

Teemu Ryhänen

# Sairaalarakentamisen vaatimukset LVI-urakoitsijalle

Opinnäytetyö  
Talotekniikan koulutusohjelma  
LVI-tekniikan suuntautumisvaihtoehto

Toukokuu 2012




**MIKKELIN AMMATTIKORKEAKOULU**

Mikkeli University of Applied Sciences

## KUVAILULEHTI

 <b>MIKKELIN AMMATTIKORKEAKOULU</b> Mikkelin University of Applied Sciences	<b>Opinnäytetyön päivämäärä</b> 6.5.2012		
<b>Tekijä(t)</b> Teemu Ryhänen	<b>Koulutusohjelma ja suuntautuminen</b> Talotekniikan koulutusohjelma LVI-tekniikan suuntautumisvaihtoehto		
<b>Nimeke</b> Sairaalarakentamisen vaatimukset LVI-urakoitsijalle			
<b>Tiivistelmä</b> <p>Opinnäytetyöni tavoite oli perehtyä sairaalarakentamiseen LVI-urakoitsijan näkökulmasta ja tutkia miten sairaalaympäristö poikkeaa muista rakennustyömaista. Sairaalan erikoislaitteet ja kaasuverkostot poikkeavat tavanomaisista, eikä urakoitsijoille ole olemassa helposti saatavaa ja ymmärrettävää tietoa sairaalatekniikasta. Tämän työn tarkoituksena oli tuottaa urakoitsijalle kattava tietopaketti sairaalarakentamisen erityispiirteistä.</p> <p>Työtä tehtiin perehtymällä olemassaolevaan kirjallisuuteen sairaalarakentamisesta ja tutkimalla suomen rakentamismääräyskokoelmaa sekä poimimalla sieltä tärkeitä asioita sairaalatekniikkaan liittyen. Työhön koottiin myös tietoa sairaalaan sopivista kalusteista ja rakennustarvikkeista tutkimalla laitevalmistajien laatimaa kirjallista materiaalia, sekä internet-aineistoa. Yhtenä hyödyllisenä tietolähteenä opinnäytetyössä olivat käynnit Mikkelin keskussairaalaan, jossa pystyi näkemään mitä sairaalarakentaminen on käytännössä ja minkälaisia tekniikoita Mikkelissä on käytetty.</p>			
<b>Asiasanat (avainsanat)</b> Sairaalarakentaminen, LVI tekniikka			
<b>Sivumäärä</b> 27	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%;"><b>Kieli</b> Suomi</td> <td style="width: 50%;"><b>URN</b></td> </tr> </table>	<b>Kieli</b> Suomi	<b>URN</b>
<b>Kieli</b> Suomi	<b>URN</b>		
<b>Huomautus (huomautukset liitteistä)</b>			
<b>Ohjaavan opettajan nimi</b> Teppo Yli-Karro ja Marianna Luoma	<b>Opinnäytetyön toimeksiantaja</b>		

## DESCRIPTION

 <b>MIKKELIN AMMATTIKORKEAKOULU</b> Mikkeli University of Applied Sciences		<b>Date of the bachelor's thesis</b>  6.5.2012	
<b>Author(s)</b> Teemu Ryhänen		<b>Degree programme and option</b> Building services engineering HVAC	
<b>Name of the bachelor's thesis</b> Contractors guide to hospital HVAC engineering			
<b>Abstract</b>  <p>My bachelor's thesis was to become familiar with hospital technology from HVAC-contractors perspective and to study how hospital environment differs from ordinary construction site. Hospitals special equipment's and gas delivery network are unlike those, which are used in normal residential engineering. It's hard to find easily understandable knowledge about hospital HVAC-technology. The purpose of this thesis was to provide constructor a comprehensive package of information about hospitals special requirements.</p> <p>Thesis was made by studying literature about hospital engineering and researching Finnish engineering specifications. Information was gathered about equipment and building materials by studying literature produced by manufacturers and by using internet material. Visiting Mikkeli central hospital provided lots of information about hospital engineering in practise and what kinds of technologies were used in Mikkeli.</p>			
<b>Subject headings, (keywords)</b> Hospital HVAC engineering			
<b>Pages</b> 27	<b>Language</b> Finnish	<b>URN</b>	
<b>Remarks, notes on appendices</b>			
<b>Tutor</b> Teppo Yli-Karro and Marianna Luoma		<b>Bachelor's thesis assigned by</b>	

## SISÄLTÖ

1	JOHDANTO .....	1
2	OPINNÄYTETYÖN TAVOITTEET .....	2
3	SAIRAALARAKENTAMINEN .....	2
4	LVI-JÄRJESTELMÄT .....	4
4.1	Lämmitysjärjestelmät .....	4
4.2	Vesi- ja viemärijärjestelmät .....	5
4.3	Ilmastointijärjestelmät .....	6
4.3.1	Sisäilmasto .....	7
4.3.2	Ilmanvaihdon hygienia .....	8
4.3.3	Erikoistilojen ilmanvaihto .....	8
4.3.4	Kohdepoistolaitteet .....	10
4.3.5	Puhtaan ilmanvaihtolaitoksen toteutus .....	10
4.4	Sairaalakaasujärjestelmä .....	12
4.4.1	Sairaalakaasut .....	14
4.4.2	Kaasunjakelulaitteet .....	18
4.5	Höyryjärjestelmät .....	21
5	PUHTAUSVAATIMUKSET .....	21
6	URAKKALASKENTA .....	23
7	POHDINTA .....	25
	LÄHTEET .....	26

## 1 JOHDANTO

Tämän insinööriyön tarkoituksena on perehtyä sairaalarakentamiseen LVI-urakoitsijan näkökulmasta. Aikomuksena on selvittää, millaisia vaatimuksia ja rajoitteita sairaala rakennusympäristönä asettaa urakointiliikkeelle sekä miten asentajien ja työnjohdon tulee varautua erilaiseen työympäristöön.

Sairaala eroaa muista työmaista tiukkojen puhtausvaatimustensa takia. Sairaalassa on eri tiloja, joiden puhtausvaatimukset poikkeavat toisistaan suuresti. Puhtaimpina tiloina mainittakoon leikkaussalit sekä sairaala-apteekit, joissa valmistetaan lääkkeitä. Ilmastoinnin merkitys on puhtauden kannalta suuri, ja sille asetetaankin kovat vaatimukset sekä määrällisesti että laadullisesti. Sisäilman puhtaus on erittäin tärkeää hygienian säilyttämiseksi ja taudinaiheuttajien pääsy puhtaisiin tiloihin on estettävä. Ilmastoinnin oikealla suunnittelulla ja suunnitelmien mukaisella rakentamisella päästään hyvään sisäilmanlaatuun, mutta väärin toteutettuna ilmanvaihto voi pahimmassa tapauksessa muuttaa tilojen ali- tai ylipaineisuutta ja johtaa likaisen ilman virtaamiseen puhtaisiin tiloihin.

Rakennusmateriaaleissa on puhtaanapidettävyyden ja päästöjen kannalta eroja, joten on selvitettävä, minkälaiset materiaalit soveltuvat sairaalakäyttöön. Laitteissa on myös eroja tavallisesti käytettäviin. Niiden on oltava luotettavia ja pystyttävä toimimaan kaikissa tilanteissa, tai ainakin varajärjestelmä on oltava olemassa. Sairaalassa on myös laitteita, joihin asentaja ei tavallisesti törmää. Lisäksi sairaalassa on tavallisista poikkeavia putkistoja, kuten happi- ja ilokaasuputkistot. Nämä kaasut ovat elintärkeitä potilaiden kannalta, mutta saattavat myös aiheuttaa vaaratilanteita, mikäli putkistot vuotavat. Happi- ja ilokaasuputket asettavat rakentajalle omat vaatimuksensa niin luotettavuuden kuin turvallisuudenkin kannalta.

Suomen keskussairaalaverkosto koostuu eri aikakausilla rakennetuista sairaaloista, joista pääosa on valmistunut 1950–1970 välisenä aikana, näin ollen myös tekniikka eri sairaaloissa poikkeaa toisistaan ja on osaltaan jo vanhanaikaista.

