

ANESTESIA-AINEIDEN  
TALTEENOTTOMAHDOLLISUUDET

GE Healthcare Finland Oy

LAHDEN AMMATTIKORKEAKOULU  
Tekniikan ala  
Ympäristöteknologia  
Ympäristötekniikka  
Opinnäytetyö  
28.4.2011  
Jenna Laamanen

Lahden ammattikorkeakoulu  
Ympäristötekniologia

LAAMANEN, JENNA: Anestesia-aineiden talteenottomahdollisuudet  
GE Healthcare Finland Oy

Ympäristötekniologian opinnäyte, 25 sivua

Kevät 2011

## TIIVISTELMÄ

---

Tämä opinnäytetyö tehtiin GE Healthcare Finland Oy:n Helsingin Vallilan toimipisteessä. Työn tarkoituksena oli selvittää miten toimipisteen kasvihuonekaasupäästöjä saataisiin pienennettyä anestesia-aineiden talteenotolla. Lisäksi selvitettiin anestesia-aineiden ympäristövaikutuksia sekä loppukäsittelyn ja kierrätyksen mahdollisuuksia. Anestesia-aineita ei käytetä yrityksessä lääkintätarkoituksessa vaan laitteiden kalibrointimielessä. Aineiden kulutus selvitettiin vuosittaisten mitausten perusteella.

Teimme talteenotosta koejärjestelyn, jossa kokeilimme anestesiakaasujen nesteyttämistä jäädyttämisen avulla. Tehtiin oletus, että kaikki viisi anestesia-ainetta nesteytyvät 0 °C ja -40 °C välillä. Teimme kokeen kaikilla viidellä anestesia-aineella. Tähän tutkimukseen otettiin mukaan sevofluraani, isofluraani, enfluraani, desfluraani ja halotaani. Ilokaasua on käsitelty tässä opinnäytetyössä osana anestesiaa, mutta aineen nesteyttämistä emme testanneet.

Tulosten perusteella suunniteltiin nesteytyslaitteisto ja laskettiin sen sähkönkulutusta. Sähkönkulutuksen aiheuttamaa ympäristövaikutusta vertailtiin anestesia-aineiden ympäristövaikutuksiin. Laitteistolle laskettiin myös hinta-arvio.

Avainsanat:  
Anestesia-aine  
Ympäristövaikutus  
Nesteytyminen  
Kustannukset

Lahti University of Applied Sciences  
Degree Programme in Environmental Engineering

LAAMANEN, JENNA: Reclaiming Possibilities of Anesthetics  
GE Healthcare Finland Ltd.

Bachelor's Thesis in Environmental Technology, 25 pages

Spring 2011

## ABSTRACT

---

This Bachelor's Thesis was carried out for GE Healthcare Finland Helsinki Vallila unit. The purpose of this thesis was to find out how the greenhouse gases of the company could be reduced by reclaiming the anesthetics. The aim was also to find out how anesthetics affect to global warming and the ozone layer. Anesthetics are used as calibration not as medication. The consumption of anesthetics was clarified by yearly measurements.

A test was carried out with liquefying anesthetics in a laboratory with a cooling system. This cooling system was made to reach -40 degrees. It seemed that all the five anesthetics would liquefy between 0 degrees and -40 degrees. The anesthetics used were sevoflurane, desflurane, enflurane, isoflurane and halothane. Nitrous oxide was not part of the test, but it is generally a part of this thesis.

Based on the results, a machine was designed and the consumption of energy was calculated. The environmental effects of energy consumption were compared to the environmental effects of anesthetics. Also the price for the machine was calculated.

Key words:

Anesthetic

Environmental effect

Liquefaction

Costs

## KIITOKSET

Haluan kiittää opinnäytetyöni ohjaajaa insinööri Hannu K. Seppästä sekä Kurt Weckströmiä, joka on toiminut tämän opinnäytetyön ideoijana Hannu K. Seppäsen kanssa. Haluan kiittää myös muita henkilöitä, jotka ovat olleet suurena apuna työni etenemisessä. Näitä henkilöitä ovat olleet Jukka Rantanen, Reima Luukkonen, Hans Lund, Pasi Lumme, Kaija Välimäki ja Karita Lahtinen.

Helsingissä 21.4.2011

Jenna Laamanen

## SISÄLLYS

1	JOHDANTO	1
2	YLEISANESTESIA	2
2.1	MAC-arvo	2
2.2	Anestesian historiaa	3
3	TYÖSSÄ KÄSITELTÄVÄT ANESTESIA-AINEET	3
3.1	Ilokaasu	4
3.2	Sevofluraani	4
3.3	Isofluraani	5
3.4	Enfluraani	5
3.5	Desfluraani	6
3.6	Halotaani	6
4	YMPÄRISTÖVAIKUTUKSET	7
5	TUNNUSLUKUJA	7
5.1	Global Warming Potential	7
5.2	Anestesia-aineiden GWP-arvot	8
5.3	Ozone Depletion Potential	9
6	GE HEALTHCARE FINLAND OY	10
6.1	Yritysesittely ja historiaa	10
6.2	Anestesia-aineiden käyttö ja määrät GE Healthcare:ssa	11
7	KOEJÄRJESTELY	12
8	KÄYTETYT LAITTEET	13
8.1	Kaasupullo	13
8.2	Virtausmittari ja kuristin	14
8.3	Höyrystin	14
8.4	Sääkaappi – Vötsch Industrietechnik	15
8.5	SIMPATI <sup>®</sup> -ohjelma	16
8.6	Fluke 52 -lämpömittari	16
8.7	Kaasumuoduli	16
8.8	Elmo Rietschle-vakuumpumppu	17
8.9	National Instruments NI USB-6218	18
8.10	Capnomac Ultima -mittalaite	18

9	LOPPUTULOKSET	19
9.1	Anestesia-aineiden nesteytymislämpötilat	19
9.2	Nesteytyslaitteisto	20
9.3	Sähkönkulutus	21
9.4	Kustannukset	23
9.5	Laitteiston hiilidioksidipäästöt	24
10	YHTEENVETO	25
	LÄHTEET	26
	LIITTEET	28

## 1 JOHDANTO

Typpioksiduuli eli ilokaasu on yksi kasvihuonekaasuista ja se aiheuttaa otsonikaatoa. Typpioksiduulin vaikutukset ilmakehässä on 300 kertaa suuremmat kuin hiilidioksidin. Yksi tavallinen asuinkunta käyttää typpioksiduuleja noin 3-6 tonnia vuodessa. Tämä vastaa noin 900 -1 800 tonnin määrää hiilidioksidia.

Myös muut anestesia-aineet ovat ympäristövaikutuksiltaan hyvin aggressiivisia verrattuna hiilidioksidiin. Niiden vaikutuksia ilmastonmuutokseen voidaan kuvata GWP-arvojen avulla. ODP-arvojen avulla voidaan puolestaan kuvata niiden vaikutusta otsonikerroksen hajottajina.

Tässä opinnäytetyössä selvitetään anestesia-aineiden ympäristövaikutuksia sekä otetaan selvää niiden takaisin nesteytysmahdollisuuksista, minkä avulla pystyttäisiin pienentämään yrityksen kasvihuonekaasupäästöjä. Nesteytyksen avulla aineet pystyttäisiin ottamaan talteen ja kuljettamaan käsiteltäväksi ongelmajätelaitokselle.

Nesteytysmahdollisuuksia testataan koejärjestelyllä, jossa jäähdyttimenä käytettiin Vötsch Industrietechnikin sääkaappia. Tällä sääkaapilla päästään hyvinkin mataliin lämpötiloihin. Koejärjestelyssä anestesia-aineen nesteytymistä seurataan mittaamalla anestesia-aineen pitoisuutta testin alkuvaiheessa sekä loppuvaiheessa.

Mahdollisen nesteytyslaitteiston sähkönkulutusta ja sähkön hintaa arvioitiin mittaamalla ilmastoinnin poistokanavasta kaasujen ja ilman kokonaisvirtaus. Capnomac Ultima -mittalaitteella mitattiin putkistossa kulkevaa anestesia-aineita ja selvitettiin kuinka usein sitä putkistoissa kulkee.

