



# En jämförande studie av engångs- och flergångstextiler på operationsavdelningen

Med fokus på miljöpåverkan och aseptik

---

Alex Berg och Klara Siegrist Jönsson

Självständigt arbete i djuromvårdnad • 15 hp  
Sveriges lantbruksuniversitet, SLU  
Fakulteten för veterinärmedicin och husdjursvetenskap  
Djursjukskötprogrammet  
Uppsala 2023





# En jämförande studie av engångs- och flergångstextiler på operationsavdelningen. Med fokus på aseptik och miljöpåverkan

*A comparative study of reusable and disposable surgical textiles. Focusing on environmental impact and aseptic*

Alex Berg och Klara Siegrist Jönsson

**Handledare:** Jennie Redander, Sveriges lantbruksuniversitet, institutionen för kliniska vetenskaper

**Examinator:** Todd Alsing Johansson, Sveriges lantbruksuniversitet, institutionen för kliniska vetenskaper

**Omfattning:** 15 hp

**Nivå och fördjupning:** Grundnivå, G2E

**Kurstitel:** Självständigt arbete i djuromvårdnad

**Kurskod:** EX0994

**Program:** Djursjukskötarprogrammet

**Kursansvarig inst.:** Institutionen för kliniska vetenskaper

**Utgivningsort:** Uppsala

**Utgivningsår:** 2023

**Omslagsbild:** Pixabay (2016). [fotografi] <https://pixabay.com/sv/photos/kirurgi-sjukhus-l%C3%A4kare-v%C3%A5rd-klinik-1822458/?fbclid=IwAR0PmNL3phIsLpi-mgsuXEGUt2bisEhghREwGQA6BZwqsPRNZ6SDRInRPA> [01-05-23]

**Upphovsrätt:** Alla bilder används med upphovspersonens tillstånd

**Nyckelord:** Aseptik, engångsoperationsrockar, flergångsoperationsrockar, livscykelanalys (LCA), miljöpåverkan, operationslakan, operationstextiler, vårdrelaterad infektion (VRI)

**Sveriges lantbruksuniversitet**

Fakulteten för veterinärmedicin och husdjursvetenskap

Institutionen för kliniska vetenskaper

## Sammanfattning

Miljöförändringar är ett globalt problem som påverkar både människor och djur. Klimatförändringar blir allt vanligare och leder till allvarliga konsekvenser som höjda havsnivåer, extremväder och negativ inverkan på den biologiska mångfalden. Veterinärmedicinska- och humanvårds anläggningar har en stor inverkan på miljön, där operationsavdelningen är en bidragande faktor. En anledning till detta är att operationsavdelningar kräver hög aseptik, vilket medför en hög konsumtion av sterila engångsartiklar. Vid varje operation används operationsrockar och operationslakan för att upprätthålla en god barriär mot mikroorganismer. Det är av största vikt att operationsrockar och operationslakan bibehåller dess aseptiska nivå oavsett mängden vätskor som kontaminerar operationstextilerna. En vanlig postoperativ komplikation är vårdrelaterade infektioner (VRI) som kan vara en konsekvens av bristande vårdhygien. Detta kandidatarbete syftar till att jämföra engångs och flegångsoperationstextiler ur ett miljömässigt och aseptiskt perspektiv för att underlätta djurvårdspersonals val av operationstextiler.

Enligt resultatet från litteraturstudien sågs att mängden koldioxidutsläpp och den vattenanvändning som krävs vid produktion av operationstextiler berodde på textilens vikt, där miljöpåverkan ökade parallellt med vikten på operationsrockarna. Vidare beror textilens miljöpåverkan på vilket material den består av, vilket ofta är ett syntetmaterial. Flera studier pekar på att 100 % bomull bör undvikas som produktionsmaterial på grund av damm och risk för ökad mikrobiell tillväxt. Somliga studier visade även att mikroorganismer hade mindre benägenhet att växa på textilier gjorda av syntetfibrer, exempelvis polyester och polypropen. Dock har studier funnit att det sker en högre tillväxt av mikroorganismer på flegångsoperationsrockar jämfört med engångsoperationsrockar, trots att båda rockar varit gjorda av syntetfiber. Gällande operationstextilers permeabilitet är flera studier överens om att de flegångsoperationstextiler som presterade bäst var de som bestod av flera lager. Resultaten från flera studier menar att flegångsoperationstextiler ger en mindre miljöpåverkan i förlängningen inom kategorierna koldioxidutsläpp, vattenanvändning och mängden avfall vid kassering. Detta förutsätter dock att flegångsoperationstextilerna används ett adekvat antal gånger. Enligt litteraturen bör en flegångsoperationstextil genomgå högst 50 – 75 tvättcykler innan dess aseptiska förmåga blir bristfällig.

Det är relevant att utföra mer forskning kring flegångsoperationstextiler då det finns ett begränsat antal studier och livscykelanalyser (LCA) att tillgå. Om en klinik bör övergå från engångs- till flegångsoperationstextiler har inte ett självklart svar. Flegångsoperationstextilers miljöpåverkan och aseptiska kvalitéer är beroende på dess material och produktion. En klinik eller ett djursjukhus måste själv undersöka vilka flegångsoperationstextiler som finns tillgängliga för dem och hur dessa presterat i aseptiska tester. Vidare bör kliniker undersöka hur tvätt- och steriliseringsprocessen av dessa textilier ska ske. Avslutningsvis bör kliniker även betänka vilka operationer de utför och vilken mikrobiell överföring som bedöms acceptabel vid dessa.

*Nyckelord: Aseptik, engångsoperationsrockar, flegångsoperationsrockar, livscykelanalys (LCA), miljöpåverkan, operationslakan, operationstextiler, vårdrelaterad infektion (VRI)*

## Abstract

Environmental change is a global problem which affects both humans and animals. Climate changes are becoming more prominent and has serious consequences such as increased sea levels, extreme weather and negative impact on biodiversity. Veterinary and human care facilities both have a major impact on the environment, where the operating room is a contributing factor. One of the reasons for this is that operating rooms require a high aseptic level, which leads to a large consumption of sterile disposable items. During each surgery, surgical gowns and sheets are used to maintain a good barrier against microorganisms. It is therefore of the utmost importance that the surgical gowns and sheets maintain their aseptic level regardless of the amount of fluids that contaminate the surgical textiles. A common postoperative complication is healthcare-associated infections, which can be a consequence of poor healthcare hygiene. This bachelor's thesis therefore aims to compare disposable and reusable surgical textiles from an environmental and aseptic perspective, in order to facilitate animal care personnel's choice of surgical textiles.

According to the results from the literature study the amount of carbon dioxide emissions and water use required in the production of surgical textiles depended on the weight of the textile, where the environmental impact increased for heavier surgical gowns. Furthermore, the textile's environmental impact depends on the material it is made of, which is often a synthetic material. Several studies indicate that 100 % cotton should be avoided as a production material due to dust and the risk of increased microbial growth. Some studies have also showed that microorganisms were less likely to grow on textiles made of synthetic fibers, for example polyester and polypropylene. But despite that, studies have found that there is a higher growth of microorganisms on reusable surgical gowns compared to disposable surgical gowns, even though both gowns were made of synthetic fibers. Regarding the permeability of surgical textiles, many studies agreed that the reusable surgical textiles that performed the best were those that consisted of several layers. The results indicates that reusable operation textiles have a smaller environmental impact in the long run in the categories of carbon dioxide emissions, water use and the amount of waste at disposal. However, for this to be true the reusable surgical textiles are to be used an adequate number of times. According to the literature, a multi-use surgical textile should undergo a maximum of 50 – 75 washing cycles before its aseptic ability becomes deficient.

More research is needed on reusable surgical textiles as there where a limited number of studies and life cycle analyzes (LCAs) available. Whether a clinic should switch from disposable to reusable surgical textiles does not have an obvious answer. The environmental impact and aseptic qualities of reusable surgical textiles are dependent on its material and production. A clinic or animal hospital must investigate which reusable surgical textiles are available to the clinic and how these have performed in aseptic testes. Furthermore, clinics should investigate how the washing and sterilization process of these textiles should take place. In conclusion, clinics should also consider which surgeries they perform and which microbial transmission are acceptable during these surgeries.

*Keywords: Aseptic, disposable surgical gowns, environmental impact, healthcare-associated infection, life cycle assessment (LCA), reusable surgical gowns, surgical drapes, surgical textiles*

# Innehållsförteckning

<b>Tabellförteckning .....</b>	<b>8</b>
<b>Figurförteckning.....</b>	<b>9</b>
<b>Förkortningar .....</b>	<b>10</b>
<b>1.    <b>Introduktion</b> .....</b>	<b>11</b>
1.1    Syfte .....	12
1.2    Frågeställningar .....	12
<b>2.    <b>Material och metod</b> .....</b>	<b>13</b>
2.1    Sökord.....	13
2.1.1    Sökord kopplade till båda frågeställningarna.....	13
2.1.2    Sökord kopplade till enbart miljöpåverkan.....	14
2.1.3    Sökord kopplade till enbart aseptik.....	14
<b>3.    <b>Bakgrund</b> .....</b>	<b>15</b>
3.1    Operationstextiler .....	15
3.2    Miljö- och klimatförändring .....	15
3.3    Bidragande faktorer till miljö- och klimatförändring.....	16
3.3.1    Vattenanvändning.....	16
3.3.2    Råvaruresurser .....	16
3.3.3    Utsläpp av växthusgas.....	17
3.4    Avfallshantering.....	17
3.4.1    Avfall från veterinärverksamhet .....	17
3.5    Livscykelanalys .....	18
3.6    Vårdhygien & VRI.....	18
3.6.1    Renlighetsgrad.....	19
3.6.2    Aseptisk hantering .....	20
3.7    Permeabilitet .....	20
<b>4.    <b>Resultat</b> .....</b>	<b>21</b>
4.1    Miljöpåverkan .....	21
4.1.1    Produktion av operationstextiler .....	21
4.1.2    Rengöring .....	22
4.1.3    Sterilisering .....	23
4.1.4    Avfallsmängd .....	23

4.1.5	Förbränning av avfall .....	24
4.1.6	Återvinning .....	24
4.2	Aseptik .....	25
4.2.1	Operationsrockars vattenpermeabilitet .....	25
4.2.2	Operationsrockar som barriär mot mikroorganismer .....	26
4.2.3	Genomsläpplighet hos operationsrockar efter tvätt .....	27
4.2.4	Genomsläpplighet hos operationsrockar i blött tillstånd .....	28
4.2.5	Operationslakan som barriär mot mikroorganismer .....	29
<b>5.</b>	<b>Diskussion .....</b>	<b>30</b>
5.1	Metoddiskussion .....	30
5.2	Resultatdiskussion .....	32
5.3	Konklusion.....	38
	<b>Referenser.....</b>	<b>39</b>
	<b>Tack</b>	<b>43</b>

# Tabellförteckning

Tabell 1. Jämförelse av olika studiers resultat gällande koldioxidutsläpp och vattenanvändning i samband med produktion av engångs- och flergångsoperationsrockar .....	<b>Fel! Bokmärket är inte definierat.</b>
Tabell 2. Andel klarade permeabilitetstest engångs- och flergångsoperationsrockar och rockarnas material .....	26
Tabell 3. Tillväxt av <i>S. aureus</i> & <i>E. coli</i> på operationsrockar.....	28
Tabell 4. Andelen patienter som drabbades av VRI med engångs- vs återanvändningsbara operationslakan.....	29



# Figurförteckning

Figur 1. Förslag på återvinning av engångsoperationsrockar av Quintana-Gallardo et al. (2023).....	24
---	----

## Förkortningar

cm H <sub>2</sub> O	Centimeter vatten
CO <sub>2</sub> -eq	Kilogram koldioxidekvivalenter
ETSA	European Textile Service Association
LCA	Livscykelanalys
MRSA	Meticillinresistent <i>Staphylococcus aureus</i>
NE	Nationalencyklopedin
PET	Polyetentereftalat
RMIT	Royal Melbourne Institute of Technology
SVF	Sveriges Veterinärförbund
VRI	Vårdrelaterade infektioner

# 1. Introduktion

Överförbrukning av jordens resurser och miljöförändringar är ett aktuellt och globalt problem som påverkar alla människor och djur. År 2012 estimerades så mycket som 12,6 miljoner människor ha dött på grund av klimatförändringar (Watts et al. 2017). Humansjukvården står för 1 – 5 % av den globala miljöpåverkan (Koytcheva et al. 2021). Resultatet från en studie av Conrardy et al. (2010) tyder på att ett byte till flergångsoperationsrockar kan leda till att ett sjukhus minskar sitt avfall med ca 22 000 kg under ett år och därmed bidra till en mer hållbar värld. Snabba miljöförändringarna medför allvarliga konsekvenser, inte minst inom djurlivet. En rapport producerad av Ellen McArthur Foundation och World Economic Forum (2016) visar på att år 2025 kommer havet innehålla ett ton plast för varje tre ton fisk och år 2050 uppskattas plastens vikt överstiga fiskarnas gemensamma vikt. Inom den veterinärmedicinska vården har det inte börjat vidtas lika många åtgärder som inom humansjukvården för att minska sin miljöpåverkan (Koytcheva *et al.*, 2021).

