

The background of the slide is a composite image. On the left, there is a close-up of a petri dish containing a bacterial culture with various colonies, some appearing as dark spots and others as lighter, more diffuse areas. On the right, a hand wearing a white nitrile glove is visible, holding a thin, clear tube or pipette tip. The overall color palette is dominated by blues, greens, and whites, giving it a clinical and scientific feel.

# AEROGENE INFECTIEPREVENTIE IN OPERATIEKAMERS EN ISOLATIEKAMERS

Symposium Samenwerken aan Infectiepreventie en Wondzorg | Roberto Traversari

**TNO** innovation  
for life

# DISCLOSURE SHEET

Roberto Traversari werkt bij TNO bij de expertise groep InnovatieCentrum Bouw (ICB)

TNO is een onafhankelijke onderzoeksorganisatie die bij Wet (1932) bestaat met als doel kennis toepasbaar te maken voor bedrijven en overheden

- › Hij is o.a. voorzitter van:
  - › CEN/TC 156 WG 18 “Ventilation in hospitals” die EN normen opstelt voor ziekenhuis ventilatie
  - › De raad van Begeleiding van stichting ISSO het kenniscentrum voor de installatiesector
  - › Normsubcommissie Energiemaatregelen op gebiedsniveau (NEN 7125, EMG)
- › Lid van:
  - › Projectgroep 4 van de VCCN “Gezondheidszorg”
  - › Voormalig lid van de WIP expertgroepen operatiekamers en isolatiekamers
- › Heeft geen belangen bij bedrijven of verkoop van producten, voert contract research uit in opdracht van overheid, onderzoeksprogramma’s en organisaties

# AEROGENE INFECTIEPREVENTIE

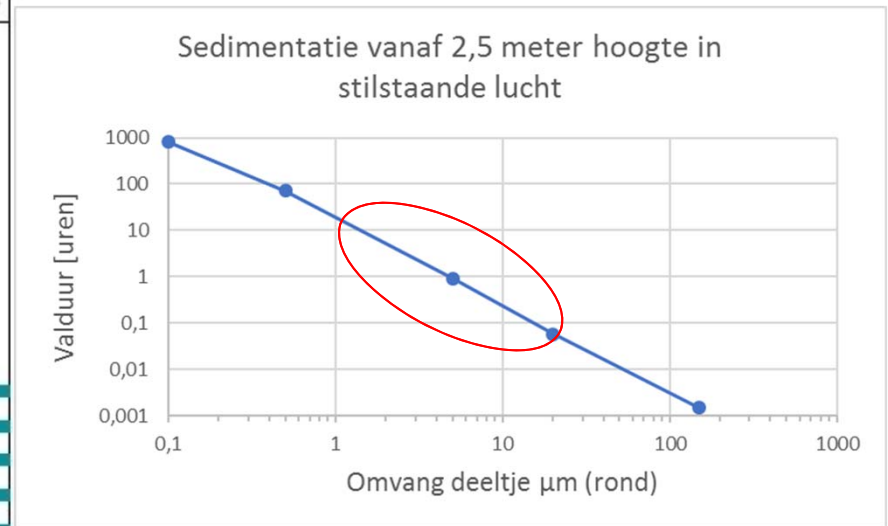
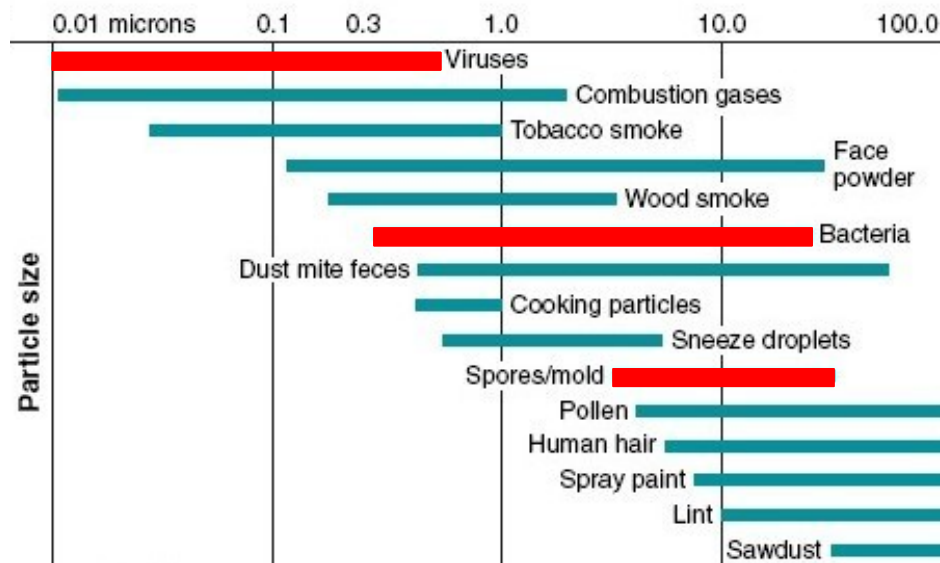
- › Achtergronden en principes
- › Tegengaan van aerogene verspreiding
- › Isolatiekamers
- › Operatiekamers