## 2 YLEISANESTESIA

Anestesiolla tarkoitetaan tajuttomuustilaa, joka aiheutetaan leikkauksen tuottaman kivun poistamiseksi. Nykyään anestesian piiriin liittyy kivuttomuuden aiheuttamisen lisäksi myös tärkeiden elintoimintojen tarkkailu ja säätely sairauden tai kirurgisen toimenpiteen aikana. Kivuttomuuden lisäksi potilas on unenkaltaisessa tilassa, jossa on tietämätön ympäristöstään. Yleisanestesiaan kuuluu uni, joka estää toimenpiteen aikaisten tapahtumien tajuamisen ja muistamisen. (Väisänen 2006)

Yleisanestesia-aineet ovat joko inhalaationa tai laskimoon annettavia. Nykyään käytetään hyvin harvoin ainoastaan yhtä anestesia-ainetta potilasta nukuttaessa. Anestesia aloitetaan yleensä nopeasti vaikuttavalla aineella ja sitä ylläpidetään hitaammin ja pitempään vaikuttavilla aineilla. (Otavan suuri Ensyklopedia 1978)

Yleisanestesia vaikuttaa keskushermostoon, paikallispuudutus ääreishermostoon. Yleisanestesian vaikutus perustuu hapenkäytön vähenemiseen, paikallispuudutuksen sähkönsäilytyskyvyn muutoksiin. Yleensä anestesia-aineet vaikuttavat vain vähän autonomiseen eli tahdosta riippumattomaan hermostoon. (Otavan suuri Ensyklopedia 1978)

Anestesian aikana normaali hengitys häiriytyy. Sen toiminnasta täytyy huolehtia tai käyttää hengityskonetta. Nykyisillä menetelmillä voidaan puhaltaa ilmaa potilaan keuhkoihin. (Otavan suuri Ensyklopedia 1978)

### 2.1 MAC-arvo

MAC eli Minimum Alveolar Concentration on kehitetty kuvaamaan inhalaatioanesteettien vaikutuksen voimakkuutta annostelun helpottamiseksi. MAC-arvolla tarkoitetaan tasapainotilassa sitä anestesia-aineen pitoisuutta tilavuusprosentteina keuhkorakkuloissa, jossa 50 % potilaista ei reagoi leikkausviillon aiheuttamaan kipuun. (Kaukinen 2011)



Anestesia-aineiden alveolaarista pitoisuutta mitataan uloshengityskaasun anestesia-aineipitoisuuksista. Niiden perusteella pystytään arvioimaan suhteellisen hyvin pitoisuudet keuhkorakkuloissa. (Kaukinen 2011)

## 2.2 Anestesian historiaa

Anestesian historian katsotaan alkavan 1540-luvulta, jolloin saatiin eristettyä eetteriä. Ensimmäisen kerran eetterinukutuksen antamista kokeili Crawford W. Long vuonna 1842. Ilokaasun käyttämistä hampaanpoistossa kokeili samana vuonna Horace Wells. Kirurginen anestesia alkoi vuonna 1846, kun William T. Morton nukutti potilaansa leikkauksen yhteydessä. (Otavan suuri Ensyklopedia 1978)

Vuonna 1853 brittiläinen lääkäri John Snow nukutti kuningatar Viktorian kloroformilla. Kokaiinia alettiin käyttää paikallispuudutuksessa vuonna 1882. Vasta vuonna 1921 kehitettiin henkitorven kautta annettava nukutus. (Otavan suuri Ensyklopedia 1978)

Nykyisin anestesia-aineet annetaan useimmiten laskimon kautta. Ennen käytettiin vain hengityksen kautta annettavia aineita. (Otavan suuri Ensyklopedia 1978)

Suomessa anestesiologian kehitys itsenäisenä tieteenhaarana alkoi 1940-luvun lopussa Eero Turpeisen ja Lauri Aron johdolla. (Otavan suuri Ensyklopedia 1978)

## 3 TYÖSSÄ KÄSITELTÄVÄT ANESTESIA-AINEET

Anestesia-aineiden vaikutus perustuu niiden rasvaliukoisuuteen. Anestesia-aineiden vaikutus perustuu myös siihen, että ne vaikuttavat solun toimintoihin. Esimerkiksi paikallispuudutus vaikuttaa solun sähkövarauksiin. Tällöin solun hapenkäyttö hidastuu, mikä vaikuttaa hermostoon. (Otavan suuri Ensyklopedia 1978)

Työhön liittyviä anestesia-aineita olivat ilokaasu, sevofluraani, isofluraani, enfluraani, desfluraani ja halotaani. Näitä kaasuja käytetään sairaaloissa potilaan nuku-

tuksessa, mutta GE Healthcaren tehtaalla niitä käytetään vain laitteiden kalibrointimielessä. Oikein käytettyinä kaasuista ei ole haittaa tai vaaraa.

Nesteytyskokeiluun otettiin mukaan kaikki anestesia-aineet lukuun ottamatta ilokaasua.

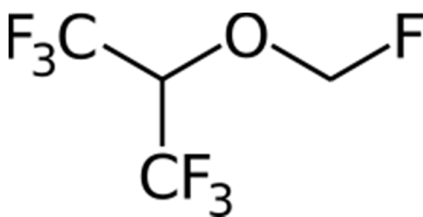
### 3.1 Ilokaasu

Ilokaasu eli typpioksiduuli  $N_2O$  on väritön ja syttymätön typen ja hapen yhdiste, jolla on makeahko tuoksu ja maku. Ilokaasua käytetään happeen sekoitettuna nukutusaineena ja kivun lieventäjänä leikkauksissa ja synnytyksissä. Nimensä ilokaasu on saanut siitä, että se aiheuttaa käyttäjilleen hilpeän tai jopa euforisen tilan. (Otavan suuri Ensyklopedia 1978)

Ilokaasu on ensimmäinen käytetty anestesiakaasu ja on vieläkin suosituin perusanestesia-aine. Sitä myös käytetään määrällisesti eniten. (Otavan suuri Ensyklopedia 1978) Ilokaasu ei myöskään ärsytä hengitysteitä ja sen käyttö vähentää muiden anestesia-aineiden tarvetta. Haittavaikutuksina saattaa ilmetä ilmapitoisten onteloiden laajenemista, pahoinvointia ja oksentelua. (Väisänen 2006)

### 3.2 Sevofluraani

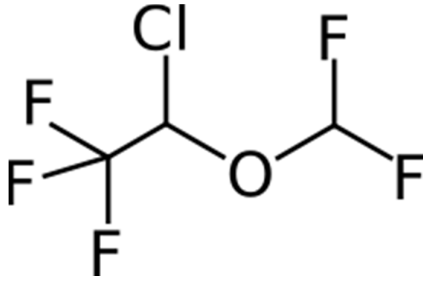
Sevofluraani on fluoridoitu syttymätön inhalaatioanestesia-aine. Se on maultaan ja hajultaan ilokaasun tapaan makeahko, mutta ei ärsytä hengitysteitä. Tämän vuoksi se sopii käytettäväksi myös lapsia nukutettaessa. Se liukenee huonosti vereen, mutta sillä saadaan aikaan nopea anestesian aloitus ja lopetus. (Kaukinen 2011)



KUVIO 1 Sevofluraanin rakennekaava

### 3.3 Isofluraani

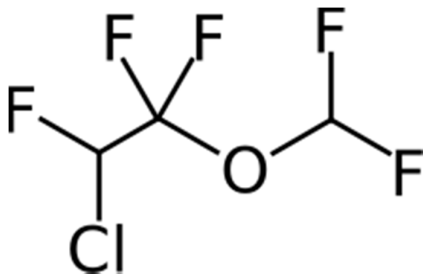
Isofluraani on desfluraanin tavoin halogenoitu eetteri. Sitä on käytetty vuodesta 1980 asti. Eettereitä käytettiin historiamme ensimmäisissä nukutuksissa. Isofluraanin vaikutus anestesian alussa ja lopussa on nopeampi kuin enfluraanin. Isofluraani ei aiheuta samanlaisia EEG-muutoksia kuin enfluraani. (Kaukinen 2011)



KUVIO 2 Isofluraanin rakennekaava

### 3.4 Enfluraani

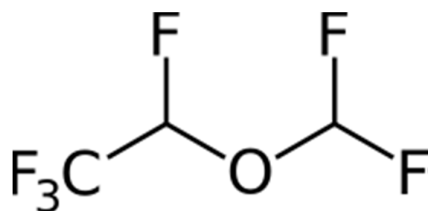
Enfluraani on isofluraani tapaan halogenoitu eetteri. Se on ollut käytössä jo vuodesta 1970 asti. Myös enfluraanilla saadaan nopea anestesian aloitus. Anestesian aikana enfluraani vaikuttaa hengityksen ja verenkierron toimintaan samalla tavalla kuin halotaani. Enfluraania ei tule käyttää ihmisille, joilla on epilepsia koska se aiheuttaa EEG:ssä epileptiformisia muutoksia. (Kaukinen 2011)



KUVIO 3 Enfluraanin rakennekaava

### 3.5 Desfluraani

Desfluraani on uusi inhalaatioanestesia-aine. Se liukenee huonosti vereen. Sen kiehumispiste on 22,8 °C, mikä tarkoittaa, että sen annostelemiseen tarvitaan erityishaihduttimia. Se saattaa aiheuttaa hengitystieärsytystä, kun käytetty määrä on enemmän kuin 6 %. (Kaukinen 2011)

