow bleek in een experimentele meting de stand van de lamp. Een plaatsing uit het midden en in wat gekantelde stand bleek aanzienlijk minder te verstoren, dan wanneer een lamp midden en recht onder het plenum werd ingesteld (13). De meeste OK- lampen zijn centraal in het plenum bevestigd, waardoor centraal geen lucht kan worden ingeblazen, en het effect van de benedenwaarts gerichte luchtkolom negatief wordt beïnvloed. Aan dit probleem kan worden tegemoet gekomen door lampen excentrisch, aan de rand van het plenum op te hangen. Er kan dan echter een probleem ontstaan met de draaiarmen als er een randafscherming aan het plenum is bevestigd: een dergelijke randafscherming is vaak gewenst om de luchtgeleiding te verbeteren.

#### 4.1.2 Plaats operatietafel en instrumententafel

Bij de plaatsing van de operatietafel in de OK moet rekening gehouden met de schone kolom neerwaarts gerichte lucht die onder het plenum bestaat. In deze kolom, en dus onder het plenum hoort in ieder geval het wondgebied gelokaliseerd te zijn, en zoveel mogelijk van de instrumententafels. Daarnaast zal het hoofdeind bij voorkeur in de buurt van de anesthesie apparatuur geplaatst worden.

Het is voor elke chirurgische discipline nodig na te gaan welke standaard opstellingen hiermee ontstaan, gebruik makend van de mogelijkheid de OK- tafel te draaien en in de lengte te verschuiven.

Het is wenselijk om een fysieke scheiding aan te brengen naar de anesthesie medewerkers en -apparatuur toe, waardoor er duidelijkheid en ruimteafbakening ontstaat. Men kan doen (al of niet doorzichtig) bevestigen aan palen of aan een voorzieningenbrug.

Aan de hand van de tafelopstellingen en de vorm van de scheiding naar de anesthesie kan bij het ontwerpen van de OK gekozen worden voor een plenum dat groter is dan gebruikelijk of een afwijkende vorm heeft.

De instrumententafel dient zo goed mogelijk onder het plenum gepositioneerd te worden, maar de beschikbare ruimte is daar beperkt. Bij operaties aan hoofd, voeten en handen zullen het operatieteam en de operatietafels zich al gauw aan de rand van de schone lucht bevinden. De schoonste tafel in experimentele metingen is de tafel ter hoogte van het voeten-einde van de patiënt. Bijzondere aandacht is echter nodig voor de instrumententafels die zich achter het operatieteam bevinden: deze worden enerzijds gecontamineerd door de lucht die vanuit centraal langs de operateurs stroomt. Anderzijds worden deze tafels ook dicht gepasseerd door (soms snel lopend) OK- personeel, die turbulente luchtwervelingen van gecontamineerde lucht kunnen veroorzaken. Als niet gekozen wordt voor een scheidingswand vanaf het plenum tot dicht aan de grond (zoals bij sommige zgn. clean air installaties) dan is hier geen andere goede oplossing dan het afdekken van deze tafels, en een bijzondere aandacht voor het beperken van al dan niet noodzakelijke bewegingen.

#### 4.1.3 Deuren

Het openen van deuren beïnvloedt in min of meerdere mate de luchtstroming in de operatiekamer. Het openen van deuren in een operatiekamer heeft op tafels geplaatst aan de zijde van de deur een aanzienlijke invloed (11). De negatieve invloed van het openen van deuren is bij draaideuren aanzienlijk groter dan bij schuifdeuren, draaideuren horen niet meer op een OK. Ook het tijdsinterval dat de deuren openstaan heeft een negatieve invloed, een maximale tijdsduur van 15 seconden is nog acceptabel.

#### 4.1.4 Tussen twee operaties

Tussen twee operaties is er een groot aantal handelingen nodig voordat de volgende ingreep kan beginnen. Nadat de patiënt is weggebracht, moet het gebruikte instrumentarium en afdekmateriaal worden opgeruimd. Daarna kan het nieuwe instrumentarium worden klaargemaakt, de volgende patiënt gehaald en ingeleid. Al deze handelingen hebben doorgaans een grote invloed op de kwaliteit van de lucht op de OK. Er wordt veel gelopen, bewogen en getransporteerd, maskers worden vaak niet meer gedragen nadat de wond is verbonden, en de deuren van de OK staan langdurig open. Over het algemeen wordt er haastig gewerkt om de wisseltijd beperkt te houden, en het programma nog op tijd te kunnen afmaken. Er is bijzondere aandacht nodig voor deze periode omdat er dan een flinke verhoging van de contaminatie van de lucht optreedt, en de luchthuishouding een tijdlang niet optimaal kan functioneren. In het algemeen is het dus nodig de contaminatie van de lucht op de OK zo beperkt mogelijk te houden wat bereikt kan worden door zo min mogelijk

bacteriedragende partikels te introduceren enerzijds, en door de luchthuishouding zo min mogelijk te verstoren.

Zodra steriele materialen worden uitgekapt voor de volgende ingreep dient de lucht op die plaats te voldoen aan de voor de OK gestelde luchtnormen. Deze periode tussen twee operaties rechtvaardigt daarom bijzondere aandacht.

Een goede OK luchtbehandeling kan een OK met gecontamineerde lucht voldoende schoon maken tussen twee ingrepen indien op de OK niemand aanwezig is. (Zie bijlage 7-1). Daarom blijft het ook tussen twee operaties onverminderd nodig de contaminatie van de lucht in de operatiekamer zoveel mogelijk te beperken.

#### 4.1.5 Patiënttransport

In de literatuur is weinig onderzoek beschreven naar de invloed van de verschillende transport mogelijkheden op de contaminatie van de OK. Een bed of trolley dat door het ziekenhuis rijdt vertoont een verhoogde contaminatie van de wielen, maar dat veroorzaakt op zich geen verhoogde contaminatie van de lucht (19). Van matrassen, dekens en kussens mag verwacht worden dat zij indien een bed op de OK wordt gebracht, de OK lucht kunnen contamineren. Die contaminatie zal sterker zijn naarmate het bed vuiler is, of indien matras- en kussenhoezen defect zijn (26).

In een aantal rapporten worden de mogelijkheden van transport van de patiënt naar de OK aangegeven (5, 9, 27). De WIP geeft als voornaamste keuze de volgende mogelijkheden aan:

1. De patiënt wordt (a) op de afdeling of (b) op de grens van het operatiecomplex van zijn bed overgetild in een schoon bed. Dit bed wordt op de OK gereden, en de patiënt wordt op de OK overgetild op de OK- tafel.
2. De patiënt wordt in zijn bed naar de grens van het operatiecomplex gereden en daar overgetild op een OK- tafel.
3. Als een patiënt niet kan worden overgetild dan zou bij wijze van uitzondering een vuil bed op de OK gereden kunnen worden, als het op de afdeling is voorzien van schoon beddengoed. In alle adviezen wordt aangegeven dat het bed waarin de patiënt lag op de afdeling, alleen in bijzondere gevallen tot aan de operatietafel mag worden gereden. Het risico van contaminatie van de OK wordt gereduceerd door kort voor de operatie het bed te voorzien van schoon beddengoed, en de patiënt van schoon lijfgoed.

In hoeverre het schone bed tijdens de rit van verpleegafdeling naar de operatieafdeling gecontamineerd raakt is niet bekend. Evenmin de relatie tussen het aantal uren dat een patiënt in bed ligt en de mate van contaminatie van het beddengoed. Er is onzekerheid over de contaminatie die kan ontstaan door bedden met patiënten van de verpleegafdeling tot op de operatiekamer te rijden. Daarom heeft een transportsysteem waarbij de patiënt in de entreerimte van de operatieafdeling wordt overgetild op de verrijdbare operatietafel de voorkeur. Dat geldt met name voor de ingrepen waar biomaterialen worden ingebracht. Een toename van de luchtcontaminatie net voor de ingreep door het verplaatsen van gecontamineerde dekens (met de daarbij behorende luchtstroom verstorende turbulentie) bij het overtillen van de patiënt is niet wenselijk. Optie 2 heeft daarom de voorkeur.

Kan een patiënt niet zonder meer worden overgetild (fracturen, tracties, ICU) dan kan patiënt eerst in slaap worden gebracht in een aparte ruimte, en daarna op een OK- tafel worden overgetild, of bij wijze van uitzondering wordt het gebruikte bed op de OK gereden als het op de afdeling eerst voorzien is van schoon beddengoed.

#### 4.1.6 Opdekken

Bij voorbereidingen van de operatie moet tegelijkertijd de patiënt onder narcose worden gebracht, en het instrumentarium op instrumententafels worden klaargelegd. Daarbij zijn er de volgende mogelijkheden:

1. Opdekken en inleiden op de OK
2. Opdekken op de OK, inleiden elders
3. Opdekken op een aparte opdekruimte, inleiden op de OK

Het opdekken moet in een zo schoon mogelijke ruimte gebeuren, en daarom is het wenselijk het inleiden van de patiënt en het opdekken ruimtelijk van elkaar te scheiden. Dat betekent dat de patiënt in een aparte inleidingruimte onder narcose wordt gebracht, of er een aparte steriele opdekruimte moet bestaan.

Een OK in rust heeft tien minuten nodig voordat de lucht voldoende schoon is geworden (zie bijlage 7.1). In de berekeningen wordt er echter vanuit gegaan dat op de OK niemand aanwezig is. Omdat dit niet haalbaar is tussen twee operaties, heeft het de voorkeur in de OK die handelingen te laten verrichten die zo min mogelijk lucht contaminatie teweeg brengen. Het heeft daarom de voorkeur, om na afloop van een operatie de OK deuren te sluiten en met zo weinig mogelijk personen op de OK zelf de voorbereidingen te starten voor de operatie: steriel omkleden en instrumententafels opdekken. De patiënt kan, na onder narcose te zijn gebracht in een inleidingkamer, daar eventueel tevens worden gepositioneerd, en een eerste keer gedesinfecteerd.

In sommige Nederlandse ziekenhuizen bestaat een aparte steriele opdekruimte. Zo'n opdekruimte dient qua luchtkwaliteit de schoonste zijn van het OK complex, en er moet een overdruk van de lucht bestaan ten opzichte van alle andere OK vertrekken. Er hoort een strenge hygiëne discipline te heersen, als ware het een OK. Het transport van een steriel opgedekte tafel door een steriel aangeklede operatieassistent naar de OK-tafel mag uiteraard niet het risico van contaminatie weer vergroten.

Het is mogelijk een deel van de OK te voorzien van een apart downflow plenum, waaronder de instrumentafels tijdelijk kunnen worden geplaatst tijdens het opdekken. Onderzoek naar het effect hiervan op de luchtbehandeling van de rest van de OK is nog niet afgesloten.

## **4.2 Gestandaardiseerde meetmethoden voor het bepalen van de luchtkwaliteit in operatiekamers**

Hoe en met welke instrumenten de kwaliteit van de luchtbehandeling van operatiekamers het beste kan worden gecontroleerd is niet eenduidig uit de beschikbare literatuur te concluderen (1, 7, 14-18, 22).

De Stuurgroep en de Werkgroepen, met name de Werkgroep standaardisering meetmethoden stellen voor in Nederland vooralsnog de in dit hoofdstuk beschreven meetmethoden te hanteren. Als enige jaren ervaring is verkregen en meer wetenschappelijk onderzoek is gepubliceerd over dit onderwerp, kan na evaluatie een zonedig aangepast advies worden geformuleerd.

### 4.2.1 Microbiële contaminatiegraad van de lucht

1. Wanneer meten:

- a. bij ingebruikname nieuwbouw voor definitieve oplevering
- b. na verbouwing en/of onderhoudswerkzaamheden van installatie
- c. bij in gebruik zijnde OK's volgens een vast plan conform het kwaliteitssysteem zoals aangegeven in het beheersplan. Minimaal een keer per jaar per OK. Bij iedere indicatie tot meting (a, b en c) één meting OK in rust en één meting OK in bedrijf.

- d. bij veranderingen of aanpassingen van gebruiks- of schoonmaakprocedures
- 2. Hanteer vaste punten voor monstername,
- 3. Noteer activiteiten tijdens meting:
  - boren / frezen / beitelen / etc, tijd noteren
  - indicatoren t.a.v. attitude:
    - a. frequentie deuren openen tijdens meting
    - b. aanwezige personen (onderscheid discipline)
    - c. omloopactiviteit
    - d. totale operatieduur.

#### *Meting luchtcontaminatie van een OK in rust*

Deze procedure heeft als doel het bepalen van de microbiële contaminatiegraad in KVE/m<sup>3</sup> in een gereinigde OK waarin geen activiteiten plaatsvinden.

- Plaatsen van monstername:
  - a. direct op OK- tafel: 3 metingen (maximaal verspreid over OK- tafel)
  - b. binnen 1 meter van afzuigrooster(s) op ca halve meter hoogte: 3 metingen  
middeling van de gevonden KVE/m<sup>3</sup> geeft de initiële waarde
- Meetvolume: minimaal 300 liter lucht.
- De persoon die de meetapparatuur bedient moet buiten de luchtstroom en de aanzuig van de meetapparatuur blijven.
- OK- kleding niet steriel inclusief masker en muts is voldoende; activiteit tot minimum beperken!

#### *Meting luchtcontaminatie van een OK gedurende een ingreep*

Deze procedure heeft als doel het bepalen van de microbiële contaminatiegraad in KVE/m<sup>3</sup> tijdens een operatieve ingreep.

- Selecteer voor de meting altijd een gangbare schone operatie.
- Plaatsen van monstername:
  - a. zo dicht mogelijk in wondgebied m.b.v. steriele antistatische slang gekoppeld aan meetapparatuur
  - b. ter hoogte van instrumententafel
  - c. ter hoogte van afzuigrooster
- Meetvolume: minimaal 300 liter lucht
- Moment monstername:
  - a. volledig in rust
  - b. bij voorbereidingen: start van incisie
  - c. tijdens operatie "halftime"
  - d. bij sluiten van de wond

#### *Apparatuur*

- Steeds dezelfde gekalibreerde apparatuur gebruiken. Zie bijlage 7.2

#### *Gebruikte kweekmedia en kweekmethode*

- Tryptone soya agar,  
alternatief: Plate count agar,
- 48 uur (2 dagen) bij 30°C aëroob incuberen
- telling van met blote oog zichtbare kolonies.

Alleen tijdens en bij oplevering van een verbouwing of nieuwbouw of bij brononderzoek als er aanwijzingen zijn dat er schimmelcontaminatie is, is het bepalen van schimmels zinvol. Dan extra gebruik maken van sabouraud sedimentatieplaten, bij 25°C



7 dagen bebroeden.

