



CHALMERS
UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

Luftrenhet vid uppdukning inför infektionskänslig kirurgi

En mätteknisk studie

Kandidatarbete inom civilingenjörsprogrammet Väg- och Vattenbyggnad

**MARKUS ANDREASSON
LINNEA LUNDBLAD
FREDRIK MATTSSON
KEVIN WALIAN**

KANDIDATARBETE BMTX01-17-43

Luftrenhet vid uppdukning inför infektionskänslig kirurgi

MARKUS ANDREASSON
LINNEA LUNDBLAD
FREDRIK MATTSSON
KEVIN WALIAN



CHALMERS
UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

Institutionen för Arkitektur & samhällsbyggnadsteknik
Avdelningen för installationsteknik
CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA
Göteborg, 2017

Luftrenhet vid uppdukning inför infektionskänslig kirurgi
MARKUS ANDREASSON
LINNEA LUNDBLAD
FREDRIK MATTSSON
KEVIN WALIAN

© MARKUS ANDREASSON, LINNEA LUNDBLAD, FREDRIK MATTSSON,
KEVIN WALIAN, 2017.

Handledare: Anders Rehn, CRC Medical
Handledare: Ann-Sofie Karlsson, Kungälv's sjukhus
Examinator: Jan Gustén, institutionen för Arkitektur & samhällsbyggnadsteknik

Kandidatarbete BMTX01-17-43
Institutionen för Arkitektur & samhällsbyggnadsteknik
Avdelningen för installationsteknik
Chalmers tekniska högskola

SE-412 96 Göteborg
Telefon +46 31 772 1000

Typeset in L^AT_EX
Gothenburg, Sweden 2017

Luftrenhet vid uppdukning inför infektionskänslig kirurgi
MARKUS ANDREASSON, LINNEA LUNDBLAD, FREDRIK MATTSSON,
KEVIN WALIAN

Institutionen för arkitektur & samhällsbyggnadsteknik
Avdelningen för installationsteknik
Chalmers tekniska högskola

Sammanfattning

I samband med kirurgiska ingrepp finns en överhängande infektionskänslighet där risken att patienten drabbas av en infektion efter ingreppet är 2–5%. Arbetet för att reducera risken för postoperativa infektioner bör alltså tas på allvar men är samtidigt en komplex och svåranalyserad fråga där många faktorer inverkar.

En av dessa faktorer är huruvida sjukhuspersonalens rutiner under uppdukningsprocessen påverkar luftens strömningsmönster. På Kungälvssjukhus hade verksamheten utvecklat en hypotes om hur en förändring i operationssjuksköterskornas arbete under uppdukningsfasen kunde påverka hur stor andel bakteriebärande partiklar som träffar uppdukningsbordet. Målet med detta kandidatarbete är därför att testa huruvida luftens strömningsmönster påverkas i och med bytet av uppställningsrutiner under uppdukningsprocessen, vilket sedermera kan leda till att reducera risken för postoperativa infektioner.

Efter en fältstudie på Kungälvssjukhus fastställdes två olika uppställningsformationer som sedan simulerades i ett laboratorium på Chalmers tekniska högskola. Laborationsförsöken genomfördes först av studenter för att sedan verifieras och utföras igen, denna gång av personal från Kungälvssjukhus. Under laborationsförsöken visualiserades luftens strömningsmönster med hjälp av rök och försöken dokumenterades med hjälp av en videokamera.

Resultatet från laborationen visar att det finns en skillnad mellan de båda uppställningarna. Detta beträffande mängden luft som förs via operationssjuksköterskan som hanterar uppdukningsbordet i den sterila zonen och vidare till uppdukningsbordet. I och med att luften först träffat sköterskan, innan den når uppdukningsbordet, kan den potentiellt ha fört med sig bakteriebärande partiklar som når de uppdukade instrumenten. Något som sedermera kan leda till en postoperativ infektion. För att säkerställa sambandet mellan rutinerna för uppdukningsprocessen och risken att patienten drabbas av en postoperativ infektion, behöver studien kompletteras med ytterligare undersökningar som innefattar CFU-mätning.

Nyckelord: Infektionsrisk, kontamineringskontroll, luftflöde, säkerhetsventilation, postoperativa infektioner

Airborne Contamination Control During Preparation for Advanced Surgery
MARKUS ANDREASSON, LINNEA LUNDBLAD, FREDRIK MATTSSON,
KEVIN WALIAN

Department of Architecture and Civil Engineering
Division of Building and Environmental Engineering
Chalmers University of Technology

Abstract

During surgeries, there is an impending infection sensitivity and the risk that the patient will suffer from a postoperative infection is 2-5%. The effort to reduce the risk of postoperative infections must therefore be taken seriously, it is a complex and a difficult issue to handle since there are many aspects that matters.

One of these aspects is whether the surgery nurses' routines during the instrument preparation phase influence the air flow pattern. Kungälv's Hospital developed a hypothesis, regarding how a change of the surgery nurses' movement during the preparation phase could affect the amount of bacteria-carrying particles that reaches the preparation table. The aim of this bachelor thesis is therefore to test whether the air flow pattern is affected by the change of routines during the preparation phase for the instruments, which may reduce the risk of postoperative infections.

After a field research at Kungälv's Hospital, two different instrumental preparation-methods were selected and simulated in a laboratory at Chalmers University of Technology. The laboratory tests were first performed by students and later verified and performed by surgery nurses from Kungälv's Hospital. During the laboratory experiments, the air flow pattern was visualized with smoke and the tests were documented using a video camera.

The results of the laboratory tests showed a difference between the two preparation-methods, regarding how much air that passed via the surgery nurse towards the preparation table. Since the air first passed the surgery nurse before it reached the instruments, it may contain bacteria-carrying particles which subsequently can cause a postoperative infection. Furthermore, to ensure the connection between the routines of the instrumental preparation phase and the risk that the patient will suffer from a postoperative infection, this study needs to be supplemented with further investigations including CFU-measurements.

Keywords: Infection risk, Contamination Control, Air Flow, Safety Ventilation, Postoperative Infections

Förord

Ett stort tack riktas till alla inblandade personer som gjort detta kandidatarbete möjligt att genomföra. Till våra handledare, Anders Rehn och Ann-Sofie Karlsson för deras stöd och engagemang i vårt projekt. Till personalen på Kungälvvs sjukhus som tog sig tid att förklara och visa hur deras verksamhet fungerar. Till Anki Lövgren och Annika Sjöberg för deras hjälp under testförsöken. Till Håkan Larsson för hjälpen med laboratoriet.

Vi vill även rikta ett speciellt tack till Jan Gustén, Installationsteknik, vars engagemang, kunskap och stöttning varit ovärderligt för detta kandidatarbete.

Markus Andreasson, Linnea Lundblad, Fredrik Mattsson och Kevin Walian
Göteborg, 2017

Innehåll

Figurer	xiii
1 Introduktion	1
1.1 Bakgrund	1
1.2 Mål och Syfte	2
1.3 Frågeställning	2
1.4 Metod	3
1.5 Avgränsningar	3
1.6 Läsanvisningar	3
2 Förstudie	5
2.1 Operation och kirurgiska ingrepp	5
2.1.1 Preoperativa händelser	5
2.1.2 Operativa händelser	7
2.1.3 Postoperativa händelser	8
2.2 Postoperativa infektioner	9
2.2.1 Konsekvenser vid infektion	10
2.2.2 Smittkällor vid kirurgiska ingrepp	11
2.3 Ventilationsteknik och luftflöde	11
2.3.1 Luftens strömningsmönster i slutna rum	11
2.3.2 Skyddsventilation i operationssalar	12
3 Genomförande	15
3.1 Flödesschema över projektets upplägg	15
3.2 Fältstudie på Kungälv's sjukhus	16
3.2.1 Operationssalens utformning	16
3.2.2 Utvalda uppställningar för uppdukning	19
3.2.3 Klädsystem vid kirurgiska ingrepp	20
3.3 Val- och uppbyggnad av modellförsök	21
3.3.1 Laboratoriets uppbyggnad och utformning	21
3.3.1.1 Laboratoriets systemtekniska lösningar	22
3.3.1.2 Injustering av luftflöden	22
3.3.1.3 Anpassning av laboratoriet	22
3.3.1.4 Avvikelser från den verkliga uppdukningssmiljön	23
3.3.2 Mätteknik och instrument	23
3.3.2.1 Lufthastighetsmätare SwemaAir 300	23

Innehåll

3.3.2.2	Rökgenerator RG-100	24
3.3.2.3	Videokamera GoPro Hero 5 Session	25
3.3.3	Visualiseringsteknik och dokumentering vid försöken	26
3.4	Inledande testförsök	26
3.5	Verifiering av inledande testförsök	28
3.6	Slutgiltigt testförsök	30
4	Resultat	33
4.1	Resultat från inledande testförsök	33
4.2	Resultat från slutgiltigt testförsök	37
5	Diskussion	41
6	Slutsats	43
	Referenslista	45
A	Bilaga 1 - Åtkomst till videomaterial	I
B	Bilaga 2 - Tekniska dokument och ritningar över operationssal	III
C	Bilaga 3 - Rutiner, arbete på sal med LAF-tak	XI
D	Bilaga 4 - Rökgenerator RG-100	XIII
E	Bilaga 5 - Deltagarlista vid slutgiltigt testförsök	XV
F	Bilaga 6 - Inventarielista vid testförsök 2	XVII

Figurer

2.1	<i>Tidslinje över operationsförloppet som sker vid kirurgiska ingrepp (Norén, 2016).</i>	5
2.2	<i>Rengjord operationssal med armaturer och apparater.</i>	6
2.3	<i>Två operationssjuksköterskor plockar fram de instrument och engångsmaterial som ska användas under operationen. Den blåa cirkeln på golvet markerar den sterila zonen.</i>	7
2.4	<i>Operatör och operationssjuksköterskor utför ett kirurgiskt ingrepp. Endast sterillklädd personal vistas inom den sterila zonen.</i>	8
2.5	<i>Graf över variation av partiklar och CFU över operationens olika skeden. X-axeln visar vilket klockslag det aktuella Y-värdet uppmättes, den vänstra Y-axeln visar partiklar/cm³ och den högra Y-axeln visar CFU/m³, (Norén, 2016)</i>	10
3.1	<i>Operationssal vid Kungälv's sjukhus som togs i bruk 2012.</i>	16
3.2	<i>Tilluftsflödet i operationssalen förs in genom det cirkulära LAF-taket. På golvet under tilluftsdonet finns den sterila zonen markerad med blått.</i>	17
3.3	<i>Totalt åtta gallerförsedda frånluftsdon finns i operationssalens fyra hörn, figuren visar två av dessa ventiler.</i>	17
3.4	<i>Passager till- och från operationssalen sker genom en skjutdörr. Till vänster i figuren återfinns en genomsträckningslucka för förflyttning av enstaka föremål in- och ut från salen.</i>	18
3.5	<i>Operationssjuksköterskornas positionering vid utförande av uppdukningen, uppställning 1</i>	19
3.6	<i>Operationssjuksköterskornas positionering vid utförande av uppdukningen, uppställning 2</i>	20
3.7	<i>Jämförelse av olika partiklars storleksordning, enheten på X-axeln ges i μm (Norén, 2016).</i>	20
3.8	<i>Mätinstrument SwemaAir 300 med tillhörande givare för mätning av luft-hastighet.</i>	24
3.9	<i>En rökgenerator användes för att visualisera luftens rörelsemönster vid testförsöken. Dimsmörjare Wilkinsson L16-C4-000 som är monterad på rökgeneratorns bakstycke samt munstycke med tillhörande slang syns på figuren.</i>	25
3.10	<i>Videokamera GoPro Hero 5 Session monterad på stativ användes för att dokumentera luftens rörelsemönster under testförsöken.</i>	25

3.11	<i>Operationssköterska A och operationssköterska B står i position för testförsök, uppställning 1.</i>	27
3.12	<i>Operationssköterska A och operationssköterska B står i position för testförsök, uppställning 2.</i>	28
3.13	<i>Händerna hålls inte över uppdukningbordet, den första företeelsen som påpekades av de parter som medverkade under det slutgiltiga testförsöket.</i>	29
3.14	<i>Ett avstånd mellan operationssköterska B och uppdukningbordet råder, den andra företeelsen som påpekades av de parter som medverkade under det slutgiltiga testförsöket.</i>	29
3.15	<i>Operationssjuksköterskor från Kungälv's sjukhus står i position för slutgiltigt testförsök, uppställning 1.</i>	30
3.16	<i>Operationssjuksköterskor från Kungälv's sjukhus står i position för slutgiltigt testförsök, uppställning 2.</i>	31
4.1	<i>Tilluften flödar vertikalt från LAF-taket mot operationssjuksköterska B.</i>	33
4.2	<i>Luften strömmar i virular vid operationssjuksköterska B.</i>	34
4.3	<i>Rörelser från operationssjuksköterska B häver virular, luften strömmar ut över uppdukningbord och uppdukade instrument.</i>	34
4.4	<i>Luftflödet strömmar mot operationssjuksköterska B, bort från uppdukningbord.</i>	35
4.5	<i>Luften strömmar i virular och bryts utan att flöda mot uppdukningbordet.</i>	35
4.6	<i>Operationssjuksköterska B står i direkt anslutning till uppdukningbordet, rök i luftens flöde befinner sig på detta bord.</i>	36
4.7	<i>Ett mellanrum återfinns mellan uppdukningbord och operationssjuksköterska B, luften strömmar ej ut över bordet.</i>	36
4.8	<i>Tilluften flödar vertikalt från LAF-taket mot operationssjuksköterska B.</i>	37
4.9	<i>Virular förekommer i anslutning till operationssjuksköterska B.</i>	38
4.10	<i>Luft som tidigare strömmat i virular vid operationssjuksköterska B, strömmar ut över uppdukningbord och instrument.</i>	38
4.11	<i>Luften kröker sig runt armarna på operationssjuksköterska B, för att sedan flöda bort från bordet utan att komma i kontakt med uppdukade instrument.</i>	39
4.12	<i>Luften flödar ut från den sterila zonen, längs armrörelser som operationssjuksköterska B utför.</i>	39
4.13	<i>Inget avstånd mellan operationssjuksköterska B och uppdukningbordet råder, rök i luftens strömning återfinns vid uppdukade instrument.</i>	40
4.14	<i>Operationssjuksköterska B har lämnat ett avstånd till uppdukningbordet, luften strömmar i detta mellanrum utan att komma i kontakt med uppdukade instrument.</i>	40

1

Introduktion

1.1 Bakgrund

Vid ett kirurgiskt ingrepp är målet att patientens hälsomässiga tillstånd ska vara bättre när personen lämnar operationssalen jämfört med när denne anlände till salen, så är dock inte alltid fallet. I samband med det kirurgiska ingreppet finns en infektionskänslighet och risken att patienten drabbas av en infektion efter ett ingrepp är 2–5% (Norén, 2016). Arbetet för att minska postoperativa infektioner bör tas på allvar men är samtidigt en komplex och svåranalyserad fråga.