## VERSCHILLENDE DOELSTELLINGEN

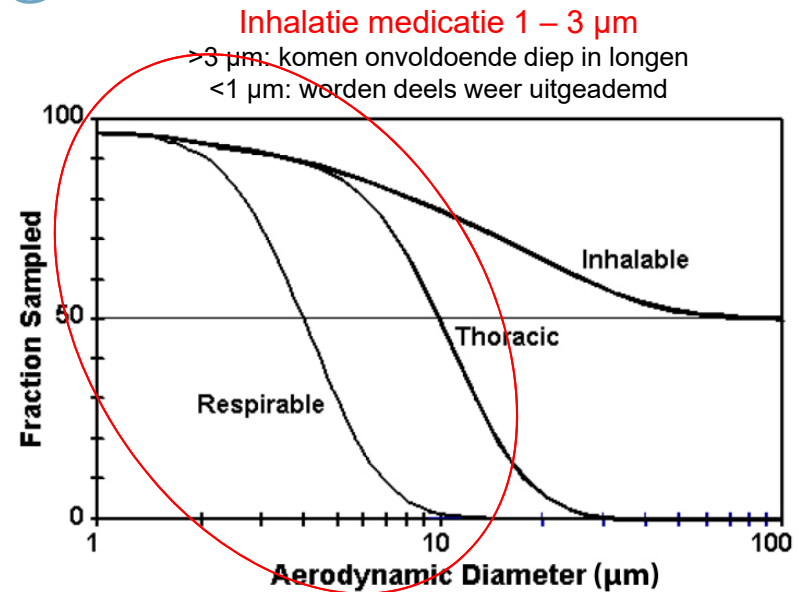
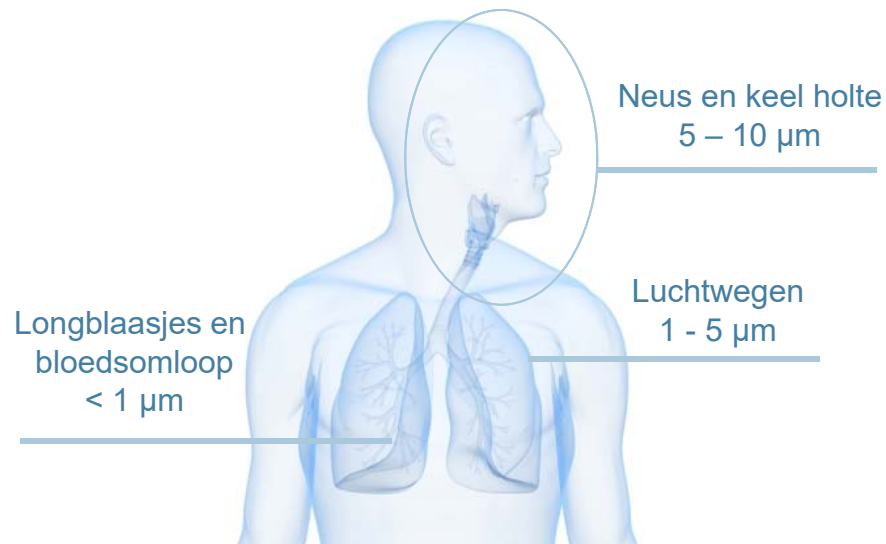
- › Bronisolatie -> voorkomen dat aerogene micro-organismen naar de omgeving buiten de **isolatie-suite** worden getransporteerd
- › Beschermende isolatie -> voorkomen dat aerogene micro-organismen vanuit de omgeving in de **isolatiekamer** komen  
*Bij isolatiekamers: bescherming tegen inademing (met uitzondering brandwonden)*
- › Operatiekamer -> voorkomen dat aerogene micro-organismen vanuit de omgeving het **instrumentarium en de operatielandschap** besmetten en het afvoeren van voor het personeel schadelijke stoffen o.a. chirurgische rook en anesthetica (Distikstof(mono)oxide N<sub>2</sub>O)  
*Bij operatiekamers: voorkomen dat aerogene micro-organismen op kritische plaatsen komen en het afvoeren van chirurgische rook*

# WAT WORDT BEDOELD MET AEROGEEN

- › Kleine deeltjes (micro-organismen) die zich via de lucht over grote afstand verspreiden
- › Deeltjes < 4 µm zijn in de praktijk airborne -> blijven in de lucht zweven