## 2 OPINNÄYTETYÖN TAVOITTEET

Olen asettanut opinnäytetyöni tavoitteeksi etsiä sairaalarakentamisen yleisiä ongelmakohtia ja syitä niihin sekä mahdollisesti saada kehitettyä ratkaisuja helpottamaan olemassaolevia ongelmia. Toinen tavoite on tuottaa urakoitsijalle tiivistettyä tietoa, joka helpottaa sairaalarakennusprojektin läpiviemistä. Koottua tietoa ei ole helposti saatavilla, ja tämän työn tarkoitus on auttaa tekijää jo tarjouslaskentavaiheesta lähtien. Tässä työssä kuvataan Mikkelin keskussairaalan LVI-teknisiä järjestelmiä ja sitä kautta paneudutaan ongelmakohtiin.

## 3 SAIRAALARAKENTAMINEN

Suomen sairaalarakennuskanta vuonna 2010 oli noin 30-50 vuotta vanhaa, ja se alkaa nyt olemaan teknisen elinkaarensa loppupäässä. Uusimmat Suomen sairaalat ovat rakennettu 70-luvulla ja 80-luvun alussa. Joissain sairaaloissa vanhimmat rakennukset ovat jo 100 vuotta vanhoja. /1./ Tämä tarkoittaa sitä, että suuri korjausurakka on edessä. Toinen merkittävä asia sairaaloiden iän lisäksi on väestön suurten ikäluokkien kasvu. Suomessa ikääntyminen on voimakkaampaa kuin missään muualla Euroopassa, poislukien Hollanti, jossa suuret ikäluokat kasvavat samaa vauhtia. Yli 65-vuotiaiden määrä tulee Suomessa vuosina 2000–2020 kasvamaan yli 50 %. Vanhukset sairastavat suhteessa muuta väestöä enemmän, mikä tarkoittaa sitä, että sairaalapaikkoja tarvitaan väistämättä lisää. Tämän ongelman hoitamiseksi on vanhoja sairaaloitamme peruskorjattava ja uusia rakennettava. Vanhojen sairaaloiden korjaamisessa on vaativia haasteita niin suunnittelu- kuin toteutuspuolella. /2./

Kun nykyisiä sairaaloitamme on rakennettu, ei ole huomioitu riittävän hyvin tilojen monikäyttöisyyttä, ja nykyiset tilat sopivatkin monesti vain yhdenlaiseen toimintaan. Tämän takia uusia sairaaloita tehtäessä pyritään ne suunnittelemaan niin, että yhtä tilaa voidaan käyttää useampaan tarkoitukseen ja että tilat ovat helposti muunneltavissa esimerkiksi epidemian uhatessa eristyskäyttöön. Ongelmia aiheuttaa myös tilojen ahtaus ja epäkäytännöllisyys.

Nykyisiä sairaaloita saneerattaessa muodostuu ongelmaksi usein se, että rakennus on samanaikaisesti käytössä kun sitä korjataan. Tämä aiheuttaa vaikeuksia niin suunnittelun kuin urakoinninkin näkökulmasta. Potilaita ja laitteita joudutaan siirtelemään eri tilojen välillä töiden edetessä ja näin ollen töitä voidaan tehdä vain osassa rakennusta kerrallaan. Aikataulun laatiminen on hankalaa, koska täyttä miehitystä ei voida työmaalla pitää.

Eniten saneeraustarvetta sairaaloissa aiheuttavat kosteusvauriot ja sisäilmaongelmat. Kiinteistöjen huoltoon ei ole panostettu tarpeeksi, mikä näkyy home- ja kosteusongelmina. Osa ongelmista johtuu myös rakennussuunnittelun ja rakentamisen puutteellisesta toteutuksesta. Kosteusongelmat kohdistuvat osaksi ala- ja välipohjarakenteisiin sekä ulkoseiniin. Eniten ongelmia kuitenkin on havaittu sairaaloiden kosteissa tiloissa. Nämä vauriot johtuvat rakenteiden virheellisestä rakenteesta, mutta myös ilmanvaihdon puutteellisuus edesauttaa vaurioiden syntymistä. Näistä ongelmista aiheutuu työntekijöille oireita ja ne saattavat korjaamattomina ja pitkään jatkuessaan johtaa työperäisten sairauksien, kuten astman puhkeamiseen.

Sairaalailmanvaihdon osalta ongelmia aiheutuu järjestelmien vanhanaikaisuudesta johtuen. Aikanaan rakennetut ilmanvaihtojärjestelmät eivät enää vastaa nykyaikaisia vaatimuksia. Ilmanvaihtojärjestelmissä on puutteita hygieenisyydessä ja ne ovat usein liian tehottomia. Tehottomuus näkyy lämpöolojen hallinnassa, tilat ovat kesäisin liian kuumia. Pienet ilmamäärät aiheuttavat sen että sisäilma on tunkkaista ja monet työntekijät ovatkin valittaneet tunkkaisuudesta, hajuisuudesta ja väsymyksestä. Nämä ovat perinteisiä riittämättömän ilmanvaihdon aiheuttamia oireita.

Korjattavaa sairaalarakennuksista löytyy paljon ja sitä tehdään, mutta kokonaisuuden hahmottaminen ei ole tarpeeksi hyvin hallussa ja toimenpiteitä suoritetaan vähän kerrallaan. Tämä saattaa johtaa siihen että tilat eivät ole keskenään yhteensopivia. Osa syy sairaaloiden huonoon kuntoon on se, että tilojen ylläpito ja korjaaminen maksaa huomattavan paljon. /3./

## 4 LVI-JÄRJESTELMÄT

Seuraavassa käsitellään Mikkelin keskussairaalan LVI-järjestelmiä, jotka kattavat perinteisten lämmitys-, vedenjakelu- ja ilmanvaihtotekniikoiden lisäksi sairaalakaasu- ja erikoisilmanvaihtojärjestelmät sekä muita tavanomaisessa rakentamisessa vähemmän käytettyjä tekniikoita. Työn sisältö pohjautuu Mikkelin keskussairaalan teknisiin käyttökokemuksiin, joista on saatu tietoa haastatteleamalla sairaalan LVI-päällikkö Teppo Yli-Karroa.

### 4.1 Lämmitysjärjestelmät

Lämmityslaitteet suunnitellaan ja asennetaan niin, että mahdollinen vuotovesi havaitaan mahdollisimman ajoissa. Vuotoveden tulee ohjautua näkyville helposti havaittavaan paikkaan. Kaukolämmitysjärjestelmien asennustyössä on noudatettava Energiategollisuus ry:n (K1/2003) /4./ määräyksiä ja ohjeita. Mikkelin keskussairaalan lämmönjakokeskuksena käytetään tehdasvalmisteista kaukolämpöpakettia. Lämmönjakokeskus sisältää kaukolämpöasetus K1/2003 mukaan lämmönsiirtimet, ensiö- ja toisiopuolen säätölaitteet sekä pumput, venttiilit, varusteet ja tarvittavan putkiston.

Seuraavassa on rakennusmääräyskokoelman osasta K1/2003 poimittua tietoa kaukolämpöputkistoon liittyen. Kaukolämmön ensiöpuolen putkisto tehdään hitsattavista teräsputkista. Putkena käytetään saumatonta putkea tai hitsattua putkea, jonka lujuuskerroin on 1,0. Asennus tehdään hitsaus- tai laippaliitoksia. Kierrelitoksia saa käyttää ensiöpuolella ainoastaan DN20 ja sitä pienempien putkien asennuksessa. Ensiöpuolen putkistot voidaan tehdä myös SFS-EN 1057:n mukaisista kupariputkista. Kupariputkien liitokset tehdään kapillaarisella kovajuotoksella tai laippaliitoksella. Puristusliitoksia voidaan käyttää enintään 28 mm putkien liitoksissa. Käytetyn liitostavan tulee olla hyväksytty ensiöpuolen suunnittelupaineelle. Muilta osin liitokset tehdään TalotekniikkaRYLin mukaan. Valurautaisten putkiosien käyttö on kielletty ensiöpuolella. Käytettävien putkikäyrien ja supistusten tulee olla mitoiltaan niihin liittyviä putkia vastaavia. Putkiosina suositellaan käytettäväksi valmisosia. Joustavien äänenvaimennusputkielementtien yms. käyttö ensiöpuolella on kielletty.



