

# Notat

## Ventilasjon av operasjonsrom

Finn Drangsholt, Sykehusbygg HF

### Luftkvalitet/Innledning

God luftkvalitet i operasjonsrom er med å bidra til et godt arbeidsmiljø fritt for helseskadelige partikler, gasser og ubehagelig lukt for de ansatte. Luftkvaliteten i ei operasjonsstue skal i tillegg være av en slik kvalitet at den minimaliserer faren for at pasientens operasjonssår og kirurgiske instrumenter eksponeres for sykdomsfremkallende mikroorganismer via luft.

I forbindelse med ethvert kirurgisk inngrep er det en risiko for at det kan oppstå en infeksjon i operasjonssåret etter operasjonen. Det skyldes at bakterier under eller etter inngrepet spres til sårområdet. Spredning av bakterier kan skje via kontaktsmitte, dråpesmitte og luftsmitte. Kilden til disse bakteriene vil i hovedsak være mikroskopiske bakteriebærende hudflak fra pasienten og personene som oppholder seg i rommet.

Tilstrekkelig ventilasjon sammen med riktig bekledning og gode adferdsprosedyrer er med å sikre en forsvarlig luftkvalitet i operasjonsrommet. Rundskriv fra Staten Helsetilsyn (1997) har følgende anbefalinger relatert til mikrobiologisk luftkvalitet i operasjonsrom :

Tabell 1. Anbefaling fra Helsetilsynet

Type rom	Virksomhet	Anbefaling CFU/m <sup>3</sup>
Ultrarent operasjonsrom	Infeksjonsfølsom kirurgi (ortopedi, hjerte/kar, nevrokirurgi)	< 10
Generelt operasjonsrom	Alle andre kirurgiske inngrep	<1 00

\*) CFU : colony forming units (kolonidannede enheter - bakterier/sopp)

FHI kan opplyse at andel av kirurgiske inngrep hvor det har blitt oppdaget en postoperativ infeksjon, oppstått innen 30 dager etter inngrepet, går litt ned for hvert år - fra 2,1 prosent i 2015 til 1,4 prosent i 2019. Det er stabil utvikling og relativt liten variasjon mellom de regionale helseforetakene.

### Ventilasjonsprinsipp og begreper

Ventilasjon inndeles i to hovedprinsipper - fortytning og fortregning. Rom kan ventileres etter det ene eller andre prinsippet, eller en kombinasjon av disse prinsippene.

**Fortytning** innebærer at forurensninger tynnes ut med ren luft (jo mer luft, desto lavere konsentrasjon). Ved ideell fortytning er konsentrasjon av forurensninger homogent fordelt i hele romvolumet. Ideell fortytning oppnås ved riktig plassering av tilluftsventiler som ved hjelp av luftstråler sørger for god omblending av luft og forurensninger.

**Fortrengning** innebære å «skyve bort» forurensninger fra kritiske områder som for eksempel åndedrett eller et operasjonssår. Ved ideell fortrengning beveger luften seg som en stempelstrøm gjennom rommet. Ideell fortrengning krever stort tillufts- og avtrekksareal og er i hovedsak benyttet i enkelte industrielle applikasjoner (for eksempel lakkeringsbokser).

**Luftveksling** (luftskifte) er et begrep som går igjen i mange kravspesifikasjoner. Luftveksling er definert som forholdet mellom tilført luft pr tidsenhet og romvolumet. To rom med lik luftmengde, men med forskjellig størrelse får ulikt luftveksling. Det minste rommet får høyere luftveksling enn det største, men konsentrasjonsnivået av forurensning (for eksempel luftboren smitte) vil være det samme i begge rommene gitt konstant og lik forurensningstilførsel. Det er først når tilførsel av forurensninger opphører at forskjell i luftveksling får betydning. Det minste rommet med høyest luftveksling får raskere uttynning (kortere opprensningstid) enn rommet som er større.