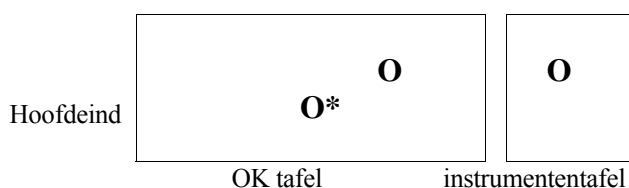
-  $KVE / m^3$

Bereken aan hand van gegevens van de meetapparatuur totaal gemeten lucht in  $m^3$  en bepaal aantal  $KVE/m^3$ .

#### 4.2.2. Microbiële sedimentatiegraad in de wondomgeving en op instrumentarium

Doel van deze meting is het bepalen van de contaminatiegraad in  $KVE/m^2/$ uur van de wond, wondomgeving en instrumentarium als gevolg van sedimenterende bacteriedragende partikels. Door gebruik te maken van sedimentatieplaten (petrischalen, 9 cm  $\varnothing$ , met de betreffende voedingsbodem) kan men een realistische indruk verkrijgen van de luchtcontaminatie zonder verstoring van de werkzaamheden tijdens de operaties.

##### *Plaatsen van monstername*



**O** = sedimentatieplaat

\*) Zo dicht mogelijk bij wondgebied.

- De sedimentatieplaten van 9 cm doorsnede worden steriel aangeleverd in afgesloten bakjes. Ter plaatse de bakjes met daarin de sedimentatieplaten aseptisch volgens tekening plaatsen en vastklitten op afdek materiaal met dubbelzijdig steriel plakband; alternatief: vastzetten met klemmen.
- Duur van monstername: 1 uur, maximum.
- bij langdurige operatie: sedimentatieplaten sluiten na 1 uur en vervangen door nieuwe voedingsbodems.

##### *Gebruikte kweekmedia/ methode*

- Tryptone soya agar,
- alternatief: Plate count agar,
- 48 uur bij 30°C aëroob incuberen
- Telling van met blote oog zichtbare kolonies

Alleen tijdens en bij oplevering van een verbouwing of nieuwbouw of bij brononderzoek als er aanwijzingen zijn dat er schimmelcontaminatie is, is het bepalen van schimmels zinvol. Dan extra gebruik maken van sabouraud sedimentatieplaten, bij 25°C, 7 dagen bebroeden. Bereken in  $KVE/m^2/$ uur (8) of in  $KVE/dm^2/$ uur (NEN-EN-ISO 14698-1).

#### 4.2.3 Potentieel MO dragende partikels

Doel van deze meting is het verkrijgen van informatie over de beweging en de kwaliteit van de lucht.

##### *Plaats van monstername*

bij verdringend systeem en niet verdringend systeem:

- aan het hoofdeinde van de operatietafel op 1 meter hoogte

- Op instrumententafel bij beide systemen. (Sensor op statief op instrumententafel monteren).

*Apparatuur: Twee- kanaals deeltjesteller.*

Met een twee- kanaals deeltjesteller wordt het aantal deeltjes van een grootte  $\geq 0.5 \mu\text{m}$  en  $\geq 5.0 \mu\text{m}$  per  $\text{m}^3$  gemeten. De grootte van  $\geq 0.5 \mu\text{m}$  is van belang als belangrijkste referentie bepaling voor de classificatie van kamers. De grootte van  $\geq 5.0 \mu\text{m}$  is van belang omdat deze deeltjes potentiële dragers zijn van micro-organismen. Normaliter zal in de praktijk een twee- kanaals deeltjesteller ( $\geq 0.5 \mu\text{m}$  en  $\geq 5.0 \mu\text{m}$ ) voldoende zijn.

Met een zes- kanaals deeltjesteller wordt het aantal deeltjes van de grootte  $>0.3 \mu\text{m}$ ,  $>0.5 \mu\text{m}$ ,  $>1.0 \mu\text{m}$ ,  $>2.0 \mu\text{m}$ ,  $>3.0 \mu\text{m}$  en  $>5.0 \mu\text{m}$  per  $\text{m}^3$  gemeten. Het profiel geeft een indicatie voor de kwaliteit van de circulerende lucht, gerelateerd aan de luchttoevoer, het gedrag en de reiniging (zie ook bijlage 7.2).

Overschrijding van vastgestelde criteria geeft direct indicatie dat de installatie niet correct functioneert of dat de schoonmaak en/of de gebruiksprocedures moeten worden aangepast.

## 5. Beheersmaatregelen met betrekking tot de luchtbehandelinginstallatie

### 5.1 Systematische beschrijving luchtbehandeling

De beheerder van de operatieafdeling dient te beschikken over documenten die aantonen dat alle afdelingen en kamers van de operatieafdeling voldoen aan de normen die gesteld kunnen worden aan het gebruik van deze ruimte c.q. kamer.

Deze documenten dienen per kamer c.q. ruimte de volgende omschrijvingen te bevatten:

- kamernummer of -naam, deze dient uniek te zijn in het gebruik van de afdeling
- gebruik van kamer/ ruimte
- reinheidsclassificatie
- luchtverversing en/ of circulatievoud
- drukclassificatie t.o.v. omliggende ruimten
- aangesloten op nachtverlaging of andere schakelmogelijkheden
- maximum grenzen van de temperatuurinstellingen
- Relatieve Vochtigheid (R.V.)
- het luchtstromingsprofiel

Bij elke wijziging van het gebruik of aanpassingen aan de installatie of lay-out dienen deze documenten te worden aangepast en gewaarborgd door de beheerder.

#### 5.1.1. Procedures ten aanzien van bouw en/ of constructie.

De beheerder van de operatieafdeling dient te beschikken over documenten die aantonen dat de luchtbehandelinginstallatie voldoet aan de eisen die hieraan gesteld worden in de hiervoor genoemde ontwerp kwalificatie documenten. De documenten - de installatie- en operationele kwalificatiedocumenten - moeten bij voorkeur onafhankelijk opgesteld worden ten opzichte van ontwerper/ installateur.

Deze kwalificatiedocumenten geven nauwkeurig de luchtbehandelinginstallatie(s) weer welke geplaatst c.q. gebouwd is (zijn) ten behoeven van de operatieafdeling. Tevens geven deze documenten weer welke instrumenten kritisch gebruikt worden en welke alarm- en functionele circuits operationeel getest dienen te worden.

In deze documenten moeten de volgende onderwerpen worden vermeld c.q. omschreven:

- Een omschrijving van de werking van de luchtbehandelinginstallatie met daarin uitdrukkelijk omschreven:
  - het gebruik van de installatie(s) per kamer
  - de regelcircuits
  - het gebruik van filters en andere componenten
  - de alarm- en regelcircuits
  - welke instrumenten worden gebruikt voor de periodieke controle van de installaties met daarbij een verwijzing naar de kalibratieprotocollen c.q. documenten
  - omschrijving van het testen van het alarmcircuit
  - omschrijving dag- en nacht instelling
- Opleveringsrapporten waarin de metingen omschreven staan en uitgevoerd zijn van:
  - luchtbalans
  - eindfilter integriteit
  - drukhiërarchie
  - deeltjesmetingen
  - stromingspatronen ter plaatse van operatieterrein

Bij elke wijziging van het gebruik of aanpassingen aan de installatie of lay-out, dienen deze documenten te worden aangepast en gewaarborgd door de beheerder.

### 5.1.2. Procedures ten aanzien van het beheer

Een operatieafdeling moet beheerd worden conform de kwaliteitsnormen.

Deze normen houden in dat:

- a. er dagelijks, voor de aanvang van de normale werkzaamheden een verificatie plaatsvindt omtrent de status van de luchtbehandelinginstallatie
- b. er periodiek gegevens worden verzameld en gewaarborgd voor track recording
- c. er structuur en overleg is met betrekking tot het periodieke onderhoud
- d. een logboek wordt bijgehouden met alle relevante storingen, aanpassingen en (onderhouds-) werkzaamheden
- e. er periodiek een validatieprogramma wordt uitgevoerd in en ten behoeve van alle operatiekamers

Ad a.: verificatie van de status van de luchtbehandelinginstallatie.

Deze verificatie houdt in dat de beheerder of zijn plaatsvervanger, door vrijgave van de operatiekamerafdeling informatie inwint over:

- staat de luchtbehandelinginstallatie in de "dagstand"
- de temperaturen van de diverse operatiekamers
- de relatieve luchtvochtigheid van de ingeblazen lucht
- de drukhiërarchie

Ad b.: periodieke verzameling van installatienota.

De beheerder van de operatiekamer is verplicht om alle relevante data op te slaan van de operatieafdeling gedurende 5 jaar. Gedurende deze opslagperiode moeten gegevens terug te vinden zijn omtrent:

- drukverschil tussen OK en (schone) gang, meetnauwkeurigheid 0,2 Pa
- temperatuur inblaaslucht, meetnauwkeurigheid  $\pm 0,1$  °C
- veranderingsnelheid temperatuur inblaaslucht
- temperatuur uitblaaslucht, meetnauwkeurigheid  $\pm 0,1$  °C
- relatieve vochtigheid van inblaaslucht, meetnauwkeurigheid  $\pm 5\%$
- hoeveelheid inblaaslucht, meetnauwkeurigheid 5%

Ad c.: structuur en overleg omtrent (periodiek) onderhoud.

Elke handeling aan de luchtbehandelinginstallatie die de kwaliteit en/ of kwantiteit van de lucht kan beïnvloeden, moet overlegd worden met de beheerder van de operatieafdeling. Onderhoud moet plaatsvinden in een preventief onderhoudsprogramma. Dit programma moet van een zodanige omvang zijn dat tussentijdse storingen of gebreken tot een minimum worden beperkt. De diverse werkzaamheden aan de installatie moeten in overleg met de beheerder worden uitgevoerd.

Ad d.: periodiek moet een validatieprogramma worden uitgevoerd in en ten behoeve van alle operatiekamers en eventueel van de opdekruimten.

Een validatie van de betrokken ruimten geeft een totaalbeeld van de functionaliteit van de luchtbehandelinginstallatie alsmede gebruik en schoonmaak van deze ruimten en kan om deze reden niet los gezien worden van een verantwoord totaal beheer van de operatieafdeling. De validatie dient herhaald te worden na elke aanpassing, (grote) onderhoudsbeurt alsmede verandering van gebruik c.q. schoonmaakprogramma.

Een periodiek validatieprogramma moet jaarlijks worden uitgevoerd, i.v.m. de onderhoudsactiviteiten. De validatie houdt tenminste in:

- luchtbalansbepaling

- filter lektesten
- laminariteit luchtstroombepaling
- kamer drukhiërarchie
- deeltjestellingen

NB.: voor deeltjestellingen geldt voor de operatiekamer minimaal 1 meting per 10 m<sup>2</sup> en de overige kamers 1 meting per 30 m<sup>2</sup>. Indien ten tijde van een van de validatie metingen afwijkingen worden geconstateerd, zullen eventueel additionele metingen de oorsprong hiervan moeten aanduiden.

### 5.1.3. Procedures ten aanzien van onderhoud

Onderhoud aan een luchtbehandelinginstallatie mag nooit worden uitgevoerd zonder overleg en goedkeuring van de beheerder van de operatieafdeling. Het onderhoudsprogramma dient zodanig te worden geïmplementeerd dat een maximum gebruik van de operatieafdeling kan worden gewaarborgd zonder een storing in de luchtbehandelinginstallatie. In het onderhoudsprogramma dient minimaal te worden vermeld de regelmatige kalibraties van alle kritische instrumenten zoals omschreven in de kwalificaties. In deze lijst van te kalibreren instrumenten dienen de volgende instrumenten tenminste te worden vermeld:

- temperatuurvoelers van de toe- en afvoer van de lucht per operatiekamer
- relatieve vochtigheid van de afvoer van de lucht per operatiekamer
- luchthoeveelheid meters ten behoeve van de luchttoevoer per operatiekamer
- drukverschilmeters per operatiekamer

In het onderhoudsprogramma dient minimaal 1x per 2,5 jaar een programma vermeld te staan waarin alle alarmen op hun functionaliteit worden getest conform voorgeschreven testprocedures. Elke reparatie of vervanging van een eindfilter (H 13) dient te worden vergezeld van een controle testdocument conform filter lektest of gelijkwaardig.

Een grote onderhoudsbeurt van de luchtbehandelinginstallatie dient binnen redelijk termijn gevolgd te worden door een (deel) validatie van de installatie of ruimten.

## **5.2 Stappenplan bij afwijkingen in kritieke parameters**

Indien afwijkingen worden geconstateerd in de kritieke parameters moet zo spoedig mogelijk actie worden genomen. In eerste instantie wordt door de verantwoordelijke voor de operatieafdeling een multidisciplinaire werkgroep in het leven geroepen. De samenstelling zal per ziekenhuis en per gebeurtenis verschillen, maar in principe zullen de afdelingen chirurgie, technische dienst en infectiepreventie/ ziekenhuishygiëne hier in eerste instantie vertegenwoordigd zijn. In het onderstaande schema is de opzet voor een structureel stappenplan beschreven dat als voorbeeld kan dienen voor de eigen situatie.

### 5.3 Stappenplan bij afwijkingen van microbiële aard

Als uit metingen of surveillance resultaten afwijkingen lijken te bestaan in verhouding tot eigen of landelijke gegevens, wordt een werkgroep gevormd. Meestal zal de afdeling Infectiepreventie hiertoe het initiatief nemen op grond van afwijkende microbiologische resultaten. Samenspraak is in eerste instantie noodzakelijk met de verantwoordelijke voor de operatieafdeling en voor de technische dienst. Afhankelijk van de bevindingen worden andere verantwoordelijken of afdelingshoofden (van bijvoorbeeld de huishoudelijke schoonmaakdienst) bij het overleg betrokken.

