



Andningsslangar och andningsfilter – en smittrisk?

Undersökning av bakteriebördan i andningsslangar och andningsfilter

Klara Nilsson & Johannes Risberg

Examensarbete/Självständigt arbete • 15 hp
Sveriges lantbruksuniversitet, SLU
Fakultet för veterinärmedicin och husdjursvetenskap
Djursjukskötarprogrammet
Uppsala 2025



Andningsslangar och andningsfilter – en smittrisk?

Undersökning av bakteriebördan i andningsslangar och andningsfilter

Anesthetic breathing circuits and filters – an infectious risk? Examination of the bacterial load in anesthesia breathing circuits and filters

Klara Nilsson & Johannes Risberg

Handledare:	Todd Alsing Johansson, Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för kliniska vetenskaper
Bitr. handledare:	Anneli Rydén, Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för kliniska vetenskaper
Examinator:	Johanna Penell, Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för kliniska vetenskaper
Omfattning:	15 hp
Nivå och fördjupning:	Grundnivå, G2E
Kurstitel:	Självständigt arbete i djuromvårdnad
Kurskod:	EX0994
Program/utbildning:	Djursjukskötarprogrammet
Kursansvarig inst.:	Institutionen för kliniska vetenskaper
Utgivningsort:	Uppsala
Utgivningsår:	2025
Upphovsrätt:	Alla bilder används med upphovspersonens tillstånd.
Nyckelord:	anestesi, bakterier, biosäkerhet, desinfektion, djursjukhus, hygien, rengöring, veterinärklinik, vårdhygien, vårdrelaterad infektion

Sveriges lantbruksuniversitet

Fakulteten för veterinärmedicin och husdjursvetenskap
Institution för kliniska vetenskaper
Avdelning för djuromvårdnad

Sammanfattning

Att arbeta för att säkerställa en säker patientvård samt förhindra vårdrelaterade infektioner är en av grundstenarna för personal inom djursjukvården. I samband med operationer kan patienten ligga uppkopplad mot en anesthesiapparat en längre tid. Patienten andas då ofta genom andningsslangar som tidigare patienter använt utan föregående rengöring eller desinficering. Inom humansjukvården har belägg för korskontaminering via andningssystem, som återanvänds, funnits en längre tid. Flera studier inom humansjukvården har undersökt hur bakteriebördan i andningsslangar och andningsfilter ser ut efter användning. Inom djursjukvården är detta inte lika väl dokumenterat.

Syftet med studien var att undersöka hur bakteriebördan ser ut i använda andningsslangar och andningsfilter, samt om någon skillnad sågs på bakteriebördan i inspiratoriska respektive expiratoriska andningsslangar. Studien utfördes vid SLU Universitetsdjursjukhusets smådjursavdelning. Åtta andningsslangar samt fyra andningsfilter från olika operationssalar samlades in efter en period på 1,5 respektive 5,5 veckor. Andningsslangarna klipptes upp med ett långsgående snitt och svabbades med sterila kompresser för att fånga upp eventuell biofilm. Filter sågades upp och membranet plockades ut för provtagning. Sammanlagt 24 prover från andningsslangarna och 12 prover från andningsfiltren togs och odlades ut med tre olika metoder för bakterietillväxt. De olika metoderna var djupspridning utan anrikning, djupspridning efter anrikning samt anaerob odling på nötblodagarplattor (5 %) efter anrikning. Metoderna valdes för att få så många olika bakteriearter som möjligt att växa till. Endast de direktodlade proverna räknades med avseende på colony forming units. Resultatet visade bakterieväxt i prover från både inspiratoriska och expiratoriska slangar samt ingen eller mycket liten bakterieväxt i prover från filter. Ingen specifik artbestämning gjordes i denna studie. En lättare makromorfologisk bedömning visar dock på olika typer av bakterier. Huruvida dessa var patogener går ej att dra någon slutsats om.

Nyckelord: anestesi, bakterier, biosäkerhet, desinfektion, djursjukhus, hygien, rengöring, veterinärklinik, vårdhygien, vårdrelaterad infektion

Abstract

Working to ensure safe patient care and prevent healthcare-associated infections is one of the cornerstones of veterinary healthcare. During surgery, patients may be connected to an anesthesia machine for an extended period and often breathe through anesthetic breathing circuits that have been used by previous patients without prior cleaning or disinfection. In human healthcare, research on cross-contamination between patients when reusing the same breathing circuits have existed for a long time. Other studies investigate how the bacterial load in breathing circuits and filters are affected after use, something that is not well documented in veterinary healthcare.

The aim of the study was to investigate the bacterial load in used anesthetic breathing circuits and filters and whether any difference was seen in the bacterial load in the inspiratory and expiratory breathing tubes. The study was conducted at SLU University Animal Hospital's Small Animal Clinic. Eight breathing circuits and four breathing filters from different operating theatres were collected after a period of 1.5 and 5.5 weeks, respectively. The breathing circuits were cut with a longitudinal incision and swabbed with sterile compresses to collect any potential biofilm. The filters were sawed open and the membrane was extracted for sampling. A total of 24 samples from the breathing circuits and 12 samples from the breathing filters were collected and cultured using three different methods for bacterial growth. The different methods were deep inoculation without enrichment, deep inoculation with enrichment and anaerobic cultivation on bovine blood agar (5%) after enrichment. These methods were chosen to enable the growth of as many different bacterial species as possible. Only the directly cultured samples were counted regarding colony forming units. The results showed growth in samples from both the inspiratory and expiratory tubes and no or minimal growth in samples from the filters. No identification of specific bacteria species was made in this study. However, a macromorphological examination indicates different types of bacteria. Any conclusion about whether any of these were pathogens was not possible to make.

Keywords: anesthesia, animal hospital, bacteria, biosecurity, cleaning, disinfection, healthcare-associated infection, hygiene, infection prevention, veterinary clinic

Innehållsförteckning

Tabellförteckning	8
Figurförteckning	9
Förkortningar	10
1. Inledning.....	11
1.1 Syfte	12
1.2 Frågeställningar.....	12
2. Bakgrund.....	13
2.1 Smittspridningsrisk	13
2.2 Andningsfilter.....	13
2.3 Koldioxidabsorber	16
2.4 Andningsslangar.....	17
2.5 Hygienrutiner på smådjursavdelningen vid UDS	18
2.6 Hållbar utveckling och ekonomi.....	18
2.7 Bakteriekodning, medium och morfologi	19
2.7.1 Bakteriekodning och medium.....	19
2.7.2 Morfologi.....	20
3. Material och metod.....	21
3.1 Urval	21
3.2 Provtagning	22
3.2.1 Dag 1.....	22
3.2.2 Dag 2.....	25
3.3 Bakteriologiska analyser.....	26
4. Resultat	28
4.1 Direktodlade prover med djupspridning.....	28
4.2 Anrikade prover	28
4.3 Morfologi.....	29
4.4 Skattning av antal patienter	29
5. Diskussion och konklusion.....	31
5.1 Diskussion	31
5.1.1 Resultatdiskussion	31
5.1.2 Metoddiskussion.....	32
5.2 Konklusion	35
Referenser	36
Tack! 41	

Tabellförteckning

Tabell 1. Resultat räknat i CFU från direktodlade plattor.....	28
Tabell 2. Uppskattat antal patienter som har använt undersökta andningsfilter	30
Tabell 3. Uppskattat antal patienter som har använt undersökta andningsslangar.....	30

Figurförteckning

Figur 1. Möjliga placeringar av filter på anesthesiutrustning. 1: luft/syre/anestesigaser in till anesthesiapparat 2: vid början av inspiratorisk andningsslang 3: vid patienten 4: vid slutet av expiratorisk andningsslang 5: utport för förbrukade gaser (Wilkes 2011). Figur: Johannes Risberg	14
Figur 2. Filterplacering på smådjursavdelningen vid UDS – andningsfilter placeras mellan anesthesiapparat och expirationsslang. Foto: Johannes Risberg	14
Figur 3. Informationsblad som medföljer undersökta andningsslangar. Foto: Klara Nilsson.....	17
Figur 4. Inspirations-, expirationsslang & filter. Foto: Johannes Risberg.....	22
Figur 5. Flyttkartong med packat material. Foto: Johannes Risberg	22
Figur 6. Uppklippning av första slangen. Foto: Johannes Risberg	23
Figur 7. Provtagning med hjälp av pincett. Foto: Todd Alsing Johansson.....	23
Figur 8. Uppsågning av filter med bågfil. Foto: Johannes Risberg	24
Figur 9. Utplockning av inre filterdelar. Foto: Johannes Risberg	24
Figur 10. Djupspridning: 10–15 ml PCA hålls på 1 ml stomachervätska. Foto: Johannes Risberg	25
Figur 11. Utstryk på blodagar (5% nötblod) med blå plastögla. Foto: Johannes Risberg	26
Figur 12. Plattor i behållare för anaerob odling. Foto: Johannes Risberg	26
Figur 13. Belyst förstoringsglas (t.v.) och prov från sal 1 – expirationsslang, för räkning (t.h.). Foto: Klara Nilsson.....	27
Figur 14. Nötblodagarplatta med hemolys. Prov på inspiratorisk slang från sal 1. Foto: Klara Nilsson	29
Figur 15. Svårt att särskilja plastspån och bakteriepåväxt. Filterprov, sal 2, direktodling. Foto: Klara Nilsson	34

Förkortningar

BHI-buljong	Brain heart infusion buljong
CFU	Colony forming units
PCA	Standard plate count agar
SLU	Sveriges lantbruksuniversitet
UDS	SLU Universitetsdjursjukhuset
VRI	Vårdrelaterad infektion

1. Inledning

Djursjukvården är idag avancerad där många olika typer av operationer utförs som kräver att patienten sövs ner. Utrustningen vid en narkos kan se olika ut beroende på vilken metod som används (Vogler 1997). Vid total intravenös anestesi (TIVA) kan exempelvis en sprutpump användas för tillförsel av anestetika, medan en narkos med inhalering av anestesigas kräver en anesthesiapparat (Vogler 1997).