Et luftvekslingstall på 20 innebærer **ikke** at luften i rommet skiftes ut 20 ganger i løpet av en time dersom det ventileres etter fortynningsprinsippet. Ved ideell fortykning og 20 luftvekslinger tar det ca 15 minutter å lufte ut alle forurensninger. Først ved ideell fortrengning med stempelstrøm vil et luftvekslingstall på 20 innebære at luften byttes ut 20 ganger i løpet av en time. Ingen rom i et sykehus ventileres med ideell stempelstrøm gjennom hele volumet, men det finnes løsninger hvor deler av volumet har fortrengningsventilasjon mens resten av volumet ventileres med fortykning.

**Opprensningstid** er tiden det tar fra tilførsel av forurensninger opphører til konsentrasjonen har falt til et gitt nivå. Rom med likt luftskifte kan ha ulikt forurensningsnivå fordi tilførsel av forurensning er større i det ene rommet enn i det andre. Opprensningstid er en relativ størrelse, dvs den sier ingen ting om absolutt forurensningsnivå – kun hvor mye utgangsnivået har endret seg over en gitt tid etter at forurensningstilførselen har opphørt.

**Trykksetting** innebærer at rommet har overtrykk eller undertrykk i forhold til omliggende areal. Formålet med trykksetting er å hindre at forurensninger fra omliggende areal trenger inn i rommet via lekkasjeåpninger, alternativt hindre at forurensninger fra rommet ikke lekker ut til omliggende areal.

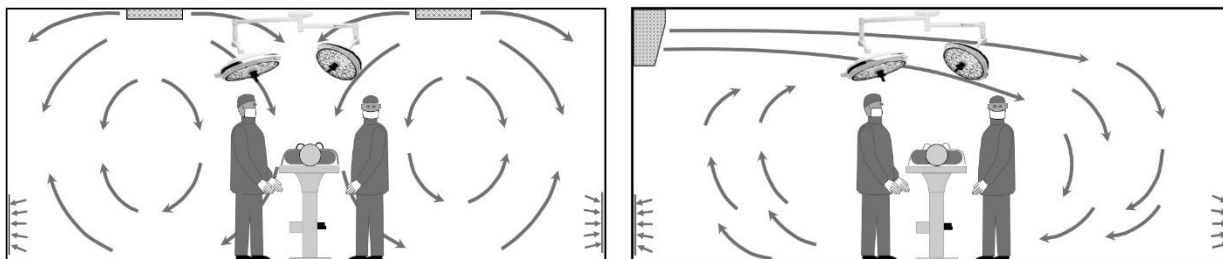
Rom trykkes ved at det etableres ubalanse mellom mekanisk tilførsel og avtrekk av luft. Luftdifferansen utlignes ved at det etableres overstrømning mot omliggende rom (for eksempel korridor). Overstrømning kan skje via spalt under dør, ventil over dør, overstrømningskanal fra himling i rom til himling i korridor eller tilsvarende arrangement. Romtrykket blir bestemt av overstrømningsmengde og motstand i overstrømningsarrangementet. Når en dør inn til et rom som er trykksatt åpnes, punkteres rommet. Luft vil da fritt kunne strømme inn eller ut av rommet

## Ventilasjon av operasjonsrom

### Fortynningsventilasjon

Fortynningsventilasjon (omrøringsventilasjon) er det vanligste ventilasjonsprinsippet for operasjonsrom som skal brukes til generell kirurgi ( $< 100 \text{ CFU/m}^3$ ). Tilluftsventiler plasseres enten i tak eller høyt oppe på vegg. Avtrekk plasseres på vegg ved gulv/tak, eventuelt innfelt i himling. Sykehusbygg har i sine designdokumenter satt krav til opprensningstid på 20 minutter (uttynning 1:100) for rom som skal benyttes til generell kirurgi. Dette tilsvarer et luftskifte på ca  $18 \text{ h}^{-1}$ . Luftmengde må vurderes ut fra antall tilstedeværende, bekledningstype og adferd. Det som gir

høyest luftmengde (luftskifte vs fortynning) blir dimensjonerende. Typisk luftmengde i rom for generell kirurgi ligger i område 2500 – 3500 m<sup>3</sup>/h. Operasjonsrom for generell kirurgi prosjekteres normalt kun med friskluft, men det finnes eksempel hvor luft også resirkuleres via HEPA filter. Eksempel på fortynning med diffusorer i tak (a) og lufttilførsel fra vegg (b) er vist i figur 1.