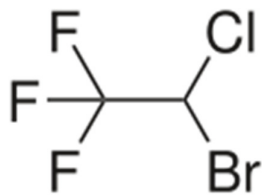


KUVIO 4 Desfluraanin rakennekaava

### 3.6 Halotaani

Halotaani muistuttaa koostumukseltaan ja eräiltä vaikutuksiltaan kloroformia. Vuodesta 1956 lähtien sen käyttö on lisääntynyt niin, että se on ollut maailman eniten käytetty höyrystyvä yleisanestesia-aine. Halotaania käytetään nukutusaineena 0-4 %:isena. Halotaani aiheuttaa nopeasti anestesian, joka syventyessään vaimentaa sekä verenkiertoa että hengitystä mutta joka aiheuttaa varsin vähän lihasten rentoutumista eli relaksaatiota. (Kaukinen 2011)

Halotaanilla on monia etuja, mm. syttymättömyys ja potilaan miellyttävä herääminen. Halotaanin on todettu aiheuttavan maksavaurioita ja saastuttavan leikkaussali-ilmaa, joten halotaanin käyttö on ajan myötä vähentynyt eikä sitä nykyään käytetä juuri ollenkaan. (Otavan Ensyklopedia 1978)



KUVIO 5 Halotaanin rakennekaava

#### 4 YMPÄRISTÖVAIKUTUKSET

Ilokaasun pitoisuus ilmakehässä kasvaa 0,3 % vuodessa. Sen osuus ilmasto lämmittävien yhdisteiden kokonaisvaikutuksesta on 0,05 %. Ilokaasu sellaisenaan on 296 kertaa hiilidioksidia tehokkaampi ilmaston lämmittäjä. Ilokaasu hajottaa myös otsonikerrosta.

Ilokaasu on hyvin voimakas ja pitkäaikainen kasvihuonekaasu, joka kiihdyttää ilmastonmuutosta. Suomessa sitä syntyy maanviljelyssä ja typpilannoitteiden valmistuksessa. Sitä syntyy myös katalysaattoriajoneuvojen käytöstä, kotieläinten lannasta ja energiantuotannosta. (WSOY Iso tietosanakirja 1997)

Ilokaasu on Suomen toiseksi yleisin kasvihuonekaasu. Sen ilmakehää lämmittävä vaikutus on 296 kertaa voimakkaampi kuin hiilidioksidin. Sen elinikä ilmakehässä on noin 110 vuotta. Tämä kaiken lisäksi se aiheuttaa otsonikatoa. Ilokaasun on todettu olevan merkittävin otsonikerrosta heikentävä kasvihuonekaasu.

#### 5 TUNNUSLUKUJA

Eri aineiden ympäristövaikutusten vertailuun on luotu tunnuslukuja, joiden avulla voidaan vertailla aineiden ympäristövaikutuksia hiilidioksidin ympäristövaikutuksiin ja näin luoda kuvaa aineiden aggressiivisuudesta ilmaston lämmittäjinä tai otsonikerroksen hajottajina.

##### 5.1 Global Warming Potential

Maapallon ilmaston lämpeneminen johtuu kasvihuoneilmiöstä, joka toisaalta on myös elämän ehto. Ilmakehä toimii kasvihuoneen lasikaton tavoin kattona, joka päästää auringosta tulevaa säteilyä maahan. Samalla se estää lämpösäteilyä karkaamasta avaruuteen. Tämän vuoksi maan pinnan ja alimpien ilmakerrosten lämpötila on suhteellisen korkea. (Ilmatieteen laitos 2010)

Auringon säteilytehoa saapuu maahan noin  $1\,365\text{ W/m}^2$ . Tästä säteilystä 30 % heijastuu takaisin avaruuteen ja loput 70 % imeytyy maahan ja merien pintakerrokseen. Osa siitä imeytyy ilmakehään, jolloin säteilyn energia muuttuu lämmöksi. (Ilmatieteen laitos 2010)

Ilmakehässä luonnostaan esiintyviä kasvihuonekaasuja ovat vesihöyry, metaani, typpioksiduuli ja otsoni. Valtakaasut typpi ja happi eivät aiheuta kasvihuoneilmiötä. Kasvihuonekaasujen molekyylit kykenevät imemään itseensä lämpösäteilyä tietyillä aallonpituuksilla. Molekyylit voi muuttaa saamansa energian uudelleen säteilyksi, jolloin osa siitä palaa lämpönä takaisin maan pinnalle. (Ilmatieteen laitos 2010)

Ihmiset lisäävät päästöillään ilmakehän luonnollisia kasvihuonekaasuja, mutta ovat myös tuottaneet uusia kaasuja. Nämä uudet kaasut eivät luonnostaan esiinny ilmakehässä. Tästä esimerkkinä ovat halogenoidut hiilivedyt. (Ilmatieteen laitos 2010)

Global Warming Potential (GWP) on indeksi, jonka avulla voidaan selvittää aineen vaikutusta ilmaston lämpenemiseen tietyn ajanjakson aikana. Sillä voidaan verrata suoraan vaikuttavan aineen massaa hiilidioksidiin. Tämä tarkoittaa sitä, että jos vaikuttavan aineen GWP-arvo on esimerkiksi 270, aine vastaa 270-kertaista määrää hiilidioksidia ilmakehässä. Tämä puolestaan taas tarkoittaa sitä, että jos kyseistä vaikuttavaa ainetta on ilmakehässä 1 kg, aine vastaa määrältään 270 kg hiilidioksidia. (Ryan 2011)

## 5.2 Anestesia-aineiden GWP-arvot

Hiilidioksidin GWP-arvo on aina yksi ja muita aineita verrata siihen. Anestesia-aineiden GWP-arvot ovat hyvin paljon suurempia verrattuna hiilidioksidiin. Taulukosta 1 voidaan nähdä miten aggressiivisia kasvihuonekaasuja anestesia-aineet ovat. Sevofluraanilla on suurin GWP-arvo, mikä tarkoittaa, että se on hiilidioksidiin nähden todella aggressiivista. Sevofluraanin GWP-arvo on jopa 1 480. Il-

mastonmuutokseen heikoiten vaikuttavin anestesia-aine on halotaani, jonka GWP-arvo on 210.

Aineen nimi	GWP-arvo
CO <sub>2</sub>	1
Ilokaasu / N <sub>2</sub> O	270
Halotaani	210
Enfluraani	850
Isofluraani	530
Sevofluraani	1 480
Desfluraani	1 190

TAULUKKO 1 Anestesia-aineiden GWP-arvoja

### 5.3 Ozone Depletion Potential

Otsoni, tunnukseltaan O<sub>3</sub>, on väriltään sinertävää ja haisee pistävälle. Se on myrkyllinen ihmisille ja eliöille, vaikka se samalla suojelee meitä auringon ultraviolettisäteiltä. Sitä esiintyy 15-25 kilometrin korkeudessa stratosfäärissä. Tätä kerrosta kutsutaan otsonikerrokseksi. (Suomen Ympäristökeskus 2010)

1970-luvulla alettiin huolestua otsonikerroksen heikkenemisestä. Kaksi ilmakehätutkijaa esittivät teorian, jonka mukaan CFC-yhdisteet eli kloorifluoriyhdisteet sekä halonit saattaisivat kulkeutua otsonikerrokselle ja vaikuttaa sen hajoamiseen. Tämä herätti vilkasta keskustelua ja käynnisti uusia tutkimuksia. CFC-yhdisteet ja halonit heikentävät otsonikerrosta. Näiden aineiden tuotanto ja kulutus on lähes kokonaan kielletty kaikissa teollisuusmaissa. (Suomen Ympäristökeskus 2010)

Vuonna 1985 havaittiin ensimmäinen niin kutsuttu otsoniaukko Etelämantereen yläpuolella. Tämän jälkeen otsonikatoa on havaittu myös pohjoisella pallonpuoliskolla. Myös ultraviolettisäteilyn on havaittu kasvavan maanpinnan läheisyydessä. Voimakkaampi säteily vaikuttaa paitsi ihmiseen myös ympäristöön; sen on havaittu aiheuttavan ihosyöpää ja silmäsairauksia, heikentävän ihmisten ja eläinten

vastuskykyä sekä vähentävän kasvien kasvua maalla ja vedessä. (Suomen Ympäristökeskus 2010)

Otsonikato kuvaamaan on luotu tunnusluku, joka kuvailee vaikuttavan aineen haitallisuutta otsonikerrokselle. Se on nimeltään Ozone Depletion Potential. Indeksiksi kertoo minkälainen tai kuinka vahva tuhoava vaikutus aineella on otsonikerrokseen. (Suomen Ympäristökeskus 2010)

## 6 GE HEALTHCARE FINLAND OY

GE Healthcare on ehkä yksi Suomen suurimpia anestesia-aineiden käyttäjiä Suomessa. Niitä käytetään joka päivä satoja litroja vuodessa. Tämän vuoksi GE Healthcare haluaa selvittää olisiko anestesia-aineiden talteenotolla mitään hyötyä yrityksen päästöjen vähentämisessä.