Det finns många olika påverkbara faktorer som potentiellt kan bidra till att både öka och minska risken för postoperativa infektioner. Detta gäller både vårdmiljö, personalrutiner, utformandet av operationssalen och ventilationen i densamma (Bonomi, 2016). En operation är inte heller en enskild händelse utan består av en kedja av olika processer som innefattar både förberedelser, det kirurgiska ingreppet samt efterarbetet. Detta gör att det finns flera olika situationer och händelser som kan bidra till att infektionsrisken ökar.

Enligt Jan Gustén, biträdande professor i installationsteknik vid Chalmers tekniska högskola, finns det skilda meningar inom sjukhusbranschen sett till hur infektioner uppkommer (personlig kommunikation, 24 januari 2017). Detta eftersom personerna som verkar i frågan har olika bakgrund, kunskap och intressen. Något som gör att deras infallsvinklar och slutsatser ser olika ut.

Ur ett ventilationstekniskt perspektiv är målet att skapa ett så rent klimat i operationssalen som möjligt och leda bort den förorenade luften så att den inte kommer i kontakt med det exponerade sårområdet. Det är även viktigt att undvika att förorenad luft kommer i kontakt med de instrument som ska användas under operationen (Norén, 2016). Problematiken med ventilationen är att luftrörelserna påverkas av allt som befinner sig i rummet, däribland sjukhuspersonalen. Hur personal rör sig och arbetar skapar förutsättningar för hur mycket förorenad luft som når instrumenten och därefter, direkt eller indirekt, sårområdet. För att minska risken för postoperativa infektioner bör alltså samspelet mellan ventilationens utformning och personalens rutiner ske med hänsyn till varandra.

På Kungälvssjukhus har verksamheten utvecklat och testat nya rutiner för hur arbetet med uppdukning av instrument sker. Testen av de nya rutinerna utfördes eftersom de hade en hypotes om att en förändring av arbetssättet kan leda till att risken för postoperativa infektioner reduceras. Hypotesen lyder att vid den tidigare

använda uppställningen antas luften från tilluftsdonet först träffa operationssjuksköterskan, innan den förs vidare och kommer i kontakt med de uppdukade instrumenten. Detta skiljer sig från den nya uppställningen, där luften först antas träffa instrumenten innan den sedan kommer i kontakt med operationssjuksköterskan.

Enligt Ann-Sofie Karlsson, operationssjuksköterska och verksamhetsutvecklare på Kungälv's sjukhus, mottog bytet av uppställning negativ kritik från delar av personalen (personlig kommunikation, 13 februari 2017). Detta eftersom den nya uppställningen medförde en förändring rent ergonomiskt samtidigt som det inte fanns något direkt bevis på att denna uppställning skulle reducera risken för postoperativa infektioner.

1.2 Mål och Syfte

Syftet med denna studie är att undersöka och utvärdera hur två olika uppställningar vid uppdukning inför operation påverkar luftens rörelser i en operationssal. En av uppställningarna som har imiterats används idag. Den andra uppställningen som har imiterats tillämpades tidigare, innan dagens uppställning togs fram. Det finns i dagens läge inget substantiellt underlag för vilken uppställning som är mest gynnsam, sett till minimering av infektionsrisk. Vid Kungälv's sjukhus finns dock en teori som menar att den nya uppställningen är bättre än den gamla, sett till just infektionsrisken. Visualisering av luftens rörelsemönster i operationssalar finns idag endast i begränsad omfattning, därmed saknas dokumenterade skillnader i påverkan mellan de olika uppställningarna.

Rapporten ska bidra till forskning kring ämnet i fråga, för att tillsammans med tidigare och framtida studier komma fram till en gemensam ståndpunkt och eventuellt en slutsats gällande den givna frågeställningen.

Ytterligare ett mål med projektet är att en rekommendation rörande operationssjuksköterskornas positionering vid uppdukning inför operation skall kunna lämnas till kirurgiska verksamheter. Dessutom är syftet att resultatet från laborationen ska dokumenteras och presenteras på ett pedagogiskt vis, så att kirurgiska verksamheter kan nyttja materialet i utbildningssyfte.

1.3 Frågeställning

I syfte att uppnå den uppsatta målformuleringen, fastställdes frågeställningen som följer här efter. Två olika uppställningsformationer har förekommit i operationssalar vid uppdukning inför kirurgiska ingrepp, kan en skillnad i luftens rörelsemönster påvisas mellan dessa formationer?

1.4 Metod

Initialt utfördes en litteraturstudie av tekniska rapporter, artiklar från medicinska- och tekniska tidskrifter samt bygg- och installationstekniska ritningar. Denna studie gjordes för att erhålla en baskunskap i det aktuella ämnet. Teorin från litteraturstudien kopplades till den verkliga verksamheten genom en fältstudie vid Kungälvssjukhus. Detta gjordes i syfte att verifiera teorin med praktiken och vidare bygga kunskap kring luft rörelser och rutiner i uppdukningsskedet inför kirurgiska ingrepp. Efter kunskapsuppbyggandet utfördes försök i ett laboratorium, där de olika uppställningarna som använts under uppdukningen återsimulerades. Laboratorieförsöken dokumenterades med hjälp av en videokamera och ett vidvinkelobjektiv för att tillslut bilda presentationsfilmer.

1.5 Avgränsningar

Studien behandlar luftens strömningsmönster vid uppdukning inför kirurgiska ingrepp. Två uppställningsformationer studeras och analyseras, sett till luftens strömningsmönster. De två formationerna som förekommer är den uppställning som används idag och den uppställning som var vanligast innan den nya formationen togs fram. Vidare avgränsas studien till proceduren som sker inför en operation och tar således inte hänsyn till rörelser och processer under eller efter det kirurgiska ingreppet. Proceduren utförs med två operationssjuksköterskor, uppställningar med ytterligare personal förekommer men detta beaktas ej i denna studie. Under arbetet kommer inte heller mätningar av potentiellt bakteriebärande partiklar att utföras, då det är endast skillnader i luftens strömningsmönster som studeras.

1.6 Läsanvisningar

Rapporten inleds med kapitel 2, förstudie, där läsaren ges en presentation av teorin som bakomliggert arbetet. I kapitel 3, genomförande, beskrivs hur utförandet av projektet gick till. Här ges läsaren en inblick i hur verksamheten på Kungälvssjukhus fungerar, hur val- och uppbyggnad av modellförsöken gick till, däribland uppbyggnaden av laboratoriet och sedan hur testförsöken utfördes. Därefter redovisas resultatet i kapitel 4 återföljt av en diskussion i kapitel 5 och en slutsats med rekommendationer i kapitel 6.

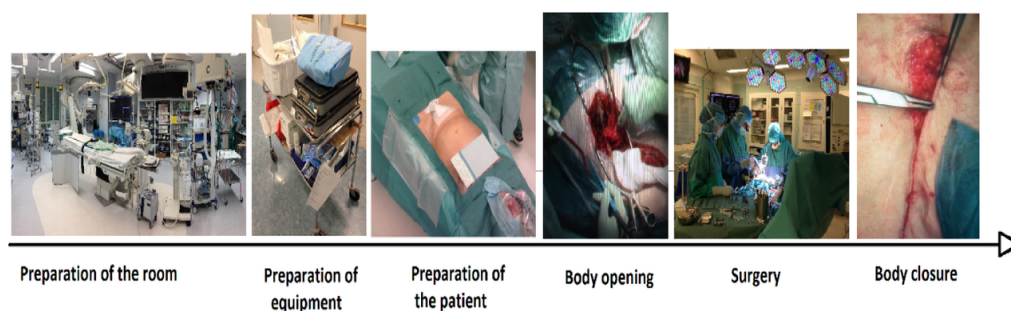
I anslutning till rapporten rekommenderas läsaren att se de videofilmer som arbetet resulterade i. För åtkomst till dessa filmer, se bilaga 1.

2

Förstudie

2.1 Operation och kirurgiska ingrepp

En operation är inte en enskild händelse utan består av en kedja av olika processer som innefattar både förberedelser, det kirurgiska ingreppet samt efterarbete enligt figur 2.1. Denna rapport fokuserar på uppdukningsprocessen, som ligger under förberedelsefasen. För att få en översiktlig bild av hur en operation går till, beskrivs här nedan när varje skede äger rum samt vad som utförs i respektive fas under en operation.



Figur 2.1: Tidslinje över operationsförloppet som sker vid kirurgiska ingrepp (Norén, 2016).

2.1.1 Preoperativa händelser

Innan ett kirurgiskt ingrepp sker förberedelser, både för att operationen ska ske så tidseffektivt som möjligt men även för att minska infektionsrisken vid ingreppet, A-S. Karlsson (personlig kommunikation, 13 februari 2017). Efter tidigare utfört kirurgiskt ingrepp i operationssalen, se figur 2.2, har städpersonal rengjort operationssalen.



Figur 2.2: Rengjord operationssal med armaturer och apparater.

Förberedelserna inleds med uppdukningen, vilket innebär att två operationssjuksköterskor plockar fram de instrument och tillbehör som ska användas under operationen, se figur 2.3. Under detta skede får skjutdörren till operationsrummet inte öppnas, eftersom det kan öka risken att de sterila instrumenten kontamineras av bakteriebärande partiklar (Norén, 2016). Uppdukningen sker inom den sterila zonen, instrument och engångsmaterial läggs upp på ett rullbord av en sterilklädd operationssjuksköterska. Den sterila zonen är inte helt steril, benämningen syftar på att så få föroreningar som möjligt skall finnas inom detta område, J. Gustén (personlig kommunikation, 7 april 2017). Uppdukningen följer ett dokument med vad som behövs till operationen, detta dokument gås igenom för att allt ska finnas tillgängligt vid det kirurgiska ingreppet. Efter att tillbehören är upplagda täcks de över i väntan på att användas.



Figur 2.3: Två operationssjuksköterskor plockar fram de instrument och engångsmaterial som ska användas under operationen. Den blåa cirkeln på golvet markerar den sterila zonen.

Efter uppdukningen kontrollerar och förbereder anestesijüksköterska bedövning eller sömnmedel, beroende på vad som krävs för operationen. Samtidigt som detta sker så förbereds patienten i ett annat rum, vanligen genom att tvättas och rakas men denna förberedelsefas varierar och beror på vilken typ av operation som ska genomföras. När operationsrummet är förberett och patienten är preparerad, rullas denne in i operationsrummet och läggs på britsen. Väl på britsen kopplas patienten upp mot nödvändiga apparater som mäter vitala värden. Därefter tvättas området där ingreppet ska ske ytterligare en gång och patienten täcks med pappersdukar så att endast ingreppsområdet är exponerat.

Operatören anländer till operationssalen och sterilkläds vilket även operationssjuksköterskan görs. Patienten bedövas eller sövs beroende på vad operationen kräver och innan det kirurgiska ingreppet inleds går ytterligare en checklista igenom med operatören för att säkerhetsställa att allt är korrekt innan operationsstart, A-S. Karlsson (personlig kommunikation, 13 februari 2017).

2.1.2 Operativa händelser

Det kirurgiska ingreppet räknas från det att kniven skär igenom huden till det att sista stygnet är satt. Under ingreppet är patienten som mest mottaglig för infektioner, eftersom operationssåret är exponerat för omgivningen, vilket medför extra varsamhet från operatör och operationssjuksköterskor (Blomkvist och Janson, 2016).

Dörren in till operationsrummet bör inte öppnas, som figur 2.4 visar är det endast sterillklädd personal som vistas inom den sterila zonen. Beroende på vilken operation som ska genomföras befinner sig olika antal operatörer och operationssjuksköterskor vid patientens sida i den sterila zonen. Vanligtvis är det en till två operatörer samt en operationssjuksköterska som assisterar. Utanför den sterila zonen finns en anestesijuksköterska samt ytterligare en operationssjuksköterska, den sistnämnda bidrar med assistans och hämtar material om det behövs. Efter att sista stygnet är satt går sista delen av checklistan igenom för att säkerställa att alla instrument och dukar är räknade och att hela teamet är införstådda med ingreppets art och efterförlopp, A-S. Karlsson (personlig kommunikation, 13 februari 2017).



Figur 2.4: Operatör och operationssjuksköterskor utför ett kirurgiskt ingrepp. Endast sterillklädd personal vistas inom den sterila zonen.

2.1.3 Postoperativa händelser

Efter att det kirurgiska ingreppet är avklarat och patienten har lämnat operationsalen påbörjas efterarbetet. Operationsrummet rengörs noggrant, ytor torkas med sprit och golvet våttorkas. Om blodstänk finns i rummet ska det torkas av med tvällösning. De instrument som använts i samband med operationen skickas iväg för rengöring och desinficering, förkläden och draperingsmaterial samt annat engångsmaterial slängs, A-S. Karlsson (personlig kommunikation, 13 februari 2017).

2.2 Postoperativa infektioner

Som nämnts i inledningen inträffar postoperativa infektioner mellan 2–5% av de gånger ett kirurgiskt ingrepp utförs. Infektioner kan uppkomma endogent från patienten själv, eller exogent från miljön i och utanför operationsrummet samt från personer som är närvarande (Söderström och Gustafsson, 2016). Infektionsrisken beror på ett flertal olika faktorer och dessa faktorer är förutom den mängd och den typ av bakterier som når sårområdet:

- Patienten
- Vårdmiljön i operationsrummet
- Operationstyp
- Operationslängd
- Operationsteknik

Patientens ålder, fysiska hälsa och beteende i form av fetma, rökning, diabetes, samsjuklighet och känslighet för infektioner, påverkar hur stor risken är för att en postoperativ infektion kan ske (Söderström och Gustafsson, 2016). På samma sätt inverkar vilken typ av operation som utförs, vilken operationsteknik som används och hur stort sårområde som är exponerat. Även om målet alltid är att undvika infektioner, finns det typer av operationer och operationstekniker där extra försiktighet vidtas. Ju längre tid en operation pågår och ju längre in i kroppen operationen sker, desto svårare blir konsekvenserna av en infektion. Detta gör att sjukvårdspersonal håller hårdare på säkerhetsrutinerna vid till exempel ett protesingrepp jämfört med en bräckoperation (Lövgren och Oskarsson, 2015)

Det som av sjukhuspersonalen går att påverka är vårdmiljön i operationsrummet. Luftens renhet och risken för infektioner beror till stor del på verksamhetens rutiner, vilken utrustning som används samt på personalens beteende. Vilken typ av kläder operationssjuksköterskor och operatörer bär, påverkar hur mycket hudpartiklar som sprids i luften från personalens kroppar (Reinmüller, 2011). För att minska spridningen av luftburna, potentiellt bakteriebärande partiklar är kläderna anpassade för verksamheten, samtidigt som det finns riktlinjer vad som ska bäras (Norén, 2016). Även miljön utanför operationssalen påverkar spridningen av luftburna, potentiellt bakteriebärande partiklar, eftersom den icke-sterila korridorluften tränger in när skjutdörren till operationsrummet öppnas. Skjutdörren bör därför hållas stängd i största möjliga mån, i syfte att detta intrång ska undvikas.

Hur operationspersonalen rör sig i rummet påverkar luftens renhet. Under förberedelsefasen och även under efterarbetet tenderar personalen att vara mer avslappnade, vilket gör att det ibland rör sig hastigt och onödigt mycket. Enligt A. Rehn, (personlig kommunikation, 20 januari 2017), finns det tydliga rekommendationer och rutiner för hur personalen ska röra sig, vad de ska ha för kläder, hur många personer som får befinna sig i operationssalen och att dörren ska hållas stängd. Även fast dessa rekommendationer finns så efterföljs de inte alltid. Framför allt sker passager genom skjutdörren till operationssalen oftare än nödvändigt. Rörelser till och från

går att sätta in en ny protes, måste leden stelopereras, A-S. Karlsson (personlig kommunikation, 13 februari 2017).

