

# Examensarbete

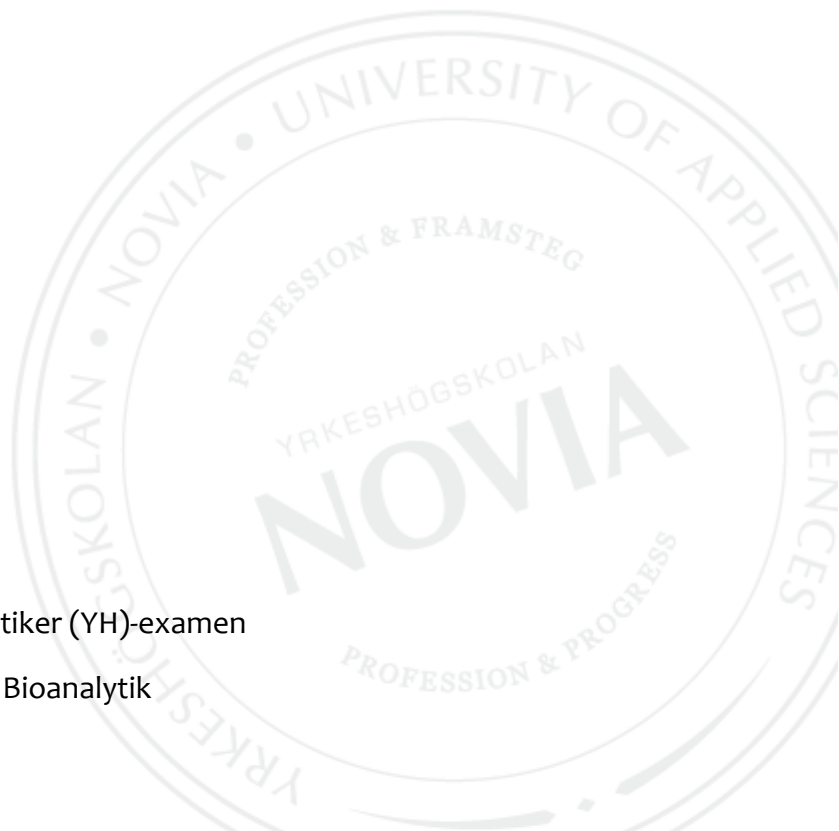
Rekommendationer för hållbar utveckling inom klinisk  
laboratorieverksamhet

Marie Strohschein

Examensarbete för bioanalytiker (YH)-examen

Utbildningsprogrammet för Bioanalytik

Vasa 2018



## EXAMENSARBETE

Författare: Marie – Susann Strohschein

Utbildning och ort: Bioanalytiker, Vasa

Handledare: Ulla Penttinen

Titel: Rekommendationer för hållbar utveckling inom klinisk laboratorieverksamhet

---

Datum 27.04.2018

Sidantal 44

Bilagor -

---

### Abstrakt

Kliniska laboratorier förorsakar stora mängder koldioxidutsläpp och förbrukar mycket naturresurser (Lopez, 2017). Det nuvarande behovet av elektricitet, vattenresurser och material är med tanke på det ekologiska fotavtrycket ohållbart. Användningen av giftiga kemikalier i undersökningar leder till farligt avfall vilket inte bara skadar naturen, utan också utsätter personalen för större skaderisker.

Kategorierna energi- och vattenförbrukning, avlopps- och avfallshantering samt kemikalieanvändning framhäver de processer inom laboratoriet vars resursförbrukning är signifikant hög. Rekommendationerna för hållbar utveckling etablerades genom att allmänt lyfta fram de mest ohållbara apparater samt arbetsmetoder i ett kliniskt laboratorium. I samband med framhävningen av resursförbrukande apparater och arbetsmetoder följer rekommendationerna till hållbara alternativ med målet att minska på koldioxidutsläppet och på resurserna.

Genom olika små justeringar av arbetsredskap som frys, autoklivering och mikroskopsbelysning kan elektricitet samt vattenresurser inbesparas. Med modifieringar av förvaringstillståndet för DNA- och RNA-prover samt förändringar i arbetsprocessen med dragskåpet sparas respektive lagringsutrymme och användning av inomhusventilationen. Återvinning av material och en sänkning av avfallsmängd hjälper till att minska det ekologiska fotavtrycket. En implementering av miljövänligare kemikalier inom laboratoriet kan resultera i en minskning av farligt avfall samt en ökning i säkerheten av arbetsmiljön.

Eftersom det finns flera impulser för hållbar utveckling inom laboratorieverksamhet i detta examensarbete är potentialen för hållbar utveckling stor. Rekommendationerna som ges i detta examensarbete är valda med eftertanke eftersom de inte skulle påverka patientanalyserna och personalen negativt. Slutligen resultera detta i att en implementering av hållbar utveckling i verksamhetsplanen inte bara kan gynna naturen, men också personalen och laboratoriets ekonomi.

---

Språk: svenska

Nyckelord: hållbar utveckling, laboratorieverksamhet, ekologiskt fotavtryck

---

## **BACHELOR'S THESIS**

Author: Marie – Susann Strohschein

Degree Programme: Biomedical Laboratory Scientist

Supervisors: Ulla Penttinen

Title: Recommendations for sustainable management in clinical laboratories

---

Date April 27<sup>th</sup>, 2018      Number of pages 44      Appendices -

---

### **Summary**

Clinical laboratories are big consumers of carbon dioxide emissions and natural resources (Lopez, 2017). Their current need of energy, material and water resources are unsustainable. The usage of multiple poisonous chemicals needed for analyzing leads to dangerous wastes which is damaging nature and exposes the staff to increased risks of injuries.

The categories energy and water consumption, drainage and waste management as well as chemical usage within the clinical laboratory are processes within the laboratory which were considered significant high in usage of resources. The recommendations of the clinical laboratory were established through highlighting the common most unsustainable devices and working processes. Recommendations for sustainable alternatives follow the highlighted devices and working processes with the goal to reduce carbon dioxide emissions and usage of resources.

Through different small changes in equipment like freezer, autoclaves and microscope lightning, usage of energy and water resources can be minimized. Modifications in storage properties of DNA and RNA samples as well as changes in working processes with fume hoods can respectively save storage space and usage of indoor ventilation. Recycling materials and decreasing waste helps to reduce the size of the ecological footprint. A collection of environmental friendlier chemicals will result, when implemented, in less dangerous waste disposal as well as increase the safety of the working environment.

Because there are multiple impulses for sustainable development in laboratories within this bachelor's thesis, the potential for sustainable development is huge. During compiling the environmental friendlier alternatives, attention was given to impulses that do not degrade patient analysis or the staff negatively. The final resolution in this thesis is that an implementation of sustainable development in the management plan can benefit not only the nature, but also the staff and the economy.

---

Language: Swedish

Key words: sustainable development, laboratory management, ecological footprint

---

## Innehållsförteckning

1	Introduktion.....	1
2	Syfte och frågeställningar.....	2
3	Det ekologiska fotavtrycket.....	3
4	Teoretisk bakgrund.....	4
4.1	Förebyggande av resursanvändning.....	4
4.2	Avfallshantering.....	5
4.2.1	Kvicksilverföroreningar.....	6
4.2.2	Plastavfall.....	7
4.3	Energiförbrukning och resursanvändning.....	9
4.3.1	Fördelning av elektricitet.....	10
4.3.2	Dragskåp.....	11
4.3.3	Kyl- och frysenheter.....	12
4.4	Vattenförbrukning.....	13
4.5	Kemikalier.....	14
5	Materialval och miljövänliga metoder.....	17
5.1	Justeringar för användning av dragskåp.....	17
5.2	Frysenheter från -80 till -70°C.....	19
5.3	Förvaring av DNA- och RNA-prover i rumstemperatur.....	21
5.4	LED-lampor.....	21
5.5	Autoklavering.....	23
5.6	Renat vatten.....	24
5.7	Minskning av avfallsmängden.....	25
5.8	Återanvändning.....	27
5.9	Alternativa kemikalier.....	29
5.10	ACT-beteckning.....	32
6	Resultat.....	32
7	Diskussion och kritisk granskning.....	33
8	Etiska överväganden.....	36
	Källförteckning.....	38

## 1 Introduktion

Begreppet hållbar utveckling har fått ökad betydelse i samhället under de senaste decennierna. Begreppet ”hållbar utveckling” används ofta i samband med klimatförändring och överkonsumtion och beskriver en önskvärd samhällsutveckling (KTH, 2017). Den nuvarande samhällsutvecklingen leder dock till problem som degraderar naturen och skadar klimatet. Utvecklingen av klimatförändringen och bristen på resurser framhävs i samhället i stigande takt. Enligt NASA har koldioxidmängden (CO<sub>2</sub>) i luften aldrig varit så hög som nu. Jordens temperatur har stigit med 1°C med stigande tendens och följaktligen smälter arktisk is med 13 % per decennium. (NASA, 2018)

I länder vars utveckling har hög standard är överkonsumtionen oftast ett problem. Faktum är att det finns en stark korrelation mellan länder med hög inkomstgräns och hög levnadsstandard och överkonsumtion (Bridge, 2009; Goklany, 2009). Jordbruk bidrar signifikant till en ökning av koldioxid i atmosfären. Den europeiska matkonsumtionen som är präglad av proteinrik mat som kött, fisk, ost och ägg producerar upp till 30 kg CO<sub>2</sub>/kg. Överkonsumtionen av mat i utvecklade länder har också visat sig vara en stor orsak till avfallsproduktion och förbrukar stora mängder resurser. (Carlsson-Kanyama, 1998, 2009) Dessvärre är återvinning av avfallet inte lika utvecklad (Ehrlich, 2008). Överkonsumtion och en förminskad återvinning av resurser gör att människans beteende blir ohållbart. En nyckelfaktor i hur människans kan försöka minska på klimatförändringen är att agera hållbart. Genom att integrera hållbar utveckling i vardagen kan förbruket av resurser minskas.

Begreppet hållbar utveckling nämndes för första gången 1987 vid ett FN-möte av ”[the]World Commission of Environment and Development”. I dokumentet definieras hållbar utveckling som ”en utveckling som tillgodoser dagens behov utan att äventyra kommande generationers möjligheter att tillgodose sina behov.” (World Commission on Environment and Development, 1987; KTH, 2017)

Även om definitionen fortfarande används kan tilläggas att principen för hållbar utveckling blev mera omfattande genom att integrera miljö-, social- och ekonomiska ärenden till beslutsfattningen (Dernbach J. C., 2003; Stoddart, 2011).

För att kunna mäta hållbar utveckling utvecklades 2006 ett datorprogram som beräknade det så kallade ekologiska fotavtrycket. Programmet kan beräkna det ekologiska fotavtrycket för

hela jorden, ett land, ett företag eller också bara för en individ. Med hjälp av programmet kom det fram att sjukhus i allmänhet har ett för stort ekologiskt fotavtryck (Sibbald, 2002; Roth, 2006) och att en stor andel av sjukhusets stora fotavtryck kommer från det kliniska laboratoriet (Lopez et. al., 2017). Enligt Joseph Lopez forskning är det kalkylerade CO<sub>2</sub>-utsläppet vid ett brittiskt sjukhus ca 18 miljoner ton årligen, vilket motsvarar ca 25 % av den totala CO<sub>2</sub>-emissionen av den offentliga sektor i Storbritannien. Enligt studierna förbrukar laboratorier tre till sex gånger mera energi per enhet än officiella kontorsbyggnader. Mycket energi förbrukas av laboratoriets apparater men även ventilationsanläggningar inom laboratoriet förbrukar upp till 50 % av all energi. Laboratorier är inte enbart stora energiförbrukare utan använder också stora mängder vattenresurser och producerar mycket avfall. (Lopez et. al., 2017) Även det höga antalet plastprodukter som används inom den Europeiska Unionen har under de senaste åren varit ett problem för miljön eftersom en stor del av plastavfallet hamnar i naturen.

Med den stigande medvetenheten om hållbar utveckling i samhället, överkonsumtion av resurser samt förorening av naturen börjar det bli alltmer krävande med ett fungerande miljömanagement i olika verksamheter (Roth, 2016). Ett miljömanagement skulle ha som uppgift att övervaka utsläpp, energiförbrukning och användning av miljövänligare produkter och kemikalier. Laboratieverksamheter skulle kunna implementera energiförbrukning, CO<sub>2</sub>-utsläpp och avfallshantering till verksamhetsplanen. En implementering av ett miljömanagement till kliniska laboratorier skulle främja hållbar utveckling och leda till ett minskat ekologiskt fotavtryck. Samtidigt skulle personalen uppmärksammas att agera miljömedvetet.

## **2 Syfte och frågeställningar**

Syftet med detta examensarbete är att ta reda på vilka faktorer som mest påverkar de kliniska laboratoriernas ekologiska fotavtryck och att ta fram rekommendationer för hållbar utveckling inom klinisk laboratorieverksamhet.

Fokusområden i examensarbetet är det kliniska laboratoriets

- *energi- och vattenförbrukning*
- *avlopps och avfallshantering*
- *användning av miljövänligare material samt kemikalier*

De rekommendationer som tas upp i detta examensarbete syftar till att framhäva de möjligheter som finns för att utveckla en hållbar laborativverksamhet. Syftet ligger i etablering av hållbar utveckling inom kliniska laborativeneheter, vilket samtidigt kommer att leda till ett minskat ekologiskt fotavtryck.

Syfte och frågeställningar som uppstår i detta examensarbete är därmed: Finns det möjligheter att implementera miljövänligare alternativ i det kliniska laborativet? Hur kommer det att påverka patienten och personalen? Hur förändras ekonomin vid en omställning till hållbar utveckling av laborativet? Och hur många hållbara utvecklingar kan implementeras i praktiken med tanke på att kliniska laborativeneheter i Finland har olika apparater dvs. nya eller gamla modeller, mindre behov av vissa apparater samt att personalens arbetssätt kan variera?

### **3. Det ekologiska fotavtrycket**

Med hjälp av ett ekologiskt fotavtryck visualiseras människans inverkan på jordens ekosystem. Ett ekologiskt fotavtryck kan också definieras som en form av analysering om samhället agerar hållbart eller ohållbart. En beräkningsformel adderar resursförbrukning, avfallsproduktion och koldioxidutsläpp och ställer det emot jordens tillgångar och CO<sub>2</sub>-sänka. Som CO<sub>2</sub>-sänka eller kolsänka hör världshavet, skogar och annan vegetation. Ju mera kolsänkor det finns ju mera minskar koldioxidmängden i luften. Om summan av resursförbrukning, avfallsproduktion och koldioxidutsläpp är större än summan av jordens tillgångar och CO<sub>2</sub>-sänka har ett ekologiskt fotavtryck uppstått. Ett ekologiskt fotavtryck kan även definieras som att samhället lämnar spår av användning på jorden, eftersom levnadsstilen är ohållbar.

Med denna måtenhet vars användningsområde är mångfaldig och används på individnivå, för företag, för länder och för hela jorden, kan även människans överkonsumtion analyseras. Till exempel ett land vars konsumtion av resurser når över de tillgångar landet äger skulle behöva

mera yta för att täcka sin konsumtion. Om landet dessutom producerar mera koldioxid än landets egna CO<sub>2</sub>-sänkor kan ta upp bli det ekologiska fotavtrycket för stort och konsumtionen ohållbar. På den internationella webbsidan "footprintnetwork.org" är det möjligt att jämföra olika länders fotavtryck. Sverige, Finland och Tyskland hör till några av de länder i Europa som behöver ca tre till fyra jordklot för att täcka sin konsumtion. Europa och Nordamerika hör till de kontinenter där överkonsumtion och en ohållbar levnadsstil är störst.