Er moet een risicoanalyse worden uitgevoerd om de oorzaak van de afwijkende resultaten

Stappenplan bij afwijkingen in kritieke parameters			
	Betreft	Actie	Wie
Stap 1	Signalering technische dienst/beheerder OK Of hygiënist	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Werkgroep bijeenroepen</li> <li>▪ Verslaglegging</li> <li>▪ Documentatie</li> </ul>	Verantwoordelijke manager
Stap 2	Beleidsbepaling	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Inventariseren probleem</li> <li>▪ Interventiebepaling (technisch- / afdelingsniveau)</li> <li>▪ Werkwijze werkgroep bespreken</li> <li>▪ Bepaling te informeren groep</li> </ul>	Werkgroep
Stap 3	Informatie Intern / Extern	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Medisch specialisten</li> <li>▪ Managers</li> <li>▪ Directie</li> <li>▪ Infectiecommissie</li> <li>▪ IGZ</li> </ul>	Werkgroep
Stap 4	Uitvoering van interventies	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Acties op operatieafdeling</li> <li>▪ Acties op overige afdelingen</li> <li>▪ Installatie buiten gebruik stellen</li> <li>▪ Aanpassingen aan installatie</li> <li>▪ Documentatie verzorgen</li> </ul>	Beheerder operatieafdeling Managers Manager Technische Dienst Manager Technische Dienst Verantwoordelijk manager
Stap 5	Voortgang	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Actualiteit</li> <li>▪ Knelpunten</li> <li>▪ Rapportage interventies</li> <li>▪ Evaluatie interventies</li> <li>▪ Bepalen controle metingen / validatie</li> <li>▪ Planning</li> </ul>	Werkgroep
Stap 6	Eindebepaling	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Opheffen interventies afdelingsniveau</li> <li>▪ Vrijgifte technische installatie</li> <li>▪ Informeren betrokkenen</li> </ul>	Managers Manager Technische Dienst Zie stap 3
Stap 7	Evaluatie	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Opheffen werkgroep</li> <li>▪ Einddocumentatie</li> <li>▪ Rapport directie</li> <li>▪ Rapport infectiecommissie</li> </ul>	Werkgroep

te vinden (zie ook hoofdstuk 2.1), waarna stappen worden ondernomen om de problemen op te lossen. Hiertoe worden bijvoorbeeld (opnieuw) metingen en kweken gedaan of audits en technische controle uitgevoerd zoals in de onderstaande tabel is aangegeven. Belangrijk is besluitvorming met betrekking tot het gebruik of het sluiten van de betreffende operatiekamer(s).

<b>Probleem</b>	<b>Actie</b>
<p>1. Meting in lege OK; waarden micro-organismen te hoog</p>	<p>- Controleer methode van meting, herhaal meting. Indien weer te hoge waarden: overleg met technische dienst.</p> <p>- <u>Controleer:</u> Luchtfilters (beschadigd of onjuist aangebracht, waardoor lucht langs filter stroomt) Luchtbehandelingskasten en leidingen: (water/condens of vervuiling). Temperatuurverschil tussen ingeblazen en afgevoerde lucht (onvoldoende delta T). Luchtstromingen, luchtsnelheid, luchthoeveelheid, Drukhiërarchie Mismatch tussen inblaas en afzuigvolume door verschillende oorzaken, defecten aan de aandrijving ventilatoren. Ontregeling van de instellingen.</p>
<p>2. Meting in OK tijdens operatie; waarden micro-organismen te hoog.</p>	<p>- <u>Controleer:</u> In lege OK meting herhalen. Afwijkende resultaten: zie onder 1. Resultaten goed: controleer in OK tijdens operatie door middel van audits en herhaal metingen micro-organismen.</p>

## 6. Implementatie richtlijnen en Audits

### 6.1 Implementatie van richtlijnen

In hoofdstuk 1 is gesproken over processen die van invloed zijn op de microbiële veiligheid in de operatiekamer. De invloed van lucht, de mens, de bouwkundige voorzieningen en van de apparatuur e.d. is in dit kader aan de orde gekomen. Echter, er is nog een factor die in vrijwel alle bovengenoemde aspecten een belangrijke rol speelt: de attitude van "de mens", in dit geval van allen die betrokken zijn met de operatieafdeling. Het betreft in eerste instantie de staf en de medewerkers die handelingen verrichten bij en rond de patiënt op de operatieafdeling. Maar de technische dienst medewerkers en de medewerkers van de schoonmaakdienst zijn eveneens betrokken bij de zorg rond de patiënt.

Om deze zorg optimaal te laten verlopen zijn protocollen, richtlijnen en werkinstructies opgesteld, waarin de directe en indirecte handelingen die van invloed kunnen zijn op de microbiële veiligheid in de operatiekamer, beschreven zijn. Bij de uitvoering van deze handelingen treden echter nogal eens afwijkingen op die een extra risico voor de patiënt (kunnen) vormen. Wanneer wordt nagegaan wat hiervan de oorzaak is dan blijkt vaak dat aan de invoering van richtlijnen geen of onvoldoende aandacht werd besteed, of zij zijn niet bij de betrokkenen aangekomen. Maar zelfs als de richtlijn wel op de juiste plaats is aangekomen betekent dit allerm minst dat deze richtlijn wordt uitgevoerd. Met name als de betrokkenen tevoren niet zijn ingelicht, stuit de uitvoering vaak op problemen. Men ziet de noodzaak niet in van de richtlijn, er blijken knelpunten van allerlei aard te zijn, er is geen of onvoldoende kennis, middelen ontbreken, de werkdruk is te hoog etc. Van groot belang is ook de attitude van betrokken medewerkers: ook al heeft de implementatie van de richtlijn met de grootst mogelijke zorg plaatsgevonden, dan nog blijkt deze niet goed te worden uitgevoerd. De theoretische achtergrond van het probleem 'attitude' voert hier te ver. Wél kan hier worden aangegeven wat in de gezondheidszorg gebleken is de beste resultaten op te leveren als een richtlijn moet worden ingevoerd.

1. De invoering van richtlijnen wordt volledig ondersteund door de directie of de Raad van Bestuur. De verantwoordelijkheden in dit proces moeten zijn vastgelegd:
  - wie stelt de richtlijn op
  - wie voert de richtlijn in (implementatie)
  - wie controleert de uitvoering van de richtlijn
  - wie de stelt de richtlijn bij als dit noodzakelijk is
2. Voordat een nieuwe richtlijn wordt opgesteld moet intensief contact plaatsvinden met de betrokken staf en medewerkers.  
Alle facetten van de handelingen die in de richtlijn aan de orde komen, moeten met hen besproken worden, met name de eventuele knelpunten. Dergelijke knelpunten kunnen samenhangen met technische aspecten of tijdgebrek; met onvoldoende kennis en/of onvoldoende aantal medewerkers en dergelijke.
3. Sterk geadviseerd wordt om op de betreffende afdelingen zogenaamde "sleutelfiguren" te vinden: personen die een natuurlijk overwicht hebben.  
Bij de in- en uitvoering van richtlijnen spelen zij een belangrijke rol, door het geven van het goede voorbeeld en door het stimuleren van hun collegae. Ook bij de controle op de implementatie moeten deze personen, waar mogelijk, ingeschakeld worden.



4. Bij het invoeren van een richtlijn moet aandacht worden besteed aan het bepalen van de doelgroepen en de wijze waarop deze ingelicht worden. Hiervoor kan een matrix worden opgesteld die ook kan dienen voor de verspreiding van andere richtlijnen en informatie. Voorop moet echter staan dat per onderwerp altijd eerst de doelgroep en de wijze van inlichten bepaald worden.
5. Vaak zal bij het invoeren van een richtlijn (bij) scholing nodig zijn.
6. Ook kan het nodig zijn eerst praktische vaardigheden te laten ontwikkelen.
7. De middelen moeten ruimschoots aanwezig zijn.
8. Tenslotte moet worden nagegaan of de implementatie van de richtlijn effectief is en hiervoor wordt een audit sterk aanbevolen, waarbij met name de handelingen worden geobserveerd in de praktijksituatie. (zie 7.2.)

#### Wijze van inlichten

Doelgroep	A	B	C	D
Afdeling A, staf en medewerkers	X	X	X	X
Alle verpleegafdelingen verpleegkundigen	X	X	X	X
CSA	X	X	X	X
Huishoudelijke dienst	X	-	X	X
Technische dienst	-	-	X	-
Inkoop	-	-	X	-

- A. concept toesturen
- B. concept bespreken, afspraak maken
- C. toesturen definitief protocol
- D. Mondelinge toelichting, afspraak maken

*Tabel 6.1: Voorbeeld communicatiematrix richtlijn desinfectie*

## 6.2 Audits

Eén van de instrumenten die gebruikt worden ter bewaking en ontwikkeling van infectiepreventiebeleid, is het auditeren van verschillende ziekenhuisafdelingen. Het moment en de frequentie van de audit infectiepreventie wordt vastgesteld in overleg met de verantwoordelijke manager en de leiding van de afdeling. Rapportage vindt steeds plaats op uniforme wijze.

### *Doel audit:*

Het systematisch onderzoeken of de activiteiten en de faciliteiten op het gebied van infectiepreventie overeenkomen met het door de infectiecommissie voorgestane beleid.

Met andere woorden: gebeuren de juiste dingen; gebeuren de dingen juist?

Binnen de audit infectiepreventie wordt separaat aandacht besteed aan de omgang met steriele medische hulpmiddelen. Naar aanleiding van de bevindingen worden een aantal aanbevelingen gedaan, aan de hand waarvan verbetermaatregelen geformuleerd kunnen gaan worden in samenspraak met het management van de afdeling.

### *Uitvoering audit:*

De audit bestaat uit de volgende elementen:

- Toetsing van de toepassing en gebruik van de faciliteiten op het gebied van infectiepreventie, tijdens een bezoek aan de afdeling
- Inventarisatie van de knelpunten bij de uitvoering van activiteiten, middels een overleg met een aangewezen medewerker
- Observatie van de uitvoering van een ingreep
- Afrondend gesprek met de verantwoordelijk manager, waarbij de bevindingen mondeling worden gerapporteerd en verbeterkansen worden verkend.
- Schriftelijke eindrapportage

Besluitvorming en eventuele meningsverschillen ten aanzien van de gesignaleerde verbeterkansen zullen ter beschikking worden gesteld aan clustermanagement en infectiecommissie.

### Voorbeeld audit operatie

Afdeling	Operatiekamer
Ingreep	
Pt.nummer	
Wondklasse	
ASA-klasse	
Datum	
Tijdsduur	
Anesthesie	
Door wie	
Gezien door	

	<b>Kritieke punten</b>	<b>Ja</b>	<b>Nee</b>	<b>Deur- bewegingen</b>	<b>Opmerkingen /bijzonderheden</b>
1	Persoonlijke hygiëne OK- team				
1.1	Steriele jas wordt op juiste wijze gedragen				
1.2	Er worden mutsen gedragen, welke de haren volledig bedekken				
1.3	Er worden neusmondmaskers gedragen				
1.4	Er worden geen sieraden gedragen				
1.5	Wondjes handen afgeplakt met een waterafstotende pleister				
2	Vorbereiding OK				
2.1	Er wordt preop. handdesinfectie volgens protocol toegepast				
2.2	De instrumenten tafels worden op de juiste plaats opgedekt				
2.3	S.M.H.gecontroleerd op vervaldatum en correcte verpakking				
2.4	voldoende ruim steriel veld voor het steriele instrumentarium gecreëerd				
2.5	Steriele materialen op aseptische wijze op het steriele veld gedeponeerd				
2.6	Er is voldoende ruimte om het steriele veld steriel te behouden				
3	Vorbereiding patiënt				
3.1	De huid van de patiënt wordt op juiste wijze gedesinfecteerd met jodium tinctuur, en aan de lucht gedroogd				

	<b>Kritieke punten</b>	<b>ja</b>	<b>nee</b>	<b>Deur- bewegingen</b>	<b>Opmerkingen / bijzonderheden</b>
3.2	Patiënt heeft antibiotica gehad				Welke Tijdstip
3.3	Patiënt is niet, of volgens protocol onthaard				
4	Tijdens de operatie				
4.1	Het aantal aanwezigen is minimaal				
4.2	Er vinden geen nevenactiviteiten plaats				
	Patiënt wordt op correcte wijze steriel afgedekt				
4.3	Er wordt aseptisch gewerkt				
4.4	Het in- en uitlopen is beperkt				
4.5	Juiste omgang met spoelvloeistoffen/controle/afzuiging				
4.6	Er heerst een aangename temperatuur				
4.7	De instrumententafels staan onder het plenum				
4.8	Er wordt onder het plenum gewerkt				
5	Na de operatie				
5.1	Na de ingreep direct de handschoenen uitgetrokken en de handen gedesinfecteerd				
5.2	Het gebruikt instrumentarium wordt op correcte wijze afgevoerd				
5.3	Scherpe voorwerpen worden in de naaldenbeker gedeponneerd				
5.4	Afval wordt volgens de richtlijnen afgevoerd				
5.5	Schoon en vuil instrumentarium wordt gescheiden				
5.6	De tafel en de vloer worden huishoudelijk gereinigd/zonodig gedesinfecteerd				

## 7. Bijlagen

### 7.1 Onderbouwing van de KVE streefwaarde en het ventilatievoud in een *mengend* systeem

Voor de ruimten met (nu niet meer geadviseerde) mengende systemen werd in het verleden een berekening gehanteerd op basis waarvan men kwam tot het advies de ruimten b.v. twintig maal per uur te voorzien van eenzelfde volumen schone lucht, en een betijingsperiode van 10 minuten in acht te nemen tussen 2 operaties. De onderstaande berekening geeft aan hoe men tot dat advies kwam.

Voor de buitenluchtkwaliteit wordt een kiemgetal van  $\leq 500$  KVE/m<sup>3</sup> lucht gehanteerd. Buitenlucht bevat gemiddeld  $10^6$  deeltjes van grootte  $\geq 3 \mu\text{m}$  per m<sup>3</sup> lucht (landelijk gemiddelde). In buitenlucht is 1 op 1000 deeltjes van  $\geq 3 \mu\text{m}$  besmet. Boven het getal van 500 KVE/m<sup>3</sup> lucht kunnen allergische reacties ontstaan van de luchtwegen (12).

Stel dat in een operatiekamer behoort de luchtkwaliteit een ordegrrootte beter te zijn: dit wil zeggen deeltjesklasse 100 bij een OK in rust. Tijdens een operatie, wanneer er gemiddeld 8 personen in de OK aanwezig zijn, mogen dan niet meer dan 10.000 deeltjes/m<sup>3</sup> (1:200 besmet = 0,5 %) met een grootte van  $\geq 3 \mu\text{m}$  aanwezig zijn: 50 KVE/m<sup>3</sup>.

In theorie:

Een mens scheidt gemiddeld  $10^6$  deeltjes ( $0.2 \mu\text{m}$  en groter) per minuut af. Ervan uitgaande dat hiervan  $10^5$  (10%) deeltjes groter is dan  $2-3 \mu\text{m}$  en wanneer er per 200 deeltjes één besmet is dan komen er per 8 personen  $10^5 \times 1/200 \times 8 = 4000$  besmette deeltjes per minuut in de lucht terecht. Stel dat de operatiekamer een ideale menger is met een ingaande luchthoeveelheid van 3000m<sup>3</sup> per uur (50 m<sup>3</sup> per minuut), dan zou de luchtvervuiling met micro-organismen 80 KVE/m<sup>3</sup> lucht bedragen.