# WELKE DEELTJES VORMEN EEN MOGELIJK PROBLEEM BIJ INADEMING



**Inhalable:** het deel van het aanwezige stof dat kan worden ingeademd  
**Thoracic:** het deel van het aanwezige stof dat verder doordringt dan het strottenhoofd  
**Respirable:** het deel van het inhaleerbare stof dat kan doordringen tot in de longblaasjes

# OMVANG MEEST AANGETROFFEN AEROGENE MICRO-ORGANISMEN

Kim et al. Airborne microbiological characteristics in public buildings of Korea. Building and Environment (2007)42: 2188–2196

Bacteriën

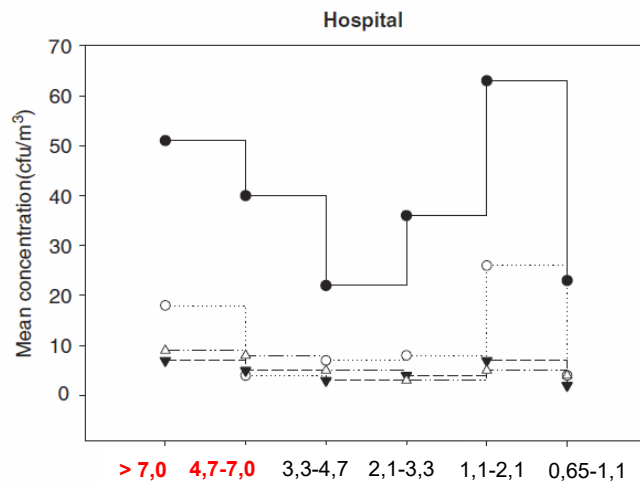


Fig. 1. Size distribution of common airborne bacteria according to stage of cascade impactor. (● Staphylococcus spp., ○ Micrococcus spp., ▼ Corynebacterium spp., △ Bacillus spp.).

Schimmels

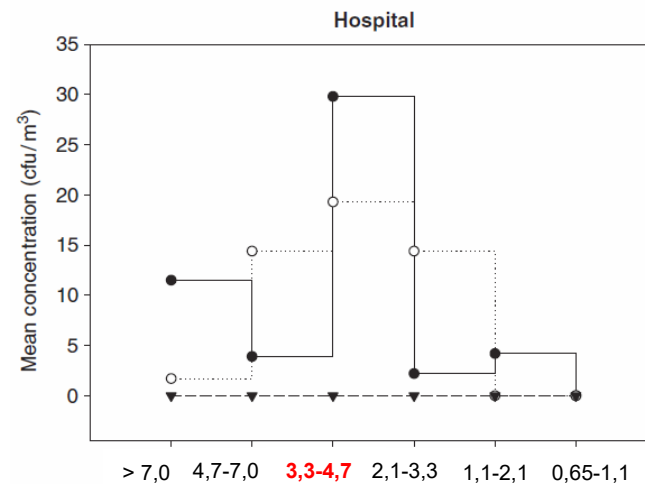


Fig. 2. Size distribution of common airborne fungi according to stage of cascade impactor (● Penicillium spp., ○ Cladosporium spp., ▼ Aspergillus spp.).

# DRUPPELGROOTTE VAN UITGEADEMDE LUCHT

Papineni et al. The size distribution of droplets in the exhaled breath of healthy human subjects. Journal of aerosol medicine (1997)10: 105-115

