

Ventilation på operationsstuer



Søren Overgaard,
Professor, MD, DmSci
Head of the Orthopaedic Research Unit, Chief surgeon

**Department of Orthopaedics and Traumatology,
Odense University Hospital,
Department of Clinical Research,
University og Southern Denmark**



Johnny Nielsen
Maskinmester
SE Energi & Klima

Disclosures

Source of funding:

- Dansk Energi - Elforsk



Related to the authors

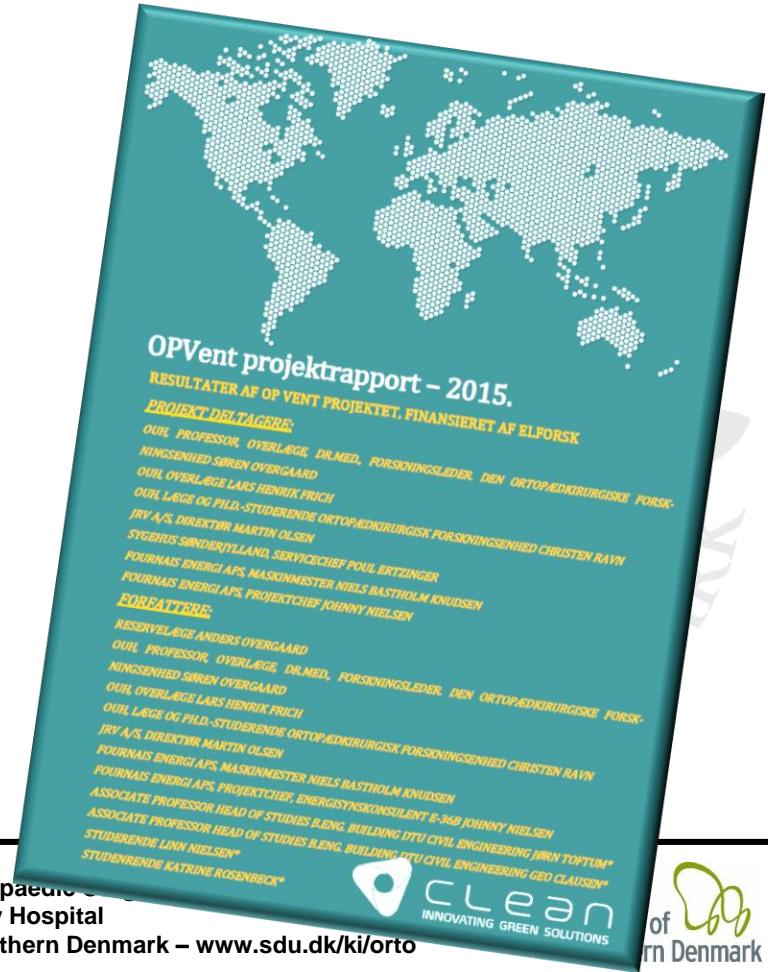
- **No conflicts of interest** related to / outside present study:
 - Christen Ravn, Anders Overgaard, Jørn Toftum, Michael Kemp, Lars Henrik Frich, Søren Overgaard
- **Conflicts related to present study:**
 - Johnny Nielsen and Niels B. Knudsen
 - affiliated with *Fournais Energy* offering ventilation control systems
 - Martin Olsen, Daniel Rasmussen
 - Former sales director at *JRV* with expertise in ventilation systems
 - Poul Ertzinger
 - Teknisk Servicechef, Sygehus Sønderjylland

OP-Vent



– Dansk Energi

- ELFORSK (Dansk Energis forsknings- og udviklingsprogram)



DELTAGERE



PROJEKT DELTAGERE:

- OUH, PROFESSOR, OVERLÆGE, DR.MED., SØREN OVERGAARD, OVERLÆGE LARS HENRIK FRICH , PH.D.-STUDERENDE CHRISTEN RAVN
- JRV A/S, DIREKTØR MARTIN OLSEN
- SYGEHUS SØNDERJYLLAND, SERVICECHEF POUL ERTZINGER
- FOURNAIS ENERGI APS, MASKINMESTER NIELS BASTHOLM KNUDSEN og PROJEKTCHEF JOHNNY NIELSEN
- Gentofte Hospital RESERVELÆGE ANDERS OVERGAARD

FORFATTERE:

OUH

- LÆGE OG PH.D.-STUDERENDE CHRISTEN RAVN, PROFESSOR, OVERLÆGE, DR.MED.,SØREN OVERGAARD,, OVERLÆGE LARS HENRIK FRICH

JRV A/S,

- DIREKTØR MARTIN OLSEN

FOURN AIS ENERGI APS,

- MASKINMESTER NIELS BASTHOLM KNUDSEN
- PROJEKTCHEF, ENERGISYNSKONSULENT E-36B JOHNNY NIELSEN

(DTU)

- ASSOCIATE PROFESSOR HEAD OF STUDIES B.ENG. BUILDING DTU CIVIL ENGINEERING JØRN TOFTUM*
- ASSOCIATE PROFESSOR HEAD OF STUDIES B.ENG. BUILDING DTU CIVIL ENGINEERING GEO CLAUSEN*
- STUDERENDE LINN NIELSEN*
- STUDERENDE KATRINE ROSENBECK*





Perspektiv

- at reducere infektioner erhvervet på Sygehus I forbindelse med operation
- at reducere energiforbruget på operationsstuer

Besigtigelse.



De nye supersygehuse



Operation room LAF vs. TAF

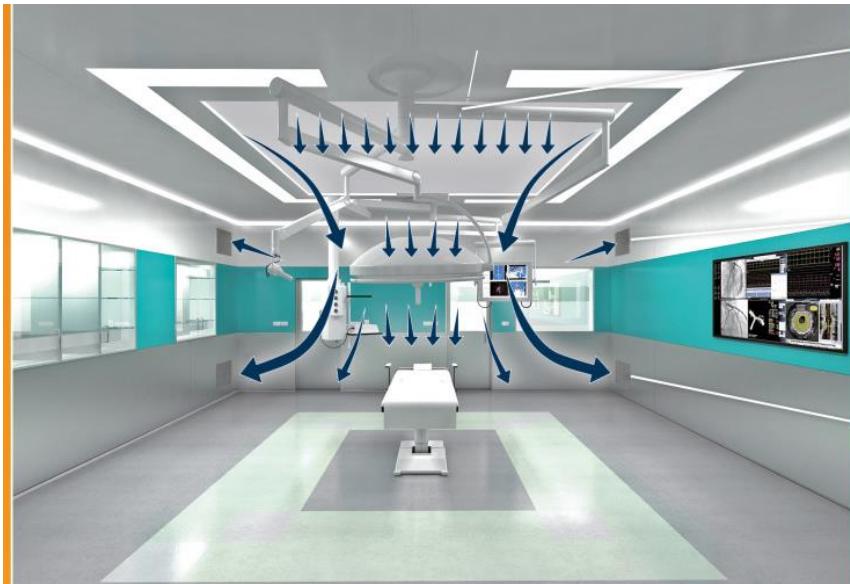
LAF



LAF: Laminar airflow – TAF: Turbulent airflow

Operation room LAF vs. TAF

LAF



LAF: Laminar airflow – TAF: Turbulent airflow

Operation room LAF vs. TAF

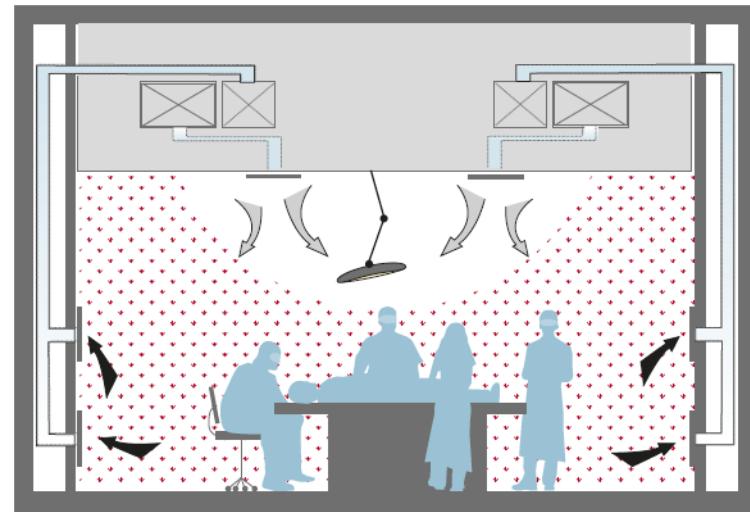
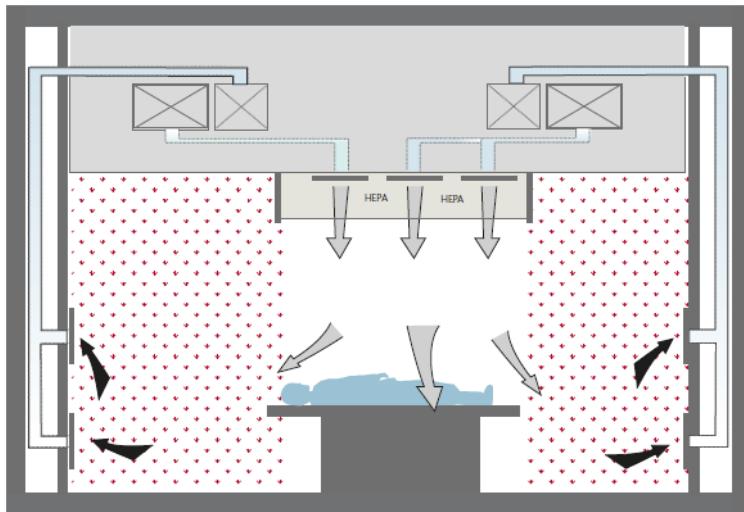
TAF