2.2.2 Smittkällor vid kirurgiska ingrepp

Infektioner kan uppstå både endogent och exogent (Söderström och Gustafsson, 2016). Den endogena smittan som beror på patienten själv är svår att påverka. Den exogena smittan, kontaktsmitta, droppsmitta och luftburna smitta går däremot att påverka i större utsträckning. Kontaktsmitta når såret genom hål i operationshandskar eller genom att partiklar tar sig ut igenom operationskläder. Droppsmitta kan nå såret via en hostning, tal eller en nysning. Ur ett installationstekniskt perspektiv är kontaktsmitta och droppsmitta inte lika intressanta och påverkbara som den luftburna smittan.

Varje person kan sprida 1000 luftburna partiklar per minut (Romano, Marocco, Gustén och Joppolo, 2015). När dessa lämnat kroppen sprids de via luften till instrument, öppna vätskor eller andra material innan de sedan via dessa når operationssåret. Genom att optimera sjukhuspersonalens rutiner i kombination med de ventilationstekniska lösningar som valts, går det att minimera spridningen av luftburna bakteriebärande partiklar (Sundbeck och Värmsjö, 2005).

2.3 Ventilationsteknik och luftflöde

I de stycken som följer i detta kapitel förklaras hur luften strömmar i slutna rum. Relevansen av detta kopplas sedan an till luftföring och ventilation i operationssalar.

2.3.1 Luftens strömningsmönster i slutna rum

För att skapa en bild av hur luften strömmar, rekommenderas läsaren att föreställa sig luftens bana som en rad vektorer som går i luftens strömningsriktning. Om en oändligt lätt partikel släpps vid tilluftsdonet kommer denna att gå i en bana längs med vektorernas riktning tills denna partikel når ett frånluftsdon. Denna bana kallas här nedan för strömningslinje och flera sådana strömningslinjer skapar tillsammans luftens strömningsmönster för det slutna rummet. För att förstå hur luftburna, potentiellt bakteriebärande, partiklar sprids i ett rum bör läsaren även ha en förståelse om hur luftens strömningsmönster fungerar och vad som påverkar strömningshastighet och flödesriktningar. I detta kapitel kommer några faktorer som är relevanta för hur luftens strömningslinjer och flödesmönster ser ut att tas upp.

Det finns fall då de ovan nämnda strömningsvektorernas riktningar skiljer sig såpass mycket från varandra så att strömningslinjerna bildar slutna cirklar i rummet. Vad som då skapas kallas för virvlar, luften strömmar i en cirkel tills virveln hävs av en extern påverkan. Ett exempel på en sådan extern påverkan är påtvingad konvektion från en frånluftsfläkt.

Luftens flöde beskrivs på två olika sätt, beroende på om den strömmar lugnt eller inte. Vid en lugn, homogen och jämn luftföring i ett rum benämns strömning-

en som laminär (Sundbeck och Värmsjö, 2005). Vid ett laminärt flöde är luftens strömningshastighet konstant och strömningslinjerna är svagt krökande mot frånluftsdonen i det slutna rummet och mikrovirvlar skapas inte utan extern påverkan. Motsatsen till den lugna, laminära strömningen kallas turbulent strömning. Vid turbulent strömning skapas instabilitet i strömningslinjerna mellan det slutna rummets till- och frånluftsdon, mikrovirvlar skapas och luftens strömningshastighet är därav inte konstant i rummet (Sundbeck och Värmsjö, 2005).

Att ett laminärt flöde råder i det slutna rummet innebär inte att luftens strömningsmönster är jämnt och går rakt från tilluftsdon till frånluftsdon. Ett ostört strömningsmönster kan inte garanteras på grund av att störningskällor ofta förekommer. En störningskälla kan vara en människa som rör sig genom rummet, en rörelse som skapar instabilitet i luftens strömningslinjer och ger upphov till virvlar (Lindström och Sundin, 2005).

Luftburna, bakteriebärande partiklar kan transporteras genom luften på olika sätt, genom diffusion eller konvektion (Sundbeck och Värmsjö, 2005). Vad som är relevant för denna undersökning är partikeltransport genom konvektion. Vad som sker när luftburna, bakteriebärande partiklar transporteras genom konvektion är att partiklarna påverkas av luftens rörelser och följer dess strömningslinjer.

2.3.2 Skyddsventilation i operationssalar

Ventilationen har som uppgift att föra luft till och från operationssalen och på så sätt skapa ett komfortabelt och rent klimat i rummet (Romano, Gustén, De Antonellis och Joppolo, 2017). Detta görs genom att tillföra filtrerad och temperaturreglerad luft genom tilluftsdon och föra bort partiklar och föroreningar genom frånluftsventiler (Lindström och Sundin, 2005). De föroreningar som befinner sig i operationssalen kommer till störst del från de närvarande människorna samt från luft som kommer in i salen i samband med att skjutdörren öppnas (Romano et al., 2017). Ventilationen ska kontinuerligt kunna föra bort luftföroreningar från rum, instrument och människor oberoende av belastning eller temperatur. I byggnader med dålig och ineffektiv ventilation blir de föroreningar som bildas kvar inomhus, vilket i samband med en operation kan leda till postoperativa infektioner (Norén, 2016).

De virvlar som skapas i operationssalen skapar en koncentration av bakterier och gör att infektionsrisken potentiellt blir större, eftersom risken att bakterier etableras på de uppdukade instrumenten teoretiskt sett kan öka (Norén, 2016). Ventilationen har som syfte att häva dessa virvlar (Chrimes och Fritz, 2013). Samma luftflöde har även till syfte att omringa en steril zon, att skapa en skyddande barriär, som skärmar av patienten och kirurgerna från omgivningen. Personal påverkar luftflödet och bidrar till att bakterieansamlingar skapas i luften (Romano et al., 2015). För att motverka sådana ansamlingar kan ett högre tilluftsflöde utnyttjas, varpå virvlarna hävs och luften istället tvingas runt personal mot frånluftsdonen (Chrimes och Fritz, 2013).

I operationssalen är ett laminärflödestak monterat, i rapporten kallat LAF-tak, ovanför den sterila zonen. Detta tilluftsdon bidrar till att erhålla en undanträng-

ande luftförling, vilket har som syfte att skärma av den sterila zonen från övrig luft i operationssalen, A. Rehn, (personlig kommunikation, 20 januari 2017). På så sätt bildas en luftrida som isolerar denna zon från luftburna potentiellt bakteriepartiklar och reducerar därmed risken för postoperativa infektioner. LAF-taket fördelar det ingående luftflödet över en större yta, jämfört med de tilluftsdon som använts tidigare. På så sätt kan ett högt luftflöde med relativt låg lufthastighet utnyttjas, utan att sänka komforten för de operationsjuksköterskor och operatörer som verkar under det kirurgiska ingreppet. Detta ger även möjlighet till fler luftomsättningar per tidsenhet i operationssalen, något som är gynnsamt sett till bortförsl av eventuellt bakteriebärande partiklar från rummet (Norén, 2016).

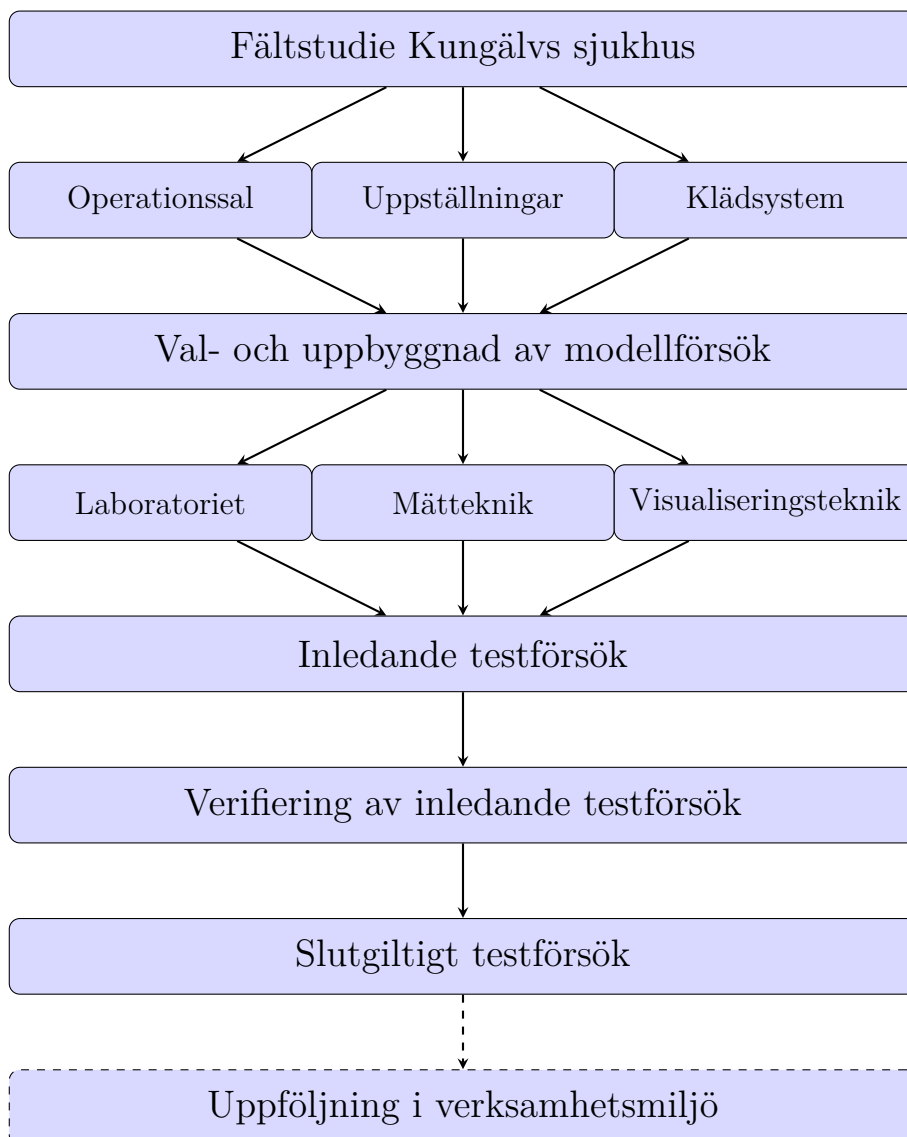
I operationssalar hålls ett övertryck relativt omgivande utrymmen. Detta tillstånd hålls för att bibehålla ett rent klimat och undvika att luftburna partiklar från till exempel korridoren flödar in i lokalen, vilket sker vid ett undertryck (Sundbeck och Värmsjö, 2005).

3

Genomförande

3.1 Flödesschema över projektets upplägg

Här nedan följer ett flödesschema som visar upplägget på projektet. Genomförandeavsnittet kommer även vara uppbyggt i följande rubriker.



3.2 Fältstudie på Kungälvssjukhus

Kungälvssjukhus togs i bruk den 1 juli 1870 och betjänade då med sina 30 vårdplatser hela den södra länsdelen förutom Göteborg stad. Genom åren har verksamheten expanderat och idag rymmer sjukhuset 214 vårdplatser och cirka 1650 anställda. Sjukhuset erbjuder specialistvård och akutmottagning inom internmedicin, ortopedi, kirurgi, geriatrik och psykiatri. I anslutning finns även laboriemedicin, radiologi och intensivvård (Kungälvssjukhus, 2012).

3.2.1 Operationssalens utformning

De avdelningar som denna studien är baserad på är de nybyggda operationssalarna, se figur 3.1, som togs i bruk 2012. Dessa salar har en golvarea på cirka $57m^2$ och en takhöjd på 3,1 m.



Figur 3.1: Operationssal vid Kungälvssjukhus som togs i bruk 2012.

Tilluftsflödet i operationssalen förs in genom ett LAF-tak som har en diameter på 3,6m, se figur 3.2. I samma figur syns även den sterila zonen, vilken är markerad i golvet under LAF-taket. Frånluften förs ut genom de åtta frånluftsventiler som är placerade i respektive hörn av rummet, se figur 3.3. Det maximala tilluftsflödet i operationssalen uppgår till $3,0 m^3/s$. För frånluften används ett maximalt flöde på $2,9 m^3/s$. Dessa maximala flöden används under operation. För ytterligare teknisk data, se bilaga 2.

3. Genomförande



Figur 3.2: Tilluftsflödet i operationssalen förs in genom det cirkulära LAF-taket. På golvet under tilluftsdonet finns den sterila zonen markerad med blått.



Figur 3.3: Totalt åtta gallerförsedda frånluftsdon finns i operationssalens fyra hörn, figuren visar två av dessa ventiler.

3. Genomförande

Som synes i både figur 3.1 och figur 3.2 finns det flera föremål i operationssalen som stör luftens väg från tillluftsdonet, LAF-taket, till frånluftsdonen. I taket finns flertalet armar som bär upp belysningsarmatur, TV-monitorer och krokar med mera. Även om dessa föremål stör luftflödet är de nödvändiga för att operationen ska kunna genomföras. Det ställs därmed höga krav både på personal och de som utformar rummet i arbetet att reducera risken för postoperativa infektioner. Till exempel så samlas det smuts och damm upp på armarna, vilket kan innehålla potentiellt bakteriebärande partiklar som kan föras via luften till patientens öppna sår (Norén, 2016). Det är därför viktigt att städningen utförs ordentligt.

Till operationssalen finns också en skjutdörr, se figur 3.4, som kan öppnas i två lägen. Ett läge där hela dörren är öppen och ett läge där den endast öppnas halvvägs. Enligt A. Rehn, (personlig kommunikation, 19 april 2017), är anledningen till detta att övertrycket i salen försöker upprätthållas och för att minimera luftutbytet med korridoren. Skjutdörren hålls stängd i den mån möjligt och öppnas endast om nödvändigt. Därför finns en genomsträckningslucka bredvid dörren som kan öppnas för att föra in tillbehör, till exempel om kirurgen under operationen önskar ett visst instrument som inte finns i operationssalen, A-S. Karlsson (personlig kommunikation, 13 februari 2017).

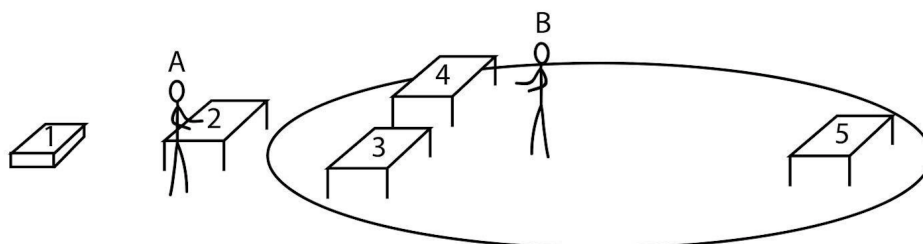


Figur 3.4: Passager till- och från operationssalen sker genom en skjutdörr. Till vänster i figuren återfinns en genomsträckningslucka för förflyttning av enstaka föremål in- och ut från salen.