Toisiopuolella DN 10...40 läpimittaiset teräksiset lämpöjohdot liitetään kierre-, hitsaus- tai laippaliitoksin. Suuremmat lämpöjohdot tehdään hitsaus- tai laippaliitoksin. Lämmitysjärjestelmän toisiopuolen putkistot voidaan tehdä SFS-EN 1057:n mukaisista kupariputkista. Kupariputkien liitokset tehdään toisiopuolella kova- tai pehmeäjuotoksella, sekä laippa- tai kierrelitoksilla. Lämmitysputket voidaan tehdä myös happidiffuusiotiiviistä PEX-muoviputkesta, happea läpäisevää putkea ei saa käyttää. Muoviputkien tulee kestää kulloinkin vallitsevat käyttöolosuhteet lämpötilan ja paineen suhteen, muoviputkien tulee täyttää DIN 16893 vaatimukset: jatkuva käyttölämpötila 70 astetta ja lyhytaikainen 95 astetta, sekä hetkellisesti putkien tulee kestää 110 astetta. Muoviputkien liittämässä noudatetaan tuotevalmistajan antamia ohjeita. Liitokset tehdään tarkoitusta varten valmistetuilla erikoisliittimillä. Eri valmistajien tuotteita ei pidä sekoittaa keskenään.

## 4.2 Vesi- ja viemärijärjestelmät

Markku Lehtolan Kansanterveyslaitokselle tekemässä tutkimuksessa *Putkimateriaalin vaikutus veden laatuun /5./* tutkittiin kupari- ja muoviputken soveltuvuutta sairaalan vesijohtoverkoston materiaaliksi. Lehtola tutki muun muassa muoviputkien käytön bakteereja lisäävää vaikutusta verkostossa. Jo aiempien tutkimusten perusteella tiedetään kuparin olevan toksista monille bakteereille, kuten Legionella-bakteerille. Myös Lehtolan tutkimuksessa selvisi kuparin suotuisa vaikutus veden bakteeripitoisuuteen. Bakteereja torjuva vaikutus tosin heikkeni ajan kuluessa. Pidemmällä seurantajaksolla putkimateriaalin merkitys bakteerien pitoisuuksiin väheni. Viruksia vastaan kuparin toksisuus toimi kuitenkin hyvin, eli kuparin käyttö putkimateriaalina vähentää veden viruspitoisuuksia. Tutkimuksessa selvisi myös, että kupariputkista liukenee veteen jonkin verran kuparia. Kokeen aikana pitoisuudet nousivat arvoon 0,5mg/l, raja-arvon ollessa 2,0mg/l. Vettä putkistossa seisotettaessa kuparipitoisuudet nousevat, mutta eivät ylitä raja-arvoa. Tehokkaaksi keinoksi puhdistaa vettä todettiin UV-desinfointi, jolla veden bakteeripitoisuutta saatiin alennettua 70-80 prosenttia. Vielä tehokkaampi desinfointitapa oli klooraus, joka vähensi veden bakteeripitoisuuden käytännössä nolnaan. Itse putkimateriaalilla ei ollut juuri vaikutusta bakteeripitoisuuteen. Muovi- ja kupariputkissa ei huomattu suurta eroa bakteerien lukumäärissä laajemmalla seurantajaksolla.

Puhtautta vaativissa kohteissa on syytä kiinnittää huomiota vesi- ja viemärikalusteiden asennukseen. Tilojen puhtaanapito helpottuu kun, suunnittelu- ja rakennusvaiheessa uhrataan aikaa kalusteiden valintaan. Laitevalmistajilla on valikoimissaan puhdistamista helpottavia, sekä joillakin valmistajilla myös erityisesti sairaalakäyttöön suunniteltuja kalusteita, kuten esimerkiksi lämmityspattereista löytyy hygieniamallia, josta on jätetty pois kaikki ylimääräiset ulokkeet ja ritilät. Myös pesualtaita saa helposti puhdistettavaa mallia, jossa ei ole ylivuotoaukkoa. Toinen huomioonotettava seikka on kalusteen helppokäyttöisyys. Sairaalassa ihmiset ovat usein huonokuntoisia ja laitteiden käytettävyyden on tärkeä tekijä. Esimerkiksi sekoittajia valittaessa on hyvä vaihtoehto pitkäkahvainen malli, jota heikkovoimaisen ihmisen on helppo käyttää. Hanoissa tulee huomioida myös puhdistettavuus, eli niissä tulee olla mahdollisimman sileät pinnat, joihin ei kerry likaa ja taudinaiheuttajia. Elektroniset hanat ja suihkut ovat sairaalaympäristöön hyvin sopivia helpon ja kosketusvapaan käytön ansiosta, tosin kokemuksen perusteella nykyiset elektroniset sekoittajat eivät ole niin huoltovapaita kuin perinteiset mallit. Wc-istuimen valinnassa tulee kysymykseen korkealla jalalla varustetut mallit tai kororenkaat sekä käsituet. Asennustekniikan kannalta huomionarvoista on kalusteen helppo luoksepäästävyys eli esteetön kulkureitti myös pyörätuolilla. Kalusteiden kytkentäjohtot pyritään tekemään mahdollisimman vähillä pinta-asennuksilla, jotta puhtaanapito helpottuu. Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, että viemärit ja vesijohtot tuodaan mahdollisimman pitkälti seinän tai lattian sisällä.

### **4.3 Ilmastointijärjestelmät**

Ilmanvaihtojärjestelmät on jaettu Sisäilmastoluokitus 2008:ssa /6./ kahteen luokkaan ”tavoitteena varmistaa uuden ilmanvaihtojärjestelmän läpi virtaavan tuloilman hyvä laatu”. Ilmanvaihtojärjestelmän puhtausluokitukset ovat P1 ja P2. Molemmat luokat edellyttävät luokiteltujen tai vastaavaan tasoon puhdistettujen ilmanvaihtotuotteiden käyttämistä. Jäljempänä käydään tarkemmin läpi puhtausluokkia ja niiden eroavaisuuksia.

Kanavat ja kanavaosat ovat myös luokiteltu SL 2008:ssa. Likaiset ilmanvaihtokanaviston osat voivat aiheuttaa ilmaan epäpuhtauksia ja hajuhaittoja. Ilmanvaihtotuotteille on asetettu vain yksi puhtausluokka M1, eli kanava tai osa joko