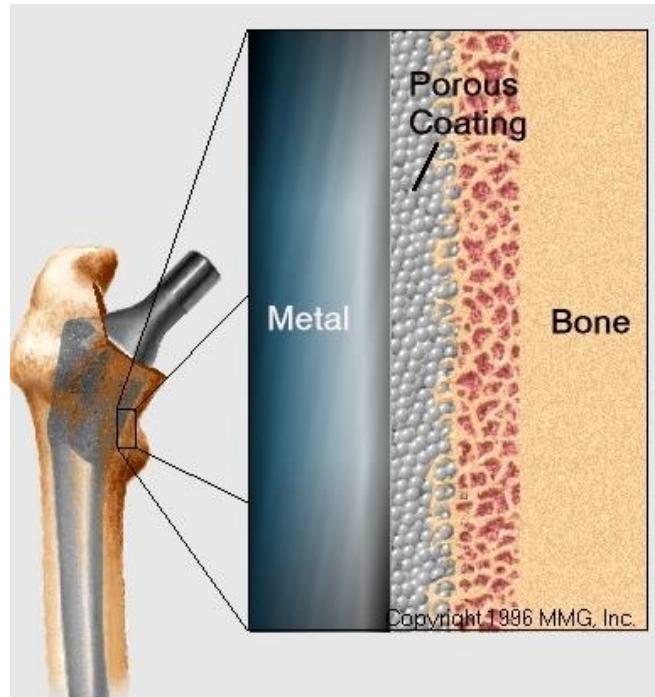
LAF: Laminar airflow – TAF: Turbulent airflow

Operation room LAF vs. TAF

- **LAF:** Laminar airflow
 - 100 -400 air exchanges / hour
- **TAF:** Turbulent airflow
 - 10-20 air exchanges / hour

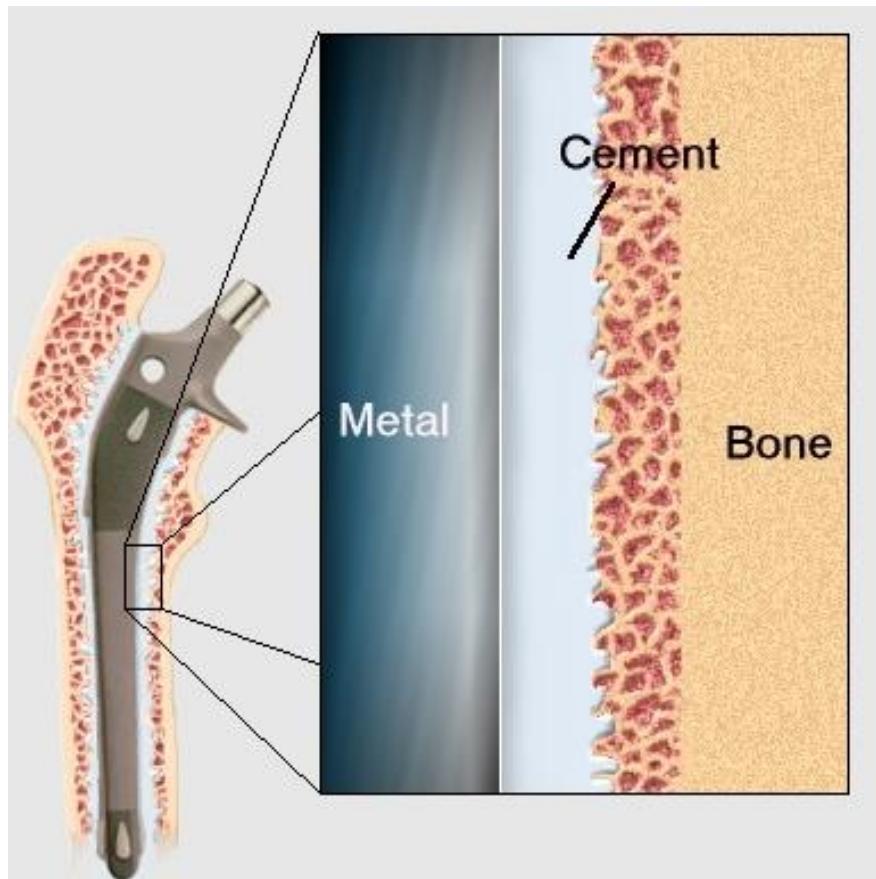


Protesekoncepter: Ucementeret hofte



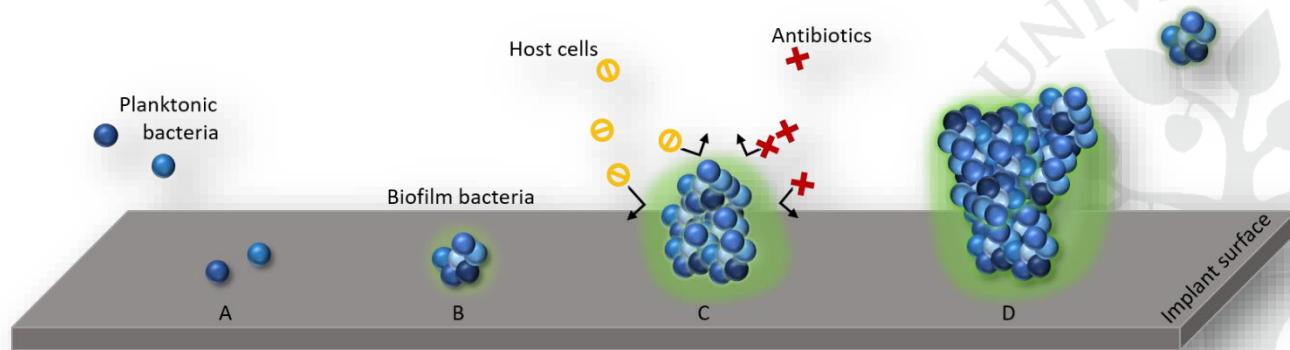
- Umiddelbar mekanisk fiksation
- Efterfølgende biologisk forankring

Protesekoncepter: Cementeret hofte



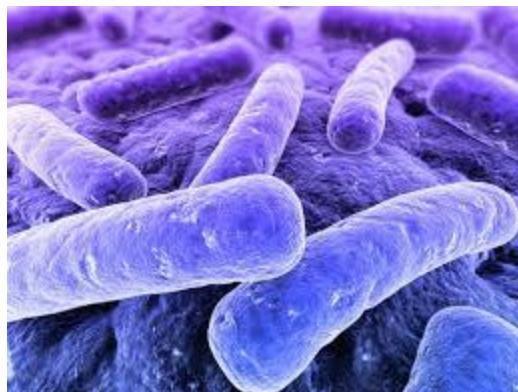
- Umiddelbar fiksation ved cementen

Biofilm



Incidence of Prosthetic Joint Infection in hips and knees

- Rare event \approx 0.5-2 % in 1-5 years



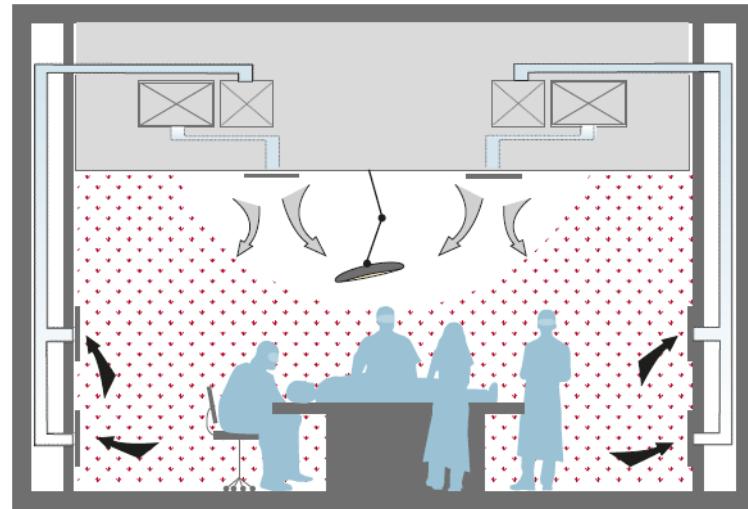
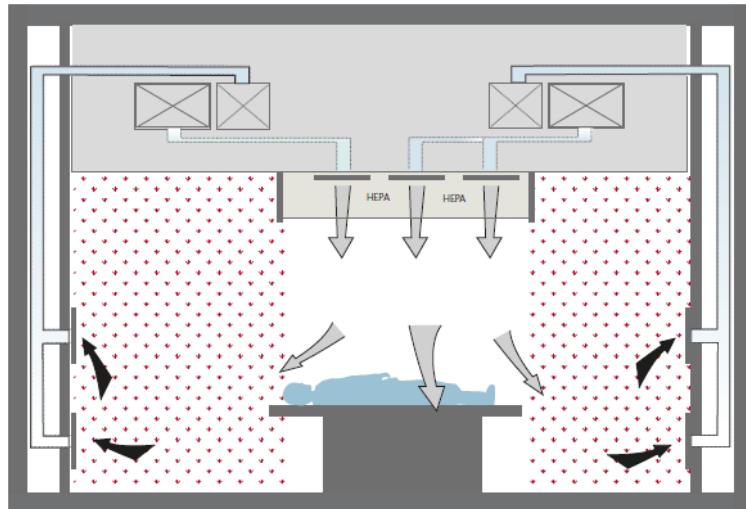
OPVENT