Renlighetsgraden hos operationstextiler är avgörande för att motverka risken för vårdrelaterade infektioner (VRI). VRI ger både ökat lidande och är kostsamt för sjukvården då det leder till försämrad hälsa och ökad vård av patienten (Stetter et al. 2021). En VRI kan i värsta fall leda till att patienten avlider (Stetter et al. 2021). Det är därför av största vikt att operationstextiler är sterila initialt och vid användning av flergångsoperationstextiler måste textilerna uppnå sterilitet mellan användningarna (Hafiani et al. 2022). Angående återanvändbara textilers aseptiska egenskaper finns det motstridiga studieresultat. En studie av Aslan et al. (2015) visar på problem med att vissa flergångstextilers har för hög genomsläpplighet av mikroorganismer. Däremot visar en studie av Hafiani et al. (2022) på att engångs- och flergångstextiler är jämförbara ur ett aseptiskt perspektiv.

Dagens snabba miljöförändringar är ett faktum som många människor oroar sig över. Idag använder många djurkliniker och djursjukhus engångstextiler inom operation. Möjligen beror detta på bristande kunskap kring flergångstextiler vid val av operationsrockar och operationslakan. I en enkät av Koytcheva et al. (2021) visar resultatet att djursjukvårdspersonal önskar vidare utbildning inom ämnet. Legitimerade djursjukskötare har ofta ansvar för inköp av produkter till djurkliniker

och djursjukhus, detta kandidatarbete önskar bidra till att mer genomtänkta och informerade val görs vid inköp av operationstextiler.

## 1.1 Syfte

Detta examensarbete inom djuromvårdnad syftar till att jämföra flergångs- och engångstextiler på operationsavdelningen genom att sammanställa och granska vetenskapliga publikationer som undersöker den miljömässiga och aseptiska aspekten av dessa produkter.

## 1.2 Frågeställningar

Vilken miljöpåverkan har flergångstextiler jämfört med engångstextiler som används på operationsavdelningen?

Hur ser skillnaden ut mellan flergångs- och engångstextiler på operationsavdelningen ur ett aseptiskt perspektiv?

## 2. Material och metod

Detta examensarbete är skrivet för en kandidatexamen inom djursjukvård vid Sveriges Lantbruksuniversitet. Arbetet har genomförts som en litteraturstudie där engångs- och flergångstextiler undersöks, med fokus på aseptik och miljöpåverkan. För att täcka in alla olika typer av textiler inom vården krävs ett större vetenskapligt arbete, därför var denna studie avgränsad till att endast undersöka operationsrockar och operationslakan avsedda för operationsavdelningen. Lämplig och vetenskapligt granskat material till litteraturstudien hittades genom databaserna Google Scholar, PubMed, Web of Science och Scopus. För att hitta relevanta källor användes olika kombinationer av sökord. Studien kompletterades med information från vetenskapligt granskade rapporter och källor från artiklars referenslistor. Främst originalkällor har använts och om originalkällan inte kunnat lokaliseras har dessa blivit refererade till via källan som de hittades genom. Litteratursökningen effektiviserades genom att abstract och titel på intressanta källor lästes, vilka sedan valdes ut efter relevans. Arbetet baseras på 29 originalartiklar och rapporter, varav 8 är översiktsartiklar. Artiklarna loggfördes på ett Googledokument, där datum för källsökningen, källornas DOI-länk, artiklarnas rubrik och motivering till urvalet dokumenterats. Programmet Zotero har använts för att samla källorna och för att skapa källhänvisning och referenslista.

Endast ett fåtal relevanta studier har utförts inom den veterinärmedicinska vården, därför har även studier från humanvården använts i detta arbete. För att arbetet ska innehålla den mest relevanta information användes källor som var så uppdaterade som möjligt.

### 2.1 Sökord

#### 2.1.1 Sökord kopplade till båda frågeställningarna

surgical gown, surgical drape, surgical textile, medical textile, disposable, reusable, single-use, one time use, durable, life cycle assessment, compare, comparing, veterinary hospital, veterinary clinic, veterinary practice hospital, clinic, surgery.

### 2.1.2 Sökord kopplade till enbart miljöpåverkan

waste, trash, garbage, refuse, reduce, decrease, minimize, sustainability, environment, carbon footprint, environmental impact, landfill, blue water, fossile fuel, climate change.

### 2.1.3 Sökord kopplade till enbart aseptik

aseptic, microbial barrier, permeability, steril, autoclave, sanitary, surgical site infection.

## 3. Bakgrund

### 3.1 Operationstextiler

Operationstextiler har länge varit i bruk och inkluderar bland annat mask, operationsmössa, operationsrock och indukningsmaterial (Eisen 2011). Textilernas användning bidrar till en förbättrad vårdhygien för både patient och vårdpersonal (Eisen 2011). Operationsrockar skall bäras över klinikkläder av kirurg och sterila assistenter och rocken ska vara vattentålig (Grönlund Andersson et al. 2012). Operationsrocken skall kläs på sterilt (Möller & Kempe 2021 a) och består av en framsida, två armar och omlott knytning av band. Operationslakan används för att sterilt klä in operations- eller punktionsområde (Möller & Kempe 2021 a). Enligt Sveriges Veterinärförbunds (SVF) riktlinjer skall ytan för snittet vara aseptiskt förberett och operationslakanet skall vara sterilt (Grönlund Andersson et al. 2012).

### 3.2 Miljö- och klimatförändring

Klimatförändring definieras på följande sätt av Nationalencyklopedin (NE) (u.å.):

Klimatförändring, tydlig och varaktig förändring i klimatsystemet som manifesteras i egenskaper som medeltemperatur, nederbördsfördelning och havsnivåer.

Enligt NE (u.å. a) delas klimatförändringar in i antropogena och naturliga där de antropogena klimatförändringarna är orsakade av människans inverkan på jorden. Varje årtionde beräknas den globala uppvärmningen öka minst 0,2 grader Celsius (NE u.å. a). Hur stora temperaturökningarna faktiskt blir påverkas mycket av de antropogena klimatförändringarna (NE u.å. a). Hur människan väljer att agera på temperaturökningarna de kommande åren har en stor effekt på hur snabbt den globala uppvärmningen kommer att ske. Om temperaturökningen fortsätter som den gör idag, kommer den globala uppvärmningen ha överstigit 1,5 grader Celsius mellan år 2030 - 2053 enligt en rapport från Intergovernmental Panel on Climate Change (2018). Enligt rapporten kommer fler klimatrelaterade konsekvenser

drabba världen och jordens befolkning redan vid en temperaturökning på 1,5 Celsius, men öka ytterligare om temperaturökningen skulle överstiga 2 Celsius. Dessa konsekvenser innefattar bland annat en ökad spridning av infektionssjukdomar och problem med vatten- och matförsörjningen. Även naturkatastrofer i form av skogsbränder, översvämningar och intensivare värmeböljor kommer ses i takt med den stigande temperaturen (Europaparlamentet och rådets förordning 2021).

### 3.3 Bidragande faktorer till miljö- och klimatförändring

Alla former av textilier, oavsett användningsområde, kräver flera olika resurser under sin produktion (Naturvårdsverket u.å.). På Naturvårdsverkets (u.å.) hemsida beskrivs att själva produktionen av textilier har en stor påverkan på miljön och att den står för 80 % av en textils totala klimatpåverkan, detta då produktionen av textilier kräver stor vattenkonsumtion, råvaruresurser och bidrar till utsläpp i atmosfären.

#### 3.3.1 Vattenanvändning

Färskvatten är en värdefull resurs som är en viktig komponent i jordens ekosystem. Det finns två olika kategorier av färskvatten: grönt och blått vatten (Meran et al. 2021). Grönt vatten är det vatten som avdunstar från växter och dylikt till atmosfären och kan inte nyttjas utav människor, medan blått vatten är det vatten som finns tillgängligt för människor och djur i form av vattenmassor som sjöar, floder och grundvatten (Meran et al. 2021). Det finns en begränsad mängd blått vatten på jorden och forskning tyder på att den fortsatta miljöpåverkan och vattenkonsumtionen kommer att påverka jordens blåvattenresurser negativt (Aviso et al. 2011). Vid tillverkningen av olika produkter används stora mängder blått vatten (Aviso et al. 2011). I en studie av Vozzola et al. (2020) definieras en produkts vattenkonsumtion som det vatten som används för produktion och sedan inte återvänder till tidigare nämnda vattenmassor på grund av till exempel förångning. Enligt tidigare nämnda studie räknas all vattenanvändning, från utvinning av råvaror till produktion av färdigställd produkt in i en produkts totala blå vattenkonsumtion.

#### 3.3.2 Råvaruresurser

Varje produkts livscykel börjar med utvinningen av råvaror, som i textilers fall omarbetas till fiber. (Roos & Larsson 2018). En fiber som ofta används till produktion av både engångs- och flergångsoperationstextiler är polyesterfiber (Overcash 2012; Vozzola et al. 2020; McQuerry et al. 2021). Polyester är en form av syntetfiber vars råvara är olja (NE u.å. b). NE (u.å. c) beskriver de negativa



konsekvenserna av oljeproduktion, vilket bland annat innefattar miljöfarliga utsläpp och oljeutsläpp i vattendrag.

### 3.3.3 Utsläpp av växthusgas

Växthusgaser har en inverkan på klimatet och bidrar till en förhöjning av jordens medeltemperatur (Roos & Larsson, 2018). En av dessa gaser är koldioxid (Roos & Larsson, 2018). Koldioxidutsläppen är en av de största bidragande faktorerna till den globala uppvärmningen och är främst ett resultat av människans förbrukning av fossila bränslen och avskogning (NE u.å. a). Koldioxid är en gas som det bildas stora mängder av vid produktionen av textilier och den beräknas i kilogram koldioxidekvivalenter (CO<sub>2</sub>-eq) (Roos & Larsson, 2018).

## 3.4 Avfallshantering

Avfall definieras på följande sätt:

Avfall innefattar alla föremål eller ämnen som innehavaren vill göra sig av med eller är skyldig att göra sig av med (Naturvårdsverket 2020).

För att försvinna behöver avfall först genomgå flera processer som innebär en stor belastning på miljön (Naturvårdsverket 2020). För att minska belastningen ska avfall hanteras enligt avfallshierarkin (Naturvårdsverket 2020). Enligt svensk och europeisk lagstiftning måste avfallshierarkin följas av alla som behandlar avfall eller ansvarar för hur avfall ska behandlas (Prop. 2015/16:166). Avfallshierarkin består av en prioritetsordning med fyra steg som förklarar hur avfallet ska behandlas för att minska miljöpåverkan:

Utgångspunkten är att avfall i första hand ska förberedas för återanvändning, i andra hand materialåtervinnas, i tredje hand återvinnas på annat sätt och i sista hand bortscaffas. Avsteg från hierarkins prioriteringsordning kan göras om det ger ett bättre resultat för människors hälsa och miljön som helhet eller om den behandlingsmetod som ska användas enligt hierarkin får orimliga konsekvenser (Prop.2015/16:166).