Figur 1. a) Ventilasjon via takdiffusorer

b) Ventilasjon via bakkantventil

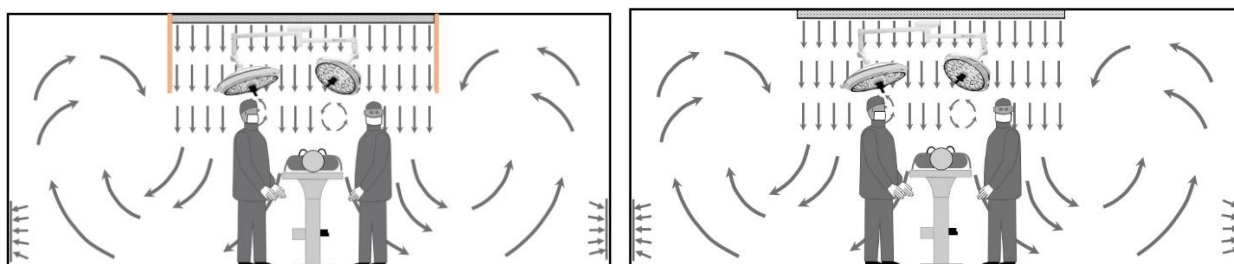
### Fortregningsventilasjon med LAF-tak

Fortregningsventilasjon har vært det vanligste ventilasjonsprinsippet i operasjonsrom egnet for infeksjonsfølsom kirurgi (< 10 CFU). System basert på **laminær luftstrømning** (LAF) ble utviklet av romfartsindustrien tidlig på 60 tallet. Prinsippet bygger på at hele luftmengden innfor et definert område beveger seg med lav hastighet (0,3 – 0,4 m/s) i parallelle linjer med et minimum av forstyrrelser.

I operasjonsrom med LAF-tak skjer tilførsel av luft via et stort takplassert plenumskammer som fordeler luftmengden jevnt over hele tilførselsarealet. Typisk tilførselsareal ligger mellom 9 og 13 m<sup>2</sup>. Luftbehovet for et slikt system er gitt av takareal og lufthastighet og ligger i området 10 – 18.000 m<sup>3</sup>/h. Avtrekk plasseres som for 100 CFU rom på vegg ved gulv/tak, eventuelt innfelt i himling.

I operasjonsrom beregnet for infeksjonsfølsom kirurgi er det vanlig å resirkulere en del av luftmengden via HEPA filter. Typisk fordeling er 20% friskluft og 80 % resirkulering. HEPA filtre har høy utskillingsgrad og sørger for at resirkulert luft sammen med friskluft er tilnærmet fri for partikulære forurensninger. Friskluft sørger for at gassformige forurensninger uttynnes.

Eksempel på LAF tak med skjerm som stabiliserer luftstrømmen (a) og LAF tak uten skjerm (b) er vist i figur c2



Figur 2. a) Laf-tak med skjerm

b) LAF-tak uten skjerm

I tillegg til å stabilisere luftstrømmen gir skjermøsning mulighet til å redusere antall opphengssøyler da strøm og gassutak kan henges på kanten av skjermen. Løsningen kan imidlertid sette begrensning når det gjelder tilkomst av utstyr for bildediagnostikk.

