

VENTILATION

ENERGIEFFEKTIVE
TEKNOLOGIER



LAMINAR INDBLÆSNING (LAF) KAN SKABE ET MERE SIKKERT OG
ENERGIEFFEKTIVT OPERATIONS MILJØ, DER NEDSÆTTER INFEKTIONS-
RISIKOEN I FORHOLD TIL KONVENTIONEL VENTILATION (TAF)

PROJEKT 345-019

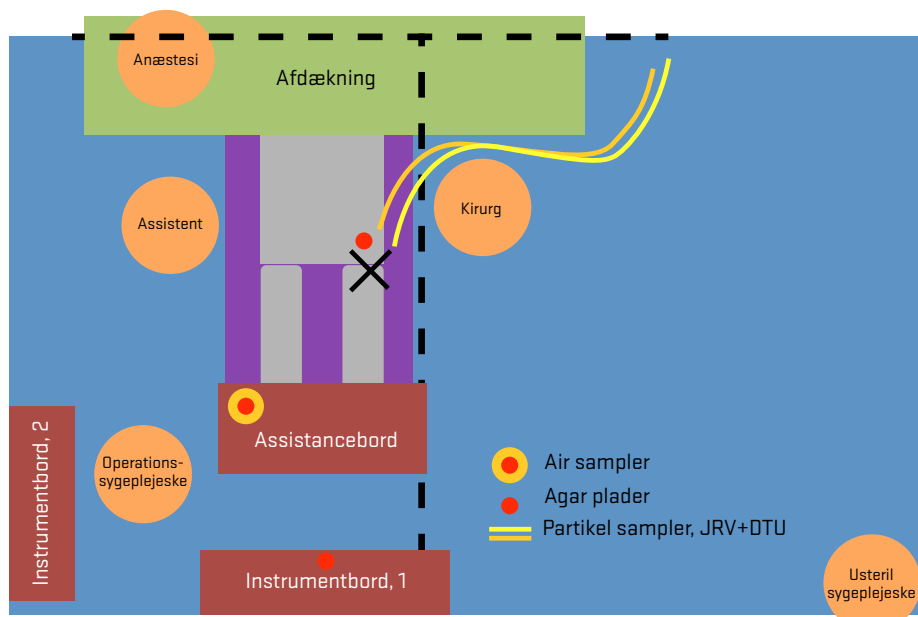
OP Vent - Energieeffektiv ventilation på operationsstuer

MÅLSÆTNING:

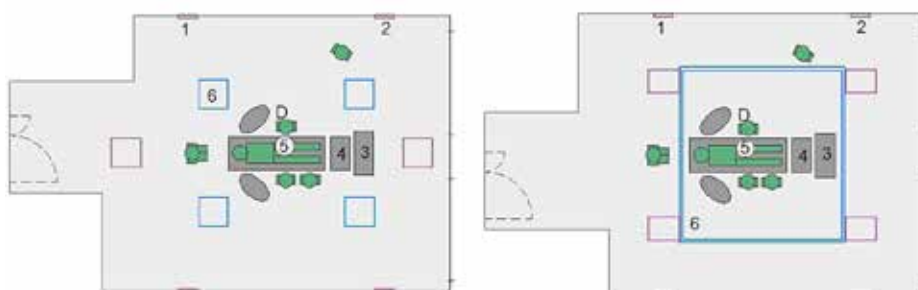
I projektet undersøges potentialet for energioptimering af ventilationssystemer på sygehusenes operationsstuer gennem en række mock-up operationsforsøg på to identiske operationsstuer – den ene udstyret med laminar indblæsning (LAF: laminar air flow), den anden med konventionel ventilation (TAF: turbulent air flow). Projektgruppens deltagere ønskede gennem disse forsøg at dokumentere effekten på rumluftens renhed og ventilationssystemernes energiforbrug ved henholdsvis 100 % og 50 % friskluftmængde.

MÅLGRUPPE:

Danske Regioner gennemfører i disse år de hidtil største investeringer i moderne supersygehuse, hvis investeringsbeslutninger får konsekvenser for sygehussektorens samlede energiforbrug i mange år. Ventilation tegner sig for ca. en femtedel af sygehusenes samlede elforbrug. Projektets resultater er derfor i første række særligt interessant for de projekterende rådgivere og leverandører, der er involveret i disse projekter samt for administrative og politiske beslutningstagere i de fem regioner. Men projekteringsresultaterne kan også bruges af energiselskaberne i bestræbelserne på at energioptimere driften af de ca. 700 operationsstuer, der findes på offentlige og private hospitaler i Danmark.