En anesthesiapparat möjliggör en kontrollerad och säker tillförsel av korrekt mängd luft, syre och anestesigas till djuret via en andningskrets (Seebeck & Zeiter 2023). Djuret kan kopplas till andningskretsen via andningsslangar (en inspiratorisk och en expiratorisk slang) samt ett Y-stycke som fäst på patientens trakealtub (Seebeck & Zeiter 2023). Beroende på storleken på det djur som sövs används antingen ett återandningssystem eller ett icke återandningssystem (Seebeck & Zeiter 2023). På små djur är det fördelaktigt att använda ett icke återandningssystem då motståndet i andningskretsen annars blir för stor (Seebeck & Zeiter 2023). Ett återandningssystem tillför nytt syre till patienten samtidigt som den möjliggör att icke förbrukad anestesigas stannar i systemet och kan användas igen, medan koldioxid filtreras bort genom en koldioxidabsorber (Seebeck & Zeiter 2023; Vogler 1997). Detta innebär en minskad förbrukning av anestesigas samt bevarar fukt och värme för patienten (Seebeck & Zeiter 2023). Att bevara värme är fördelaktigt då hypotermi är en vanlig komplikation vid anestesi (Redondo et al. 2012). Värmeförlusten ökar vid pälsklippning och förberedning av operationsområdet, inandning av kalla anestesigas verkar nedkylande samt att kroppens förmåga att reglera temperatur försämras under påverkan av anestesigas (Pottie et al. 2007). Hypotermi kan bland annat leda till längre återhämtningstid för patienten och är därför viktigt att förhindra (Pottie et al. 2007).

Att förhindra smittspridning mellan patienter är en av grundstenarna för en säker djursjukvård (Stull & Weese 2015). I Sveriges veterinärförbunds riktlinjer för infektionskontroll inom smådjursjukvården (2012) går det att läsa att mikroorganismer från djurets andningsvägar kan ansamlas i andningsslangar via kondens och fukt trots att de inte kommer i direktkontakt med djuret. Ett specialgjort filter kan placeras mellan andningsslangen och patientens trakealtub för att fånga upp och förhindra mikroorganismer från patientens utandade luft att komma in i andningskretsen samt att skydda patienten från mikroorganismer i den inandade luften (Daggan et al. 1999).

Inom humansjukvården har evidens för korskontaminering via andningssystem funnits en längre tid (Phillips 1967; Seal & Strangeways 1981). I Sverige finns

inga nationella riktlinjer kring hur ofta slangar och filter bör bytas. I en enkätstudie gjord vid Lunds universitet fick anestesijuksköterskor vid operationsavdelningar i fyra regioner svara på frågan vid vilket intervall de byter andningsslangar och filter (Engsvik & Jonsson 2023). Resultatet från enkätstudien visar att majoriteten av operationsavdelningarna har som rutin att byta filter mellan varje patient medan slangar byts antingen efter varje patient, vid dagens slut eller en gång i veckan.

Inom djursjukvården används engångsslangar som kasseras efter varje patient i mycket liten utsträckning (Seebeck & Zeiter 2023). Vanligare är att flergångsslangar, vars material tillåter upprepad rengöring och desinficering, används istället (Seebeck & Zeiter 2023). Sveriges veterinärförbunds riktlinjer för infektionskontroll inom smådjursjukvården (2012) rekommenderar att slangar som ett minimum rengörs invändigt en gång per dag samt att filter används för att skydda andningskretsen om djuret har en känd eller misstänkt överförbar infektion i luftvägarna. Slangar som använts vid misstänkt infektion i luftvägarna rengörs direkt i diskdesinfektor eller kasseras (SVF 2012). Inom humansjukvården har flera studier undersökt den mikrobiella tillväxten inuti andningsslangar (Hartmann et al. 2008; McGain et al. 2014; Dubler et al. 2016). Inom djursjukvården är detta inte undersökt i lika stor omfattning. Detta arbete skrivs för en kandidatexamen inom djuromvårdnad och avser undersöka bakterieförekomst i använda andningsslangar och filter från smådjursavdelningen vid SLU Universitetsdjursjukhuset (UDS) i Uppsala.

1.1 Syfte

Syftet med detta arbete är att undersöka bakteriebördan i andningsslangar och andningsfilter efter användning på hund och katt.

1.2 Frågeställningar

- Hur ser bakteriebördan ut i använda andningsslangar och andningsfilter?
- Ses någon skillnad på bakteriebördan i inspirations- respektive expirationsslangar?

2. Bakgrund

2.1 Smittspridningsrisk

Socialstyrelsen definierar en vårdrelaterad infektion (VRI) som “en infektion som uppkommer hos en person under slutenvård eller till följd av diagnostik, behandling eller omvårdnad inom övrig vård och omsorg” (Socialstyrelsen 2024). I en rapport från Sveriges Kommuner och Regioner (2019) står det att av de 57 000 vuxna patienter, som årligen drabbas av en VRI, bedöms en tredjedel till hälften kunna förebyggas. Antalet studier kring VRI:er inom djursjukvården är inte lika omfattande som inom humansidan. Det finns dock studier som visar att VRI:er troligen är ett omfattande problem även inom djursjukvården (Benedict et al. 2008; Ruple-Czerniak et al. 2013). Att förhindra VRI:er inom djursjukvården innebär minskade risker för dödlighet, kortare vistelser på sjukhus och mindre kostnader med mera (Willemsen et al. 2019).

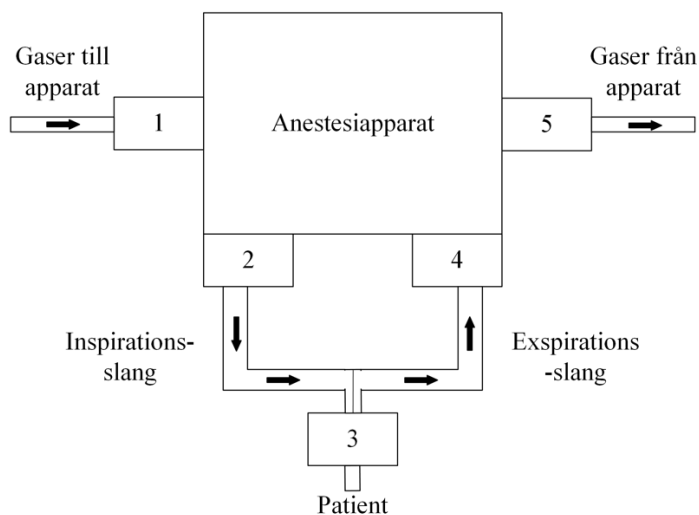
Kontaktsmitta kan ske via direkt men även indirekt kontakt mellan smittkällan och mottagaren (Arbetsmiljöverket 2025). Vid sjukdom kan ett smittämne, från exempelvis luftvägarna, fastna på droppar som sedan sprids till omgivningen via ett droppmoln s.k. droppsmitta (Vårdhandboken 2022). Ett droppmoln kan bildas när en individ exempelvis nyser eller hostar. Ett droppmoln innehåller även mycket små partiklar, aerosoler, som kan hänga kvar i luften och färdas längre sträckor (Vårdhandboken 2022). Aerosoler kan också innehålla mikroorganismer och på så vis bidra till smittspridning (Gussgard et al. 2020). Aerosoler med en partikelstorlek på $<5 \mu\text{m}$ kan nå hela vägen ner till lungans alveoler (Tellier et al. 2019). När ingrepp i munhålan görs, exempelvis vid tandvård, kan aerosoler bildas (Gussgard et al. 2020).

Sveriges veterinärförbunds riktlinjer för infektionskontroll inom smådjursjukvården (2012) nämner att mikroorganismer kan ansamlas i andningsslangar från djurens andningsvägar via kondens och fukt, trots att slangarna inte kommer i direktkontakt med djuren. Inom humansjukvården har vetenskaplig evidens för korskontaminering via andningssystem funnits en längre tid (Phillips 1967; Seal & Strangeways 1981). Utrustning som återanvänds är en potentiell smittkälla, och andningsslangar är inget undantag (Hogarth 1996).

2.2 Andningsfilter

Inom humansjukvården anses steriliseringsprocessen av flergångsslangar som tidskrävande och viss tveksamhet kring den slutliga renhetsgraden finns (Daggan

et al. 1999). För att undkomma dessa problem kan ett filter placeras mellan andningsslangen och patientens trakealtub med syfte att fånga upp och förhindra mikroorganismer från patientens utandade luft att komma in i andningskretsen (Daggan et al. 1999). Filter har visat sig filtrera bort upp till 99,9 % av alla mikroorganismer (Vezina et al. 2001). Placering av filter på anesthesiutrustningen kan variera (se figur 1).



Figur 1. Möjliga placeringar av filter på anesthesiutrustning. 1: luft/syre/anestesigaser in till anestesiapparat 2: vid början av inspiratorisk andningsslang 3: vid patienten 4: vid slutet av expiratorisk andningsslang 5: utport för förbrukade gaser (Wilkes 2011). Figur: Johannes Risberg



Figur 2. Filterplacering på smådjursavdelningen vid UDS – andningsfilter placeras mellan anestesiapparat och expirationsslang. Foto: Johannes Risberg

Filtret som används på smådjursavdelningen vid UDS heter Getinge Servo Duo Guard och är en kombination av HEPA-filter och elektrostatiskt filter (Getinge 2020). Filtret ska enligt tillverkaren själv ha en bakteriell och virusfiltreringsgrad på 99,9999 % och kan användas under 24 eller 48h (Maquet 2012; Getinge 2020). Filtrets utsida är enligt bruksanvisningen gjort av polypropylen medan insidan innehåller hydrofobiskt glasfiberpapper (Maquet 2012).

HEPA-filter:

HEPA står för High Efficiency Particulate Air Filter. Det är ett filter som används flitigt inom branscher som exempelvis sjukvård, flygindustri och livsmedelsförädling där mycket hög filtrering av partiklar krävs (Dustcontrol 2024). För att få kallas för HEPA-filter måste det uppfylla vissa krav. Enligt standarden för HEPA krävs att minst 99,95 % av partiklar som är 0,3 μm i diameter eller större fångas upp och hålls kvar i filtret (Dustcontrol 2024).

HEPA-filtret är uppbyggt av glasfiber där själva fibrerna ligger sammanflätade i olika riktningar och på så vis skapar en tät matta (Coway 2025). Med hjälp av luftströmmen som tillåts cirkulera igenom glasfibermattan filtreras partiklarna bort genom att på olika sätt kollidera med fibrerna och fastna då luften passerar genom filtret (Coway 2025). Stora partiklar har en tröghet och följer inte med luftströmmen så lätt utan kolliderar med fibern och fastnar (First 1998). Små partiklar har en liten tröghet och kommer att röra sig snabbare med luftströmmen och kollidera med varandra, vilket kallas för Brownsk rörelse, som till slut resulterar i att de kommer nära fibern och fäster med hjälp av en elektrostatisk kraft/Van der Waals kraft (First 1998).