	År 2013				År 2014			
	1	2	3	4	1	2	3	4
WP1: Feasibility studie								
1.1: Litteraturstudie foretaget og kortlægning organiseret	Blue							
1.2: Kortlægning af gældende lovgivning for ventilationsanlæg på operationsstuer gennemført	Blue							
1.3: Kortlægning af eksisterende anlægsprofiler gennemført	Blue							
1.4: Indsatsofreder for industriel teknologiudvikling identificeret	Blue	Blue						
1.5: Øvrige applikationsområder for projektet identificeret		Blue						
WP2: Teknologiudvikling								
2.1: Udvikling af nye ventilationsaggregater gennemført		Red	Red	Red	Red	Red	Red	
2.2: Tilpasning af komponenter og styring differenteret ift. operationsstype, lokals driftsmønster og personalets organisering gennemført							Red	
WP3: Demonstration								
3.1: Fuldkala demonstration i mock-up operationsstue gennemført							Green	
WP4: Dokumentation og videnopbygning								
4.1: Dokumentation af projektets resultater foretaget							Dark Purple	
4.2: Udarbejdelse af videnskabelige artikler og konferenceindlæg gennemført							Dark Purple	
WP5: Generel projektledelse og formidling								
5.1: Administrativ projektledelse	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow
5.2: Mødeledelse	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow
5.3: Videnformidling	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow

Purpose

- To compare the numbers of airborne bacteria and particles
 - To measure energy consumption
 - Laminar airflow (LAF) vs. Turbulent airflow (TAF)
ventilated or
 - using fresh air of 100 % vs. 50 % exchange volume
- during simulated total hip arthroplasty (THA)*

Ventilation systems at the operating room



- **LAF:** Laminar airflow
 - 100 -400 air exchanges / hour
- **TAF:** Turbulent airflow
 - 10-20 air exchanges / hour

No consensus on LAF or TAF on the risk of prosthetic joint infection
but ISO 14644-1 for numbers of particles and colony forming units (Dharan and Pittet 2002)

Endpoints

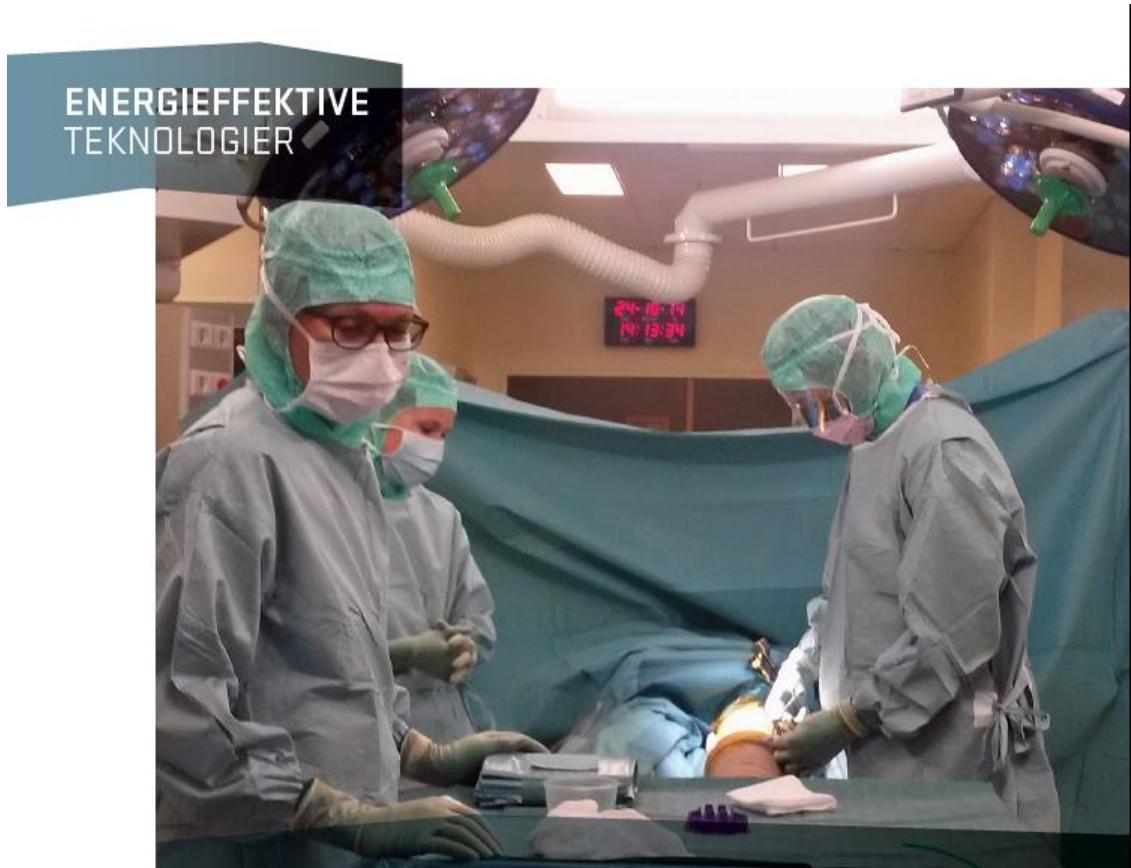
- Surrogat
 - Colony forming units (CFU)
 - Particle counts

- Supposed to be predictors for
 - Superficial and deep infection
 - Revision due to infection

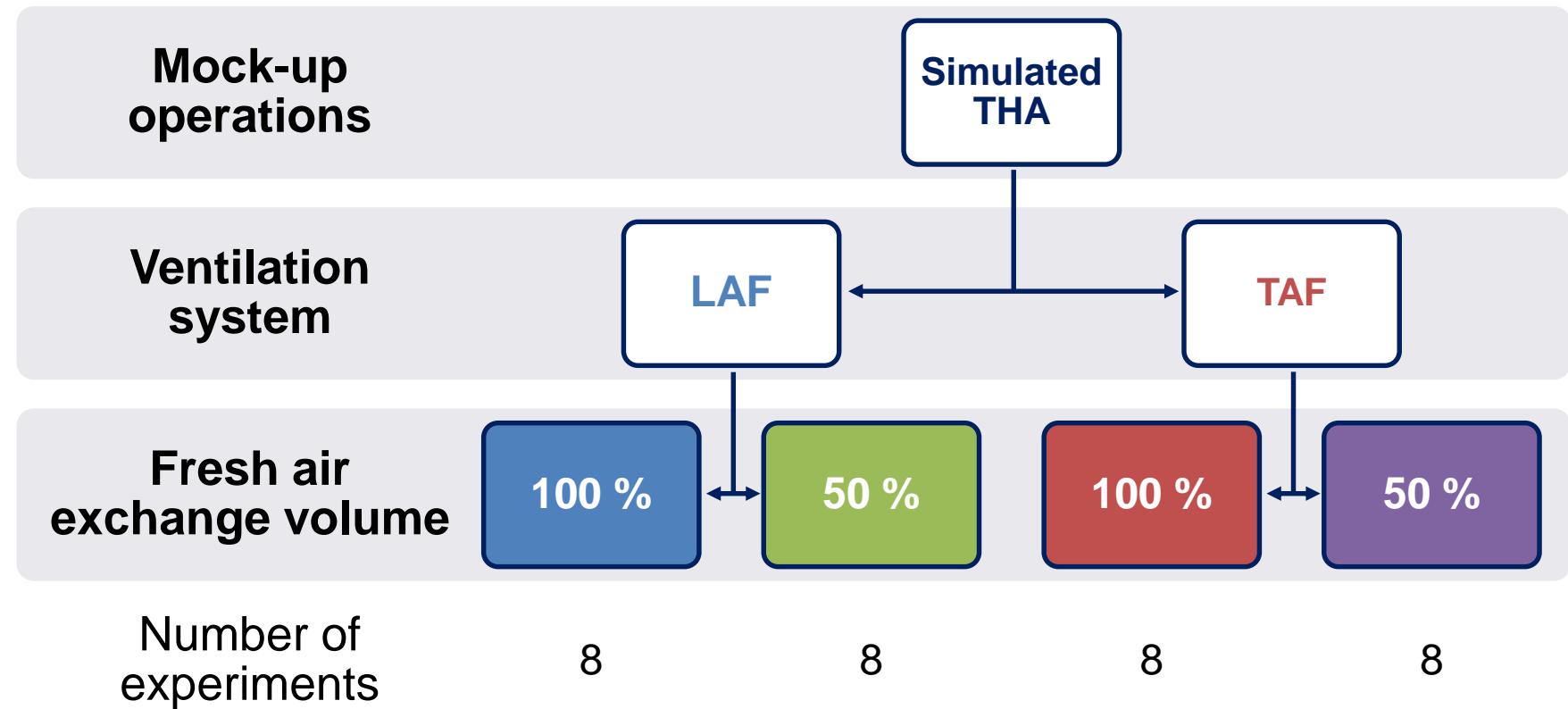
- Energi consumption
 - ISO 14644-1 (Dharan and Pittet 2002)- ultra clean air
 - Threshold: less than 10 CFU/m³



Selection of operating theatre



Study design



Tids-forløb

- Bilag 1:
- Der blev gennemført 3 forsøg pr. forsøgsdag efter nedenstående skemaer, hvilket sikrede et jævnt mønster i ventilationsforholdene vekslede mellem hhv. LAF og TAF ventilation, samt mellem 100 % og 50 % friskluftmængde i forsøgene.