Figur 1. Skematisk fremstilling af forsøgsopstilling.



Figur 2. Opstilling med opsamlingspunkter (1-6) og doseringspunkt under DP Vent (5 personer) operationsimulering. Tv ses opstilling med TAF-ventilation, t.h. LAF-ventilation.

SAMMENLIGNENDE SIMULEREDE OPERATIONSFORSØG HAR VIST, AT LAF-VENTILATIONSSYSTEMER HAR ET STORT POTENTIALE I FORHOLD TIL TAF-SYSTEMER FOR AT FORBEDRE KVALITETEN AF INDELUFTEN PÅ OPERATIONSSTUER.

PROCESSEN:

CLEAN Energy har stået for administrativ projektledelse, mens Fournais Energi har haft ansvaret for den faglige projektledelse. JVR A/S har som leverandør af LAF-ventilationssystemer bidraget med viden om drift og optimering, mens Odense Universitetshospital har tilrettelagt og gennemført 32 simulerede hoftealloplastiske operationer og analyseret resultaterne. Odense Universitetshospital har bidraget med mikrobiologisk kimtælling og partikelmålinger. Endelig har DTU Byg medvirket ved projektets sporgas-målinger.

Udgangspunktet for projektet var en ny medicinsk teknologivurdering (MTV) fra Sundhedsstyrelsen, der i 2011 fastslog, at der ikke var infektionsforebyggende gevinster ved at benytte dyrere og mere elforbrugende

LAF-ventilationssystemer, men denne vurdering har været anfægtet af både medicinsk og ventilationsteknisk fagkundskab. CLEAN Energy, Fournais Energi og JVR gik derfor i samarbejde med Odense Universitetshospital om at kortlægge effekten fra de to ventilationssystemer og samtidig afprøve potentialet for at energioptimere driften uden at øge kontamineringsrisikoen.

I projektets startfase gennemførtes internationale litteraturstudier, der viste stor mangel på faktisk viden om forskellen på driften af de to ventilationssystemer. Gennemførelsen af projektet kunne derfor bidrage til afgørende ny viden. En efterfølgende kortlægning af danske operationsstuer viste, at der på Gentofte Sygehus var gode betingelser for at gen-

nemføre projektets sammenlignende forsøg, fordi sygehuset råder over to identiske operationsstuer med hhv. et LAF- og et TAF-anlæg.

I perioden november 2014 til januar 2015 gennemførte overlæger fra Odense Universitetshospital i alt 32 simulerede hofte-proteseoperationer, fordelt med 8 operationer ventileret med 100 % friskluft fra et LAF-anlæg, 8 operationer med 50 % friskluft fra LAF, 8 operationer med 100 % friskluft fra TAF og 8 operationer med 50 % friskluft fra TAF. Luftskiftet blev styret via sygehusets CTS-anlæg, og der blev undervejs gennemført målinger af bakteriekim (CFU: colony forming units), partikler og elforbrug.

RESULTATER:

FORVENTNING:

For at forebygge kontamineringsrisikoen ved implantat-operationer stilles ekstra skrappe krav til luftkvaliteten på operationsstuerne. Der er indført en grænseværdi på 10 bakteriekim (CFU) pr. m³ luft for både TAF- og LAF-ventilerede operationsstuer. Luftens bakterier bæres fortrinsvis af partikler på 4-20 µm, og på baggrund af internationale studier betegnes store partikler (> 5 µm) som "potentielt kimbærende partikler". I Danmark anbefales det derfor, at luften i ultrarene operationsstuer højst må indeholde 2.900 af disse partikler pr. m³.

Resultaterne af den mikrobiologiske kimtælling viste markant lavere antal CFU i de LAF-ventilerede forsøg end i de tilsvarende TAF-ventilerede. Alle målinger i LAF-ventilerede operationer lå meget langt under CFU-grænseværdien, både ved 100 % og 50 % friskluftmængde, mens middelværdien i de TAF-ventilerede operationer var ca. 15 gange højere end i LAF-ventilerede. Det var

dog kun i et enkelt af 8 TAF-forsøg med 50 % friskluft, at grænseværdien blev overskredet.