Elektrostatiskt filter:

Virus har en storlek på 20–300 nm vilket gör att filtrationen av dessa, på ett vanligt sätt genom ett membran, försvåras (Yasui et al. 2024). Även mikrofiltreringsmembran har en porstorlek på över 100 nm, vilket gör att de flesta virus passerar utan problem (Yasui et al. 2024). Ett sätt att fånga virus på är att använda elektrostatisk interaktion (Yasui et al. 2024). Vid mikrofiltreringsmembranets yta skapas en elektrisk laddning vilket möjliggör att virus dras till ytan och fastnar (Yasui et al. 2024). I bruksanvisningen för filtret Getinge Servo Duo Guard framgår det att insidan av filtret innehåller hydrofobiskt glasfiberpapper (Maquet 2012). En studie av Yasui et al. (2024) visar att användning av ett hydrofobt membran ökar effektiviteten genom att minska den elektrostatiske repulsion som annars kan uppkomma vid användning av elektrostatisk interaktion.

Det har länge funnits förhoppningar om att anestesifilter ska kunna bidra till en bättre och säkrare sjukvård. Exempelvis gick Association of Anaesthetists of Great Britain and Ireland ut med en rekommendation 1996 att anestesifilter eller anestesislanger skulle bytas mellan varje patient (Blood Borne Viruses Advisory Panel 1996). Det finns dock inte enbart fördelar med filter. Beroende på var filtret placeras i förhållande till patienten kan mekaniskt dead space öka vilket leder till att större andel koldioxid andas in igen, lufttrycket kan påverkas och det finns även fall där filter har obstruerats med sputum (Smith et al. 1991; McEwan et al. 1993).

2.3 Koldioxidabsorber

När ett återandningssystem eller partiellt återandningssystem används vid anestesi innebär det att patientens utandade gas kommer återinandas. För att utandad koldioxid inte ska bli återinandad används en koldioxidabsorber. En koldioxidabsorber kan innehålla olika typer av granulat med olika kemiska komponenter (Yamakage et al. 2009). Natronkalk används för att absorbera koldioxid och består av en blandning av släckt kalk, Ca(OH)_2 , och natriumhydroxid, NaOH (Nationalencyklopedin u.å.). När koldioxiden absorberas bildas värme, pH-värdet sjunker och granulaten skiftar färg (Murrell & Ford-Fennah 2020).

I en experimentell studie (Murphy et al. 1991) påvisades natronkalkets avdödande effekt på mikroorganismer. Åtta olika arter av mikroorganismer, sju bakterier och en svamp, exponerades för natronkalk. Efter endast 10 minuters exponering hade sju arter dött och efter 30 minuter överlevde endast drygt 1 % av arten *Bacillus subtilis* (Murphy et al. 1991). Artikelförfattarna spekulerade att den starkt alkaliska miljön var bidragande orsak till den avdödande effekten. En studie gjord av Dryden (1969) stärker denna tes då mer alkaliresistenta mikroorganismer inte påverkades lika starkt av natronkalk.

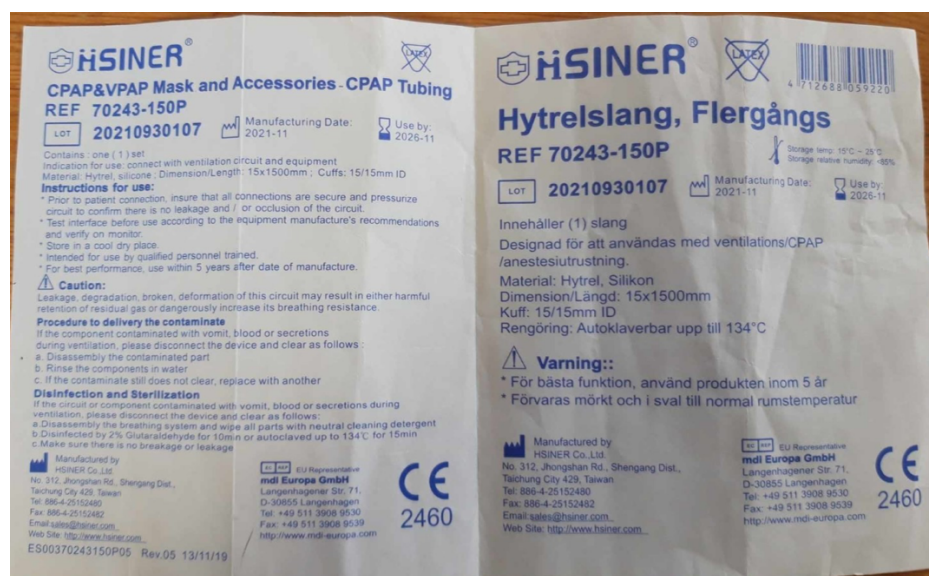
Mikroorganismer måste komma i kontakt med ytan av granulaten för att de ska påverkas (Murphy et al. 1991). Granulatstorleken har en stor påverkan på hur många mikroorganismer som fastnar (Murphy et al. 1991). En mindre granulatstorlek, i en fylld koldioxidabsorber, skulle få fler mikroorganismer att komma i kontakt med granulaten men det skulle även påverka luftmotståndet samt förmågan att binda koldioxid på ett icke fördelaktigt vis (Murphy et al. 1991). En förhöjd temperatur, som exempelvis uppstår när koldioxid absorberas i en koldioxidabsorber, kommer också påverka mikroorganismer (Moon et al. 2023).

2.4 Andningsslangar

Andningsslangar möjliggör ett slutet system för transport av anestesigaser, syre och luft till patienten från anesthesiapparaten. Traditionella andningsslangar har en separat slang för inandad respektive utandad gas från anesthesiapparaten. Dessa kan sedan kopplas samman till exempel patientens trakealtub med hjälp av ett Y-stycke. I ett koaxialt andningssystem skiljs inandad och utandad gas med hjälp av ett membran inuti andningsslangen i stället för två separata slangar.

Andningsslangar är korrugerade för att underlätta hantering samt för att minska risken för att knickas, vilket kan utgöra en risk för att flödet stryps (Garg 2009). Vid en undersökning av ett koaxialt Bain-system upptäcktes att den inre slangen, som inte var korrugerad, lättare knickades vilket påverkade dess funktionalitet (Garg 2009). Andningsslangarnas längd och diameter kan variera. Likaså kan de vara färgade eller genomskinliga. Det finns både engångsslangar som kasseras efter en patient och flergångsslangar som används till flera patienter.

De slangar som har undersökts i denna studie är flergångsslangar av märket Intersurgical Hytrel® med en storlek på 15 x 1500 mm. Vid smådjursavdelningen på UDS används även slangar med andra dimensioner. De undersökta slangarna är tillverkade av hytrel, som är en termoplastisk polyester elastomer (Dupont™ Hytrel® 2013), samt silikon. Slangen går att sterilisera i autoklav i 134°C under 15 min (figur 3). Ingen information hittades om hur många gånger slangen kan återanvändas, men att produkten bör användas inom 5 år från tillverkningsdatum.



Figur 3. Informationsblad som medföljer undersökta andningsslangar.
Foto: Klara Nilsson

2.5 Hygienrutiner på smådjursavdelningen vid UDS

Alla verksamheter som bedriver veterinärmedicinsk vård är skyldiga att ha en hygienplan (Jordbruksverket 2024). I Jordbruksverkets skrift ”Hygienregler för verksamhet inom djurens hälso- och sjukvård” står följande:

En hygienplan ska beskriva hur man ska arbeta för att förhindra spridning av smittämnen. I planen ska sådana åtgärder som leder till att smittedjor bryts mellan patienter samt mellan patienter och personal beskrivas, samt hur detta arbete ska följas upp. Hygienplanen ska fungera som en arbetsbeskrivning för hur man ska bete sig i olika arbetssituationer för att förhindra spridning av smittämnen.

Vid UDS operationsavdelning för smådjur finns en utarbetad hygienplan och rutiner för hur smittspridning mellan patienter ska undvikas (SLU Universitetsdjursjukhuset 2024). I hygienrutinerna står att andningsslangar ska spritas av mellan varje patient samt att filter byts ut en gång per månad. Både engångs- och flergångsslangar används i verksamheten. Engångsslangarna kasseras när de blivit smutsiga medan flergångsslangarna tas till sterilen en gång per vecka, rengörs i diskdesinfektorn och hängs sedan upp för torkning (SLU Universitetsdjursjukhuset 2024).

2.6 Hållbar utveckling och ekonomi

2015 antog Förenta nationernas medlemsländer Agenda 2030 (United Nations u.å.). Agenda 2030 är ett dokument med mål som ska bidra till social, ekonomisk och miljömässig hållbar utveckling och vara uppnådda till år 2030 (Svenska FN-förbundet 2023). Statens medicinsk-etiska råd gjorde ett uttalande 2024, med anledning av klimatkrisen, där de betonar att hälso- och sjukvården har en viktig roll i samhällets klimatomställning och att ”hälso- och sjukvården ska ta täten i klimatomställningen” (Statens medicinsk-etiska råd, 2024). UDS skriver på sin hemsida att de vill ”ta ansvar för vår gemensamma miljö, och belasta den så lite som möjligt” (SLU Universitetsdjursjukhuset, 2025). Hållbarhetsfrågor behandlas med andra ord både lokalt och globalt.

Återanvändning av produkter är ett sätt att minska klimatpåverkan. Detta gäller även anestesiutrustning. Att koppla loss och rengöra varje andningsslang invändigt mellan varje patient tar dock tid (Daggan et al. 1999) och kräver utrustning. Tack vare bruket av andningsfilter återanvänds andningsslangar idag och personal slipper rengöra andningsslangarna invändigt mellan varje patient (Daggan et al. 1999). Ju fler patienter som kan återanvända andningsslangen desto mindre blir andningsslangens klimatpåverkan (Engsvik & Jonsson 2023).

Inom humansjukvården har flera studier visat att den mikrobiella tillväxten, inuti andningsslangar, inte ökar nämnvärt efter flera dagars användning när andningsfilter byts mellan varje patient (Hartmann et al. 2008; McGain et al. 2014; Dubler et al. 2016). Tillverkning av filter är något som också har en klimatpåverkan men påverkan är inte lika stor som tillverkningen av andningsslangar. Det blir dessutom mindre avfall när filter byts ut och kasseras i stället för andningsslangar (Daggan et al. 1999).

Det är inte enbart ur en miljömässig hållbarhetssynpunkt som det finns fördelar med att återanvända andningsslangar. Flera studier har visat att den ekonomiska nyttan ökar för sjukhus som återanvänder sina andningsslangar (Daggan et al 1999; McGain et al. 2014). Det finns således flera incitament som talar för återanvändning av flergångsslangar.