Dato	Forsøgsnummer	Ventilationstype
2014.10.31	1-3	LAF 100 %
2014.11.07	4-6	TAF 100 %
2014.11.14	7-9	LAF 50 %
2014.11.21	10-12	TAF 50 %
2014.11.28	13-15	LAF 100 %
2014.12.05	16-18	TAF 100 %
2014.12.19	19-21	LAF 50 %
2015.01.09	22-24	TAF 50 %
2015.01.16	25-27	LAF 100% / TAF 100%
2015.01.23	28-30	TAF 100% / TAF 50%
2015.01.30	31-32	LAF 50 %
Oversigt over ventilationsforhold under de 32 forsøg		

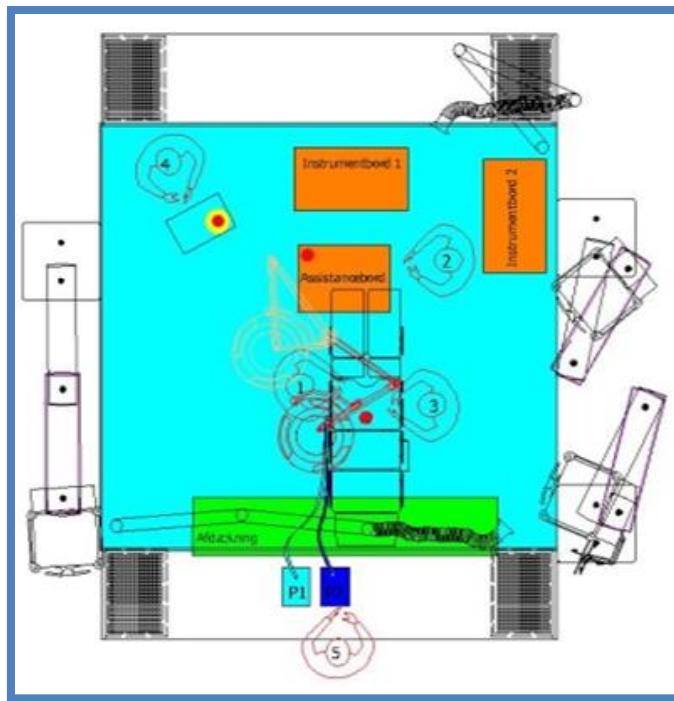
Dagsprogram

- Tidspunkt Aktivitet
- 07:00 Opstilling og kontrol af måleudstyr
- Morgenmåling med aktiv luftsamler og partikelmåler 5min. (tom stue)
- 08:00 Klargøring af operationsopsætning 08:30 1. forsøg
- 10:00 Pause/Rengøring af operationsstuen 10:30 2. forsøg
- 12:00 Pause/Rengøring af operationsstuen 13:00 3. forsøg
- 14:30 Afslutning og rengøring af operationsstuen
- Oversigt over forløbet af en forsøgsdag

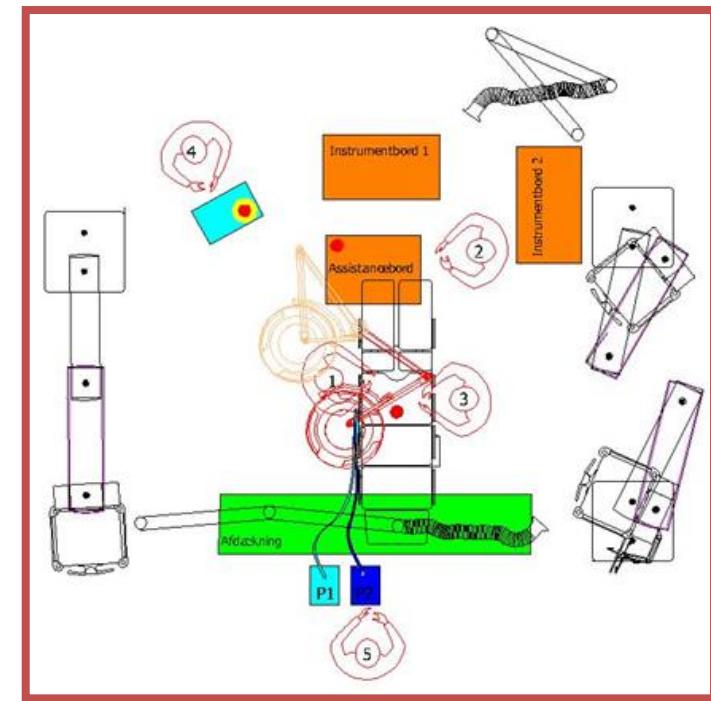
Modern operating rooms (2009)

at Gentofte Hospital, Denmark

LAF



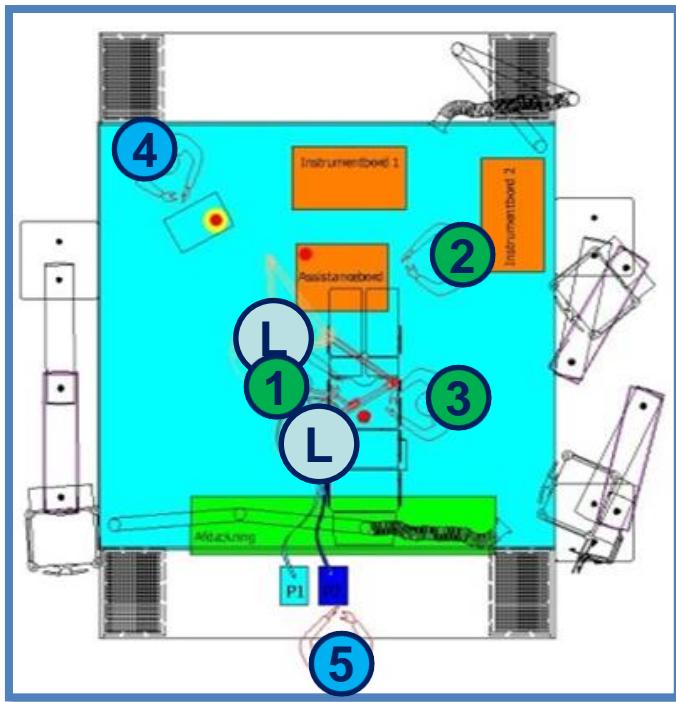
TAF



Exactly the same setup during LAF and TAF

Standardized protocol

LAF



OP-room

- Equal dimensions and interior

Positioning

- Tables (3)
- Lamps (2) 
- Personnel number (5) 
- Personnel barrier clothes
- Patient dummy (37 °C)
- Draping

Experiment

- Procedures (screenplay)
- Surgical time (50 min)
- ***Active sampling measurements (30 cm from operation field)***

ISO validated equipment



MAS-100

Microbiological Air Sampler

100 L/min



MET-one

Particulate sampler (0.5-10 μm)

28.3 L/min

Measuring details	MAS-100	MET-one
Time	2*10 min	50 min
Evaluation	2 days incubation	Macro-particles $\geq 5 \mu\text{m}^*$
Outcome	CFU / m^3	Particulate / m^3

ISO validated equipment



MAS-100

Microbiological Air Sampler

100 L/min



MET-one

Particulate sampler (0.5-10 μm)

28.3 L/min

Measuring details	MAS-100	MET-one
Time	2 * 10 min	50 min
Evaluation	2 days incubation	Macro-particles $\geq 5 \mu\text{m}^*$
Outcome	CFU / m^3	Particulate / m^3