## **4 Teoretisk bakgrund**

Kliniska laboratorier står för en signifikant förbrukning av elektricitet, naturresurser och avfall i jämförelse med andra sjukhusenheter. Den kliniska laboratorieenheten består av många arbetsenheter: klinisk kemi, hematologi, patologienheten som analyserar histologiska och cytologiska prover, isotopmedicin, klinisk mikrobiologi, klinisk fysiologi, klinisk neurofysiologi samt provtagningen. Eftersom ett kliniskt laboratorium är utrustat med många stora elektroniska apparater är elkonsumtionen hög. Ventilationen, belysningen och kylenheter är apparater som kräver elektricitet dygnet runt och påverkar den ohållbara utvecklingen (Emerging Technologies Program, 2015).

Även den stora förbrukningen av plast från blodrör, blodtagningsmaterial och pipetteringsmaterial samt en stor konsumtion av vatten och kemikalier bidrar till ohållbarhet. Dessutom används många odlingskålar, urintror och odlingsstickor inom den mikrobiologiska enheten och ett flertal olika kemikalier vid den patologiska enheten som producerar stora mängder avfall. Den höga förbrukningen av elektricitet och naturresurser samt den höga avfallsproduktionen leder till att laboratorier har en signifikant påverkan på miljön och ett stort ekologiskt fotavtryck. I de följande avsnitten i detta kapitel presenteras problemområden inom laboratorieenheten som borde utvecklas för att nå en mera hållbar verksamhet.

### **4.1 Förebyggande av resursanvändning**

På ett finskt sjukhus med kring 20 000 bäddavdelningsplatser tas ungefär 200 000 laboratorieprover per år (Vasa centralsjukhus, 2017). Det stora antalet laboratorieprover står i relation till mängden resurser som används inom laboratoriet, eftersom varje undersökning i ett laboratorieprov kräver resurser. Enligt ny forskning utförs det inom klinisk laboratediagnostik för många undersökningar som inte är relevant för diagnosen. En



minskning av onödiga undersökningar skulle därmed bidra till att resursanvändningen minskar. Konkretare undersökningar och en specifikare patientdiagnostik av läkare genom användning av ”Diagnostic pathways” skulle kunna bidra till en minskning av undersökningar och därmed även minska mängden patientprover. (Hoffman, 2018)

Projektet ”Diagnostic pathways” som började utvecklas redan året 2006 i Tyskland bygger på evidensbaserade riktlinjer istället för ”magkänslan”. En handbok med över 80 olika riktlinjer publicerades på den internationella marknaden 2016. Labquality i Finland har nyligen framhävt handboken som ett hjälpmedel vid diagnostisering. Enligt statistik och tidigare forskning har undersökningar som valdes enligt ”magkänslan” eller så kallade ”shot-gun” prover, där läkaren hoppades på ett positiv fynd, oftast gett felaktiga resultat. Dessa resultat kunde vara falskt positiva och kunde även leda till en felaktig patientdiagnos. Med hjälp av riktlinjerna i handboken och ett frågeformulär om patientens tillstånd kan en läkare välja de viktigaste undersökningarna enligt symtomen. Ett så kallat ”decision tree” eller trädiagram uppbyggt på algoritmer leder läkaren genom diagnosanalysen där negativa fynd utesluter vissa laboratoriska undersökningar medan positiva fynd rekommenderar andra undersökningar. (Hoffmann, 2018)

Genom prevention av icke-relevanta patientprover vid diagnosanalysen skulle en del av resurserna kunna inbesparas utan att behöva överväga miljövänligare alternativ. Prevention är det bästa alternativet med tanke på hållbar utveckling. Enligt Hoffmann har en statistisk överdiagnostisering förekommit i flera decennier som innebär att 16–25 % av undersökningarna har varit onödiga. (Hoffmann, 2018)

## **4.2 Avfallshantering**

Ett problemområde som orsaker ohållbara förhållanden i kliniska verksamheter är avfallshanteringen. När återvinning av avfall inte är möjligt utgör den en slutprodukt som sätter spår i miljön. I Finland finns det ett sorteringsystem i vilket avfall sorteras till brännbart avfall, nyttoavfall, deponi- och grovavfall, specialavfall och farligt avfall (riskavfall). (Miljörapport Vasa Centralsjukhus, 2017).

Laboratorieenheter producerar förutom stora mängder plastavfall också specialavfall. Till specialavfall hör stickande/skärande föremål eller sekretförorenat avfall vars potentiella kontamination med patogena bakterier inte kan hanteras i vanligt avfall. Tidigare har

specialavfall hanterats som enbart deponiavfall. Men sedan Finland har implementerat en lag vilken förbjuder deponering av avfall med en andel av organiskt material högre än 10 % i början av året 2016 har specialavfall från laboratorieenheter som tidigare hanterades som deponiavfall minskat rejält. (Miljörapport Vasa Centralsjukhus, 2017) Plastavfall som inte är sekretförorenat utgör problem eftersom det oftast inte kan återvinnas av Finlands återvinningsstationer.

Ur miljöperspektivet och en hållbar synvinkel är det viktigt att så mycket som möjligt minska på deponiavfall eftersom deponiavfall är avfall som inte kan utnyttjas som energi eller råvara. Sedan lagen trädde ikraft skickas nålar, blodrör, odlingskålar och annat kontaminerat material till avfallscentralen som farligt avfall. Plastavfall sorteras inom laboratorieenheten oftast till brännbart avfall. Även om förbränningsanläggningar kan ge energi i form av värme tillbaka till laboratorieenheten är plastförbränning inget hållbart alternativ och stöder inte hållbar utveckling.

#### **4.2.1 Kvicksilverföroreningar**

Farligt avfall som laboratorieverksamheter producerar är kvicksilverföroreningar och laboratoriekemikalier (Miljörapport Vasa Centralsjukhus, 2017). Kemikalier som kan påverka miljön och personalens hälsa kan höja storleken på det ekologiska fotavtrycket samt bidrar till en ohållbar utveckling. Giftiga kemikalier som hamnar i vattendrag, i avloppet eller vid avfallshanteringen kan påverka en stor del av vattenresurserna och de levande organismerna i vattendrag. Allmänna miljöfarliga laboratoriekemikalier kommer att tas upp i punkt 4.5.

Kvicksilverföroreningar kan härstamma från ljuskällor av fluorescerande mikroskop. Dessa har ofta en kvicksilver högtrycksbrännare (HBO-lampa) eller en metallhalogenlampa som ljuskälla. För miljön och hantering av avfallet är kvicksilverlampor en utmaning eftersom kvicksilvret hör till ett av de farligaste miljögifterna. I naturen förändras kvicksilver till metylkvicksilver och sätter sig i mark, vatten och vävnader av levande organismer. Djur som är högst upp i näringskedjan löper därför stor risk att få för höga halter kvicksilver i sig. Till dessa hör fiskar, rovfåglar, rovdjur och människan. (Naturvårdsverket, 2017)

Mängden kvicksilverföroreningar inom laboratorieverksamheten varierar årligen. Vid Vasa centralsjukhus laboratorium förekom upp till elva föroreningar år 2014, medan det andra år varit inga. (Miljörapport, 2017). Livslängden för en kvicksilver högtrycksbrännare är enligt

Leica 200–300 timmar. I ett laboratorium där mikroskopering görs flera timmar dagligen är livslängden för kvicksilverhögtrycksbrännare inom ett år nådd, medan i ett laboratorium med mindre behov av mikroskopering kan livslängden vara betydligt längre. Metallhalogenlampor har en längre livstid (~2000 timmar), men risken för explosion efter utgången rekommendation av timmar är större. Även kortare användningar per gång och en kortare svalningstid på 30 minuter kan skada eller förkorta livslängden av ljuskällan vilket kan höja risken för explosion (Leica Microsystems, 2017; Zeiss, 2018).

I fall av en explosion av ljuskällan kan den höga strålningen av ultraviolett ljus leda till permanent ögonskada och hudskada för personalen. Kvicksilvret vars trögflytande egenskap förändras i värme till ånga kan spridas i rummet och utsätta personalen för allvarliga förgiftningar av lever, njurar och det centrala nervsystemet. Enligt NIOSH "The national institute of occupational safety and health" (NIOSH) är mera än  $0.05\text{mg}/\text{m}^3$  kvicksilver farligt. Kvicksilverångor blandad med  $20^\circ\text{C}$  varm rumsluft kan lätt överträffa värdet med 50 gånger (Baird, 2014).

I en ljuskälla för ett fluorescerande mikroskop finns det ungefär 110mg (i HBO-lampa) och 340mg (i metallhalogenlampa) kvicksilver per glödlampa. Jämförelsen med lågenergilampor som innehåller kvicksilver visar att mängden i en brännare för mikroskop är minst 11 gånger större. Mängden i en glödlampa är 5-10mg kvicksilver. (kvicksilver.nu, inte känt) Om mängden kvicksilver inom laboratorieenheten kan reduceras skulle trycket på miljön och avfallshanteringen minska samt risken för exponering av giftiga ångor för personalen och explosion i arbetsmiljön sjunka.

#### **4.2.2 Plastavfall**

Den Europeiska kommissionen arbetar hårt för att minska mängden plast i människans kretslopp och miljö och vill satsa mera på återvinning. Strategiplanen "European Strategy for plastics in a circular economy", som etablerades den 16 januari 2018, strävar efter att transformera den nuvarande plastförbrukningen genom att höja återvinningsraterna. Även en bättre design på plastprodukter, användbarheten av plast och produktion skall ses över i framtiden. Den Europeiska Kommissionen hoppas på att detta kommer att hjälpa marknaden för återvunnen plast att växa.

Plast är ett stort problem i samhället. Degraderingsprocessen inom naturen för olika sorters plast varierar från 450 år (plastflaskor) till 5000 år (polystyren). (Biotech, inte känt) I en uppskattning gjord av Roland Geyer, Jenna R. Jambeck och Kara Lavender Law presenterad i tidningen "Science Advances" i juni 2017 har ungefär 8300 miljoner ton plast blivit producerad sedan början av produktionen. Av de uppskattade 6300 miljoner ton år 2015 har enligt deras beräkningar omkring 9 % av plasten återvunnits, 12 % blivit förbränd och 79 % av plasten fraktats på deponering eller lagrats i naturen.

Inom medicin- och laboratorieenheten har plast dock blivit en produkt vars tålighet och renhet ger möjligheter för mångsidig användning och gör plast oersättlig. Plast kan formas i alla möjliga former, kemiska kombinationer och egenskaper. PVC, polypropylen (PP), polyester och polyamid (nylon) är bara några av många plastsorter vars användning finns inom medicinen. Plast tål sterilisation och kemikalier samt är lätt att transporteras. (Ramesh; Sivaramanarayanan, 2013)

Med tanke på de många egenskaper olika sorters plast har finns det inget arbetsområde inom ett kliniskt laboratorium vilket inte använder sig av plastprodukter. För att förebygga smittorisk hos patienter eller för skydd av personal i arbete med kemikalier eller kontaminerat organiskt material används skyddshandskar vars beståndsdelar oftast är olika sorters plast. Vinylhandskar är gjorda av polyvinylklorid (PVC) och nitrilhandskar består av akrylnitril-, butadien- och styren-monomer (ABS). De enda plastfria alternativen bland medicinska handskar är alternativ av latex som använder sig av naturgummi. (Ammex,2017)

Andra dagliga använda plastprodukter inom laboratorieenheten är pipettspetsar som består av polypropylen (PP), pasteurpipetter (engångspipett) av låg densitets polyeten (LD-PE) (Sarstedt AG, 2018), blodrör (BD Vacutainer<sup>®</sup>) av polyetentereftalat (PET) och blodtagningsnålar (BD, 2009). Det finns olika modeller av blodtagningsset. Det mest använda blodtagningssetet är inom laboratoriet det så kallade vakuumsystemet. Vid detta set används en nål med rörhållare i vilket ett blodrör med vakuum trycks in för att extrahera blodet. Vissa nålar är ihop byggda med engångsrörhållare. Andra nålar kan sättas manuellt in i rörhållaren. Vid vissa institutioner återanvänds rörhållaren om kontamination av blodet vid till exempel blodstänk kan uteslutas. Medan nålen är gjord av stål är nålhållaren gjord av plast. En steril förpackning skyddar nålarna för kontaminering, dock förorsakar de också mycket avfall.

Den årliga uppskattningen av prover som tas vid ett kliniskt laboratorium är kring 200 000. Detta betyder att det dagligen tas ungefär 550 prover vilket motsvarar en daglig användning

av kring 550 blodrör. Det tillkommer provtagningsmaterial som uppskattningsvis ligger kring 180 nålar per dag samt nålarnas förpackningar. Detta innebär dock att varje första blodtagningsförsök genast måste lyckas, eftersom vartenda nytt försök kräver en ny blodtagningsnål.

### **4.3 Energiförbrukning och resursanvändning**

Ett annat problemområde inom utvecklingen av hållbarhet är den höga energiförbrukning som laboratorieenheter har. Ett kliniskt laboratorium är beroende på storlek utrustat med flera analyseringsapparater. Inom kemiska laboratorieverksamheten behövs det för analys av patienternas blodprover t.ex. fluorescerande flödescytometri, koagulationsanalyser och kliniska och immunanalytiska apparater. Men även centrifuger, kyl- och frysenheter, dragskåp, mikroskop och destillationsapparat är grundläggande arbetsverktyg. Inom mikrobiologi- och histologienheten är ett flertal energikrävande dragskåp i användning, men däremot inte lika mycket apparatur. Enligt laboratoriets storlek och kapacitet finns det olika behov av analyseringsapparater. Avtal med andra kliniska laboratorier som köper undersökningstjänster av andra laboratorier påverkar också behovet av apparatur. I ett större kliniskt laboratorium är kapaciteten av en enda analyseringsapparat oftast snabbt uppfyllt och flera apparater med samma funktion är behövliga. De vanligaste analyserna inom det kemiska laboratoriet är t.ex. blodbild (PVK), glukoshalt (P-Gluk), natrium (P-Na), kaliumhalt (P-K), kreatinin (P-krea), C reaktivt protein (CRP) och koagulationsanalys. (Mäkijärvi, Harjola, Päivä, Valli & Vaala, 2015). Vid analysering kan det vara en fördel att kunna använda flera analyseringsapparater samtidigt för att säkra en snabb och pålitlig analys. Vid akuta fall och även vid vissa prover, där en snabb analys efter tagning av provet är nödvändig för att få rätt resultat, måste det alltid finnas kapacitet.