3.2.2 Utvalda uppställningar för uppdukning

Efter att ha haft en hypotes om att en rutinförändring i uppdukningsarbetet kan reducera risken att patienten drabbas av postoperativa infektioner, har Kungälvssjukhus idag anammat en ny form av uppställning, A-S. Karlsson (personlig kommunikation, 13 februari 2017). Den tidigare använda uppställningen, i fortsättningen kallad uppställning 1, skedde över disk och gick till enligt nedan beskriven metod.

De instrument som användes under ingreppet anlände till operationssalen i slutna förpackningar, placerade på en steril vagn. Förpackningarna flyttades sedan över till ett bord strax utanför den sterila zonen av en operationssjuksköterska, här kallad operationssjuksköterska A. Därefter anlände ytterligare en operationssjuksköterska till salen, här kallad operationssjuksköterska B. Operationssjuksköterska B sterilkläddes och positionerade sig i den sterila zonen med ryggen mot zonens mitt, på andra sidan uppdukningsbordet, se figur 3.5. De slutna förpackningarna öppnades sedan av operationssjuksköterska A som, utan att komma i kontakt med innehållet, räckte det över bordet till operationssjuksköterska B som sedan lade ner objektet på bordet. Processen fortskred tills alla instrument var uppdukade. Uppdukningsbordet täcktes därefter över med ett överdrag och placerades sedan utanför den sterila zonen, i väntan på att det kirurgiska ingreppet skulle inledas.

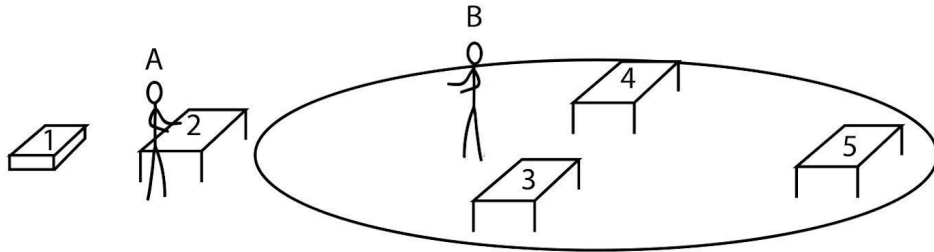


Figur 3.5: Operationssjuksköterskornas positionering vid utförande av uppdukningen, uppställning 1

Enligt A. Rehn, (personlig kommunikation, 20 januari 2017), lyder hypotesen att uppställning 1 gör att luften från tilluftsdonet först kom i kontakt med operationssjuksköterska B, för att sedan föras vidare via instrumenten och ut ur den sterila zonen till frånluftsdonen. Operationssjuksköterska B hade alltså fungerat som en störning för luftflödet och samtidigt kunnat bidra till att infektionsrisken ökat om bakteriebärande partiklar befunnit sig på operationssjuksköterskans kläder.

Detta medförde att en ny uppställning, uppställning 2, utformades. Istället för att uppdukningen sköttes över disk så ändrades rutinerna, så att operationssköterska B istället stod vänd in mot mitten av den sterila zonen med uppdukningsbordet framför sig enligt figur 3.6. När operationssjuksköterska A nu överlämnade instrument behövde operationssjuksköterska B vända sig om för att ta emot dem, för att därefter vända sig tillbaka och placera instrumenten på uppdukningsbordet. Förutom positioneringen på operationssjuksköterska B och uppdukningsbordet så är övriga

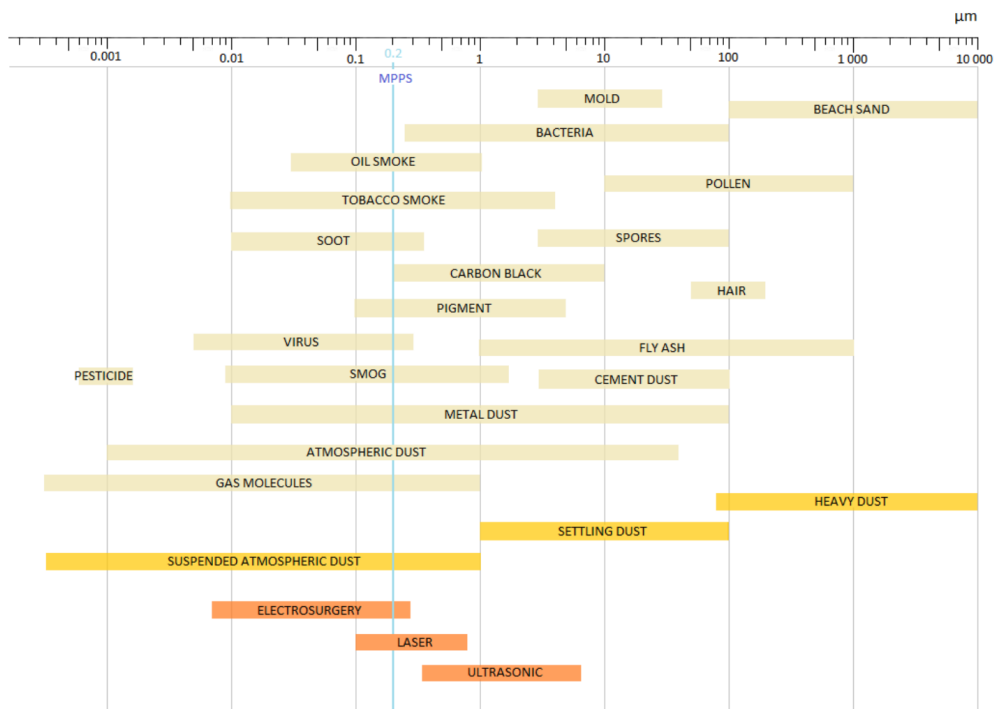
rutiner kring de båda uppställningarna lika. Kungälv's sjukhus rutiner för arbete i operationssal med LAF-tak finns redovisad i bilaga 3.



Figur 3.6: Operationssjuksköterskornas positionering vid utförande av uppdukningen, uppställning 2

3.2.3 Klädsystem vid kirurgiska ingrepp

Eftersom varje person kan sprida 1000 luftburna partiklar per minut, är bland annat operationsklädselns uppgift att motverka denna partikelspridning. Partiklarna som avges från huden varierar mellan 5–60 μm med en medelstorlek på 12 μm (Friberg och Friberg, 2005). I figur 3.7 ges en bild av olika partiklars storleksordning.



Figur 3.7: Jämförelse av olika partiklars storleksordning, enheten på X-axeln ges i μm (Norén, 2016).

Samtidigt som kläderna motverkar bakteriespridningen ska klädseln även vara komfortabel för personen som bär den. Vid kirurgiska ingrepp är personalen klädd i byxor, tröja med korta ärmor och förkläde. Tröjans korta ärmor är till för att minska risken för kontaktsmitta. Både tröjan och byxorna har muddar vid halsen, ärmarna och vristerna. Dessutom används huvudbonad, munskydd, två lager av handskar samt operationsavdelningsbundna inomhusskor, A-S. Karlsson (personlig kommunikation, 13 februari 2017). Kläderna byts ut efter varje arbetsdag och får endast bäras på operationsavdelningen. Skulle kläderna komma i kontakt med en patient ska de även då bytas ut för att motverka spridningen av partiklar.

De finns två klädsystem som vanligen används. Standardklädseln består av 70% bomull och 30% polyester och specialklädseln som används vid operationer med stor risk för infektioner består av 50% bomull och 50% polyester. Detta eftersom specialklädseln släpper igenom färre partiklar jämfört med standardklädseln (Norén, 2016).

Operationsklädseln stoppar dock ej partiklar från externa smittkällor. En huvudbonad som har använts under en hel dag kan ha kommit i kontakt med bakteriebärande partiklar utanför operationssalen som sedan förs i salen och sprids där (Norén, 2016).

3.3 Val- och uppbyggnad av modellförsök

För att visualisera luftens rörelser för de två valda uppställningarna, simulerades dessa uppställningar i ett laboratorium som drivs av Chalmers tekniska högskola. Nedan följer information om hur detta laboratorium är uppbyggt. Informationen beskriver rummets dimensioner, de systemtekniska lösningar som är relevanta för försöken och slutligen hur systemen har anpassats.

3.3.1 Laboratoriets uppbyggnad och utformning

Uppbyggnad av laboratoriet med tillhörande ventilationstekniska lösningar finns beskrivet i rapporten Luftförling i operationsrum av Sundbeck och Värmsjö (2005). Den tidigare gjorda konstruktionen med tillhörande ventilationstekniska lösningar, tillsammans med de modifieringar som beskrivs i följande stycken, utgjorde det laboratorium som användes vid försöken för denna studie.

Laboratoriet har dimensionerna $4,0 * 3,0 * 2,7$ meter, givet i *längd * bredd * höjd*. Detta rätblocksformade rum avgränsas med väggar av glas som tätats vid fogarna, i syfte att undvika läckage i så stor utsträckning som möjligt. För att ytterligare begränsa möjligheten för läckage har tätning utförts mellan dörren till laboratoriet och dess dörrkarm. I laboratoriet kan tilluftsflöde och därmed frånluftsflöde och tryck regleras med hjälp av systemtekniska lösningar med tillhörande reglering.

Det rätblocksformade laboratoriets övre del begränsas delvis av ett tilluftsdon i form av ett rektangulärt LAF-tak. Rakt under detta tilluftsdon finns den sterila zonen. Denna zon har samma längd- och breddmått som LAF-taket och utgör ett område på $2,0 * 1,2$ meter. Laboratoriet har dessutom 8 frånluftsuttag som kan täckas vid

behov av färre frånluftsdon. De är placerade högst upp och längst ner vid varje hörn i rummet.

3.3.1.1 Laboratoriets systemtekniska lösningar

För att skapa en möjlighet att erhålla bästa möjliga resultat från försöken, anpassades laboratoriet för att likna den verkliga miljön. För att göra dessa anpassningar fanns ett antal systemtekniska lösningar i laboratoriet, vilka tillsammans bidrog till den anpassning som beskrivs i kapitel 3.3.1.3. Nedan beskrivs de systemtekniska lösningar som fanns tillgängliga vid laboratoriet.

För att skapa ett tilluftsflöde har en fläkt monterats på taket av laboratoriet. Fläkten har som syfte att skapa ett tillräckligt högt tryck i tilluftskanalerna och på så sätt förse laboratoriet med det önskade tilluftsflödet. Fläkten ska ha kapacitet nog att kompensera för olika tryckfall längs vägen till ventilationssystemets tilluftsdon. Tilluftsdonet som användes under försöken var i form av ett LAF-tak, detta tilluftsdon finns beskrivet i kapitel 2.3.2.

Frånluftsflödet gick genom fyra spirokanaler med 250 mm i diameter. Dessa spirokanaler är monterade vertikalt från golv till tak i laboratoriet. Frånluftskanalerna är placerade i laboratoriets hörn och varje spirokanal har två öppningar, en nära golvet och en nära taket. Totalt åtta öppningar verkade som frånluftsdon och förde ut luften genom taket på rummet. Frånluftssystemet i laboratoriet verkade passivt. Det fanns alltså ingen fläkt som sög ut luften genom kanalerna, systemet drevs av det övertryck som rådde i laboratoriet.

3.3.1.2 Injustering av luftflöden

För att uppnå en lufthastighet på $0,3m/s$ genom LAF-taket justerades den effekt som tilluftsfläkten försörjdes med. Samtidigt mättes tilluftsflödet med den lufthastighetssmätare som beskrivs i kapitel 3.3.2.1 och effekten justerades tills de önskade värdena presenterades på ventilationsmätarens display. Justeringen gjordes med hjälp av ett reglage som är kopplat till fläkten. Initialt mättes tilluftsflödet då fläkten försågs med full effekt, detta gjordes för att säkra att fläkten hade tillräcklig kapacitet för att tillgodose laboratoriet med det önskade tilluftsflödet från LAF-taket. Efter detta sänktes effekten till tilluftsfläkten successivt, tills ventilationsmätaren visade den önskade luftflödehastigheten. Reglages position noterades för att kunna erhålla det önskade flödet vid senare tillfällen, utan upprepade mätningar.

3.3.1.3 Anpassning av laboratoriet

En miljö liknande operationssalarna i Kungälvssjukhus byggdes upp i laboratoriet. Uppdukningsbord, till- och frånluftsdon anpassades så noga som möjligt. Lämpliga objekt för simuleringen valdes ut, dessa objekt skulle föreställa de instrument som dukas upp innan en verklig operation. För att få en modell av ett uppdukningsbord konstruerades en lösning som består av en rektangulär skiva, vilken placerades ovanpå ett stativ. Stativet som målades svart konstruerades med fyra träskivor samt metallkonsoler vid golvet för att förhindra vältning.

För att undvika en ohälsosam arbetsmiljö behövde laboratoriet rengöras, därav rengjordes samtliga tilluftskomponenter. LAF-taket våttorkades in- och utvändigt i syfte att avlägsna damm och andra partiklar. Golv samt väggar dammsögs och spirokanaler våttorkades utvändigt.

3.3.1.4 Avvikelser från den verkliga uppdukningsmiljön

Laboratoriet anpassades så väl som möjligt, jämfört med miljön som råder i de operationssalar som finns på Kungälvssjukhus. Det förekom dock ett antal begränsningar i laboratoriet, vilket gav en avvikelse från den verkliga miljön. Nedan följer parametrar, vilka potentiellt kan ha verkat som felkällor vid försöken.

Som nämns i kapitel 3.3.1.1 verkade frånluftsventilationen passivt i laboratoriet och luften recirkulerades inte. Något kyl- eller värmebatteri förekom ej heller i systemet. Dessa förutsättningar medförde att tilluftens temperatur inte kunde regleras, temperaturen på luften som forcerades in i laboratoriet var densamma som rådde vid tilluftsintaget. Det passiva frånluftssystemet försvårade även anpassning av frånluftsfördet och flödesjämnheten mellan de fyra olika spirokanalerna.

Dimensionerna i laboratoriet skiljer sig från den verkliga miljös dimensioner. Jämfört med den verkliga miljön är laboratoriet mindre sett till höjd, bredd och längd. Till skillnad från det cirkulära LAF-tak som används vid Kungälvssjukhus har laboratoriets LAF-tak en rektangulär form. Laboratoriets tilluftsdon har även en mindre totalarea men täcker procentuellt sett en större yta av laboratorietaket. Vidare förekom en avsaknad av föremål i laboratoriet. Belysning, instrument och annan apparatur som finns i operationssalarna vid Kungälvssjukhus saknades i laboratoriet, något som påverkar luften rörelsemönster.

3.3.2 Mätteknik och instrument

Under försöken i laboratoriet på Chalmers tekniska högskola användes olika instrument för mätningar, visualisering och dokumentation. Nedan följer en beskrivning av de instrument som har använts under försöken.

3.3.2.1 Lufthastighetsmätare SwemaAir 300

För att mäta och ställa in rätt lufthastighet från tilluftsdonet i laboratoriet, användes lufthastighetsmätare SwemaAir 300, se figur 3.8. En givare placerades i luftens flödesriktning för att sedan presentera lufthastigheten på en display. Detta instrument mäter hastigheter ner till 0,1 m/s, vilket gjorde att denna mätare var lämplig att använda inför och under försöken (Svenska mätapparater Fabriks AB, 2015).