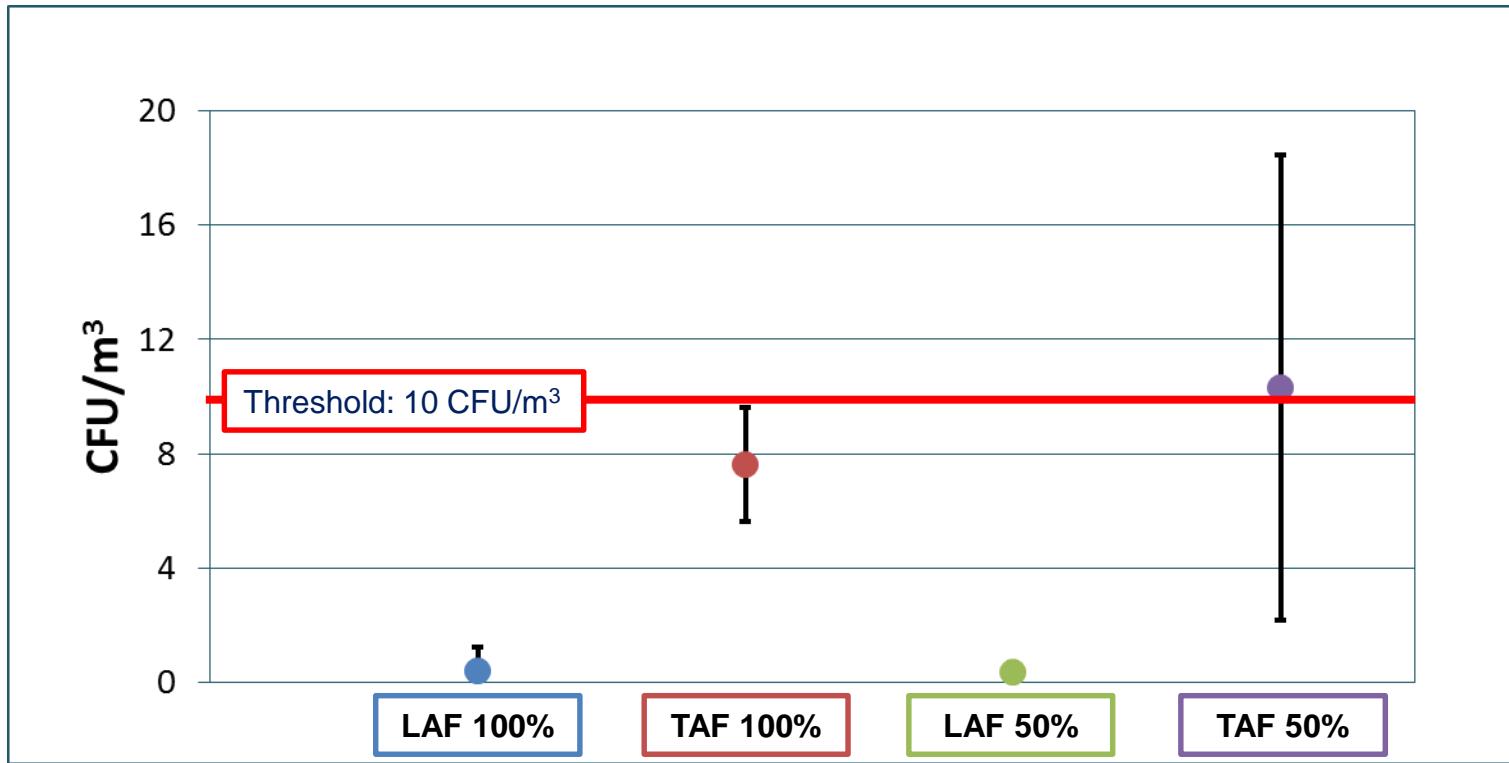
*Stocks *et al.* Predicting bacterial populations based on airborne particulates. Am J Infect Control 2010.

Energy consumption

- Bender PEM735 Power Analyser
(overholder EN 61000-4-30 og EN 50160 med en præcision på 0,2 S i henhold til IEC 62053-22)
- Måleren blev monteret på forsyningssiden af ventilationssystemet og kWh visning blev noteret ved start og slut af hvert enkelt forsøg.
- Måling af energiforbrug til køle/varmeflader i ventilationssystemet blev udført via Gentofte Hospitals CTS system.
- Alle relevante setpunkter og ventilstillinger blev ligeledes logget fra start til slut af hvert forsøg.