2.7 Bakterieodling, medium och morfologi

2.7.1 Bakterieodling och medium

En vanlig metod för att undersöka och isolera en viss typ av bakterier är att odla bakterierna. Till detta används ett substrat, ett odlingsmedium, där bakterierna gynnas att växa till. Substraten kan vara selektiva eller icke selektiva. Ett selektivt medium innehåller substanser som vissa arter av bakterier har svårt att föröka sig i eller dör, selektion sker alltså redan i odlingen. Ett selektivt medium används när en svagväxande bakterie riskerar att konkurreras ut av andra snabbväxande bakterier, medan ett icke selektivt medium gynnar tillväxt av samtliga bakterier. (VetBact 2018).

Standard plate count agar (PCA):

PCA är ett icke selektivt odlingsmedium som används vid bestämning av aeroba bakterier i ett prov (VetBact 2018). Enligt Vetbact 2018 innehåller PCA trypton (innehåller aminosyror), glukos (källa till kol), jästextrakt (peptider, mineraler, sockerarter och B-vitaminer), agar (ett gelébildande ämne) samt vatten.

Blodagar:

Blodagar är ett icke selektivt odlingsmedium som gynnar både kräsna och icke-kräsna bakterier (VetBact 2018). Enligt Vetbact 2018 innehåller blodagar: köttextrakt, trypton, 5–10 % nötblod, NaCl som bidrar till den osmotiska balansen samt agar. I en blodagarplatta kan vissa bakterier bilda hemolys, vilket betyder att röda blodkroppar i agarplattan förstörts/hemolyserats och en mer eller mindre genomskinlig zon kan ses runt bakteriekolonin (VetBact 2018).

Brain heart infusion buljong (BHI-buljong):

BHI-buljong är ett näringsrikt anrikningsmedium vars syfte är att få många olika arter av bakterier att växa till (SVA 2025).

2.7.2 Morfologi

Makromorfologi:

Bakterier förökar sig genom delning. Vid rätt förutsättningar, som exempelvis vid odling på en agarplatta, kan en enda bakterie dela sig och bli miljontals nya bakterieceller (VetBact 2018). När ett sådant antal uppnås syns bakterierna med blotta ögat som en kolonibildande enhet, colony forming unit (CFU) (VetBact 2018). Det går dock inte att med säkerhet säga att alla bakterier i en koloni kommer från en enda bakterie (VetBact 2018).

Generationstiden för en bakterie är den tid det tar för den att fördubblas. Denna tid varierar mellan olika bakterier och har betydelse vid odling (VetBact 2018). Exempelvis har *Escherichia coli* en generationstid på 20 minuter vilket gör att kolonier blir synliga på agarplattan redan efter ett dygn, medan andra långsamväxande arter kan ta flera månader på sig innan de går att se med blotta ögat (VetBact 2018).

Vid identifiering/klassificering av bakterier kan olika makromorfologiska egenskaper hos bakteriekolonin, sådana som är synliga med blotta ögat, användas (VetBact 2018). Ofta noteras bakteriekolonins storlek, färg, form, eventuell lukt, struktur, yta och profil (VetBact 2018). Exempel på morfologiska karaktärer är rund eller oregelbunden koloni, om den är slät, rynkig, blank, matt, slemmig, kupolformad, flat, toppig eller konvex (VetBact 2018). Viktigt att veta är att bakteriers utseende skiljer sig beroende på vilket odlingsmedium de växer på, så att samma bakterie kan se olika ut beroende på vilken typ av agarplatta som använts (VetBact 2018).

Mikromorfologi:

Mikromorfologi är identifiering och klassificering av bakterier med hjälp av ett mikroskop. Genom ett mikroskop kan även enskilda bakterier studeras och tre karaktäristiska former hjälper till vid artbestämning (Ericson & Ericson 2018). Formerna är kulformiga (kocker), stavformiga (stavar) samt spiralvridna eller spiralformade bakterier (spiroketer och spiriller) (Ericson & Ericson 2018).

3. Material och metod

3.1 Urval

I operationssalarna på UDS smådjur används anesthesiapparater av typen Flow-i tillverkade av Getinge. På dessa har två andningsslangar suttit – en för inspiration och en för expiration (figur 4). I änden närmast patienten har ett Y-stycke använts som kopplat ihop slangarna med varandra och patienten. I andra änden av expirationsslangen, närmast anesthesiapparaten, har ett andningsfilter suttit (figur 1). På UDS smådjursavdelning har olika dimensioner av andningsslangar använts. För att avgränsa studien till en lagom omfattning för ett kandidatarbete beslutades att endast slangar av storleken 15 x 1500 mm skulle inkluderas.

Andningsslangar och andningsfilter som använts på anesthesiapparater från fyra separata operationssalar: sal 1, 2 och 4 samt tandsalen valdes ut för provtagning. Sal 1 har använts till rena ingrepp ex. ortopedi, artroskopi och laparoskopi. Sal 2 har fungerat som en akutsal. Sal 4 har använts till smutsiga ingrepp som gastroskopi, koloskopi, öronspol, svalgkoll, nasofarynxundersökning, lavemang med mera. Tandsalen har använts till tand- och munhålerelaterade ingrepp.

Den 6/1–2025 sattes nya andningsfilter in på samtliga anesthesiapparater och den 3/2–2025 sattes nya andningsslangar in i operationssalarna. Samtliga andningsslangar och andningsfilter samlades in den 13/2–2025. Andningsfilter användes totalt under 5,5 veckor medan andningsslangarna användes totalt under 1,5 veckor. Materialet sorterades i separata plastpåsar beroende på i vilken sal det använts. Påsarna märktes upp, förslöts och lades i en flyttkartong och förvarades i rumstemperatur (figur 5).



Figur 4. Inspirations-, expirationsslang & filter. Foto: Johannes Risberg



Figur 5. Flyttkartong med packat material. Foto: Johannes Risberg

3.2 Provtagning

3.2.1 Dag 1

Fem dagar efter att andningsslangar och andningsfilter samlats in påbörjades provtagning. Stomacherpåsar märktes upp för att kunna separera prover tagna från de olika salarnas inspirationsslangar, expirationsslangar samt andningsfilter. Totalt 12 påsar märktes upp. Andningsslangarna märktes upp med texten "Insp" respektive "Exp" för att kunna separera inspirationsslang från expirationsslang. Därefter avlägsnades Y-stycken från slangarna.

Första slangen:

Första materialet som provtogs var inspirationsslangen från sal 1.

Inspirationsslangen klipptes upp med ett längsgående snitt från ena änden till den andra änden med en avspritad sax (figur 6). En steril kompress klipptes i två delar med en avspritad sax. Sedan fuktades kompressen med BHI-buljong innan provtagning för att lättare kunna få loss eventuell biofilm. Kompressen gnuggades sedan på insidan av inspirationsslangen för hand. För att inte kontaminera slangen och kompressen användes rena VWR® nitrilhandskar av märket Avantor. I ungefär tre minuter gnuggades hela insidan av slangen. Sedan lades kompressen ner i en uppmärkt stomacherpåse som fylldes med 25 ml BHI-buljong.

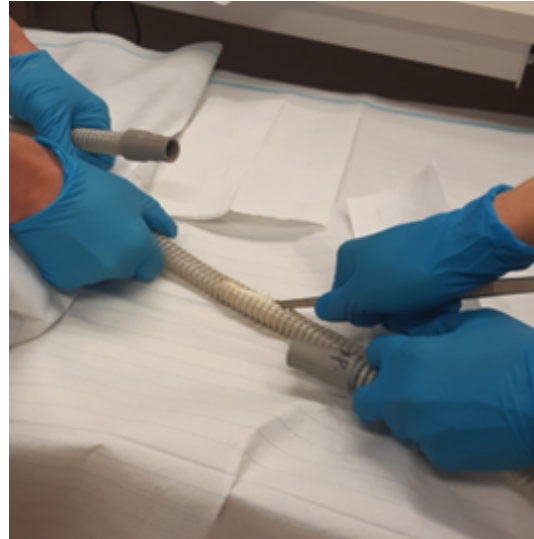
Resterande slangar:

För att underlätta uppklippning av ändarna på slangarna, som är tjockare än övriga delar av slangen, användes en avbitartång. Övriga delen av slangarna klipptes upp

med en sax. Liksom den första slangen fuktades kompresser med BHI-buljong innan provtagning av resterande slangar. För att underlätta provtagning av insidan på resterande slangar användes en lång steril pincett för att hålla i kompresserna (figur 7). Efter varje provtagning lades kompressen ner i respektive uppmärkt stomacherpåse som fylldes med 25 ml BHI-buljong. För att minimera risken för korskontaminering spritades avbitartången, saxen och pincetten mellan varje provtagning. Även handskar byttes mellan varje provtagning.



Figur 6. Uppklippning av första slangen. Foto: Johannes Risberg



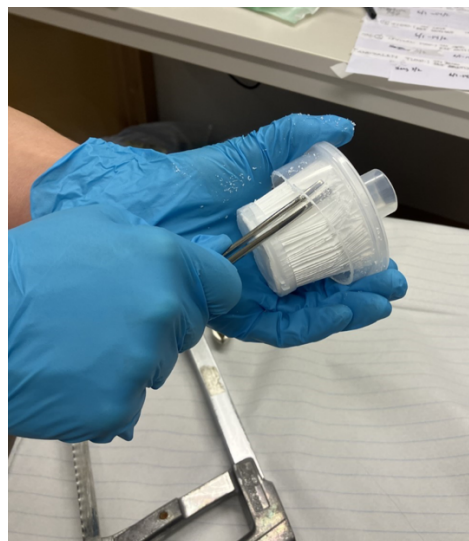
Figur 7. Provtagning med hjälp av pincett. Foto: Todd Alsing Johansson

Andningsfilter:

Andningsfiltren sågades upp med hjälp av en avspritad bågfil (figur 8). Den inre filterdelen plockades ut med hjälp av en pincett (figur 9). Efter varje uppsågat och urplockat filter torkades och spritades bågfilen samt pincetten av. De inre filterdelarna samt den större plastbiten, där filtermembranet fäster in, separerades och lades sedan i en uppmärkt tom stomacherpåse. Detta upprepades med samtliga andningsfilter. Stomacherpåsarerna fylldes sedan upp med 100 ml BHI-buljong.