Vid analysering av biologiska prover inom mikrobiologienheten är ytterligare värmeskåp nödvändigt. För analysering av olika sorters bakterier vars skillnad ligger i deras ämnesomsättning, vilket benämns som aerob och anaeroba bakterier, behövs det olika sorters värmeskåp. Aeroba bakterier kräver syre för att kunna leva och växa. Dessa bakterier behöver ett värmeskåp som har syretillgång och en temperatur kring 37°C. Anaeroba bakterier växer endast i syrefria miljöer och kräver därför värme utan syre. (Solunetti, 2006)

Beroende på mängden mikrobiologiska prover är kapaciteten och antalet värmeskåp viktig. Mikrobiologiska prover odlas i värmeskåp minst 2 dagar. Vid behov av ytterligare

bakterieväxt för en närmare bestämning av bakterie krävs det ofta en eller flera dagar till i värmeskåp. (Laborariehandbok VCS, 2018) Vid tillförsel av dagliga nya patientprover behövs det stora kapaciteter. Det är inte ovanligt att större laboratorier använder sig av ett helt värmerum. Ett värmerum kräver mera energi och kostnader eftersom ytan som behöver uppvärmas är större.

#### 4.3.1 Fördelning av elektricitet

En studie genomförd året 2015 av tre stora kaliforniska energikoncerner ”Pacific Gas and Electric Company”, ”Southern California Edison” och ”San Diego Gas and Electric” visar förbrukningen av olika utrustning inom laborarieenheter. Av 32 testade maskiner, har 13 stycken visat sig vara mycket energikrävande. Av 13 olika maskiner har förbrukningen varit fastställd av försäljaren. Till de mest energikrävande apparaterna inom laborarieenheten hör, sorterad från högst förbrukning till lägst, dragskåp, -80°C frysenhet, laminarskåp, -20°C frysenhet, autoklav, vattenbad, inkubator, centrifug, kylskåp, vacuumpump, shaker, PCR-maskin och värmeblock (genomsnittsförbrukningen är beräknad i megawatt per timme/år och genomsnittskostnader ses i tabell 1). Som resultat kan ses att det är flera apparaturer som kräver energi för uppvärmning eller nedkylning som är med i listan.

**Tabell 1. De 13 mest energiförbrukande apparaterna inom laborarieenheten. Sorterad från högst förbrukning (översta raden) till lägst förbrukning. Kostnaderna är beräknade enligt ett fiktivt kWh pris och per styck. Priserna och förbrukningen varierar, vilket kan beror på olika modeller av apparater och ålder. Källa: Emerging Technologies Program, 2015**

<i>Apparat</i>	<i>Förbrukning i genomsnitt i MWh/år</i>	<i>Kostnader per år vid 0,13cent/kWh in euro</i>
Dragskåp	11 – 22	1 430 – 2 860
-80° Celsius frysenhet	3,9 – 11,2	507 – 1 456
Laminarskåp	3,1 – 6,9	403 – 897
-20° Celsius frysenhet	1,7 – 4,9	221 – 637
Autoklav	1,6 – 32,9	208 – 4277

Vattenbad	2,2 – 3,9	286 – 507
Inkubator	0,7 – 8,7	91 – 1 131
Centrifug	0,2 – 3	26 – 390
Kylskåp	0,2 – 2,7	26 – 351
Vakuumpump	0,02 – 2,7	2,60 – 351
Shaker	2,2	286
PCR-maskin	0,8	104
Värmeblock	0,25	32,50

Beroende på storleken på laboratoriet kan antalet apparater variera. De i tabell 1 listade energiförbrukningarna och kostnaderna per år är uträknade för en enda apparat och behöver multipliceras med antalet apparater som finns på laboratoriet. Eftersom energiförbrukningen och därmed kostnaderna kan variera mycket är det viktigt att kontrollera årsmodell och förbrukning av apparater. De stora variationerna visar att det finns energisparande modeller men också stora energikrävande modeller av samma sorters apparat.

#### 4.3.2 Dragskåp

Energiförbrukningen av dragskåp har studerats extensivt av forskningsgruppen Emerging Technology Program från Kalifornien. Men också andra källor påstår att ett dragskåp dagligen använder sig av i snitt så mycket energi som 3,5 hushåll sammanlagt (My green lab, 2017). Dragskåp behövs inom laboratorieenheten för arbete med ångande och farliga kemikalier såsom arbete med lättflyktiga och illaluktande ämnen (Solunetti, 2006). Ett dragskåp ventilerar stora mängder luft genom dragskåpets ventileringsystem för att säkerställa att ingen som arbetar vid dragskåpet blir utsatt för giftiga ångor eller andra ämnen.

Det finns skillnader mellan ventilationssystemen i dragskåp - de så kallade "Constant Air Volume" (CAV) ventilation och "Variable Air Volume" (VAV) ventilation. Skillnaden mellan den konstanta luftströmsventilationen (CAV) och den variabla luftströmsventilationen (VAV) är att VAV-dragskåpen har en justerbar lufttillström. Medan CAV-dragskåpen drar

luft konstant oberoende på inställning, kan VAV-dragskåpen minska sin lufttillförsel. För att det finns en korrelation mellan energiförbrukning och totalvolymen av utbytt luft i dragskåpet är det CAV-dragskåpen som anses mera energikrävande än VAV-dragskåpen.

Vid bedömning av energiförbrukning måste dock även personalens användningsteknik av dragskåpen tas med i beaktande. Dragskåpens höj- och sänkbara skiva, som kallas för sash, skall alltid justeras vid användning. Om sashen är uppe i högsta läget vid arbete med dragskåpet är inte bara skyddet av personalen förminskat, utan också energikonsumtionen vid VAV-dragskåp lika med förbrukningen av en CAV-dragskåp. Problemet med dragskåpen är dock inte enbart vilket ventilationssystem dragskåpet använder utan också att den påverkar laboratoriets inomhusventilation. Dragskåp som drar mycket luft ökar luftförbrukningen inom laboratoriet vilket ökar energiförbrukningen av inomhusventilationen.

#### **4.3.3 Kyl- och frysenheter**

Kyl- och frysenheter är essentiella utrustningar inom laboratoriet. Förvaring av prover kräver ofta kyl- eller frysutrymmen för att säkerställa provets hållbarhet. Även vid analyseringar som inte sker samma dag som proven togs eller prover som skall skickas iväg för analysering till ett annat laboratorium måste oftast mellanlagras i en kyl- eller frysenhet. Likaså kemiska reagens behöver ofta förvaras i kylenheter för att säkerställa hållbarheten. Men stora frys- och kylutrymmen är mycket energikrävande. Enligt forskningen genomförd av Jeff Beresini (Pacific Gas and Electric Company), Paul Delaney (Southern California Edison) och Kate Zeng (San Diego Gas and Electric) i mars 2015 i Kalifornien kräver en frysenhet med  $-20^{\circ}\text{C}$  minst 1,7 megawatt (MWh) elektricitet per år. En ultralåg frysenhet, vilken uppnår temperaturer till  $-80^{\circ}\text{C}$  kräver minst 3,9 MWh/år.

Laboratorieenheter inom universitetssjukhusen men även kliniska laboratorier som forskar mycket kring olika sjukdomar, personifierade mediciner, ny teknologi eller stamcells forskning, behöver oftast många patientprover för att kunna utföra forskning, vilket däremot kräver mycket lagringsutrymme. Ett bra exempel är det finländska projektet DIREVA vars forskningsprojekt koncentrerar sig på diabetesforskning inom släkten. Insamlingen av prover från patienter som är med i DIREVA-projektet utförs också av kliniska laboratorier (Vasa centralsjukhus). Projektet är ett långtidsprojekt och består av patientprover av olika generationer. Själva projektet började i Vasa 2007 och under en tio års tid har över



60 000 prover samlats. Alla prover förvaras inom frysfrys för analysering och arkivering. (Vasa centralsjukhus, 2017) Enligt institutet för hälsa och välfärd (THL) sparas biologiska prover som blodprover, DNA och celler vars analysering visade intressanta fynd i flera tiotals år för mera omfattande undersökningar och som uppföljningsmaterial.

#### 4.4 Vattenförbrukning

Tidigare forskning visar att vattenförbrukningen är ett essentiellt problem inom kliniska laboratorier (Lopez et. al., 2017). Vattenkostnaderna varierar inom Finland beroende på kommun. I Vasa kostar en kubikmeter vatten ( $m^3$ ) 1,36 euro (Vasa vatten, 2014) och i Helsingfors 1,41 euro (HSY, 2018). En kubikmeter är 1 000 liter vatten.

Det finns olika arbetsprocesser inom laboratoriet som kräver vattenresurser. Med tanke på ett kliniskt laboratorium är hygien en avgörande faktor i analysering av patientprover. I laboratoriet används det mycket arbetsredskap gjorda av engångsmaterial vars funktion efter användningen är uppfylld och redskapet kastas bort. Men det finns också en del utrustning som återanvänds efter att det har genomgått en hygienisk behandling. För att uppfylla de laboratoriska kraven av hygien är speciella industriella diskmaskiner eller autoklavapparater nödvändiga. De industriella diskmaskinerna skiljer sig från diskmaskiner som används i hemmabruk genom att de har högre temperaturer och antal sköljningsomgångar. Sköljningsprocessen av en industriell diskmaskin upprepas fyra gånger och dessa diskmaskiner kan nå temperaturer upp till 95°C. Bakterier och organiskt samt oorganiskt material avlägsnas från materialen och utrustningen kan återanvändas. (LabManager, 2018)

I en jämförelse av en industriell diskmaskin och handdiskning av samma antal glasföremål, sparar diskmaskinen årligen över mera än 6000 liter vatten än handdiskningen. Med en förbrukning av kring 50 liter vatten per diskning använder diskmaskinen 25 liter mindre vatten än handdiskningen av 30 glasföremål, vilket motsvarar kring 75 liter vatten. (Wasescha, 2016)

Medan nyare modeller av industriella diskmaskiner blivit mera hållbara i användningen av vatten är autoklaveringsmaskiner ännu stora vattenförbrukare. En autoklav är en steriliseringsapparat som applicerar 120°C vattenånga med undertryck på utrustningen, vilken dödar bakterier samt avlägsnar nukleinsyrerester som DNA och RNA från utrustningen. Processen av autoklivering är speciellt nödvändig vid cellodling eller undersökning av

bakterier. Vid otillräcklig rengöring eller diskmaskinrengöring skulle analyseringen samt odlingen misslyckas på grund av växt från förorening av mikrober. (Solunetti, 2006)

En autoklavering är inte enbart en stor användare av energi utan också av vatten, eftersom den kräver vatten i tre olika processer. Vid första processen värms autoklaveringsapparaten upp genom att fylla de dubbelsidiga ytterväggarna med varm ånga. Efter uppvärmning av apparaten används vatten för att åstadkomma ett vakuum som underlättar etablering av ett undertryck. Undertrycket behövs för behandlingen av laboriematerialet och ordentlig sterilisation. Det finns två olika metoder för att nå vakuomet, genom en aspiratorpump eller en vattenringpump.

I tredje processen beräknas nedkylningen av kondenseringen som en stor del av vattenkonsumtionen. Den heta ångan som bildar kondensering måste kylas ned innan den får avflyta genom avloppet. För nedkylningseffekten används oftast kallt vatten. Eftersom kondenseringen inte bara sker i ändfasen av autoklaveringen utan också vid tomgång, uppvärmningsfasen och mellansteriliseringen är vattenbehovet av nedkylningsprocessen stor. (Consolidated sterilizer systems, 2018) En autoklav i beredskapsläge, dvs. konstant beredd att användas och på dygnet runt, förbrukar i genomsnitt 550 liter per dag (California Urban Water Conservation Council, 2008). Detta betyder att vattenkonsumtionen årligen ligger kring ca 200 000 liter för enbart en enda autoklav. Kostnaderna som uppstår i vattenförbrukning ligger mellan 270 och 280 euro per enhet.

En stor förbrukning av vatten behövs även vid produktion av destillerat vatten. För att producera över 3 liter destillerat vatten behövs det över 10 liter vattenresurser (Fleischer & Armenta, 2015). Destillerat vatten skapas i en kondenseringsprocess vars uppgift är att separera partiklar och mineraler i kranvatten från vattnet ( $H_2O$ ). Vattnet hettas upp tills det kondenserat. Det kondenserade vattnet som är fritt från partiklarna samlas upp i en skild uppsamlingsbehållare och kan användas som destillerat vatten. Destillerat vatten används inom laboriet för beredning av olika lösningar, som nollprov för kalibrering av apparater, för att rensa glasföremål, sterilisation av utrustning och för att producera högkvalitativt rent vatten (high purity water) (Helmenstine, 2018).

#### **4.5 Kemikalier**

Arbetet med kemikalier är oundvikligt inom laboriet och därför är ett hållbart och noggrant arbetssätt viktigt för miljön, även för personalen, eftersom många kemikalier kan

orsaka hälsorisker och föroreningar i vattendrag. Arbetsprocesser i vilka miljö- och hälsofarliga kemikalier används är till exempel färgningar av blodutstryk, mikroskopering, HPLC-analys, fixering av geler och dehydrering samt avparaffinering inom histologiska processer. (Bolmstedt; Sundberg, 2015)

Det finns alternativ till vissa miljöfarliga och hälsoskadliga kemikalier som har testats inom laboratoriet. Kemikalier som kan bytas ut är till exempel xylen, metanol, immersionsolja med klorparaffiner och ftalater, n-hexan, Etidiumbromid, DPX-monteringsmedel, Dimetylformamid och Borsyra i TBE-buffert.

Xylen ( $C_6H_4(CH_3)_2$ ) används oftast i samband med histologiska undersökningar. Vid avparaffinering av ett vävnadssnitt innan färgningen och vid dehydrering av vävnadsprovet inför inbäddning används xylen inom laboratorieverksamheten (Bolmstedt; Sundberg, 2015). Inom mikroskopering används xylen som rengöringskemikalie som avlägsnar rester av immersionsolja på mikroskopens objektiv (Cargille, 1985). Xylen är hälsovådlig och kan vid inandning ge problem med det centrala nervsystemet samt att det kan irritera huden (Kandyala et. al., 2010). Exponeringen av xylen och alkohol samt andra lösningsmedel har minskat i Finland under de sista årtionden, men fortfarande är var femte arbetstagare i kontakt med lösningsmedel. För ca 20 000 arbetstagare utgör lösningsmedel som xylen och alkoholer en hälsofara på arbetet. (Furu et. al., 2011)

Metanol ( $CH_3OH$ ) hör till gruppen alkoholer och är den enklaste kemiskt uppbyggda varianten. Inom laboratoriet behövs metanol bland annat för silverfärgningen av proteinerna i polyakrylamid gel. Denna elektroforesmetod har blivit populär inom laboratoriet eftersom den är känslig och kräver inga dyra reagenser. (Chevallet; Luche; Rabilloud, 2006) Metanol är dock giftig för människan och kan tränga in i kroppen genom inandning, via slemhinnorna eller hudkontakt. I kroppen kan metanol skada levern och det centrala nervsystemet. (Schep; Slaughter; Vale; Beasley, 2009)

Klorparaffiner och ftalater i immersionsolja är båda mycket giftiga för vattenlevande organismer och kan påverka vattenmiljön en lång tid efter exponering. Ftalater är även klassificerade som skadliga för människan eftersom de kan ge fosterskador och påverkar reproduktionsförmågan. (Kemikalieinspektionen, 2016) Hur många människor som tar skada av ftalater och klorparaffiner är oklart. Ftalater finns dock i många plastartiklar omkring människan och varje exponering borde undvikas för att minska risken för utsatthet.

Immersionsolja används inom mikroskopering där det appliceras på preparatet för att kunna se blodutstryken.