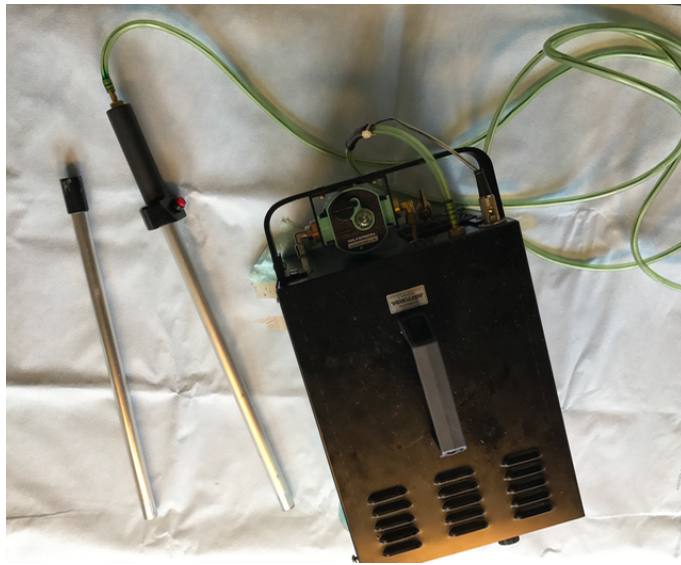
Figur 3.8: Mätinstrument SwemaAir 300 med tillhörande givare för mätning av lufthastighet.

3.3.2.2 Rökgenerator RG-100

För att visualisera luftens rörelsemönster i laboratoriet, applicerades rök till luftströmningen. Vad som framställde röken var en rökgenerator, detta instrument är uppbyggt av följande tre huvudkomponenter.

- Pump, GAST MAA-P102 HD
- Värmepatron, HS/T
- Dimsmörjare, Wilkinsson L16-C4-000

Dimsmörjaren innehåller olja, i detta fall av typen Ondina Oil 15, vilken bildar en oljedimma då rökgeneratoren är aktiverad. Denna oljedimma går genom en värmekammare där värme alstras från den patron som nämns ovan. Vid den höga temperatur som råder i kammaren förbränns oljedimman och övergår i en vit rök. Röken pumpas ut genom ett munstycke som är kopplat till rökgenerators främre del. Rökgeneratoren kan ses i figur 3.9 och finns ytterligare beskriven i bilaga 4.



Figur 3.9: En rökgenerator användes för att visualisera luftens rörelsemönster vid testförsöken. Dimsmörjare Wilkinson L16-C4-000 som är monterad på rökgeneratorns bakstycke samt munstycke med tillhörande slang syns på figuren.

3.3.2.3 Videokamera GoPro Hero 5 Session

För att dokumentera luftens rörelsemönster användes en videokamera av märket GoPro, modell Hero 5 Session. Videokameran är utrustad med ett vidvinkelobjektiv, vilket var fördelaktigt under försöken då tillräckligt stor yta av rummet kunde dokumenteras utan att vinkla kameran i horisontal- eller vertikalled (GoPro, 2016). Kameran filmar i 4K-upplösning, vilket gav skarpa still- och rörliga bilder under laborationsförsöken. Videokameran med tillhörande stativ kan ses i figur 3.10.



Figur 3.10: Videokamera GoPro Hero 5 Session monterad på stativ användes för att dokumentera luftens rörelsemönster under testförsöken.

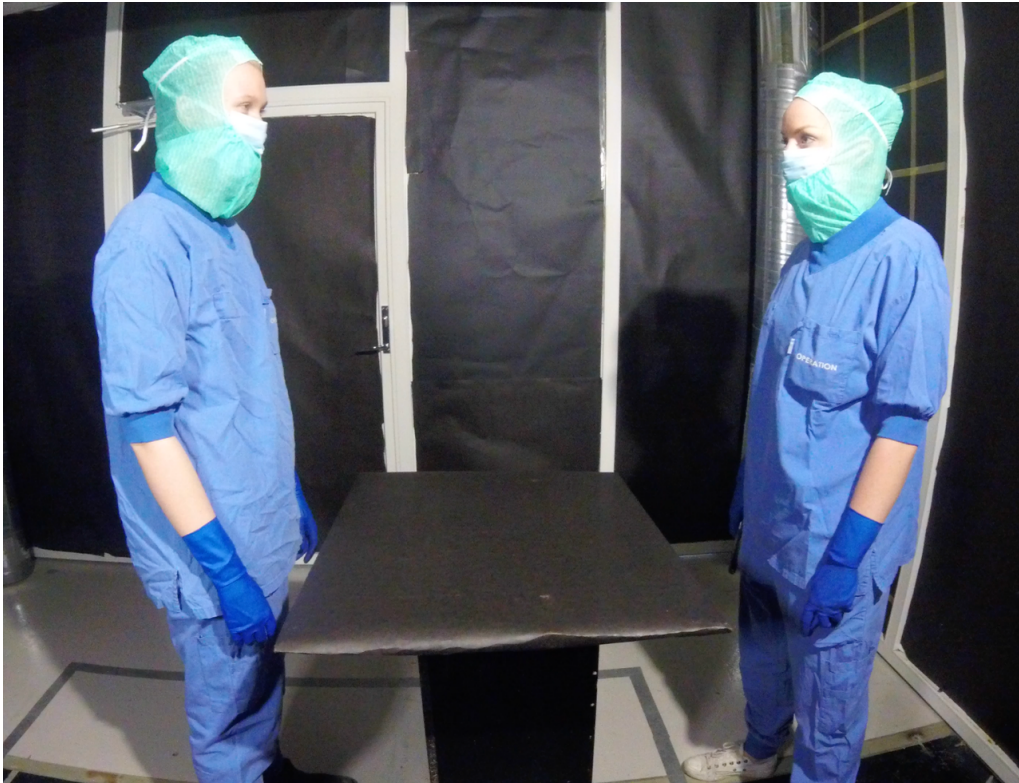
3.3.3 Visualiseringsteknik och dokumentering vid försöken

För att dokumentera luftens rörelsemönster under uppdukning användes rök. För att fånga röken på film behövde kontrasten mellan ljussättning och bakgrund anpassas. Väggar och fönster i laboratoriet täcktes med svart vindpapp, pappen fästes med dubbelhäftande tejp. Detta gjordes i syfte att skapa så stor kontrast som möjligt mot den vita röken som användes. På så sätt tydliggjordes röken i rummet och kunde fångas på både rörliga och stilla bilder. LED-lampor om 16 W användes för att ge en minimal värmeverkan på luften och därmed minimera de luftrörelser som uppkommer från värmekällor. Genom att simultant belysa röken från olika vinklar mot den svarta bakgrunden, kunde placering av kameror och ljuskällor bestämmas. När tillräckligt goda ljusförhållanden och kameravinklar var fastställda ansågs förberedelsefasen inför laborationsförsöken färdig.

3.4 Inledande testförsök

Följande stycken beskriver hur testförsöken i laboratoriet har utförts. Läsaren rekommenderas att studera de bilagor som refereras till i kapitlet, i syfte att få en tydligare bild av vad som beskrivs.

Testförsöket inleddes med att rökgeneratoren monterades och aktiverades för uppvärmning av värmekammaren. Statisterna i form av operationssjuksköterska A och operationssjuksköterska B kläddes i de kläder som används ute på verksamheten vid Kungälvssjukhus och samtidigt avaktiverades brandlarmet. LED-lamporna och kameran placerades i de positioner som tidigare var framtestade och fastställda, de utvalda instrumenten placerades på uppdukningbordet. Operationssjuksköterska A och operationssjuksköterska B ställde sig i position för uppställning 1 enligt figur 3.11, där uppdukningbordet är placerat mellan statisterna. LED-lamporna tändes, kameran startades och en kontroll så att ingen annan än statisterna var synlig på bilden genomfördes. Fläkten startades och försågs med den effekt som var uppmätt för att erhålla den önskade lufthastigheten, dokumentationen av rörliga bilder aktiverades. Rök från rökgeneratoren tillsattes oavbrutet ovanför operationssjuksköterska B i den sterila zonen, så att röken kom i kontakt med statisten innan den fördes vidare mot frånluftsuttagen. Operationssjuksköterska A räckte över ett av de utvalda instrumenten i taget till operationssjuksköterska B, som kontinuerligt placerade dessa på uppdukningbordet. Instrumenten förflyttades upprepade gånger mellan operationssjuksköterska A och operationssjuksköterska B, i syfte att simulera uppdukning av lika många instrument som dukades upp under studiebesöket på Kungälvssjukhus. Kameran och lamporna stängdes av, flödet av rök avaktiverades. Laboratoriet ventilerades under 5 minuter för att få bort den rök som fanns kvar i lokalen. Samma uppdukningprocedur med visualisering av luftens rörelser genom tillsättning av rök upprepades och dokumenterades ytterligare två gånger.



Figur 3.11: Operationssköterska A och operationssköterska B står i position för testförsök, uppställning 1.

Uppställning 2 förbereddes genom att uppdukningsbordet placerades i mitten av den sterila zonen och med operationssjuksköterska A och operationssjuksköterska B på samma sida om detta, se figur 3.12. På samma sätt när som laborationen för uppställning 1 utfördes, upprepades samma procedur med uppställning 2. Rök, ventilation, belysning och dokumentation av försöket var snarlikt det testförsök som utfördes tidigare. För att se hur denna uppställning gick till, se bilaga 1. Likt testförsöken med uppställning 1, utfördes uppställning 2 totalt tre gånger.



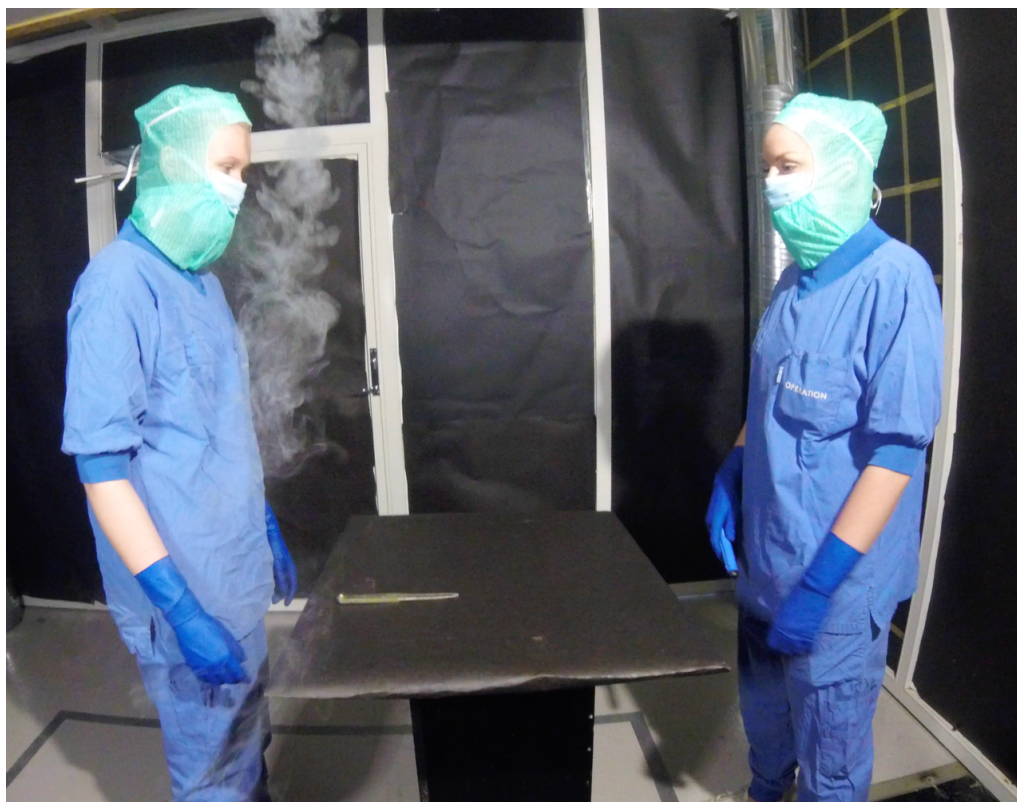
Figur 3.12: Operationssköterska A och operationssköterska B står i position för testförsök, uppställning 2.

3.5 Verifiering av inledande testförsök

Det material som producerades i form av rörliga bilder under testförsöket, se bilaga 1, skickades till Ann-Sofie Karlsson och Anki Lövgren på Kungälvssjukhus för analys och verifiering. Vid detta tillfälle skickades även en inbjudan ut till de ovan nämnda namnen. Denna inbjudan rörde ett erbjudande att delta i ett slutgiltigt testförsök av uppställningarna i laboratoriet. Utöver Karlsson och Lövgren bjöds fler parter in, se bilaga 5.

Innan det slutgiltiga testförsöket genomfördes, visades de rörliga bilderna från det tidigare utförda testförsöket för de medverkande parterna. I samband med visningen erhöles konstruktiv kritik från de inbjudna, på rörelserna som använts under testförsöket. Två företeelser påpekades och redigerades till de slutgiltiga testförsöken. Den första företeelsen som påpekades var att händerna alltid skulle hållas över bordet, som figur 3.13 här nedan presenterar skedde inte detta konsekvent under testförsöken. Den andra företeelsen som påpekades var att operationssjuksköterska B stod för långt ifrån uppdukningbordet vid båda uppställningarna, sett till hur den riktiga verksamheten jobbar. Detta avstånd visas i figur 3.14 här nedan.

3. Genomförande



Figur 3.13: Händerna hålls inte över uppdukningsbordet, den första företeelsen som påpekades av de parter som medverkade under det slutgiltiga testförsöket.



Figur 3.14: Ett avstånd mellan operationssköterska B och uppdukningsbordet råder, den andra företeelsen som påpekades av de parter som medverkade under det slutgiltiga testförsöket.

3.6 Slutgiltigt testförsök

Under det slutgiltiga testförsöket befann sig, utöver gruppens medlemmar, 6 personer på plats för att delta och beskåda laborationen. Se bilaga 5 för deltagarlista. Två av dem, Ann-Sofie Karlsson och Anki Lövgren, deltog aktivt i laborationen i form av statisterna operationssjuksköterska A och operationssjuksköterska B. De slutgiltiga försöken utfördes med instrument, förpackningar och textilier från sjukhusverksamheten, se bilaga 6 för inventarielista.

Likadant som de tidigare testförsöken, inleddes det slutgiltiga testförsöket med uppvärmning av rökgeneratorns värmekammare. Statisterna bytte till de kläder som används vid Kungälvss sjukhus och Sahlgrenska universitetssjukhus avdelningar för kirurgi. Brandlarmet avaktiverades, lampor och kamera placerades i samma positioner som använts tidigare och de instrument som tagits med från Kungälvss sjukhus placerades på en vagn i laboratoriet utanför den sterila zonen. Tilluftsfläkten försågs med samma effekt som vid de tidigare testförsöken. Uppställning 1 och uppställning 2 utfördes, se figur 3.15 respektive figur 3.16, dokumenterades enligt förloppet beskrivet i kapitel 3.4, med en revidering för de två företeelserna som är nämnda i kapitel 3.5. Förutom denna revidering skiljde sig det slutgiltiga testförsöket från tidigare försök i form av instrument, både i utseende och antal. Fler instrument och engångsmaterial fanns att tillgå vid det senare försöket, därför överlämnades inte dessa fram och tillbaka flera gånger mellan operationssjuksköterska A och operationssjuksköterska B. I detta försök skedde alltså uppdukningen mer realistiskt och inte lika monotont och enformigt som i tidigare försök. För att se hur uppställningarna gick till, hänvisas läsaren till bilaga 1.