Partikelmålingerne viste en markant forskel på de to ventilationssystemer. Resultaterne fra morgenmålingerne, der registrerede luftforureningen på en inaktiv (tom) operationsstue gennem 5 minutter, viste ingen partikler i den LAF-ventilerede operationsstue, mens den TAF-ventilerede stue lå med værdier, der i gennemsnit var 10 gange så høj som den anbefalede grænse. Af figur 3 fremgår, at målinger gennem 50 minutters simulerede operationer viste, at de LAF-ventilerede stuer i alle tilfælde overholdt grænseværdien for både store og små partikler, mens andelen af store og potentielt kimbærende partikler oversteg grænseværdien med mere end 100 % under de TAF-ventilerede operationer.

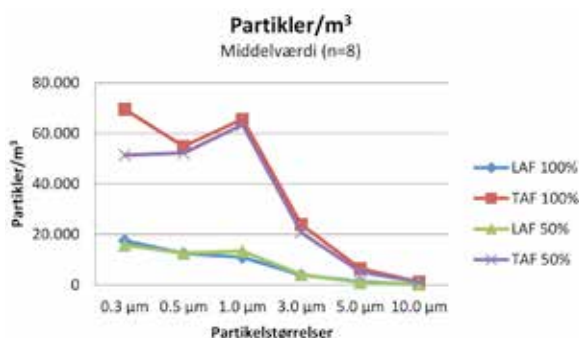
Endelig viste målinger af sporgasser, at der blev opnået en overraskende stor reduktion af kontamineringsrisikoen på 84 % ved et reduceret luftskifte på den LAF-ventilerede stue,

mens et reduceret luftskifte øgede risikoen markant under TAF-ventilation.

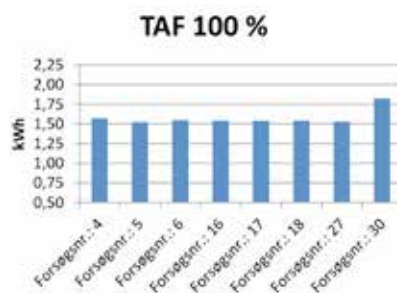
Tabel 1 viser middelværdi og standardafvigelse af henholdsvis store partikler og alle partikelstørrelser. Grænseværdierne for ultra-rene luft med aktivitet er på 2.900 og 352.000 partikler/m³ for disse partikelstørrelser.

ENERGI:

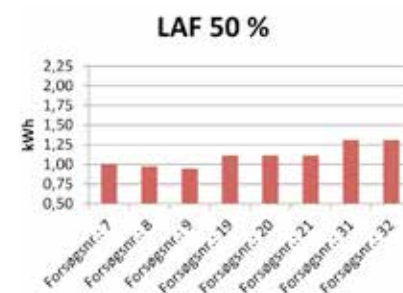
Elforbruget pr. operation blev målt til et gennemsnit på 1,58 kWh ved 100 % TAF-friskluft, og 0,77 kWh ved 50 % TAF-friskluft. Det tilsvarende elforbrug i de LAF-ventilerede operationer viste hhv. 1,87 kWh (100 %) og 1,11 kWh (50 %). Registreringerne af bakteriekim og store partikler viste, at det var fuldt forsvarligt at reducere friskluftmængden i LAF-ventilerede operationsstuer med 50 % og derigennem reducere elforbruget til ventilation med knap 30 % i forhold til TAF-ventilation med 100 % friskluft.



Figur 3. Gennemsnitlige antal partikler pr. m³ rumluft under operationsforsøg med forskellige ventilationsforhold.



Figur 4. Elforbruget under de 8 forsøg med 100 % TAF-ventilation. Gennemsnitligt forbrug: 1,58 kWh.



Figur 5. Elforbruget under de 8 forsøg med 50 % LAF-ventilation, der overholder gældende grænseværdier og reducerer infektionsrisikoen markant. Gennemsnitligt forbrug: 1,11 kWh.

Partikler/m ³ (middelværdi ±SD)	LAF 100 %	TAF 100 %	LAF 50 %	TAF 50 %
Store partikler (5 -10 µm)	1.581 (±2.841)	7.923 (±5.151)	1.018 (±1.084)	6.157 (±2.439)
Alle størrelser (0.5 -10 µm)	29.210 (±27.825) *	156.570 (±94.815) *	30.162 (±29.731)	138.382 (±53.990)

Tabel 1: Middelværdi og standard deviation (SD) af hhv. store partikler/m³ og alle partikelstørrelser/m³. *Signifikant højere middelværdi af partikler i kategorien 'Alle størrelser' ved TAF 100 % sammenlignet med LAF 100 %

EFFEKT:

Projektet har fremskaffet helt ny viden om konsekvenserne af ventilationsdrift på operationsstuer med de to forskellige ventilationssystemer, idet der ifølge projektgruppens litteraturstudier ikke tidligere er gennemført tilsvarende sammenlignelige simuleringsforsøg. Projektgruppen finder på baggrund af forsøgene, at der er behov for yderligere forskning for at verificere de bemærkelsesværdige resultater – så vidt muligt inden der træffes endelig investeringsbeslutning om

ventilationssystemer på alle de nye supersygehuse.