### 3.4.1 Avfall från veterinärverksamhet

Avfall från veterinärverksamheter går att dela in på olika sätt, exempelvis i kategorierna farligt och icke-farligt avfall. Farligt avfall ska omhändertas på ett specifikt sätt jämfört med icke-farligt avfall som kan återvinnas (SFS 2022:614). Enligt avfallsförordningen (SFS 2020:614) går det att utläsa vilket avfall som ska klassificeras som farligt avfall och inte. Farligt avfall från veterinärmedicinska anläggningar innefattar avfall som utgör en smittofara som exempelvis stickande

och skärande objekt. (SFS 2020:614). Icke-farligt avfall är avfall utan smittofara och kan enligt avfallsförordningen (SFS 2020:614) vara förband, engångskläder och linne.

### 3.5 Livscykelanalys

En livscykelanalys (LCA) är ett analysverktyg som undersöker en produkts miljöpåverkan (Van den Berghe & Zimmer 2011). I en LCA sammanställs en produkts hela miljöpåverkan, från början av processen med extraktionen av råvarumaterial till dess att produkten blir avfall (Van den Berghe & Zimmer 2011). Koytcheva et al. (2021) föreslår att djursjukvårdspersonal bör läsa livscykelanalyser innan en produkt inhandlas för att på så sätt bidra till en mer miljövänlig veterinärmedicinsk vård.

### 3.6 Vårdhygien & VRI

Vårdhygien är en viktig del i den veterinärmedicinska vården. Alla veterinärmedicinska verksamheter ska ha en vårdhygienplan utformad för sin verksamhet och planen ska beskriva verksamhetens hygienregler (Jordbruksverket 2022). Genom att konsultera vårdhygienplanen ska personalen veta hur de bör agera i olika situationer för att upprätthålla en god vårdhygien (Jordbruksverket 2022). Jordbruksverket (2022) beskriver vårdhygien på följande sätt:

Vårdhygien är benämningen för alla typer av åtgärder som görs för att förebygga uppkomst och spridning av VRI både på veterinärkliniker och i veterinärt fältarbete. [...] Ett vårdhygieniskt arbetssätt minskar risken för att smitta sprids både mellan patienter och mellan patienter och personal.

Vikten av god vårdhygien poängteras i Stetter et al. (2021) studie angående VRI. I studien gjordes en undersökning på 1550 friska hundar som genomgick en operation där resultatet visade att 5,5 % av patienterna drabbades av en VRI. Studien nämner ökad mortalitet och ökade kostnader för kliniken som konsekvenser av en VRI. Jordbruksverket (2022) nämner även ökad antibiotikaanvändning resulterande i antibiotikaresistens som konsekvenser av VRI och bristfällig vårdhygien.

Det finns flera olika sätt som en VRI kan spridas i en operationssal. Kieser et al. (2018) beskriver att kontamination från närliggande områden till det kirurgiska snittet kan öka risken för VRI i operationssåret. Ett vedertaget sätt att minska denna risk är att avgränsa det kirurgiska området med operationslakan (Kieser et al. 2018). Ett annat spridningssätt för VRI är genom luftkontamination, som främst sker då

hudpartiklar kontaminerat luften i operationssalen (Hafiani et al. 2022). Hafiani et al. (2022) tar upp faktorer som kan bidra till detta, exempelvis antalet personer och luftutbytet i salen, hur noga patientens hud har tvättats och vilka kläder personalen bär. Operationsrockar har varit ett vedertaget klädesplagg för att minska VRI inom kirurgin sedan 1950-talet, då forskning genomfördes som bevisade att operationsrockar bidrog till en kraftig minskning av operationsrelaterade infektioner (Eisen, 2011).

### 3.6.1 Renlighetsgrad

Medicintekniska produkter är produkter som används av personal inom hälso- och sjukvården och delas in i tre renhetsgrader, detta för att säkerställa rätt mikrobiella renhetsgrad fram till att produkten ska användas (Oskarsson 2022). De tre renhetsgraderna som medicintekniska produkter ska uppnå enligt Oskarsson (2022) är följande: ren, höggradigt ren och steril.

#### *Ren produkt*

En ren medicinteknisk produkt ska vara synligt ren och får endast användas till intakt hud (Oskarsson 2022). Detta kan exempelvis vara stetoskop och bordet som djuret undersöks på.

#### *Höggradigt ren produkt*

Vid kontakt med slemhinnor eller skadad hud ska höggradigt rena medicintekniska produkter användas, förutsatt att de inte penetrerar hud eller slemhinna (Oskarsson 2022). Hur höggradigt ren en produkt ska vara varierar beroende på användningsområde, där produkter som exempelvis gastroskop och bronkoskop tillhör de med strängare krav (Oskarsson 2022). För dessa produkter innebär att risken för en levande mikroorganism är mindre än en på tusen ( $10^{-3}$ ), medan enstaka mikroorganismer kan godkännas i andra sammanhang och ändå klassas som höggradigt ren (Oskarsson 2022).

#### *Steril produkt*

Medicintekniska produkter som avser att användas vid operationer ska vara av steril renhetsgrad (Oskarsson 2022). Sterilitet definieras på följande sätt:

Sterilitet innebär att instrument och produkter ska vara fria från levande mikroorganismer. Med det menas att sannolikheten att en livskraftig mikroorganism finns på eller i produkten är lika med eller mindre än en på en miljon ( $10^{-6}$ ) (Oskarsson 2022).

Produkter som ska bli sterila, exempelvis operationsrockar och operationslakan, ska alltid genomgå en noggrann rengöring och desinfektion innan autoklaveringsprocessen för att minska risken för mikroorganismer (Oskarsson 2022). När produkten uppnått steril renhetsgrad ska den tydligt märkas upp eller förvaras på avsedd plats (Oskarsson 2022). Produkten ska förvaras i en förpackning

som ska säkerhetsställa att produkten hålls steril fram tills användning och ska inte öppnas innan dess (Oskarsson 2023).

### 3.6.2 Aseptisk hantering

Aseptisk hantering av sterila produkter krävs för att kunna säkerställa renhetsgraden på produkten fram till användningstillfället. Aseptisk hantering innefattar att förvara de sterila produkterna på avsedda platser samt hantera produkterna på sådant sätt att graden av sterilitet ej förändras (Möller & Kempe 2021 b). Aseptisk hantering av sterila produkter bidrar därmed till en god vårdhygien och minskar risken för VRI.

## 3.7 Permeabilitet

Risken för bakteriell kontamination är mycket viktig att ha i åtanke vid val av operationsrockar, både för patientens och kirurgens säkerhet (Sen Kilic et al. 2014). Om engångs- och flergångstextiler blir blöta, riskerar de att bli mer genomsläpplig för mikroorganismer och därmed ökar risken för kontamination (Sen Kilic et al. 2014). Kriterier för material till operationsrockar och operationslakan är utformade av den europeiska standardiseringskommittén och ämnar bidra till god vårdhygien. Enligt standard EN 13795 benämns de delar av operationsrocken närmast operationssåret som kritiska områden, då de riskerar att bli blöta (Sen Kilic et al. 2014). Valet av material till flergångsoperationsrockar och operationslakan bör därmed baseras på permeabiliteten (Sen Kilic et al. 2014). Detta stödjer Aslan et al. (2013) i sin studie där det beskrivs att dessa kritiska områden bör förstärkas ytterligare för att kunna upprätthålla en tät barriär mot mikroorganismer. Långvariga operationer medför ofta mer kontakt med blod och kroppsvätskor, vilket således ökar risken att operationstextilerna blir genomsläppligt för infektiösa agens (Sen Kilic et al. 2014). Vid dessa operationer bör textilen motstå minst 100 cm H<sub>2</sub>O vid de kritiska zonerna enligt EN 13795 (Sen Kilic et al. 2014). För enklare operationer med mindre blod och kroppsvätskor gäller samma EN standard, men då bör materialet motstå 20 cm H<sub>2</sub>O i de kritiska zonerna och 10 cm H<sub>2</sub>O på resterande delar av operationsrocken (Sen Kilic et al. 2014).

## 4. Resultat

### 4.1 Miljöpåverkan

#### 4.1.1 Produktion av operationstextiler

I tabell 1 finns samlade resultat från fyra olika studier som undersökt engångsoperationsrockar eller både engångs- och flergångsoperationsrockar. I tabellen går det att utläsa att produktionen av flergångsoperationsrockar genererar både mer koldioxidutsläpp och kräver fler kg blått vatten jämfört med produktionen av engångsoperationsrockar (Quintana-Gallardo et al. 2023; Van den Berghe & Zimmer 2011; Vozzola et al. 2020; Environmental Clarity 2011 se Overcash 2012).

Tabell 1. Jämförelse av olika studiers resultat gällande koldioxidutsläpp och vattenanvändning i samband med produktion av engångs- och flergångsoperationsrockar

	Quintana-Gallardo et al. 2023	Van den Berghe & Zimmer 2011	Vozzola et al. 2020		Environmental Clarity 2011 se Overcash 2012		
	Engångsrockar	Flergångs-rock	Engångs-rock	Flergångs-rock	Engångs-rock	Flergångs-rock	
<b>Rockens vikt</b>		386 g	136 g	474 g	224 g	490 g	243 g
<b>kg CO<sub>2</sub>-eq</b>	0,2 – 0,57	3,4	0,34	8,5	1,5		
<b>Vattenanvändning</b>				4,1 kg	1 kg	9 kg	0,8 kg

Sammanställning av resultat från Quintana-Gallardo et al. (2023), Van den Berghe & Zimmer (2011) Vozzola et al. (2020) & Environmental Clarity (2011, se Overcash 2012). I studien av Quintana-Gallardo et al. (2023) undersöktes tre olika rockar där tabellen visar spannet av dessa.

I en livscykelanalys (LCA) gjord av Quintana-Gallardo et al. (2023) undersöktes livscykeln av tre olika engångsoperationsrockar. Det som skilde rockarna åt var deras vikt och förstärkningsmaterial (Quintana-Gallardo et al. 2023). Aspekter som undersöktes vid tillverkning av produkterna var bland annat utsläppet av växthusgaser, där författarna mätte kg CO<sub>2</sub>-eq för en stycken engångsoperationsrock. I tabell 1 finns en sammanställning över resultatet från

studien. Quintana-Gallardo et al. (2023) fann, genom att jämföra de olika rockarnas LCA, att de engångsoperationsrockar som producerades av polypropen, en form av termoplast, hade en mindre miljöpåverkan än de engångsoperationsrockar som producerades av polyester.

Vozzola et al. (2020) jämförde en LCA av en engångsoperationsrock mot en LCA av en flergångsoperationsrock. Studien ställde 1 000 engångsoperationsrockar mot 16,7 flergångsoperationsrockar, baserat på att varje flergångsoperationsrock genomgick 60 tvättcykler (Vozzola et al. 2020). Antalet tvättcykler medförde att 16,7 flergångsoperationsrockar motsvarade 1 000 engångsoperationsrockar (Vozzola et al. 2020). Produktionen av 1 000 engångsoperationsrockar ledde till ett koldioxidutsläpp på 1 636 kg CO<sub>2</sub>-eq, medan produktionen av 16,7 flergångsoperationsrockar gav ett utsläpp på 557 kg CO<sub>2</sub>-eq (Vozzola et al. 2020). Vattenanvändningen under hela livscykeln, inkluderat 60 tvättcykler, krävde 185 kg vatten för de 16,7 flergångsoperationsrockarna medan de 1 000 engångsoperationsrockarna krävde 1 097 kg vatten (Vozzola et al. 2020). Resultatet från studien visar att engångsoperationsrockarna ger ett ökat utsläpp på 1 079 kg CO<sub>2</sub>-eq och ökad vattenanvändning på 912 kg vatten jämfört med flergångsoperationsrockarna.