Figur 8. Uppsågning av filter med bågfil. Foto: Johannes Risberg



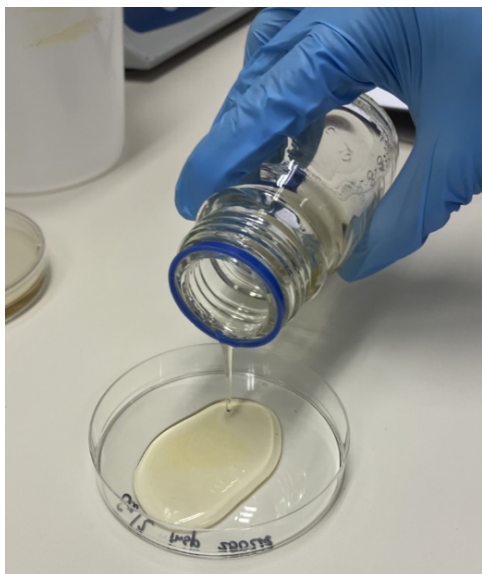
Figur 9. Utplockning av inre filterdelar. Foto: Johannes Risberg

Stomachering och pipettering:

En stomacher är en maskin som med hjälp av mycket hastiga vibrationer fördelar bakterier jämnt i ett prov, så kallad mekanisk homogenisering, samt förhindrar eventuella klumpbildningar. En BagMixer 400 CC tillverkad av Interscience användes vid stomachering. Samtliga påsar stomacherades i en minut på hastighet fyra. Innan stomachering av påsarna med andningsfilter togs den större plastbiten, där filtermembranet fäster, ut för att inte riskera att påsen skulle gå sönder samt för att stomacheringen skulle få avsedd effekt. Efter stomachering stoppades dessa plastbitar ner i påsen igen.

Djupspridning - agar och pipettering:

PCA smältes i ca. 1 h för att sedan stå i ett 48 °C vattenbad fram till användning. För detta test gjordes en djupspridning dvs. alla eventuella bakterier fördelas i den agar som hålls på. För att göra detta pipetterades 1 ml vätska från en stomacherpåse ut på en uppmärkt tom petriskål. Sedan hälldes ca 10–15 ml agar i petriskålen (figur 10). Därefter lades locket på och plattan fördes i en långsam 8-rörelse tio gånger för att blanda spädningen. Sedan fick plattan stå tills dess att agarn stelnat. Detta moment upprepades med vätska från samtliga stomacherpåsar. När samtliga 12 prover stelnat hälldes ytterligare ett tunt skyddande lager av agar ovanpå samtliga prover.



*Figur 10. Djupspridning: 10–15 ml PCA hälls på 1 ml stomachervätska.
Foto: Johannes Risberg*

Inkubering och anrikning:

Samtliga stomacherpåsar och agarplattor inkuberades i ett 30 ± 1 °C värmeskap i tre dygn för anrikning.

3.2.2 Dag 2

Stomacherpåsar togs ut efter 24 ± 2 h. Innehållet i påsarna skakades om för hand för att sprida runt alla bakterier.

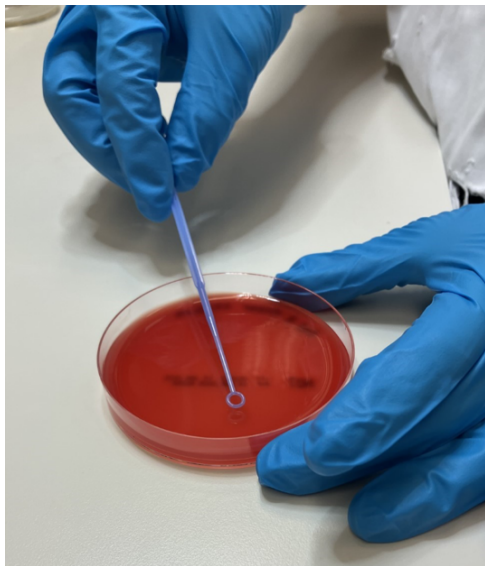
Djupspridning:

Djupspridning gjordes även denna dag, efter en dags anrikning, så att fler bakterier skulle få möjlighet att växa till. Djupspridningen gjordes på samma sätt som dag 1, från samtliga stomacherpåsar.

Treutstryk och anaerob odling:

För att göra en anaerob odling togs 20 µl vätska upp med hjälp av en blå plastögla som rymmer 10 µl. Ögla doppades i stomacherpåsen och tömdes på en uppmärkt nötblodagarplatta, tillverkad av Statens Veterinärmedicinska Anstalt, innehållandes 5 % nötblod. Ett treutstryk gjordes på samtliga nötblodagarplattor. Först gjordes ett utstryk på halva delen av plattan (figur 11). Sedan togs en ny plastögla och ett utstryk gjordes på en fjärdedel av plattan. Därefter togs ytterligare en ny plastögla och ett sista utstryk gjordes på sista fjärdedelen av plattan. Därefter lades locket på plattan och plattan vändes upp och ner. Detta återupprepades med vätskan från samtliga stomacherpåsar. Alla 12 nötblodagarplattor sattes sedan i en anaerob burk. En dry anaerobic indicator strip

sattes i behållaren samt en Thermo Scientific™ AnaeroGen 2.5L för att skapa en anaerob miljö (figur 12).



*Figur 11. Utstryk på blodagar (5% nötblod) med blå plastögla.
Foto: Johannes Risberg*



*Figur 12. Plattor i behållare för anaerob odling.
Foto: Johannes Risberg*

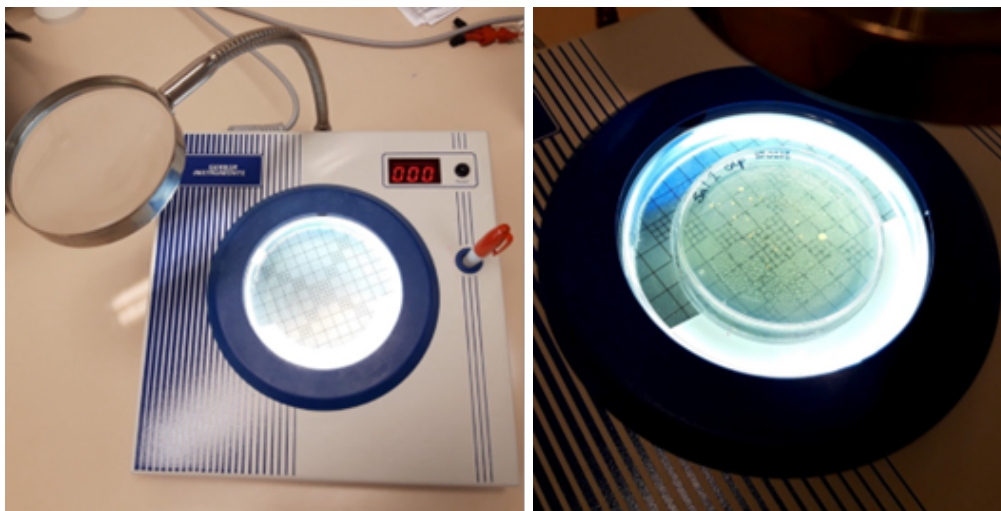
Inkubering:

Agarplattor från djupspridningen inkuberades i ett 30 ± 1 °C värmeskåp i två dygn och nötblodagarplattorna i tre dygn.

3.3 Bakteriologiska analyser

Analyserna av proverna utfördes på bakteriologiskt laboratorium på institutionen för husdjurens biovetenskaper vid SLU Uppsala. Endast prover utan anrikning plockades ut för räkning av kolonier, CFU. Resterande prover, anrikning aerob odling samt anrikning anaerob odling, bedömdes främst utifrån bakterieväxt eller inte. I denna studie lades ingen vikt vid att identifiera olika bakteriearter då frågeställningen är påvisande/icke påvisande av bakterier i andningsslangar och filter. Endast en lättare makromorfologisk bedömning gjordes.

Proverna sattes in i kylskåp efter två respektive tre dagar i värmeskåp 30 ± 1 °C. Den 24/2, efter två respektive tre dagar i kylskåp, analyserades samtliga prover. Som hjälpmedel för att kunna räkna kolonierna användes ett belyst förstöringsglas tillverkat av Gerber Instruments (figur 13).



Figur 13. Belyst förstoringsglas (t.v.) och prov från sal 1 – expirationsslang, för räkning (t.h.). Foto: Klara Nilsson

4. Resultat

Sammanlagt togs 36 prover. Från alla fyra operationssalar togs prover från inspiratorisk- och expiratorisk slang samt andningsfilter. 12 prover var direktodlade med djupspridning i PCA. 12 prover var djupspridda i PCA efter anrikning i BHI-buljong och 12 prover var odlade anaerobt på nötblodagarplattor efter anrikning i BHI-buljong.

4.1 Direktodlade prover med djupspridning

Slangar:

Resultatet från bakterieräkningen visade att de expiratoriska slangarna från tandsalen och sal 4 hade ett tydligt högre antal CFU jämfört med de inspiratoriska slangarna från samma salar. Sal 1, rena ingrepp, var enda salen som hade ett högre CFU i inspirationsslangen jämfört med expirationsslangen, 58 CFU jämfört med 36 CFU. Expirationsslangen från sal 4, smutsiga ingrepp, utmärkte sig med ett betydligt högre antal CFU jämfört med övriga expirationsslangar (tabell 1).

Filter:

Bakterieväxt i prover från filter visade sig vara obefintliga till mycket låga. Högst antal, 7 CFU, påvisades i provet från tandsalen.

Tabell 1. Resultat räknat i CFU från direktodlade plattor.

Sal	Inspiratorisk	Expiratorisk	Filter
Tandsal	15	111	7
Sal 1	58	36	0
Sal 2	5	6	3
Sal 4	3	~350	1

4.2 Anrikade prover

Anrikade aeroba prover med djupspridning:

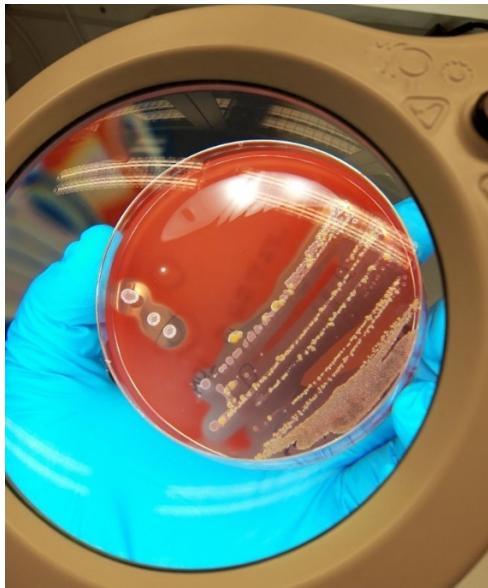
I samtliga anrikade djupspridda aeroba prover från inspiratoriska och expiratoriska slangar samt filter, totalt 12 prover, noterades en riklig bakterietillväxt.

Anrikade prover odlade anaerobt:

Prover från inspiratoriska och expiratoriska slangar, 8st, sågs ha en riklig bakterieväxt medan proverna från filter, 4st, visade sparsam-måttlig växt.