Kemikalien n-hexan används inom laboratorieverksamheten bland annat som lösningsmedel eller för att genomföra HPLC- metoden (high performance liquid chromatography). N-hexan har egenskapen att kunna upplösa och separera fetter och oljor (Eagleson, 1994). Kemikalien har klassificerats som giftig för miljön och människan och har registerats i den Europeiska kemikalieförordningen REACH i 2012. Enligt en studie utförd av ATSDR (Agency for toxic substances and disease registry) är laboratoriepersonal en av de arbetsgrupper som är mest utsatt för n-hexan. (ATSDR, 1999)

Etidiumbromid (EtBr) är en visualiseringskemikalie som används inom molekylärbiologi för att synliggöra DNA och RNA. Denna reagens kan upptas vid kontakt av huden och kan förorsaka genetiska förändringar på grund av sin cellgenomträngande egenskap. (Bolmstedt; Sundberg, 2015) Halten etidiumbromid som används inom laboratoriet anses vara så låg att den inte behöver klassas som mutagen. Dock kan en regelbunden användning och därmed risk för exponering påverka mängden som kroppen tar upp. Additiva effekter och multiexponering av andra kemikalier inom laboratoriet kan inte utesluta den hälsovådliga effekten av etidiumbromid. (Karolinska Institutet, 2018)

DPX och andra monteringsmedel som Pertex, Entallan och Eukitt är fixeringslösningar som används för att fästa histologiska och patologiska vävnadssnitt på fixeringsglaset. Dessa monteringsmedel innehåller mängder av xylen och etylbensin och är därför inte ofarliga för personalen. (Bolmstedt; Sundberg, 2015)

Dimetylformamids användningsområde ligger vid analys av alkaliska fosfataser vid leukocyter. Den kemiska reagensen sammanges med naftol-AS-fosfat vilken är i fast beståndsform och kan lösas upp med hjälp av dimetylformamid. Naftol-AS-fosfat är en viktig reagens inom analys av leukocyter och ersätts sällan med någon annan reagens. På grund av dimetylformamids egenskap, att kunna lösa upp naftol-AS-fosfat, används dimetylformamid även om den rapporterades vara hälsovådlig för kvinnor och deras ofödda barn (New Jearsey department of health, 2003). Gränsvärden av dimetylformamid är 10 ppm vilket motsvarar 30mg/m<sup>3</sup>. Kemikalien kan tas upp av kroppen vid inandning eller hudkontakt. Personal som hanterar dimetylformamid inom laboratoriet bör därför vara speciellt aktsam.

Borsyra är en svag syra vilken används som buffert för gelelektrofores inom laboratoriet. Med gelelektroforesmetoden kan makromolekyler som proteiner och nukleinsyror separeras och hålla TBE-bufferts pH-värdet konstant. Inom medicinen uppfyller borsyra en antiseptisk uppgift. Även om borsyrans toxikologiska påverkan på människan och naturen för några år ännu inte har varit klassificerad som problematisk har sedan dess flera nya tillkommande bekymmer gällande kemikaliens toxiska påverkan gjort att borsyra blivit listad i REACH år 2010. Eftersom borsyra används mycket inom hälsovården, som antiseptikum och inom laboratoriet, borde mängden begränsas för att minska människans utsättningsrisker. (European chemical Agency, ECHA, 2010)

Alla kemikalier som listats ovan har en stor påverkan på människans hälsa och kan vara en hälsorisk inom arbetet i laboratoriet. Där stora mängder kemikalier hamnar i avloppet kan även vattenkvaliteten degraderas och detta utgör en hälsofara. Med en introducering av mindre giftiga kemikalier skulle även avfallet av laboratoriekemikalier och avloppsföroreningar bli mindre giftigt och kräva mindre specialbehandling. Konceptet ”The 12 Principles of Green Chemistry” som utvecklades år 2016 rekommenderar förutom utbyte av giftiga kemikalier också att förebygga produktionen av avfall. En nedskärning av avfall kan enligt konceptet nås via katalytiska transformationsprocesser som kan degradera kemikalien till mindre farligt avfall. Processen gör att den farliga kemikalien förändrar sin kemiska struktur vilket kan uppnås med hjälp av syror och baser.

## **5 Materialval och miljövänliga metoder**

Efter granskningen av ohållbara problemområden inom kliniska laboratorier kan konstateras att det finns flera möjligheter att minimera resurser och spara energi samt pengar. Många av alternativen som rekommenderas i detta slutarbete är alternativ vars omsättning inte kräver stora åtgärder av personalen eller patienterna.

### **5.1 Justeringar för användning av dragskåp**

Ventilationen i ett dragskåp är indirekt kopplad till ventilationen i rummet där dragskåpet står. Ventilationssystemet i ett dragskåp, oberoende på konstant (CAV) eller variabel (VAV) drar in luften från omgivningen genom en frontventil på framsidan eller genom öppningen vid justeringen av sashen. Vid ett ventilationssystem som har ett konstant uttömningsflöde dras

även kontinuerligt luft genom frontventilen. Detta kan påverka ventilationen för inomhusluften eftersom inomhusventilatorer ofta fungerar enligt samma princip med konstant (CAV) eller variabel (VAV) lufttillförsel. Om dragskåpet inom rummet behöver mycket lufttillförsel på grund av ett starkt luftflöde inom skåpet, behöver även inomhusventilationen en starkare tillförsel av luft som resultera i en ökad energiförbrukning.

Enligt rekommendation av Santa Barbara University i Kalifornien skall laboratoriedörrarna hållas stängda där arbete med dragskåp sker. Vissa laboratorier har ett negativt lufttryck i inomhusluften som håller luftburna mikroorganismer inom laboratoriet. Om dörrarna inte förblir stängda är det tyngre för ventilationssystemet att åstadkomma det negativa lufttrycket. Ventilationen behöver därmed mera energi och risken att smittämnen far ut ur laboratoriet ökar. (UCSB Sustainability, 2017)

Medan förorenad och förbrukad luft sugts ut genom ett avgasrör vid toppen av dragskåpet, finns det vid insugningen av ny luft bara en snedslipad luftväg vars uppgift är att sakta ned luftströmmen. Om sashen öppnas tillförs skåpet en ytterligare luftväg därigenom hastigheten av luftflödet blir starkare på grund av att luften kan strömma in utan hinder. (Princeton University, 2018)

I ett experiment genomfört av Harvard University, vilket började år 2005 och fortfarande fortgår, har ett beteendeförändringsprogram i arbete med dragskåp införts. På grund av att dragskåp är stora energiförbrukare utvecklades ett "stäng sashen"-program för att minska luftförbrukningen. Målsättningen med projektet har varit minskning av laboratoriekostnader och reducering av växthusgaser, vilket etableras genom att minska luftflödet.

Genom att påminna personalen om att stänga sashen med hjälp av klistermärken, små meddelanden eller kontrollchecks kunde Harvard University spara upp till 200 000 dollar årligen och spara uppskattningsvis 70 % energi. Med en tävling som involverade flera laboratorier kunde personalen motiveras till att genomföra programmet och ökade revaliteten. Månatliga utvärderingar gjorde personalen mera medveten.

Under tiden som programmet utökades till flera laboratorier fästes uppmärksamhet på att forskare allmänt använder dragskåp oftare och längre perioder än personalen vid kliniska laboratorier gör. Intensivare arbete vid dragskåpet kan öka risken för att sashen förblir öppen. På grund av bekymmer bland personalen inom vissa laboratorier installerades i dragskåp automatiska sash-stängare som aktiverades då en längre paus konstaterades av sensorer.

Resultatet visade att den automatiska sashen hade varit lika effektiv som motiverad personal. (Gilly, 2015)

I slutändan kan energi och kostnader av dragskåpsanvändning reduceras med hjälp av olika initiativ. Kontroll av luftflödet är en avgörande faktor i arbete med dragskåp som kan spara mycket energi. Om möjligheten består är användningen av ett dragskåp med ett variabelt ventileringsystem (VAV) mera hållbar än ett dragskåp med konstant ventilering (CAV). I arbete med dragskåpet bör kontrolleras att lufttillförseln alltid hålls till det minsta möjliga. Detta uppnås genom att ha sashen i lägsta arbetsläge.

Att höja medvetandet bland personalen om att dragskåp förbrukar mycket energi, kan hjälpa dem att stänga sashen på dragskåpen helt efter användningen. Kännedom om fakta kring dragskåp bör spridas bland personalen så att informationen hjälpa dem att använda arbetsredskapet rätt. En minimering av dragskåpsanvändning skall däremot inte eftersträvas eftersom det kan uppstå risk för personalens hälsa. De dragskåp som inte är i användning skall helst stängas av eftersom luft fortfarande strömmar genom dragskåpet även om sashen är stängd.

## **5.2 Frysenheter från -80 till -70°C**

Ultralåga frysenheter som når upp till -80 °C är stora energikrävande kylenheter. I jämförelse med en svensk familjs elförbrukning i ett hushåll kan en frysenhet förbruka lika mycket ström på en månad som ett familjehushåll förbrukar för matlagningen per år (Energirådgivaren, 2011). En ultralåg frys förbrukar mellan 470 (Thermo (chest)) till 1000kWh (Sanyo) elektricitet per månad, beroende på märke och storlek. Skillnaden i kostnader kan variera med upp till 2,30 euro per dag om elkostnader per kWh skulle vara 0,13 euro. En frysenhet med 470 kWh förbrukning per månad (24 timmar i bruk) kostar med 0,13 euro kWh pris ca 2 euro, en frysenhet med 1000 kWh däremot ca 4,30 euro per dag.

För att minska elkonsumtionen av ultralåga frysenheter är en regelbunden avtining och rengöring av frysen nödvändig. Vid längre bruk bildas is inom frysen vilket etableras av den varma luften som strömmar in genom dörren vid varje öppning av frysen. Isen blockerar temperaturmätaren och värmespiralen vars uppgift är att hålla frostbildningen liten. Om isbildningen växer över en halv centimeter behöver frysen mera energi för att åstadkomma den kalla temperaturen. (Biocompare, 2012)

En jämförelse av olika fabrikanter är också en möjlighet inför anskaffning av en ny frysenhet. Fabrikanten Thermo Fischer till exempel erbjuder miljövänligare frysenheter vars förbrukning enligt deras introduktionshäfte skulle vara hälften mindre än vanliga frysenheter.

Minskning av elförbrukning vid äldre eller redan införskaffade ultralåga frysenheter kan lätt åstadkommas med att sänka temperaturen från  $-80$  till  $-70$  °C. Ett pilotprojekt genomfört av ”(the) Center of disease control and prevention” (USA) år 2012 kunde åstadkomma en nästan 40 % energireduktion genom att höja temperaturen från 60 ultralåga frysenheter från  $-80$  till  $-70$ °C (York, 2013). Också fabrikanten Thermo Fischer påpekar i introduktionshäftet för hållbara frysenheter att deras modeller kan spara in 10-18 % energi då frysenheten justeras till  $-70$ °C istället för  $-80$ °C (Thermo scientific, 2016). Om energireduktionen ligger uppskattad vid ca 10% vid justering till  $-70$ °C kan en 50-150 euro inbesparning per år och per enhet åstadkommas.

Att höja temperaturen vid en frysenhet med 10° Celsius kan låta mycket med tanke på fragila nukleotider och proteiner som lagras mest i dessa låga temperaturer. Dock är lagringen av dessa molekyler vid  $-70$ °C inget att oroa sig för. Även bakterier och virus kan frysas och därmed säkras för framtiden i dessa temperaturer. University UC Boulder i USA har lagrat och publicerat en Excel-tabell med alla prover som lagras vid  $-70$ °C eller även varmare temperaturer. Under dessa prover befinner sig DNA- och RNA-prover samt antikroppar, peptider, proteiner, bakterier och enzymer. Även mänskliga celler och vävnader är en del av proverna vars frystemperatur ligger vid  $-70$ °C och lagras i flera år.

Trots att information om provernas stabilitet och hållbarhet vid frysning, oberoende av  $-70$  eller  $-80$ °C, inte ofta dokumenterats har olika studier visat att DNA, RNA, virus och antigen är stabila och håller sig vid  $-70$ °C (Miller, et. al., 2008). Också en tillbakablick 20 år i tiden visar att lagring av kliniska prover har varit möjliga även om utvecklingen av ultralåga frysenheter ännu inte hade gått så långt att de kunde uppnå temperaturer lägre än  $-70$ °C. Med utvecklingen av frysenheterna och fabrikanternas konkurrenständande har den tidigare lågfrystemperaturen justerats från  $-70$  till  $-80$ °C. De nyaste frysenheterna som utvecklats av olika fabrikanter värvar kunder med temperaturer upp till  $-86$ °C. En effektivare frysning vid  $-86$ °C har dock inte dokumenterats.

Även lagring vid  $-20$ °C och  $+4$ °C samt rumstemperaturlagring för extraherad DNA är möjligt och bör inte bortglömmas eftersom dess lagringskostnader med tanke på energiförbrukning



reduceras med kring 80 % (Wu, et. al., 2011). Beroende på lagringslängden skall det rätta kylningssystemet hittas för olika prover. Prover som lagras i en vecka klarar sig oftast i kylskåpet med en temperaturskala från +2 till +8°C. Korttidslagring, vilket innebär oftast några månader, kan åstadkommas vid -20°C och vid långtidslagring eller utökad långtidslagring kan respektive ultralåga kyleneheter (-60 till -80) eller LN2-kylelement (flytande kväve, -150 till -196°C) användas. (Elson, 2013)

### **5.3 Förvaring av DNA- och RNA-prover i rumstemperatur**

Ett pilotprojekt utfört år 2009 från Stanford University visar att biomolekyler av DNA, RNA och bakterier kan stabiliseras vid rumstemperatur och behöver inte nödvändigtvis lagras i frys. Enligt beräkningar kunde Stanford University förvara 20-25% av proverna i rumstemperatur som tidigare hade förvarats kallt. Pilotprojektet visade sig spara in 11-20 miljon dollar åt universiteten i elektricitet, kostnader för ny lagringsplats och ca 20 tusen ton i CO<sub>2</sub>-utsläpp. (Jensen, 2009)

För att kunna stabilisera DNA, RNA och bakterier krävs en teknologi baserad på extremofil biologi. Grundaren av denna teknologi är Dr. John Crowe och professor Emeritus UC Davis. Ordet extremofil betecknar organismer vars överlevnadsegenskaper är exceptionellt bra i levnadsförhållanden som är skadliga för de mesta organismer (Rampelotto, 2010). Extremofila organismer har utvecklat egenskapen att skydda sitt DNA, RNA, sina proteiner, membran och cellsystem i väldigt torra eller anhydrobiosa förhållanden (uttorkning). Vid tillfogat vatten kan deras DNA, RNA, proteiner, membran och även cellsystem återställas och organismen fortsätter leva. Denna teknik etablerad av extremofila organismer togs som inspiration för att konservera DNA- och RNA-prover. Man utvecklade en termostabil barriär som formar sig kring DNA:t och RNA:t och hjälper till att skydda provet från degradation i processen av uttorkning. Om lagringen av patientprover i rumstemperatur skulle etableras inom kliniska laboratorier och förvaringsutrymme på en hel -20°C frysenhet sparas, skulle detta kunna minska kostnader med 220-640 euro per år.