Figur 3.15: Operationssjuksköterskor från Kungälvss sjukhus står i position för slutgiltigt testförsök, uppställning 1.



Figur 3.16: Operationssjuksköterskor från Kungälv's sjukhus står i position för slutgiltigt testförsök, uppställning 2.

4

Resultat

I detta kapitel beskrivs resultaten från de båda testförsöken som utfördes. För att ge en så god och tydlig bild av resultatet som möjligt råds läsaren att parallellt med läsning av detta kapitlet se filmklipp som arbetet resulterade i. För återkomst till dessa filmer, se bilaga 1. I figurerna som följer nedan förekommer vektorer, dessa vektorer förtydligar luftens strömningsriktning.

Inledelsevis presenteras delresultaten från det inledande testförsöket, innan resultaten från det slutgiltiga testförsöket redovisas.

4.1 Resultat från inledande testförsök

Vid det inledande testförsöket så testades både uppställning 1 och uppställning 2. Genom rökvisualiseringen kunde luftens väg från tilluftsdonet till frånluftsdonen följas.

Resultatet från de inledande testförsöken visar att vid uppställning 1 fördes tilluften rakt ned från LAF-taket, se figur 4.1.



Figur 4.1: Tilluften flödar vertikalt från LAF-taket mot operationssjuksköterska B.

Detta flöde fortsatte tills påverkan från operationssjuksköterska B gjorde att virvlar uppstod, se figur 4.2.



Figur 4.2: Luften strömmar i virvlar vid operationssjuksköterska B.

Luften stannade i virveln tills operationssjuksköterskans rörelser återigen påverkade luften, nu genom att häva virvlarna och stöta ut luften över uppdukningbordet, se figur 4.3.



Figur 4.3: Rörelser från operationssjuksköterska B häver virvlar, luften strömmar ut över uppdukningbord och uppdukade instrument.

Luften som hade varit i kontakt operationssjuksköterska B träffade därefter de uppdukade instrumenten. Vidare flödade luften ner från uppdukningbordet, ut ur den sterila zonen och vidare till frånluftsdonen.

Vid test av uppställning 2 visades det att det fanns en skillnad mellan de olika uppställningarna. I uppställning 2 sökte sig luftflödet bort från mitten av den sterila zonen och drogs i riktning mot operationssjuksköterska B, som denna gången stod placerad på andra sidan uppdukningbordet, se figur 4.4.



Figur 4.4: Luftflödet strömmar mot operationssjuksköterska B, bort från uppdukningsbordet.

Luften träffade därmed bordet innan den vidrörde operationssjuksköterska B vars rörelser, som i uppställning 1 spred röken över bordet, nu i uppställning 2 inte hade lika stor påverkan på luftspridningen över uppdukningsbordet. De virvlar som skapades i denna uppställningen spreds, efter att de brutits, längs operationssjuksköterskans sidor ner mot golvet och vidare till frånluftsdonen, se figur 4.5.



Figur 4.5: Luften strömmar i virvlar och bryts utan att flöda mot uppdukningsbordet.

Under test av uppställning 2 gjordes observationen att det avstånd operationssjuksköterska B hade till uppdukningsbordet spelade roll för hur mycket av luften som spreds över bordet. Ju närmare bordet operationssjuksköterskan stod, desto mer luft spreds över bordet, se figur 4.6 jämfört med figur 4.7.



Figur 4.6: Operationssjuksköterska B står i direkt anslutning till uppdukningsbordet, rök i luftens flöde befinner sig på detta bord.



Figur 4.7: Ett mellanrum återfinns mellan uppdukningsbord och operationssjuksköterska B, luften strömmar ej ut över bordet.

4.2 Resultat från slutgiltigt testförsök

De slutgiltiga testförsöken med operationssjuksköterskorna från Kungälv's sjukhus stärkte ytterligare de delresultat som getts av det inledande testförsöken. Dessutom var genomförandet av de slutgiltiga testförsöken mer realistiskt jämfört med de tidigare, då rörelserna vid första testförsöket var mer monotona och enformiga.

I det slutgiltiga testförsöket, uppställning 1, rör sig operationssjuksköterska B runt bordet för att hämta ett instrumentgaller. Denna rörelse påverkar luften och skapar fler virvlar jämfört med det inledande testförsöket, där operationssjuksköterska B stod stilla. Luften förs precis som i tidigare testförsök via operationssjuksköterska B för att sedan föras ut över uppdukningsbordet, se figur 4.8 – figur 4.10.



Figur 4.8: Tilluften flödar vertikalt från LAF-taket mot operationssjuksköterska B.

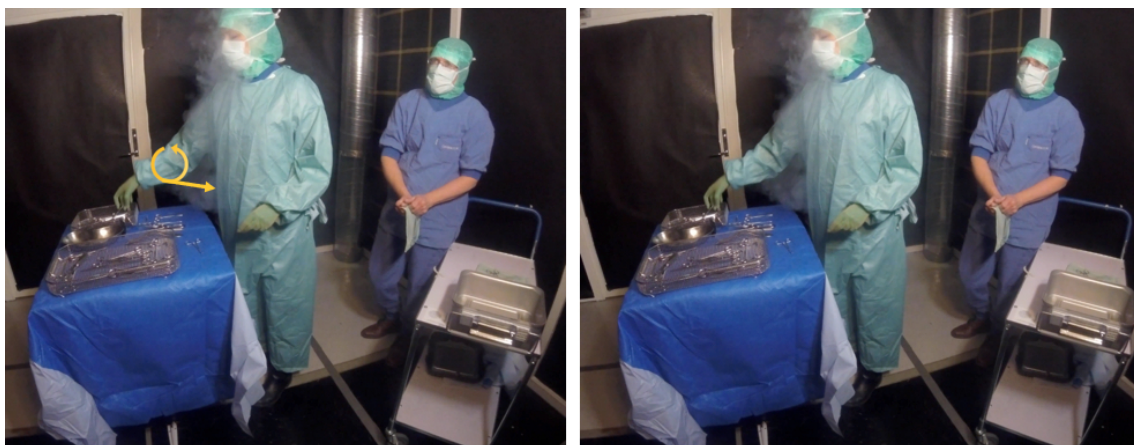


Figur 4.9: Virvlar förekommer i anslutning till operationssjuksköterska B.



Figur 4.10: Luft som tidigare strömmat i virvlar vid operationssjuksköterska B, strömmar ut över uppdukningbord och instrument.

I uppställning 2 kan det även i detta testförsök ses att när operationssjuksköterska B gör rörelser, som i uppställning 1 får luften att sprida sig ut över uppdukningbordet, kröker luftens strömning runt operationssjuksköterskans armar och rör sig bort från bordet ut ur den sterila zonen. Detta presenteras i figur 4.11. Luften rör sig först mot mitten på den sterila zonen, där uppdukningbordet står, för att sedan strömma mot frånluftsdonen. Luften sprider sig inte över bordet i uppställning 2 som den gör i uppställning 1, något som även observerades under tidigare testförsök.



Figur 4.11: Luften kröker sig runt armarna på operationssjuksköterska B, för att sedan flöda bort från bordet utan att komma i kontakt med uppdukade instrument.

I de slutgiltiga testförsöken noterades att luften tenderar att följa de armrörelser operationssjuksköterska B gör i uppställning 2, för att sedan flöda ut ur den sterila zonen, se figur 4.12. Detta kan jämföras med uppställning 1 där luften tenderar att föras framför operationssjuksköterskans armar ut över uppdukningbordet, se figur 4.10.



Figur 4.12: Luften flödar ut från den sterila zonen, längs armrörelser som operationssjuksköterska B utför.

Precis som i de inledande testförsöken urskiljdes även i de slutgiltiga testförsöken en skillnad i hur mycket rök som träffade uppdukningbordet beroende på hur långt ifrån bordet operationssjuksköterska B stod, se figur 4.13 jämfört med figur 4.14. Ett mellanrum som förekommer mellan operationssjuksköterska B och uppdukningbordet gör att luften kan passera där, vilket inte är möjligt när operationssjuksköterskan och bordet är i kontakt med varandra.



Figur 4.13: Inget avstånd mellan operationssjuksköterska B och uppdukningbordet råder, rök i luftens strömning återfinns vid uppdukade instrument.



Figur 4.14: Operationssjuksköterska B har lämnat ett avstånd till uppdukningbordet, luften strömmar i detta mellanrum utan att komma i kontakt med uppdukade instrument.

Testförsöken visar även att hastigheten på de rörelser operationssjuksköterska B utför har en inverkan. Ju häftigare och snabbare rörelsen är, desto mer luft dras med eller föses framför operationssjuksköterskans armar och kropp.

5

Diskussion

Det slutgiltiga testförsöket genomfördes av Kungälvssjukhus egna operationssjuksköterskor med tillhörande instrument. Resultatet tyder på att luft som tidigare varit i kontakt med en operationssjuksköterska och där efter strömmar ut på uppdukningbordet, är sett till mängd större vid uppställning 1 jämfört med uppställning 2. Luft som tidigare varit i kontakt med en operationssjuksköterska kan potentiellt transportera bakteriebärande partiklar från denna person, något som inte önskas förekomma på de sterila instrumenten på uppdukningbordet. På så sätt skulle alltså uppställning 1 kunna leda till en högre risk för postoperativa infektioner, jämfört med uppställning 2.

Resultatet visar att de luftrörelser som uppstår vid uppställning 2 först träffar uppdukningbordet och sedan operationssjuksköterska B. I uppställning 1 är denna ordning omvänd. Vidare påvisar resultatet att ett litet mellanrum mellan operationssjuksköterska B och uppdukningbordet kan bidra till att luftspridningen ut på detta bord med sterila instrument blir mindre, jämfört med om samma operationssjuksköterska står i direkt kontakt med bordet. Detta resultat kan vara intressant för vidare forskning, i syfte att ta fram uppställningar och arbetsrutiner som utnyttjar LAF-taketets ventilationsflöde på ett så bra sätt som möjligt. Det kan dock förekomma intressekonflikter i denna kategori. Ett förbättrat utnyttjande av luftföringen i operationssalen, mellanrummet mellan operationssjuksköterska B och uppdukningbordet, konkurrerar med ergonomiska aspekter. Ju längre ifrån sin kropp operationssjuksköterskorna måste utföra uppdukningen, desto mer kan kroppen komma att belastas. Den förekommande rotationen i uppställning 2, kan även denna bidra till en ökad belastning på operationssjuksköterskornas kroppar. Ergonomiaspekten kan visa sig vara ett argument för de som ej vill implementera en eventuell ny arbetsrutin, sett till uppställningar under uppdukningsprocessen.

Felkällor som kan påverka resultatets utfall kan vara värmekällor, som genererar luftrörelser. Vid utförandet av de slutgiltiga testförsöken användes två LED-lampor samtidigt som åtta personer vistades i laboratoriet. Trots att upp till åtta personer tillåts vistas i operationssalen samtidigt, är det sällan förekommande att så många individer närvarar under uppdukningsfasen av en operation. I kombination med att operationssalen är cirka fyra gånger större sett till golvyta och cirka fem gånger sett till volym, kan det relativt höga antalet personer i lokalen bidra till att resultatet kan ifrågasättas. Vilken temperatur som rådde vid start av varje uppställningsförsök gick inte att reglera, då det inte förekom ett aktivt frånluftsflöde i ventilationssystemet. Ett mer verklighetstroget försök skulle kunna utföras om samma temperatur som operationssalarna har under uppdukningsfasen rådde i laboratoriet.

Trots dessa faktorerers påverkan på luftens strömningsmönster så visar resultatet en skillnad mellan uppställningarna. Då felkällorna inte har skiljt sig mellan uppställning 1 och uppställning 2, bör dessa faktorer inte bidra med olika påverkan mellan försöken.

De videofilmer som är en del av resultatet i denna studie, visualiserar skillnader i luftens strömningsmönster vid en gammal respektive en ny uppställning. Dessa filmer kan påvisa de skillnader som råder och kan användas i upplärnings- och utbildningssyfte vid kirurgiska verksamheter som ska implementera uppställning 2. Även verksamheter som redan idag använder uppställning 2 kan utnyttja materialet för att stärka sina argument i varför den tidigare använda formationen, uppställning 1, ej bör nyttjas.

I utförandet nämns att rök endast appliceras till luften ovanför operationssjuksköterska B. Att ingen rök applicerades ovanför operationssjuksköterska A grundas i att denne antas ha en relativt liten påverkan på luftens flöde, jämfört med operationssjuksköterska B, eftersom operationssjuksköterska A befinner sig utanför den sterila zonen.

Då postoperativa infektioner utgörs av en mängd olika faktorer, är det svårt att avgöra hur mycket de olika uppställningarna påverkar risken för dessa infektioner. Som tidigare nämnts visar resultatet att uppställning 2 ger upphov till en mindre mängd luft som går via operationssjuksköterska B ned på uppdukningbordet, jämfört med uppställning 1. Att risken för postoperativa infektioner skulle bli högre vid uppställning 1 går ej att fastställa av denna studie, då ingen mätning av CFU har utförts.

För att kunna svara på om risken för postoperativa infektioner varierar mellan de två uppställningarna, skulle ytterligare försök behöva utföras. Till att börja med bör samma försök som utfördes i laboratoriet upprepas i verksamhetsmiljön vid Kungälvssjukhus, eftersom laboratoriet som användes ej är identiskt med lokalerna ute vid den verkliga verksamheten. Om samma resultat kan påvisas vid de försöken, det vill säga att luftrörelserna skiljer sig på samma sätt som i laboratoriet, bör även en mätning av CFU på de uppdukade instrumenten utföras vid sjukhuset. Kan då ett tydligt resultat kan påvisas, med en påtaglig skillnad i antal bakteriebärande partiklar som kommer i kontakt med de uppdukade instrumenten, kan en slutsats dras. Denna slutsats har mest troligt tillräckligt med substans bakom sig, så att en eventuell skillnad i CFU mellan de olika uppställningarna kan leda till värdering av vilken av formationerna som är bäst, sett till risken för postoperativa infektioner.

6

Slutsats

Laborationsförsöken visar att det finns en skillnad mellan de två uppställningarna, sett till mycket luft som förs via operationssjuksköterska B vidare till uppdukningsbordet. Detta tyder på att den hypotes som verksamheten på Kungälvssjukhus utvecklat, stämmer väl överens med det presenterade resultatet i rapporten. Den numera använda uppställningen, uppställning 2, bör vara bättre ur detta perspektiv jämfört med tidigare använda uppställningen, uppställning 1.