#### 4.1.2 Rengöring

En textil gjord av engångsmaterial förbrukar inget vatten för rengöring då den ska kasseras efter användning. Flera studier rekommenderar att en flergångsoperationsrock tvättas högst 50–70 gånger innan den kasseras (Leonas 1998; Khomarloo et al. 2019; Rogina-Car et al. 2017; Vozzola et al. 2020). Hur mycket vatten som krävs för att rengöra en flergångstextil är beroende på vilken tvättmaskin som används alternativt vilket företag som anlitas för rengöring och vilket material textilen är gjord av (Overcash 2012; Vozzola et al. 2020). Enligt en rapport från Chalmers industriteknik beräknades en tvättcykel konsumera ungefär 11,8 liter vatten per kilo tvätt (Eriksson & Bergh 2003). Liknande siffror rapporteras i studien av Vozzola et al. (2020) där studien uppskattar 11 liter vatten per kilo tvätt. I denna studie användes en tvättmaskin kopplad till ett vattenåtervinningssystem, under tvätten förbrukades 0,12 kg vatten per kg tvättad textil och resterande vatten kunde återanvändas. Med detta system såg studien att det krävdes ca 3,4 liter vatten för att rengöra en flergångsrock 60 gånger och att 60 tvättcykler ledde till ett utsläpp på ca 16,6 kg CO<sub>2</sub>-eq (Vozzola et al. 2020). I en rapport av Eriksson och Bergh (2003) belystes att energiåtgången för en tvättcykel hade större miljöpåverkan än mängden förbrukat vatten för varje tvättcykel. Detta stöds av Van den Berghe och Zimmer (2011) som menar att tvättcyklerna av flergångsoperationsrockar står för 62 % av rockarnas totala koldioxidutsläpp.

I en studie av Environmental Clarity (2011 se Overcash 2012) ställdes 1 000 engångsoperationsrockar mot 13,3 flergångsoperationsrockar. Antalet flergångsoperationsrockar baserades på hur många som krävdes för att ersätta 1 000 engångsoperationsrockar förutsatt att flergångsoperationsrockarna tvättades 75 gånger (Environmental Clarity 2011 se Overcash 2012). Resultatet visade att under dess livscykel från krävde 1 000 engångsoperationsrockar totalt 800 kg blått vatten, medan 13,3 flergångsoperationsrockar krävde totalt 385 kg blått vatten.

### 4.1.3 Sterilisering

Innan både engångs- och flergångsoperationstextiler kan användas måste textilerna genomgå en steriliseringsprocess. Steriliseringsprocessen skiljer sig mellan engångs- och flergångsoperationsrockar, dock kräver båda processerna resurser i form av blått vatten (Vozzola et al. 2020). Resultaten i studien av Vozzola et al. (2020) presenterar att steriliseringsprocessen för en flergångsoperationsrock kräver en förbrukning på 1,2 gram vatten medan en engångsoperationsrock kräver en förbrukning på 2,4 gram vatten.

### 4.1.4 Avfallsmängd

Mängden avfall som bildas i samband med varje operation har sedan många år betraktats som ett bidragande problem till miljöförstörelsen. Redan år 1992 visade en studie på att en operationsavdelning inom humanvården kunde minska mängden avfall i vikt med 73 % och i volym med 93 % genom att övergå till återanvändningsbara operationstextiler och använda korrekt återvinning (Tieszen & Gruenberg 1992). Än idag står operationer för en stor del av sjukhusens totala avfall. I en studie av Lattanzio et al. (2022) belyser författarna att mellan 30-70 % av det totala avfallet från humansjukhus härrör från operationer. Enligt en studie av Kagoma et al. (2012) står operationslakan och operationsrockar för 2 % av sjukhusens totala avfall. I samma studie presenterades att 80 % av amerikanska sjukhus använde engångsoperationsrockar i stället för återanvändningsbara operationsrockar.

Flera studier beskriver just övergången till återanvändningsbara operationstextiler som ett effektivt sätt för sjukhus att minska mängden avfall. I en av dessa studier, gjord av Conrardy et al. (2010), undersöktes ett sjukhus som genomförde i genomsnitt 10 000 operationer varje år. Resultatet av studien visade att sjukhuset kunde spara mellan 20 000– 22 000 kilo per år genom att övergå till återanvändningsbara operationstextiler. Liknande resultat kan ses i en studie av Vozzola et al. (2020) som undersökte produktionen av 1 000

engångsoperationsrockar jämfört med 16,7 flergångsoperationsrockar. Resultatet i studien visade att 1 000 engångsoperationsrockar bildade 265 kg avfall, medan flergångsoperationsrockarna bildade 39,5 kg avfall. Skillnaden i kilo avfall vid jämförelse av engångs- och flergångsoperationsrockarna blev 235,5 kg (Vozzola et al. 2020).

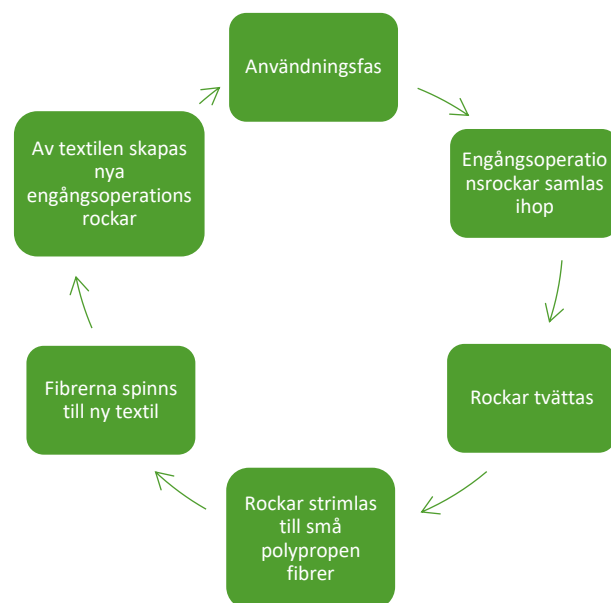
#### 4.1.5 Förbränning av avfall

Vacharathit et al. (2022) beskriver att humanvården i USA stod för mellan 8–10 % av det totala växthusgasutsläppet under ett år. Enligt en studie av Van den Berghe & Zimmer (2011) kommer 46 % av engångsoperationsrockars totala koldioxidutsläpp från förbränningen av rockarna. Studien av Van den Berghe & Zimmer (2011) undersökte mängden koldioxidutsläpp som kan härledas till avfall när 50 engångsoperationsrockar kasserades jämfört med en stycken flergångsoperationsrock som genomgick 50 tvättyckler. Resultatet i studien var 17,3 kg CO<sub>2</sub>-eq för 50 engångsoperationsrockar och 0,79 kg CO<sub>2</sub>-eq för en flergångsoperationsrock.

#### 4.1.6 Återvinning

Återvinning bedöms vara en effektiv metod för att minska avfall från operationsavdelningar. I en studie av Vacharathit et al. (2022) beskrivs ett program som implementerades under fem års tid på ett humansjukhus i USA, där målet var att minska operationsavdelningens miljöpåverkan. Resultatet i studien visade att sjukhuset minskade plastavfall med ungefär ett halvt ton under fem års tid. Detta resultat kunde uppnås genom medveten sopsortering och återvinning.

Många operationstextilier består bland annat av plast och det pågår mycket forskning inom området hur plast kan återvinnas på bästa sätt. I en studie av Abhilash och Inamdar (2022) tas mikroorganismers nedbrytande förmåga upp som en miljövänlig metod för effektiv plastnedbrytning. I studien beskrivs den mikrobiella nedbrytningen av kontaminerat operationsmaterial som en lovande metod, med tanke på dess minimala inverkan på miljön jämfört med förbränning och deponering. Quintana-Gallardo et al. (2023) föreslår ett annat alternativ för återvinning av engångstextiler av polypropen. Tillvägagångsättet kan ses i figur 1. Baserat på studiens uträkningar kan denna form av återvinning av



Figur 1. Förslag på återvinning av engångsoperationsrockar av Quintana-Gallardo et al. (2023).



engångsoperationsrockar reducera koldioxidutsläppet vid avfallshanteringen med 75 % . Ett exempel på hur återvinning kan appliceras i Sverige kan hittas i en studie av Eriksson och Bergh (2003) där det beskrivs möjligheten att återvinna de laminerade skikten som kan finnas i somliga återanvändningsbara operationsrockar. Även en pilotstudie av företaget Trioworld, tillverkare av platsfilm, undersöker hur återvinning av engångsskydd i Sverige kan fungera (Trioworld 2021). Dessa engångsskydd gäller främst engångsförkläden gjorda utav plats (Trioworld 2021). Projektet pågår ännu och innebär att sjukvårdspersonalen på Danderyds sjukhus i Stockholm sorterar sina engångsskydd i färgkodade avfallssystem. Avfallet återvinns när eventuell smitta eliminerats för att sedan sorteras, renas och formas till en ny produkt (Trioworld 2021). Fram till dess att eventuell smitta eliminerats behandlas avfallet som farligt avfall (Trioworld 2021). Enligt företagets ansvariga för projektet, Lennart Hagelqvist, kan systemet minska utsläppen vid avfallshantering för dessa produkter med 85 % (Trioworld 2021).

## 4.2 Aseptik

### 4.2.1 Operationsrockars vattenpermeabilitet

I en studie av McQuerry et al. (2021) undersöks vattenpermeabiliteten hos en typ av engångsoperationsrock producerad av ett ospecificerat material. För att undersöka engångsoperationsrockens permeabilitet utsattes den för permeabilitetstest både med och utan tryck. Resultatet bedömdes efter standarder framtagna av två amerikanska institutioner: the Association of the Advancement Instrumentation och the American Society for Testing and Materials. Testresultatet för permeabilitetstestet utfört utan tryck visade på att engångsrocken kunde motstå över 50 cm H<sub>2</sub>O och att rocken klarade av ett tryck på över 25 mBar, vilket var godkänt av båda institutioner. Det finns likheter i McQuerry et al. (2021) resultat och en tidigare studie gjord av Leonas och Jinkins (1997). I Leonas och Jinkins (1997) studie testades åtta olika rockars vattenpermeabilitet. Fem av rockarna var av engångsmaterial och bestod av polypropen eller en kombination av polyester och trämassa. Flergångsoperationsrockarna bestod av antingen 100 % polyester eller en blandning av polyester och bomull. Alla rockar testades sex gånger och antalet gånger som vatten perforerade rockarna dokumenterades, resultat redovisas i tabell 2.

Tabell 2.2 Andel klarade permeabilitetstest engångs- och flergångsoperationsrockar och rockarnas material

Rock	Material	Andel klarade tester
Engångsoperationsrock 1	polypropen	83 %
Engångsoperationsrock 2	polypropen	66 %
Engångsoperationsrock 3	polyester + trämassa	100 %
Engångsoperationsrock 4	polyester + trämassa	100 %
Engångsoperationsrock 5	polyester + trämassa	50 %
Flergångsoperationsrock 1	100 % polyester	50 %
Flergångsoperationsrock 2	100 % polyester	50 %
Flergångsoperationsrock 3	50 % polyester, 50 % bomull	50 %

Resultat från studie av Leonas och Jinkins (1997) som visar olika engångs- och flergångsoperationsrockars material och permeabilitet. Permeabilitetstesten utfördes sex gånger för varje rock. "Andelen klarade tester" visar på hur många tester rocken inte perforerades av vatten.

Liknande studier har gjorts av Sen Kilic et al. (2014) som undersökte återanvändbara operationsrockar som köptes in från fem olika återförsäljare. Även i denna studie var syftet att undersöka permeabiliteten hos de olika operationsrockarna, vilket bedömdes med hjälp av EN - standard 13795. Enligt standarden bör operationstextiler motstå minst 100 cm H<sub>2</sub>O vid operationer som medför mer blod och kroppsvätskor (Sen Kilic et al. 2014). Vid enklare ingrepp räcker det att materialet motstår 20 cm H<sub>2</sub>O i de kritiska zonerna och 10 cm H<sub>2</sub>O på resterande delar (Sen Kilic et al. 2014). I studien av Sen Kilic et al. (2014) bestod operationsrockarna av varierade material som 100 % bomull, 100 % polyester, 100 % bomull och Impertex eller en kombination av 65 % polyester, 35 % bomull och Impertex. Samtliga operationsrockar som undersöktes i studien motstod minst 36 cm H<sub>2</sub>O, vilket lever upp till EN 13795 (Sen Kilic et al. 2014). Graden av permeabilitet varierade mellan materialen och enligt studien var bomullsmaterial som förstärkts med Impertex mest motståndskraftiga. Operationstextiler gjorda av 100 % bomull bildar dock mer damm och bör därför undvikas i en operationssal enligt Rogina-Car et al. (2017). För de kritiska zonerna rekommenderar studien av Sen Kilic et al. (2014) polyester som förstärkts med ex kolfiber, då förstärkt polyester motstår minst 86 cm H<sub>2</sub>O och väger mindre.