Microbial air contamination

Mean (\pm SD), n=8



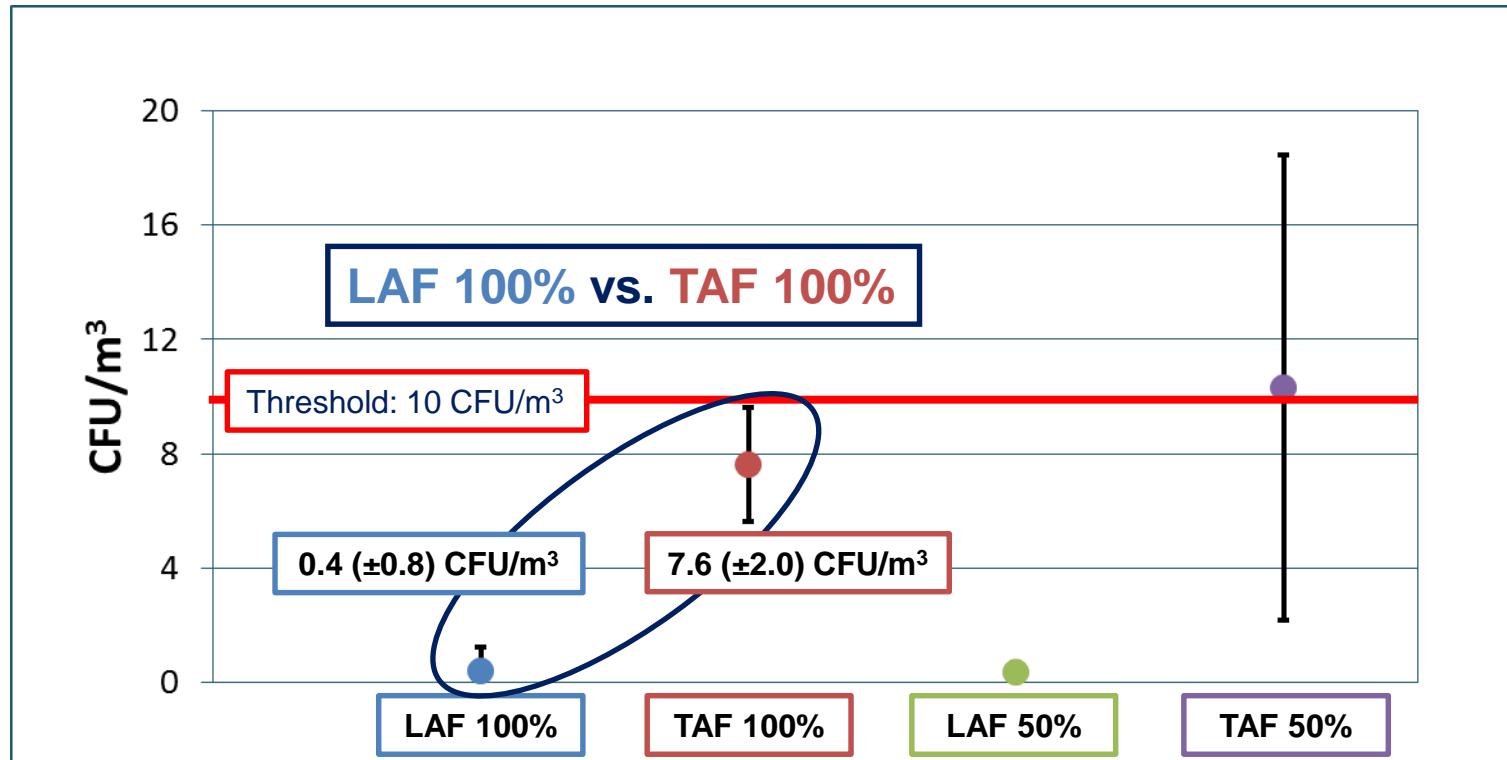
LAF: Laminar airflow

TAF: Turbulent airflow

Fresh air exchange: 100% vs. 50%

Microbial air contamination

Mean (\pm SD), n=8



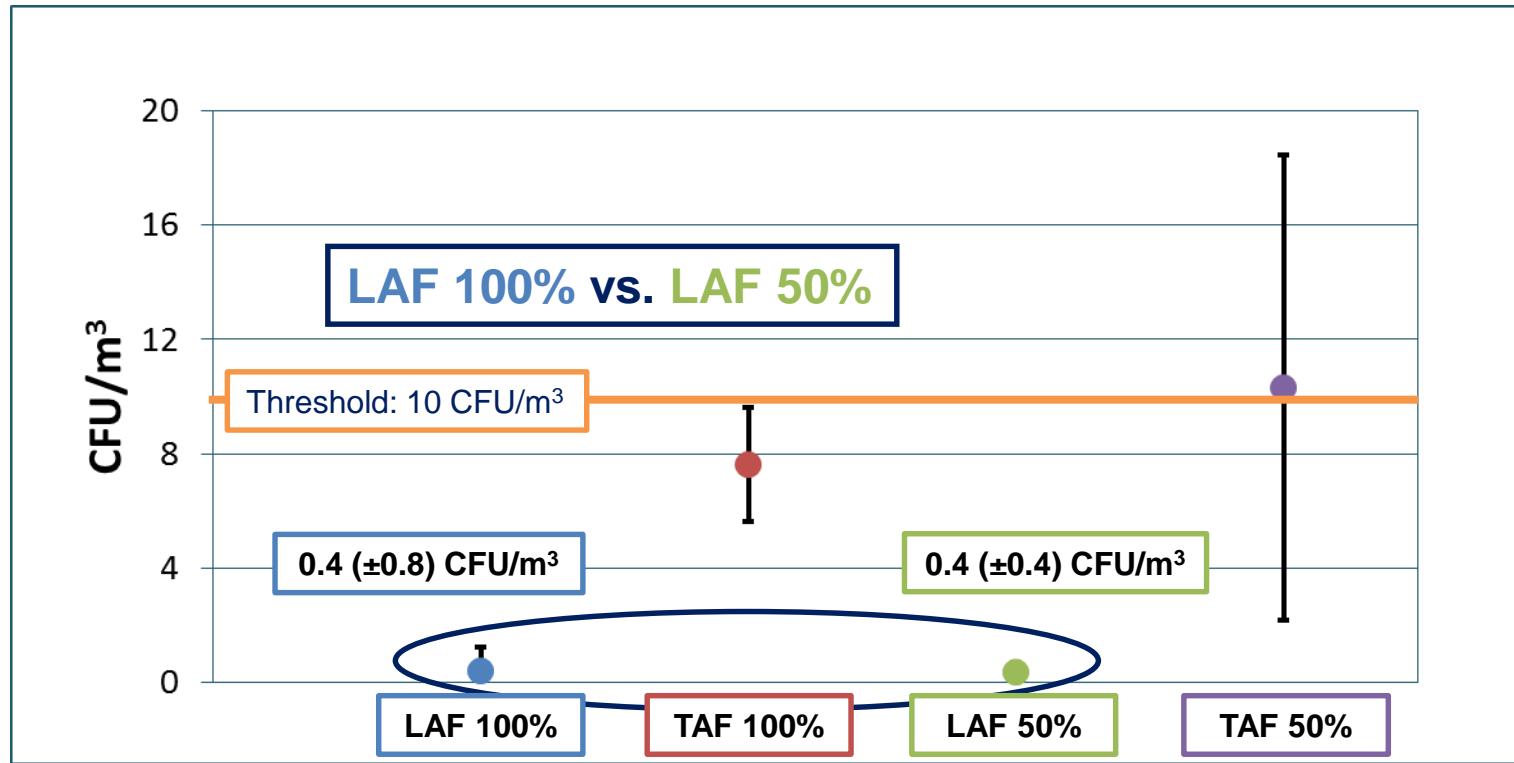
LAF: Laminar airflow

TAF: Turbulent airflow

Fresh air exchange: 100% vs. 50%

Microbial air contamination

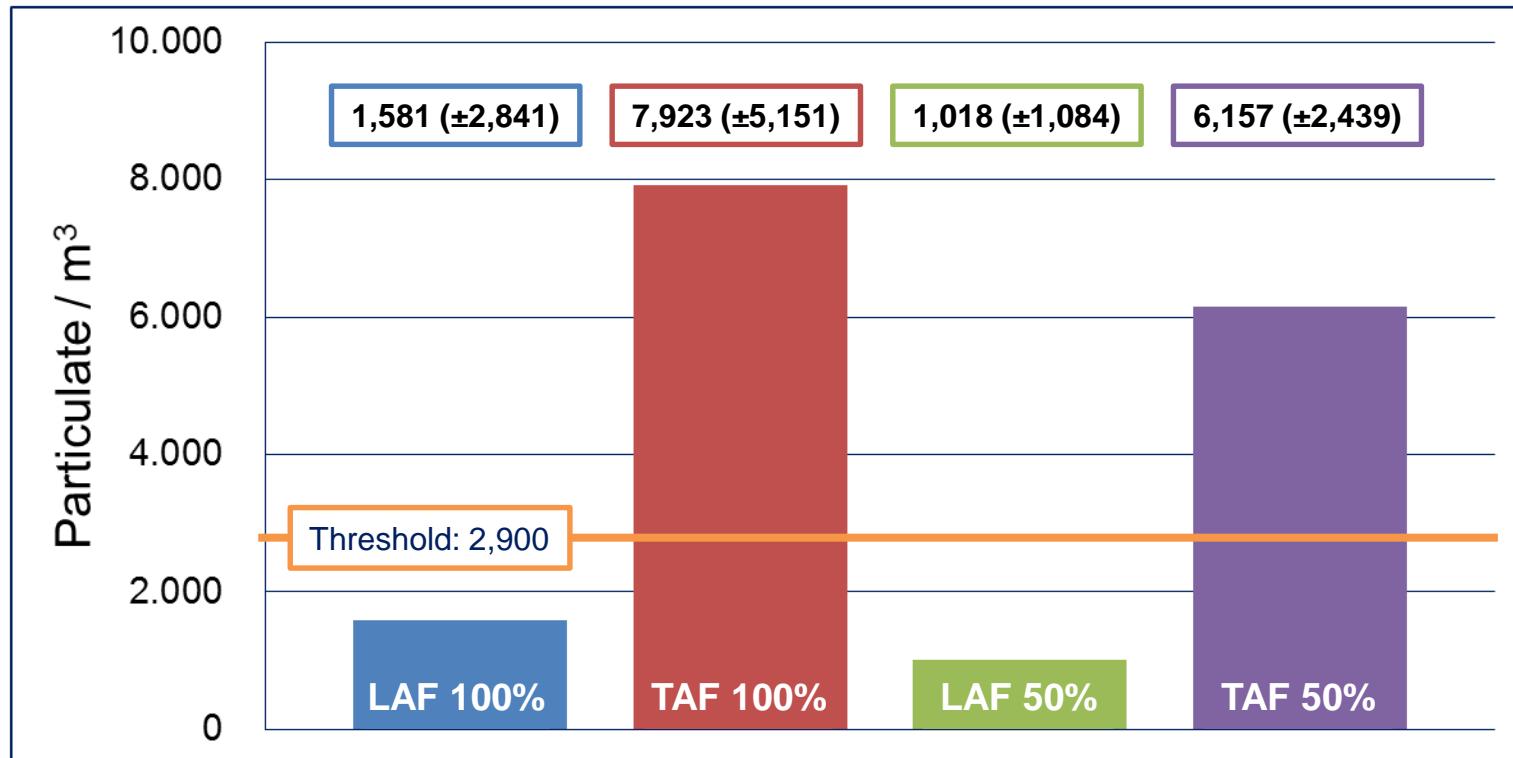
Mean (\pm SD), n=8



LAF: Laminar airflow
TAF: Turbulent airflow
Fresh air exchange: 100% vs. 50%

Microbial air contamination

Macro-particles ($\geq 5 \mu\text{m}$), mean ($\pm \text{SD}$), n=8



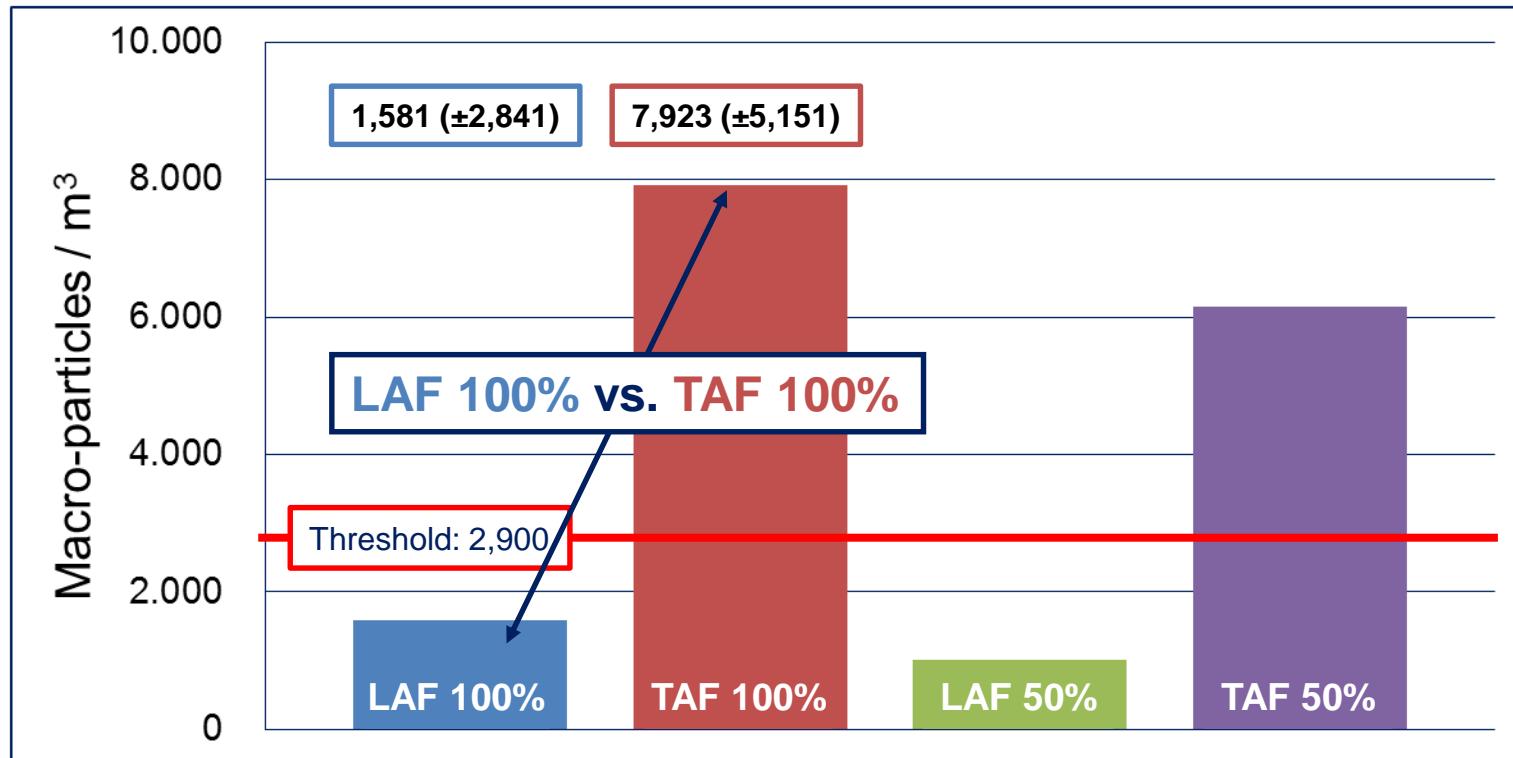
LAF: Laminar airflow

TAF: Turbulent airflow

Fresh air exchange: 100% vs. 50%

Microbial air contamination