En avart av overstående prinsipper er benyttet i noen sykehus. Prinsippet har flere betegnelser (mini LAF, lavvolum ensrettet luftstrøm etc). Arealet på feltet som blåser inn luft og luftmengden er mindre enn det som benyttes i rom med krav  $\leq 10$  CFU. Eksempel på et slikt system er vist i figur 3

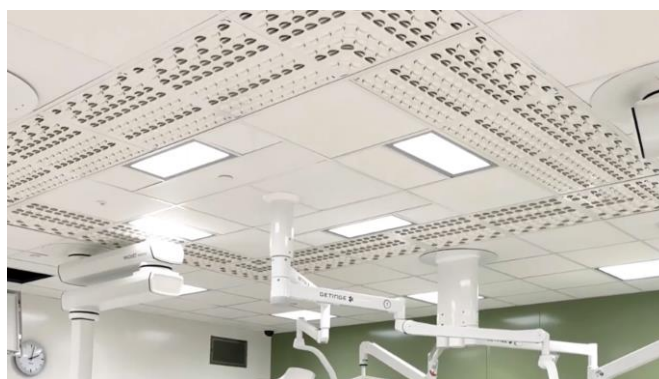


Figur 3 «mini LAF»

I tomt rom uten personer og utstyr vil dette systemet kunne oppdrive en viss form for ensrettet luftstrømning. Med utstyr og personell vil dette systemet ha mer karakter av et fortynningsystem.

#### **Alternativer til tradisjonell LAF**

Det i de senere år kommet flere alternativer til tradisjonelle LAF tak. Halton (Finland) har utviklet et system de kaller Halton Vita OR Space. Systemet baserer seg på fortykning og egner seg for både 10 og 100 CFU rom. Rommet dels ved hjelp dyseventiler i en indre og ytre sone. Luftmengden dimensjoneres ut fra renhetskrav, antall tilstedeværende og bekledning. Figur 4 viser oppbygging av systemet.



Figur 4. Halton Vita OR space med indre og ytre sone ventilert etter fortykningsprinsippet

Avidicare (Sverige) har utviklet et system de kaller Operagon. Dette er et prinsipp hvor luft i operasjonsfeltet tilføres med lav impuls og noe lavere temperatur enn i omliggende sone. Omliggende sone ventileres etter fortynningsprinsipp. Lufttilførselen skjer via «sopplignende» tilluftsorgan som er patentert. Systemet er gitt forkortelsen TAF (Temperatur controlled Air Flow).

Med dette prinsippet hevdes det at man i operasjonsfeltet kan oppnå 0-5 CFU/m<sup>3</sup> med normal bekledning og en luftmengde på 6300 m<sup>3</sup>/h. Systemet er vist i figur 5



Figur 5. Operagon med LAF over operasjonsbordet og fortynning utenfor

Lokale LAF-enheter i kombinasjon med ordinær fortynningventilasjon (100 CFU) er et tredje alternativ som benyttes for å tilfredsstille renhetskrav i operasjonsrom tiltenkt infeksjonsfølsom kirurgi. Flere leverandører leverer lokale LAF-enheter som kan plasseres på oppheng fra tak eller som trillbar enhet på hjul. Den lokale LAF-enheten resirkulerer romluft via HEPA filter og benyttes til å lage høy renhet rundt operasjonssår og oppdekningsbord. Konseptet er vist i figur 6.



Figur 6. 100 CFU stue supplert med to lokale LAF enheter hver på 400 m<sup>3</sup>/h



## Ventilasjonsaggregat og kanalnett

Tilførsel og avtrekk av luft skjer ved hjelp av ventilasjonsaggregat og kanalnett. Aggregatets oppgave er å behandle og tilføre rommet ren luft, samt sørge for at forurenset romluft trekkes ut. Tilført luft varmes, kjøles og renses via filter. Ved behov kan det også installeres komponenter for befuktning og avfukting.

Avtrekkslufta fra rommet filtreres i aggregatet for å beskytte aggregatkomponenter. I 100 CFU rom har det vært tradisjon å ventilere kun med uteluft. I 10 CFU rom er det vanlig å resirkulere en del av romlufta (70- 85%) via høyeffektive filter (HEPA).

Ventilasjonsaggregat bestykes med varmegjenvinner som reduserer effekt- og energibehov til oppvarming av ventilasjonslufta. Det finnes ulike varmegjenvinningsprinsipp. I renromssammenheng skilles det mellom gjenvinner som kan overføre litt avtrekksluft til tillufta og gjenvinnere som holder avtrekk og tilluft helt adskilt. Den førstnevnte gjennvertypen har vesentlig bedre virkningsgrad enn den andre. ROS og LCC vurderinger avgjør hva som bør velges.