### **5.4 LED-lampor**

Light-emitting diodes (LEDs) är alternativa glödlampor vars energisparande egenskap är känd sedan flera år. I olika jämförelse av LED-lampor, lysrörslampor (CFL) och vanliga glödlampor vinner LED-lamporna i alla kategorier. Även om LED-lampor är betydligt dyrare

än vanliga glödlampor är det livslängden och den betydligt mindre förbrukning av elektricitet som gör att LED-lamporna i slutändan är billigare.

Medan energisnåla lysrörslampor är förmånligare än LED-lampor, är lysrörslampornas miljöpåverkan större eftersom rören innehåller kvicksilver. LED-lamporna är därför det bästa alternativet för belysning inom laboratoriet och bidrar därmed att spara energi och pengar.

Nyare forskning och utveckling av LED-lamporna under de senaste 5 åren har dock visat att LED-lampor också kan användas inom ljus- och fluorescensmikroskopi. I tidigare försök med LED-lamporna vars teknologi har varit baserad på en kombination av färgade LED-lampor har några våglängder blivit missade och inte alltid kunna göra synfältet synligt. Genom utveckling av LED-lamporna har dock en ljusare källa med "white light" etablerats vilket gör mikroskopering i alla spektrum möjligt. (Baird, 2014)

Allison Paradise från institutionen "My Green Lab" har gjort en jämförelse av två olika LED-lampor och en allmänt använd metallhalogenlampa med kring 1800 timmar på sig. Resultatet visar att synfältet i fyra olika undersökningar med olika fluorescensfärger (DAPI, GFP, CY3 och CY5) är lika, om inte t.o.m. bättre (CY5) i jämförelse med LED-lamporna. (Paradise, 2013)

Fördelarna med LED-lamporna inom mikroskopering är många, allt från att minimera miljöpåverkan genom att använda kvicksilverfria ljuskällor till att spara energi, pengar och minimera hälsorisker som kvicksilverlamporna för med sig. LED-lamporna har en livslängd på över 10 000 timmar utan att riskera en signifikant degradering av ljusintensitet och förbrukar 0,015 kWh/dag då ljuset brinner 24 timmar. I jämförelse med en 120W metallhalogen vars livslängd är kring 2000 timmar är förbrukningen 3,5 kWh/dag. Prisskillnaden i energikostnader per år är enormt med tanke på olika sorters lampor. Energiförbrukningen för en LED-lampa per år är ca 70 cent medan en metallhalogenlampas energiförbrukning ligger kring 166 euro.

Vid korttidsanvändning av mikroskop i vissa undersökningar har mikroskopet behövt lämnas på för att inte degradera ljuskällans livslängd och för att säkerställa att ljuskvalitén är bra (kvicksilverlamporna behöver en uppvärmningstid på ungefär 30 minuter). Användning av LED-lamporna kräver ingen uppvärmningstid och livslängden förkortas inte genom kortare intervaller av mikroskopering. LED-lamporna producerar dessutom inte överskottsvärme vilket skulle kunna påverka levande organismer. (Paradise, 2013)

## 5.5 Autoklivering

Med tanke på vattenförbrukningen vid autoklivering är det viktigt att påpeka att den största delen av vattenförbrukningen kommer från nedkylnings- och vakuumprocessen, inte av själva steriliseringsprocessen med ångan. För att kunna minska på vattenkonsumtion vid autokliveringsprocessen är det av avsevärd betydelse att jämföra olika tillverkare. Några tillverkare erbjuder upprustningar för nedkylningsprocessen men också förbättrade vakuumpumpsystem. Men också vid inbesparning av energi är en jämförelse av olika tillverkare lönsamt eftersom kostnaderna av olika autoklavapparater varierar från 208 - 4277 euro.

Medan gamla nedkylningssystem konstant tillför kylningsvatten till autoklaven har nyare system en inbyggd termostat, också kallad för "water-mizer" (Replacement Parts Industries inc, 2018). Vid temperaturer mindre än 60°C är kylningsprocessen inte igång. När den flytande avfallsprodukten överskrider 60°C sätts kylningssystemet på. Denna uppgradering vars uppgift är att reglera vattentillförsel efter temperaturmätningar kan spara i genomsnitt upp till 90 % av vattenresurserna.

En ännu mera effektiv investering är ett vattenedkylningssystem vilket använder ett loop-system. I loop-systemet används det kondenserade vattnet vilket i ett gammalt system sköljs bort som avfallsprodukt. Med den återanvända avfallsprodukten som består av nedkyllt kondenseringsvatten och kylningsvatten kan återigen kondensvatten kylas ned. Ett kombinationssystem som använder sig av ett loop-system, samt tillför vatten vid temperaturer över 60°C, är en mycket effektiv investering. Investeringskostnaderna betalas tillbaka av de inbesparningar som görs av vattenresurserna redan efter 3–6 månader enligt amerikansk forskning.

Även vid hållbara vakuumsystem är återanvändning av vattenresurser nyckeln till inbesparningar. Ett installerat cirkulationssystem i en vakuumpump gör att vattnet pumpas tillbaka till vakuumpumpen efter att det har blivit använt. Med återanvändningen av vatten kan även i detta skede sparas en stor mängd resurser - dock är anskaffningsinvesteringen större än nedkylningssuppleveringen. Beroende på tillverkare kan investeringen återbetalas efter 2–5 år. (Consolidated sterilizer systems, 2018)

Ett alternativ utan att investera i uppgraderingar eller nyare autoklaveringsapparater är att observera autoklavens beredskap. Om autoklaven är konstant i beredskapsläge, vilket betyder

att autoklaven är uppvärmd och kan köras när som helst, är vattenkonsumtionen som högst. Eftersom en autoklav behöver en viss tid att värmas upp är det behändigt att ha apparaten i beredskapsläge i en stor laboratorieenhet om autoklaveringen behövs flera gånger om dagen. Med planering och tidsplanering kan även beredskapslägen justeras. Autoklaven kan till exempel stängas av över natten och helgerna. Enligt forskning kan en autoklav vars beredskap bara är på om vardagar reducera vattenmängden med 70 % (Consolidated sterilizer systems, 2018). Ett annat alternativ som några fabrikanter erbjuder är en tidsklocka vars funktion är att stänga av autoklaven automatiskt vid längre oanvända stunder. En timer som sätter igång autoklaven automatisk, kan hjälpa till att reducera väntetiderna för uppvärmningsprocessen efter att autoklaven har varit avstängd.

## 5.6 Renat vatten

Användningen av destillerat vatten inom laboratorieverksamhet är mångfaldig och vanlig. Även om kranvatten i Finland har en hög status kan dock kranvatten inte ersätta funktionen av destillerat eller annat filtrerat vatten. Andra filtreringssystem som avjoniserat vatten, Milli Q samt omvänd osmos är filtrerade vätskeformer som också används inom laboratoriet. Dessa kräver dock mera energi, vatten och kostnader i framställningen. (My green lab, 2017)

Vid högt behov av destillerat vatten kan vissa laboratorier använda sig av så kallade ”water stills” som producerar destillerat vatten i stora mängder. ”Water stills” rekommenderas inte av miljöaktivister eftersom konsumtionen av vattenresurser samt energiförbrukningen är väldigt hög. Den stora mängden tillgänglig destillerat vatten kan dessutom leda till att personalen slösar mera med destillerat vatten och använder det för arbetsprocesser i vilka vanligt kranvatten skulle räcka till.

Med detta avsnitt om destillerat vatten är det inte meningen att reducera arbetsprocesser inom vilka destillerat vatten används som hjälpmedel för rengöring, sköljning, kalibrering och spädning av prover. Meningen med detta avsnitt är att påpeka den höga vattenkonsumtionen som krävs för att framställa filtrerat vatten. Detta skall göra personalen mera uppmärksam på sin förbrukning och iaktta sin konsumtion. Istället för att spola kontinuerligt med nytt destillerat vatten på glasföremål kan blötning eller drypande destillerat vatten appliceras. Användning av lämpliga mängder inom arbetsprocessen samt personalens medvetenhet om att destillerat vatten är en kostsam resurs kan hjälpa att hålla konsumtionen låg.

## 5.7 Minskning av avfallsmängden

Med tanke på att minimera avfallsmängden inom laboratorieverksamheten skall i detta avsnitt poängteras inte bara minskning av avfall utan också användning av miljövänligare alternativ än plast. Byte av plastmaterial till ekologiska alternativ reducerar inte nödvändigtvis avfallsmängden inom laboratoriet men långsiktigt betraktat kan avfallsmängden reduceras inom avfallshanteringsprocessen.

Inom det kliniska laboratoriet har plast blivit ett viktigt material vars tålighet, renlighet och vikt är avgörande för att det ha blivit en produkt som har ett brett användningsområde inom laboratoriet. Många produkter gjorda av plast kan inte bytas ut utan att det skulle påverka laboratoriets effektivitet och säkerhet. Vid jämförelse av plast- och glasrör för blodtagning till exempel, skulle glasrören höja risken för skador eftersom glaset kan gå sönder vid fall. Dessutom är glasrören tyngre vilket innebär att transportereringen skulle behöva mera energi. Även om det fortfarande finns olika blodsamlingsrör för speciella undersökningar vars material består av glas, är plaströr i allmänhet mera använda inom laboratoriet.

Inom laboratorieverksamheten kan det finnas vissa användningsområden som inte kräver plast eller stora mängder av förpackningsmaterial. I vissa fall kan plastavfall minskas genom att använda miljövänligare material. Fokus ligger på material som inte påverkar själva undersökningen eller analysen av provet. Till detta skulle kunna räknas plastmuggar och plastpåsar. Ett byte av tillverkare som använder miljövänligare eller mindre förpackningar kan också påverka plastförbrukningen.

Patienter vilka har blivit ordinerade belastningsundersökningar får vid vissa belastningar dricka en vätska. Vätskan fylls oftast i en kopp vars material inte är avgörande för undersökningen. Också patienter som lider av obehag vid blodtagning eller är nära att svimma får ofta ett glas vatten ur en kopp gjord av engångsmaterial. Istället för att använda plastkoppar kan majsstärkelsebaserade engångskoppar vara ett alternativ vars egenskaper är hygieniska, icke-toxiska och säkra för mänsklig användning. Dessutom är majsstärkelsebaserade koppar snabbt nedbrytbara och kan framställas ur förnybara resurser eller avfallsströmmar. (Ecogreen, 2017) Pappersmuggar och papperspåsar är också alternativ ifall de är framställda av återvunnet papper.

Plastpåsar används inom laboratoriet främst i arbete med patienten där provtagningsmaterial förvaras och tas hem till patienten. Detta kan vara urinburkar med tillhörande urinrör samt

klistermärken för namnmärkning, avföringsrör och burkar eller urininsamlingskanistrar och anvisningar. Eftersom det oftast är mycket material som patienten skall ta hem är en påse där allt material samlas oftast outhärlig.

På marknaden finns det redan flera alternativ till plastpåsar vars egenskap påstås vara miljövänliga. Dock finns det signifikanta skillnader beträffande biologiskt nedbrytbara påsar. Påsar vars nedbrytningsprocess varar 4-6 veckor är gjorda av 100 % nedbrytbara råvaror som korn-, majs eller potatisstärkelse och är bättre alternativ för miljön. Andra biologiskt nedbrytbara påsar har substanser av biologiska tillsatser i materialet men består dock ändå av olika syntetiska polymerer. Nedbrytningen av dessa påsar sker inte till 100 % och delnedbrytningen tar från ett halvt år upp till 2 år under påverkan av syre. (SprintLab SIA, 2016)

Ibland är det viktigt att jämföra olika tillverkare eller även modeller. Vissa produkter kräver mera förpackning än andra. BD's "Vacutainer Eclipse blood collection needle with preattached holder®" används till exempel mycket inom laboratorier i Finland. Nålen har ett säkerhetslås vilket förhindrar stickningsfara efter att nålen har blivit använd och låst - därtill finns en färdigt ansluten rörhållare. Nålsystemet anses vara säkert och lätt att använda enligt tillverkaren. Nackdelen är dock att nålsystemet producerar stora mängder avfall med tanke på förpackningen. BD's Vacutainer-nål med hållare är helförpackad i en plastförpackning samt att nålen har en skyddshylsa på. Däremot erbjuder BD också en liknande modell vars förpackning begränsas till skyddshylsan och till en liten rund plastförslutning vid rörhållarens öppning. Förpackningens mängd skulle vid byte av nålen minska rejält. Vid val av nålen på BD's internetsida och vid beställning har personalen dock ingen insikt i hur förpackningen av nålarna ser ut.

Återanvändning av rörhållaren rekommenderas inte enligt organisationen "National Phlebotomy Association". Deras forskning om återanvändning av rörhållaren visade att 99 % av den återanvända hållaren hade varit kontaminerad. I USA har därför återanvändning blivit förbjudet av organisationen OSHA Safety and Health Information Bulletin (SHIB 10-15-03) redan i 2003. Med BD's lansering av sitt venprovtagningsset med förmonterad rörhållare år 2010 poängteras även att under de miljoner av nålsticksskador som händer årligen i den Europeiska Unionen händer mera än en av tio vid kanylens bakventil. Detta betyder att risken för nålsticksskador vid användning av förmonterade rörhållare vid nålen minimeras med minst en tiondel. (International Healthcare Worker Safety Centre, 2015)

För att inte riskera säkerheten för stickolyckor och kontaminering av blodprover är ett venprovtagningsset att rekommendera inom sjukvården och laboratorieverksamheten. Alternativen till minskning av avfall är dock jämförelse av förpackningen för nålarna från tillverkaren.

Ett annat alternativ för att minska på avfall inom kliniska laboratoriet är att återanvända pipettspetsar. Pipettspetsar av plastmaterial används inom laboratoriet för överföring av vätskor. Dessa kan vara kemikalier, blod från en människa eller andra kroppsvätskor. Vid varje byte av vätska som överförs med hjälp av en pipett måste pipettspetsen bytas. I ett arbetsskede som till exempel analysering av antikroppar i blodet som utförs av blodbanken är pipettering en viktig beståndsdel av arbetet. Vid analysering av blodgrupper eller korsningstester blandas blodet med olika reagens respektive blandas med annat patientblod. Även om antalet patientprover för analysering av antikroppar i blodet kan variera från dag till dag genomförs dagligen undersökningar som producerar avfall. Om använda pipettspetsar skulle samlas, rengöras och autoklaveras istället för att kastas kunde förbrukningen och avfallsmängden minska. Lönsam blir rengöringen troligen bara om en autoklaveringsapparat med liten vatten- och energiförbrukning används.

## **5.8 Återanvändning**

Nuförtiden är sortering av avfall inom hushållet relativt vanligt. Glasburkar, metall, batterier, papper och kartong kan sorteras vid varje ekopunkt nära det egna hemmet. Sortering av avfall ger deponeringsanläggningar möjligheten att återvinna materialet till nya resurser och produktion av nya produkter. Den största delen av hushållsavfallet sorteras dock till brännbart avfall. I Finland finns det flera stora förbränningsanläggningar vars avfallsmängd enligt Statistikcentralen låg på över 1,3 miljoner ton kommunalt avfall år 2015 - vilket motsvarar ca hälften av allt kommunalt avfall.