#### 4.2.2 Operationsrockar som barriär mot mikroorganismer

I en experimentell studie av Rogina-Car et al. (2017) undersöktes flergångsoperationsrockars effektivitet som barriär mot mikroorganismer. Enligt studien är svamp mer benäget att växa på cellulosa-fiber, exempelvis bomull, medan bakterier är mer benägna att växa på proteinfiber, exempelvis ull och silke. Syntetfibrer, exempelvis polyester, tillhör enligt studien de material som är mer

resistent mot mikroorganismer, detta på grund av deras vattenavstötande förmåga. Textila material kan därmed vara ett bra habitat för mikroorganismer och studien belyser vikten av att tvätt och steriliseringsprocessen av flergångsoperationsrockar sker på rätt sätt.

#### 4.2.3 Genomsläpplighet hos operationsrockar efter tvätt

I studien av Rogina-Car et al. (2017) användes sporer från bakterierna *Geobacillus stearothermophilus* och *Bacillus atrophaeus* för att undersöka textiliers permeabilitet för mikroorganismer. I studien undersöktes även olika material på tråden som sömmarna bestod av, där somliga material medförde högre permeabilitet av mikroorganismer än andra. Även sättet som sömmarna ströks med strykjärn kunde enligt samma studie ha en inverkan på permeabiliteten. Experimentet testade totalt 90 flergångsoperationsrockar av tre olika material, 50 % polyester + 50 % bomull, 100% tencel och tre lager textil av polyester och polyuretan. Operationsrockarna autoklaverades i 134 grader Celsius i fem minuter och öppnades därefter i en ren miljö. Sedan gnuggades bakterier in lika många gånger på båda sidorna av materialet, samt över specifika sömmar. Därefter autoklaverades operationsrockarna på samma sätt igen. Slutligen togs bakterieodlingar från operationsrockarna till CT3P-agartryckplattor som placerades i 35 grader Celsius under 72 timmar. Genom hela experimentet hanterades allt material aseptiskt för att minska risk för kontamination av andra bakterier. Gemensamt för alla undersökta material i experimentet var att densiteten i textilerna ökade i samband med tvätt och autoklivering, vilket resulterade i en minskad permeabilitet för mikroorganismer. Resultatet i studien av Rogina-Car et al. (2017) visade att operationsrocken av tre lager upprätthöll en tillräckligt god barriär mot mikroorganismer även efter att den tvättats och autoklaverats 50 gånger. Operationsrocken av tre lager visade heller inga tecken på permeabilitet av mikroorganismer vid sömmarna, oavsett vilket material sömmarna bestod av (Rogina-car et al. 2017). Enligt studien hade materialet på sömmarna en inverkan på permeabiliteten hos de andra rockarna, där somliga material medförde en sämre barriär mot mikroorganismer.

Experimentella studier utförda av Leonas (1998) visar däremot att de flergångsoperationsrockar som undersöktes i deras studier i stället minskade i densitet och ökade i permeabilitet efter 50 tvättar. I studien av Leonas (1998) bestod fyra av fem flergångsoperationsrockar av 100 % polyester, medan den sista bestod av 50 % polyester och 50 % bomull. Detta stöds av en studie av Khomarloo et al. (2019) där liknande resultat sågs efter 70 tvättar. I studien testades två olika flergångsoperationsrockar, där en bestod av 86 % viskos och 14 % polyester och den andra bestod av 99% polyester och 1 % kolfiber. Textilernas densitet utvärderades efter var tionde tvätt och steriliseringscykel med hjälp av

mikroskopiska bilder (Khomarloo et al. 2019). För att utvärdera textilernas permeabilitet användes standardtester i båda studierna.

#### 4.2.4 Genomsläpplighet hos operationsrockar i blött tillstånd

Operationsrockars genomsläpplighet av mikroorganismer i blött tillstånd undersöktes av Aslan et al. (2013), i studien jämförs två engångsoperationsrockar och två återanvändbara rockar. Den ena engångsoperationsrocken bestod av polypropen och den andra av en bomull- och polyesterblandning. Flergångsoperationsrockarna bestod av polyester och bomull vilket bedömdes vara den vanligaste textilkombinationen för flergångsoperationsrockar inom vården. I studien applicerades bakterien *Escherichia coli* spätt med vatten på olika delar av rockarna för att sedan ta prover från de aktuella områdena. I studien framgick inte hur lång tid som gick från appliceringen av det spädda vattnet till dess att prover togs. Båda engångsoperationsrockarna som undersöktes i studien visade ingen genomsläpplighet av mikroorganismer medan endast en av de två flergångsoperationsrockarna som testades uppvisade en tillräckligt god barriär (Aslan et al. 2013).

Operationsrockars förmåga att upprätthålla en barriär mot mikroorganismer i blött tillstånd undersöktes även i Leonas och Jinkins (1997) studie. I denna studie användes utöver *Escherichia coli* även bakterien *Staphylococcus aureus* för att undersöka operationsrockars permeabilitet. Tillväxten av bakterierna undersöktes med två olika tidsintervaller. Resultatet från studien kan ses i tabell 3. Det kunde endast ses tillväxt av bakterier på en av engångsoperationsrockarna, medan nästan alla tre återanvändningsbara visade en tillväxt vid någon tidpunkt.

Tabell 3. Tillväxt av *S. aureus* & *E. coli* på operationsrockar

Rock	<i>S. aureus</i>		<i>E. coli</i>	
	30 min	60 min	30 min	60 min
Engång 1	-	-	-	-
Engång 2	-	-	-	-
Engång 3	-	-	-	-
Engång 4	-	-	-	-
Engång 5	-	+	+	+
Flergångs 1	+	ingen data	-	ingen data
Flergångs 2	-	+	+	+
Flergångs 3	+	+	+	+

Resultat från studie av Leonas och Jinkins (1997). - representerar ingen tillväxt, medan + representerar tillväxt. Tidsintervallerna då mätning utfördes skedde 30 och 60 minuter efter applicering. Engångsoperationsrockarna var gjorda av polypropen eller en kombination av

trämassa och polyester. Flergångsoperationsrockarna var gjorda av polyester eller en blandning av bomull och polyester.

#### 4.2.5 Operationslakan som barriär mot mikroorganismer

En studie gjord av Bellchambers et al. (1999) jämförde engångsoperationslakan med flergångsoperationslakan. Studien gjordes inom humanvård och undersöktes antalet patienter som drabbades av VRI efter att ha genomgått en kranskärloperation. Studien undersökte 505 patienter tre månader efter att de genomgått operationen. Operationen krävde två snitt, ett i patientens bröstorg och ett i benet. Avseende hur många patienter som drabbades av VRI visade resultatet att det fanns liten till ingen skillnad mellan de patienter där det användes återanvändningsbara operationslakan jämfört med engångs operationslakan (Bellchambers et al. 1999). Resultat från studien kan ses i tabell 4.

Tabell 44. Andelen patienter som drabbades av VRI med engångs- vs återanvändningsbara operationslakan

Sårlokalisering	Engångsoperationslakan	Flergångsoperationslakan
OP-snitt i ben	11,5 %	14,4 %
OP-snitt i bröstorg	5,2 %	5,1 %

Resultat från studie av Bellchambers et al. (1999).

En studie som dock motsäger resultatet att återanvändbart operationslakan är likvärdigt med engångsmaterial är en studie av Showalter et al. (2014). I denna studie undersöktes antalet VRI i operationssår efter bröstrekonstruktion hos cancerpatienter på humansidan. Av 107 patienter användes engångs operationslakan till 59 patienter, medan resterande 43 patienter dukades in med flergångsoperationslakan. Efter 30 dagar sågs ingen postoperativ infektion bland de 59 patienter där engångsoperationslakan användes. Däremot sågs en infektion i operationssåret hos 12 % av de patienter där flergångsoperationslakan användes. Showalter et al. (2014) rekommenderade baserat på detta resultat att enbart använda engångsmaterial för indukning av patienten i syfte att motverka VRI hos patienter.

## 5. Diskussion

### 5.1 Metoddiskussion

studier och rapporter från humanvården använts. Dessa källor kan betraktas som relevanta då humanvårdens operationsrutiner ligger till grund för den veterinärmedicinska vårdens rutiner, vilket innebär att det finns många likheter. Dock innebär det inte att forskningen kring operationstextiler är omfattande inom humanvården. Detta belyser flera studier som tar upp att det finns begränsat med forskning inom ämnet, vilket blev tydligt då några få studier var upprepat återkommande i referenserna till de publikationer som fanns. Det fanns även förvånansvärt få studier och information kring specifikt engångsoperationstextiler, både gällande engångsoperationsrockar och engångsoperationslakan, trots att dessa textiler används flitigt på operationsavdelningar. En förklaring till bristen på forskning kan vara att frågan om klimatet och kunskapen om människans inverkan på miljön tilltagit. Även tekniken har utvecklats mycket den senaste tiden, vilket möjliggjort miljövänligare alternativ. Angående studier berörande aseptiken kan det tänkas att operationstextiler är så pass vedertagna inom vården att nutida studier inte prioriteras inom ämnet. Dock kan det argumenteras att eftersom sjukvården skall jobba evidensbaserat bör det göras studier som skapar belägg och bevisar operationstextilers effektivitet.

För att hitta så aktuell information som möjligt är kandidatarbetet baserat på så nyligen publicerade studier som möjligt. Bristen på forskning inom ämnet har dock medfört att enstaka äldre studier använts för att hitta tillräcklig information. Den äldre forskningen har legat till grund för nyare publikationer och använts i dess referenslistor, vilket kan ge missvisande tolkningar av information presenterat i de nyare studierna. De äldre studiernas resultat bör tolkas med försiktighet då informationen kan vara utdaterad och möjligtvis inte vara relevant med dagens tillgängliga material. Detta innebär att jämförelser mellan studier och möjligheten att dra slutsatser försvårats.

Detta kandidatarbete innehåller många olika studier och publikationer som utförts i olika länder. Det bör därför tas i beaktning att vad som betraktas som aseptiska tillvägagångssätt, vårdrutiner, och lagstiftning kan skilja sig mellan länder. Därför finns det risk för olika syn på aseptik och vårdhygien beroende på vilka länder studierna genomförts i. I förhoppning att undvika för stora skillnader i synen på vårdhygien valdes studier som använde sig av godkända standardtester. Vissa studier använde även samma EN standard 13795, som framtagits av den europeiska standardiseringskommittén. Dock försvårade bristen på tillgängliga publikationer möjligheten att använda studier som var helt applicerbara på svenska vårdrutiner. Det är därför inte möjligt att dra slutsatsen att alla resultat i studierna är applicerbara i Sverige och under svensk lag.

Det bör tas i beaktning att detta kandidatarbete skrevs under en viss tidsbegränsning och därför endast berör ämnet ytligt. Exempelvis berör arbetet inte humana hälsorisker från produktion, etiska aspekter, komfort och transport. Transport är en miljöaspekt som hade varit relevant att ta med i detta kandidatarbete för att få ett helhetsintryck av operationstextilernas totala miljöpåverkan. Det bedömdes dock som en för stor aspekt att ta med i detta kandidatarbete under den tidsbegränsningen som fanns. Hur stor miljöpåverkan transporten har beror även på var operationstextilerna produceras, samt var den beställande kliniken eller djursjukhuset är lokaliserad. Hade transport inkluderats i kandidatarbetet finns möjligheten att slutsatserna som dragits sett annorlunda ut.

I arbetet nämns ett pilotprojekt av Trioworld (2021) för att beskriva hur processen för återvinning av engångsprodukter kan gå till i Sverige. Informationen kommer från företagets hemsida där projektet beskrivs. På grund av detta bör informationen från Trioworld läsas med viss skepticism och nämns därför bara kort i kandidatarbetet. Det framkommer inte hur processen går till för att eliminera smitta och säkerhetsställa att produkterna inte är smittbärande vilket är högst relevant för att säkerhetsställa att avfallsförordningen följs. Dessutom rör projektet återvinning av plastförkläden, vilket är en annan produkt än vad som undersökts i kandidatarbetet. Pilotprojektet av Trioworld är dock ett av de få exempel på hur återvinning av engångsprodukter kan se ut i Sverige och ansågs därför relevant att nämna. Om möjligheten finns att utveckla ett liknande återvinningssystem specifikt för operationskläder hade det troligtvis inneburit en mindre miljöpåverkan vid kasseringen av engångsoperationstextiler. Detta är förutsatt att återvinningssystemet inte ger ett större utsläpp av CO<sub>2</sub> än produktionen av en ny engångsoperationstextil. Om återvinningen av engångsoperationstextiler gör dessa textiler likvärdiga med flergångsoperationstextiler ur en miljöaspekt går inte att avgöra i dagsläget och vidare forskning inom ämnet behövs innan en slutsats kan dras.