Kanalnettet skal sørger for at luft distribueres mellom aggregat og rom. I tillegg må det etableres kanaler som kobler aggregat til luftinntak og avkast.

Et ventilasjonsaggregat kan dekke flere operasjonsrom. Velges en slik løsning må det benyttes varmegjenvinnere som holder tilluft og avtrekk helt adskilt (hindrer at lukt og bakterier overføres mellom rom). Ved feil eller service på ventilasjonsaggregatet vil alle rom stå uten luft. En ROS analyse avgjør om dette kan aksepteres. Det er rapportert at trafikk inn/ut av et rom kan påvirke trykket i de andre rommene med nevnte løsning. Det må velges systemløsninger som ivaretar denne problemstillingen

## Varme/kjøling/elektro/automatikk

For at et ventilasjonssystem skal være operativt, må de ulike komponentene tilknyttes byggets tekniske infrastruktur. Varmebatteri kobles til distribusjonssystem for vannbåren varme, kjølebatteri kobles til distribusjonssystem vannbåren kulde. Vifter, pumper, aktuatorer og andre elektriske komponenter kobles til byggets elektrisitetsnett. Undersentraler og automatikkkomponenter må i tillegg knyttes opp mot byggnært IKT nett. Nødvendig programvare installeres og konfigureres i undersentraler og SD-anlegg. Hvilke komponenter som må ha prioritert kraft/UPS vurderes med bakgrunn i ROS analyse. At ventilasjon blir borte i noen få minutter på grunn av strømbrydd ansees normalt ikke som kritisk i et operasjonsrom.

## Energibehov, effektbehov og driftsstrategi

Oppvarming, kjøling og transport av ventilasjonsluft er effekt- og energikrevende. Reduksjon av disse størrelsene representerer god miljøpolitikk. LCC beregninger kan gi et godt utgangspunkt for vurdering av investeringskostnader, driftskostnader og levetidskostnader.

Operasjonsrom bør ventilasjonen døgnkontinuerlig for å hindre at sluttfiltrene kontamineres på ren side. Typisk brukstid på et operasjonsrom er 8 – 10 timer pr dag 5 dage i uka. Utenfor brukstida kan luftmengden med fordel reduseres slik at god miljøpolitikk ivaretas

## Oppsummering av relevant litteratur

Opp gjennom årene er det gjennomført mange studier som fokuserer på postoperative sårinfeksjoner. Postoperative sårinfeksjoner omfatter overfladiske infeksjoner, dype infeksjoner og infeksjoner i indre organ og hulrom. Sykehusinfeksjoner medfører ekstra ressursbruk, forlenger ventelistene og påfører samfunnet betydelige kostnader. I tillegg kommer de menneskelige lidelsene. Antibiotisk infeksjonsprofylakse kan gi en betydelig reduksjon i infeksjonsfrekvens, men antibiotikaresistens er et økende problem. Dette har medført økt fokus på smitteforebyggende tiltak. Smitteforebygging omfatter i tillegg til ren luft en rekke organisatoriske tiltak som for eksempel :

- Etablering av forebyggende retningslinjer og sjekklister
- Etablering av gode rutiner knyttet til forberedelse og gjennomføring
- Sørge for godt renhold av rom og inventar
- Gjennomføre grundig kroppsvask/desinfeksjon av pasient
- Benytte varmematter for å holde pasienten varm (unngå hypotermi)
- Sørge for riktig bekledning på alt personell
- Sikre at sterilt utstyr ikke eksponeres for forurensninger
- Begrense trafikk inn og ut av operasjonsrommet
- Begrense antall tilstedeværende

Det er vanskelig å avgjøre om den aktuelle sykdomsfremkallende mikroben stammer fra luften i operasjonsstuen, fra pasienten selv, fra personalet eller fra utstyr som brukes. I SINTEF rapporten «Ventilasjon av operasjonsstuer» /1/ antydes det at ca. 10% av nosokomiale infeksjoner i sykehus kan relateres til luftbåren smitte.