In de operatiekamer wordt de lucht per uur twintigvoud verversd. Aan het eind van een operatie zijn er 20 000 deeltjes van  $\geq 3 \mu\text{m}$  per m<sup>3</sup>, waarvan 0,5 % besmet is (dus 100 kiem vormende eenheden (KVE) per m<sup>3</sup>). Daarna dienen de artsen, de patiënt en het (omloop)personeel de OK te verlaten: *er worden dus geen nieuwe deeltjes meer toegevoegd. Bij aanwezigheid van personen zijn deze data niet haalbaar.* De concentratie deeltjes neemt snel af door de luchtverversing. Na 10 minuten is er minder dan 1 KVE/m<sup>3</sup> aanwezig. De concentratie deeltjes  $C(t)$  is niet afhankelijk van de plaats in de OK in rust (maar wel van de tijd  $t$ ). Het aantal deeltjes dat de OK per uur verlaat,  $J$ , wordt dan berekend met vergelijking (1):

$$J = C(t) \bullet \Phi \quad (1)$$

Waarbij  $\Phi$  de hoeveelheid uitstromende (of instromende) lucht is (in m<sup>3</sup>/uur).

Het feit dat deeltjes de OK verlaten zorgt voor een verlaging van de concentratie volgens vergelijking (2):

$$V \frac{dC(t)}{dt} = -J \quad (2)$$

Waarbij  $V$  het volume van de OK is. Combineren van (1) en (2) geeft (3).

$$\frac{dC(t)}{C(t)} = -\frac{\Phi}{V} dt \quad (3)$$

Dit kan geïntegreerd worden tot (4)

$$C(t) = C(0) e^{-\frac{\Phi}{V}t} \quad (4)$$

Waarbij  $C(0)$  de initiële concentratie van  $100 \text{ KVE/m}^3$  is. Met vergelijking (4) kan het concentratieverloop in de tijd berekend worden. Invullen van  $\Phi/V = 20$  /uur geeft dan dat een tijd  $t$  van 0.15 uur (= 10 minuten) nodig is om  $C(t)$  op  $1 \text{ KVE/m}^3$  te krijgen.

*Deze bovenstaande berekening is echter zoals gesteld gebaseerd op de situatie, dat nul personen aanwezig zijn in de OK*

## 7.2 Geadviseerde meetapparatuur

De vangefficiëntie en reproduceerbaarheid van een microbiel monstername-apparaat is een belangrijke factor in het bepalen van de microbiologische kwaliteit van de lucht.

Algemeen kan gesteld worden dat het aantal micro-organismen dat afgevangen wordt lager is dan de actuele concentratie in de lucht. Dit komt doordat tijdens een meting verliezen (aan de wand van de slang, lekkages e.d.) optreden en door de kans dat micro-organismen afsterven na afvangen op een medium (filter, uitdroging van agarplaat).

Voor het bepalen van de microbiologische kwaliteit van de lucht wordt aanbevolen een systeem te gebruiken waarbij de lucht door het monstername-apparaat wordt geleid en de micro-organismen worden afgevangen op een voedingsbodem (impactor).

De meeste commerciële systemen werken op basis van het impactor principe. Voorbeelden hiervan zijn o.a.: de Slit Impactor Sampler(SIS), Surface Air System(SAS), de Microbio Air Sampler (MAS), de Andersen Microbial Sampler (AMS) de Reuter Centrifuge Sampler (RCS). Deze systemen zijn voorzien van een enkel-plaat (petrischaal met voedingsbodem) of enkelstrip (agar-strip) systeem, behalve de Andersen Microbial Sampler die voorzien is van een meer-plaat systeem.

Een veel toegepast systeem is de RCS of RCS-plus. Dit systeem is geschikt voor kwalitatieve metingen van de lucht. Dit systeem geeft aan welke soorten micro-organismen in de lucht aanwezig zijn. De SIS, SAS, MAS en AMS zijn systemen die een (semi)kwantitatief beeld geven van de microbiologische kwaliteit van de lucht.

Bij de keuze van een geschikt systeem is gezocht naar een systeem dat kwantitatief meet met een hoge efficiëntie en een grote reproduceerbaarheid. Uit TNO onderzoek bleek dat een meer-plaat impactor systeem voor meting van de luchtkwaliteit het meest aan de gestelde eisen voldoet. Per plaat wordt een optimale luchtstroming gecreëerd voor het afvangen van micro-organismen met een gedefinieerde grootte (selectie op grootte).

Bij een enkel-plaat systeem worden alle aanwezige micro-organismen in de lucht afgevangen op één enkele voedingsplaat, waardoor de vangefficiëntie nadelig beïnvloed wordt (<30%).

In samenwerking met Andersen is door TNO een drie-traps cascade (impactor) systeem ontwikkeld waarbij verschillende soorten van micro-organismen (bacteriën en schimmels) separaat gedetecteerd kunnen worden. Uit validatieproeven blijkt dat het drietraps cascade systeem een efficiëntie heeft van >70% (bij gebruik van een specifiek medium) en een grote reproduceerbaarheid. Het drietraps cascade systeem is geselecteerd als meetstelsel voor het bepalen van de microbiologische kwaliteit van de lucht in ziekenhuizen, kantoorgebouwen en productieruimten.

Essentieel is dat op gestandaardiseerde meetmethoden op uniforme wijze worden toegepast.

Een alternatief is het gebruiken van apparatuur, die op adequate wijze is gekalibreerd met 3 traps systeem MC Impactor als referentie apparatuur. De kweekmedia dienen gecontroleerd geschikt te zijn voor gebruik in deze apparatuur.

Een voorbeeld van fabrikanten van deeltjesteller apparatuur zijn: HIAC – Royco en MET – One.

Tijdens de laatste periode waarin werd gewerkt aan het opstellen van het Beheersplan voor de luchtbehandeling van de Operatieafdeling werd in de UK door de Hospital Infection Society een advies uitgebracht: “Microbiological Commissioning and Monitoring of Operating Theatre Suites” (14). Gezien de zeer duidelijke opzet en de aanvulling op Bijlage 7.2. van dit advies, heeft de Stuurgroep gemeend er goed aan te doen de annex “Air Samplers for use in Operating Theatres” van het artikel onvertaald aan het rapport toe te voegen.

### 7.3 “Air Samplers for Use in Operating Theatres”

(annex C van “Microbiological Commissioning and Monitoring of Operating Theatre Suites” (14)).

Up until the 1980s the only microbial air samplers commercially available for measuring the microbial concentration of the air in operating theatres were the slit sampler and the sieve impactor. All the microbial aerosol levels recommended in guidance and in the papers of Whyte, Lidwell and others are based on experiments carried out with the large volume (700 l min<sup>-1</sup>) slit samplers. New types of microbial air samplers have appeared since then. However, sampling air in operating theatres does not form a substantial section of this market, so many are not suitable.

The following points need to be considered in selection:

1. Can it sample a suitable volume of air (greater than 2 cubic metres may be needed in UCV theatres) within a reasonable length of time (e.g. ten minutes) or before dehydration effects may occur?
2. Can it be operated remotely (e.g. infra-red control or via extension lead)?
3. Is it easy to use and clean?
4. If unusual plates, strips or filters are used, how much do they cost? (Some can cost up to £5 per unit).
5. Is it required to get close to the wound in a working ultraclean theatres?
6. Has it been demonstrated to be reasonably effective in the published literature?

The table below gives the characteristics of most available microbial air samplers:

Sampler	Flow Rate (l/min)*	Collection Method	Plate/ Strip/ Filter
Andersen Sampler	28.3	Sieve impaction	Standard plate (6)
Biotest RCS	40 <sup>#</sup>	Centrifugal impaction	Pre-filled strips
Biotest RCS Plus <sup>1</sup>	50	Centrifugal impaction	Pre-filled strips
Biotest HiFlow <sup>1</sup>	100	Centrifugal impaction	Pre-filled strips
Casella (high volume) <sup>2</sup>	700	Slit impaction	150mm plate
Casella (low volume) <sup>2</sup>	30	Slit impaction	Standard plate
Mattson Garvin	28.3	Slit impaction	150mm plate
Merck MAS <sup>3</sup>	100	Sieve impaction	Standard plate
Microbio 1	100	Sieve impaction	55mm contact plates
Microbio 2	100	Sieve impaction	55mm contact plates
Millipore	140	Sieve impaction	Pre-filled cassette
Negretti	100?	Sieve impaction	55mm contact plates
New Brunswick	28.3?	Slit impaction	150mm plate
Sampl'air	86-200	Sieve impaction	Standard plate
Sartorius MD8	42-133	Filtration	Gelatine filters
SAS 90	90	Sieve impaction	55mm contact plates
SAS <sup>2</sup>	180	Sieve impaction	55mm contact plates

\* 1 cubic metre is 1,000 litres

1. Infrared remote operation possible;
2. Remote operation via cable possible;
3. Delay of up to 60 minutes possible



## 7.4 Eindrapport Werkgroep Techniek

### 7.4.1 Norm Luchttoevoer in operatiekamer

De luchtstroming op het operatievlak moet van het type semi laminaire downflow zijn.

#### *Toelichting:*

De beheersing van het luchtstromingspatroon en de luchtkwaliteit in de operatiekamer vormt een essentieel onderdeel van het hygiënisch beleid op de operatiekamer.

Er moeten daarom bepaalde eisen worden gesteld aan het toe te passen luchttoevoersysteem, die als volgt kan worden geformuleerd:

De wijze van luchttoevoer en het circulatiepatroon in de operatiekamer moeten zodanig worden gekozen dat de lucht geen contaminatiebronnen passeert alvorens in het operatiegebied te komen. Ook over de instrumententafel dient uitsluitend schone lucht te stromen. Deeltjes, afkomstig van de patiënt of van het operatieteam mogen niet via luchtbewegingen bij de patiënt of op de instrumententafel terugkomen maar dienen zo snel mogelijk te worden afgevoerd. Een stromingspatroon dat hieraan voldoet moet dus ook onder praktische omstandigheden, d.w.z. bij ingeschakelde operatielampen en de aanwezigheid van het operatieteam, stabiel blijven.

Alleen een niet-mengend verdringingssysteem voldoet aan deze eis.

De verdringingssystemen zijn afgeleid van de stofarme ruimten die in de industrie worden toegepast. Menging zal niet optreden wanneer de schone ongemengde lucht over een voldoende groot oppervlak boven het operatiegebied met nagenoeg dezelfde snelheid en richting omlaag stroomt. In de industrie komen systemen voor met horizontale (crossflow) en verticaal omlaag gerichte (down-flow) stroming. Bij crossflow wordt (een deel van) één van de wanden en bij down-flow (een deel van) het plafond in de ruimte uitgevoerd als luchttuitlaat. De gebruikte filters kunnen een tweeledige functie hebben, n.l. niet alleen om de lucht te ontdoen van kiemen en stofdeeltjes maar ook om een homogene snelheidsverdeling van de lucht te bewerkstelligen. De homogene verdeling kan ook bewerkstelligd worden door het plaatsen van een doek in de uitstroom opening. Dit doek is dan strak en homogeen op een frame gespannen. Deze systemen waarbij de lucht via een filter en daarna via dit verdelende en beschermende doek in de ruimte stroomt worden vaak "laminair flow" systemen genoemd. Strikt genomen is deze benaming onjuist omdat de stroming niet altijd laminair hoeft te zijn; het is beter om te spreken van verdringingssystemen.

Om het ontstaan van secundaire stromingen door convectieve krachten te vermijden wordt in de cleanroom techniek een luchtsnelheid van  $> 0,40$  m/s toegepast. In de operatiekamer is dit uitgangspunt moeilijk toe te passen omdat dit veelal tot tochtklachten van het operatiepersoneel zal leiden. Daarom wordt uitgegaan van luchtsnelheden bij downflow van minimaal 0,30 m/s; bij (de niet aanbevolen) crossflow zal toch 0,45 m/s moeten worden aangehouden om de omhoog gerichte convectieve krachten te blijven overwinnen (12, 32). Deze uitstroomsnelheid van 0,30 m/s kan slechts toegepast worden in samenhang met de hierna genoemde temperatuur uitgangspunten.

De hier genoemde systemen met volledige downflow of crossflow zijn in uitvoering en exploitatie zeer kostbaar, hetgeen ertoe heeft geleid dat op veel plaatsen is gezocht naar goedkopere oplossingen, waarvan dezelfde of vergelijkbare resultaten kunnen worden verwacht. Om tot een lager luchtverbruik en dus ook tot een reductie van het energieverbruik te komen, worden meestal systemen toegepast waarbij slechts in een beperkt gedeelte van de operatiekamer, n.l. alleen ter plaatse van de operatietafel, lucht wordt toegevoerd.

Hoewel dit principe ook bij crossflow mogelijk is wordt dit toch zeer weinig toegepast wegens een aantal nadelen:

de toe te passen luchtsnelheid is hoger dan bij downflow.

de operatietafel is slechts aan drie zijden toegankelijk.

stroomafwaarts van de personen ontstaan zonder bijzondere maatregelen wervelgebieden waarin verontreinigingen tot boven de tafel kunnen komen.

*Bovenstaande overwegingen in aanmerking nemende dient een standaard operatiekamer te worden uitgevoerd met een semi-laminair downflow systeem met aanvullende eisen ten aanzien van beheersing van lucht hoeveelheden en temperatuur.*

*Aandachtspunten zijn:*

De in het verleden toegepaste systemen voor toevoer van kiemarme en geklimatiseerde lucht in operatiekamers kunnen in principe in twee hoofdsystemen worden onderverdeeld:

1. Mengende systemen, waarbij de binnenkomende kiemarme lucht gemengd wordt met de ruimtelucht waarbij door verdunning een verlaging van de kiemconcentratie wordt verkregen. Deze systemen worden voor operatiekamers niet meer geadviseerd in bestaande OK's noch nieuwbouw.

2. Niet-mengende verdringingssystemen, waarbij er zoveel mogelijk voor gezorgd wordt dat de binnenkomende kiemarme lucht zonder besmetting bij het operatieveld aankomt.

Bij de mengende systemen wordt gewerkt met luchttoevoeropeningen die van verschillende omvang kunnen zijn. Aan de omtrek van het rooster vindt menging plaats met de omgevende lucht en daarmee uitwisseling van temperatuur, vochtigheid, verontreinigingen, enz. De lucht in de operatiekamer wordt voortdurend verontreinigd door "strooien" vanaf de aanwezige personen. Na verloop van tijd ontstaat een gemiddelde verontreinigingsconcentratie in de ruimte die afhankelijk is van het ventilatievoud (het aantal luchtwisselingen per uur), het aantal personen en de mate van activiteit. Een ventilatievoud van  $20 \text{ h}^{-1}$  wordt bij mengende systemen als voldoende beschouwd om de gemiddelde verontreinigingsconcentratie laag genoeg te houden en de gewenste ruimtecondities te handhaven. Tevens wordt hiermee bewerkstelligd dat de operatiekamer na een operatie snel genoeg (ca 10 minuten) is 'schoongespoeld' voordat de volgende operatie kan beginnen. Voor een operatiekamer met een inhoud van  $100 \text{ m}^3$  betekent dit een luchttoevoer van  $2000 \text{ m}^3/\text{h}$ .