4.3 Morfologi

Bakterier från den direktodlade djupspridningen i PCA samt den anrikade djupspridningen hade liknande morfologi. De anaerobt odlade bakterierna i nötblodagarplattor avvek i utseende. Det faktum att de växte till i anaerob miljö samt att morfologin skiljde sig från de icke anaeroba plattorna tyder på att det rör sig om andra bakteriearter. I fyra av de anaerobt odlade nötblodagarplattorna, sal 1 exspiration, sal 1 inspiration, sal 2 filter samt sal 4 inspiration, hade vissa av bakterierna hemolyserat (se figur 14).



Figur 14. Nötblodagarplatta med hemolys. Prov på inspiratorisk slang från sal 1. Foto: Klara Nilsson

4.4 Skattning av antal patienter

Antal patienter som har kopplats upp på anestesiapparaterna i de olika salarna varierar. Ett genomsnittligt patientantal per vecka och sal har uppskattats av en anställd på operationsavdelningen på UDS smådjursavdelning. Flest patienter har uppskattats i sal 2 med ca. 10 patienter/vecka. Tandsalen har näst flest patienter med 6–10 patienter/vecka. Därefter kommer sal 1 med 2–4 patienter/vecka och sist sal 4 med 2–3 patienter/vecka.

Andningsfiltren har använts under perioden 6/1–25 till den 13/2–25 vilket blir ca. 5,5 veckor. Andningsslangarna har använts under perioden 3/2–25 till den 13/2–25 vilket blir ca. 1,5 vecka. En bedömning gjordes att 40 % av patienterna använt den slangstorlek som undersökts. Det uppskattade antalet patienter/vecka multiplicerades med antalet veckor som filtret eller slangarna varit i bruk. Se tabell 2 för filter och tabell 3 för slangar.

Tabell 2. Uppskattat antal patienter som har använt undersökta andningsfilter

Sal	Tandsalen	Sal 1	Sal 2	Sal 4
Uppskattat antal patienter	33–55	11–22	55	11–17

Tabell 3. Uppskattat antal patienter som har använt undersökta andningsslangar.

Sal	Tandsalen	Sal 1	Sal 2	Sal 4
Uppskattat antal patienter	4–6	1–2	6	1–2

5. Diskussion och konklusion

5.1 Diskussion

Resultatet visar att alla andningsslangar hade bakterieväxt i mer eller mindre omfattning. Två av fyra undersökta expirationsslangar hade ett tydligt högre antal CFU jämfört med undersökta inspirationsslangar från samma salar. Andningsfiltren från samtliga salar hade inget eller mycket lågt antal CFU.

5.1.1 Resultatdiskussion

Resultatet visar tydligt att det finns bakterieväxt i andningsslangarna. Detta stämmer överens med andra studier som undersökt bakteriebördan i andningsslangar inom humansjukvården (Hartmann et al. 2008; McGain et al. 2014; Dubler et al. 2016). Studieuppläggen från dessa studier skiljer sig dock åt så en mer ingående jämförelse blir därför svår att göra. Exempelvis är filtren ej placerade på samma ställe som i denna studie samt att filtren byts mellan varje patient. Även odlingsmetoderna skiljer sig åt.

Osäkerhet finns kring hur påvisade bakterier i andningsslangarna hamnat där, men en tänkbar orsak är att de kommer från patienter uppkopplade mot andningssystemet. Om en patient bär på patogena bakterier så är det inte otänkbart att dessa kan överföras från patienten till andningsslangarna. Frågor kring huruvida dessa bakterier sedan kan överleva och även tillväxa i miljön som en andningsslang erbjuder kvarstår. Detta är något som bör undersökas i vidare studier.

Antalet CFU i andningsfilter var obefintligt till lågt (0–7 CFU). Orsaken till det låga antalet CFU är oklar och någon slutsats om detta går ej att dra. Frågor kvarstår om huruvida filtren blivit kontaminerade, om mikroorganismerna på grund av det elektrostatiske filtret inte lossnar vid stomachering eller om filtren är behandlade med antimikrobiellt medel. Tillverkaren av filtren har kontaktats för att få klarhet i om dessa är behandlade med antimikrobiellt medel. Inget svar huruvida detta stämmer eller inte har mottagits. Det vore intressant att provta områdena i direkt anslutning till andningsfiltret, området precis innan samt efter filtret, för att vidare undersöka filtrets effektivitet.

För att avgränsa denna studie gjordes ingen artbestämning av bakterierna, så någon slutsats om huruvida det är patogena bakterier eller ej kan inte dras. Skillnader i utseende hos bakterierna kunde däremot ses i odlingsplattorna vilket

tyder på att det rör sig om olika typer av bakterier. Tillväxt skedde i de anaeroba odlingarna vilket visar att även anaeroba eller möjligtvis fakultativt anaeroba bakterier fanns i proverna. I fyra av plattorna skedde hemolys. Detta indikerar att flera olika bakteriearter påvisats. Studier inom humansjukvården har påvisat olika bakteriearter i använda andningsslangar (Hartmann et al. 2008; Dubler et al. 2016) vilket stödjer indikationen om olika typer av bakterier även i denna studie.

5.1.2 Metoddiskussion

Underlaget till denna studie är för litet för att kunna dra någon större slutsats utifrån studiens resultat. Endast numeriska skillnader mellan de olika proven redovisas. Ett större underlag behövs för att kunna påvisa eventuella signifikanta skillnader mellan inspirations- och expirationsslangar.

I början av studien ombads operationspersonalen på UDS smådjursavdelning att byta till nya oupppackade andningsslangar och andningsfilter på anesthesiapparaterna. Den inspiratoriska och expiratoriska slangerna skiljer sig inte från varandra vare sig utseendemässigt eller funktionellt. Det är enbart hur dessa kopplas upp gentemot anesthesiapparatens och patientens som styr dess funktion, det vill säga om slangerna blir en inspiratorisk eller expiratorisk slang. Efter varje användning kopplas slangarna loss. För att dessa ska kopplas likadant inför varje ny patient ombads personalen märka upp slangarna för att lätt se vilken slang som är inspiratorisk respektive expiratorisk. Det går inte med säkerhet att fastställa att slangarna kopplats på samma sätt, dvs. inspiratorisk på in- och expiratorisk på ut, vid varje användning. Detta skulle kunna vara en potentiell felkälla. Antal CFU i andningsslangarna från sal 1 skiljer sig från övriga undersökta slangar med ett högre antal CFU i inspirationsslangen jämfört med expirationsslangen. Filtret som sitter i änden av expirationsslangen är tänkt att filtrera bort mikroorganismer från att komma in i anesthesiapparatens. Den luft som cirkulerar i ett cirkelsystem ska då i praktiken renas från mikroorganismer innan den åter når patienten igen eftersom gaserna färdas i en riktning. Att inspirationsslangen från sal 1 har ett högre CFU än expirationsslangen skulle kunna förklaras med att dessa slangar har kopplats fel vid något eller några tillfällen.

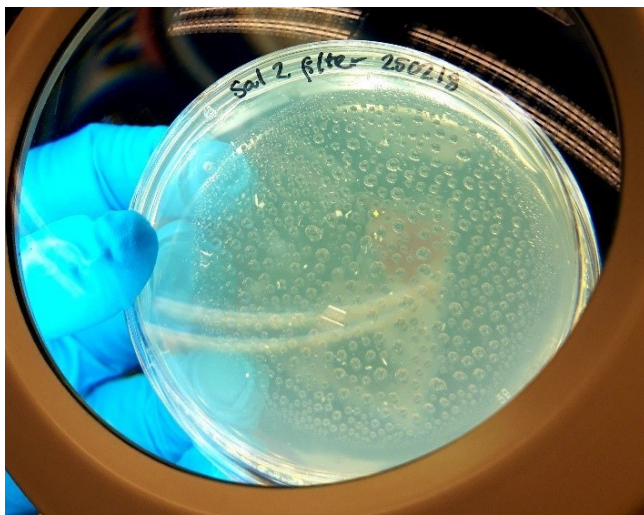
I hygienrutiner på operationssalen på UDS smådjursavdelning står att andningsslangar ska spritas av mellan varje patient samt rengöras i diskdesinfektor en gång i veckan. Personalen på UDS smådjursavdelning blev ombadade att inte rengöra andningsslangarna i diskdesinfektorn under perioden som undersökningen pågick. Det går dock inte att utesluta att detta gjordes ändå. Resultatet från sal 2 innehåller väldigt låga CFU trots högt uppskattat antal patienter. Detta skulle kunna förklaras med att andningsslangarna har rengjorts i

diskdesinfektor. Det låga antalet CFU från sal 2 skulle även kunna förklaras med att utvalda andningsslangar använts i mindre omfattning i denna sal under perioden.

Att hygienrutiner följs är viktigt för att förhindra kontaminering av utrustningen (Spertini et al. 2011). Det går ej att fastställa med säkerhet huruvida avspritning av andningsslangar skett, hur operationssalen städats samt om personalen vid UDS smådjursavdelning följt basala hygienrutiner under den undersökta perioden. Detta skulle kunna påverka resultatet. Spertini et al. (2011) undersökte de innersta delarna, delar som tidigare ansetts vara fria från mikroorganismer, från 40 anesthesiapparater där filter användes på samtliga apparater. Spertini et al. (2011) fann bakterier i 17 stycken av de innersta kretsarna och hälften av bakterierna som hittades tillhörde normalfloran från mänsklig hud. Även *Escherichia coli* hittades, vilket tyder på dålig handhygien. Spertini et al. (2011) drar slutsatsen att hygienen brustit vid hantering, lagring och montering av apparaterna, vilket kontaminerat systemen.

Antal patienter som använt varje andningsslang är ej helt säkerställd. Det är även oklart hur många timmar varje andningsslang har använts. En generell uppskattning av hur många patienter som opereras per sal och vecka gjordes av en anställd vid operationsavdelningen på UDS smådjursavdelning. Ingen kontroll av exakt antal patienter som opererades i varje sal under perioden har gjorts då detta inte är något som journalförs. Vid UDS smådjursavdelning används olika storlekar på andningsslangarna beroende på djurets storlek. Det går ej att fastställa hur många patienter som använt storleken som undersökts då slangstorlek inte heller är något som noteras vid journalföring och därför inte går att spåra. Att dra slutsatser baserat på användningstid blir därför svårt. För att kunna dra slutsatser huruvida användningstiden påverkar antalet bakterier skulle framtida studier kunna ha ett protokoll där antal patienter samt tiden slangarna används dokumenteras.