### **Ventilasjon**

En nylig publisert artikkel i «Journal of Hospital Infection» /2/ konkluderer med at fortrenningsventilasjon og høy luftmengde (>10.000 m<sup>3</sup>/h) gir lavere infeksjonsrate (0,97 % vs 1,2 %) enn fortynningsventilasjon og lav luftmengde (~3.500 m<sup>3</sup>/h). Hvorvidt fortrenninger er bedre enn fortynning får man ikke fram ved en slik sammenlikning (luftmengdene er ulik). Når studien i tillegg ikke har tatt rede på bemanning, bekledning, adferd og bruk av infeksjonsprofylakse bærer den preg av betydelige metodesvakheter.

En tysk studie /3/ som tar for seg 99.230 hofteoperasjoner konkludere med at fortrenningsventilasjon gir høyere infeksjonsrate enn fortynningsventilasjon, dvs motsatt av /2/. Denne studien har de samme manglene som studiet over, dvs ingen informasjon om luftmengder, personantall bekledning osv.

Når studier viser motsatt resultat, blir det vanskelig å konkludere. Kan grunnen til at resultatene blir motstridig være relativt lav infeksjonsrate uansett systemvalg, og at bare 10 % av infeksjonene kan relateres til ventilasjon (luftsmitte) ?

### **Bekledning**

Operasjonsbekledning har tradisjonelt bestått av bomullstøy. I den senere tid er fokus i større og større grad blitt rettet mot bruk av ulike renromsbekledninger. Mennesket avgir tusenvis av hudpartikler hvert minutt. Partikelmengden øker med økende aktivitet. Hudpartikler kan være bærere av ulike mikroorganismer som hvis de infiserer operasjonssåret kan føre til at det blir en infeksjon.

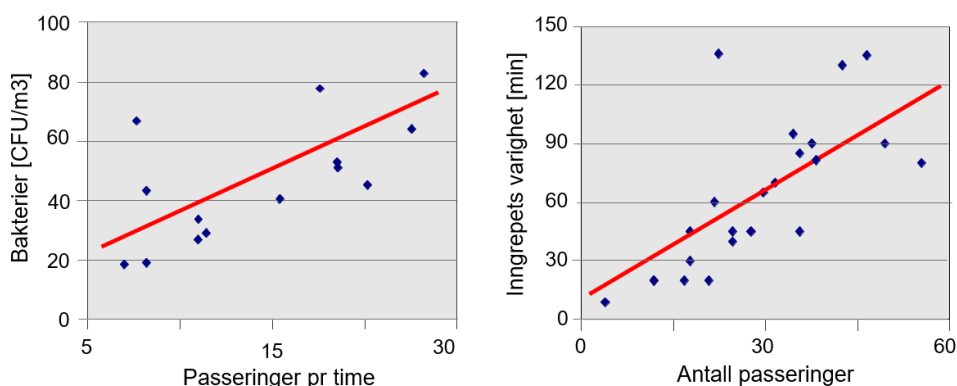
Bekledningens evne til å hindre at hudpartikler kommer ut i romlufta kan klassifiseres ut fra kildestyrke. Bekledningens kildestyrke angir hvor mange CFU en person med gitt bekledning avgir til romlufta pr tidsenhent [CFU/s]. Tradisjonell bomulsbekledning har en kildestyrke på 4-5 [CFU/s], som vil øke etter mange vaskecykluser /4/. Med bruk av engangstøy av ikke-vevd stoff med god tetting rundt armer midje og føtter kan kildestyrken pr person reduseres ned mot 1 CFU/s. Riktig bekledning kan med andre ord redusere smittepresset i et operasjonsrom med en faktor på 5. Figur 7 viser eksempel på ulike bekledningstyper.