Een ander belangrijk aspect is de opstijging van warme lucht tengevolge van warmtebronnen in de operatiekamer. De meest versturende concentratie van warmtebronnen bevindt zich rondom de operatietafel (het operatieteam) en erboven (operatielampen). Zoals genoemd vindt de grootste stofafgifte plaats bij het onderlichaam. Bij mengende systemen vindt men dan ook meestal de hoogste kiemconcentraties boven de operatietafel doordat er een opstijgende luchtstroom ontstaat die het mogelijk maakt dat kiemen die onder de tafel vrijkomen worden meegevoerd tot in het operatieveld.

De mengende systemen worden om deze reden bij nieuwbouw of renovatie niet meer toegepast.

#### 7.4.2 Norm luchtafvoer

De luchtafvoer kan plaatsvinden op vier, zo ver mogelijk van elkaar afliggende plaatsen waarbij een deel van de afvoer nabij de vloer en het overige deel van de afvoer nabij het plafond plaatsvindt.

*Toelichting:*

De wijze van luchtafvoer uit de operatiekamer dient zodanig te zijn uitgevoerd dat de lucht in alle richtingen vanaf de operatietafel gelijkmatig kan wegstromen. Dit is alleen te realiseren door de lucht in de vier hoeken op een hoog en een laag niveau af te voeren, waarbij

eventueel ook gebruik kan worden gemaakt van de toe te passen overstroomroosters. Men beoogt hiermee het ontstaan van gebieden met verhoogde kiemconcentraties of temperatuur te vermijden.

*Aandachtspunt:*

De reden om een deel (als richtlijn 2/3 deel van de luchthoeveelheid) op vloerniveau af te voeren komt voort uit de relatief hoge soortelijke massa van narcosegassen en met name lachgas. Uit oogpunt van luchtstroming en doorspoeling van de operatiekamer is een combinatie van lage en hoge luchtafvoer te prefereren. Overigens is van belang bij gebruik van anaesthesiegassen een zogenaamd dubbelmasker te gebruiken om lekkage van narcosegassen in de OK te voorkomen.

#### 7.4.3 Norm luchtuitredesnelheid en -temperatuur.

De gemiddelde uitredesnelheid over de bruto plenummaat moet gelijk of groter zijn dan 0,3 m/s en kleiner dan 0,35 m/s. De temperatuur van de inblaaslucht moet ca. 2 °C lager zijn dan de temperatuur van de afgevoerde lucht. De uniformiteit over het uitstroomoppervlak moet beter dan 10% van de gemiddelde uitredesnelheid zijn.

*Toelichting:*

Om het ontstaan van secundaire stromingen door convectieve krachten te vermijden is een luchtsnelheid van 0,45 m/s en hoger noodzakelijk. In de operatiekamer is dit uitgangspunt moeilijk toe te passen omdat dit veelal tot tochtklachten van het operatiepersoneel zal leiden. Daarom wordt uitgegaan van luchtsnelheden bij downflow van minimaal 0,30 m/s en maximaal 0,35 m/s.

Door dichtheidsverschillen van de koudere inblaaslucht en de warmere omgevingstemperatuur is het mogelijk dat er insnoering van de toegevoerde lucht plaatsvindt hetgeen gepaard gaat met een toenemende luchtsnelheid in het operatiegebied waardoor tochtklachten kunnen ontstaan en waardoor het reine gebied kleiner wordt. Uit de proeven en de praktijk is gebleken dat insnoering te verwachten valt bij een temperatuurverschil tussen de ruimtelucht en de toevoerlucht dat groter is dan 2 °C. Bij een te klein temperatuurverschil (< 1 °C) zal het downflow effect gedeeltelijk teniet worden gedaan waardoor de luchtstroom het operatiegebied niet bereikt. Metingen in het laboratorium en onder praktijkomstandigheden hebben aangetoond dat die beperking in de snelheid acceptabel is onder de strikte voorwaarde dat het temperatuurverschil tussen inblaaslucht en afvoerlucht tussen 1 en 2 °C blijft.

*Aandachtspunt:*

Een goede afstemming van het toegevoerde luchtdebiet en de te verwachten warmtebelasting in de operatiekamer dient daarom plaats te vinden. In dit verband wordt nog gewezen op de extra warmtebelasting welke kan ontstaan t.g.v. zoninstraling bij toepassing van ramen in de OK. Een goede buitenzonwering is daarom een vereiste. Het verdient aanbeveling eventueel aanwezige apparatuur met grote warmteproductie zo mogelijk buiten de operatiekamer en anders zodanig in de operatiekamer te plaatsen dat de warmte direct via één der laag geplaatste afvoerroosters kan worden afgevoerd.

Een te groot of te klein temperatuurverschil kan ook (tijdelijk) ontstaan nadat de instelling voor de gewenste temperatuur in de operatiekamer is verlaagd of wanneer het regelsysteem niet stabiel werkt. Plotselinge temperatuurtoename van de inblaaslucht tot boven de ruimtetemperatuur is helemaal ongewenst omdat de toevoerlucht dan niet meer omlaag maar langs het plafond zal willen wegstromen; het downflow effect gaat dan grotendeels verloren hetgeen het contaminatierisico aanzienlijk vergroot.

Uit het bovenstaande kan worden afgeleid dat het ongewenst is dat OK medewerkers zelf regelend kunnen optreden t.a.v. het verloop van de inblaastemperatuur, tenzij maatregelen zijn genomen dat slechts een zeer geleidelijke verstelling mogelijk is.

#### 7.4.4 Norm luchttoevoerhoeveelheid

De luchttoevoerhoeveelheid moet ten minste 3000 m<sup>3</sup>/h zijn. Het aandeel buitenlucht moet daarbij ten minste 2000 m<sup>3</sup>/h zijn. De overige ruimten in de operatieafdeling moeten geventileerd worden conform de normering zoals omschreven was in de vorige versie van de bouwstenen van het College van Ziekenhuisvoorzieningen (5).

##### *Toelichting:*

De meeste operatiekamers zijn bestemd voor operaties met een beperkt operatiegebied. Het luchtinblaasplenum zou om die reden niet groter behoeven te zijn dan 1,2 x 2,4 m (bruto).

De luchttoevoerhoeveelheid wordt daarmee 3000 m<sup>3</sup>/h.

De luchthoeveelheid voor de speciale operatiekamers voor orthopedie etc. moet evenredig groter zijn in verband met het vergrote plenum en eventueel vergrote vloeroppervlak.

Zoals vermeld in par. 3.1.4 geeft de herziene Bouwmaatstaven van het College bouw ziekenhuisvoorzieningen uit 2004 het advies het plenum in *alle* operatiekamers aanzienlijk groter te maken (ca 9 m<sup>2</sup>). Het is waarschijnlijk dat zonder extra technische voorzieningen dit kan leiden tot onvoldoende gewaarborgde downflow in het centrale gedeelte van het plenum.

##### *Aandachtspunt:*

Een vrij algemeen toegepaste maatregel om het energieverbruik te beperken is het toepassen van recirculatie (het hergebruik van uit de operatiekamer afkomstige lucht) waardoor de kosten van verwarming, koeling en bevochtiging van verse lucht worden gereduceerd. Uit arbeidshygiënisch oogpunt moet echter een minimum verse luchtaandeel van 600 m<sup>3</sup>/h worden gehandhaafd. Deze luchthoeveelheid is gebaseerd op een operatieteam van maximaal twaalf personen waarvoor per persoon 50 m<sup>3</sup>/h verse lucht moet worden geleverd om het CO<sub>2</sub>-gehalte laag genoeg te houden. Een bezwaar van recirculatie is dat door de filters wel stofdeeltjes maar geen gasvormige verontreinigingen worden tegengehouden.

Per 1 februari 1994 werd door het Directoraat Generaal van de Arbeid (DGA) een maximaal aanvaardbare concentratie (MAC waarde) van 80 ppm (152 mg/m<sup>3</sup>) als tijd gewogen gemiddelde (TGG) voor lachgas vastgesteld. Voor halothaan geldt hiervoor 5 ppm (40 mg/m<sup>3</sup>); voor isofluraan wordt geen waarde opgegeven. De Arbeidsinspectie stelt dat uit gezondheidsoogpunt gestreefd moet worden naar het handhaven van een TGG van 25% van de MAC waarde. Om dit te realiseren wordt aanbevolen te werken met een buitenluchtaandeel van minimaal 2000 m<sup>3</sup>/h per OK, tenzij wordt aangetoond dat bij toepassing van recirculatie toch aan de eis van de Arbeidsinspectie kan worden voldaan. Desalniettemin dient het verwarmingsvermogen in de luchtbehandelinginstallatie zodanig gedimensioneerd te zijn dat altijd op minimaal 2000 m<sup>3</sup>/h buitenlucht per OK kan worden overgegaan.

Indien met een grotere luchttoevoer wordt gewerkt kan wel recirculatie worden toegestaan maar dan zodanig dat de gerecirculeerde lucht in een gesloten circuit uitsluitend naar dezelfde operatiekamer wordt teruggevoerd. Om te voorkomen dat afgezogen narcosegassen via onderdruksituaties in en om het gebouw opnieuw kunnen infiltreren of via ventilatiesystemen kunnen worden aangezogen dient de uitmonding bovendaks zodanig te zijn dat dit wordt uitgesloten. Hieraan kan worden voldaan door de plaatsbepaling te onderwerpen aan de daarvoor geldende GAVO-voorschriften. Ook de positionering van de aan- en afvoerroosters van de ventilatiesystemen moet zodanig zijn dat geen terugstroming kan plaatsvinden. Toepassing van warmtewielen is alleen toegestaan wanneer kan worden aangetoond dat hiermee geen narcosegassen worden gerecirculeerd.

In de verkoeverruimte zal de patiënt nog enige tijd narcosegassen uitademen. Deze narcosegassen zijn schadelijk voor patiënten en personeel. De Arbobeleidsregel uit mei 2001 (hoofdstuk 4.9 - 5) stelt eisen aan het ventilatievoud van operatiekamers, verkouwerkamer en overige ruimten, om deze narcosegassen af te kunnen voeren.

De mate van en de hoeveelheid gassen die in de lucht vrijkomen zijn moeilijk vast te stellen. Bij een minimale luchtventilatie van 300 m<sup>3</sup>/h per bedplaats wordt geacht te kunnen voldoen aan de eis van 25% van de MAC waarde. De lucht moet voor 2/3 deel laag en voor 1/3 deel hoog worden afgezogen.

### ***Ventilatie en circulatie***

De mate van luchtverversing in een ruimte is niet alleen bepalend voor de eindconcentratie van eventuele verontreinigingen maar ook voor de snelheid waarmee een concentratie afneemt nadat de bron wordt weggenomen. Men hanteert daarbij het begrip *ventilatievoud* (alleen het buitenluchtaandeel) of *circulatievoud* (buitenlucht + recirculatielucht) waarbij wordt verondersteld dat er volledige menging optreedt in de ruimte. In een ruimte waar dit niet optreedt, zoals een operatiekamer met verdringingsventilatie, kan het begrip ventilatievoud derhalve niet worden gehanteerd om concentraties te berekenen.

Wanneer in de operatieafdeling wordt uitgegaan van 100% buitenlucht zullen het ventilatievoud en het circulatievoud aan elkaar gelijk zijn. Voor de diverse ruimten in de operatieafdeling worden, afhankelijk van de te verrichten activiteiten, eisen gesteld aan het minimaal te hanteren ventilatievoud.

### ***Nachtsituatie***

Het is uit energieoverwegingen niet noodzakelijk in de nachtsituatie aan dezelfde ventilatie-eisen te voldoen als in de dagsituatie. Toch is het gewenst ook in de nachtsituatie een zekere drukhiërarchie te handhaven. De volgende uitgangspunten dienen daarbij te worden gehanteerd:

- de afzuiging van werkkasten, toiletten, douches en spoelruimten blijft 's nachts in bedrijf; de deuren van deze ruimten blijven gesloten.

- er moet voortdurend een luchttoevoer naar de operatiekamers en de steriele opdekruimten blijven plaatsvinden om vervuiling van de filters aan de schone zijde te voorkomen.

- de operatiekamers en steriele opdekruimten blijven t.g.v. deze (gereduceerde) luchttoevoer op een hoger drukniveau dan de aangrenzende ruimten. Om dit te bereiken *blijven de deuren in het operatieblok gesloten.*

- door onderzoek is aangetoond dat het beste resultaat, met de laagste energiekosten, wordt bereikt wanneer de afzuigventilatoren t.b.v. het operatieblok worden uitgeschakeld.

- de ventilatievoorzieningen voor de overige ruimten in de operatieafdeling kunnen 's nachts geheel worden uitgeschakeld.

- de luchttoevoer naar het operatieblok en de overstroomdebiëten naar de gangen moeten voldoende zijn om in de gehele operatieafdeling een hoger drukniveau te handhaven dan in de aangrenzende ziekenhuisgangen. *De toegangsdeuren naar de operatieafdeling blijven gesloten.*

- De nachtsituatie kan op vaste tijden worden ingeschakeld.

- Om te voorkomen dat er nachtventilatie plaatsvindt wanneer er buiten de normale bedrijfsuren wordt geopereerd dient er een overbruggingsschakeling te worden toegepast die door het hoofd OK en/of vanuit de operatiekamers kan worden geactiveerd.

In de operatiekamers moet een signalering worden aangebracht waarmee wordt aangegeven of de ventilatie is afgestemd op de dag- of nachtsituatie. Opheffing van de overbruggingsschakeling dient met de hand te gebeuren of wanneer automatisch op dagschakeling is overgegaan.

#### 7.4.5 Norm luchtvochtigheid

De luchtvochtigheid in de gehele operatiekamer moet, tijdens de operatie, tussen 50 en 65 %RV gehandhaafd blijven.

##### *Toelichting:*

Er zijn een drietal redenen dat de luchtvochtigheid binnen bepaalde grenzen gehandhaafd moet worden. De NEN 3134 schrijft voor dat de luchtvochtigheid in een S3 ruimte ten minste 50% RV moet zijn. Om reden van het voorkomen van wonduitdroging moet de vochtigheid tussen 40 en 80% RV zijn. Voor het handhaven van een goed binnenklimaat moet de vochtigheid ten minste 40% en ten hoogste 65 % RV zijn. Als goed gemiddelde voor de drie deelbelangen is een vochtigheid van 50 tot 65% RV acceptabel. Hierbij moet worden aangetekend dat de hoge luchtvochtigheid alleen mag voorkomen bij een verlaagde luchttemperatuur.