### 6.1 Yritysesittely ja historiaa

General Electricin eli GE:n perusti vuonna 1878 mies nimeltä Thomas Edison. Tällä hetkellä yrityksessä työskentelee maailmanlaajuisesta 300 000 työntekijää. Liikevaihto vuonna 2008 oli 183 miljardia dollaria. (Vuola 2011)

GE:llä on neljä liiketoimintaa: teknologian ja energian infrastruktuurit, GE:n pääoma sekä NBC Universal. Healthcare kuuluu ensimmäiseen eli teknologian infrastruktuuriin. (Vuola 2011)

Suomessa valmistetaan esimerkiksi potilasvalvonta monitoreita, anestesia-aittekonaisuuksia sekä huolletaan asiakkaiden Suomesta ostamia laitteita.

GE Healthcare Finland Oy ei kuitenkaan aina ole toiminut samalla nimellä. Toiminta sai alkunsa 1900-luvulla, jolloin perustettiin yritys nimeltään Instrumentarium. Myöhemmin vuonna 1969 Instrumentariumista tuli Datex. Tämän jälkeen yritys on vaihtanut omistajaa vielä kahdesti vuonna 1994, jolloin siitä tuli Datex



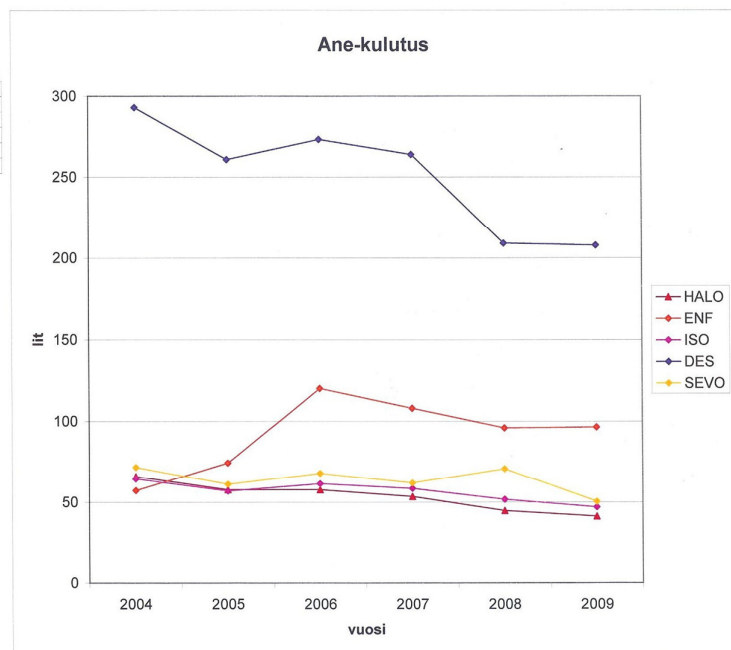
Engström ja vuonna 1998 Datex Ohmeda. Vuonna 2003 General Electric osti Datexin ja sen jälkeen yritys on kulkenut nimellä GE Healthcare. (Vuola 2011)

## 6.2 Anestesia-aineiden käyttö ja määrät GE Healthcare:ssa

GE Healthcare testaa jokaisen laitteen ennen sen lähettämistä asiakkaalle. Jokainen laite kalibroidaan lämpökaapissa, jossa siihen syötetään eri anestesia-aineita. Sen kestävyyttä testataan myös eri lämpötiloissa, koska laitteen tulisi kestää maailman kaikkia ilmastoja.

Kuvaajasta nro. voidaan nähdä GE Healthcaren vuosittaista anestesia-aineiden käyttöä vuodesta 2004 vuoteen 2009. Eniten käytetään desfluraania, jonka käyttö on kuitenkin vähentynyt vuonna 2008. Vähiten käytetty anestesia-aine on halotaniini. Enfluraanin käyttö on lisääntynyt vuoden 2005 jälkeen. Kuvaajan perusteella voidaan myös päätellä, että anestesia-aineita käytetään vuosittain yhteensä noin 500 litraa.

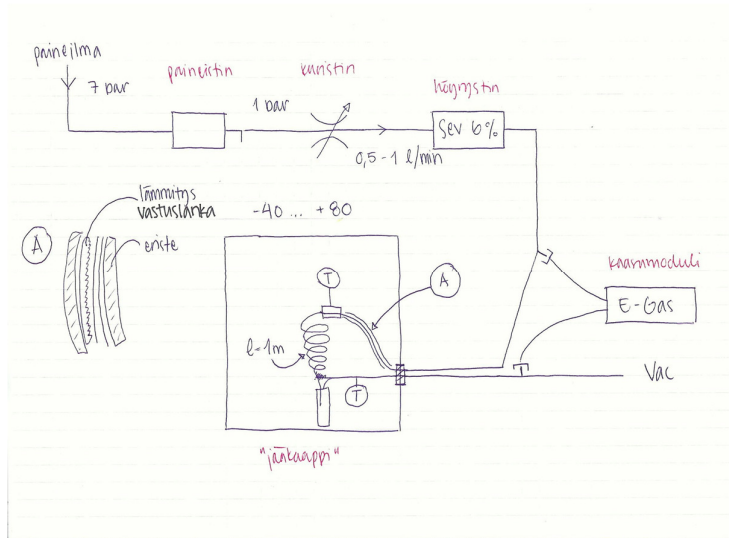
v \ lit	HALO	ENF	ISO	DES	SEVO
2004	66	57	65	293	72
2005	58	75	57	261	61
2006	58	120	62	273	68
2007	54	108	59	264	62
2008	45	96	52	209	71
2009	41	97	47	208	51



KUVIO 6 Anestesia-aineiden vuosikulutuksia GE Healthcare:ssa

## 7 KOEJÄRJESTELY

Koejärjestelyssä testattiin kaikki viisi anestesia-ainetta ja katsottiin missä lämpötiloissa kukin niistä nesteytyi. Kunkin aineen tiivistymislämpötilan perusteella pystyttiin löytämään lämpötila, jolla kaikki aineet pystyttäisiin nesteyttämään.



KUVIO 7 Kaaviokuva koejärjestelystä

Koejärjestely alkoi kaasupullostä, joka sisälsi kuivaa ilmaa. Paineilman tuli olla kuivaa, jotta nesteyttämämme aine ei sisältäisi vettä. Paineilma kulkee koko järjestelmän läpi. Sen virtausta pystyttiin säästämään virtausmittarin ja kuristimen avulla. Virtaukseksi asetettiin noin 0,5 l/min. Tämän jälkeen ilma kulki höyrystimen läpi ottaen mukaansa höyrystimessä ollutta anestesia-ainetta, jota sekoittui ilmaan noin 4-10 %.

Höyrystimeltä ilmaan höyrystetty anestesia-aine lähti kulkemaan letkua pitkin kaapin kohti sääkaapin sisällä olevaa kierukkaa, joka tehtiin ruostumattomasta teräsputkesta. Sääkaapin sisällä oli myös lasipullo, johon anestesia-aineen haluttiin nesteytyvän. Lasipullon korkin läpi kulkeneen kierukan reikä oli tiivistetty O-renkaalla sekä silikonilla. Lasipullostä lähti myös ulostuloputki, jonka reikä oli tiivistetty samalla tavalla.

Sääkaapin lämpötilaa pystyttiin säätämään joko manuaalisesti tai luodun ohjelman

avulla. Sääkaapilla pystytään saavuttamaan lämpötiloja  $-40$  asteesta  $+180$  asteeseen. Tässä koejärjestelyssä käytettiin itse tehtyä ohjelmaa.

Kierukan alkupäähän ja lasipullon jälkeiseen ulostuloon asetettiin lämpötila anturit, jotka mittasivat anestesia-aineen lämpötilaa. T1 mittasi anestesia-aineen lämpötilaa ennen kuin se saavutti kierukan ja T2 mittasi aineen lämpötilaa, kun se oli kiertänyt kierukan ja lasipullon kautta ulostuloletkulle.

Järjestelmään lisättiin lämmityslaitteisto, jolla lämmitettiin järjestelmän sisääntuloletkua. Sisääntuloletkua lämmitettiin siksi, että anestesia-aine ei nesteytyisi sisääntuloletkuun vaan nesteytyisi vasta kierukassa. Lämmitys hoidettiin tehonlähteen ja vastuslangan avulla. Vastuslankaa kieritettiin letkun ympärille, minkä jälkeen se vielä eristettiin.

## 8 KÄYTETYT LAITTEET

### 8.1 Kaasupullo

Kaasupulloissa säilytetään kaasuja korkeissa paineissa. Tässä työssä käytettiin ilmaa, johon sekoitettiin höyrystimeltä anestesia-ainetta. Kaasu saadaan ulos pullosta paineenalennusventtiilin avulla.