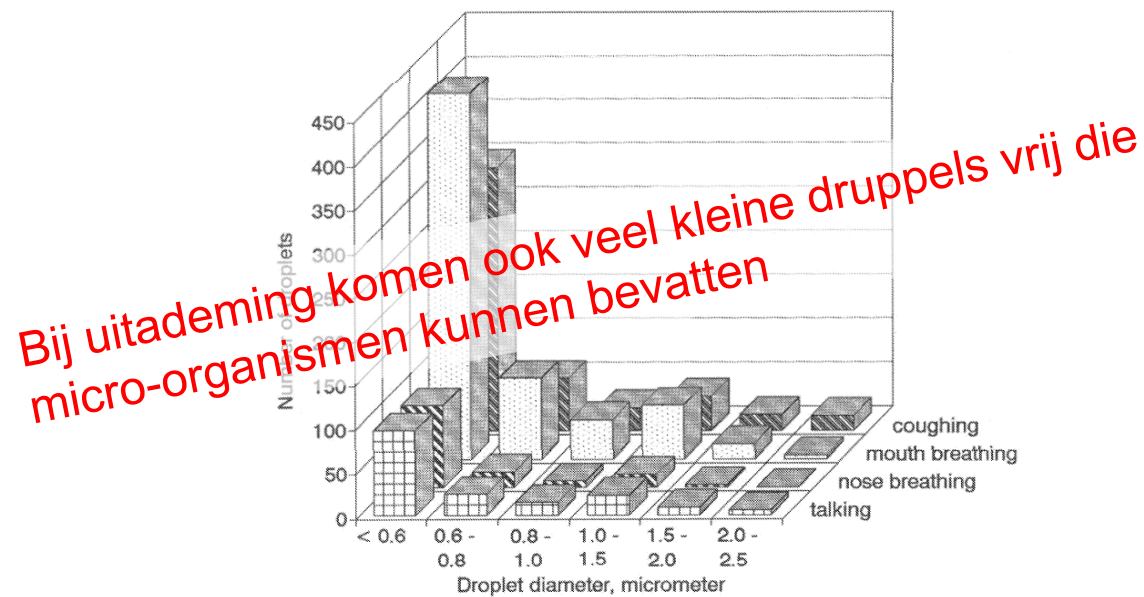


FIG. 5. Particle size spectra versus respiratory mode for subject 5.



# LUCHTFILTRATIE IS DUS DE EERSTE STAP

Class	ISO ePM1	ISO ePM2.5	ISO ePM10	ISO Coarse
G3	-	-	-	> 80
G4	-	-	-	>90%
M5	-	-	> 50%	-
M6	-	50 – 65%	> 60%	-
F7	50 – 65 %	65 – 80%	>85%	-
F8	65 – 80 %	>80 %	>90%	-
F9	>80 %	>95 %	>95%	-

\* Alle cijfers, beschrijvingen, verwijzingen en technische gegevens die in deze tekst staan vermeld dienen slechts als voorbeeld en zijn niet bindend.

Table 1 — Classification of EPA, HEPA and ULPA filters

Filter Group Filter Class	Overall value		Local value <sup>1) 2)</sup>	
	Efficiency (%)	Penetration (%)	Efficiency (%)	Penetration (%)
E 10	≥ 85	≤ 15	--- <sup>3)</sup>	--- <sup>3)</sup>
E 11	≥ 95	≤ 5	--- <sup>3)</sup>	--- <sup>3)</sup>
E 12	≥ 99.5	≤ 0.5	--- <sup>3)</sup>	--- <sup>3)</sup>
H 13	≥ 99.95	≤ 0.05	≥ 99.75	≤ 0.25
H 14	≥ 99.995	≤ 0.005	≥ 99.975	≤ 0.025
U 15	≥ 99.9995	≤ 0.0005	≥ 99.9975	≤ 0.0025
U 16	≥ 99.99995	≤ 0.00005	≥ 99.99975	≤ 0.00025
U 17	≥ 99.999995	≤ 0.000005	≥ 99.9999	≤ 0.0001

1) see 6.5.2 and EN 1822-4  
 2) local penetration values lower than those given in the table may be agreed between supplier and purchaser  
 3) Group E filters (classes E10, E11 and E12) can not and must not be leak tested for classification purposes

Reductie van het aantal centrale zenuwstelsel infecties bij neurochirurgische interventies van 19,6% naar 0,6% door installatie van goed HEPA filter en het dichtens van kieren tussen filters.

Chidambaram et al. Impact of Operating Room Environment on Postoperative Central Nervous System Infection in a Resource-Limited Neurosurgical Center in South Asia. *World Neurosurg* (2017)17. doi: 10.1016/j.wneu.2017.10.142.

# WELKE FILTERKLASSE IS NOODZAKELIJK OM MICRO-ORGANISMEN AF TE VANGEN

- › Whyte et al. Removal of Microbe-Carrying Particles by High Efficiency Air Filters in Cleanrooms. International Journal of Ventilation (2012)10:339-351

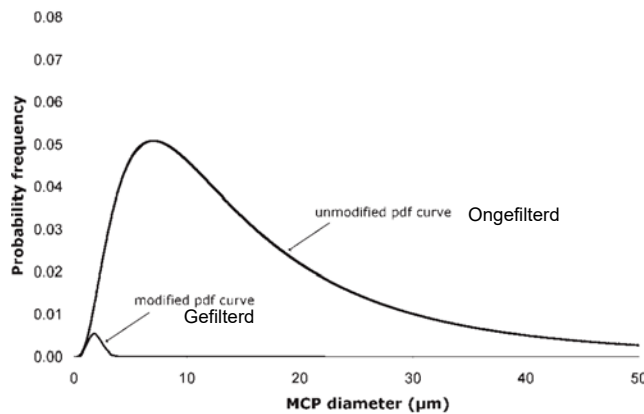


Figure 1. Unmodified and modified pdf curves.

Table 4. Removal efficiency of MCPs and particles at the filter's MPPS.