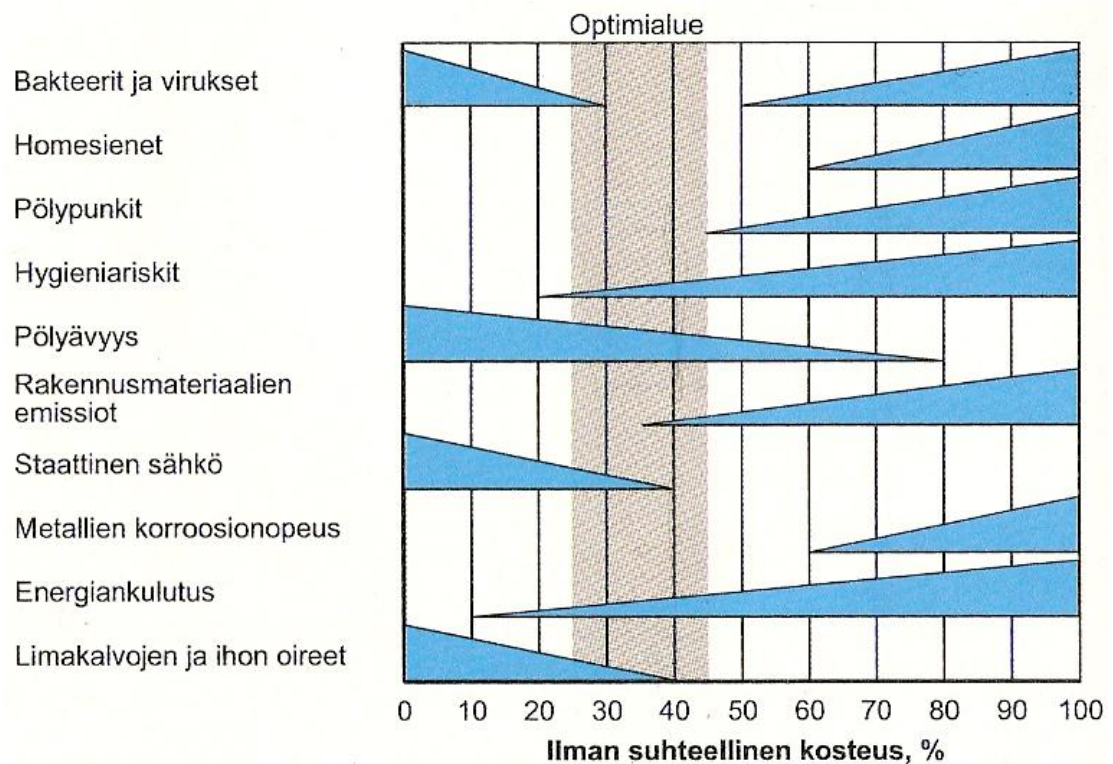
on tai ei ole luokiteltu. Ilmanvaihtotuotteista testataan puhtausluokitusta varten niiden öljyisyyttä, pölyisyyttä sekä ilmapirtaan irtoavien mineraalikulitujen määrää. Puhtauden säilyttämiseksi on tarvikkeista huolehdittava myös sen jälkeen kun ne ovat puhtaina työmaalle hankittu.

#### 4.3.1 Sisäilmasto

Sisäilmastolla on merkittävä vaikutus työntekijöiden työkykyyn ja viihtyvyyteen, sekä sairaalan potilaiden hyvinvointiin. Sisäilmastolla tarkoitetaan sisäilmaa ja siihen liittyviä fysikaalisia olosuhteita, näitä ovat seuraavat:

- lämpöolosuhteet
- ilman kaasumaiset ja hiukkasmaiset epäpuhtaudet
- ilman liike
- valaistus
- melu
- ilman kosteus
- säteily (radon, röntgen).

Kuvassa 1 on esitetty ilmankosteuden vaikutuksia sisäilmastoon. /7./



**Kuva 1. Ilmankosteuden vaikutuksia**

### 4.3.2 Ilmanvaihdon hygienia

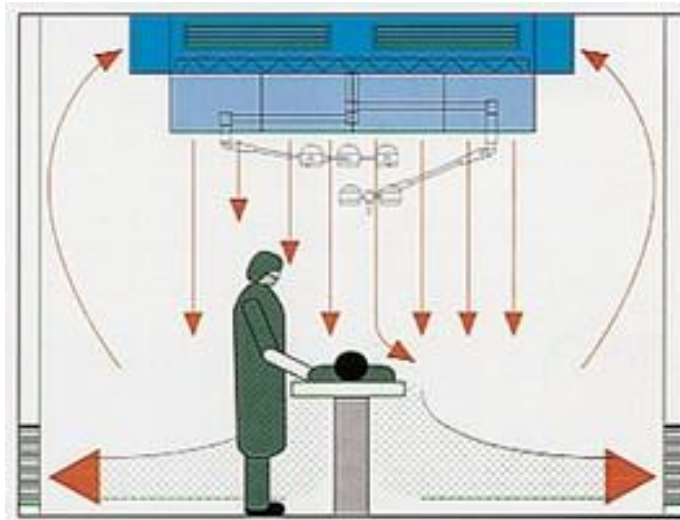
Ilmanvaihtojärjestelmällä on suuri merkitys sairaalan tilojen hygieenisyyteen. Ilmanvaihtokanavat ovat erinomainen reitti epäpuhtauksille levitä ympäri rakennusta. Esimerkiksi IV-konehuoneesta peräisin olevat epäpuhtaudet voivat levitä tuloilmakanavistoa pitkin koko rakennukseen. Sen takia jo rakennusvaiheessa on tärkeää panostaa puhtaisiin asennustapoihin sekä myöhempään helppoon puhdistettavuuteen.

Markku Hyvärisen laatimassa selvityksessä (2007) /1./ selviää, että hygienian taso eri sairaaloiden ja eri rakennusten välillä vaihtelee suuresti. Yleisesti ottaen ilmanvaihtojärjestelmien hygieniassa on paljon puutteita. Ongelmien lähteenä toimivat usein tekniset tilat, kuten huoltokäytävät ja konehuoneet, joiden siivous on puutteellista. Myös ilmanvaihtokoneet itsessään aiheuttavat hygieniariskejä. Koneiden ilmanottoaukoista pääsee lunta ja vettä koneeseen ja altistuminen ulkoilman kosteudelle parantaa bakteerien elinolosuhteita. Hyvärisen mukaan ongelmia aiheutuu siitä, ettei ”ilmanvaihtojärjestelmien ja kanaviston puhtautta ei yleensä ole tutkittu, puhtauden tavoitetasoa ei ole määritetty eikä puhtautta osata arvioida. Ongelma on myös se, ettei yleisille kanaviston epäpuhtauksille (kuidut, siitepöly, mikrobit) ole olemassa raja-arvoja.”

### 4.3.3 Erikoistilojen ilmanvaihto

Sairaaloissa on paljon erikoistiloja, jotka vaativat ilmastoinnin suunnittelulta ja toteutukselta runsaasti huomiota. Esimerkiksi leikkaussaleissa ilmalle asetetaan todella suuret vaatimukset potilaan kasvaneen infektioriskin takia. Runsas neljännes sairaalainfektioista on peräisin leikkaussaleista. Toinen hyvää ilmanvaihtoa edellyttävä tekijä leikkaussaleissa ovat anestesiakaasut, jotka voivat pitkällä aikavälillä olla työntekijöille haitallisia. Anestesiakaasuille altistuminen voi lisätä keskenmenon ja hedelmättömyyden riskiä. Kaasuilla on myös hermostollisia vaikutuksia, jotka voivat hetkellisesti laskea työntekijöiden vireystilaa. Optimaalinen ilmanjakotapa leikkaussalissa on vertikaalinen laminaarivirtaus, jossa puhdas ilma puhalletaan potilaan yläpuolelta suoraan alaspäin leikkauspöydälle. Laminaarisella virtauksella

aikaansaadaan puhdas leikkauspöydän ympäristö, josta ilmavirtaus kuljettaa bakteerit pois, eivätkä myöskään ympäröivän ilman epäpuhtaudet pääse ilmaverhon läpi, kuten kuvasta 5 nähdään. Saneerauskohteissa hankaluuksia asennustyössä voi aiheuttaa vanhojen rakennusten matala kerroskorkeus. Kuvassa 2 on esimerkki laminaarisesta ilmanjaosta leikkaussalissa. /8./



**Kuva 2. Laminaarinen ilmavirtaus leikkaussalissa**

Tilat voidaan ilmanvaihdollisesti jakaa karkeasti kolmeen ryhmään. Osa tiloista voi kuulua useampaan näistä ryhmistä. /3./

1) Tilat, joissa ilman laadulle asetetaan suuret puhtausvaatimukset. Tällaisia tiloja ovat tyypillisesti esim:

- leikkaussalit
- puhtaat eristys huoneet
- välinehuolto
- apteekki
- synnytys salit.