Bristen på forskning gällande operationstextiler är stor inom den veterinärmedicinska vården, där få studier och rapporter fanns att tillgå. Det vore önskvärt med fler framtida studier inom ämnet, vilket även uppmanas av flera av studierna som blivit sammanställda i detta kandidatarbete. Förslag på studier som kan göras inom ämnet är en jämförelse av fler antal engångstextiler i olika tjocklekar där de olika textilernas permeabilitet och mikrobiella barriär undersöks. En liknande studie hade även varit relevant att göra för flergångsoperationstextiler. Då majoriteten av studierna som fanns att hitta när detta kandidatarbete skrevs rörde operationsrockar skulle det behöva göras betydligt fler studier kring operationslakan. Detta arbete innehåller endast två studier rörande denna sorts operationstextil. Eftersom operationsrockar och operationslakan har olika uppgifter går det inte att anta att resultaten från studierna gjorda kring operationsrockar är applicerbara på operationslakan. Det hade även varit intressant om fler studier gjorts specifikt ur ett veterinärmedicinskt perspektiv. Trots att miljöerna i operationssalen är i princip likvärdiga mellan human- och veterinärmedicinska vården utförs det olika former av operationer. Slutligen, för att kunna jämföra engångs- och flergångsoperationstextiler, vore det önskvärt med fler studier som undersöker antalet patienter drabbade av post-operativa VRI beroende på om en engångs- eller flergångsoperationstextil använts vid operation.

## 5.2 Resultatdiskussion

Vid jämförelse av produktionen av engångs- och flergångsoperationstextiler går det att konstatera att det krävs mer resurser för att producera textiler för flergångsbruk. Förklaringen till detta kan troligen återfinnas i textilernas vikt, då större vikt innebär att mer material används. I tabell 1 går det att se sambandet mellan vikt, koldioxidutsläpp och vattenanvändning vid produktion, där mängden utsläpp och vattenanvändning är större hos de tyngre rockarna. Ur tabellen går det även att utläsa att flergångsoperationsrockar har en större vikt än engångsoperationsrockar, exempelvis i LCA studien gjord av Vozzola et al. (2020) var vikten av en flergångsrock gjord på polyetentereftalat (PET) 474 gram. Vikten var nästan dubbelt så mycket som den engångsrock den jämfördes med, som var av blandningen PET och polypropen och vägde 224 gram (Vozzola et al. 2020). Baserat på detta går det troligen att göra bedömningen att produktionen av flergångstextiler bidrar till en större miljöpåverkan än engångstextiler. Dock bör det hållas i åtanke att det kan bli missvisande att jämföra en stycken engångsoperationsrock mot en stycken flergångsoperationsrock då flergångsoperationsrocken är avsedd att användas upp till 75 gånger. Ett annat exempel då detta blir missvisande är vid jämförelse av koldioxidutsläpp från engångs- och flergångsoperationsrockar. I studien av Van den Berghe och Zimmer



(2011) gav produktionen av en stycken engångsoperationsrock ett utsläpp på 0,34 kg CO<sub>2</sub>-eq, medan produktionen av en stycken flergångsoperationsrock gav ett utsläpp på 3,4 kg CO<sub>2</sub>-eq. När studien sedan ställde produktionen av 50 engångsoperationsrockar mot produktionen av en stycken flergångsoperationsrock hade engångsoperationsrockarna ett utsläpp på 17,2 kg CO<sub>2</sub>-eq, medan flergångsoperationsrocken hade samma mängd utsläpp på 3,4 kg CO<sub>2</sub>-eq. Flera studier visade liknande resultat och menade därför att flergångsoperationsrockar var mer miljövänliga i förlängningen jämfört med engångsoperationsrockar, trots att produktionen av en stycken flergångsoperationsrock hade en större miljöpåverkan (Overcash 2012; Vozzola et al. 2020). Dock, enligt en hypotes från studien av Vozzola et al. (2020), kan engångsoperationsrockar vara ett lika miljövänligt alternativ under lång sikt om rockens vikt minskas till 70 gram, vilket innebär en viktminskning på 154 gram jämfört med då studien utfördes. Detta förutsätter att rocken fortfarande ska kunna upprätthålla en tillräckligt god mikrobiell barriär trots mindre material. Eftersom en engångsoperationsrock inte är avsedd att genomgå någon tvättcykel ställs inte lika höga krav på materialets densitet. Med tanke på att dagens engångsoperationsrockar har en medelvikt på 200 gram går det att ifrågasätta om en stycken engångsoperationsrock på 70 gram skulle kunna upprätthålla en tillräckligt god aseptisk barriär, förutsatt att rocken är tillverkad av de material som finns tillgängliga idag. Det går att spekuleras om det i framtiden kan finnas material som möjliggör produktionen av engångsoperationsrockar på 70 gram utan rockens aseptiska förmåga försämrats. Dock kan utvinningen av detta hypotetiska material eventuellt bidra till en oförutsedd miljöpåverkan som Vozzola et al. (2020) inte medtog i sina beräkningar.

Vid inköp av flergångsoperationstextiler är valet av material viktigt. Studien av Rogina-Car et al. (2017) menar att textiler gjorda av syntetfibrer är mindre benägna att gynna tillväxten av mikroorganismer. Resultatet från studierna av Rogina-Car et al. (2017) och Sen Kilic et al. (2014) tydde på att flergångsoperationsrockar bestående av tre lager kunde upprätthålla en tillräckligt god mikrobiell barriär. I studien av Sen Kilic et al. (2014) godkändes alla de flergångsoperationsrockar som undersöktes enligt EN 13795 och kunde därmed ses som att de upprätthöll tillräckligt god vårdhygien. Däremot när engångs- och flergångsoperationsrockar gjorda av syntetfibrer ställdes mot varandra i studien av Leonas och Jenkins (1997) hade flergångsoperationsrockar av syntetfibrer en högre benägenhet för mikrobiell tillväxt. Engångsoperationsrockarna presterade bättre i permeabilitetstester för både vatten och mikroorganismer, se tabell 2 och 3 för fullständigt resultat från studien. Även studien av Aslan et al. (2013) stödjer detta där endast en av flergångsoperationsrockarna upprätthöll en tillräckligt god mikrobiell barriär. Dock vore det önskvärt med en jämförelse av fler rockar i studien av Aslan et al. (2013), då endast två flergångsoperationsrockar undersöktes. Studien av Sen Kilic et al.

genomfördes år 2014 och studien av Rogina-Car et al. genomfördes år 2017 och är därmed mer aktuella i tiden än studien av Leonas och Jenkins som genomfördes år 1997. Det kan antas att modernare och mer utvecklade material fanns tillgängliga år 2014 och 2017 jämfört med vad som fanns år 1997. Dock bör det tas i beaktning att även de nyare studierna är mellan sex till nio år gamla när detta kandidatarbete skrivs. Trots detta presenterade Sin Kilic et al. (2014) mer aktuell information kring tillgänglig textil än Leonas och Jenkins (1997) då studien publicerades nästan 20 år senare. Däremot stöds Leonas och Jenkins (1997) äldre studie av den nyare studien av Aslan et al. (2013), vilket gör Leonas och Jenkins studie från 1997 fortsatt relevant. En intressant aspekt är de skilda resultatet i studien av Sen Kilic et al. (2014) och studien av Aslan et al. (2013) som genomfördes endast ett år tidigare. Förklaringen till detta kan eventuellt finnas i faktorer, som exempelvis att de använt olika tester och endast undersökt ett fåtal operationsrockar i varje studie. Det kan spekuleras att studierna potentiellt haft mer överensstämmande resultat om båda studier undersökt fler antal rockar. Detta då ett större antal rockar hade ökat sannolikheten för ett mer trovärdigt resultat.

Vidare angående materialval för flergångsoperationsrockar fann studierna av Leonas (1998), Khomarloo et al. (2019) och Rogina-Car et al. (2017) att flergångsoperationsrockar bestående av tre lager var minst permeabla för mikroorganismer. Dock innebär det en större miljöpåverkan då flergångsoperationsrockar med tre lager kräver mer material och resurser. Trots att nästan 25 år gått sedan studien av Leonas (1998) publicerades anser Khomarloo et al. (2019) och Rogina-Car et al. (2017) fortfarande att flergångsoperationsrockar med tjockast material är bäst ur ett aseptiskt perspektiv. Denna upptäckt var oväntad och mer forskning inom materialutveckling vore önskvärt då de överensstämmande resultaten kan tolkas som att utvecklingen avstannat. Angående vilket fiber som bör väljas har somliga syntetfiber lägre miljöpåverkan än andra, medan vissa är bättre ur ett aseptiskt perspektiv. Enligt Quinatana-Gallardo et al. (2023) har rockar producerade av polypropen en mindre påverkan på miljön än rockar producerade av polyester. Ur ett aseptiskt perspektiv är däremot rockar gjorda av polyester mer fördelaktiga än de som är producerade av polypropen, vilket stöds av både Leonas och Jenkins (1997) och Sen Kilic et al. (2014). Valet av material till operationsrockar blir baserat på dessa två aspekter problematiserat då det innebär att personalen behöver göra en avvägning av vad som är viktigast, vårdhygienen eller miljön.

Detta kandidatarbete använde sig av flera studier från humansidan där bakterier applicerats på operationstextiler för att undersöka textilernas potential för mikrobiell tillväxt. Då detta kandidatarbete behandlar ämnet djurvård bör mikroorganismerna som använts i studierna även vara relevanta vid vården av djur.

I de studier som inkluderats har bakterierna *Geobacillus stearothermophilus*, *Bacillus atrophaeus*, *Escherichia coli* och *Staphylococcus aureus* använts. *G. stearothermophilus* och *B. atrophaeus* är svåravdödade bakterier genom sterilisation och blir på så sätt en indikation på om även andra mikroorganismer avdött (Mikhail & Young 2014). Dessa bakterier blir därför relevanta att testa för att undersöka en flergångsoperationstextils möjlighet att uppnå fullgod sterilisering. *E. coli* tillhör normalfloran i tarmsystemet hos djur och människor och kan orsaka sjukdom hos båda (Folkhälsomyndigheten 2015). *S. aureus* kan orsaka sårinfektioner och svåråterläkta sår postoperativt hos både hund, katt och häst och utvecklas till meticillinresistent *S. aureus* (MRSA) (Statens Veterinärmedicinska Anstalt 2022).

Resultatet i studien av Rogina-Car et al. (2017) skiljer sig mycket från de andra experimentella studierna av Leonas (1998), Leonas och Jenkins (1997), Aslan et al. (2013) och Khomarloo et al. (2019) med avseende på materialens densitet efter tvätt och autoklivering. Studien av Rogina-Car et al. (2017) är den enda studien som sett en ökning i densitet i samtliga undersökta material efter tvätt och autoklivering, något som helt motsäger resterande experimentella studiers resultat. I de andra experimentella studierna sågs en minskning i materialens densitet efter tvätt, vilket ledde till en ökad genomsläpplighet för mikroorganismer. Att densiteten i materialen ökat i studien av Rogina-Car et al. (2017) bör därmed tolkas med viss försiktighet. En annan aspekt att ta i beaktning vid jämförelse av de experimentella studierna är att somliga exempelvis undersökt permeabiliteten vid blött tillstånd, medan andra undersökt permeabiliteten efter tvätt och sterilisering. Studierna har även använt olika bakterier, vilket försvårar jämförelsen av studierna, då det inte går att dra slutsatsen att alla bakterier ter sig likadant på alla material och i alla tillstånd. Därför behövs det fler studier som undersöker samma typ av bakterie på rockar i olika material i blött tillstånd, samt efter tvätt och autoklivering.