Figur 7. Eksempel på operasjonsbekledning med ulik kildestyrke

### Adferd

Trafikk inn og ut av operasjonsrommet kan øke bakterieinnholdet i lufta. Flere studier har avdekt at det under en operasjon kan være mye trafikk inn og ut av rommet. En amerikansk studie /5/ som omfattet 116 operasjoner konkluderer med at det går mellom 60 og 90 sekunder mellom hver passering inn/ut av rommet. En tilsvarende studie utført ved St.Olav Hospital (RIT) på slutten av 90 tallet observerte samme trafikk mønster. Figur 8 viser resultat fra studie gjennomført ved RIT /6/



Figur 8. a) bakteriekonsentrasjon/dørpasseringer b) varighet på operasjon/dørpasseringer

I studiet «Bacterial contamination of surgical scrub suits worn outside the operating theatre» /7/ ble det testet det ut hvor mye bomulsbekledning forurenses på utsiden i løpet av en arbeidsdag.



Konklusjonen var at gjennomsnittlig antall bakterier økte betydelig i løpet av arbeidsdagen. Tøyet ble mer kontaminert rundt midjen enn andre steder på kroppen. Det var liten forskjell i om man oppholdt seg i operasjonsrommet, utenfor operasjonsrommet eller på et kontor.

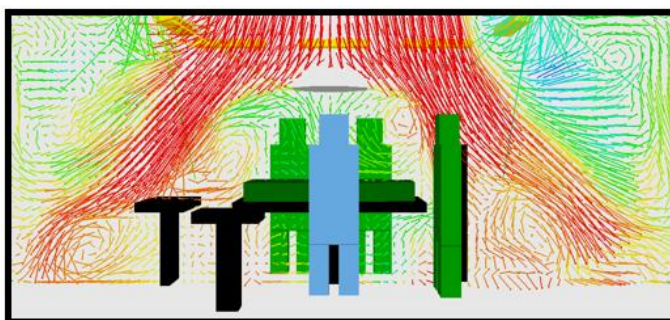
### Hva skal vi velge ?

Gjennomgått litteratur gir ingen klare føringer på om det ene eller andre ventilasjonsprinsippet er å foretrekke. Mye tyder på at infeksjonsstatistikken påvirkes marginalt ved å øke luftmengdene utover det som praktiseres i dag, og de anbefalinger anerkjente leverandører har på sine løsninger. Gitt at bare 10 % av infeksjonene kan knyttes til luftboren smitte bør fokus flyttes fra ventilasjon til områder hvor det kan forventes og oppnås større smittereduksjon. Gode organisatoriske rutine – inkludert bruk av sjekklister, riktig bruk av antibiotika-profylakse, fokus på bekledning og adferd er områder som med fordel kan prioriteres.

Når markedet tilbyr forskjellige ventilasjonsløsninger kan det være vanskelig å velge. Nedenfor følger en kort oppsummering av fordeler og ulemper knyttet til de ulike løsningene.

### **Fordeler og ulemper med LAF/ensrettet vertikal strømming**

- Prinsippet er ekstremt effektivt hvis man oppnår ønsket effekt, dvs skyve forurensinger bort fra operasjonssåret/hindre at forurensinger å deponere i operasjonssåret
- Prinsippet er sårbart for forurensinger som produseres over operasjonssåret. Det stiller derfor høye krav til hodeplagg og åndedrettsbeskyttelse på de som befinner seg i nærsone over pasienten
- Prinsippet etablere en indre og ytre sone hvor indre sone har fortregning av forurensning, mens ytre sone fortytter forurensingene
- Prinsippet krever en viss størrelse på arealet som tilfører luft, da den indre randsonen kontamineres av forurensninger fra den ytre sonen
- Det er behov for en viss hastighet for å oppnå effektiv fortregning (0.25 – 0.40 m/s)
- Økt fortregningshastighet vil kunne motvirke konveksjonsstrømmer fra personer og varmekilder
- Høye lufthastigheter gir imidlertid større turbulens under oppheng, lamper, operasjonsbord og annet utstyr som befinner seg i indre sone, dvs fortregning går over til fortytning (se figur 9)
- Høy utstyrstetthet og oppheng som genererer turbulens kan medføre at forurensninger fra ytre sone trekkes inn i indre sone
- Underkjølt tilluft vil kunne motvirke konveksjonsstrømmer bedre enn isotherm tilluft.
- Høy lufthastighet/kald luft påvirke hvor fort pasienten nedkjøles (hypotermi)
- Kontaminering fra ytre til indre sone kan reduseres med bruk av en skjerm som skiller indre og ytre sone. Høy skjerm kan by på logistikkproblemer ved at billediagnostisk utstyr er for høyt til å kunne passere skjermen