När filtren skulle delas itu före provtagning sågades ytterhöljet, gjort av polypropylen, upp med en bågfil. Plastspån av polypropylen från sågningen fanns kvar på filtren vilka sedan lades ner i stomacherpåsen. Plastspånen följde sedan med vid pipettering och blandades med i agarn. Plastspånen visade sig senare vara svåra att särskilja från bakterier i räkningen i filterprovet från sal 2 (se figur 15). I detta prov kan partiklar ha tolkats som bakterier och tvärtom, vilket gör att resultatet från denna platta inte är helt tillförlitligt.



*Figur 15. Svårt att särskilja plastspån och bakteriepåväxt. Filterprov, sal 2, direktodling.
Foto: Klara Nilsson*

Tillverkaren av andningsfiltren rekommenderar att dessa byts ut efter 24 h eller 48 h. Enligt hygienrutinerna vid UDS smådjursavdelning byts dessa ut med en månads intervall. Filtren är dock tillverkade för humansjukvården och är ej specialgjorda endast för djursjukvården. Flödet som används vid anestesi på en fullvuxen människa är högre än på små djur. Eftersom flödet är lägre på smådjur kan filtren möjligtvis användas en längre tid, då den filtrerande effekten troligtvis kvarstår efter rekommenderad användningstid.

Det vore intressant att undersöka vilket effekt placeringen av filtret har. Filtren som undersöktes i denna studie satt i änden av expirationsslangen, precis innan anestesiapparaten. Filtren är gjorda för att även kunna placeras i början av inspirationsslangen. Likaså finns det andra typer av filter som är gjorda för att sitta vid Y-stycket vid patienten. Studier på humansidan visar att bakteriebördan i andningsslangar inte ändras nämnvärt efter flera dagars användning när just ett sådant filter, som sitter vid Y-stycket, byts mellan varje patient (Hartmann et al. 2008; McGain et al. 2014; Dubler et al. 2016).

Användning av andningsfilter vid anestesi är ej något som är reglerat inom djursjukvården. Rutiner ser därför olika ut vid olika kliniker. Vissa kliniker använder inte filter överhuvudtaget. Därför skulle studier även behöva göras på andningsslangar där filter ej används.

I denna undersökning provtogs hela insidans längd av andningsslangarna då frågeställningen endast var påvisning av bakterier eller inte. Vidare studier skulle kunna provta början och slutet av slangarna för att få en uppfattning om bakteriebördan skiljer sig åt mellan dessa.

Metoden för att samla och odla bakterierna i denna undersökning valdes ut i samråd med en bakteriolog. Alternativa metoder diskuterades bland annat sköljprov, där hela slangen genomsköljs, för att slippa klippa isär slangarna och riskera eventuell kontaminering utifrån. Dock uteslöts denna metod då eventuell biofilm ej säkert följer med på detta sätt.

Då bakterieförekomst i andningsslangar och filter var oklar användes tre olika metoder vid odlingen: direktutstryk aerob odling, anrikning aerob odling samt anrikning-anaerob odling. Att späda prover i en spädningsserie för att minska antalet mikroorganismer till en nivå som går att räkna är vanligt vid analys. Denna metod valdes dock bort då frågeställningen endast var att kunna påvisa bakterier eller inte. Att räkna ett exakt antal bakterier ansågs sekundärt i sammanhanget. De olika odlingsmetoderna gjordes för att maximera chansen att få även svagväxande bakterier och bakterier som kräver andra förutsättningar, exempelvis syrefattig miljö, att växa till. Endast prover utan anrikning valdes ut för räkning av bakterier då resultatet annars blir missvisande när bakterierna fått möjlighet att växa till ohämmat i ett medium. Resterande prover, anrikning aerob odling samt anrikning anaerob odling, bedömdes endast utifrån förekomst av bakterieväxt.

5.2 Konklusion

Denna studie har undersökt bakteriebördan i använda andningsslangar och andningsfilter. Resultatet visar på bakterieväxt främst i andningsslangar. Fler studier behövs för att kunna dra några större slutsatser kring betydelsen av bakteriebördan på utrustning samt hur detta kan påverka patientsäkerheten. Olika typer av studier skulle vara värdefulla. Mer kontrollerade studier skulle vara av värde för att se hur avsaknaden av yttre faktorer påverkar resultatet. Samtidigt är det viktigt att studier gjorda i klinisk miljö görs då dessa avspeglar den miljö som utrustningen och patienterna befinner sig i.

Stora fördelar med återanvändning av andningsslangar finns ur en miljösynpunkt, ekonomisk synpunkt, lagringsutrymme med mera. Att inte återanvända andningsslangar utan i stället använda sterila engångsslangar, som kasseras efter varje patient, skulle kunna vara mer patientsäkert avseende smittorisken. Därför är det viktigt att mer forskning inom ämnet görs i framtiden.

Referenser

- Arbetsmiljöverket (2025). *Smittvägar och smittspridning på arbetsplatser*.
<https://www.av.se/halsa-och-sakerhet/smittrisker/smittvagar-och-smittspridning-pa-arbetsplatser/> [2025-05-28]
- Benedict, K.M., Morley, P.S. & Van Metre, D.C. (2008). Characteristics of biosecurity and infection control programs at veterinary teaching hospitals. *Journal of the American Veterinary Medical Association*. 233 (5), 767–773.
<https://doi.org/10.2460/javma.233.5.767>
- Blood Borne Viruses Advisory Panel (1996). *A report received by Council of the Association of Anaesthetists on blood borne viruses and anaesthesia: an update (January 1996)*. The Association of Anaesthetists of Great Britain and Ireland, London.
https://anaesthetists.org/Portals/0/PDFs/Archive%20guidelines%20PDFs/Archived_guidelines_HIV_and_blood_borne_viruses_anaesthesia_1996.pdf?ver=2018-06-28-154804-087 [2025-03-27]
- Coway (2025). *Vad är ett HEPA-filter?* <https://coway.se/hjalpcenterartiklar/vad-ar-ett-hepa-filter/> [2025-03-28]
- Daggan, R., Zefeiridis, A., Steinberg, D., Larijani, G., Gratz, I. & Goldberg, M.E. (1999). High-quality filtration allows reuse of anesthesia breathing circuits resulting in cost savings and reduced medical waste. *Journal of clinical anesthesia*. 11 (7), 536–539. [https://doi.org/10.1016/S0952-8180\(99\)00083-5](https://doi.org/10.1016/S0952-8180(99)00083-5)
- Dryden, G.E. (1969). Risk of contamination from the anesthesia circle absorber: an evaluation. *Anesthesia and analgesia*. 48 (6), 939–943.
<https://doi.org/10.1213/00000539-196911000-00010>
- Dubler, S., Zimmermann, S., Fischer, M., Schnitzler, P., Bruckner, T., Weigand, M.A., Frank, U., Hofer, S. & Heininger, A. (2016). Bacterial and viral contamination of breathing circuits after extended use - an aspect of patient safety? *Acta anaesthesiologica Scandinavica*. 60 (9), 1251–1260.
<https://doi.org/10.1111/aas.12768>
- Dupont™ Hytrel® (2013). *All in one extrusion processing manual*.
https://www.distrupol.com/Hytrel_All_in_One_Extrusion_Processing_Manual.pdf [2025-03-20]
- Dustcontrol (2024). *Vad är egentligen ett HEPA-filter?* <https://dustcontrol.se/vad-ar-egentligen-ett-hepa-filter/> [2024-03-28]
- Engsvik, H. & Jonsson, M. (2023). *Anestesisjuksköterskans uppfattning om resursanvändning av plastprodukter till anestesiapparater*. Lunds universitet. Medicinska fakulteten.
<https://lup.lub.lu.se/luur/download?func=downloadFile&recordId=9117253&fileId=9117263> [2025-02-11]

- Ericson, E. & Ericson, T. (2018). Bakteriologi. I: Brynolfsson, C (red.) *Klinisk mikrobiologi: Infektioner, Immunologi, Vårdhygien*. Liber AB. 43–112.
- First, M.W. (1998). Hepa Filters. *Journal of the American Biological Safety Association*. 3 (1), 33-42. <https://www.liebertpub.com/doi/epdf/10.1177/109135059800300111>
- Garg, R. (2009). Kinked inner tube of coaxial Bain circuit—need for corrugated inner tube. *Journal of anesthesia*. 23 (2), 306–306. <https://doi.org/10.1007/s00540-008-0719-y>
- Getinge (2020). *Ventilation of isolated patients with Servo-u and Servo-n*. https://www.getinge.com/dam/hospital/documents/english/servo-trainguide-isolation-en-mx-7747-en-non_us.pdf [2025-04-16]
- Guardabassi, L. (2012). Veterinary hospital-acquired infections: The challenge of MRSA and other multidrug-resistant bacterial infections in veterinary medicine. *The veterinary journal* (1997). 193 (2), 307–308. <https://doi.org/10.1016/j.tvjl.2012.04.005>
- Gussgard, A.M., Valen, H., Olsvik, Ø. & Jokstad, A. (2020). Risken för smitta genom aerosol i tandvårdskliniken. *Tandläkartidningen*. (12), 60–74. <https://hdl.handle.net/10037/20132>
- Hartmann, D., Jung, M., Neubert, T.R., Susin, C., Nonnenmacher, C. & Metters, R. (2008). Microbiological risk of anaesthetic breathing circuits after extended use. *Acta anaesthesiologica Scandinavica*. 52 (3), 432–436. <https://doi.org/10.1111/j.1399-6576.2007.01529.x>
- Hogarth, I. (1996). Anaesthetic machine and breathing system contamination and the efficacy of bacterial/viral filters. *Anaesthesia and intensive care*. 24 (2), 154–163. <https://doi.org/10.1177/0310057x9602400204>
- Jordbruksverket (2024). *Hygienregler för verksamhet inom djurens hälso- och sjukvård*. <https://jordbruksverket.se/djur/personal-inom-djurens-halso--och-sjukvard/hygienregler> [2025-04-02]
- Maquet (2012). *Data Sheet Servo Duo Guard*. <https://universalsurgicals.com/assets/product/maquet-getinge/Maquet%20Getinge%20servoduoguard.pdf> [2025-04-16]
- McEwan, A.I., Dowell, L. & Karis, J.H. (1993). Bilateral tension pneumothorax caused by a blocked bacterial filter in an anesthesia breathing circuit. *Anesthesia and analgesia*. 76 (2), 440–442
- McGain, F., Algie, C.M., O'Toole, J., Lim, T.F., Mohebbi, M., Story, D.A. & Leder, K. (2014). The microbiological and sustainability effects of washing anaesthesia breathing circuits less frequently. *Anaesthesia*. 69 (4), 337–342. <https://doi.org/10.1111/anae.12563>
- Moon, S., Ham, S., Jeong, J., Ku, H., Kim, H. & Lee, C. (2023). Temperature Matters: Bacterial Response to Temperature Change. *The journal of microbiology*. 61 (3), 343–357. <https://doi.org/10.1007/s12275-023-00031-x>