Angående flergångsoperationsrockars möjlighet att upprätthålla den aseptiska förmågan efter tvätt går meningarna isär. Flera studier menar att de operationsrockar som har fortsatt god barriär mot mikroorganismer efter flera tvättcykler är de som består av tjockast material och flest antal lager (Leonas 1998; Rogina-Car et al. 2017; Khomarloo et al. 2019). Både äldre och nyare studier menar dock att en flergångsoperationsrock bör genomgå max 50 – 70 tvättar då fler cykler kan ge försämrade mikrobiell barriär (Leonas 1998; Khomarloo et al. 2019; Rogina-Car et al. 2017; Vozzola et al. 2020). Vissa studier menar även att 75 tvättcyklar är acceptabelt (Overcash 2012). För att säkerhetsställa operationsrockens aseptiska förmåga är det därmed av största vikt att ansvarig personal vet exakt hur många tvättcykler som de inköpta operationsrockarna tillåter. Baserat på studierna går det 50 – 75 engångsoperationsrockar på varje inköpt flergångsrock. Varför det råder

skilda meningar kring antalet tvättcykler, kan antas bero på materialet, tvättmaskin och tillverkare. Sett ur ett miljöperspektiv är antalet användningar av flergångsoperationsrocken avgörande. En klinik eller ett djursjukhus kan bespara sig ett inköp av 3 000 engångsrockar om företaget införskaffar 50 flergångsoperationsrockar och förutsatt att dessa kan genomgå 60 tvättcykler vardera. Detta leder till en avsevärd minskning av avfall, vilket i sin tur är gynnsamt ur ett miljöperspektiv. Om flergångsoperationsrocken används ett färre antal gånger än dess maximala kapacitet, kommer detta troligen innebära att den blir sämre ur ett miljöperspektiv. Förklaringen till detta finns i rockens produktion som har en stor inverkan på miljön, men för att kunna bedöma hur stor miljöpåverkan detta skulle innebära behövs ytterligare studier.

I en studie av The European Textile Service Association's (ETSA) (2000 se Overcash 2012) jämförs vattenanvändningen för engångs- och flergångsoperationsrockar. I denna studie ersattes 75 engångsoperationsrockar med en flergångsoperations som genomgick 75 tvättcykler (ETSA 2000 se Overcash 2012). Studiens resultat visade att det krävdes 32 % mindre vatten under flergångsoperationens livscykel jämför med 75 engångsoperationsrockars livcyklar. En studie av The Royal Melbourne Institute of Technology (RMIT) (2008 se Overcash 2012) motsäger dock ETSA studiens resultat om att flergångsoperationsrockar resulterar i en mindre vattenkonsumtion än engångsoperationsrockar. Resultatet från RMIT (2008 se Overcash 2012) visar att flergångsoperationstextiler behövde genomgå minst 85 tvättcykler för att ha likvärdig vattenkonsumtion som framställningen av 85 stycken engångsoperationstextiler. Vidare beskriver studien att en markant skillnad i vattenförbrukning mellan flergångs- och engångsoperationsrockar sågs först efter 127 tvättcykler. Detta skulle innebära att permeabiliteten tummas på enligt tidigare presenterade studier, vilket inte är hållbart ur en aseptisk synpunkt. Studien presenterar inga detaljer om hur mycket vattenkonsumtion som engångstextilerna krävde vid produktion och vilket tvättsystem som användes vid rengöring av flergångstextilerna, vilket gör resultatet något svårtolkat och även svårt att jämföra. Därför bör studien tolkas med viss försiktighet, då fakta saknas för att kunna tolka de slutgiltiga resultaten. Den tekniska utvecklingen går framåt och idag finns tvättmaskiner som återanvänder 50 % av tvätt- och sköljvattnet till nästa tvätt och filtrerar bort minst 80 % mikroplasterna i vattnet (Olsson 2021). Genom att använda moderna tvättmaskiner som återanvänder tvätt- och sköljvattnet kan kliniker även spara in på vattenkonsumtionen vid tvätt av flergångsoperationsrockar och därmed bidra till en mer hållbar miljö.

Angående mängden avfall som bildas från engångsoperationstextiler jämfört med flergångsoperationstextiler, menar alla inkluderade resultat att det bildades färre

kilo avfall vid användningen av flergångsoperationstextiler. Eftersom flergångsoperationstextiler producerade mindre mängd avfall producerades även mindre koldioxidutsläpp vid kasseringen av flergångsoperationstextiler. Översiktsstudien av Overcash (2012) drar slutsatsen att användningen av flergångsoperationsrockar leder till minskad avfallsmängd och beskriver att ett byte från engångs- till flergångsoperationsrockar kan minska avfallsmängden från 320 kg till 38 kg på humansjukhus. Dock framgår det inte under vilket tidsspann denna minskning gjordes och om avfallet endast avser kassering av rockar eller även inkluderar annat material. Därför bör de presenterade siffrorna betraktas med viss försiktighet. Dock bör slutsatsen av Overcash et al. (2012) ej förkastas, då den stöds av Vozzola et al. (2020) och Conrardy et al. (2010) som presenterar liknande resultat. Enligt studien av Eriksson & Berg (2003) är flergångsoperationsrockar mer miljövänliga ur en avfallssynpunkt på grund av dess långa livscykel trots att engångsoperationsrockar består av mer återvinningsbara material. Detta påstående stärks av att operationstextiler i regel hanteras som farligt avfall på kliniker eller djursjukhus, alternativt kasseras som brännbart avfall. I dagsläget leder därför nästan all användning av engångsoperationstextiler till stora mängder avfall.

I Sverige är återvinning av operationstextiler möjligt så länge textilerna inte är eller misstänks vara smittbärande och på så sätt inte tillhör kategorin farligt avfall enligt avfallsförordningen (SFS 2020:614). Enligt avfallsförordningens riktlinjer ska avfall som ej klassas som farligt avfall kunna återvinnas. Det som gör återvinning av använda operationstextiler tvetydigt i Sverige är att det inte alltid går att säkerhetsställa att kontaminerade operationstextiler inte är smittbärande. I figur 1 ses ett förslag från Quintana-Gallardo et al. (2023) på hur återvinning kan ske. Studien av Quintana-Gallardo et al. (2023) utfördes i Spanien och det går därför inte att dra slutsatsen att detta förslag är applicerbart i Sverige. Studien publicerades dessutom år 2023, samma år som detta kandidatarbete skrevs, vilket medför att förslaget inte hunnit prövas. I bakgrunden nämns ett pilotprojekt av företaget Trioworld där återvinning av platsförkläden ges som exempel på hur återvinning kan ske i Sverige. Dock gick det inte att utläsa hur smitta elimineras innan återvinning under projektets gång. Det gjorde det därför tveksamt om processen som användes är applicerbar på operationstextiler, som inte består av samma material som engångsskydd av plast. Dessutom består många operationsrockar av flera lager som måste separeras för att kunna återvinnas, vilket gör att återvinningsprocessen inte blir helt enkel. Avfallet hanteras därför oftast som farligt avfall, alternativt slängs i brännbart.

## 5.3 Konklusion

Baserat på den information som funnits tillgänglig tycks flergångsoperationstextiler ge en mindre miljöpåverkan i förlängningen jämfört med engångsoperationstextiler. Dock krävs det upprepade användningar där varje flergångsoperationsrock genomgår upp till 75 tvättcykler under sin livscykel för att rockarna ska ha en mindre miljöpåverkan jämfört med engångsoperationsrockar. Genomgår flergångsoperationsrockar tillräckligt många tvättcykler kan det bidra till en minskning av koldioxidutsläpp, vattenanvändning och avfallsproduktion. Dock bör varje enskild klink och djursjukhus undersöka möjligheter för rengöring och sterilisering av flergångsoperationstextiler. Om en klinik eller djursjukhus väljer att utföra denna process på plats bör inblandad personal utbildas med tydliga rutiner för att säkerhetsställa god vårdhygien. Om externa företag anställs för tvätt och sterilisering bör det undersökas vilken form av vattensystem, återvinnande eller ej, som företagen använder.

I litteraturen råder det skilda meningar om hur väl flergångsoperationstextiler fungerar som en barriär mot mikroorganismer. En flergångsoperationsrocks aseptiska kapacitet beror mycket på material och tjocklek. Textilernas material och design varierar mycket mellan tillverkare. Slutsatsen som kan dras är att kliniker eller djursjukhus bör noggrant undersöka vilka olika flergångsoperationstextiler som finns tillgängliga på marknaden och hur dessa presterat i tester för att säkerhetsställa att just den rock de köper in kan upprätthålla tillräckligt god aseptik för ändamålet.

När detta kandidatarbete skrevs fanns det ett fåtal relevanta jämförande studier av engångs- och flergångsoperationstextiler. Det fanns få LCA över engångs- och flergångsoperationsrockar och i princip inga studier om engångs- och flergångsoperationslakan. Fler studier behöver göras inom ämnet, framförallt behövs fler uppdaterade studier gällande den aseptiska aspekten. Många aspekter ska vägas in vid val av operationsrock och valet blir därmed inte helt enkelt.

## Referenser

- Abhilash & Inamdar, I. (2022). Recycling of plastic wastes generated from COVID-19: A comprehensive illustration of type and properties of plastics with remedial options. *The Science of the Total Environment*, 838, 155895. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.155895>
- Aslan, S., Kaplan, S. & Çetin, C. (2013). An investigation about comfort and protection performances of disposable and reusable surgical gowns by objective and subjective measurements. *The Journal of The Textile Institute*, 104 (8), 870–882. <https://doi.org/10.1080/00405000.2013.764754>
- Aviso, K.B., Tan, R.R., Culaba, A.B. & Cruz, J.B. (2011). Fuzzy input–output model for optimizing eco-industrial supply chains under water footprint constraints. *Journal of Cleaner Production*, 19 (2), 187–196. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2010.09.003>
- Bellchambers, J., Harris, J.M., Cullinan, P., Gaya, H. & Pepper, J.R. (1999). A prospective study of wound infection in coronary artery surgery. *European Journal of Cardio-Thoracic Surgery*, 15 (1), 45–50. [https://doi.org/10.1016/S1010-7940\(98\)00255-3](https://doi.org/10.1016/S1010-7940(98)00255-3)
- Conrardy, J., Hillanbrand, M., Myers, S. & Nussbaum, G.F. (2010). Reducing Medical Waste. *AORN Journal*, 91 (6), 711–721. <https://doi.org/10.1016/j.aorn.2009.12.029>
- Eisen, D.B. (2011). Surgeon’s garb and infection control: What’s the evidence? *Journal of the American Academy of Dermatology*, 64 (5), 960.e1-960.e20. <https://doi.org/10.1016/j.jaad.2010.04.037>
- Eriksson, E. & Bergh, H. (2003). *Livscykelanalys av operationsrockar*. Göteborg, Sverige: Chalmers Industri Teknik. <https://docplayer.se/10450178-Livscykelanalys-av-operationsrockar.html> [2023-02-01]
- Europaparlamentet och rådets förordning (EU) 2021/1119 av den 30 juni 2021 om inrättande av en ram för att uppnå klimatneutralitet och om ändring av förordningarna (EG) nr 401/2009 och (EU) 2018/1999 (uropeisk klimatlag) (EUT L 243, 9.7.2021, 1–17). <https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2021/1119/oj> [01-03-23]
- Folkhälsomyndigheten (2015). *Sjukdomsinformation om escherichia coli-infektioner i tarmen*. <https://www.folkhalsomyndigheten.se/smittskydd-beredskap/smittsamma-sjukdomar/escherichia-coli-infektioner-i-tarmen/> [06-04-23]
- Hafiani, E.-M., Cassier, P., Aho, S., Albaladejo, P., Beloeil, H., Boudot, E., Carencio, P., Lallemand, F., Leroy, M.G., Muret, J., Tamames, C. & Garnier, M. (2022). Guidelines for clothing in the operating theatre, 2021. *Anaesthesia Critical Care & Pain Medicine*, 41 (3), 101084. <https://doi.org/10.1016/j.accpm.2022.101084>
- Intergovernmental Panel on Climate Change (2018) An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty Cambridge