E10  
E11/E12  
H13  
H14

Manufacturer's filter code number	Particle removal efficiency at the MPPS	Removal efficiency of MCPs
HF 0493	11% at 0.42µm	96.70%
HF 0533	35% at 0.3 µm	99.64%
HD 2063	87% at 0.22 µm	99.9946%
HB 5433	99.15% at 0.2 µm	99.999903%
HA 8183	99.987% at 0.22 µm	99.9999982%
HA 8193	99.9988% at 0.22 µm	99.99999989%



## WAAROM HEPA FILTERS TOEPASSEN?

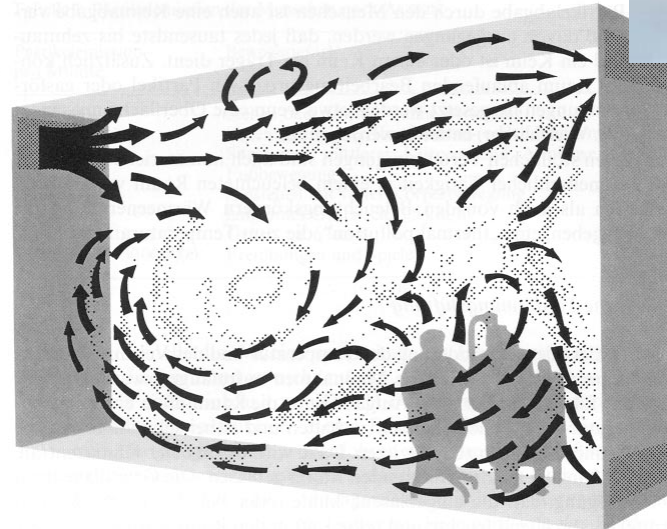
- › Alle HEPA filters worden en zijn individueel getest en met een certificaat geleverd
- › Pas vanaf HEPA filter kunnen deze in situ getest worden
  - › Alleen dan ben je zeker van een correcte montage en werking
  
- › Is dat nodig bij Isolatiekamers?
  
  
- › Is dat nodig bij operatiekamers?

# PRINCIPES VOOR AEROGENE INFECTIEPREVENTIE

- › Minimaliseer de bronsterkte (load)
  - › Voorkom emissie van deeltjes en micro-organismen (o.a. Kleding, schoonmaak)
  - › Juiste luchtstromingsrichting
  
- › Verdunnen
  - › Veel schone lucht toevoeren en intensief mengen om daarmee de concentratie te verlagen en micro-organismen af te voeren
  
- › Verdringen
  - › Zorgen dat schone lucht op de plaats komt van gecontamineerde lucht

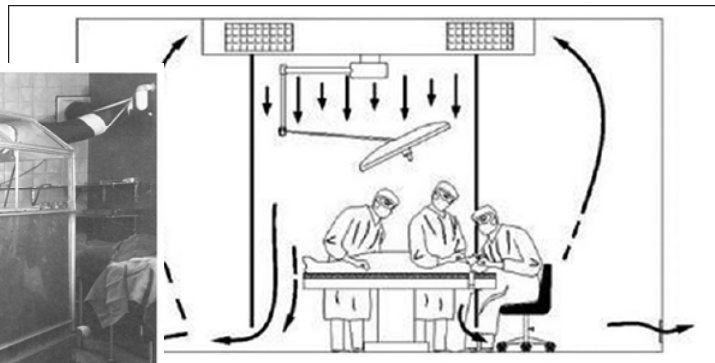
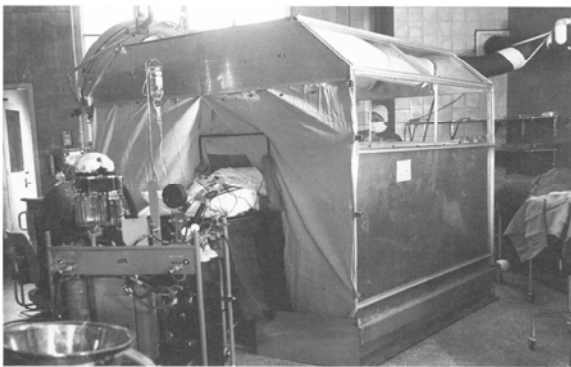
## VERDUNNEN

- › Mengend systeem (diluting mixing system)
  - › Gehele ruimte heeft dezelfde luchtkwaliteit (ideale menging)
  - › Door toevoer van schone (gefilterde lucht) wordt de concentratie verlaagd
  - › Concentratie is afhankelijk van de emissie
  - › Belangrijkste parameter is de **hersteltijd**
  