Vasa centralsjukhus och dess kliniska laboratorium hade år 2015 över 400 000 ton brännbart avfall och ca 240 000 ton nyttoavfall som kunde återvinnas. Sammanlagt låg avfallsmängden på över 600 000 ton av vilket 63 % av avfallet transporterades till förbränningsanläggningen. Procentuellt har återvinning av returplast på Vasa centralsjukhus inte kunnat nå en hel procent och ligger vid ca 230 kg per år. (Vasa centralsjukhus, 2017)

Enligt en artikel publicerad av Yle Nyheter år 2017 är det statliga målet beträffande avfallsplaneringen att enbart 30 % av avfallet skall förbrännas i förbränningsanläggningar. Målet med återvinningen av resurser ligger vid kring 55 % av kommunalt avfall år 2023. (Yle Nyheter, 2017)

Inom det finska samhället finns det en marginal för förbättring med tanke på sortering av avfall och återvinning. Även på sjukhusen och laboratorieenheterna finns det potential för förbättring. Men även om det finns mycket återvinningsmaterial inom laboratorieenheten som skulle kunna vara bra för miljön att återvinna verkar avfall som kommer från sjukhus eller laboratorier vara problematiskt för återvinnande företag.

Rinki är Finlands icke-vinstdrivande tjänsteföretag som återvinner förpackningar från hushåll och företag. Företagare vars mängder av förpackningsavfall är stora kan ansluta sig till Rinki. Förpackningar gjorda av glas, metall, kartong, plast eller trä kan hämtas för att föras till återvinningsstationer. Dessvärre är det bara företag vars omsättning beräknas vara över 1 miljon euro som kan ansluta sig vilket innebär att sjukhus inte kan vara del av Rinki-verksamheten. (Rinki Ab, 2018)

Inom sjukhusen och laboratorier produceras mycket avfall men kontaminationer med människans kroppsvätskor gör att avfallet måste hanteras som specialavfall. Men tillika produceras stora mängder avfall som är inte kontaminerat och sorteras som brännbart avfall. Det finns ingen vidare sortering för brännbart avfall även om plastprodukter som handskar, munskydd och förpackningar från blodtagningsmaterial samt pappershandukar och biologiskt avfall skulle kunna sorteras skilt.

I Finland är återvinningen av plast hittills ännu inte lika utvecklad som återvinning av glas, papper eller metall. Enligt Rinkis ekopunkter för hushållsavfall finns det bland de 1 850 ekopunkterna bara ca 500 insamlingsbehållare för plastavfall. Återvinning av plast skulle främja miljön på många sätt. Produktionen av plast kräver oftast fossila bränslen som petroleum. Och produktionen av plast frigör koldioxid vars påverkan kan försämra klimatförändringen. Giftiga tillsatser i plast förorenar naturen och dess levande organismer. Forskning visar att människan också har blivit påverkad av plastens giftiga egenskaper som kan utlösa olika sjukdomar.

Suomen Uusiomuovi Oy är Finlands returplastföretag som återvinner plastförpackningar. Till Suomen Uusiomuovi Oy transporterar också Rinki sitt plastavfall för återanvändning. Kraven



för att plastförpackningar skall tas emot av företaget är dock väldigt höga. Enligt deras egen ”lilla sorteringsguide(n)” är den sortens plast från en hylla för en CD-skiva inget material som skulle tas emot, däremot plastfilmen som omslutar hyllan. En plastgalge för kläder kan bara återvinnas ifall den ha kommit hem tillsammans med ett klädesplagg. Vid inköp av enbart plastgalgar kan denna sorts plast inte återvinnas. (Suomen Uusiomuovi Oy, Okänd) Enligt deras webbsida är det svårt att få insikt i om avfallet från laboratorier som innehåller plast från handskar, venprovtagningsförpackningar samt plastkoppor skulle tas emot.

I Finland skulle en utveckling inom plaståtervinning behövas vars marginal för olika materialer är bredare än det nuvarande utbudet för återvinning. Det behövs en implementering av ett system som skulle kunna rengöra plastprodukter, sortera produkterna och återvinna dem. Detta skulle även ge sjukhusen och laboratorier möjligheten att kunna återvinna sitt plastavfall. Förhoppningar väcks med den nya strategiplanen som den Europeiska kommissionen etablerade i början av 2018. Genom dess målsättning att höja återvinningsraterna inom EU kommer det troligen att finnas mera återvinningsalternativ i framtiden och mera alternativ för sjukhus och laboratorier.

## **5.9 Alternativa kemikalier**

Processen med att byta ut kemikalier inom laboratoriet kräver tid och innebär att det alternativa substitutet testas och blir godkänt av laboratoriet. Gamla kemikalier som ännu är i bruk och lagras i lagret skall användas eller returneras tillbaka till företaget om möjligheten finns. Oanvända kemikalier skall inte kastas i avfallet eftersom detta skulle vara oekonomiskt och slöseri av resurser. En prövningstid för det alternativa substitutet måste övervägas inom vilken den alternativa kemikalien opponerar den traditionella. För detta syfte skulle en serie av duplicerade prover användas. Detta betyder att prover dupliceras och ett av proverna analyseras med den traditionella metoden medan den andra duplikationen analyseras med det nya substitutet. På detta sätt kan båda resultaten från den traditionellt använda kemikalien och den alternativa kemikalien ställas emot varandra och jämföras.

För de i tabell 2 listade kemikalierna i vänstra kolumnen har alla ersättningskemikalier i mellersta kolumnen testats av svenska sjukhus eller institutioner. Med tanke på att alternativa kemikalier redan är i användning i vissa sjukhuslaboratorier i Sverige är det lättare att implementera dessa alternativ till finska kliniska laboratorier. Eftersom Sverige är Finlands

grannland och del av den Europeiska Unionen är det dessutom lättare att beställa vissa kemikalier. Om fokus ligger på den amerikanska marknaden där efterfrågan av alternativa kemikalier är kontinuerligt stigande kan anskaffningen av materialen vara mera komplicerad.

Ett annat alternativ vars implementering skulle minska mängden giftigt avfall är användningen av katalytiska reagenser som bryter ner avfall. Ordet katalys kommer från det grekiska *katálusis* och betyder upplösning (Wiktionary, 2017). En katalytisk reagens används med syftet att förminska energin och kemiska formen av en hälso- och miljöfarlig reagens. I en katalytisk process hämmas reaktionspotentialen av reagensen genom att igångsätta en kemisk transformation med hjälp av katalysen. En speciellt utvald katalys som kan vara en annan reagens eller även bara ren syre reagerar med den kemiska avfallprodukten och sätter igång en reaktionsprocess. Resultatet av reaktionsprocessen och reagensens transformation är mindre skadlig för miljön och förenklar processen i avfallshanteringen. (Delidovich; Palkovits, 2016)

Toluen vars egenskap som lösningsmedel hittat stor användning inom laboratoriet kan transformeras till fenol genom en katalys med bensoesyra. I realiteten är dock transformationen från toluen till fenol mera energikrävande än transformationen från bensin till fenol och inte alltid lönsamt.

I jämförelse med de tre kemikalierna bensin, toluen och fenol är toxiciteten ganska jämn. Däremot är halveringstiden, som anger den tid kemikalien behöver för att degradera, kortare vid fenol än vid de andra två kemikalierna. (Pubchem, 2018)

**Tabell 2. Lista över kemikalier som kunde bytas ut.** I vänster kolumnen de traditionellt använda kemikalierna, i kolumnen i mitten det alternativa substitutet vars egenskaper är mindre giftiga och i höger kolumn de svenska institutionerna som har testat och använt substitutionen.

<b>Produkt</b>	<b>Ersättning</b>	<b>Substitutionsansvarig institution</b>
Xylen	Isopropanol; X-tra Solve & X-tra Kit	<i>Göteborgs Universitet; Karolinska Universitetssjukhuset</i>
Metanol	Etanol	<i>Smittskyddsinstitutet; Göteborgs Universitet; Sahlgrenska akademien</i>

Immersionssolja med klorparaffin & tfalater	Immersionssolja med bensylbensoat (Zeiss)	<i>Uppsala Universitet; Akademiska sjukhuset</i>
n-Hexan	Heptan; Pentan	<i>Sahlgrenska Universitetssjukhuset</i>
Etidiumbromid	GELRED i vatten; Gel Star Nucleid Acid Gel Stain	<i>Smittskyddsinstitutet; Göteborgs Universitet, Sahlgrenska Universitetssjukhuset</i>
DPX monteringsmedel	Solveco EcoMount	<i>Solveco företag</i>
Dimetylformamid	Etanol ( <i>naftol-AS-fosfat löser sig lite långsammare</i> )	<i>Sahlgrenska Universitetssjukhuset</i>
Borsyra i TBE-buffert	Ättiksyra ( <i>TAE</i> )-buffert ( <i>vissa svagheter för vissa separationer</i> )	<i>Akademiska sjukhuset</i>

Ett exempel på katalys är den så kallade fenolsyntesen. Med hjälp av en oxidationsprocess kan bensin transformeras till fenol i tre steg. Bensin transformeras från isopropanolbensin (kumen) till kumenhydroperoxid och i sista steget till fenol och aceton som biprodukt.

Inom grön kemi används environment-faktorn som också kallas för E-faktorn för att påvisa kemikaliernas påverkan på miljön. E-faktorn som utvecklats av Roger Sheldon är mindre för fenol än för bensin. E-faktorn beräknas av avkastningsmängden av avfallet med tanke på kemiska processer. Eftersom avfallsmängden vid transformationen från bensin till fenol minskas och även halveringstiden förkortas minskar E-värdet vid denna process från 0,6 till 0,3. Den optimala transformationsprocessen har katalysen nått då E-faktorn är lika med 0. (Sheldon, 1992)

I dagsläget finns det ännu inte mycket information om användning av katalytiska transformationsprocesser inom det kliniska laboratoriet. En etablering av vissa transformationsprocesser inom den laboratoriska enheten skulle gynna miljön, avfallshanteringen och ekonomin. Förminskad toxicitet inom laboratoriet skulle resultera i

mindre giftiga utsläpp genom avloppet och mindre farligt klassificerat avfall som kräver specialbehandling vid avfallshanteringen. Avfallshanteringscentralen som eliminerar farliga kemikalier skulle kräva mindre avgifter vilket skulle resultera i en inbesparning av utgifter.

### **5.10 ACT-beteckning**

För att underlätta valet av miljövänligare produkter vid till exempel köp av ny apparatur, finns det en ACT-beteckning som etablerades för att kunna jämföra olika fabrikanter produkter enligt den påverkan produkten har på miljön. ACT-beteckningen utvecklades av en opartisk arbetsgrupp vars mål är att belysa produkternas hållbarhet. Företagen som Thermo Fisher Scientific, MilliporeSigma, Eppendorf och Priorclave har redan etablerad ACT-beteckning som gör det möjligt för konsumenten att följa produktionens påverkan. ACT-beteckningen har ett rankingssystem som valideras från 1-10. Ju mindre poängtal en rubrik har fått desto miljövänligare har produkten validerats. Vid ACT-märkningen evalueras användningen av förnybara energier vid framställning av produkten, transportpåverkan, förpackningen, användning av återvunnet material och den totala påverkan från framställning till avfallsprodukt. Med hjälp av ACT-märkningen är det lättare att välja apparater i framtiden till ett kliniskt laboratorium som vill utvecklas till ett hållbart laboratorium.

## **6 Resultat**

Genomgång av litteratur om hållbar utveckling inom klinisk laboratorieverksamhet visar att de flesta kliniska laboratorier runt om i världen förbrukar för stora mängder energi och resurser samt använder för stora mängder naturskadande kemikalier. Kliniska laboratorier står för en stor del av energikonsumtionen jämfört med andra institutioner och bidrar med signifikanta mängder specialavfall och farligt avfall. Det finns dock möjligheter att minimera avfallsmängderna, energiförbrukningen och kemikalieanvändning.

Fokuseringen inom detta examensarbete är på energiförbrukning, avfalls- och avloppshantering samt kemikalieanvändning inom laboratorieverksamheten, eftersom dessa kategorier påverkar miljön mest och därmed den hållbara utvecklingen. Inom alla kategorier kan hållbar utveckling gynnas genom små förändringar. Genom justeringar av apparatur, val av miljövänligare material och kemikalier samt en ökande medvetenhet om miljövänligare handlingar bland personalen kan en laboratorieverksamhet agera mera hållbart. De justeringar

som beskrivs i detta examensarbete kan utföras inom laboratorieverksamheten utan att påverka patienten och de har blivit testade av andra laboratorier och universitetssjukhus i andra länder.

I detta examensarbete lades hänsyn till att patienten inte blir negativt påverkad av förändringar. Hygienen eller patientsäkerheten blir inte sämre vid justeringen av hållbara alternativ. De positiva effekterna av en implementering av hållbara lösningar är många. Förutom ett ekologiskt fotavtryck som krymper genom minskning av miljögifter och elkonsumtion och ett därmed minskat utsläpp av koldioxid, får också personalen en tryggare arbetsmiljö genom reducerat arbete med hälsovådliga ämnen. Anskaffningen av miljövänligare utrustning kan kräva utgifter som eventuellt hämmar laboratorier från att vilja investera. Ekonomin kommer dock att påverkas långsiktigt genom signifikanta inbesparningar och de gjorda investeringarna kommer att utbetalas inom några år.

Eftersom kliniska laboratorier har varierande kapacitetsförmåga på grund av laboratoriets storlek kan även sortimentet av apparatur variera. Fabrikantsmodeller, årsmodeller och material som används på laboratoriet kan skilja sig från andra laboratorier samt kemikaliernas förbrukning. Detta gör det svårt att uppskatta en allmän förbrukning för en laboratorieverksamhet i Finland. Elkonsumtion och resursanvändning är individuell för varje kliniskt laboratorium och kan inte jämföras med andra kliniska laboratorier. Ett varierande patientantal samt olika elektroniska apparater har olika behov av resurser. Även ekonomiska inbesparningar som nås genom energi- och resursbesparingar är individuella och måste beräknas skilt för varje laboratorium. I slutändan är detta examensarbete bara en vägledning vars omsättningar inom varje laboratorium måste bedömas individuellt. I vissa fall kan inte varje miljövänligare alternativ som nämns i detta examensarbete implementeras för varje laboratorium.

## **7 Diskussion och kritisk granskning**

I detta examensarbete anges energikostnader som är räknade för de mest energikrävande apparaterna och anges per styck. Vid ett flertal apparater av samma sort måste de kostnader multipliceras ännu med antalet apparater. Också de varierande kostnadsuppgifterna beror på modell och ålder av apparatur och måste beaktas vid beräkning.

Det finns enbart i Österbotten redan ett tiotal kliniska laboratorieenheter vars storlek, mängd, apparatur och patientkapacitet varierar. I Finland finns det uppskattningsvis över 100 laboratorieenheter. Ett litet laboratorium som genomför enbart de vanligaste undersökningarna behöver inte stora apparater med hög kapacitet. Utrustningen kan begränsa sig till de viktigaste analyseringsapparater som blodbildsanalysapparat, koagulationsanalysator och Cobas-apparat. Ett eller två mikroskop samt ett eller två kylskåp och värmeskåp täcker behovet för en liten enhet. Patientprover som kräver specialanalysering skickas vidare till större laboratorieenheter. Även materialanvändning inom små laboratorier är oftast inte lika omfattande som det är vid större enheter. Energiförbrukningen för ett litet kliniskt laboratorium kan vara så minimal att det inte finns många möjligheter att implementera energisparande alternativ.