2) Tilat joissa syntyy tai vapautuu terveydelle haitallisia ilman epäpuhtauksia

- heräämöt
- laboratoriot
- likaiset eristys huoneet

3) Tilat joissa on laitteista johtuvia suuria lämpö- ja/tai kosteus kuormia

- välinehuolto
- röntgen
- laboratoriot

#### **4.3.4 Kohdepoistolaitteet**

Kohdepoistolaitteilla tarkoitetaan poistoilmalaitteita, joilla poistoilman imu voidaan kohdistaa tarkasti työalueen läheisyyteen. Sairaalassa tarvitaan kohdepoistoa esimerkiksi leikkaussaleissa, heräämöissä, synnytysosastolla ja kipsin irrottamisessa syntyvän pölyn poistossa. Altistuminen anestesiakaasuille leikkaussaleissa aiheuttaa anestesia lääkeille terveysriskejä, lisäksi ilokaasulla on myös neurotoksisia vaikutuksia, kuten henkisen ja audiovisuaalisen suorituskyvyn sekä käsinäppäryyden aleneminen. Heräämössä potilaan uloshengitysilma vapautuvat anestesiakaasut huonontavat ilman laatua, samoin synnytysosastolla potilaan kivunlievitykseen käytettävä ilokaasu pitää saada kerättyä talteen. /9./

Kohdepoistolaitteet toteutetaan yleensä seinään asennettavilla poistopisteillä, kuten keskuspölynimurijärjestelmässä. Seinässä olevista päätelaitteista saadaan imu, kun niihin kytketään kulloinkin tarvittava laite. Poistoverkosto rakennetaan yleisesti PVC-putkesta liimaliitoksin. PVC-putki pysyy puhtaana sileän pintansa ansiosta. Putki on helppo asentaa, ja siihen löytyy tehdasosina käyrät, haarat, venttiilit ja muuntokappaleet muille putkille.

#### **4.3.5 Puhtaan ilmanvaihtolaitoksen toteutus**

Tavoiteltaessa puhdasta sisäilmaa on ilmanvaihtolaitoksen asennukseen ja asennustapoihin kiinnitettävä paljon huomiota. Oikeilla asennustavoilla ja -tarvikkeilla saavutetaan toimiva ja helposti huollettava ilmanvaihtolaitos, joka alittaa puhtausluokitusten vaatimukset. Huonosti toteutettuna ilmanvaihtojärjestelmä voi pahimmassa tapauksessa toimia sisäilman likaajana.

Eristystiloissa tulo- ja poistoilmaventtiileiden sijoitukseen tulee kiinnittää huomiota, sillä liian lähelle ovea sijoitettujen päätelaitteiden ilmasuihkut voivat häiritä ilmavirtauksia oviaukoissa ja saada taudinaiheuttajat liikkumaan puhtaampaan tilaan päin./10./

Työn aikana on huolehdittava, että asennettujen kanavien päät suljetaan välittömästi väliaikaisilla tulpilla aina asennustyön keskeytyessä, ja varsinkin työpäivän päätteeksi täytyy varmistaa, että kaikki avoimet kanavanpääät ja venttiilit ovat tulpattuja. Päätelaitteita ei voida P1-luokitellussa tilassa asentaa, ennen kuin puhtausluokan P1 mukainen siivous on tehty, ellei laitteita asenneta tulpattuina tai suojamuovilla peitettynä. Jos venttiilit asennetaan suojamuoveissa, on ilmanvaihtolaitteiston säätövaiheessa muistettava poistaa suojamuovi kaikista venttiileistä ennen säätötyön aloittamista. Muuten säätöä ei saada tehtyä luotettavasti. Tämä aiheuttaa yhden ylimääräisen työvaiheen urakkaan.

#### **4.3.5.1 Painesuhteiden hallinta**

Urakoitsijan on tärkeää panostaa järjestelmän oikean painesuhteen saavuttamiseen. Sairaalassa on paljon tiloja, joissa vaaditaan ympäristöön nähden joko ali- tai ylipainetta. Kun kyseessä on huone, joka täytyy eristää ympäröivistä tiloista esimerkiksi infektiovaaran takia, on huoneessa käytettävä alipainetta ympäröiviin tiloihin nähden (tartuntaeristys). Kun taas kyseessä on huone, jossa on esimerkiksi sellaisia potilaita, joiden vastustuskyky on huonontunut jonkin sairauden takia, on huoneessa käytettävä ylipainetta, jotta ympäröivistä tiloista mahdollisesti peräisin olevat taudinaiheuttajat eivät pääse tunkeutumaan huoneeseen (suojaeristys). Tilojen välinen painesuhteiden hallinta edellyttää huonetilojen rakenteilta hyvää tiiviyttä niin rakennustekniikan kuin kaikkien talotekniikan läpivientien osalta. /11./

#### **4.3.5.2 Ilmanvaihtotarvikkeet**

Ilmanvaihtokanavana sairaalassa voidaan hyvin käyttää tavallista kierresaumakanavaa. Kanavien ja kanavaosien tulisi olla puhdistettuja ja öljyttömiä. Kanavaa saa ostettua valmiiksi puhtaana sairaalakäyttöön sopivana, kun tilatessa mainitsee vaadittavan puhtausluokan. Kanavat tulevat tulpattuina ja pakattuina puukehikoihin, joissa niitä on helppo säilyttää ja joissa ne eivät pääse kosketuksiin maaperän kanssa. Kanavaosat toimitetaan suljetuissa pahvilaatikoissa, joissa ne pysyvät puhtaina, mutta ne eivät ole erikoispuhdistettuja. Kanaville ja osille on kuitenkin syytä varata sopiva säilytyspaikka,

jossa ne eivät pääse likaantumaan. Tällainen paikka on oltava suojattuna sateelta. Tämä vähentää jälkeensä tehtävän puhdistuksen määrää, kun halutaan päästä vaadittuun puhtausluokkaan kanavan sisä- ja ulkopintojen osalta. Kanavan sisäpuolen puhdistus kuuluu IV-urakoitsijalle ja ulkopuolen pääurakoitsijalle. Monesti ilmanvaihtotarvikkeiden säilytystilat ovat puutteellisia, tarvikkeet saattavat olla ulkona ja sateessa, jossa ne joutuvat alttiiksi pölylle. Kanavat ja osat pitää myös muistaa säilyttää tulpattuina.

*IV-kanavien puhdistusmenetelmien vertailututkimuksesta* /12./ selviää, että kanaviston jälkikäteen tehdyssä puhdistuksessa öljyjäämät aiheuttavat ongelmia. Pöly tarttuu öljyiseen pintaan tiukemmin kiinni kuin öljyttömään. Kanavan puhdistusluukkujen riittävään määrään on syytä panostaa asennettaessa kanavaa, samoin puhdistusluukkujen asennuspaikat täytyy valita niin, että niiden käyttö on mahdollisimman helppoa.

Ilmanvaihtokanavat kulkevat usein alaslaskettujen kattojen yläpuolella. Näin ollen myös puhdistusluukut ovat alaslaskun sisällä. Puhdistusluukun kohdalle kattoon on tehtävä D2:n mukaan vähintään 500mm x 500mm kokoinen, ilman työkaluja avattava tai irroitettava luukku. Kattoon on myös laitettava merkintä kertomaan luukun sijainti, jotta se löytyy puhdistustyötä tehtäessä helposti. Tutkimuksen mukaan luukkujen sijoittelussa on ollut ongelmia. Hyvä paikka kanavassa on asentaa luukku kanavakäyrään siten, että siitä pääsee puhdistamaan kanavan molempiin suuntiin, näin säästyy rakennuskustannuksia ja myöhemmin se myös helpottaa kanaviston puhdistusta, koska yhdestä luukusta saadaan nuohottua molempiin suuntiin.

#### **4.4 Sairaalakaasujärjestelmä**

Seuraavassa käydään läpi sairaalakaasujärjestelmää, joka asettaa LVI-urakoitsijalle ehkä suurimmat haasteet sairaalarakentamisessa ilmanvaihdon ohella. Järjestelmä koostuu kaasujen varastointiin, siirtoon ja jakeluun tarvittavasta laitteistosta.