- › Hoe snel vindt een 100-voudige reductie van de concentratie plaats

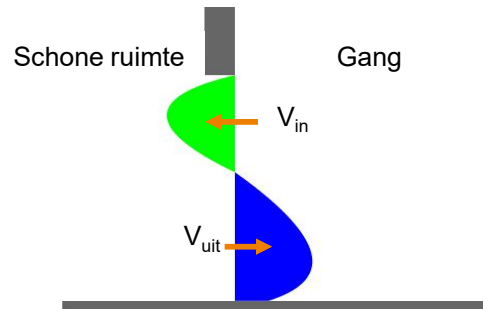


## VERDRINGEN

- › Charnley is hiermee gestart bij heup operaties om de infecties vergaand te reduceren
- › Lucht met micro-organismen wordt verdrongen door schone lucht
- › Er vindt in het beschermde gebied vrijwel geen menging plaats
- › Systeem is gevoeliger voor obstakels in de luchtstroom

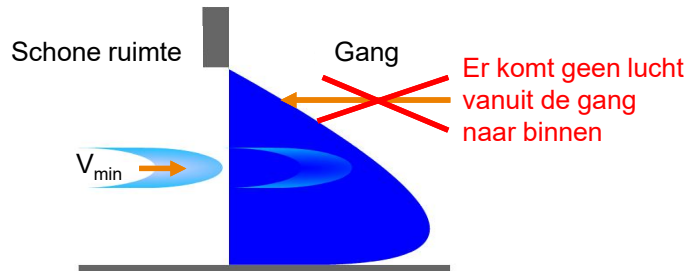


# DRUKVERSCHIL BESCHERMT NIET, LUCHTSTROMING WEL



Deur 2,3 \* 1 m

dT	$V_{in/uit}$ (m <sup>3</sup> /h)
1 ->	420
2 ->	580
3 ->	700
4 ->	800
5 ->	890



dT	$V_{min}$ (m <sup>3</sup> /h)
1 ->	1700
2 ->	2375
3 ->	2900
4 ->	3340
5 ->	3725



Minimaliseer het aantal deur-bewegingen en zorg voor een goede stromingsrichting

# EFFECT VAN KLEDING OP LUCHTKWALITEIT (SCHONE RUIMTE)

- › Luchtkwaliteit is een functie van de bronsterkte (emissie door mensen) en de hoeveelheid schone toegevoerde lucht
- › Kledingsysteem is van groot belang

$$C = \frac{q_s * n}{Q}$$

C = concentratie [KVE/m<sup>3</sup>]

q<sub>s</sub> = source strengt [KVE/s.persoon]

Q = ventilatiehoeveelheid, schone lucht [m<sup>3</sup>/s]

**Pas een goed kleding-systeem toe, minimaliseer het aantal mensen in relatie tot lucht-hoeveelheid en voorkom binnendringen van deeltjes uit omgeving**

<=

Kledingsysteem	Emissie (KVE/s.persoon)
Conventioneel (katoen 69%, polyester 30% en koolstofvezels 1%)	5,0 (2,1/10)
Operatiekleding (polyester 99% en koolstofvezels 1%)	2,9 (0,9/5,7)
Cleanroom kleding (polyester 99% en koolstofvezels 1%)	0,7 (0,5/1,1)

Resultaten van metingen tijdens operaties met 4-7 mensen in de OK, Ljungqvist, Reinmüller 2003

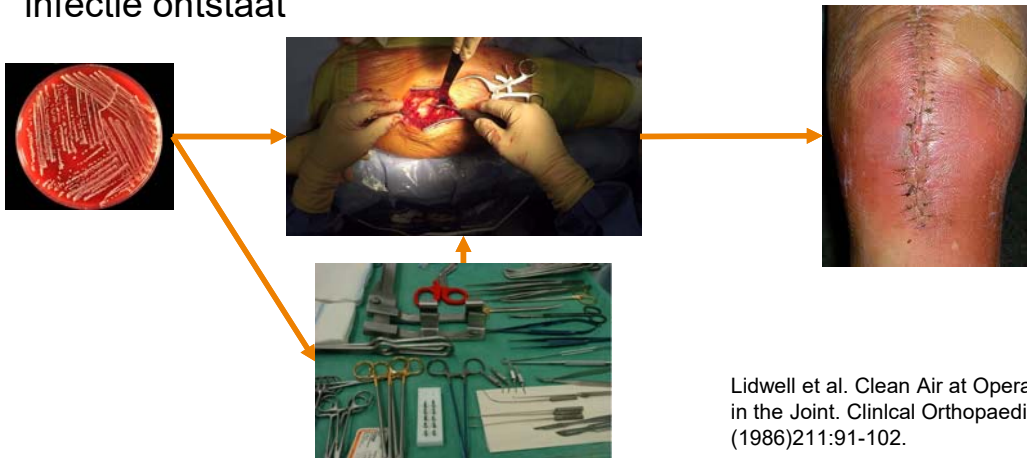
dinsdag 30 januari 2018



# HET BELANG VAN HET REDUCEREN AEROGENE MICRO-ORGANISMEN OP OPERATIEKAMERS

Reductie van de kans op een (wond)infectie

- › Hoe minder micro-organismen in de omgeving van de wond en het instrumentarium hoe kleiner de KANS dat de operatiewond gecontamineerd raakt
- › Hoe kleiner de KANS dat een wond gecontamineerd raakt hoe kleiner de KANS dat er een (diepe) infectie ontstaat



Lidwell et al. Clean Air at Operation and Subsequent Sepsis in the Joint. Clinical Orthopaedics and Related Research (1986)211:91-102.