##### *Aandachtspunt:*

Indien meerdere operatiekamers zijn aangesloten op een luchtbehandelingsysteem (dat uit ten minste twee luchtbehandelingskasten is opgebouwd) dan kunnen de lucht nabevochtigers per OK weggelaten worden indien de lucht wordt bevochtigd tot 8,5gr/kg droge lucht. Dit kan alleen als de regeerbaarheid van de temperatuur in de operatiekamer beperkt blijft tussen 18 en 22 °C. Een hogere luchttemperatuur geeft een te lage relatieve vochtigheid en een lagere luchttemperatuur geeft een te hoge luchtvochtigheid. Het wordt aanbevolen de lucht niet verder te koelen dan 16 - 17° C vóór de luchtbevochtiger teneinde vochtcondensatie te voorkomen. Bijzondere operatiekamers, zoals bijvoorbeeld voor brandwonden waar een hogere temperatuur is vereist zal een nabevochtiger noodzakelijk zijn.

De luchtbevochtiger zal over het algemeen een stoombevochtiger zijn. De installatievoorschriften van de fabrikant moeten zorgvuldig opgevolgd worden. Indien toch waterbevochtiging wordt toegepast dient uitsluitend met gedemineraliseerd water te worden gewerkt.

#### 7.4.6 Norm luchtdrukken

De luchtdrukken in de operatieafdeling moeten tijdens de periode dat de operatieafdeling in bedrijf is gehandhaafd worden conform de rangorde zoals in het verleden was omschreven in de Bouwstenen van het College voor Ziekenhuisvoorzieningen (5). Hierbij geldt dat een drukverschil van 5 Pa over de deur geacht wordt te voldoen aan deze eis.

##### *Toelichting:*

Ter vermindering van het gevaar van verspreiding van pathogene kiemen zal men in de operatieafdeling de luchtuitwisseling tussen de vertrekken onderling zo nauwkeurig mogelijk willen beheersen. Men gaat ervan uit dat dit mogelijk is door via deurkieren of via een bewust aangebracht overstroomrooster een luchttransport van een schone naar een minder schone ruimte in stand te houden. Dit is het geval wanneer aan de schone ruimte meer lucht wordt toe- dan afgevoerd; de extra toegevoerde (gefilterde) lucht wordt in het andere vertrek afgezogen. Het schone vertrek verkrijgt hierdoor een hoger drukniveau dan het aangrenzende, minder schone vertrek.

Wordt bij een deurverbinding geen bewust aangebracht drukverschil beoogd dan valt er te verwachten dat er in beide richtingen luchtuitwisseling kan plaatsvinden. De drijvende krachten voor deze onbeheerste luchtuitwisseling kunnen zijn:

drukverschillen die ontstaan ten gevolge van onbalans in de mechanische ventilatiesystemen;

windinvloeden via raamkieren of via het ventilatiesysteem;  
temperatuurverschillen tussen de ruimten.

Bij het openen van deuren zal altijd een zekere uitwisseling van lucht optreden en wel door de volgende effecten:

er is geen meetbaar drukverschil meer aanwezig zodat de stromingsrichting niet meer wordt beheerst;

door een eventueel aanwezig temperatuurverschil tussen beide ruimten ontstaat een luchttransport in beide richtingen (ca 300 m<sup>3</sup>/h bij 1 °C temperatuurverschil);

bij het openen en sluiten van de deur wordt de lucht in beweging gebracht; bij een openslaande deur is dit effect sterker dan bij een schuifdeur. Bij een openslaande deur gaat dit tevens gepaard met hoge luchtsnelheden langs de vloer waarvan op-dwarrelend stof het gevolg kan zijn;

de zuigerwerking van de persoon die door de deuropening gaat, de loopsnelheid is hierbij van sterke invloed.

Wordt deze tijdelijke luchtuitwisseling ongewenst geacht dan dient een luchtsluis te worden toegepast. Een tussenliggende ruimte met een andere functie kan eventueel de sluisfunctie vervullen. De sluisfunctie wordt verstoord wanneer beide deuren gelijktijdig worden geopend. In voorkomende gevallen wordt dan wel deurvergrendeling toegepast.

#### *Aandachtspunt:*

Het handhaven van een gewenste *drukhiërarchie* is slechts mogelijk wanneer de betreffende ruimten en de vloer en het plafond van de gehele operatieafdeling bouwkundig luchtdicht zijn uitgevoerd. Indien er doorgaande verticale verbindingen aanwezig zijn (leiding-schachten e.d.) dan mag hiermee geen luchtuitwisseling plaatsvinden. Eventuele deuren of luiken dienen derhalve zeer goed sluitend te worden uitgevoerd. Bij schakelkasten dienen de leidingdoorvoeren door vloer en plafond te worden afgedicht (ook in de doorgaande installatiebuizen). In de gehele afdeling dienen alle installatiebuizen luchtdicht te worden gemaakt. Liftten en buizenpostinstallaties veroorzaken luchtverplaatsingen van het ene gebouwdeel naar het andere in twee richtingen en vormen daardoor in ziekenhuizen een risico voor verspreiding van pathogene kiemen. Tevens kan de drukhiërarchie worden verstoord. De aanwezigheid van liftten en buizenpost aansluitingen binnen het schone gebied van het operatiecomplex is dan ook ongewenst.

T.a.v. de *luchtdoorlatendheid* van de gebouwschil is in artikel 228 van het Bouwbesluit een eis opgenomen van 0,2 m<sup>3</sup>/s bij een drukverschil van 10 Pa. Voor de bepalingsmethode wordt verwezen naar NEN 2686. Bij ministeriële regeling is deze luchtdoorlatendheid geregeld voor de netto inhoud van ten hoogste 500 m<sup>3</sup>. Voor gebouwen met een netto inhoud >500 m<sup>3</sup> wordt per evenredig deel van het volume de eis gecorrigeerd.

Voor de geveldichtheid bestaat ook een norm die geen publiekrechtelijke geldigheid heeft doch die van toepassing kan worden verklaard door partijen in het bouwproces. Dit betreft NEN 3661 (Gevelvullingen, Luchtdoorlatendheid, waterdichtheid, stijfheid en sterkte; Eisen). In het algemeen worden in Nederland gevelementen geleverd die, gemeten volgens NEN 3660, aan de eisen van NEN 3661 voldoen.

Men moet er verder op bedacht zijn dat luchttransport behalve via deuren ook kan optreden via minder opvallende mogelijke *luchtverbindingen* zoals:

kieren van een kastenwand;

doorvoeropeningen voor leidingen;

niet afgedichte buizen voor elektrische leidingen;

doorgeefluiken;  
kieren in een verlaagd systeemplafond.

In dit verband wordt erop gewezen dat een verlaagd systeemplafond in het algemeen verre van luchtdicht is. De ruimte boven het verlaagde plafond verdient daarom evenveel aandacht voor de luchtdichte uitvoering te krijgen als de ruimte zelf. Men moet er verder op bedacht zijn dat het openen en sluiten van deuren steeds gepaard gaat met drukvereffeningen die zich ook voortplanten tot in de ruimte boven het verlaagde plafond. Er zal daardoor steeds in beide richtingen luchtuitwisseling kunnen optreden via de kieren in het verlaagde plafond. En aangezien de hierboven gelegen ruimte als verre van schoon is op te vatten, ontstaat een ongewenste uitwisseling van ongefilterde lucht. De samenstelling van de platen in het systeemplafond dient bovendien zodanig te zijn dat geen stofafgifte aan de langstromende lucht kan plaatsvinden. In de ruimte boven de operatiekamer is de kans op contaminatie van stofdeeltjes extra groot door de hoge concentratie van aanvoerleidingen (lucht, elektra, medische gassen), waardoor het aantal doorvoeren door wanden veel groter is dan in andere ruimten binnen het operatiecomplex. Voor de operatiekamers en voor andere ruimten waar het handhaven van een laag kiemgetal essentieel is (zoals de steriele opdekrimte), dient daarom een geheel luchtdicht uitgevoerd verlaagd plafond toegepast te worden.

In minder kritieke ruimten kan worden overwogen de ruimte boven het verlaagde plafond aan te sluiten op het voor de ruimte zelf aanwezige afvoerkanaal zodat er steeds een onderdruk heerst. Het luchtdicht uitvoeren van de bouwkundige constructie blijft ook dan een voorwaarde voor het handhaven van een gewenste drukhiërarchie.

Tussen de operatiekamers kan een *dubbele wandconstructie* worden toegepast waarin o.a. de luchtkanalen zijn ondergebracht. Om luchtuitwisseling tussen de operatiekamers onderling te vermijden wordt deze spouw op onderdruk gebracht door b.v. toepassing van een luchtrooster naar de vuile gang. In dit verband wordt er ook op gewezen i.v.m. het risico van luchtuitwisseling geen gemeenschappelijk luchtkanaal toe te passen met afvoerroosters naar de beide ter weerszijden van de spouw gesitueerde operatiekamers.

In principe blijven de *deuren* in het operatieblok, ook wanneer geen operaties plaatsvinden, gesloten. Mocht het desondanks noodzakelijk zijn dat personenverkeer plaats vindt dan dient dit via een gesluisde ruimte plaats te vinden. De wasruimte lijkt hiervoor het meest geschikt; de opdekrimte als minst geschikt.

Om te vermijden dat het openen van deuren consequenties heeft voor de drukhiërarchie in de overige ruimten in de afdeling is het verder noodzakelijk dat het overstroomprincipe wordt toegepast, d.w.z. dat het verschil tussen toe- en afgevoerde lucht in elke ruimte bij gesloten deur praktisch gelijk is aan de situatie met geopende deur. Het is daarom noodzakelijk dat de deuren zijn uitgevoerd met een bewust aangebrachte deurkier of een overstromrooster.

Automatische (schuif)deuren en overstromroosters worden bij voorkeur toegepast in het operatieblok (de operatiekamers met hun aangrenzende ruimten) waarbij met de volgende aspecten rekening moet worden gehouden:

- hoge luchtsnelheden langs de vloer kunnen opwarrelen van stofdeeltjes tot gevolg hebben en dienen daarom te worden vermeden. De voorkeur dient daarom uit te gaan naar schuifdeuren boven draaideuren. De deuren dienen met name aan de onderzijde goed te sluiten;
- de schuifdeuren met hun constructie mogen niet merkbaar bijdragen aan de stofontwikkeling in de schone ruimten;



indien de schuifdeuren worden ondergebracht in een dubbele wandconstructie, respectievelijk koof, dan dient deze koof op onderdruk te staan; indien om praktische redenen (ruimtegebrek) niet alle deuren als automatische schuifdeuren kunnen worden uitgevoerd dient de hoogste prioriteit voor de toepassing van een automatische schuifdeur uit te gaan naar de steriele opdeukruimte (indien aanwezig).

Zoals reeds vermeld wordt de operatiekamer tijdens de operaties uitsluitend via een *gesluisde ruimte* betreden. Deze ruimte heeft de tweede prioriteit om met automatische schuifdeuren te worden uitgevoerd. hoewel dit uit luchttechnisch oogpunt niet noodzakelijk is, wordt toch aanbevolen de deuren rondom eveneens goed sluitend te maken i.v.m. mogelijke geluidsklachten welke kunnen ontstaan t.g.v. de drukverschillen over de gesloten deuren. Het toepassen van juist gedimensioneerde overstromroosters is eveneens als preventieve maatregel hiervoor bedoeld.

De *overstromroosters* dienen, indien aanwezig, zodanig te worden aangebracht dat de overstromende lucht aan de uitstroomzijde geen verhoogde luchtsnelheid over de vloer kan veroorzaken. De overstromroosters behoeven desgewenst niet in de deur te worden aangebracht; zij kunnen eventueel in de wand naast of boven de deur worden aangebracht waarbij het geen bezwaar is als het rooster wordt afgedekt door de geopende deur. Wanneer geen overspraak gewenst wordt kunnen akoestische roosters worden toegepast. Ook kan worden gedacht aan een boven het verlaagde plafond aangebracht overstromkanaal met plafondroosters. De dimensionering moet zodanig zijn dat het beoogde luchtdebiet en drukverschil volgens de ontwerpspecificaties kan worden gerealiseerd. Men moet echter bedenken dat vervuiling van het akoestische materiaal kan optreden waarbij stofdeeltjes kunnen loskomen. De voorkeur gaat daarom uit naar een akoestisch overstromrooster dat (ook inwendig) goed te reinigen is. De overstromroosters mogen niet worden uitgevoerd met luchtfilters omdat dit leidt tot een onbekende weerstand en omdat bij terugstroming stofdeeltjes aan de schone zijde kunnen loslaten. De roosterconstructie moet zodanig zijn dat ze gemakkelijk kan worden schoongemaakt.

#### 7.4.7 Norm luchtfiltering

De filtering van de lucht naar de operatieafdeling moet voldoen aan de eisen zoals omschreven in het Beheersplan.

##### *Toelichting:*

Het verlagen van de kiemconcentratie in de operatiekamer is mogelijk door de toevoerlucht door filtratie grotendeels van stofdeeltjes en kiemen te ontdoen. De aangezogen lucht wordt hiertoe in de luchtbehandelingkasten in trappen gefilterd.

##### *Aandachtspunt:*

Voor de operatiekamers en de steriele opdeukruimten dient de voorbehandelde lucht te worden nagefilterd, bij voorkeur achter het kanalennet, dus zo dicht mogelijk bij de ruimten zelf. Omdat in de operatiekamers vrij veel stof wordt geproduceerd treedt op den duur vervuiling op in de afvoerkanalen. Het schoonmaken hiervan is een ingrijpende zaak die door een zorgvuldig ontwerp goed en eenvoudig kan worden uitgevoerd. Verder moet men erop bedacht zijn dat bij eventuele terugstroming ook stofdeeltjes in de lucht kunnen komen; dit gevaar is zeker aanwezig wanneer geen filter wordt toegepast. Bij overstromroosters mogen geen filters worden toegepast omdat tijdens het openen en sluiten van deuren terugstroming kan optreden.

#### 7.4.8 Norm binnenklimaat.

Het binnenklimaat dient in beginsel te voldoen aan de NEN EN 7730 met  $-0,5 < PMV < +0,5$  (21).

##### *Toelichting:*

Het binnenklimaat is eenduidig vastgelegd in de NEN EN 7730 en houdt rekening met alle factoren. De PMV is een maat voor het percentage personen dat zich onbehaaglijk voelt. De thermische behaaglijkheid van een mens wordt voor een groot deel bepaald door de warmtebalans van zijn lichaam als geheel. Deze warmtebalans wordt beïnvloed door zes parameters:

- lichamelijke activiteit (metabolisme);
- luchttemperatuur;
- luchtsnelheid;
- luchtvochtigheid;
- gemiddelde stralingstemperatuur;
- warmte weerstand van de kleding.

#### 7.4.9 Norm onderhoud

Gedurende de gehele levensduur van de operatieafdeling moet periodiek onderhoud verricht worden aan de installatie(s) die de toestand stabiliseert. Tevens moeten er per operatiekamer metingen verricht worden die de toestand van de installatie vastleggen.