Sairaalakaasuputkistoilla tarkoitetaan sairaalassa käytettävien kaasujen siirtämiseen käytettäviä putkistoja. Sairaalakaasuja ovat muun muassa happi, ilokaasu ja



lääkkeellinen paineilma. Näiden lisäksi sairaalassa käytetään monia muita erikoiskaasuja, joille ei välttämättä ole rakennettu kiinteitä putkistoja, vaan ne säilytetään omissa liikuteltavissa pulloissaan. Kaasuputkistoihin liittyy oleellisena osana myös kaasunjakelulaitteet, joilla kaasujen virtauksia säädetään ja taataan kaasujen luotettava saanti sekä turvallisuus. Näistä laitteista kerrotaan tarkemmin jäljempänä. Materiaalina kaasuputkistoissa käytetään kuparia. Kupari soveltuu eri kaasuille hyvin kylmänkestävyytensä ansiosta. Kupari on myös kemiallisesti melko passiivinen metalli, joten se kestää hyvin erilaisia kemikaaleja. Sairaalakäyttöön on olemassa oma kupariputki, jota valmistavat ainakin Aga ja Cupori. Sairaalakupari on tehtaalla valmiiksi puhdistettua ja tulpattua putkea. Sairaalalaatuinen kupariputki on tavallista putkea kalliimpaa, joten se pitää ottaa tarjouslaskennassa huomioon.

Kupariputkistojen liitokset tehdään kovajuottamalla. Juottaminen tapahtuu suojakaasun avulla, siten että putken alkupäähän liitetään suojakaasupullo, johon on liitetty rotometri virtaaman säätämistä varten. Juottamisen aikana suojakaasun annetaan hiljalleen virrata putken läpi. Suojakaasuna voidaan käyttää typpeä tai muuta inerttiä (reagoimatonta) kaasua. Suojakaasu estää putken hapettumisen kuumentamisen aikana, eikä putken pinnoille pääse muodostumaan hapettumistuotteita esimerkiksi hapettumishilsettä, jotka muuten ovat hankalia poistaa. Juottamisen jälkeen voidaan putkisto koeponnistaa ilmalla.

Sairaalakaasuputkistoja asennettaessa, sekä varsinkin vanhoja putkia korjattaessa, tulee pitää mielessä, että virtaavana aineena on usein vaaraa aiheuttava kaasu. Vaara voi olla akuuttia, kuten raajojen paleltuminen ja tajunnan menetys tai se voi aiheuttaa pitkällä aikavälillä terveysongelmia. Töitä aloitettaessa on aina varmistuttava putken sisällöstä. Jos putken sisällöstä ei ole varmuutta tai ei tiedetä onko putki paineellinen, ei tule koskaan yrittää katkaista putkea tai tehdä siihen reikää. Virtaava aine voi myös aiheuttaa syttymisvaaran esimerkiksi jos putkessa on happea tai ilokaasua. Kaasuputkistoja tehtäessä on tiedettävä mitkä materiaalit soveltuvat kylmien kaasujen kanssa käytettäväksi, kaikki putkimateriaalit eivät siedä kylmää ja voivat murtua. Putkiston rakentamisen jälkeen ne testataan kaasutesterillä, jotta joka putkesta tulee varmasti oikeaa kaasua.

#### 4.4.1 Sairaalakaasut

Kaasut ovat nykypäivänä tärkeä osa sairaanhoitoa ja lääketiedettä. Sairaalassa käytetään potilaiden hoidossa ns. lääkkeellisiä kaasuja sekä erilaisten laitteiden toiminnassa tarvittavia muita kaasuja. Kaasut luokitellaankin lääkkeiksi Euroopan lääkeviraston ja Suomen lääkelaituksen mukaan. Yleisimmät sairaaloissa käytettävät kaasut ovat happi, ilokaasu ja paineilma. Myöhemmin käydään tarkemmin läpi eri kaasujen ominaisuuksia ja perehdytään kaasunjakelulaitteisiin.

Sairaalassa säilytetään paljon kaasuja pulloissa. Kaasupullot on säilytettävä niille tarkoitettussa tilassa, joka on hyvin ilmastoitu ja joka on merkitty ”Kaasupullot” kilvellä. Lääkkeelliset kaasut on säilytettävä erillään teollisista kaasuista. Myös eri kaasut ja kaasulaadut on säilytettävä erillään. Tyhjät pullot on säilytettävä erillään täysistä.

##### 4.4.1.1 Happi

Happi ( $O_2$ ) on väritön ja hajuton, ilmaa raskaampi kaasu. Se on ihmiselle elintärkeä aine, jonka takia kulutus sairaalassa on ilmeinen. Hapetta käytetään sairaaloissa esim. hapenpuutteen hoidossa ja anestesiassa. Hapetta on normaalisti ilmassa noin 21 tilavuusprosenttia, mutta jo vähäinen pitoisuuden nousu voi aiheuttaa vaaratilanteita.

Monissa sairaaloissa, joissa hapen käyttö on runsasta, säilytetään happi rakennuksen pihalla suuressa varastosäiliössä. Säiliö muistuttaa suurta termospulloa, jonka kahden päällekkäisen kuoren välillä on tyhjiö, näin säiliöstä on saatu hyvin lämpöä eristävä ja happi pysyy nestemäisenä. Varastosäiliöstä verkostoon lähtiessään happi muutetaan höyrystimessä nesteestä kaasuksi. Pienillä sairaaloilla ei välttämättä ole varastosäiliötä, vaan ne säilyttävät hapetta pullopaketeissa, joissa on useita kaasupulloja. Suuremmilla sairaaloilla voi olla tällaisia paketteja varajärjestelmänä, mikäli varastosäiliön happi loppuu tai sen saanti jostain syystä keskeytyy.



**Kuva 3. Hapen varastosäiliö ja höyrystin**

Happi ei itsessään ole palava aine, mutta sitä tarvitaan palamisessa. Suuret happipitoisuudet ilmassa kiihdyttävät palamista ja voivat aiheuttaa tulipalo- ja räjähdysvaaran palavien aineiden kanssa. Happiputkistoja asennettaessa ei pidä koskaan käyttää öljyjä tai rasvoja räjähdysvaaran vuoksi. Happipullojen käsittelyssä pätevät samat säännöt. Pullon venttiileihin ei saa koskaan käyttää rasvoja, ja venttiileitä käytettäessä ei käsirasvan käyttö ole sallittua. Älä koskaan käytä työkaluja käsin kiinnitettäväksi tarkoitettuun juuttuneeseen paineen- tai kulutuksensäätimeen, koska se voi vahingoittaa liitosta. Tupakointi ja avotuli ovat ehdottomasti kiellettyjä käsiteltäessä happea. Nestemäistä happea sisältävät säiliöt on säilytettävä pystyasennossa. Happi nestemäisessä muodossaan on vaarallista sikäli, että sen lämpötila on yli 180 astetta nollan alapuolella ja se voi hyvin nopeasti aiheuttaa vakavia paleltumia. Happi kerääntyy ilmaa raskaampana lattian rajaun, ja vaarallisia pitoisuuksia voi kertyä alimpiin tiloihin, esimerkiksi kellareihin. Suuret happipitoisuudet aiheuttavat tulipaloriskin lisäksi myös terveydellisiä haittoja. Yli 75 % pitoisuudet ilmassa

aiheuttavat pahoinvointia, huimausta, hengitysvaikeuksia ja kouristuksia. Toistuva altistuminen korkeille happipitoisuuksille voi aiheuttaa muutoksia keuhkoissa. /13./

#### 4.4.1.2 Ilokaasu

Ilokaasu ( $N_2O$ , dityppioksidi) on yksi eniten käytetyistä lääkkeellisistä kaasuista.

Ilokaasua käytetään happeen sekoitettuna potilaan nukutukseen sekä kivunlievitykseen ja potilaan rauhoittamiseen. Ilokaasulla, kuten hapellakin, on voimakas hapettava vaikutus ja sen käsittelyssä on noudatettava samoja turvallisuusohjeita.