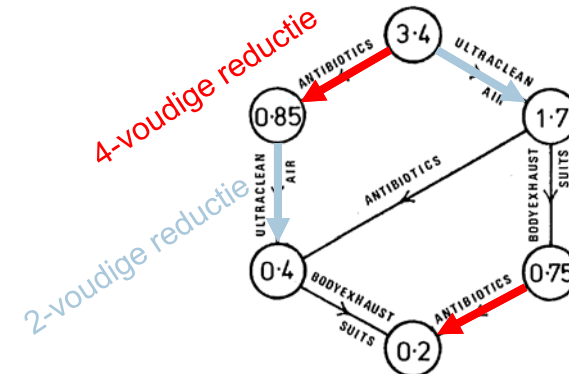


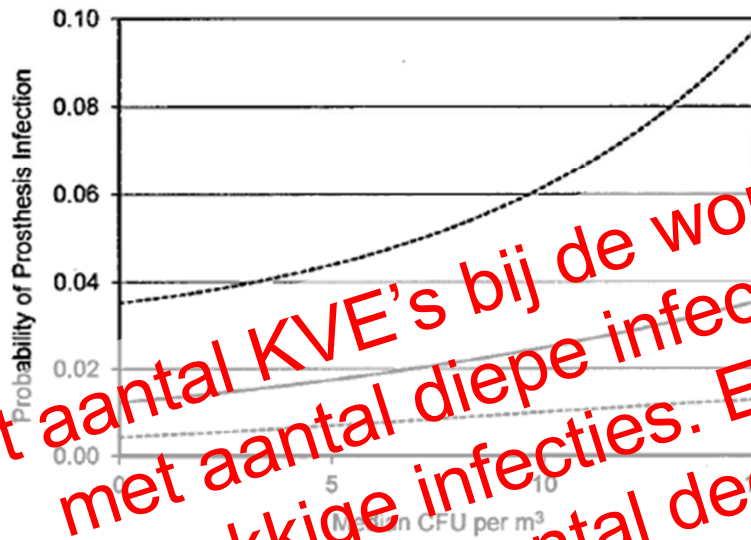
FIG. 8. Reduction in joint sepsis, percent, with control measures. The diagram shows the effect of introducing these sequentially, as deduced from the results of the MRC study.<sup>27</sup>

## RELATIE KVE'S <-> DEELTJES EN KVE -> SSI

Rabih et al 2017, Association of Airborne Microorganisms in the Operating Room With Implant Infections: A Randomized Controlled Trial. Infection Control & Hospital epidemiology 38 (2017) 4-10

RCT studie met 300 patiënten met implantaten in 1 ziekenhuis in 9 verschillende OK's. In de intervention groep is een aanvullend mobiel UDF systeem toegepast (Air barrier system (ABS)). Toepassing van het ABS systeem resulteert in een significant lager niveau KVE's. Het aantal KVE's bij de wond heeft een **significante relatie met het aantal diepe infecties**, niet met het aantal oppervlakkige infecties. Iedere 10 KVE/m<sup>3</sup> verhoging geeft een verdubbeling van het aantal diepe infecties. Er is geen relatie aangetoond tussen het aantal deeltjes en het aantal KVE's.

## RELATIE KVE'S <-> DEELTJES EN KVE -> SSI



Het aantal KVE's bij de wond heeft significante relatie met aantal diepe infecties, niet met het aantal oppervlakkige infecties. Er is geen relatie aangetoond tussen het aantal deeltjes en het aantal KVE's.

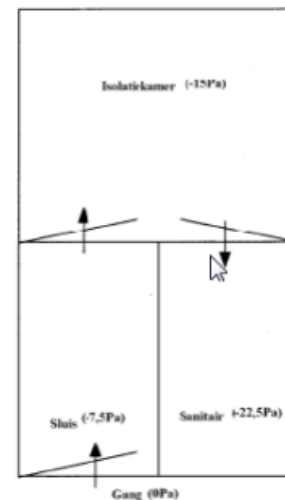
FIGURE 4. Graph of density of colony-forming units (CFU) at division sites and probability of implant infection ( $P=.021$ ). Dashed lines represent 95% CIs.

FIGURE 5. Graph of particulate density and colony-forming units (CFU). Dotted lines represent 95% CIs. ABS, Air Barrier System.