I Finland finns det kliniska laboratorier som specialiserat sig på specifika analyser och samarbetar med universitetslaboratorier. DNA prover som kan ge upphov om genetiska sjukdomar analyseras till exempel vid Blueprint Genetics. Familjär hyperkolesterolemi (FH), en sjukdom där en störning av ämnesomsättningen är orsaken och ger förhöjda kolesterol värden, analyseras vid Fimlab Oy. Screening av medfödda ämnesomsättningssjukdomar hos nyfödda undersöks vid laboratoriet TYKSLAB. De olika specialiseringarna gör att resursanvändningen kan variera mycket mellan laboratorier och därmed potentialen till hållbar utveckling.

Även andra faktorer kan påverka det ekologiska fotavtrycket av kliniska laboratorier. Ett stort laboratorium med ny utrustning och apparatur kan till exempel vid användning av energisnåla apparater ha en mindre energiförbrukning än ett mindre laboratorium. Detta kan ske trots att ett högre antal apparater används och kapaciteten för patientprover är större. Också återanvändning av material som rengjorts och desinficerats genom autoklaveringsprocessen kan påverka laboratoriets resursförbrukning. Energiförbrukningen samt resursanvändningen är specifik och individuell för vartenda laboratorium. En jämförelse av energiförbrukning i två fiktiva kliniska laboratorieenheter finns i tabell 3. På grund av detta och andra faktorer skulle varje kliniskt laboratorium behöva ha som uppgift att kolla över sin egen förbrukning, avfallshantering och kemikalieanvändning. En implementering av ett miljömanagement som specifikt arbetar med denna uppgift skulle vara idealt. Målsättningen för detta skulle bestå av att bestämma, kontrollera och reducera laboratoriets ekologiska fotavtryck.

Tabell 3. Energiförbrukning av två fiktiva kliniska laboratorier: ett litet och ett större laboratorium med olika antal apparater och behov av apparatur. Det mindre laboratoriet har äldre energikrävande apparater medan det större laboratoriet har energisnåla apparater. Totalmängden av megawatt timmar per år är nästan likadan trots varierande apparatur. I beaktande togs bara de apparater som hör till dem med mest energiförbrukning.

	<i>Liten klinisk laboratorieenhet</i>	<i>Mwh/år</i>	<i>Stor klinisk laboratorieenhet</i>	<i>Mwh/år</i>
<i>Energiförbrukning</i>	1 dragskåp	22	3 dragskåp	33
	1 -20°C frysenhet	11	1 -80°C frysenhet	3,9
	1 vattenbad	3,9	2 -20°C frysenhet	3,4
	2 centrifug	6	1 autoklav	1,6
	2 kylskåp	5,4	2 vattenbad	4,4
	1 shaker	2,2	3 centrifuger	0,6
			3 kylskåp	0,6
			1 shaker	2,2
			1 PCR maskin	0,8
			1 Värmeblock	0,25
<i>Energiförbrukning total</i>		<b>50,5</b>		<b>50,75</b>

Ett annat problem som lyfts fram i detta examensarbete är plaståtervinningen vars effektivitet i Finland fortfarande är väldigt begränsad. Inom sjukhusen och speciellt inom kliniska laboratorier finns det en stor del återvinningsmaterial som nuförtiden bränns eller deponeras. En stor del plast är kontaminerad vilket gör återvinningen till en mera komplicerad process. För att kunna återvinna plast behöver avfallet specialbehandlas och denna process är troligen inte lönsam eller ännu inte utvecklad eftersom den inte används. Dock finns det också icke kontaminerat plastmaterial inom laboratoriet som skulle kunna användas som återvinningsmaterial.

Själva processen av plastavfallsåtervinning är komplex eftersom det finns många olika sorters plast. En blandning av olika sorters plast kan leda till degradering av materialet. Dock med sortering, tillräcklig markering av plastprodukter samt en bättre utveckling inom återvinning, kan flera olika sorters plastprodukter kanske redan inom den närmaste framtiden etableras.

Detta examensarbete kan ge stimulans och idéer till kliniska laboratorier. Arbetet skall dock betraktas med hänsyn till att det är en allmän rekommendation och måste därför granskas kritiskt av laboratoriets miljöansvariga enhet med tanke på det egna laboratoriet. Alla rekommendationer i detta examensarbete kan anpassas efter behov eller delvis lämnas bort. Önskemålet är dock att en del, eller även enstaka idéer, av rekommendationerna skall implementeras inom laboratoriet. Detta skulle bidra till en förbättring för miljön och minskning av ekologiska fotavtryck.

## **8 Etiska överväganden**

En stadigt växande population med en ekvivalent växande konsumtionsförbrukning ökar betydelsen för hållbar utveckling för att kunna säkra människans framtid. Plastföroreningar i naturen, förorenat vatten och koldioxidutsläpp som leder till klimatförändring är problem som människan behöver ta itu med.

De flesta människor är medvetna om att den utveckling som skett på jorden med tanke på natur och resurser kräver förändring för att förebygga klimatförändring, föroreningar och överkonsumtion. Det finns redan många institutioner vars uppgift är att förminska det ekologiska fotavtrycket från sjukhusen och delvis också laboratorieenheterna. Forskargrupper, universitetssjukhusen och tillverkare som framställer material för sjukhus och laboratorier utvecklar miljövänligare alternativ och processer som mindre påverkar klimatet och naturen. De positiva resultaten som har åstadkommit de senaste åren väcker förhoppningar om att hållbar utveckling inom laboratorieverksamheten i framtiden blir realitet.

Begreppet ”miljövänligt alternativ” kan förknippas inom medicin med renhet, mindre eller icke-toxiska ämnen och ett bättre val för naturen. Däremot kan det kritiskt betraktat också minska förtroendet för miljövänligare processer och material inom sjukvården eftersom de



ännu inte har blivit etablerade överallt och processen är relativt ny. Miljövänlig kan dessutom också uppfattas som eventuellt mindre effektiv.

Med tanke på den ökande utvecklingen av resistenta bakterier inom sjukvården och spridning av sjukdomar orsakade av bakterier kan det vara skrämmande att tänka på återvinning av material i kliniska laboratorier och användning av mindre toxiska kemikalier. Renheten som förknippas med miljövänliga alternativ kan därför även uppfattas som ohygienisk, speciellt med tanke på hygienens historik där hygien vid införsel av engångsmaterial gjorda av plast har visats öka. Plastproducenter annonserar sina produkter inom medicin som utslagsgivande för en minskad spridning av mikroorganismer. Detta påstående är delvis sant eftersom engångsmaterial inte behöver genomgå en steriliseringsprocess utan kastas direkt efter användning. Dock är plastanvändningen inom medicinen inte det som åstadkommit den historiska vändpunkten för hygien.

En människa som lider av en sjukdom prioriterar och värdesätter sig själv och sin hälsa som viktigast. Det finns inget som en sjuk människa önskar sig mera i livet än att bli frisk från sin sjukdom. En sjuk patient och dess anhöriga skulle göra vad som krävs för att bli botad från sjukdomen. Ifall det kliniska laboratoriet handlar ohållbart med tanke på naturen är för patienten och anhöriga inte den viktigaste faktorn. Det är förståeligt om patienter känner oro för förändringar inom sjukhusvården och kliniska laboratorier om dessa ändringar kan påverka deras hälsa.

Faktum är att den nyaste forskningen visar att plast i vår miljö gör oss människor sjuka. Vid framställning av plastprodukter utsöndras skadliga kemikalier. Förpackningar gjorda av plast kan avge giftiga ämnen i maten och barnleksaker som småbarn tuggar på kan ge allvarliga hälsoproblem som cancer, störningar av det endokrina systemet och reproduktionsdefekter. (Rustagi; Pradhan, 2011)

Den långsamma nedbrytningen av plastmaterial i naturen eller avfallsdeponi kan leda till att plastfragment finns kvar och absorberas av naturen. Plastpartiklar i havet äts upp av akvatiska organismer som fisk, bottendjur eller sjöfåglar vilka också finns i människans näringskedja. (Thompson, 2009)

Men inte bara plast utan även klimatförändringen och dess följder samt luftföroreningar och kemiska ämnen i vattnet gör människan sjuk. Därför är det viktigt att sjukvården samt

kliniska laboratorier tar sitt ansvar, samtidigt som de håller kvalitén på högsta nivå och minskar det ekologiska fotavtrycket. Patienterna vars välbefinnande står i fokus får inte bli påverkade av ändringar som inte bara gynnar miljön utan också patienten och personalen.

## Källförteckning

Ammex, 2017. Disposable glove Materials, Disposable glove history- Nitrile, Latex, Vinyl, Poly [Online] hämtat 23.01.2018

ATSDR (Agency for toxic substances and disease registry), 1999. Toxicological profile for n-hexane. Atlanta, GA: U.S. Department of Health and Human Services, Public Health Service.

Baird, T. Regain, 2014. Mercury Free Microscopy: An Opportunity for Core Facility Directors, *J Biomol Tech.* 2014 Jul; 25(2): 48–53.

Biocompare, 2012. Bench Tips: 5 Practical Tips for Defrosting the Lab Freezer. [Online] hämtad: 05.02.2018  
[www.biocompare.com/Bench-Tips/125530-5-Practical-Tips-for-Defrosting-the-Lab-Freezer/](http://www.biocompare.com/Bench-Tips/125530-5-Practical-Tips-for-Defrosting-the-Lab-Freezer/)

Biotec Environmental, lifespan of plastic, [Online] hämtat 22.01.2018  
[www.goecopure.com/lifespan-of-plastic.aspx](http://www.goecopure.com/lifespan-of-plastic.aspx)

Bolmstedt, A.; Sundberg, K., 2015. Utbyteslista för hälso- och miljöfarliga kemikalier. NSG kemiska produkter. PDF

Bridge, G. 2009. Material worlds: natural resources, resource geography and the material economy. *Geography Compass*: 3(3) 1217-1244.

CBG Biotech, 2017. [Online] hämtat 13.12.2017 <http://www.cbgtechnologies.com/hap-free-info.aspx#3>

California Urban Water Conservation Council, 2004. California Potential Best Management Practices-Year One-Chapter VI. Steam Sterilizer Retrofits. *Stanford Magazine* Jan/Feb 2008

Cargille, John, 1985. Immersion Oil and the Microscope, *New York Microscopical Society Yearbook*

Carlsson-Kanyama, A. 1998. Climate change and dietary choices – how can emissions of greenhouse gases from food consumption be reduced? *Food Policy*: 23(3-4) 277-293

Carlsson-Kanyama, A., Gonzales. AD., 2009. Potential contributions of food consumption patterns to climate change. *Am J Clin Nutr.* 2009 May;89(5):1704S-1709S. doi: 10.3945/ajcn.2009.26736AA. Epub 2009 Apr 1.

Carson, F., Hladik, C., 2009. Histotechnology: A Self-Instructional Text (3 ed.). Hong Kong: American Society for Clinical Pathology Press. p. 19. ISBN 978-0-89189-581-7.

Chevallet, M.; Luche, S.; Rabilloud, T., 2006. Silver staining of proteins in polyacrylamide gels. *Nat Protoc.* 2006; 1 (4): 1852-1858

Consolidated sterilizer systems, 2018. Why Your Lab's Autoclaves Are Wasting Water (and Money) and How To Stop It [Online] hämtat: 29.01.2018  
<https://consteril.com/labs-autoclaves-wasting-water-money-stop/>

Davidson, M. Education in microscopy and digital imaging, Zeiss [Online] hämtat: 15.01.2018  
<http://zeiss-campus.magnet.fsu.edu/articles/lightsources/metalhalide.html>

Delidovich, I.; Palkovits, R., 2016. Catalytic versus stoichiometric reagents as a key concept for Green Chemistry. *Royal society of chemistry.* DOI: 10.1039/C5GC90070K (Editorial) *Green Chem.*, 2016, 18, 590-593

Dernbach, J. C., 2003. Achieving sustainable development: The Centrality and multiple facets of integrated decisionmaking. *Indiana Journal of Global Legal Studies*, 247-285

Eagleson, M., 1994. n-hexan. *Concise Encyclopedia Chemistry*, 492-492

Ecogreen international Co., 2017. Majsstärkelse disponibel 180ml cup. Biologiskt nedbrytbar cup. [Online] hämtat: 13.02.2018  
[www.chinaecogreen.com/sv/bio-6oz-cup-dlp-05.html](http://www.chinaecogreen.com/sv/bio-6oz-cup-dlp-05.html)

Ehrlich, P.R. 2008. Key issues for attention from ecological economists. *Environmental and Developmental Economics*: 13(1) 1-20.

Elson, H. F., Ph. D., 2013. Biobank Storage Temperatures: An Illustrative Guide. *Biobanking and Biorepository.* Fisher BioServices [Online] hämtat: 06.02.2018  
<http://blog.fisherbioservices.com/bid/359692/biobank-storage-temperatures-an-illustrative-guide>

(Emerging Technology Program), Beresini, J., Delaney, P, Zeng, K., 2015. Market Assessment of Energy Efficiency Opportunities in Laboratories. ET Project Number: ET14PGE7591, ET15SCE1070, ET14SDG1111

Energirådgivare, 2011. Elförbrukning i en genomsnitt villa respektive lägenhet. [Online] hämtat: 05.02.2018  
[www.energiradgivaren.se/2011/09/elforbrukning-i-en-genomsnittlig-villa-respektive-lagenhet/](http://www.energiradgivaren.se/2011/09/elforbrukning-i-en-genomsnittlig-villa-respektive-lagenhet/)

Energy efficiency & renewable energy, 2016. How much power is 1 Gigawatt? [Online] hämtat: 24.01.2018  
<https://energy.gov/eere/articles/how-much-power-1-gigawatt>

European chemical agency, 2010. Boric acid as a substance of very high concern because of its properties. PDF [Online] hämtat: 08.02.2010  
[https://echa.europa.eu/documents/10162/13638/supdoc\\_boric\\_acid\\_20100609\\_en.pdf](https://echa.europa.eu/documents/10162/13638/supdoc_boric_acid_20100609_en.pdf)

European commission, 2018. Environment [Online] hämtat: 17.01.2018  
[http://ec.europa.eu/environment/waste/plastic\\_waste.htm](http://ec.europa.eu/environment/waste/plastic_waste.htm)

Fleischer, D., Armenta, J., 2015. The greening of labs, Green impact, UCSF Office of sustainability [Online] hämtat: 30.01.2018  
<http://sustainability.ucsf.edu/1.556>

Furu, H., Kaukiainen, A., Bäck, B., Sainio, M., 2011. Arbetsrelaterad exponering för lösningsmedel – hälsorisker och riskhantering. Arbetshälsoinstitut (ttl)

Geyer, R., Jambeck, J., Law, K. L., 2017. Scientists calculate total amount of plastics ever produced. Science Advances 19 Jul 2017: Vol. 3, no. 7, e1700782 DOI: 10.1126/sciadv.1700782

Gilly, Q., 2015. Fume Hood Strategy White Paper, Validating cost and energy savings from Harvard's shut the sash program, Harvard University

Goklany, I.M. 2009. Have increases in population, affluence and technology worsened human and environmental well-being? The Electronic Journal of Sustainable Development: 1(3) 15-40.