Figur 9. LAF tak med operasjonslampe som genererer turbulens /6/

## Fordeler og ulemper med fortynning

- Ideell fortynning innebærer at konsentrasjon av forurensinger er lik i hele romvolumet.
- Fortynningsventilasjon oppnås ved god omblending av romluft. God omblending etableres ved hjelp av luftstråler. Fornuftig design og plassering av tilluftsventilene er en forutsetning for å oppnå ideell fortynning
- Tradisjonelt er fortynningsventilasjon benyttet i operasjonsrom med 100 CFU krav. De finnes utførelser hvor tilluftsventilene er plassert i tak, og løsninger hvor ventilene er plassert høyt oppe på vegg. Begge alternativene synes å svare opp prosjektert renhetskravet.
- Det er rapport om sjenerende trekk fra tilluftsventiler. For høy utblåsningshastighet kan føre til lokal trekk, ugunstig plassering av tilluftsventilene kan også gi lokale områder med trekk.
- Høy utstyrstetthet og moderate varmekilder vil normalt ikke påvirke fortynningsprinsippet i negativ retning, dvs man er ganske fri til å plassere oppheng, lamper og annet utstyr slik at det fungerer optimalt for operasjonsteamet.
- Det er fullt mulig også med fortynningsventilasjon og etablere en indre sone som kan holde høyere renhetsgrad enn den ytre ved å plassere tilluftsventilene i en ring.

## Oppsummering

Gitt at man klarer å opprettholde fortrenningsprinsippet kan dette prinsippet være effektiv mot forurensinger som må bevege seg mot luftretningen for å nå fram til operasjonssåret. Systemet er imidlertid svært følsomt for tilførsel av forurensinger i luftstrømmen over operasjonssåret. Utstyr og varmekilder inne i luftstrømmen vil medføre at fortrenningsprinsippet konverterer mot fortynning i en reell brukssituasjon. Med like luftmengder og inndeling i to soner er det lite som tilsier at det ene prinsippet er å anbefale fremfor det andre. Når leverandør av løsning kan garantere at de tilfredsstiller forskrifter og luftkvalitetskrav satt av byggherren, bør systemvalg tuftes på kostnader (LCC). Velges løsninger som er operatørvhengig (for eksempel lokale LAF enheter) må det utarbeides gode brukerveiledere som etterleves.

## Litteratur

- /1/ L Segadal med flere, Ventilasjon av operasjonsstuer, SINTEF 2001
- /2/ H.Langvatn "Operating room ventilation and the risk of revision due to infection after total hip arthroplasty: assessment of validated data in the Norwegian Arthroplasty Register, Journal of Hospital Infection, 2020
- /3/ Chrisrian Brandt et al, Operating Room Ventilation With Laminar Airflow Shows No Protective Effect on the Surgical Site Infection Rate in Orthopedic and Abdominal Surgery, Annals of Surgery, 2008
- /4/ P. Gandra, Practical Safety Ventilation in Ultraclean Air Operating Rooms, Chalmers University of Technology 2018
- /5/ Pedram Panahi et al, Operating Room Traffic is a Major Concern During Total Joint Arthroplasty, SYMPOSIUM: 2011
- /6/ Finn Drangsholt, Smittespredning i operasjonsstuer, R3 Nordic Symposium, Lillestrøm 2015
- /7/ Bacterial contamination of surgical scrub suits worn outside the operating theatre