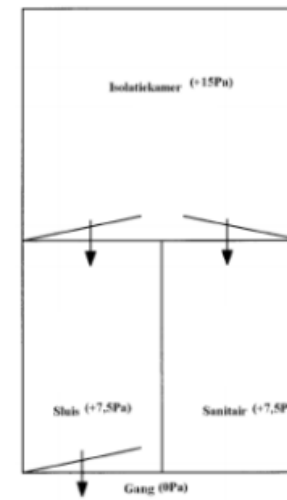
## WIP RICHTLIJN ISOLATIEKAMERS

- › Primair gebaseerd op **drukverschil**
- › Bij variant C wordt het personeel het meest blootgesteld aan MO (bronisolatie)
- › Omkeerbare isolatiekamers hebben een grote kans op bedieningsfouten en moeten worden afgeraden

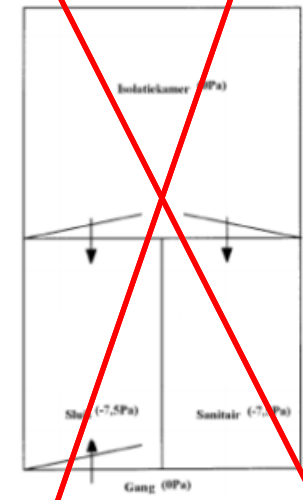
Variant A: Onderdruk in isolatiekamer (gebruikt voor bronisolatie)



Variant B: Overdruk in isolatiekamer (gebruikt voor beschermende isolatie)



Variant C: Onderdruk in sluis (isolatekamer voor bron en beschermende isolatie)

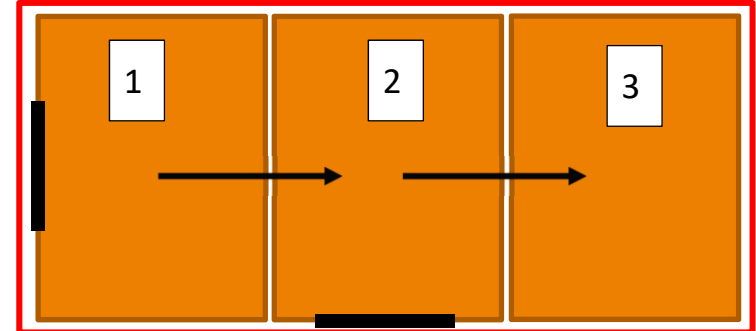


bron: Werkgroep Infectie preventie (www.wip.nl)

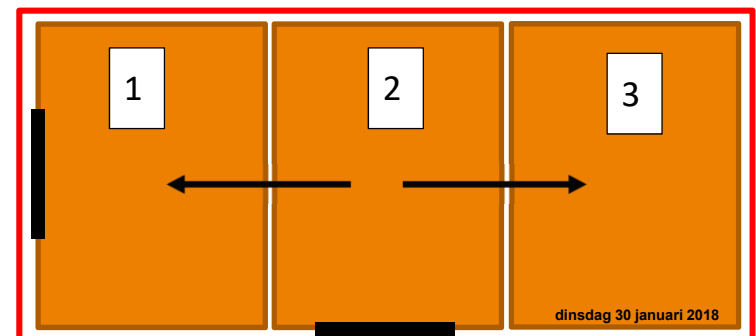
## PRINCIPES CEN TC 156 WG18 (VENTILATION IN HOSPITALS)

- › Twee niveaus voor bronisolatie
  - › Normaal
  - › Hoog- en onbekend risico
  
- › Prestatie-eisen ten aanzien van:
  - › Hersteltijd (sluis en patiëntenkamer)
  - › Interlock op sluis
  - › Luchtdoorlatendheid (totale voorziening)
  - › Filtratie toevoerlucht
    - › minimaal F9/ePM1 > 85%
    - › Bij beschermende en gecombineerde isolatie filtratie van de toevoerlucht minimaal H13
  - › Filtratie afvoerlucht
    - › F9ePM1 > 85%
    - › Bij hoog- en onbekend risico minimaal H13

### Bron- en gecombineerde isolatie



### Beschermende isolatie



dinsdag 30 januari 2018

## DOELSTELLING VAN KVE-METINGEN

- › Aantonen dat men in control is
- › Afwijkingen van een baseline snel kunnen vaststellen
- › Optimale afstemming tussen techniek en proces



- › Kortom het zoveel mogelijk reduceren van vermijdbare risico's (= reduceren van de kans op optreden)



› BEDANKT VOOR UW AANDACHT

Roberto Traversari  
E. [roberto.traversari@tno.nl](mailto:roberto.traversari@tno.nl)  
M. 0653 194 752

Voor meer inspiratie:  
[TIME.TNO.NL](http://TIME.TNO.NL)

**TNO** innovation  
for life