**Kuva 4. Ilokaasupullot ja kaasukeskus**

#### **4.4.1.3 Lääkkeellinen hengitysilma ja instrumentti-ilma**

Lääkkeellinen hengitysilma on puristettua ja puhdistettua ilmaa, jota käytetään muun muassa ponnekaasuna lääkkeiden sisäänhengityksessä sekä puhtaana hengitysilmana. Hengitysilmaa on saatavilla paineistettuna pulloissa, tai sitä voidaan tehdä itse kompressoreilla./14./

Instrumentti-ilma on ilmaa, joka sisältää korkeintaan 10 µm kokoisia partikkeleita, ja jonka kastepiste on -20 astetta tai alempi. Instrumentti-ilma on siis puhdistettua paineilmaa, jota tuotetaan paineilmakompressoreilla ja se on tarkoitettu herkkien koneiden ja työkalujen käyttöön./15./

#### **4.4.1.4 Hiilidioksidi**

Kaasumaista hiilidioksidia käytetään sairaalassa leikkausten yhteydessä sekä jäädytyshoidossa sen matalan lämpötilan vuoksi. Hiilidioksidi säilytetään yleensä nesteytettynä pulloissa. Toinen hiilidioksidin käyttömuoto on hiilihappojää eli kuivajää, jota käytetään sen alhaisen lämpötilansa (sulamispiste -78 C) ansiosta. Hiilihappojäässä voidaan säilyttää pakasteita. Hiilihappojään erikoisominaisuus on, että se höyrystyy suoraan kiinteästä jäästä höyryksi. Yhdestä kilosta kuivajäätä syntyy noin 530 litraa hiilidioksidikaasua. Hiilidioksidia käytetään myös lääkkeellisessä karbogeeniä (lääkkeellisen hapen ja lääkkeellisen hiilidioksidin seos)./16./ Karbogeeniä käytetään kuulovaurioiden hoidossa. Karbogeenille pätevät samat turvallisuusohjeet kuin hapellekin, sen sisältämän suuren happipitoisuuden takia (n. 95%). Asumisterveysohjeen /17./ mukaan sisäilma ei enää täytä terveydensuojelulain vaatimuksia, jos hiilidioksidipitoisuus on yli 2 700 mg/m<sup>3</sup> eli 1 500 ppm. Jo tätä pienemmät pitoisuudet voivat aiheuttaa väsymystä, päänsärkyä ja työskentelytehon huononemista. Tyydyttävän ilmanlaadun rajana pidetään 1200 ppm:n pitoisuutta.

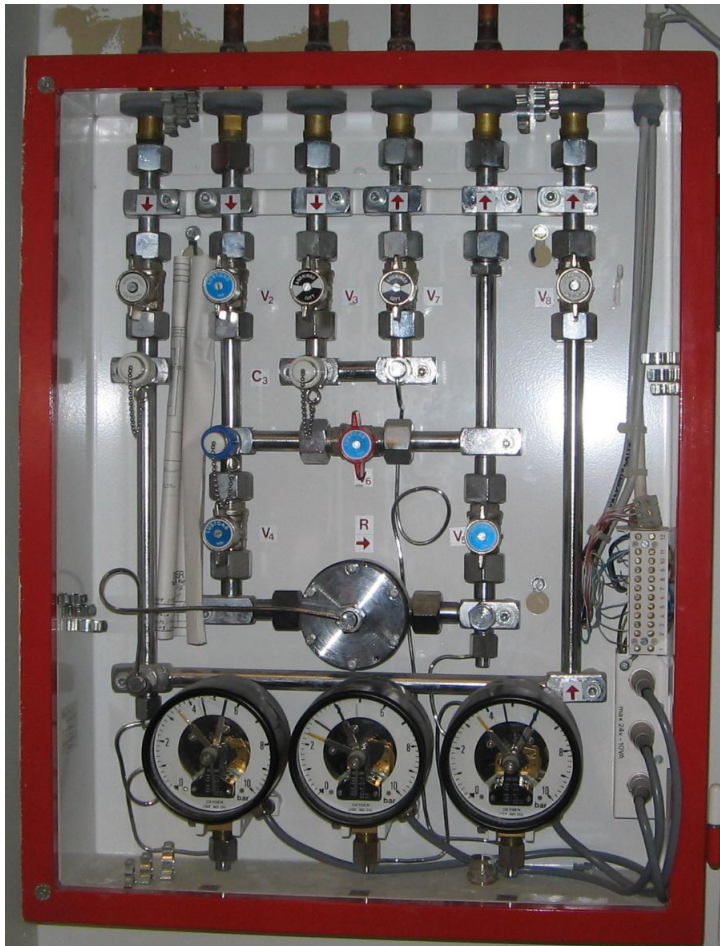
#### **4.4.2 Kaasunjakelulaitteet**

Seuraavassa on käsitelty yleisimpiä sairaalassa vastaan tulevia kaasunjakelulaitteita. Nämä ovat sellaisia laitteita, joita ei juuri muualla rakentamisessa tule vastaan. Laitteiden kytkentä ei eroa ”normaaleiden” LVI-tekniisten laitteiden kytkennästä mitenkään, mutta töitä tehtäessä on muistettava huomioida virtaavan aineen erityisominaisuudet.

##### **4.4.2.1 Painevahti**

Painevahdin tehtävä on valvoa hapen ja ilokaasun painesuhdetta siten, että käyttökohteessa hapen paine on aina korkeampi kuin ilokaasun paine. Painevahti siis alentaa ilokaasun painetta sitä mukaa, kun hapen paine laskee. Tällä vältetään ilokaasun virtaaminen happiverkostoon silloin, kun käytetään laitteita, jotka liitetään molempiin kaasuverkostoihin samanaikaisesti. Painevahdissa voi olla myös paineentunnistin, joka hälyttää jos painetaso verkostossa laskee liian matalaksi. Painevahtia voidaan käyttää kaasujen varasyöttöpaikkana, mikäli kaasuntulo kaasukeskukselta keskeytyy. Painevahdissa on yleensä tällaisia hätätilanteita varten liittimet varakaasupulloille. Kuvassa 5 on esitetty painevahti, joka valvoo hapen, ilokaasun ja paineilman paineita.