Tämän työn koejärjestelyssä käytettiin kuivaa puristettua paineilmaa, jotta nesteytyksen lopputuloksena ei syntyisi lainkaan vettä. Kuiva ilma sisältää 99,9 % hyödynnettäviä kaasuja eli typpeä (78,1 %), happea (20,9 %) ja argonia (0,9 %). Loppuosa sisältää hiilidioksidia (0,04 %), neonia, heliumia, metaania, kryptonaa, vetyä, ilokaasua, hiilimonoksidia, ksenonia, otsonia, typpioksidia, rikkioksidia ja ammoniakkia ym. (Väisänen 2006)

## 8.2 Virtausmittari ja kuristin

Virtausmittarilla mitattiin järjestelmässä kulkevan ilman määrää. Nesteytyskokeessa ilmaa virtasi letkuissa noin 0,5 l/min. Kuristimen avulla oli mahdollista säätää kulkevan ilman määrää.

## 8.3 Höyrystin

Höyrystin höyrystää sen sisällä olevaa anestesia-ainetta läpikulkevan kaasun sekaan. Anestesiakone syöttää potilaaseen happi, ilma ja ilokaasuseosta. Syötettävään kaasuun sekoitetaan höyrystimellä anestesia-ainetta, jolla saadaan potilas nukutettua.

Jokaiselle anestesia-aineelle on oma höyrystin. Jokaisella höyrystimellä on erilainen täyttöaukko, jolla estetään väärintäyttö. Höyrystin on painoltaan noin 9,5 kg. Sen korkeus on 25 cm, syvyys 23,5 cm ja leveys 11 cm.. Pitoisuutta voi säätää höyrystimen päällä olevasta säätökiekosta. Säätökiekon säätöalue vaihtelee 0...6-18 %:iin höyrystimestä riippuen. (Datex-Ohmeda 2000)



KUVIO 8 Höyrystin höyrystää anestesia-aineen nesteestä kaasuksi

#### 8.4 Sääkaappi – Vötsch Industrietechnik

Vötsch Industrietechnik:n sääkaapilla saadaan aikaiseksi ääriolosuhteita. Laitteiden kestävyyttä voidaan kokeilla hyvin kuumissa sekä hyvin kylmissä lämpötiloissa. Tässä työssä sääkaappia käytettiin hyödyksi nesteytyksessä, koska kaapilla pääsee hyvin kylmiin lämpöasteisiin. Kuvan alapuolelta löytyy sääkaapin ohjearvoja.



KUVIO 9 Tässä testissä käytettiin apuna kuvan ylempää sääkaappia

Ilmanvaihto: 300-800 m<sup>3</sup>/h

Lämpötilat: -25 ...150 °C tai -55...150 °C

Kosteus: 10 ... 80 %

## 8.5 SIMPATI®-ohjelma

Ohjelmistolla ohjataan tietokoneen kautta sääkaapin toimintaa. Sen avulla pystyy luomaan ohjelmasta halutunlaisen tarpeen mukaan. (Vötsch Industrietechnik 2011)

Tässä kokeessa ohjelmiston avulla saatiin sääkaappi jäähdyttämään itsensä ensin nopeasti viiteen asteeseen, minkä jälkeen kaappi alkoi hiljalleen jäähdyttää itseään kohti  $-40\text{ °C}$  vajaan kahden tunnin aikana. Eli kaappi jäähdytti itseään  $0,5\text{ °C}$  minuutissa. Saavuttaessaan  $-40\text{ °C}$  lämpötilan, kaappi pysyi 20 minuutin ajan kyseisessä lämpötilassa. 20 minuutin jälkeen kaappi alkoi taas lämmittää itseään takaisin huoneenlämpötilaan.

## 8.6 Fluke 52 -lämpömittari

Fluken lämpömittarilla mitattiin testin aikana lämpötilaa kahdesta kohdasta. Lämpöanturi T1 sijoitettiin kierukan alkupäähän mittaamaan sisään menevän anestesia-aineen lämpötilaa. T1:n avulla saatiin pidettyä lämpötila sellaisessa pisteessä, jossa anestesia-aine ei vielä nesteydy.

Lämpöanturi T2 sijoitettiin ulosmenoputkeen. T2:n avulla pystyttiin päättelemään lämpötila, jossa anestesia-aine nesteytyi.

## 8.7 Kaasumoduuli

Kaasumoduuli on anestesia-aineiden monitoroimiseen suunniteltu laite, joka mittaa ihmiseen keuhkoihin menevää ja sieltä poistuvien anestesiakaasujen määrää. Moduuli kiinnitetään monitoriin, joka näyttää havaitut aineet ja niiden määrän. Tässä tutkimuksessa käytettiin anestesiakaasumoduulista versiota nimeltään E-CAiOV. Tämän mallin moduuleita kutsutaan yhteisnimikkeellä E-Gas (KUVIO 10). Tämä malli tunnistaa ja mittaa kaikkia viittä anestesia-ainetta: sevofluraani, isofluraani, desfluraani, enfluraani ja halotaani. Kaikki parametrit mitataan potilaan hengitys-

teistä. Moduuli on kooltaan 75 mm x 228 mm x 112 mm ja painaa 1,6 kg. (Datex-Ohmeda 2000)



KUVIO 10 Kaasumoduuli

Kaasu	Mittausalue [%]	Mittaustarkkuus [%]
Hiilidioksidi CO <sub>2</sub>	0...15	±(0.2 vol% + 2 % lukemasta)
Ilokaasu N <sub>2</sub> O	0...100	±(0.2 vol% + 2 % lukemasta)
Halotaani, Isofluraani, Enfluraani	0...6	±(0.15 vol% + 5 % lukemasta)
Sevofluraani	0...8	±(0.15 vol% + 5 % lukemasta)
Desfluraani	0...20	±(0.15 vol% + 5 % lukemasta)

TAULUKKO 2 Kaasumoduulin toleranssit

### 8.8 Elmo Rietschle–vakuumpumppu

Vakuumpumppu saa aikaan alipaineen ilmastointiputkistossa, mikä saa ilman sekä kaasut liikkumaan eteenpäin. Vakuumpumppu saa käskyjä taajuusmuuttajalta, joka ohjaa pumppua toimimaan tarpeen mukaisella nopeudella. Tällöin prosessi tehostuu huomattavasti. Taajuusmuuttajan avulla päästään portaattomaan säätöön moottorille syötettävää taajuutta muuttamalla.

## 8.9 National Instruments NI USB-6218

National Instrumentsin tiedonkeruukorttia käytettiin, kun mitattiin ilmastointiputkistossa liikkuvan kaasuseoksen määrää. Samaa mittauslaitetta käytettiin, kun mitattiin anestesia-aineiden liikkumista putkistossa. Mittalaitteista saadaan syötettyä mittaustulokset tietokoneelle Excel-ohjelmaan. Tuloksista nähdään mihin aikaan, kuinka usein ja kuinka paljon aineita on putkistossa liikkunut.

Mittaustulosten perusteella voidaan päätellä kuinka paljon kaasuseosta pitäisi johdattaa nesteytyslaitteistolle. Mittauslaitteella mitattiin jännitettä kaasun virtauksesta.



KUVIO 11 Tiedonkeruukortilla kerättiin tietoa putkistossa kulkevien kaasujen määrästä

## 8.10 Capnomac Ultima -mittalaite

Capnomac Ultimian avulla on mahdollista mitata hengitysteiden kaasupitoisuudet hiilidioksidille, hapelle, ilokaasulle ja anestesia-aineille. Lisäksi se tunnistaa käytetyt anestesia-aineiden kaasuseokset.

Tämän laitteen avulla selvitettiin kulkeeko ilmastoinnin poistoputkistossa anestesia-aineita. Putkistossa kulkevasta kaasuseoksesta mitattiin halotaania, koska sen laite tunnistaa herkemmin.