Mean (\pm SD), n=8



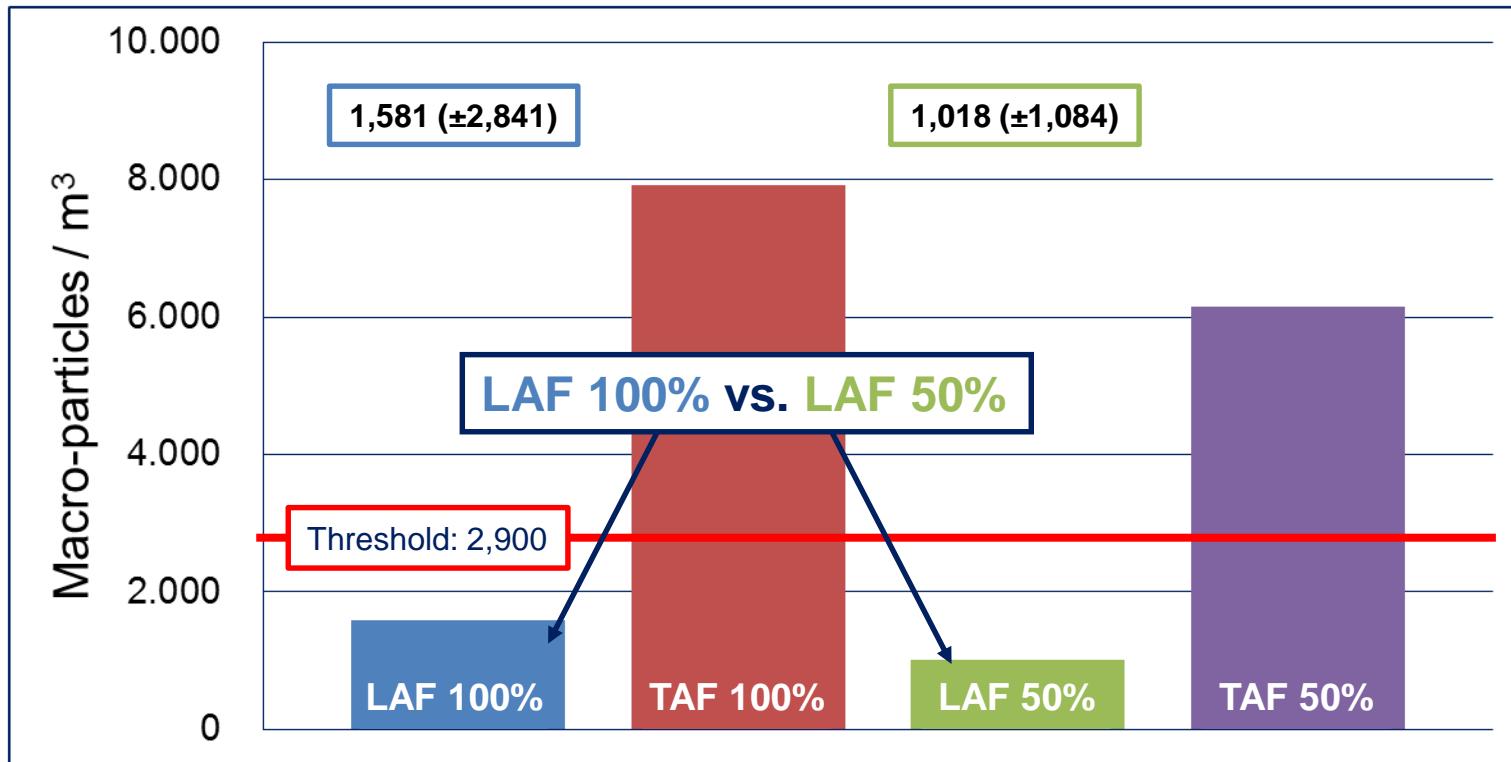
LAF: Laminar airflow

TAF: Turbulent airflow

Fresh air exchange: 100% vs. 50%

Microbial air contamination

Mean (\pm SD), n=8



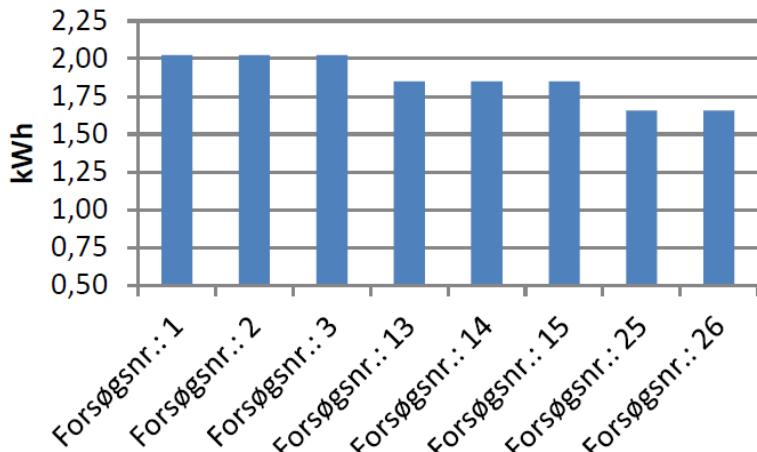
LAF: Laminar airflow

TAF: Turbulent airflow

Fresh air exchange: 100% vs. 50%

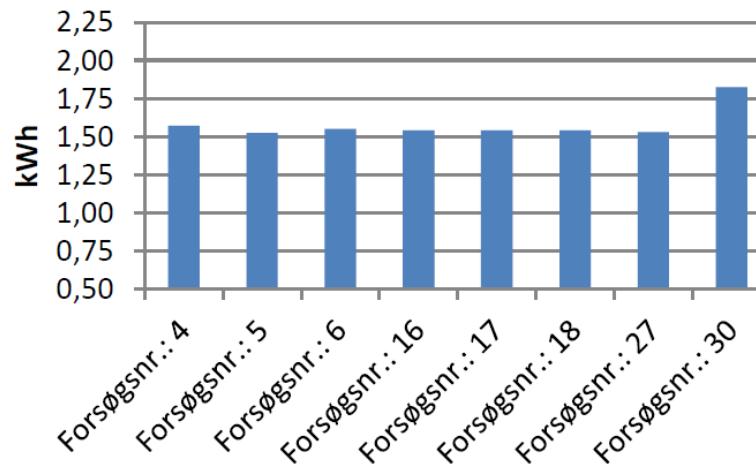
Energiforbrug

LAF 100 %



Elforbruget under de 8 forsøg med 100 % LAF-ventilation.
Gennemsnitligt forbrug: 1,87 kWh.

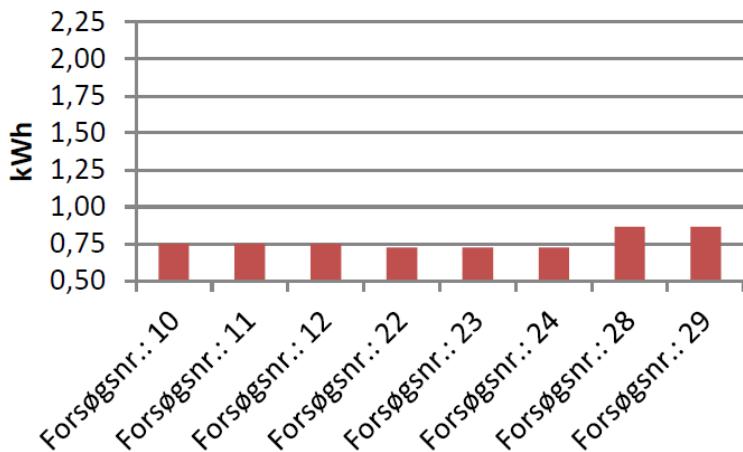
TAF 100 %



Elforbruget under de 8 forsøg med 100 % TAF-ventilation.
Gennemsnitligt forbrug: 1,58 kWh.

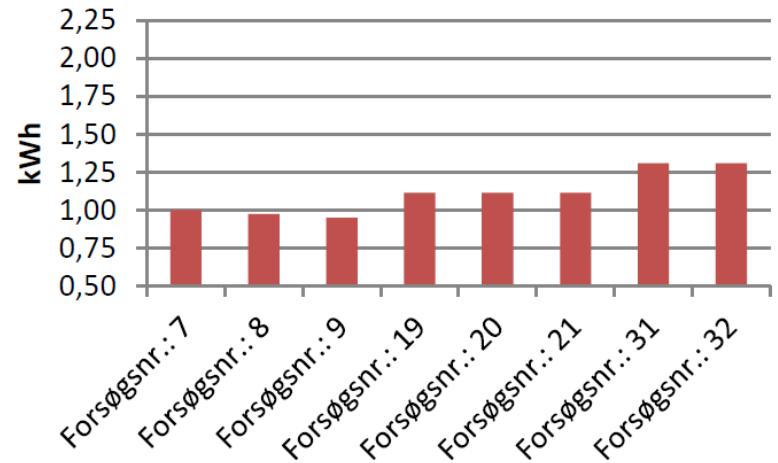
Energiforbrug

TAF 50 %



Elforbruget under de 8 forsøg med 50 % TAF-ventilation.
Gennemsnitligt forbrug:
0,77 kWh.