De metingen hebben betrekking op:

- drukverschil tussen OK en (schone) gang, meetnauwkeurigheid 0,2 Pa;
- temperatuur inblaaslucht, meetnauwkeurigheid  $\pm 0,1$  °C;
- veranderingssnelheid temperatuur inblaaslucht;
- temperatuur uitblaaslucht, meetnauwkeurigheid  $\pm 0,1$  °C;
- relatieve vochtigheid van de inblaaslucht, meetnauwkeurigheid  $\pm 5\%$ ;
- hoeveelheid inblaaslucht, meetnauwkeurigheid 5%.

De meetwaarden moeten gedurende 5 jaar worden gearhiveerd. De meetinstrumenten en de registratieapparatuur moeten periodiek (ten minste één maal per jaar) te worden getest op hun nauwkeurigheid.

##### *Toelichting:*

In de operatieafdeling wil men de luchtkwaliteit, de luchtbeheersing en de luchtstromingen beheersen. Deze grootheden die een belangrijk deel van de kwaliteit van de operatieafdeling bepalen, worden bepaald bij het ontwerp van de operatie afdeling en zullen nadien moeten worden bewaakt en onderhouden.

#### 7.4.10 Algemene aandachtspunten:

Door de windaanval op een gebouw en t.g.v. temperatuurverschillen, zowel tussen de ruimten onderling als tussen binnen en buiten, ontstaat een luchttransport door het gebouw via diverse al of niet bewust aangebrachte kieren en openingen. De grootte en richting van deze luchttransporten kunnen sterk variëren. Bij het ontbreken van mechanische ventilatie spreekt men in dit verband over 'natuurlijke ventilatie'. Indien wel mechanische ventilatie wordt toegepast spreekt men van 'infiltratie'.

Het zal duidelijk zijn dat een operatieafdeling waarin men grootheden als luchtkwaliteit, luchtverversing en de luchtstromingrichtingen wil beheersen, niet op natuurlijke wijze kan worden geventileerd. Voldoende en beheerste ventilatie is alleen mogelijk met mechanische ventilatie. Voorwaarde daarbij is echter dat de invloed van de onbeheerste infiltratie zo klein mogelijk wordt gehouden. Dit impliceert dat er sprake moet zijn van een goede geveldichtheid en dat er nergens op de afdeling te openen ramen aanwezig mogen zijn.

Omdat windinvloed via de buiten de gebouwschil aangebrachte aanzuig- en afvoeropeningen voor het ventilatiesysteem onvermijdelijk is, moet de plaats hiervan zorgvuldig worden gekozen en wel zodanig dat de windaanval geen verstoring van de gewenste luchtstromingsrichtingen in het gebouw kan veroorzaken. Ook dient ervoor gewaakt te worden dat geen verontreinigde lucht wordt aangezogen.

Micro-organismen kunnen behalve via direct of indirect contact ook worden overgebracht via de lucht. Ongefilterde lucht bevat vele zwevende stofdeeltjes waarvan een gedeelte kiemdragend is. Is de lucht in beweging dan volgen deze zwevende deeltjes deze beweging vrijwel precies. Er kan dan ook worden gesteld dat luchttransport altijd gepaard gaat met transport van kiemen. Ontstaat door een dergelijk transport van pathogene kiemen een ziekte of infectie dan spreekt men van aerogene besmetting. Ter voorkoming hiervan moet er in ziekenhuizen voor worden gezorgd dat er zo min mogelijk transport van kiemen via de lucht plaatsvindt.

De beheersing van de luchtbewegingen vormt daarom een essentieel onderdeel van het hygiënisch beleid op operatiekamers en -afdelingen. Op de operatiekamers is luchtbeheersing o.a. gericht op het weren dan wel elimineren van verontreinigde lucht uit het operatiegebied. Op de operatieafdeling als geheel is de luchtbeheersing gericht op het voorkómen van luchtverplaatsingen van vuile naar schonere ruimten.

### *Luchtbehandeling*

Uitgangspunt bij de opzet van het luchtbehandelingsysteem in de operatieafdeling dient een grote bedrijfszekerheid te zijn. Er is geen vaste regel te geven voor het totaal aantal op te stellen luchtbehandelingskasten (LBK's) t.b.v. de gehele operatieafdeling. Wanneer sprake is van een renovatie waarbij zoveel mogelijk operatiekamers in bedrijf moeten blijven zal eerder gekozen worden voor een opzet met een groter aantal luchtbehandelingskasten dan wanneer sprake is van nieuwbouw. Er dienen maatregelen te worden getroffen dat er in geval van uitvallen van een LBK t.b.v. het operatieblok door toepassing van een noodvoorziening veilig kan worden doorgewerkt.

Systemen zijn bekend waarbij gebruik wordt gemaakt van een dubbel uitgevoerde LBK met toerengeregelde toe- en afvoerventilatoren. De voorbehandelde lucht wordt toegevoerd aan een druk geregeld luchttoevoerplenum, van waaruit diverse afzonderlijke luchtnabehandelinginstallaties worden gevoed. De uit de ruimten afgevoerde lucht wordt verzameld in een eveneens drukgeregeld afvoerplenum. Door handhaving van een zeker drukverschil tussen toe- en afvoerplenum kan worden voorzien in de gewenste drukhiërarchie in de nachtsituatie wanneer de afzonderlijke luchtnabehandelinginstallaties zijn uitgeschakeld. In de praktijk is gebleken dat parallelschakeling van installaties niet goed mogelijk is met twee-toerige ventilatoren.

Om energie te besparen wordt veelal warmteterugwinning toegepast. Toepassing van warmtewielen is slechts toegestaan indien wordt aangetoond dat t.g.v. de regeneratieve werking van de wielen de afgezogen narcosegassen niet terug gevoerd worden in de toevoerlucht naar de operatiekamers. Er dient een zodanig drukverschil tussen het toe- en afvoerkanaal ter plaatse van het warmtewiel te worden ingesteld dat een eventueel luchttransport via lekkende kieren slechts zal plaatsvinden van het toevoerkanaal naar het afvoerkanaal.

Het luchtaanzuigrooster dient zodanig gesitueerd te zijn dat geen risico bestaat dat verontreinigde lucht wordt aangezogen, afkomstig van elders afgevoerde lucht of door aanzuig van door voertuigen of schoorstenen verontreinigde lucht. Verder dient de lucht niet te worden aangezogen op een plaats waarbij sterke opwarming bij zonbelasting valt te verwachten.

De luchtbehandeling t.b.v. de operatieafdeling dient zodanig samengesteld te zijn dat achtereenvolgens de volgende onderdelen worden gepasseerd:

- buitenluchtrooster
- eventueel aanzuigfilter (filterklasse F5)
- kleppensectie
- buitenluchtfilter (filterklasse F7)
- voorziening om ijsafzetting op het buitenluchtfilter te voorkomen (b.v. warmtelampen)
- roestbestendige condensaatbak met afvoer onder het buitenluchtfilter
- warmtewisselaar t.b.v. warmteterugwinning uit de afvoerlucht (indien toegepast)
  - (buitenluchtfilter (filterklasse F7) als alternatief voor de hiervoor genoemde buitenluchtfilter, warmtelampen o.d. en condensaatbak, teneinde condensatie in de luchtbehandelingskast te voorkomen en de daarbij gepaard gaande zure omgeving)
- lucht-voorverwarmer
- koeler
- roestbestendige condensaatbak met afvoer
- toevoerventilator (regelbaar i.v.m. nachtventilatie)
- stoombevochtiger (eventueel vóór de ventilator te monteren wanneer voorzieningen zijn getroffen om condensatie op de ventilator(motor) te voorkomen)
- geluiddemper
- OK-voorfilter (filterklasse F9)
- kleppensectie
- regel- en beveiligingsapparatuur (temperatuur en absoluut vochtgehalte regelen op minimaal 17 °C en 8.5 gr/kg)
- kanalensysteem met inregel- en brandkleppen en luchtverwarmers per OK
- temperatuuropnemer voor regeling van de gewenste inblaastemperatuur per operatiekamer (z.g. 'master/slave'-regeling voor de ruimte- en inblaasluchttemperatuur)
- OK-eindfilter (filterklasse H13); deze filters dienen per operatiekamer bij voorkeur in of zo dicht mogelijk bij het luchttoevoerplenum te worden aangebracht.

In het afvoersysteem vindt men achtereenvolgens de volgende onderdelen:

- afvoerroosters, eventueel met ingebouwd filter
- kanalensysteem met inregel- en brandkleppen per OK
- kleppensectie
- geluiddemper
- afzuigventilator (enkel toerental, uit in de nachtsituatie)
- kleppensectie
- uitblaasrooster

Voor de stoombevochtiger dienen de montagevoorschriften van de stoombevochtigerfabrikant in acht te worden genomen waarbij de nodige regel- en beveiligingsapparatuur moet worden toegepast om condensatieverschijnselen achter de bevochtiger te voorkomen. Voor de werkkasten, douches, toiletten, spoelruimten en eventuele chemicaliënkast wordt een afvoersysteem toegepast dat dag en nacht in bedrijf is.

## 7.5 Enquête gegevens Nederlandse ziekenhuizen

Geanonimiseerde gegevens van een enquête in 2000 door de werkgroep Techniek.

### Indeling en gebruik

ziekenhuisloc. nummer	aantal bedden	tot. aantal klin.OK's	aantal klasse1	gem. vloeropp.	enkel/ dubb.corr.	gesloten wasr.	open wasr.	voorb./ inleid.	opdekr.	uitleidr. in OK	gangdeur in OK	sluis- functie	inleiding	Opmerking
1	1056	22	22	32	d	x		x		2 ok's	x	v/w/u	v	
2	1150	33	1	-	d	x		x	x		x	o	v	
3	170	3	3	40	e	x		x				w	v	w=wasruimte
4	350	5	0	50	e		x				x	nee	ok	
5	301	5	1	36	e		x	x			x	v	v	
6	658	10	2	35	e		x				x	ja	ok	
7	365	7	2	39	d	2 ok's		?			x	ja	v	
8	820	6	0	42	d		x	2 ok's			x	geen	v/ok	u=uitslaapr uimte
9	-	4	0	36	d		x				x	geen	ok	
10	300	5	0	35	e	x		x				w/v	v	
11	262	4	0	-	d	x		x			x	w	ok	
12	161	3	0	32	deels	x		?	x			ja	v	
13	602	8	1	36	e			2 ok's			x	ja	v	
14	560	10	0	40	e		x		x		x	o	ok	
15	429	6	0	30	e	x		x			x	w/v	v	
16	942	7	1	-	d	2 ok's					x	w	ok	
17	-	7	1	36	e	x		x				ja	v	
18	150	4	0	40	e	x		?	x		x	w/o	v	
19	251	5	1	36	e	x		x				w/v	ok	
20	724	8	8	-	d	x		x			x	ja	ok	
21	375	6	6	40	d	2 ok's		x			x	w	v/ok	
22	275	5	1	-	e	2 ok's		x			x	ja	v/ok	
23	398	7	7	49	d	2 ok's		2 ok's		2 ok's		w/v	ok	
24	590	11	1	36	e	deels	deels	deels			x	w/v	v	
25	534	10	2	36	e		x	?	x			w/o	v	
26	584	12	0	43	e		x		x		x	o	ok	gegevens zelf aan- gepast
27	330	4	4	40	-		x				x		v	
28	220	4	0	33	d	x		?			x	w/v	v	
29	400	8	1	-	d	2 ok's		?			x		v	
30	190	3	2	-	d	2 ok's		?			x		v	
31	650	12	2	-	-	x			x		x	w/o	ok	o=opdekrui mte
32	331	5	0	32	e		x	x			x	v	ok	
33	220	6	6	43	d	2 ok's		x	x		x	v	ok	
34	340	6	1	33	d	x		x			x	w	ok	v=voorbere iding/inleidi ng
35	365	6	4	42	e	2 ok's		x				w	v	
36	489	9	0	31	e		x	x				v	ok	
37	270	5	0	35	e	x			x			w	ok	
38	371	5	1	36	d	x		?				ja	v	
39	320	6	6	36	d	x		x				v/w	v	
40	-	2	0	36	e	x		x				v/w	v	
41	270	4	1	45	d	2 ok's					x	w	verkoever	
42	433	6	1	40	e	x		x	2 ok's			w	v	
gemiddeld	441	7	2	38										
Totaal					21 e 18 d	30 10 dubb	12	25 3 dubb	9 1 dubb	2 2 dubb	28		19 ok 23 v	

## Techniek

ziekenhuis	downflow	(half)	gem.toevo er	vv	V inblaas	recirc.	plaats	laagste	hoogste	Opmerking
loc. Nr.		mengend	m3/u		cm/s		eindfilters	temp-inst		ver- schil
1		plafond 2,4x3	3000	25	12		plenum	18,0	25,0	7
2	div.afm.	deels	divers			per ok	deels in plenum	18,0	24,0	6
3	1,2x2,4		2600	27	25		plenum	19,0	25,0	6
4		plafond	2000	17			toevoerkanaal	17,0	23,0	6
5		plafond	2000	19			toevoerkanaal			0
6	2 ok's	plafond 2,4x3	3000	20	12	per ok	plenum	18,0	22,0	4
7		steunstraal	3000	33			plenum	19,0	22,0	3
8		wand				per ok	toevoerkanaal	18,5	23,5	5
9		wand					toevoerkanaal	15,0	25,0	10
10		plafond	2100	19			toevoerkanaal	15,0	26,0	11
11		Dib syst.?	2500				toevoerkanaal	16,0	26,0	10
12		plafond 2,4x3	3000	31	12	x	plenum	15,0	25,0	10
13		wand					toevoerkanaal			0
14		plafond 2,4x3	3000	22	12	x	plenum	16,0	30,0	14
15		plafond	1800	20			plenum			
16		plafond 2,4x3	3000			x	toevoerkanaal	18,0	30,0	12
17		Allander				per ok	toevoerkanaal	18,0	23,0	5
18	1,2x2,4		2600	24	25		plenum	18,0	25,0	7
19	1,2x2,4		2600	24	25	x	plenum	16,0	24,0	8
20						x	deels in plenum	18,0	24,0	6
21		plafond					plenum	15,0	25,0	10
22	1,2x2,4		2600		25		toevoerkanaal	16,0	24,0	8
23		wand	2000	17			toevoerkanaal	19,0	23,0	4
24	div.afm		opp.afh.				deels in plenum	19,0	23,0	4
25		plafond 2,4x3	3000	32	12	x	toevoerkanaal	18,0	23,0	5
26		plafond 2,5x2,5	3000	23	13	x	toevoerkanaal	15,0	30,0	15
27	2,3x2,3		6500	60	34	per ok	plenum	18,0	22,0	4
28		plafond 2,4x3	2600	24		x	toevoerkanaal	18,0	24,0	6
29		plafond 2,4x3	3000		12		toevoerkanaal			
30	1,2x2,4		2600		25		toevoerkanaal			
31		plafond 2,4x3	3000		12	x	plenum	18,0	21,0	3
32	1,2x2,4		2600	26	25	x	toevoerkanaal	18,0	24,0	6
33	1,4x2,4						plenum	15,0	26,0	11
34	1,2x2,4		2400	24	23		plenum	18,0	22,0	4
35	2,2x2,5		3200	25	16		plenum	18,0	25,0	7
36		plafond 2x2,5	2400	26	13		plenum	21,0	23,0	2
37	1,4x2,4		3024	24	25		plenum	18,0	24,0	6
38	1,2x2,4		2600	25	25		plenum	16,0	22,0	6
39	ja						toevoerkanaal	18,0	24,0	6
40		plafond					toevoerkanaal	18,0	24,0	6
41		plafond	1450	12		per ok	plenum	20,0	20,0	0
42	1,2x2,4		2600	22	25		plenum	20,0	26,0	6
gemiddeld			2735	25				17,4	24,3	6,0
totaal	17	26				10 x cen- traal 6 x per ok	23 x plenum 22 x toevoerkanaal			