Denna studie har tagit hänsyn till luftens strömningsmönster och har inte beaktat hur många bakteriekolonier, CFU, som kommer i kontakt med uppdukningsbordet vid de olika uppställningarna. Denna studie kan därmed inte säkerhetsställa att förändringen av arbetsrutiner under uppdukningsprocessen leder till en reducerad risk för postoperativa infektioner. Vidare rekommenderas därför att denna studie kompletteras med en CFU-mätning under respektive uppställning, för att se huruvida det finns någon skillnad i mängden bakteriebärande partiklar som kommer i kontakt med uppdukningsbordet. Verifieringsförsök med rökvisualisering vid båda uppställningarna bör även utföras på Kungälvssjukhus för att testa hur luften flödar i operationssalens verkliga miljö.

Referenslista

- Abel, E. & Elmroth, A. (2012). *Byggnaden som system*. Studentlitteratur.
- Blomkvist, A. & Janson, M. (2016). Vårdhandboken. Hämtad från <http://www.vardhandboken.se/Texter/Smitta-och-smittspridning/Smittvagar/>
- Bonomi, F. (2016). *Contamination Control in Operating Theatres*. Energi och Miljö. Göteborg.
- Chrimes, N. & Fritz, P. (2013). *The Vortex Approach: Management of the Unanticipated Difficult Airways*. Smashwords Edition. California.
- Friberg, B. & Friberg, S. (2005). *Aerobiology in the operating room and its implications for working standards*. Institution of Mechanical Engineers. Georgia.
- Garland, A. (2017). *Early Mortality After Total Hip Arthroplasty In Sweden*. Faculty of Medicine, Department of Surgical Sciences. Uppsala.
- GoPro. (2016). *Hero 5 Session Användarhandbok*.
- Kungälv's sjukhus. (2012). vregionen.se. Hämtad från <http://www.vregionen.se/sv/Kungalvs-sjukhus/Kungalvs-sjukhus1/Om-sjukhuset/Historik/>
- Lövgren, A. & Oskarsson, E. (2015). *Rutin: Arbete på sal med LAF-tak*, Västra götalandregionen, Kungälv's Sjukhus. Kungälv.
- Lindström, M. & Sundin, D. (2005). *Uppbyggnad av luftbehandlingssystem för operationsrum. Dokumentation och mätningar*. Energi och Miljö.
- Norén, M. (2016). *A Quantitative Analysis of Airborne Contaminants in an Operating Theater*. Energi och Miljö.
- Reinmüller, B. (2011). Clothing Systems Used in Operating Rooms and in Clean Areas. Göteborg: Chalmers University of Technology. Hämtad från http://www.deconidi.ie/html/conf/wfhss-conference-2011/lectures/wfhss_conf20111012_lecture_sp_p802_en.pdf
- Romano, F., Gustén, J., De Antonellis, S. & Joppolo, C. M. (2017). Electrosurgical Smoke: Ultrafine Particle Measurements and Work Environment Quality in Different Operating Theatres.
- Romano, F., Marocco, L., Gustén, J. & Joppolo, C. M. (2015). *Numerical and experimental analysis of airborne particles control in an operating theater*. Energi och Miljö. Göteborg.
- Söderström, H. & Gustafsson, B. Å. (2016). Vårdhandboken. Hämtad från <http://www.vardhandboken.se/Texter/Operationsvard/Smitta-och-infektioner/>
- Sundbeck, P. & Värmsjö, P. (2005). *Luftföring i operationsrum*. Energi och Miljö.
- Svenska mätapparater Fabriks AB. (2015). *Swema Air 300 Bruksanvisning*. Farsta.

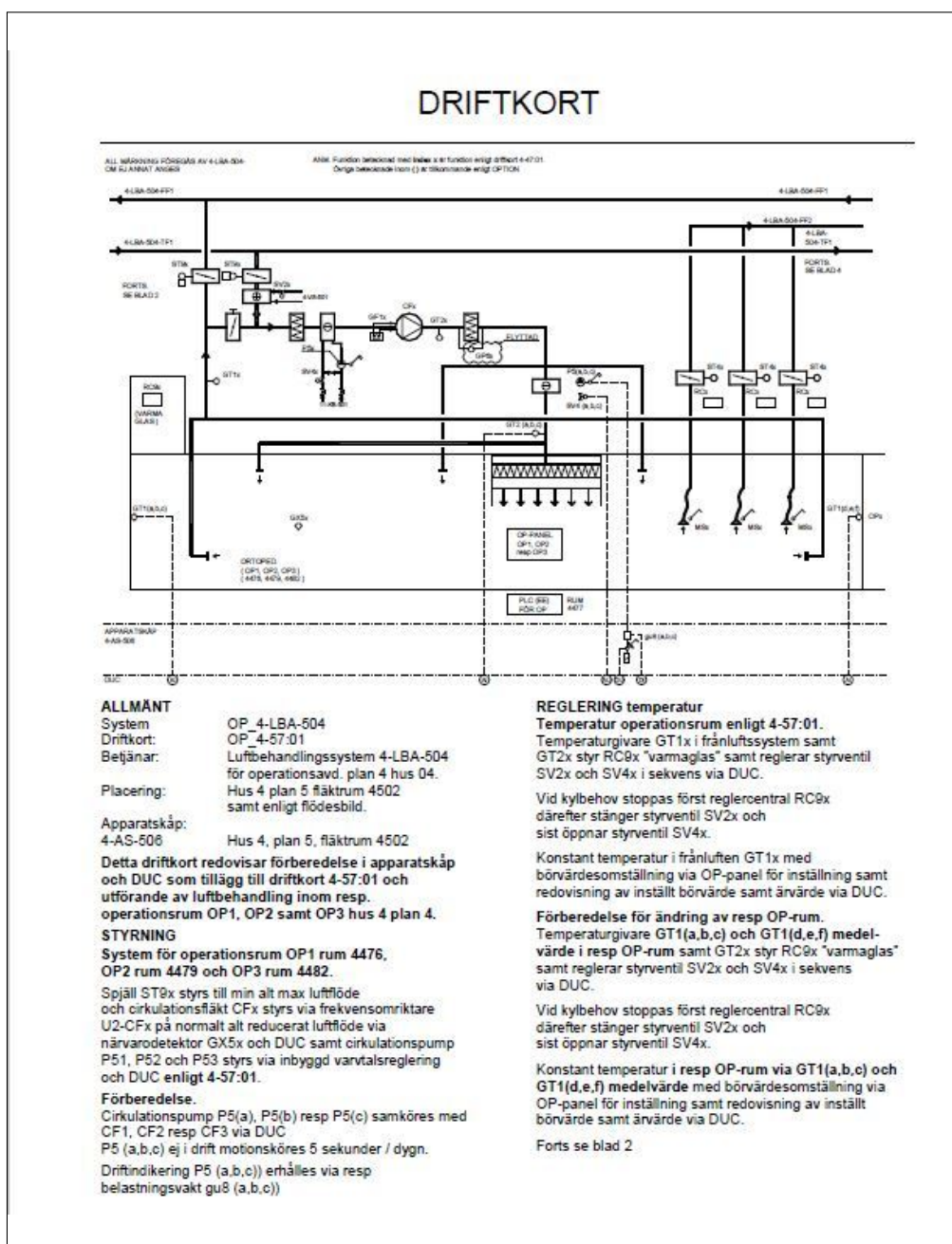
A

Bilaga 1 - Åtkomst till videomaterial

För tillgång till videomaterialet hänvisas läsaren att ta kontakt med avdelningen för installationsteknik på Chalmers tekniska högskola.

B

Bilaga 2 - Tekniska dokument och ritningar över operationssal



DRIFTKORT

REGLERING

Förberedelse för ändring av resp OP-rum (forts).
Temperaturgivare GT2(a,b,c) i tilluftssystem reglerar styrventil SV4(a,b,c) via DUC

Vid kylbehov öppnar styrventil SV4(a,b,c).

Konstant temperatur i tilluften 1,5 °C lägre temperatur än GT2x.

MÄTNING

Förberedelse för ändring av resp OP-rum.
Temperaturgivare GT1x ändras till mätande funktion.

Diff.tryck kontroll filter OP salar

Differenstrykgivare GP61, GP62 och GP63 flyttas från laftak till hepafilter och mäter differenstryck över filter.
Larm lika 4-57:01.

DRIFTTIDER OCH INDIKERINGAR.

Förberedelse för ändring av resp OP-rum.

Objekt	Drifttid	Driftind	Lok ind	Lokman
--------	----------	----------	---------	--------

P5(4), P5(5)

resp P5(6)	Vid drift			
	CFx	DUC		

LARM OCH INSTÄLLNINGSVÄRDEN tillägg

Förberedelse för ändring av resp OP-rum.

Beteckn	Förklaring	Inst	HL	LL	Ind	Larmkl.	Anm.
OP 1, OP2, OP3							
P5(a,b,c)	Avvik.drift				Progr	B	
GT1(a) +							
GT1(b)	Temp. rum	20-26 °C	*	*	Progr	B	via OP-panel
GT2x	Temp. tilluft	17-25 °C	*	*	Progr.	B	
	min / max	17 / ** °C					** max= 1°C < GT1(a), GT1(b)
GT2(a,b,c)	Temp. tilluft	GT2x -1,5 °C	*	*	Progr	B	

MÄTNING

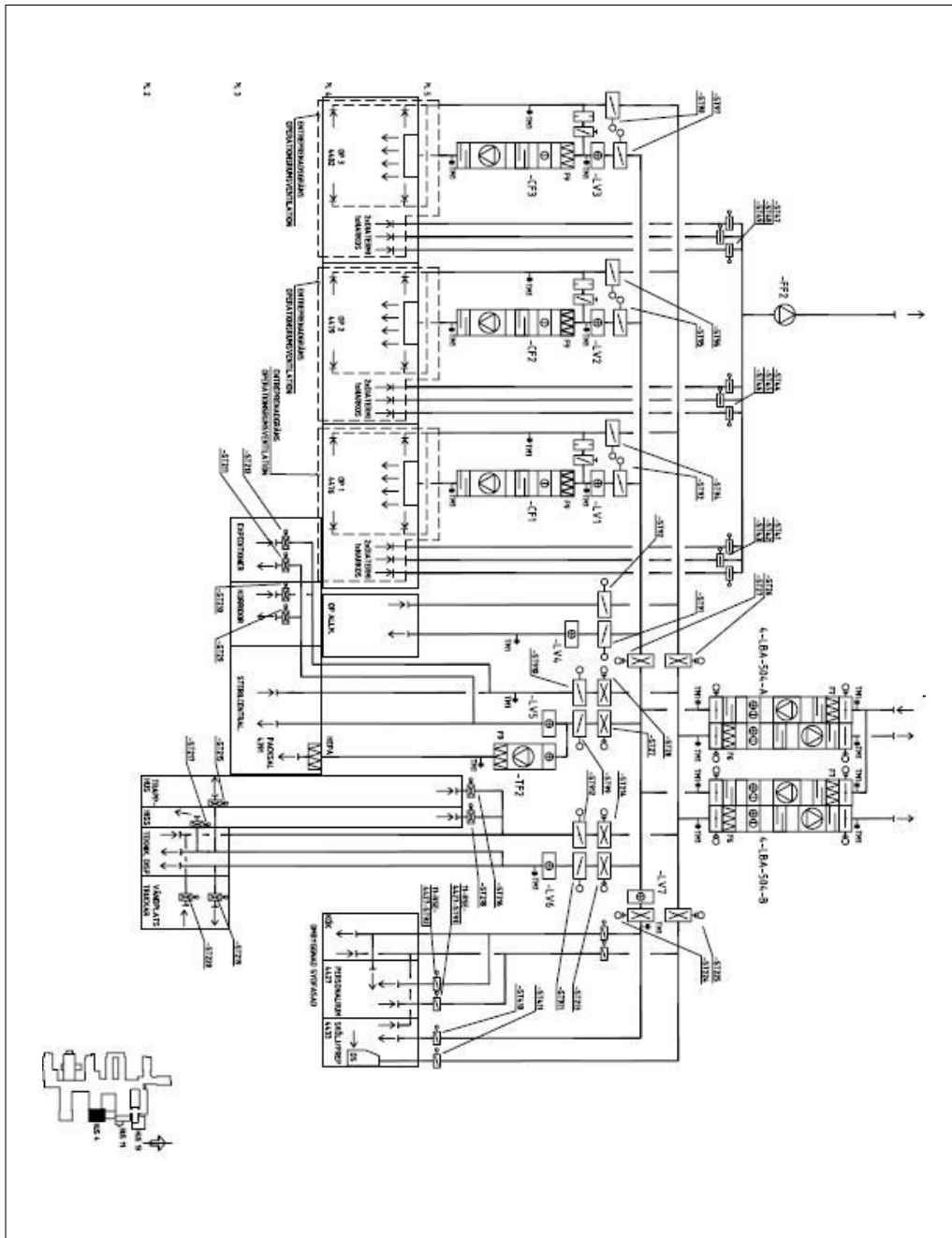
Förberedelse för ändring av resp OP-rum.

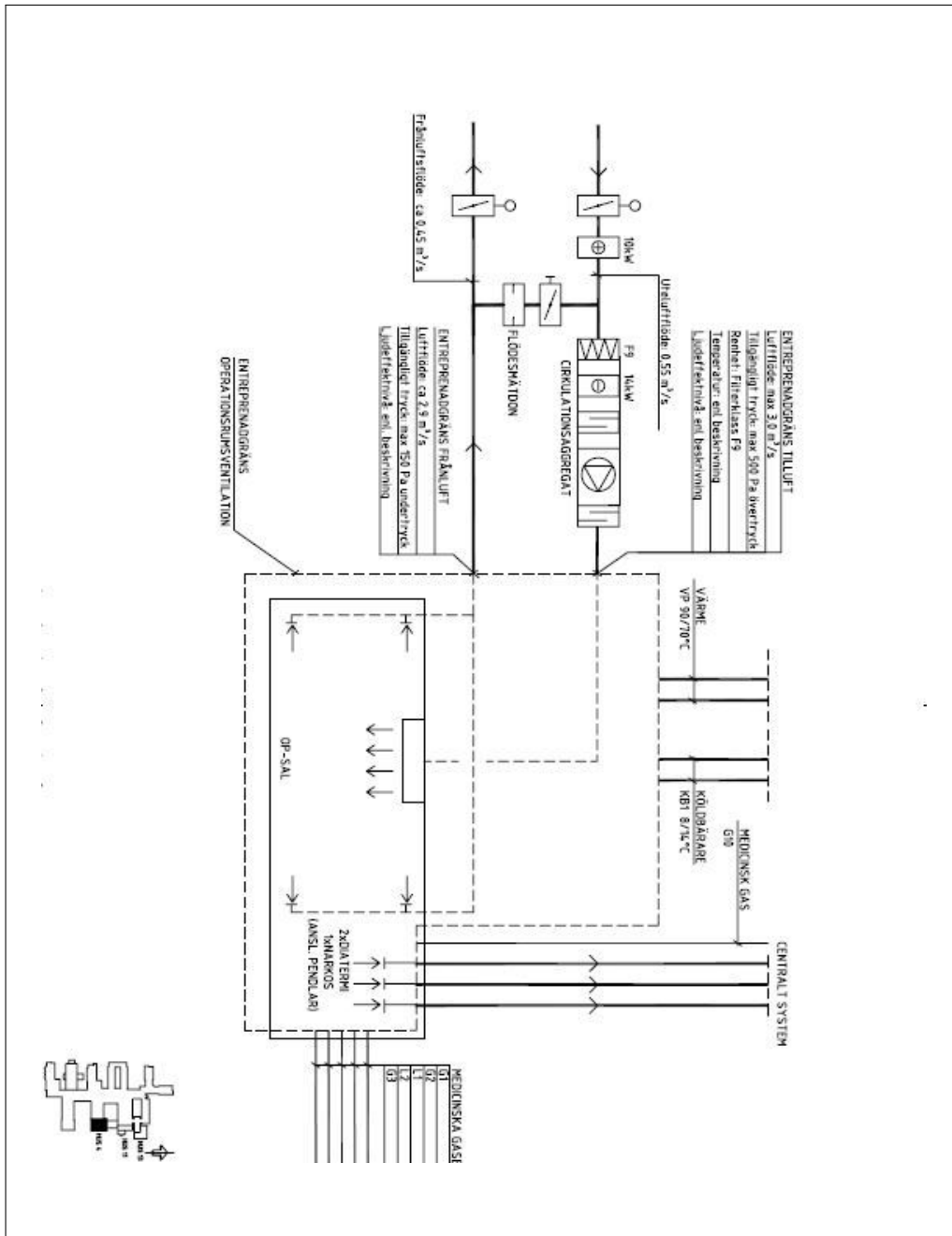
Beteckn	Förklaring	Inst	HL	LL	Ind	Larmkl.
GT1x	Frånlufts-temperatur					