- University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA: IPCC.  
<https://doi.org/10.1017/9781009157940>
- Jordbruksverket (2022). *Hygienregler för verksamhet inom djurens hälso- och sjukvård*. <https://jordbruksverket.se/djur/personal-inom-djurens-halso-och-sjukvard/hygienregler> [01-03-23]
- Kagoma, Y., Stall, N., Rubinstein, E. & Naudie, D. (2012). People, planet and profits: the case for greening operating rooms. *Canadian Medical Association Journal*, 184 (17), 1905–1911.  
<https://doi.org/10.1503/cmaj.112139>
- Khomarloo, N., Mousazadegan, F., Latifi, M. & Hemmatinejad, N. (2019). Assessment of Single-Layer and Three-Layer Reusable Surgical Gowns Performance in Terms of Bacterial Penetration in Wet State. *Fibers and Polymers*, 20 (3), 555–561. <https://doi.org/10.1007/s12221-019-8299-z>
- Kieser, D.C., Wyatt, M.C., Beswick, A., Kunutsor, S. & Hooper, G.J. (2018). Does the type of surgical drape (disposable versus non-disposable) affect the risk of subsequent surgical site infection? *Journal of Orthopaedics*, 15 (2), 566–570. <https://doi.org/10.1016/j.jor.2018.05.015>
- Koytcheva, M.K., Sauerwein, L.K., Webb, T.L., Baumgarn, S.A., Skeels, S.A. & Duncan, C.G. (2021). A Systematic Review of Environmental Sustainability in Veterinary Practice. *Topics in Companion Animal Medicine*, 44, 100550. <https://doi.org/10.1016/j.tcam.2021.100550>
- Lattanzio, S., Stefanizzi, P., D'ambrosio, M., Cuscianna, E., Riformato, G., Migliore, G., Tafuri, S., Bianchi, F., P. (2022) Waste Management and the Perspective of a Green Hospital - A Systematic Narrative Review *International journal of Environmental Research and Public Health* (19) 15812 <https://doi.org/10.3390/ijerph192315812>
- Leonas, K.K. (1998). Effect of laundering on the barrier properties of reusable surgical gown fabrics. *American Journal of Infection Control*, 26 (5), 495–501. [https://doi.org/10.1016/S0196-6553\(98\)70022-7](https://doi.org/10.1016/S0196-6553(98)70022-7)
- Leonas, K.K. & Jinkins, R.S. (1997). The relationship of selected fabric characteristics and the barrier effectiveness of surgical gown fabrics. *American Journal of Infection Control*, 25 (1), 16–23. [https://doi.org/10.1016/S0196-6553\(97\)90048-1](https://doi.org/10.1016/S0196-6553(97)90048-1)
- McQuerry, M., Easter, E. & Cao, A. (2021). Disposable versus reusable medical gowns: A performance comparison. *American Journal of Infection Control*, 49 (5), 563–570. <https://doi.org/10.1016/j.ajic.2020.10.013>
- Meran, G., Siehlow, M. & von Hirschhausen, C. (2021). Water Availability: A Hydrological View. I: Meran, G., Siehlow, M., & von Hirschhausen, C. (red.) *The Economics of Water: Rules and Institutions*. Cham: Springer International Publishing. 9–21. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-48485-9\\_2](https://doi.org/10.1007/978-3-030-48485-9_2)
- Mikhail, M. & Young, T. (2014). 25 - Sterilisation of flexible endoscopes. I: Walker, J.T. (red.) *Decontamination in Hospitals and Healthcare*. Woodhead Publishing. 639–650.  
<https://doi.org/10.1533/9780857096692.3.639>
- Miljö- och energidepartementet (2015). *Avfallshierarkin*. (Regeringens proposition 2015/16:166) Stockholm: Regeringskansliet
- Miljö & Utveckling (2021) *Ny teknik filtrerar bort mikroplaster i tvätten* <https://miljo-utveckling.se/ny-teknik-filtrerar-bort-mikroplaster-i-tvatten/> [04-04-23]
- Möller, K. Kempe, A. (2021 a) *Vårdhandboken, Steril rutin* <https://www.vardhandboken.se/vardhygien-infektioner-och-smittspridning/vardhygien/ren-och-steril-rutin-utanfor-operationsenhet/steril-rutin/> [29-03-23]
- Möller, K. Kempe, A. (2021 b) *Vårdhandboken, Ren rutin*



- <https://www.varhandboken.se/vardhygien-infektioner-och-smittspridning/vardhygien/ren-och-steril-rutin-utanfor-operationsenhet/ren-rutin/> [02-03-23]
- Nationalencyklopedin (u.å. a). *Klimatförändring*.  
<https://www.ne.se/uppslagsverk/encyklopedi/l%C3%A5ng/klimatf%C3%B6r%C3%A4ndring> [01-03-23]
- Nationalencyklopedin (u.å. b). *Syntetfiber*.  
<https://www.ne.se/uppslagsverk/encyklopedi/l%C3%A5ng/syntetfiber> [02-03-23]
- Nationalencyklopedin (u.å. c). *Olja*.  
<https://www.ne.se/uppslagsverk/encyklopedi/l%C3%A5ng/olja> [02-03-23]
- Naturvårdsverket (2020). *Avfall i Sverige 2020*  
file:///C:/Users/Klara/Downloads/978-91-620-7048-9%20(2).pdf [02-03-23]
- Naturvårdsverket (u.å.). *Ämnesområde textil*.  
<https://www.naturvardsverket.se/amnesomraden/textil/#E-2036038665>  
[02-03-23]
- Oskarsson, B. (2022) *Vårdhandboken, Renlighetsgrader*  
<https://www.varhandboken.se/vardhygien-infektioner-och-smittspridning/desinfektion-och-sterilisering/medicintekniska-produkter-med-specificerad-mikrobiell-renhet/renhetsgrader/> [02-03-23]
- Oskarsson, B. (2023) *Vårdhandboken, Förvaring*  
<https://www.varhandboken.se/vardhygien-infektioner-och-smittspridning/desinfektion-och-sterilisering/medicintekniska-produkter-med-specificerad-mikrobiell-renhet/forvaring/> [28-03-23]
- Overcash, M. (2012). A Comparison of Reusable and Disposable Perioperative Textiles: Sustainability State-of-the-Art 2012. *Anesthesia & Analgesia*, 114 (5), 1055. <https://doi.org/10.1213/ANE.0b013e31824d9cc3>
- Rogina-Car, B., Budimir, A. & Katovic, D. (2017). Microbial barrier properties of healthcare professional uniforms. *Textile Research Journal*, 87 (15), 1860–1868. <https://doi.org/10.1177/0040517516659383>
- Roos, S. Larsson, M. (2018). *Klimatdata för textilier*. (Uppdragsrapport 27402). Naturvårdsverket: Mölndal.  
<https://www.naturvardsverket.se/4aacbb/globalassets/amnen/textil/rapport-klimatdata-for-textilier-swerea-2018.pdf>
- Sen Kilic, A. Ondogan, Z. Dirgar, E. (2014). A study n material selection of reusable surgical garments. *Industria Textila*. 65 (2). 65-69
- SFS 2020:614. *Avfallsförordning*. Stockholm: Klimat- och näringslivsdepartementet.
- Grönlund Andersson, U. Bergström, K. Granström, A. Jonsson, P. Karlsson, M. Münz, U. Odhelius, K. Ransjö, U. Tivemo-Eftring, M. Wellander, M. Vilén, A. (2012) *Sveriges veterinärförbunds riktlinjer för infektionskontroll inom smådjursjukvården*. <https://svf.se/media/oq4oq5yw/svfs-riktlinje-g%C3%A4llande-infektionskontroll-inom-sm%C3%A5djursjukv%C3%A5rden-2012.pdf> [29-03-23]
- Showalter, B.M., Crantford, J.C., Russell, G.B., Marks, M.W., DeFranzo, A.J., Thompson, J.T., Pestana, I.A. & David, L.R. (2014). The Effect of Reusable Versus Disposable Draping Material on Infection Rates in Implant-Based Breast Reconstruction: A Prospective Randomized Trial. *Annals of Plastic Surgery*, 72 (6), S165. <https://doi.org/10.1097/SAP.0000000000000086>
- Statens Veterinärmedicinska Anstalt (2022). *MRSA hos katt och hund*.  
<https://www.sva.se/amnesomraden/djursjukdomar-a-o/mrsa-hos-katt-och-hund/> [06-04-23]
- Stetter, J., Boge, G.S., Grönlund, U. & Bergström, A. (2021). Risk factors for surgical site infection associated with clean surgical procedures in dogs.

- Research in Veterinary Science*, 136, 616–621.  
<https://doi.org/10.1016/j.rvsc.2021.04.012>
- Tieszen (M), Gruenberg (J) (1992) A Quantitative, Qualitative, and Critical Assessment of Surgical Waste Surgeons Venture Through the Trash Can *JAMA* 267 (20) 2765-2768 doi:10.1001/jama.1992.03480200073027
- Trioworld (2021). *Trioworld hjälper vårdsektorn att minska sin miljöpåverkan*.  
<https://www.trioworld.com/sv/media/nyheter/2021/trioworld-hjalper-vardsektorn-att-minska-sin-miljopaverkan/> [04-04-23]
- Vacharathit, V., Walsh, R.M., Utech, J. & Asfaw, S.H. (2022). Action in Healthcare Sustainability is a Surgical Imperative: This is a Novel Way to Do It. *Journal of Surgical Education*, 79 (2), 275–278.  
<https://doi.org/10.1016/j.jsurg.2021.09.002>
- Van den Berghe, A. & Zimmer, C. (2011). Life cycle assessments of single- versus multiple-use surgical gowns. 2011,.  
[http://www.sustainabilityroadmap.org/pims/pdfs/pim247\\_lifecycle\\_assessment\\_disposable\\_versus\\_reusable.pdf](http://www.sustainabilityroadmap.org/pims/pdfs/pim247_lifecycle_assessment_disposable_versus_reusable.pdf) [2023-03-16]
- Vozzola, E., Overcash, M. & Griffing, E. (2020). An Environmental Analysis of Reusable and Disposable Surgical Gowns. *AORN Journal*, 111 (3), 315–325. <https://doi.org/10.1002/aorn.12885>
- Watts, N., Adger, W.N., Ayeb-Karlsson, S., Bai, Y., Byass, P., Campbell-Lendrum, D., Colbourn, T., Cox, P., Davies, M., Depledge, M., Depoux, A., Dominguez-Salas, P., Drummond, P., Ekins, P., Flahault, A., Grace, D., Graham, H., Haines, A., Hamilton, I., Johnson, A., Kelman, I., Kovats, S., Liang, L., Lott, M., Lowe, R., Luo, Y., Mace, G., Maslin, M., Morrissey, K., Murray, K., Neville, T., Nilsson, M., Oreszczyn, T., Parthemore, C., Pencheon, D., Robinson, E., Schütte, S., Shumake-Guillemot, J., Vineis, P., Wilkinson, P., Wheeler, N., Xu, B., Yang, J., Yin, Y., Yu, C., Gong, P., Montgomery, H. & Costello, A. (2017). The Lancet Countdown: tracking progress on health and climate change. *The Lancet*, 389 (10074), 1151–1164. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(16\)32124-9](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(16)32124-9)
- WEF\_The\_New\_Plastics\_Economy.pdf (u.å.).  
[https://www3.weforum.org/docs/WEF\\_The\\_New\\_Plastics\\_Economy.pdf](https://www3.weforum.org/docs/WEF_The_New_Plastics_Economy.pdf)  
 [2023-02-06]

# Tack

Stort tack till Jennie Redander som varit en utmärkt handledare och gett konstruktiv feedback och stöttning under hela arbetets gång. Tack till de djursjukskötarstudenter som även dem gett feedback och stöttning. Även tack till SLU:s bibliotek som funnits tillgängliga för hjälp med referering och andra grammatiska frågor.

## Publicering och arkivering

Godkända självständiga arbeten (examensarbeten) vid SLU publiceras elektroniskt. Som student äger du upphovsrätten till ditt arbete och behöver godkänna publiceringen. Om du kryssar i **JA**, så kommer fulltexten (pdf-filen) och metadata bli synliga och sökbara på internet. Om du kryssar i **NEJ**, kommer endast metadata och sammanfattning bli synliga och sökbara. Även om du inte publicerar fulltexten kommer den arkiveras digitalt. Om fler än en person har skrivit arbetet gäller krysset för samtliga författare. Du hittar en länk till SLU:s publiceringsavtal på den här sidan:

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

JA, jag/vi ger härmed min/vår tillåtelse till att föreliggande arbete publiceras enligt SLU:s avtal om överlåtelse av rätt att publicera verk.

NEJ, jag/vi ger inte min/vår tillåtelse 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.