KUVIO 12 Capnomac Ultimalla mitattiin halotaanin pitoisuutta putkistossa

## 9 LOPPUTULOKSET

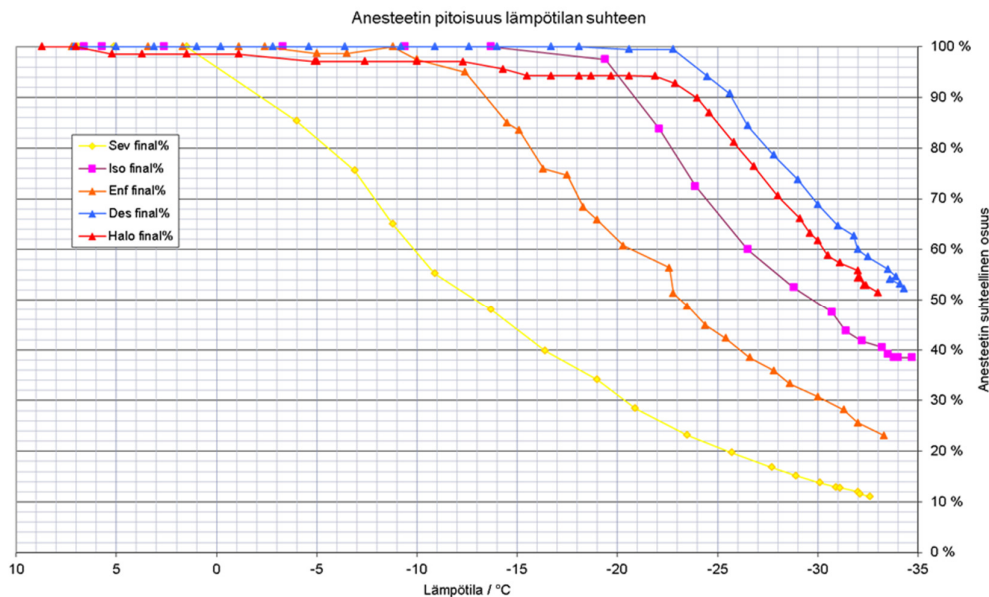
Anestesia-aineiden nesteytyskokeen tulosten perusteella lähdettiin selvittämään sopivaa laitteistoa yrityksestä nimeltä ARE. Karkea kustannusarvio tarvittavasta laitteistosta oli 50 000-70 000 euroa. ARE:n yhteyshenkilön mukaan tehoa laitteistolle tarvittaisiin vain 2-4 kilowattia, eli ei kovin suurta teholuokkaa.

Koejärjestelyn tuloksia voidaan pitää luotettavina, koska testit on tehty tarkan suunnitelman mukaisesti ja huolella. Koejärjestely suunniteltiin huolella ennen testien tekemistä. Osa aineista testattiin kahteen kertaan, jolloin tuloksissa ei havaittu suuria vaihteluita. Tämän perusteella tuloksia voidaan pitää luotettavina.

### 9.1 Anestesia-aineiden nesteytymislämpötilat

Koejärjestelyn tulokset koottiin yhdeksi kuvaajaksi. Kuvaajasta 2 voidaan nähdä anestesia-aineiden nesteytymislämpötiloja. Käyrien värit on valittu anestesia-aineiden väritunnusten perusteella. Väritunnuksia käytetään esimerkiksi höyrystimien kyljissä.

Sevofluraani nesteytyi anestesia-aineista helpoiten. Hitaammin nesteytyi desfluraani, joka vaati yli  $-25\text{ °C}$  lämpötilaa. Enfluraani ja isofluraani nesteytyivät sevofluraanin jälkeen parhaiten.



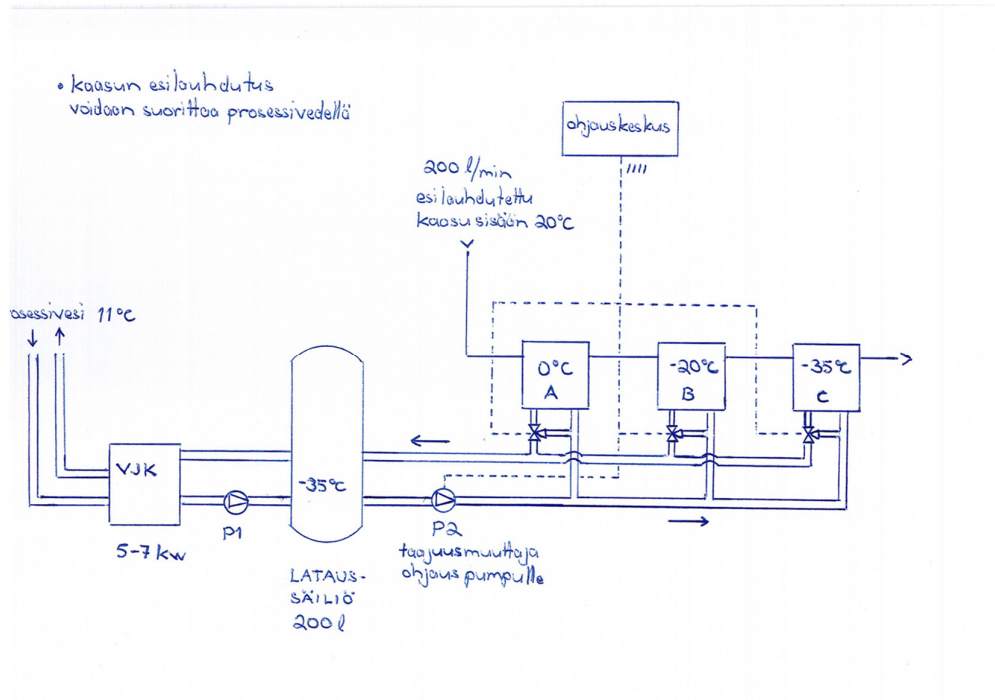
KUVAAJA 1 Anestesia-aineiden nesteytymislämpötiloja

## 9.2 Nesteytyslaitteisto

Nesteytyslaitteisto suunniteltiin nesteytymislämpötilojen perusteella. Tarkoituksena on, että laitteisto sijoitettaisiin LVI-konehuoneistoon rakennuksen ylimpään kerrokseen.

Laitteisto koostuu neljästä säiliöstä. Laitteisto liitetään ilmastoinnin poistoputkeen. Sen alkupäässä on anturi, jonka avulla voidaan tarkastella milloin anestesia-ainetta liikkuu putkistossa. Kun anturi havaitsee kaasuseoksessa anestesia-ainetta, kaasuseos johdetaan nesteytyslaitteistolle. Kaasuseos jäähdytetään ensin 0 °C, jolloin seoksesta saadaan poistettua vesi. Tämän jälkeen kaasuseos jäähdytetään -20 °C, jolloin siitä nesteytyy sevofluraani, enfluraani ja isofluraani. Jos kaasuseoksessa on vielä tämän jälkeen anestesia-ainetta, se jäähdytetään -35 °C, jolloin loputkin aineet nesteytyvät. Anestesia-aineen määrää havainnoi myös tässä vaiheessa kaasuanturi.

Kaasujen poisto tapahtuu C-vaihtimen jälkeen varaajasäiliön kautta. Nesteytetyt kaasut kerätään laitteistosta säiliöihin, jotka kuljetetaan ongelmajätelaitokselle käsiteltäväksi, esimerkiksi Ekokemille. Ongelmajätelaitoksella kerätyt nestemäiset kaasut voidaan polttaa korkeassa lämpötilassa muun ongelmajätteen tavoin.



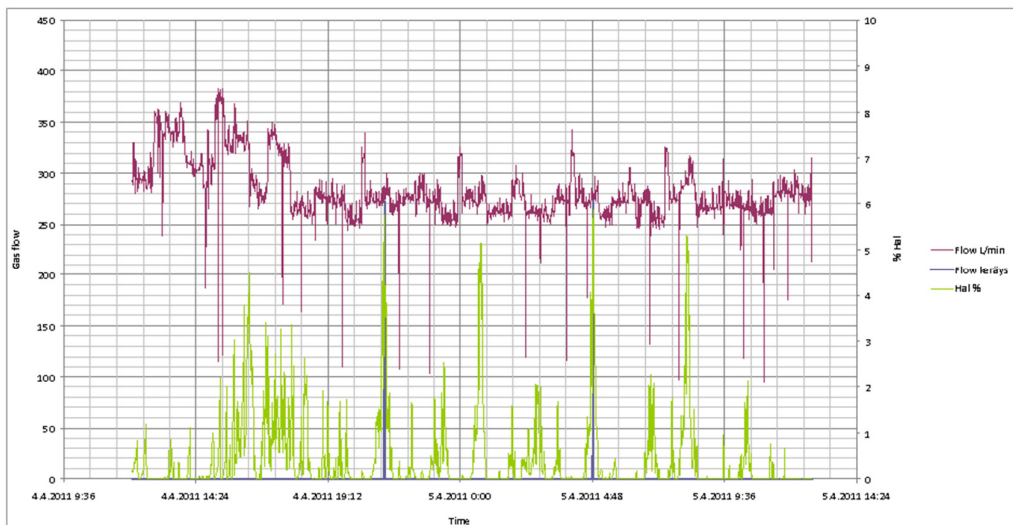
KUVIO 13 Kaaviokuva nesteytyslaitteistosta

### 9.3 Sähkönkulutus

Laitteiston jäähdytysteho on vaatimatonta luokkaa. Vaadittava tehon määrä olisi noin 2-4 kW. Tässä työssä laskettiin energiankulutukset niin sanotusti pahemman vaihtoehdon mukaan eli 4 kW tehoilla.