- Murphy, P.M., Fitzgeorge, R.B. & Barrett, R.F. (1991). Viability and distribution of bacteria after passage through a circle anaesthetic system. *British journal of anaesthesia : BJA*. 66 (3), 300–304. <https://doi.org/10.1093/bja/66.3.300>
- Murrell, J. & Ford-Fennah, V. (2020). Anaesthesia and analgesia. Cooper, B., Mullineaux, E. & Turner, L (red). *BSAVA Textbook of Veterinary Nursing, 6th ed.* British Small Animal Veterinary Association. 669-747.
- Nationalencyklopedin (u.å). *Natronkalk*.
<https://www.ne.se/uppslagsverk/encyklopedi/lång/natronkalk> [2025-03-18]
- Phillips, I. (1967). Pseudomonas aeruginosa respiratory tract infections in patients receiving mechanical ventilation. *The Journal of hygiene*. 65 (2), 229–235. <https://doi.org/10.1017/S002217240004571X>
- Pottie, R.G., Dart, C.M., Perkins, N.R. & Hodgson, D.R. (2007). Effect of hypothermia on recovery from general anaesthesia in the dog. *Australian veterinary journal*. 85 (4), 158–162. <https://doi.org/10.1111/j.1751-0813.2007.00128.x>
- Redondo, J.I., Suesta, P., Serra, I., Soler, C., Soler, G., Gil, L. & Gómez-Villamandos, R.J. (2012). Retrospective study of the prevalence of postanaesthetic hypothermia in dogs. *Veterinary record*. 171 (15), 374–374. <https://doi.org/10.1136/vr.100476>
- Ruple-Czerniak, A., Aceto, H.W., Bender, J.B., Paradis, M.R., Shaw, S.P., Van Metre, D.C., Weese, J.S., Wilson, D.A., Wilson, J.H. & Morley, P.S. (2013). Using Syndromic Surveillance to Estimate Baseline Rates for Healthcare-Associated Infections in Critical Care Units of Small Animal Referral Hospitals. *Journal of veterinary internal medicine*. 27 (6), 1392–1399. <https://doi.org/10.1111/jvim.12190>
- Seal, D.V. & Strangeways, J.M. (1981). Epidemiology and prevention of Pseudomonas aeruginosa chest infection in an intensive care unit. *Anaesthesia and intensive care*. 9 (3), 260–265. <https://doi.org/10.1177/0310057x8100900309>
- Seebeck, P. & Zeiter, S. (2023). Anesthesia delivery systems. In: *Anesthesia and Analgesia in Laboratory Animals*. 205–228. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-822215-7.00013-5>
- SLU Universitetsdjursjukhuset (2024). *Hygienplan för smådjurskliniken*. (SLU.klinvet.2024.6.1-240, version 6). SLU Universitetsdjursjukhuset.
- SLU Universitetsdjursjukhuset (2025). *Miljöcertifiering*.
<https://www.universitetsdjursjukhuset.se/om-universitetsdjursjukhuset/miljocertifiering/> [2025-03-11]
- Smith, C.E., Otworth, J.R., Kaluszyk, P. (1991). Bilateral tension pneumothorax due to a defective anesthesia breathing circuit filter. *Journal of Clinical Anaesthesia*. 3 (3), 229-234. [https://doi.org/10.1016/0952-8180\(91\)90166-K](https://doi.org/10.1016/0952-8180(91)90166-K)
- Spertini, V., Borsoi, L., Berger, J., Blacky, A., Dieb-Elschahawi, M. & Assadian, O. (2011). Bacterial contamination of anesthesia machines' internal breathing-circuit-systems. *GMS Krankenhaushygiene interdisziplinär*. 6 (1), Doc14–Doc14. <https://doi.org/10.3205/dgkh000171>

- Socialstyrelsen (2024). *Vårdrelaterade infektioner, VRI*.
<https://patientsakerhet.socialstyrelsen.se/risker-och-varriskador/varriskador/vri--vardrelaterade-infektioner/> [2025-03-04]
- Statens medicinsk-etiska råd (2024). *Uttalande med anledning av klimatkrisen*.
<https://smer.se/wp-content/uploads/2024/05/uttalande-med-anledning-av-klimatkrisen.pdf> [2025-03-10]
- Statens veterinärmedicinska anstalt (2025). *BHI-buljong med 6.5 procent NaCl, 5 ml i rör*. <https://www.sva.se/produkter-tjaenster/produkter/substrat/bhi-buljong-med-65-procent-nacl-5-ml-i-roer/> [2025-04-02]
- Stull, J.W. & Weese, J.S. (2015). Infection Control in Veterinary Small Animal Practice. *The Veterinary clinics of North America. Small animal practice*. 45 (2), xi–xii.
<https://doi.org/10.1016/j.cvsm.2014.12.001>
- Svenska FN-förbundet (2023). *Agenda 2030 och de globala målen för hållbar utveckling*.
<https://fn.se/vi-gor/vi-utbildar-och-informerar/fn-info/vad-gor-fn/fns-arbete-for-utveckling-och-fattigdomsbekampning/agenda2030-och-de-globala-malen/> [2025-03-10]
- Sveriges Kommuner och Regioner (2019). *Vårdrelaterade infektioner. En kunskapssammanställning baserad på markörbaserad journalgranskning 2013–2018*.
<https://skr.se/download/18.5627773817e39e979ef38d91/1642167986844/7585-756-5.pdf> [2025-03-04]
- Sveriges Veterinärförbund (2012). *Riktlinjer för infektionskontroll inom smådjursjukvården*. (Version 9). Sveriges Veterinärförbund.
<https://svf.se/media/oq4oq5yw/svfs-riktlinje-gallande-infektionskontroll-inom-smadjursjukvarden-2012.pdf> [2025-01-24]
- Tellier, R., Li, Y., Cowling, B.J. & Tang, J.W. (2019). Recognition of aerosol transmission of infectious agents: a commentary. *BMC infectious diseases*. 19 (1), 101–9. <https://doi.org/10.1186/s12879-019-3707-y>
- United Nations (u.å.). *The Sustainable Development Agenda*.
<https://www.un.org/sustainabledevelopment/development-agenda/> [2025-03-10]
- VetBact (2018). *Odlingsmedia*. <https://www.vetbact.org/showgrowthmedia/1/#id97> [2025-02-28]
- Vezina, D., Trepanier, C., Lessard, M., Gourdeau, M. & Tremblay, C. (2001). Anesthesia breathing circuits protected by the DAR Barrierbac S® breathing filter have a low bacterial contamination rate. *Canadian journal of anaesthesia*. 48 (8), 748–754.
<https://doi.org/10.1007/BF03016689>
- Vogler, G.A. (1997). Chapter 7 - Anesthesia Equipment: Types and Uses. In: *Anesthesia and Analgesia in Laboratory Animals*. Academic Press. 105–147.
<https://doi.org/10.1016/B978-012417570-9/50010-6>
- Vårdhandboken (2022). *Smittvägar*. <https://www.vardhandboken.se/vardhygien-infektioner-och-smittspridning/infektioner-och-smittspridning/smitta-och-smittspridning/smittvagar/> [2025-03-04]

- Wilkes, A.R. (2011). Heat and moisture exchangers and breathing system filters: their use in anaesthesia and intensive care. Part 1 – history, principles and efficiency. *Anaesthesia*. 66 (1), 31–39. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2044.2010.06563.x>
- Willemsen, A., Cobbold, R., Gibson, J., Wilks, K., Lawler, S. & Reid, S. (2019). Infection control practices employed within small animal veterinary practices—A systematic review. *Zoonoses and public health*. 66 (5), 439–457. <https://doi.org/10.1111/zph.12589>
- Yamakage, M., Takahashi, K., Takahashi, M., Satoh, J. -I & Namiki, A. (2009). Performance of four carbon dioxide absorbents in experimental and clinical settings. *Anaesthesia*. 64 (3), 287–292. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2044.2008.05759.x>
- Yasui, M., Wang, X., Tarabara, V.V. & Katayama, H. (2024). Virus removal by microfiltration: Effects of electrostatic and hydrophobic interactions. *Separation and purification technology*. 350, 127902-. <https://doi.org/10.1016/j.seppur.2024.127902>

Tack!

Vi vill rikta ett stort tack till våra handledare Todd Alsing Johansson & Anneli Rydén. Tack för all hjälp i skrivandeprocessen samt för ert stora tålamod i laborationssalen.

Tack till Hafiz Bakri för korrekturläsning och hjälp med abstract.

Tack till Lina Lindén och personalen på operationsavdelningen vid UDS smådjursavdelning för all hjälp med provmaterialet.

Tack till Tobias Nilsson för kritiska ögon och bra kommentarer i korrekturläsningen, samt tack till skrivgrupp 7 för givande gruppträffar!

Publicering och arkivering

Godkända självständiga arbeten (examensarbeten) vid SLU kan publiceras elektroniskt. Som student äger du upphovsrätten till ditt arbete och behöver i sådana fall godkänna publiceringen. I samband med att du godkänner publicering kommer SLU även att behandla dina personuppgifter (namn) för att göra arbetet sökbart på internet. Du kan närsomhelst återkalla ditt godkännande genom att kontakta biblioteket.

Även om du väljer att inte publicera arbetet eller återkallar ditt godkännande så kommer det arkiveras digitalt enligt arkivlagstiftningen.

Du hittar länkar till SLU:s publiceringsavtal och SLU:s behandling av personuppgifter och dina rättigheter på den här sidan:

- <https://libanswers.slu.se/sv/faq/228316>

☒ JA, jag, Klara Nilsson har läst och godkänner avtalet för publicering samt den personuppgiftsbehandling som sker i samband med detta

☒ JA, jag, Johannes Risberg har läst och godkänner avtalet för publicering samt den personuppgiftsbehandling som sker i samband med detta

☐ NEJ, jag/vi ger inte min/vår tillåtelse till att publicera fulltexten av föreliggande arbete. Arbetet laddas dock upp för arkivering och metadata och sammanfattning blir synliga och sökbara.

☐ Föreliggande arbete ska publiceras med 12 månaders fördröjning av fulltexten (tillfälligt läsningsembargo). Därefter ger jag/vi härmed min/vår tillåtelse till att föreliggande arbete publiceras enligt SLU:s avtal om överlåtelse av rätt att publicera verk.