## Onderhoud

ziekenhuisloc. nummer	debiet instelbaar	tempinst. op verzoek	controle drukhiërarchie	filter controle/ vervangen	totale validatie	opmerking
1	nee	ok	jr	jr	jr	
2	GBS	ok	jr / ok GBS	jr / 4 jr	ja	
3	kleppen	nee	jr	jr	jr	
4	nee	ok	3 mnd	3 mnd	nooit	
5						geg. ontbreken
6	2 standen	ja	-	jr	nooit	
7	nee	ok	jr	jr	jr	
8	2 standen	ok	-	week	nooit	
9	4 standen	15-25	-	week	nooit	
10	nee	ok	op verzoek	2 jr	ja	
11	nee	ok	jr	dag / 2 jr	nooit	onder/overdruk in ok's
12	2 standen	ok	?	?	?	
13	nee	ja	-	jr	nooit	
14	nee	-	jr	jr	-	
15	nee	18-30	jr	GBS / 5 jr	nooit	
16	GBS	ok	6 mnd	6 mnd / 4 jr	ja	
17	kleppen	ok	jr	GBS / jr	nooit	
18	nee	18-25	jr	jr	nooit	
19	nee	16-24	-	?	nooit	
20	nee	18-26	2 jr	GBS / 3 jr	nooit	
21	2 standen	ok	jr	jr	jr	
22	nee	nee 16 vast	jr	jr / 5 jr	2 jr	
23	nee	ok	jr	6 mnd	nooit	
24	nee	19-23	GBS	GBS / jr	nooit	
25	nee	18-25	jr	jr	nooit	
26	nee	15-26	jr	jr	nooit	
	nee	18	ja,incidenteel	jr/5jr	nooit	
28	nee	ok	-	5 jr	nooit	
29	nee	nee	?	mnd	?	
30	nee	nee	?	mnd	?	
31	nee	ja	-	-	nooit	
32	nee	ok	jr	GBS / 2 jr	2 jr	
33	TD	ok	-	-	ja	
34	kleppen	18-22	jr	GBS / 6 jr	nooit	
35	nee	nee	-	GBS	ja	
36	nee	21-24	jr	jr / 5-8 jr	nooit	
37	nee	18-25	-	GBS	nooit	
38	nee	ok	-	-	-	
39	nee	ok	2 jr / ok GBS	GBS/hepa 5 jr/rest 3 mnd	nooit	
40	nee	ok	2 jr / ok GBS	GBS/hepa 5 jr/rest 3 mnd	nooit	
41	nee	nee	jr	3 mnd	nooit	
42	ja	nee	5 jr	5 jr	nooit	
totaal	28 x nee	8 x nee 18 x op OK 15 x op verzoek	27 x ja 14 x niet of ?	36 x ja 5 x niet of ?	30 x nooit of ? 11 x ja	

## 8. Lijst van afkortingen

CEN	: Comité Européen de Normalisation
CvZ	: College voor Bouw Ziekenhuisvoorzieningen
DOP	: Di Octyl Phtalate oil
EN	: Europese Norm
GAVO	: Gasinstallatie Voorschriften
GMP	: Good Manufacturing Practice, Goede Manier van Produceren
HACCP	: Hazard Analysis of Critical Control Points
HEPA	: High Efficiency Particulate Air
HIS	: Hospital Infection Society
KVE	: Kiem Vormende Eenheden
LBK	: Luchtbehandelingskast
LF	: Laminair Flow
MAC	: Maximaal Aanvaardbare Concentratie
M.O.	:micro-organismen
MPPS	: Most Penetrating Particle Size (conform EN 1822)
NEN	: Nederlandse Norm
OK	: Operatiekamer
P (Pa)	: Pascal
PMV	: Predicted Mean Value
PPM	: Part per million
RV	: Relatieve vochtigheid
TGG	: Tijd Gewogen Gemiddelde



## 9. Literatuurlijst

1. Ambroise, D, E Barbotte ,P Hartemann. Comparing microbial performance of impactor air samplers: an uneasy task. Letter to Editor. J Hosp Infect 2002; 51: 145-146.
2. British Orthopaedic Association. Recommendation on Sterile Procedure in Operating Theatres. [www.boa.ac.uk/boasterilerec.htm](http://www.boa.ac.uk/boasterilerec.htm) 2002; 2002.
3. CBO. Herziening consensus totale heupprothese. Utrecht: Centraal Begeleidingsorgaan voor de intercollegiale toetsing; 1994.
4. CBO. Deel G1: referentiecijfers module Postoperatieve wondinfecties, juni 2003. In: Ed.: Handboek PREZIES. Utrecht: CBO; 2003.
5. College voor Ziekenhuisvoorzieningen. Bouwkundig-functionele maatstaven ten behoeve van nieuwbouwplannen voor een operatie-afdeling in een algemeen ziekenhuis. Utrecht: College voor ziekenhuisvoorzieningen; 1995 10-07-1995. Report No.: 0628-95.
6. College voor Ziekenhuisvoorzieningen. Operatieafdeling: Bouwmaatstaven voor nieuwbouw. 12 januari 2004.
7. Dharan, S and D Pittet. Environmental controls in operating theatres. J Hosp Infect 2002; 51: 79-84.
8. Friberg, B, S Friberg ,L G Burman. Correlation between surface and air counts of particles carrying aerobic bacteria in operating rooms with turbulent ventilation; an experimental study. J Hosp Infect 1999; 42: 61-68.
9. Gezondheidsraad. Preventie en bestrijding van ziekenhuisinfecties. Advies uitgebracht door de Commissie Ziekenhuisinfecties van de Gezondheidsraad. Den Haag: Gezondheidsraad; 1990 18-12-1990.
10. Ham, P J. Luchtbeheersing in operatiekamers - theorie en praktijk. Ziekenhuishygiene en Infectiepreventie 1989; 8 (1): 3-15.
11. Ham, P J. Luchttransport via open deuren in OK's. Techniek in de Gezondheidszorg, TVVL magazine 1999; 6/99: 22-30.
12. Ham, P J. Handboek Ziekenhuisventilatie. Leiden: TNO Preventie en Gezondheid; 2002.
13. Ham, P J and J Kastelein. Onderzoek naar de relatie tussen deeltjes en bacteriën in de operatiekamer. Delft: TNO - bouw; 1999 09-03-1999. Report No.: 99-BBI-R014.
14. Hoffman, P N, J Williams, A Stacey, A M Bennet, G L Ridgway, C Dobson, I Fraser ,H Humphreys. Microbiological commissioning and monitoring of operating theatre suites. A report of a working party of the Hospital Infection Society. J Hosp Infect 2002; 52: 1-28.
15. Holton, J and G L Ridgway. Commissioning operating theatres. J Hosp Infect 1993; 23: 153-160.
16. Humphreys, H. Theatre air and operating conditions. Letter to Editor. J Hosp Infect 1995; 31: 154-155.
17. Humphreys, H, A Stacey ,E W Taylor. Survey of operating theatres in Great Britain and Ireland. J Hosp Infect 1995; 30: 245-252.
18. Humphreys, H and E W Taylor. Operating theatre ventilation standards and the risk of postoperative infection. Review. (on behalf of the Hospital Infection Society Working Party on Infection Control and Operating Theatres). J Hosp Infect 2002; 50: 85-90.

19. Lewis, D A, G Weymont, C M Nokes, J Cribb, D L Prothero, D W Marshall ,P A James. A bacteriological study of the effect on the environment of using a one- or two trolley system in theatre. *J Hosp Infect* 1990; 14: 35-53.
20. Nationales Referenzzentrum für Surveillance von Nosokomialen Infektionen.Referenzdaten Modul OP-KISS.
21. Nederlands Normalisatie Instituut. NEN- EN-ISO 7730; Gematigde thermische binnenomstandigheden. Bepaling van de PMV- en de PPD- waarde en specificatie van de voorwaarden voor thermische behaaglijkheid: Nederlands Normalisatie Instituut; 1996. Report No.: ICS 13.180.
22. Pasquarella, C, O Pitzurra ,A Savino. The index of microbial air contamination. *J Hosp Infect* 2000; 46: 241-256.
23. Public Health Laboratory Service. Surveillance of Surgical Site Infection in English Hospitals, 1997 -1999. London: PHL, NINSS; 2000.
24. SWKI, SICC, SITC ,IHS.Richtlinie 99-3. Heiz- und Raumluftechnische Anlagen in Spitalbauten (Planung, Bau, Betrieb).
25. Walenkamp, G H I M. De luchtbehandeling van operatiekamers, als onderdeel van de infectieprofylaxe in de orthopaedie. *Ziekenhuishygiëne en infectiepreventie (ZIP)* 1989; 8 (1): 24-30.
26. Weernink, A, W P J Severin ,etal. Pillows, an unexpected source of *Acinetobacter*. *J Hosp Infect* 1995; 29: 198-199.
27. Werkgroep Infectie Preventie. Infectiepreventie in de operatiekamers. Richtlijn 5a. Leiden: WIP; 2002.
28. Whyte, A, A Hambraeus, G Laurell ,J Hoborn. The relative importance of routes and sources of wound contamination during general surgery. I. Non-airborne. *J Hosp Infect* 1991; 18: 93-107.
29. Whyte, A, A Hambraeus, G Laurell ,J Hoborn. The relative importance of the routes and sources of wound contamination during general surgery. II. Airborne. *J Hosp Infect* 1992; 22: 41-54.
30. Whyte, A, R Hodgson ,J Tinkler. The importance of airborne bacterial contamination of wounds. *J Hosp Infect* 1982; 3: 123-135.
31. Whyte, W. The role of clothing and drapes in the operating room. *J Hosp Infection* 1988; 11 (suppl C): 2-17.
32. Whyte, W and B H Shaw. A bacteriological evaluation of laminar-flow systems for orthopaedic surgery. *J Hyg Camb* 1973; 71: 559-564.

## 10. Extra aanbevolen Literatuur

1. Ahl, T, N Dalén, H Jörbeck ,J Hoborn. Air contamination during hip and knee arthroplasties. Horizontal laminar flow randomized vs. conventional ventilation. *Acta Orthop Scand* 1995; 66 (1): 17-20.
2. Apley, A G. The prevention of deep sepsis in joint replacement. Editorial. *J Bone Joint Surg* 1987; 69-B (4): 517-518.
3. Ayliffe, G A J and E J Lowbury. Airborne infection in hospital. *J Hosp Infect* 1982; 3: 217-240.
4. Charnley, J. Postoperative infection after total hip replacement with special reference to air contamination in the operating room. *Clinical Orthopaedics* 1972; 87: 167-187.

5. Clark, R P, P J Reed, D V Seal ,M L Stephenson. Ventilation conditions and air-borne bacteria and particles in operating theatres: proposed safe economies. *J Hyg Camb* 1985; 95: 325-335.
6. Editorial. Arthroplasty infections. Antisepsis and asepsis in orthopedics. *Acta Orthop Scand* 1987; 58: 1-3.
7. Friberg, B E E, S Friberg ,L G Burman. Zoned vertical ultraclean operating room ventilation. A novel concept making long side walls unnecessary. *Acta Orthop Scand* 1996; 67 (6): 578-582.
8. Gosden, P E, A P MacGowan ,G C Bannister. Importance of air quality and related factors in the prevention of infection in orthopaedic implant surgery. *J Hosp Infect* 1998; 39: 173-180.
9. Ha'eri, G B and A M Wiley. Total hip replacement in a laminar flow environment with special reference to deep infections. *Clin Orthop Rel Res* 1980; 148: 163-168.
10. Hambræus, A and G Laurell. Protection of the patient in the operating suite. Review article. *J Hosp Infect* 1980; 1: 15-30.
11. Howorth, F H. Prevention of airborne infection during surgery. *Lancet* 1985;: 306-388.
12. Lidwell, O M, E J Lowbury, W Whyte, R Blowers ,D Lowe. Extended follow-up of patients suspected of having joint sepsis after total joint replacement. *J Hyg.(Lond.* 1985; 95 (3): 655-664.
13. Lidwell, O M, E J Lowbury, W Whyte, R Blowers, S J Stanley ,D Lowe. Effect of ultraclean air in operating rooms on deep sepsis in the joint after total hip or knee replacement: a randomised study. *Br Med J (Clin Res Ed.* 1982; 285 (6334): 10-14.
14. Persson, U, M Persson ,H Malchau. The economics of preventing revisions in total hip replacement. *Acta Orthop Scand* 1999; 70 (2): 163-169.
15. Seal, D V. Ultra-clean air for surgery without the need for restrictive partial wall enclosures. Letter to the Editor. *Lancet* 1986;: 972-973.
16. Seipp, H-M, A Schroth ,H Besch. Surgical clean room technology. Part I: Use of particle reduction factors to evaluate the protective action of installed laminar air-flow ceiling grid air distribution systems. *Hyg Med* 1998; 23 (12): 526-546.
17. Stacey, A, H Humphreys ,on behalf of the Hospital Infection Society Working Party on Infection Control and Operating Theatres. A UK historical perspective on operating theatre ventilation. *J Hosp Infect* 2002; 52: 77-80.
18. Taylor, G J S and G C Bannister. Infection and interposition between ultraclean air source and wound. *J Bone Joint Surg* 1993; 75-B: 503-504.
19. Walenkamp, G H I M. Prevention of infection in orthopaedic surgery. In: Ed.: K-G Thorngren, P N Soucacos, F Horan and J Scott: *European Instructional Course Lectures*. London: the British Editorial Society of Bone and Joint Surgery; 2001. p. 8-17.
20. Whyte, W, O M Lidwell, E J L Lowbury ,R Blowers. Suggested bacteriological standards for air in ultraclean operating rooms. *J Hosp Infect* 1983; 4: 133-139.