Tässä on listattuna laitteiston vaatimia tehoja:

1. esijäähdytys prosessiveteen:  $0,2 \text{ m}^3/\text{min} (0,0033 \text{ m}^3/\text{s}) \cdot 1,1 \cdot (40-20) = 0,073 \text{ kW}$
2. jäähdytysteho:  $0,0033 \text{ m}^3/\text{s} \cdot 1,1 \cdot 55 = 0,2 \text{ kW}$
3. kompressorin ottoteho noin 0,1 kW



KUVAAJA 2 Ilman ja halotaanin virtaukset poistoputkistossa

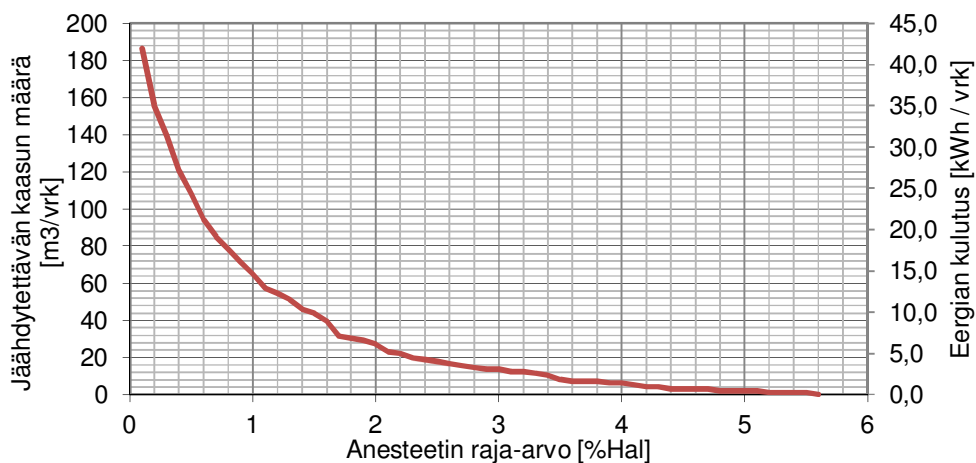
Yllä on kuvaaja 3, joka kuvaa halotaanin sekä ilman eli kaasuseoksen virtausta ilmastoinnin poistoputkistossa vuorokauden aikana. Näiden tulosten avulla pystyttiin laskemaan kuinka paljon kaasua vuorokaudessa pitäisi nesteyttää. Nesteyttävän kaasun määrästä kerättiin raja-arvoa, joiden avulla vertailtiin laitteiston käyttöaikaa ja sähkökulutusta.

Alla olevassa kuvaajassa 4 on kuvattu jäädytettävän kaasun määrää kuutioissa, kaasuseoksen anestesia-aineen eli tässä tapauksessa halotaanin määrää prosentteina sekä kaasun jäädytykseen tarvittavaa energian määrää. Kuvaajasta voi päätellä, että mitä pienempi lukema nesteytettävän halotaanimäärän raja-arvoksi asetetaan, sitä suurempaa on energian kulutus. Toisin sanoen mitä paremmin ja enemmän halutaan saada anestesia-aineita talteen, sitä enemmän se vie energiaa.

Sopiva raja-arvo anestesia-aineiden keräilylle voisi olla 0,5 %, jolloin sähkön kulutus olisi vuorokaudessa noin 24 kWh. Tällä sähkön kulutuksella sähkön käyttö tulisi maksamaan noin 886 euroa vuodessa. Sähkön hinta on laskettu niin, että sähkön hinnaksi arvioitiin energiayhtiön laskutuksen mukaan 0,10 €/kWh.

Mitä pienemmäksi raja-arvoa lasketaan, sitä suuremmaksi sähkönkulutus ja sähkölasku nousevat. Jos raja-arvoa halutaan suuremmaksi, anestesia-ainetta nesteytetään vähemmän, mutta sähkönkulutus olisi vähäisempää. Jos puolestaan halutaan

asettaa raja-arvoksi 0 %, jolloin kaikki anestesia-aineet, sähkönkulutus tulisi olemaan noin 96 kWh vuorokaudessa ja sähkön käytön kustannuksia tulisi noin 3 500 euroa vuodessa.



KUVAAJA 3 Jäähdytettävän kaasun määrä ja tarvittava energia raja-arvon suhteen

#### 9.4 Kustannukset

Kustannukset koostuvat itse laitteiston hinnasta, joka tulee maksamaan 50 000-70 000 euroa. Lisäkustannuksia tulee laitteiston sähkönkulutuksesta. Laite ei kuluta paljon sähköä, joten sähkölaskut tulisivat olemaan vuodessa suhteellisen pieniä.

raja-arvo %	m <sup>3</sup> /vrk	käynti h/vrk	kWh/vrk	€/a
0	407,2	24,0	96,0	3500
0,1	178	10,5	42,0	1530
0,2	149	8,8	35,1	1280
0,4	115	6,8	27,1	1000
0,5	103	6,1	24,3	890
0,6	90	5,3	21,2	775
0,7	81	4,8	19,1	700
0,8	75	4,4	17,7	645
0,9	68	4,0	16,0	585
1	62	3,7	14,6	530
1,1	55	3,2	13,0	470
1,2	52	3,1	12,3	450

TAULUKKO 3 Esimerkkejä sähkön hinnasta

Yllä olevassa taulukossa on annettu esimerkkejä anestesia-aineen pitoisuuksien raja-arvoista sekä nesteytettävän kaasun määrästä kuutioina vuorokaudessa. Taulukkoon on myös laskettu kuinka kauan konetta käytettäisiin vuorokaudessa, jotta kyseinen määrä kaasuja saadaan nesteytymään. Käyttöajan perusteella on laskettu sähkön hinta yhdelle vuodelle.

#### 9.5 Laitteiston hiilidioksidipäästöt

Laitteiston sähkön kulutuksesta aiheutuvia hiilidioksidipäästöjä voidaan arvioida laskemalla kuinka paljon yksi kilowattitunti tuottaa hiilidioksidipäästöjä. Tässä laskettiin, että yksi kilowattitunti tuottaisi 260 grammaa hiilidioksidipäästöjä. (Kodin energiaopas 2011) Alla olevassa taulukossa on laskettu laitteiston hiilidioksidipäästöt vuorokautta kohden. Tämänkin perusteella voidaan sanoa, että raja-arvolla 0,5 % saataisiin suurin hyöty.

raja-arvo %	M3/vrk	käynti h/vrk	kWh/vrk	€/a	Hiilipäästö g/vrk
0	407,2	24,0	96,0	3500	24960
0,1	178	10,5	42,0	1530	10910
0,2	149	8,8	35,1	1280	9133
0,4	115	6,8	27,1	1000	7050
0,5	103	6,1	24,3	890	6313
0,6	90	5,3	21,2	775	5516
0,7	81	4,8	19,1	700	4965
0,8	75	4,4	17,7	645	4597
0,9	68	4,0	16,0	585	4168
1	62	3,7	14,6	530	3800
1,1	55	3,2	13,0	470	3371
1,2	52	3,1	12,3	450	3187

TAULUKKO 4 Laitteiston hiilidioksidipäästöt yhtä vuorokautta kohden

## 10 YHTEENVETO

Anestesia-aineet ovat aggressiivisia kasvihuonekaasuja, jotka omalta osaltaan vaikuttavat ilmaston lämpenemiseen. Ne myös hajottavat otsonikerrosta ja kiihdyttävät otsonikatoa. Anestesia-aineet ovat ilmakehään kuulumattomia aineita, joita ei sinne pitäisi päästää.

Työssä tehtiin koejärjestely, jossa selvitettiin anestesia-aineiden nesteytymislämpötiloja. Jokainen anestesia-aine nesteytyi  $-15\text{ °C}$  ja  $-35\text{ °C}$  välillä. Koejärjestely toteutettiin Vötsch Industrieteknikin sääkaapilla, joka pystytään jäähdyttämään jopa  $-40\text{ °C}$  lämpötilaan. Ilmastointiputkistoista tehtyjen mittausten perusteella saatiin tietää kuinka paljon anestesia-aineita putkistossa kulkee. Määrän perusteella pystytään arvioimaan nesteytettävän kaasuseoksen nesteyttämiseen kulunutta sähkönkulutusta sekä myös laitteiston kokoa ja kapasiteettia.

Näiden mittaus- ja testitulosten perusteella suunniteltiin laitteisto, jolla saataisiin kaikki anestesia-aineet nesteytymään. Laitteisto koostuisi kolmesta lauhduttimesta, joiden avulla kaasu jäähdytettäisiin vaiheittain. Ensimmäisenä poistetaan vesi ja tämän jälkeen anestesia-aineet kaksivaiheisesti. Ennen viimeistä lauhdutinta putkiston anestesiapitoisuus mitataan ja sen perusteella valitaan, käytetäänkö viimeistä vaihetta lainkaan. Tällä voidaan vähentää jäähdytystarvetta ja siten sähkönkulutusta. Laitteisto ei kuluta paljon sähköä, mikä tarkoittaa, että sen käyttökustannukset eivät tule kalliiksi. Itse laitteiston hankinta on suurempi investointi.