Helmenstine, A., 2018. The difference between distilled and deionized water. Thought and Co. [Online] hämtat: 07.02.2018  
[www.thoughtco.com/distilled-versus-deionized-water-609435](http://www.thoughtco.com/distilled-versus-deionized-water-609435)

Hoffmann, G., 2018. Diagnostic pathways in theory and practice. DGKL/EFLM Task Force on Diagnostic Pathways. International Congress on Quality in Laboratory Medicine Helsinki February 8–9 2018 [Online] hämtat: 10.04.2018  
[www.labqualitydays.fi/wp-content/uploads/sites/2/2018/02/Hoffmann-Diagnostic-Pathways-in-Theory-and-Practice\\_julkaistava.pdf](http://www.labqualitydays.fi/wp-content/uploads/sites/2/2018/02/Hoffmann-Diagnostic-Pathways-in-Theory-and-Practice_julkaistava.pdf)

HSY, 2018. Vesihuollon hinnasto. [Online] hämtat: 15.04.2018  
[www.hsy.fi/sites/Esitteet/EsitteetKatalogi/HSYn\\_vesihuollon\\_hinnasto\\_2018\\_su\\_WEB.pdf](http://www.hsy.fi/sites/Esitteet/EsitteetKatalogi/HSYn_vesihuollon_hinnasto_2018_su_WEB.pdf)

Institut för hälsa och välfärd (THL), 2017. Hantering och förvaring av prover. Information om THL biobank. [Online] hämtat: 25.01.2018  
[www.thl.fi/en/web/thl-biobank-sv/information-om-thl-biobank/hantering-och-forvaring-av-prover](http://www.thl.fi/en/web/thl-biobank-sv/information-om-thl-biobank/hantering-och-forvaring-av-prover)

International Healthcare Worker Safety Centre, 2015. Disposal of Contaminated Needles and Blood Tube Holders Used for Phlebotomy, EPINet: phlebotomy needle injuries, 2001-2007 [Online] hämtat: 14.02.2018  
[www.osha.gov/dts/shib/shib101503.html](http://www.osha.gov/dts/shib/shib101503.html)

Jensen, D. Gregory, 2009. Room temperature Biological Sample Storage, Stanford University Pilot [Online] hämtat 25.11.2017  
[https://sustainable.stanford.edu/sites/default/files/documents/Stanford\\_Room\\_Temp\\_Pilot\\_May09.pdf](https://sustainable.stanford.edu/sites/default/files/documents/Stanford_Room_Temp_Pilot_May09.pdf)

Kandyala, R. et. al., 2010. Xylene: An overview of its health hazards and preventive measures. *Journal of Oral and Maxillofacial Pathology*. 14 (1): 1–5.

Karolinska Institutet, 2018. Etidiumbromid. [Online] hämtat: 26.04.2018  
<https://ki.se/medarbetare/etidumbromid>

Kemikalieinspektionen, 2016. Ftalater. Kemikalier i praktiken. [Online] hämtat: 08.02.2018  
[www.kemi.se/prio-start/kemikalier-i-praktiken/kemikaliegrupper/ftalater](http://www.kemi.se/prio-start/kemikalier-i-praktiken/kemikaliegrupper/ftalater)

Kemikalieinspektionen, 2017. Klorparaffiner. Kemikalier i praktiken. [Online] hämtat: 08.02.2018  
[www.kemi.se/prio-start/kemikalier-i-praktiken/kemikaliegrupper/klorparaffiner](http://www.kemi.se/prio-start/kemikalier-i-praktiken/kemikaliegrupper/klorparaffiner)

KTH, 2017. Hållbar utveckling. Kungliga tekniska högskolan. [Online] hämtat: 08.04.2018  
[www.kth.se/om/miljo-hallbar-utveckling/utbildning-miljo-hallbar-utveckling/verktygslada/sustainable-development/hallbar-utveckling-1.350579](http://www.kth.se/om/miljo-hallbar-utveckling/utbildning-miljo-hallbar-utveckling/verktygslada/sustainable-development/hallbar-utveckling-1.350579)

Kvicksilver. *Kvicksilver i lågenergilampor*. [Online] hämtat: 15.01.2018  
<http://kvicksilver.nu/>

Lab Manager, 2008. Laboratory Glassware Washers [Online] hämtat: 29.01.2018  
[www.labmanager.com/product-focus/2008/11/laboratory-glassware-washers#.Wm7laTeY000](http://www.labmanager.com/product-focus/2008/11/laboratory-glassware-washers#.Wm7laTeY000)

Leica Microsystems, 2017. Microscope maintenance changing and aligning your mercury burner, bitesizebio. [Online] hämtat: 15.01.2018  
<https://bitesizebio.com/22305/microscope-maintenance-changing-and-aligning-your-mercury-burner/>

Lopez, J., Jackson, D., Gammie, A. och Badrick, T., 2017. Reducing the Environmental Impact of Clinical Laboratories. *Clin Biochem Rev*. 2017 Feb; 38(1): 3–11

Miller, L., et. al., 2008. Twenty Year Stability Study of HIV, HBV, Antibodies, Antigen and Nucleic Acids in Plasma. [Online] hämtat: 06.02.2018  
[www.seracare.com/Portals/0/Posters/AABB%20POSTER.pdf](http://www.seracare.com/Portals/0/Posters/AABB%20POSTER.pdf)

Mäkijärvi, M.; Harjola, V-P.; Päivä, H.; Valli, J.; & Vaala, E., 2015. *Akuuttihoitooapas*. Porvoo: Bookwell Oy

My green lab. 2018. Water consumption. [Online] hämtat: 26.04.2018  
[www.mygreenlab.org/water1.html](http://www.mygreenlab.org/water1.html)

NASA (Global Climate Change), 2018. Vital signs of the planet. [Online] hämtat: 15.01.2018  
<https://climate.nasa.gov/>

National Phlebotomy Association, 2018. Safety Allert. [Online] hämtat: 14.02.2018  
<http://nationalphlebotomy.org/896362.html>

Naturvårdsverket, 2017. Fakta om kvicksilver [Online] hämtat: 17.01.2018  
[www.naturvardsverket.se/Sa-mar-miljon/Manniska/Miljogifter/Metaller/Kvicksilver-Hg/](http://www.naturvardsverket.se/Sa-mar-miljon/Manniska/Miljogifter/Metaller/Kvicksilver-Hg/)

New Jearsey department of health, 2003. Dimethylformamide. Harzadous Substance Fact Sheet [Online] hämtat: 08.02.2018  
<http://nj.gov/health/eoh/rtkweb/documents/fs/0759.pdf>

Paradise, A., 2013. Reducing the Risk of Mercury Exposure for a Sustainable Future. My green lab. White paper.

Praktische Umsetzung- Nachhaltige Organisation, Springer Gabler ISBN978-3-658-10666-9

Princeton University, 2018. How a fume hood works. Environmental Health and Safty [Online] hämtat: 02.02.2018  
<https://ehs.princeton.edu/node/367>

Pubchem, 2018. Toluene CID 1140. U.S. National library of Medicine. [Online] hämtat: 12.02.2018  
<https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/toluene#section=Top>

Pubchem, 2018. Phenol CID 996. U.S. National library of Medicine. [Online] hämtat: 12.02.2018  
<https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/phenol#section=Top>

Pubchem, 2018. Benzene CID 241. U.S. National library of Medicine. [Online] hämtat: 12.02.2018  
<https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/benzene#section=Top>

Ramesh, A., Sivaramanarayanan, K., 2013. An Overview of the Plastic Material Selection Process for Medical Devices. HCL Technologies.

Rampelotto, P. H., 2010. Resistance of microorganisms to extreme environmental conditions and its contribution to Astrobiology. Sustainability, 2, 1602-1623.

Replacement parts industries, inc, 2018. Water-mizer, Water saving and tempering device for sterilization [Online] hämtat: 30.01.2018  
[www.rpiparts.com/water-mizer/index.htm](http://www.rpiparts.com/water-mizer/index.htm)

Rinki Ab (Finlands Förpackningsåtervinning). Avtal Mellan Producenten och Producentsammanslutningar. Avtalsvillkor [Online] hämtat: 15.02.2018  
<https://rinkiin.fi/assets/Sopimusehdot-2018/RINKI-Sopimusehdot-taytettava-9.17-SV.PDF>

Roth, T., 2016. Sustainability: hopitals can achieve a trifecta, Medica Medicine [Online] hämtat: 28.11.2017  
[www.medica-tradefair.com/cgi-bin/md\\_medica/lib/pub/tt.cgi/Sustainability\\_Hospitals\\_can\\_achieve\\_a\\_trifecta.html?oid=80380&lang=2&ticket=g\\_u\\_e\\_s\\_t](http://www.medica-tradefair.com/cgi-bin/md_medica/lib/pub/tt.cgi/Sustainability_Hospitals_can_achieve_a_trifecta.html?oid=80380&lang=2&ticket=g_u_e_s_t)

- Rustagi, N.; Pradhan, S. K., 2011. Public health impact of plastics: An overview. *Indian J Occup Environ Med.* 2011 Sep-Dec; 15(3): 100–103.
- Schep, L., Slaughter, R., Vale, J., Beasley, D., 2009. A seaman with blindness and confusion. *BMJ* [Online] hämtat: 08.02.2018  
[www.bmj.com/content/339/bmj.b3929](http://www.bmj.com/content/339/bmj.b3929)
- Schmola, G., Rapp, B., 2016. Nachhaltiges Krankenhausmanagement, Compliance, Governance und Risikomanagement im Krankenhaus: Rechtliche Anforderungen
- Sheldon, R.A., 1992. Catalysis, the atom utilization concept and waste minimization. *Indust. Environ. Chem. Proc*, ed. D. T. Sawyer and A. E. Martell, Plenum Press, NY, USA, p. 99
- Sibbald, B., 2002. Hospitals leaving huge “ecological footprints”: report. *CMAJ* February 05, 2002 166 (3) 363;
- Solunetti, 2006. Syrehalt. Cellbiologi [Online] hämtat: 26.01.2018  
[www.solunetti.fi/se/solubiologia/happipitoisuus\\_1/3/](http://www.solunetti.fi/se/solubiologia/happipitoisuus_1/3/)
- Solunetti, 2006. Dragskåp. Cellbiologi [Online] hämtat: 27.01.2018  
[www.solunetti.fi/se/solubiologia/vetokaappi/](http://www.solunetti.fi/se/solubiologia/vetokaappi/)
- Solunetti, 2006. Autoklav. Cellbiologi [Online] hämtat: 29.01.2018  
[www.solunetti.fi/se/solubiologia/autoklaavi/](http://www.solunetti.fi/se/solubiologia/autoklaavi/)
- SprintLAB – member of the latvian Cahmber of Commerce and Indusstry, 2016. Biologiskt nedbrytbara påsar. [Online] hämtat: 13.02.2018  
[www.sprintlab.eu/sv/biologiskt-nedbrytbara-pasar/](http://www.sprintlab.eu/sv/biologiskt-nedbrytbara-pasar/)
- Stoddart, H., 2011. A Pocket guide to sustainable development governance. Stakeholder Forum.
- Suomen Uusiomuovi Oy. Lilla Sorteringsguiden. Sortering av konsumenternas plastförpackningar. [Online] hämtat: 15.02.2018  
[www.uusiomuovi.fi/fin/pa\\_svenska/sortering\\_av\\_konsumenternas\\_plastforpackningar/](http://www.uusiomuovi.fi/fin/pa_svenska/sortering_av_konsumenternas_plastforpackningar/)
- Swedish Standard Institute, 2017. [Online] hämtat: 06.12.2017  
[www.sis.se/iso14001/dettariso14001/](http://www.sis.se/iso14001/dettariso14001/)
- Thermo scientific, 2016. TSX Series Ultra-Low Temperature Freezers. PDF S.6-7
- THL (Institutet för hälsa och välfärd), 2017. Hantering och förvaring av prover. [Online] hämtat: 14.04.2018  
<https://thl.fi/sv/web/thl-biobank-sv/information-om-thl-biobank/hantering-och-forvaring-av-prover>
- Thompson, R., et. al., 2009. Plastics, the environment and human health: current consensus and future trends. *Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci.* 364(1526): 2153–2166.

- UC Boulder, Biological samples stored long term at -70C or warmer. Excel google spreadsheet. [Online] hämtat: 15.01.2018  
<https://docs.google.com/spreadsheets/d/13UvBeoXAhwSHshSYoUDHwcxWiW7qYLnUb-eLwxJbCYs/edit#gid=0>
- UCSB Sustainability, 2017. Lab doors should remain closed [Online] hämtat: 02.02.2018  
[www.sustainability.ucsb.edu/lab-doors-should-remain-closed/](http://www.sustainability.ucsb.edu/lab-doors-should-remain-closed/)
- United States Environmental Protection Agency, 1995. Fact Sheet: Water Trivia Facts
- Vasa Centralsjukhus, 2017. DIREVA Diabetesrekisteri [Online] hämtat: 25.01.2018  
[www.vaasankestussairaala.fi/ammattilaisille/ammattilaisille/perusterveydenhuollon-yksikko/direva---diabetesrekisteri/](http://www.vaasankestussairaala.fi/ammattilaisille/ammattilaisille/perusterveydenhuollon-yksikko/direva---diabetesrekisteri/)
- Vasa Centralsjukhus, 2017. Grundläggande uppgifter och värden, allmän information om laboratoriets verksamhet  
[Online] hämtat 06.12.2017  
[www.vaasankestussairaala.fi/sv/for-vardgivare/for-vardgivare/laboratoriet/allman-information-om-laboratoriets-verksamhet/grunduppgifter-och-varden/](http://www.vaasankestussairaala.fi/sv/for-vardgivare/for-vardgivare/laboratoriet/allman-information-om-laboratoriets-verksamhet/grunduppgifter-och-varden/)
- Vasa Vatten, 2014. Vatten- och avloppsvattenavgifter. [Online] hämtat: 15.04.2018  
[www.vaasanvesi.fi/web/sv/vesi-ja-jatevesihinnat](http://www.vaasanvesi.fi/web/sv/vesi-ja-jatevesihinnat)
- Wasescha, D., 2016. Choosing the right glassware washer, Labconco [Online] hämtat: 29.01.2018  
[www.labconco.com/articles/choosing-the-right-glassware-washer](http://www.labconco.com/articles/choosing-the-right-glassware-washer)
- Wiktionary, 2017. Catalysis. [Online] hämtat: 09.02.2018  
<https://en.wiktionary.org/wiki/catalysis>
- World Commission on Environment and Development: Our common future (so-called Brundtland Report), Oxford, New York: Oxford University Press, 1987, p. 43.
- Wu, J. et. al., 2009. Stability of Genomic DNA at Various Storage Conditions. Poster. [Online] hämtat: 06.02.2018  
[www.seracare.com/Portals/0/Posters/Stability%20of%20Genomic%20DNA%20at%20Various%20Storage%20Conditions%20ISBER2009\\_Bharathi.pdf](http://www.seracare.com/Portals/0/Posters/Stability%20of%20Genomic%20DNA%20at%20Various%20Storage%20Conditions%20ISBER2009_Bharathi.pdf).
- Yle Nyheter, 2017. I Finland bränns det mer avfall än vad den statliga avfallsplanen kräver. Inrikes. [Online] hämtat: 15.02.2018  
<https://svenska.yle.fi/artikel/2017/08/13/finland-branner-mycket-avfall>
- York, L. 2013. *2012 Centers for Disease Control and Prevention Lab Freezer Challenge*. International Institute for sustainable laboratories [Online] hämtat: 05.02.2018