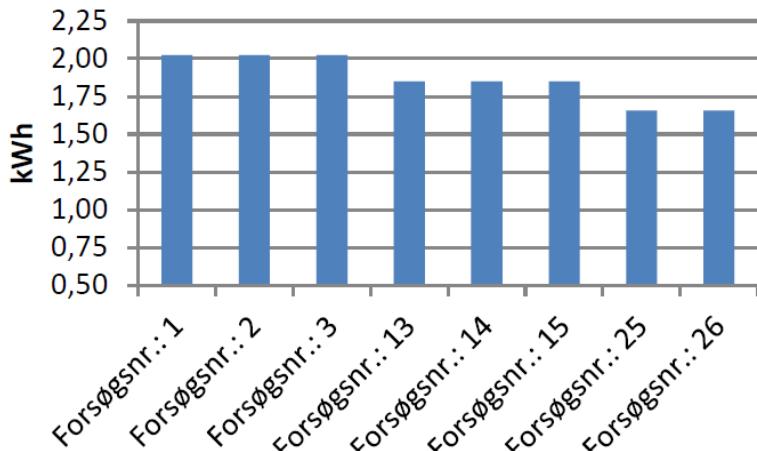
LAF 50 %



Elforbruget under de 8 forsøg med 50 % LAF-ventilation, der overholder gældende grænseværdier
Gennemsnitligt forbrug: 1,11 kWh.

Energiforbrug

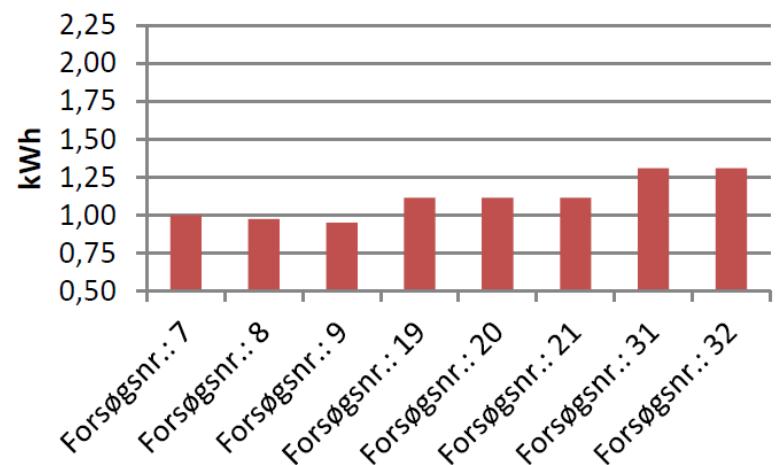
LAF 100 %



Elforbruget under de 8 forsøg med 100 % LAF-ventilation.

Gennemsnitligt forbrug: 1,87 kWh.

LAF 50 %

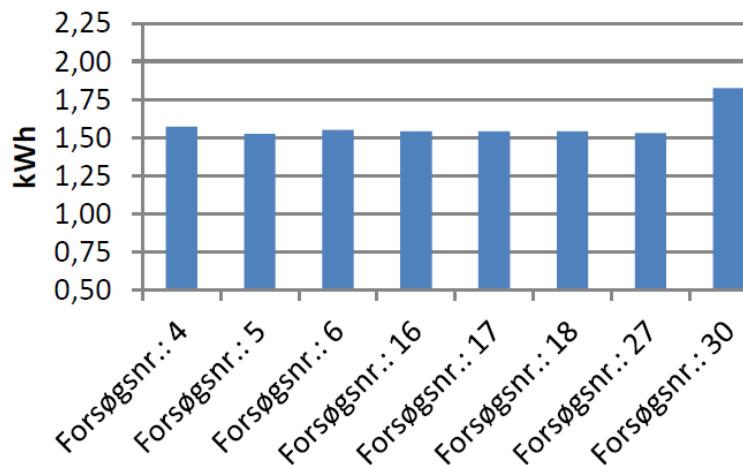


Elforbruget under de 8 forsøg med 50 % LAF-ventilation, der overholder gældende grænseværdier

Gennemsnitligt forbrug: 1,11 kWh.

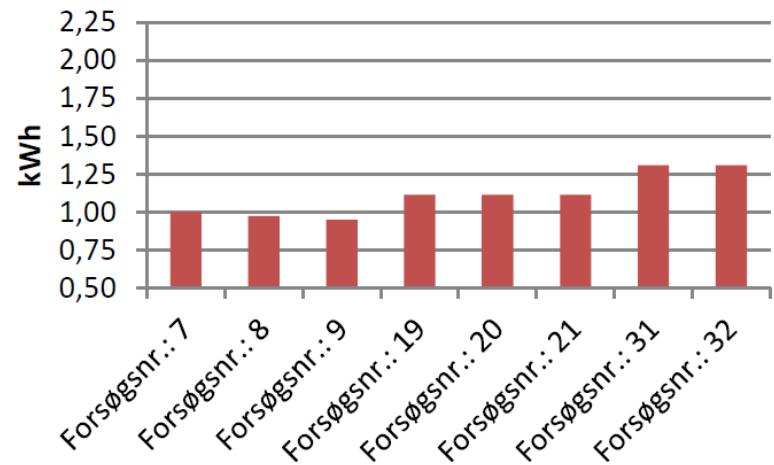
Energiforbrug

TAF 100 %



Elforbruget under de 8
forsøg med 100 % TAF-ventilation.
Gennemsnitligt forbrug:
1,58 kWh.

LAF 50 %



Elforbruget under de 8 forsøg med
50 % LAF-ventilation, der overholder
gældende grænseværdier
Gennemsnitligt forbrug: 1,11 kWh.

- Laminar air flow (LAF) 100% significantly reduces number of colony forming units (CFU) compared with turbulent air flow (TAF) 100%
- LAF 100% and 50% fresh air reduction had the same amount of colony forming units
- TAF 100 and 50 % had both CFU and particle numbers above the ISO threshold for ultra clean air rooms

- Energy consumption on LAF could be reduced 40% without compromising the number of CFU



- The studies are going to be done with patients in a clinical setting
- A major problem that we have values above recommended thresholds in TAF operating room

Perspektiv

- Projektet 'OP Vent – Energieffektiv ventilation på operationsstuer' viser, at
 - flere hundrede af Danmarks ca. 700 offentlige og private operationsstuer kan
 - få renere luft og dermed forebygge infektioner
 - spare energi
- OP VENT 2

OP VENT 2

- Kortlægning af operationersstuer i DK ved live operationer (kunstige hofter og knæ)
 - Energiforbrug
 - Forekomst af mikroorganismer
- Reduktion af luftmængde
 - LAF
 - TAF

Tids- og aktivitetsplan.

	År 2017				År 2018				År 2019				År 2020
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1
WP1: Feasibility studie													
1.1: Klassifikation af operationsstuer og kortlægning organiseret, hvilke sygehuse skal udvælges til forsøg	■	■											
1.2: Indgå aftaler med de enkelte sygehuse om deltagelse i projektet. Indhentning af godkendelser fra relevante myndigheder for udførelse af undersøgelserne.		■	■	■									
1.3: Besigtigelse og udvælgelse af operationsstuer, kan de anvendes til forsøg?	■	■	■	■	■								
1.4: Udførelse af grundig kortlægning af de udvalgte operationsstuer. Kortlægningen udføres efter udarbejdet drejebog. Sådanne at alle kortlægningerne bliver udført ens.					■	■	■	■					
1.5: Indsatsområder for optimerings muligheder noteres.					■	■	■	■					
WP2: Teknologiduvelkling													
2.1: Undersøgelse og udførelse/montering af frekvens regulering af LAF anlægget					■	■	■	■					
2.2 Tilpasning af luftmængden i forhold til de faktiske forhold samt i forhold til de værdier, som blev målt under WP1 punkt 1.4.					■	■	■	■	■	■	■	■	
WP3: Demonstration													
3.1: Fuldskala live operation foretaget på udvalgt sygehus, med luftmængde før optimering. Forsøgene udføres i henhold til udarbejdet drejebog									■	■	■	■	
3.2: Fuldskala live operation foretaget på udvalgte sygehus, med luftmængde efter optimering. Forsøgene udføres i henhold til udarbejdet drejebog									■	■	■	■	
WP4: Dokumentation og videnopbygning													
4.1: Dokumentation af projektets resultater foretaget									■	■	■	■	
4.2: Udarbejdelse af videnskabelige artikler og konferenceindlæg gennemført									■	■	■	■	
WP5: Generel projektleddelse og formidling													
5.1: Administrativ projektleddelse	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
5.2: Mødeledelse	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
5.3: Videnformidling	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	

Videnskabelige Publikationer

- Foredrag
 - Nationale
 - Internationale
- Skriftlig
 - Peer-reviewed internationalt tidsskrift



Perspektiv

De nye supersygehuse



Thank you very much for your attention