Työn lopputulosten perusteella päätetään haluaako GE investoida nesteytyslaitteistoon. Yhtenä olennaisena tekijänä on laitteiston hinta ja hyöty. Tätä työtä voisi jatkaa esimerkiksi pohtimalla hiilijalanjälkeä anestesia-aineen nesteytykselle, nesteytetyn aineen kuljettamiselle ja käsittelylle ongelmajätelaitoksessa. Alustavan tarjouksen perusteella laiteinvestointi olisi n. 70 000€

## LÄHTEET

Datex-Ohmeda. Capnomac Ultima. [viitattu 3.4.2011]. Saatavissa:  
[http://www.us.datex-ohmeda.com/products/monitor\\_capnomac.htm](http://www.us.datex-ohmeda.com/products/monitor_capnomac.htm)

Datex-Ohmeda. Tec 6 Plus Vaporizer. 2000. [viitattu 27.3.2011]. Saatavissa:  
<http://www.gehealthcare.com/us/en/anesthesia/docs/An3307.pdf>

Elmo Rietschle. Vacuum Pumps data sheet. 2006. [viitattu 31.3.2011]. Saatavissa:  
[http://213.95.1.150/rtpumps/central/products/resource.nsf/imgref/Download\\_D880.pdf/\\$FILE/D880.pdf](http://213.95.1.150/rtpumps/central/products/resource.nsf/imgref/Download_D880.pdf/$FILE/D880.pdf)

Ilmatieteen laitos. Kasvihuoneilmiö. 2010. [viitattu 3.4.2011]. Saatavissa:  
<http://ilmatieteenlaitos.fi/kasvihuoneilmio>

Kaukinen Seppo. Yleisanestesia-aineet. [viitattu 26.3.2011] Saatavissa:  
<http://www.medicina.fi/fato/20.pdf>

Kodin energiaopas 2011. Sähkölaitteiden kulutuksia [viitattu 31.3.2011]. Saatavissa: <http://www.tts.fi/kodinenergiaopas/sahkolaitteidenkulutuksia.htm>

Kustannusosakeyhtiö Otavan painolaitokset. Otavan suuri Ensyklopedia. 1. osa. s.283-284. Keuruu 1978.

MAOL taulukot; matematiikka, fysiikka, kemia. 1.-5. uudistettu painos. Helsinki. Otava. 1994

Ryan, Susan M. Global Warming Potential of Inhaled Anesthetics: Application to clinical use. San Francisco. 2011. [viitattu 27.3.2011]. Saatavissa:  
<http://www.anesthesia-analgesia.org/content/111/1/92.full>



Suomen ympäristökeskus. Otsonikato. 2010. [viitattu 3.4.2011]. Saatavissa:  
<http://www.ymparisto.fi/default.asp?contentid=160>

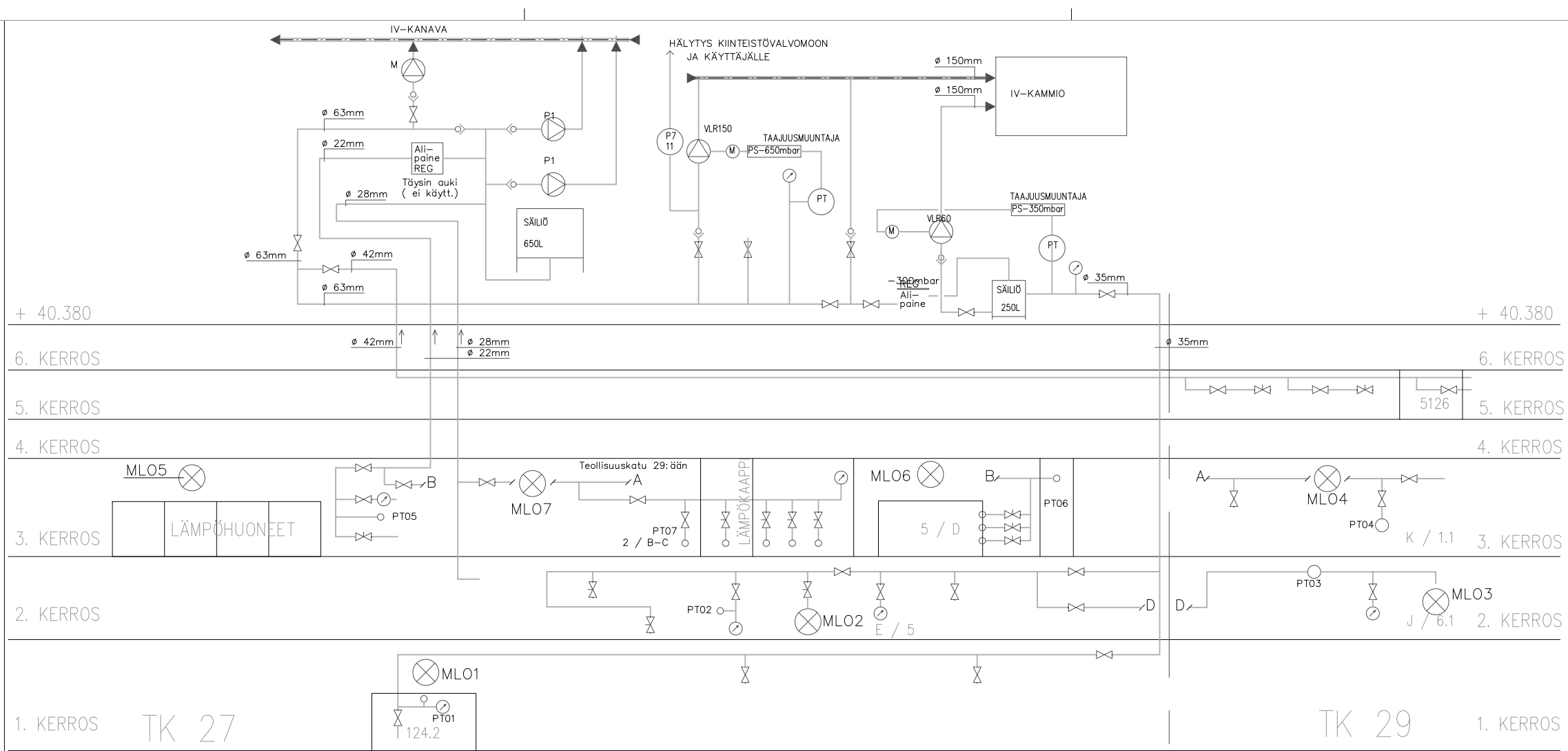
Vuola, J. 2011. GE Healthcare Corporation Presentasion.

Väisänen Lasse. Tuotannon hapenkulutuksen kartoitus. Insinööriyö. Helsinki.  
2006

Vötsch Industrietechnik 2011. Temperature- and Climate Test Chambers With Air  
Conditioning Units VR [viitattu 3.4.2011]. Saatavissa:  
[http://vitu.cms.schunk-group.com/en/schunk01.c.16032.de/all\\_vitproductsarticle](http://vitu.cms.schunk-group.com/en/schunk01.c.16032.de/all_vitproductsarticle)

Vötsch Industrietechnik: SIMPATI software. [viitattu 27.3.2011]. Saatavissa:  
[http://pdf.directindustry.com/pdf/votsch-industrietechnik/communication-software-simpat/16219-15698-\\_8.html](http://pdf.directindustry.com/pdf/votsch-industrietechnik/communication-software-simpat/16219-15698-_8.html)

WSOY:n graafiset laitokset. WSOY Iso tietosanakirja. 3. osa. s. 371. Porvoo. 1995.



- Painemittari
- Virtaussuunta
- Sulkuventtiili
- Painemittaus
- Säätoventtiili
- Hälytysvalo

LIITE 1

15.12.2009 Tarkastettu PHo

K.O.S.A./K.Y.L.A.	KORTTELI/ALUE	TONTTI/RNK:O	VIHANNAINEN ARKISTOMERKITÖIKÄ VARTEN
22	693	27, 29	
RAKENNUSTOIMENPIDE	PIIRUSTUSLAJI		JÄIKS. N:O
	ILMASTOINTI		
RAKENNUSKOHTIEN NIMI JA OSOITE	PIIRUSTUKSEN SISÄLTÖ		MITTAKAAVAT
GE HEALTHCARE TOIMITALO TK 27 KA TK 29 TEOLLISUUSKATU 27 - 29 00510 HELSINKI	ALIPAINEVERKOSTON KAAVIO		1:50
TIMOKON Oy Raatihuonekatu 10 A 15 06100 PORVOO	SUUNN. PHo TARK. PHo PVM 27.11.2009 VASTUUNHENKILÖ LVI-Ins. Pertti Honkasalo	PIRT. PHo SUUNNITTELUALA, TYÖN NUMERO JA PIIRUSTUKSEN NUMERO LVI L21640 340	MUUTOS A
		TIEDOSTO	L21640-340A.DWG