Det er projektgruppens vurdering, at der gennem en optimeret driftsstrategi for LAF-ventilerede operationsstuer kan spares ca. 40 % på elforbruget, mens der kan spares ca. 30 % i sammenligning med TAF-ventilerede operationer. Den økonomiske besparelse er opgjort til mere end 100 mio. kr. i ventilationssystemets levetid.

Nok så væsentligt er, at anvendelsen af LAF-ventilation efter al sandsynlighed reducerer kontamineringsrisikoen og dermed risikoen for, at patienter bliver inficeret under operationen og efterfølgende må genindlægges og omopereres. Sundhedsstyrelsen har tidligere beregnet de samfundsøkonomiske omkostninger ved sådanne infektioner til at udgøre mellem 34 og 57 mio. kr. om året, hvortil kommer de voldsomme gener for inficerede patienter.

HVORDAN PROJEKTRESULTATERNE KAN BRUGES I PRAKSIS!

Projektets forsøgsresultater sætter ifølge projektgruppen markante spørgsmål ved det faglige grundlag for Sundhedsstyrelsens medicinske teknologivurdering fra 2011. Denne MTV har betydet, at regionerne siden har prioriteret TAF-systemerne for at spare penge både på anskaffelse og drift. Men projektets forsøg vidner om, at denne ensidige satsning på TAF-systemer indebærer en betydelig risiko for patienterne – i hvert fald under implantat-operationer.

Skal grænseværdierne for bakteriekim og store partikler overholdes under TAF-ventilerede operationer, så infektionsrisikoen holdes på et acceptabelt niveau, vil det ifølge projektgruppens analyser forudsætte, at det operationelle personale udstyres med særligt beskyttende udstyr. Merudgiften hertil og det større tidsforbrug til påklædningen vil formentlig medføre større årlige udgifter end besparelsen på afskrivning af ventilationsanlægget.

Projektgruppens rådgiver og leverandør sætter nu på, at LAF-ventilationssystemer får en ny chance i det danske sygehusvæsen. Det kan give de involverede danske virksomheder en konkurrencefordel og skabe mulighed for en yderligere teknologiudvikling med energioptimerede ventilationsaggregater og -systemer. Sundhedsstyrelsens MTV satte i praksis stop for omsætningen af LAF-systemer i JVR A/S og fjernede dermed også muligheden for at energioptimere systemerne.

Projektledelse:

Søren Overgaard
Professor, overlæge, dr. med., forskningsleder
Ortopædkirurgisk Afdeling O
+456541 2286
soeren.overgaard@rsyd.dk

Lars Henrik Frich
Klinisk lektor
Overlæge phd
Ortopædkirurgisk Afd. O
+45 6541 3902
lars.henrik.frich@rsyd.dk

Johnny Nielsen
Fournais Energi ApS
Frydenlundsvej 30, bygning E
2950 Vedbæk
E-mail: johnny@fournais-ing.dk
Telefon: 23 26 00 77
Web: www.fournais-ing.dk

Projekt:

Titel: OP Vent - Energieffektiv ventilation på operationsstuer
Nr. 345-019
PSO Program 2013
Budget i alt: 2.405.068 kr., hvoraf 1.197.423 kr. i tilskud fra Dansk Energi
Tidsplan: 01.03.2013-30.06.2015

Programkoordinator:

Jørn Borup Jensen
Dansk Energi
Vodroffsvej 59
1900 Frederiksberg C

Telefon: 35 300 934
E-mail: jbj@danskenergi.dk
Web: www.elforsk.dk

LAF-VENTILATION HAR ET POTENTIALE FOR ELBESPARERELSER PÅ 30-40 % OG KAN ØGE MULIGHEDERNE FOR AT BEGRÆNSE KOSTBARE OG GENERENDE GENINDLÆGGELSER OG OPPERATIONER.



OUH
Støber efter kvalitets i luft

Region Syddanmark

Region Hovedstaden

CLEAN
INNOVATING GREEN SOLUTIONS

JIV

FOURNAIS ENERGI
Foreningen af Rådgivende Ingeniører FRI