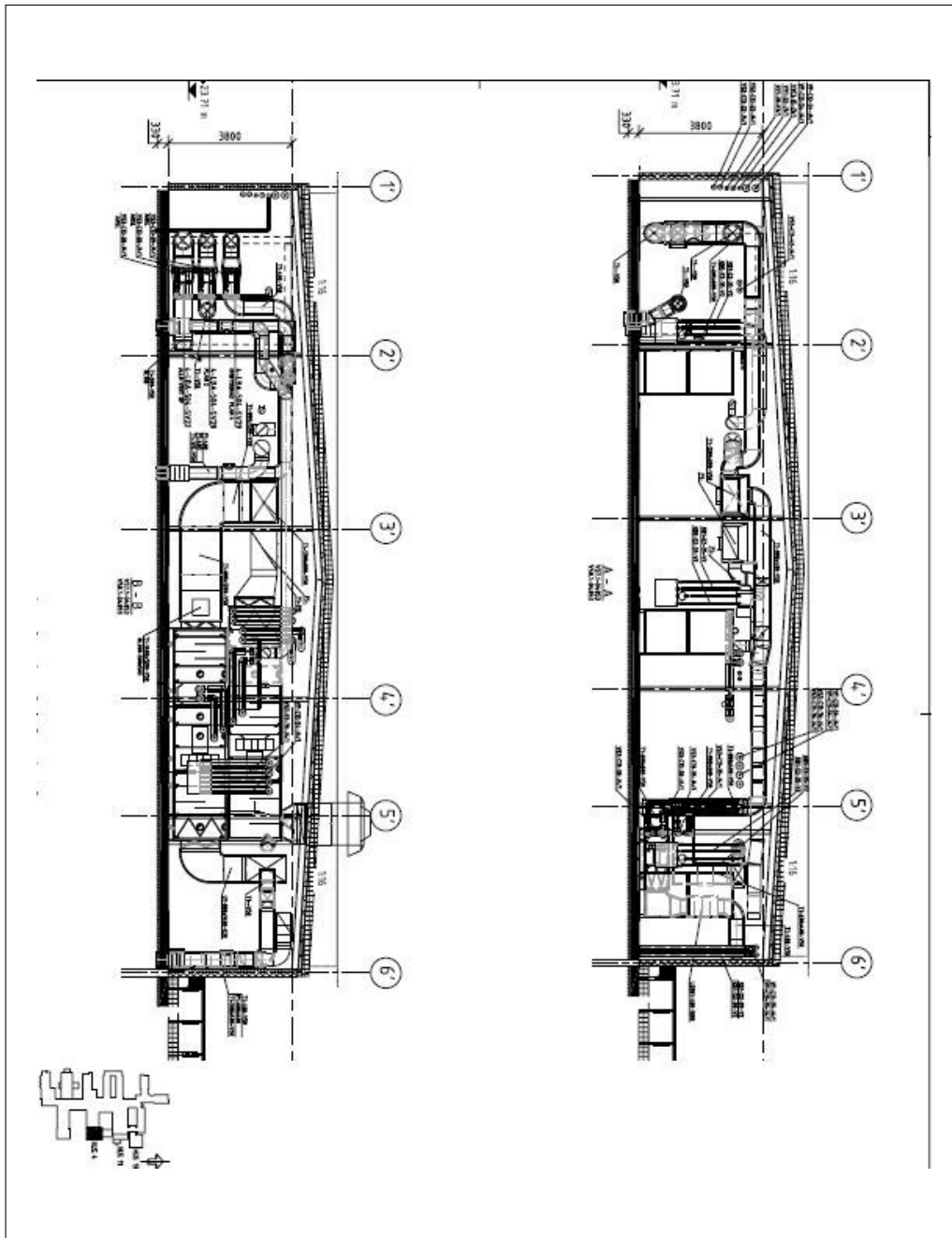
KOMPONENTFÖRTECKNING

Där ej annat anges levereras komponenter av entreprenad SÖE

Beteckn	Komponent	Lev. av:	Fabrikat	Typ/ mätomr.	Data. anm. mont. etc.
P5 (a,b,c) 3 st	Pump	OP-tak			1-fas 230V Avsäkras 6 A
SV4 (a,b,c) 3 st	Styrventil Ställdon för styrventil	OP-tak			Tvåvägs reglerande DN25 24 VAC, 0-10 V
GT1(a,b,c) 3 st	Temp.givare	OP-tak			Rum IP40
GT1(d,e,f) 3 st	Temp.givare	OP-tak			Rum IP40
GT2(a,b,c) 3 st	Temp.givare	OP-tak			Kanal
gu8(a,b,c) 3 st	Belastningsvakt	OP-tak			För P5 (a,b,c)







C

Bilaga 3 - Rutiner, arbete på sal med LAF-tak

RUTIN Arbete på sal med LAF-tak

Att arbeta på sal 1,2 och 3.

Så här utnyttjas LAF-taket på bästa sätt.

Max antal personer på salen är 8 personer. Vid proteser endast 6 personer.

Vid proteskirurgi och andra operationer med implantat av främmande material, använd mössa med dok som stoppas innanför skjortans hals. Munskydd bärs innanför mössan.

Använd principen "STÄNGD SAL" och blå kläder (proteser).

- Bara opssk och pass på salen vid uppdukning.
- När steril rock tas på ställer sig opssk strax innanför ringen med näsan inåt. Pass står strax utanför och knäpper rocken.
- Sterila paket som ligger på bord öppnas av pass så att bordet står s innanför ringen. När sterilt lakan vecklas ut av opssk kan bordet tas längre in i cirkeln och ställas så att det blir en bra arbetsställning för opssk.
- Det sterila bordet skall stå närmast mitten. Opssk skall alltså stå utanför bordet längst ut mot cirkeln. Detta för att inte hindra det rena luftflödet över instrumenten.
- Sterila paket öppnas så att pass sträcker in händerna strax innanför cirkel, öppnar paketet som tas emot av opssk.
- När borden ska täckas över görs det så att opssk står i cirkel med bordet mellan sig och cirkelmarkeringen. Lakanet läggs över bordet inifrån och ut. När bordet är täckt kan bordet köras ut ur cirkeln.
- När det täckta bordet skall användas, körs bordet fram till cirkeln. Pass står med bordet mellan sig och cirkeln och lyfter lakanet från cirkeln och utåt. Opssk som då står i cirkel och tar emot och drar in bordet i cirkeln.

Det finns ingen operation där det inte är en fördel att utnyttja LAF-taket med låga halter av partiklar i luften.

Arbeta därför så ofta det går med att duka upp i cirkeln och täcka över.

Vrid bordet för ökad tillgänglighet om det behövs.

Uppdukat, övertäckt bord kan stå på sal i 6 timmar i väntan på operation (gäller även salarna utan LAF-tak 4-6).

Så lite apparatur som möjligt i cirkeln men om kablar etc inte räcker så måste ju tex stapeln komma innanför cirkeln.

Använd möjligheten att flytta pendlarna i taket.

Ha så lite steril utrustning som möjligt innanför cirkeln.

Dålig disciplin motverkar fin och dyrbar ventilationsteknik!

Om något hänt med ventilationen och den startats igen måste salen "vila" i 15 min innan den kan användas för operationsverksamhet (gäller även salarna utan LAF-tak 4-6)

D

Bilaga 4 - Rökgenerator RG-100

Rökgenerator RG-100

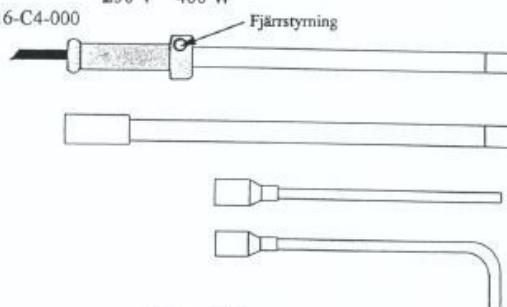
Funktionsbeskrivning:

Med hjälp av en dimsmörjare bildas oljedimma som pumpas in i en värmekammare där oljan förbränns och övergår i rök. Röken kyls i en kondensationskammare där samtidigt den olja som inte har förbränts avskiljs. På detta sätt erhålls en rök som håller rumstemperatur och som är fri från oljedroppar.

Till rökgeneratören hör ett spjutmunstycke som ansluts via slang samt en sladdströmbrytare för fjärrstyrning av pumpen.

Ingående delar:

- | | | | | | |
|------|-----------------------------------|----------------------|-------|-------|--|
| 1 st | Rökgenerator RG-100 innehållande: | | | | |
| | Pump | GAST MAA-P102 HD | 230 V | 50 W | |
| | Värmepatron | HS/T | 230 V | 400 W | |
| | Dimsmörjare | Wilkinson L16-C4-000 | | | |
- 1 st Spjut med fjärrstyrning.
1 st Förlängningsspjut.
2 st Munstycken (rak resp. vinkel).
1 st Fjärrstyrning.
1 liter Ondina Oil 15.
1 st Transportlåda



Spjut med olika munstycken



Pump maskindirektiv
89/3937 EEC. 91/368/EEC.&93/44/EEC.

Rökgenerator RG-100
EMC-Direktiv. LVD. SS,EN 61010-1

Handhavande:

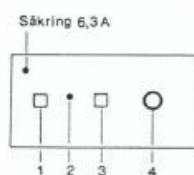
Rökgeneratören är enkel att använda. Anslut rökgeneratören till ett jordat uttag 230 V. Slå på strömbrytare märkt **Temp** (1) och vänta tills lampa märkt **Ready** (2) tänds. Slå därefter på strömbrytare märkt **Pump** (3) och reglera flödet med flödesventilen (4).

Önskas mera rök, öka oljeflödet i dimsmörjaren med den lilla ställskruven på dimsmörjarens överdel. Vid stort oljeflöde (mycket rök) kan röken avta efter ca 10 minuter, stäng då av pumpen några minuter och starta på nytt.

Vid påfyllning av dimsmörjaren, lossa hela behållaren genom att trycka ned snäpplåset och vrid 1/8 dels varv på behållaren.

Töm spillolja med jämna mellanrum med kranen på baksidan av rökgeneratören. Ta hand om spilloljan.

OBS! Vid långvarig exponering använd munskydd. Använd endast **ONDINA OIL 15**.



E

Bilaga 5 - Deltagarlista vid slutgiltigt testförsök

Följande personer var närvarande vid det slutgiltiga testförsöket:

- **Ann-Sofie Karlsson** - Kungälvvs sjukhus, Verksamhetsutvecklare och Operationssjuksköterska
- **Anki Lövgren** - Kungälvvs sjukhus, Verksamhetsutvecklare och Operationssjuksköterska
- **Kristina Ekroth Wall** - Sahlgrenska universitetssjukhus, Tekniksköterska
- **Steven Muskantor** - Sahlgrenska universitetssjukhus, Anestesisköterska
- **Jan Gustén** - Chalmers tekniska högskola, Installationsteknik
- **Anders Rehn** - CRC Medical

F

Bilaga 6 - Inventarielista vid testförsök 2

kungälv Prots set		
BOTTOM		
1	Sug Medena Double bent, 350 cm	 DEHP  0086
LAYER 01		
1 x 5	Operationsduk Non-woven, 30 x 40 cm	 0434
1 x 5	Operationsduk non-woven, 40 x 65 cm	 0434
LAYER 02 - PLACE IN BAG		
2	Instrumentpåse 44 x 35 cm, delad, två fack	
1	Knivblad nr 10	 0086
2	Knivblad nr 21	 0086
1	Operationsskyddsask för 10 nålar/blad S	
2	Operationstejp 10 x 58 cm	 0434
2	Operationstejp 9 x 50 cm	
1	Plastpåse återförslutningsbar 23 x 32 cm	
1	Slanghållare kardborreband, 2,5 x 30 cm	 0434
LAYER 03		
1	Operationslakan, häftande 300 x 180 cm	
LAYER 04		
2	Op-handduk med häfta 90 x 75cm förstärkt	
LAYER 05		
1	Häftande slitslakan, 230 x 260 cm slits 20 x 100 cm, absorbtionsyta 75 x 140	
LAYER 06		
1	Häftande operationslakan, 180 x 180 cm med förstärkt absorbtionsyta 25 x 60 cm	
LAYER 07		
4	Torkdukar 38 x 40 cm	
LAYER 08		
2	Op-handduk med häfta 90 x 75cm förstärkt	
LAYER 09		
1	Extra förstärkt assbordspåse, 78 x 145 cm	 0434
LAYER 10		
2	Instrumentbordslakan 150 x 190cm	

 STERILE EO	 REF OMS-18900 kungälv Prots set	 REF OMS-18900 kungälv Prots set
 Manufactured By Pennine Healthcare, City Gate, London Road, Derby, DE24 8WY Tel : +44 (0) 1332 794890	STERILE EO  LOT 07JXX  2017-11	STERILE EO  LOT 07JXX  2017-11

Page 1 of 2 PENWO-319006

kungälv Prots set

	PACKED ON TOP	
2	Instrumentbordslakan 150 x 190cm förstärkt	CE
	POUCH	
1	påse extra plånbok 24.5 x 32cm	
1	Påse, kartong liner, 60cm x 90cm x 120cm , vanlig stängning	CE
1	Sterilförpackning	
	STERILE EXTRAS	
1	Diatermihandtag med integrerat rökutsug och hylsa, 300 cm	CE 0473
1	påse extra plånbok 24.5 x 32cm	
1.01	Vanlig påse	
	WRAPPING	
1	Instrumentbordslakan 150 x 190cm förstärkt	CE



STERILE EO



Manufactured By Pennine Healthcare, City Gate,
London Road, Derby, DE24 8WY
Tel : +44 (0) 1332 794880

Page 2 of 2

PENWO-319006

evercare
MediKit

REF OMS-18900

kungälv Prots set

STERILE EO

LOT 07JXX



2017-11



evercare
MediKit

REF OMS-18900

kungälv Prots set

STERILE EO

LOT 07JXX



2017-11