/14./



**Kuva 5. Painevahti hapelle, ilokaasulle ja paineilmalle**

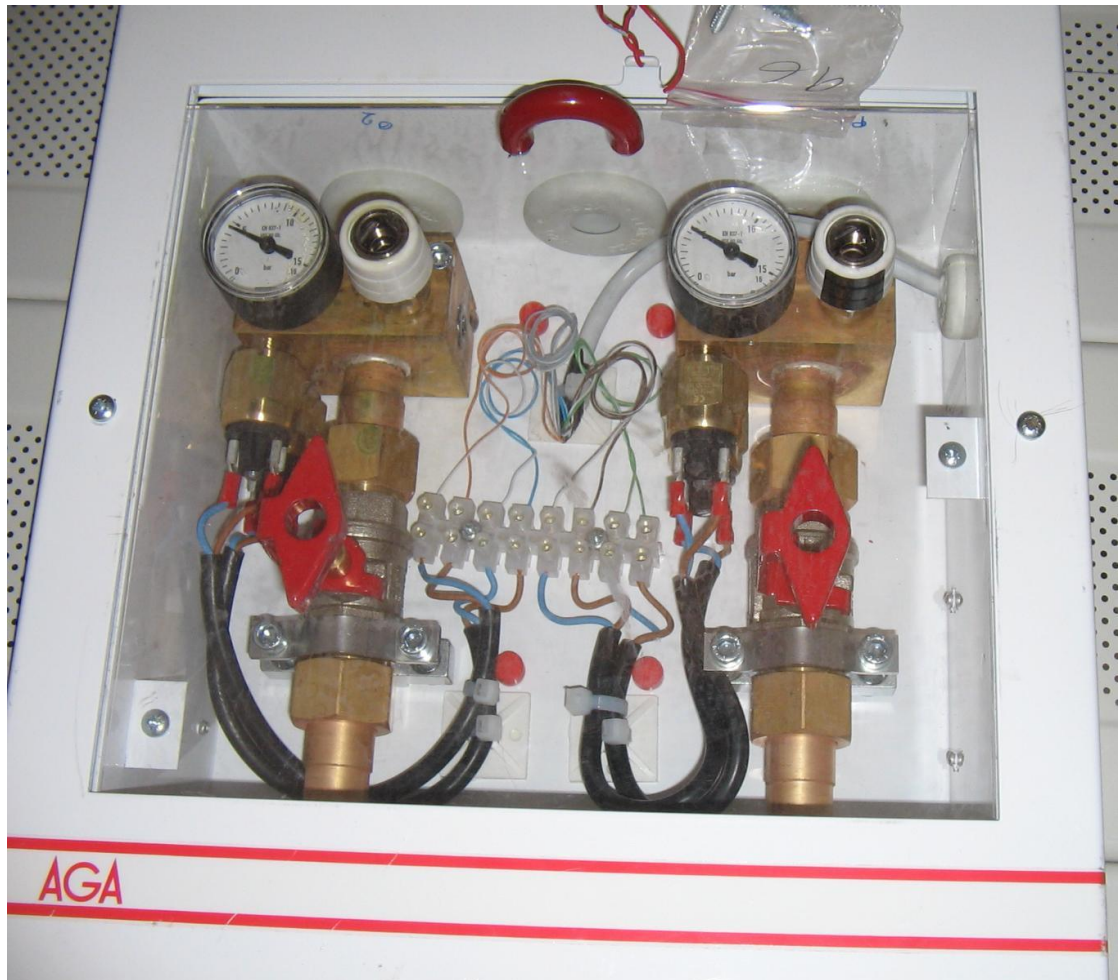
#### 4.4.2.2 Vakauttamissäädin

Vakauttamissäädin on paineensäätöyksikkö, jolla säädetään kaasuverkoston paine vakiona. Vakauttamissäädin tarkkailee painetta siinä olevan manometrin avulla ja tekee hälytyksen, mikäli paineen ylä- tai alaraja rikkoutuu. Vakauttamissäädin antaa mahdollisuuden syöttää kaasua verkostoon alennetulla paineella eri rakennuksiin tai osastoille. /14./

#### 4.4.2.3 Pikasulkukotelo

Pikasulkukotelon tehtäviä ovat nopea kaasunjakelun katkaiseminen tietyistä osasta sairaalaa esimerkiksi tulipalon uhatessa sekä mahdollisuus kytkeä varapullot äkillisen kaasunsaannin keskeytymisen takia. Mikkelissä pikasulkukoteloihin on liitetty lisäksi alarajapainekytkimet, jotka ilmoittavat, jos paine järjestelmässä laskee liian alhaiseksi.

Turvallisuuden ja käytettävyyden vuoksi kaasuverkostoon on aina asennettava pikasulkukotelo. Sen on oltava helposti nähtävissä ja käytettävissä hätätilantaan varalta. Sairaalan kaikille osastoille on asennettava pikasulkukotelot, ja ne on merkittävä selkeästi, jotta venttiiliä suljettaessa tiedetään tarkasti, mikä kaasulaji on kyseessä, sekä mikä on kyseisen venttiilin vaikutusalue. /17./ Kuvassa 6 on yksi Mikkelin keskussairaalan pikasulkukoteloista, jossa näkyy erikseen asennetut painekeytkimet hälytyksiä varten, sekä liittimet nopeaa varakaasupullojen kytkentää varten.



**Kuva 6. Pikasulkukotelo**



#### **4.5 Höyryjärjestelmät**

Mikkelin keskusairaalassa käytetään höyryä kahteen tarkoitukseen. Toinen on tuloilman kostutus ilmastointikoneessa. Konehuoneessa on kaksi sähkökäyttöistä höyrynkehittintä. Höyryä käytetään myös sairaalan välinehuollossa, jossa höyryä tarvitaan sterilointiin autoklaavien avulla. Höyryputkistot tehdään haponkestävästä teräsputkesta ja niitä asennettaessa on huomioitava oikeat kallistukset, jotta tiivistyvä vesi valuu oikeaan suuntaan. Höyryputkistoja huollettaessa on äärimmäisen tärkeää varmistua, että putki on paineeton ennen töihin ryhtymistä. Höyryn lämpötila voi ylittää 120 Celsius-astetta, ja se voi tuottaa vakavia palovammoja.

### **5 PUHTAUSVAATIMUKSET**

Puhtaalle ilmanvaihtojärjestelmälle ja puhtausluokitelluille ilmanvaihtolaitteille on asetettu *Sisäilmaluokitus 2008* julkaisussa /6./ yleiset laatuvaatimukset. Näiden vaatimusten sanoma on pääpiirteittäin se, ettei ilmanvaihtojärjestelmästä saa aiheutua sisäilmaan sen laatua heikentäviä tekijöitä. Puhtausluokitus jakautuu kahteen luokkaan P1 ja P2, joista ensimmäinen on vaativampi ja tulee usein kyseeseen sairaaloista puhuttaessa. Taulukossa 1 on esitetty muutamia puhtausluokitusten vaatimusten eroavaisuuksia.

Taulukko 1. Puhtausvaatiksia P1 ja P2 luokissa

Vaatus	P 1	P 2
<b>Puhtausluokiteltujen laitteiden määrä</b>	Tuloilmakanavat ja kana-vaosat on tehty puhtausluokitelluista ilmanvaihtotuotteista tai työmaalla vastaavaan tasoon puhdistetuista muista tuotteista.	Tuloilmakanavat on tehty puhtausluokitelluista ilmanvaihtotuotteista tai työmaalla vastaavaan tasoon puhdistetuista muista tuotteista.
<b>Luovutettavan järjestelmän pintapölypitoisuus</b>	1,0 g/m <sup>2</sup> (suodatinmenetelmä)	2,5 g/m <sup>2</sup> (suodatinmenetelmä)
<b>Palautusilman käyttö</b>	Ei saa käyttää palautusilmaa, paitsi yhtä asuntoa palvelevissa ilmanvaihtokoneissa	Saa käyttää puhtaudeltaan samanarvoisten tilojen poistoilmaa palautusilmana. Tällöin on palautusilma suodatettava vähintään EU7 luokan suodattimella.
<b>Tuloilma suodatus</b>	Suodatettava vähintään F8/EU8 luokan suodattimella	Suodatettava vähintään F7/EU7 luokan suodattimella
<b>Järjestelmän asennus</b>	Asennustyön taukojen ja keskeytyksien aikana on kanaviston kaikki päät suljettava aina pölytiivisti	Asennustyön taukojen ja keskeytyksien aikana on kanaviston pystysuorien runkokanavien avonaiset päät aina peitettävä
<b>Tiivistemateriaalit</b>	Pääasiassa M1 tai M2 luokiteltuja materiaaleja	

Mikkelin keskussairaalalla on oma turvallisuusopas /18./ urakoitsijoita varten, jossa annetaan ohjeet turvalliseen toimintaan sairaalaympäristössä, sekä varoitetaan olemassa olevista riskeistä. Seuraavassa on turvallisuusoppaasta lainattua tietoa. Hyvän hygienia- tason ylläpitäminen sairaalassa kuuluu myös urakoitsijan toimijoille. Työn aikana sairaalassa usein liikutaan myös käytössä olevissa tiloissa, jolloin jokaisen on huolehdittava hyvästä käsihygieniasta. Kaikkien sairaalassa toimivien henkilöiden on käytettävä käsihuhdetta ja kädet on pestävä saippualla, jos ne ovat näkyvästi likaiset. Sairaalan mikrobit eivät kuitenkaan ole perusterveille aikuiselle terveystarve. Asentajan on tärkeää huolehtia, että käsien iho on ehjä ja limakalvot kunnossa, tällä vältetään bakteerien kulkeutumista elimistöön. Tartuntavaaralliset potilaat sijoitetaan

eristysosastoille, jotka ovat alipaineistettuja taudinaiheuttajien leviämisen estämiseksi. Nämä huoneet ovat merkitty erikseen, ja niihin mentäessä on otettava huomioon henkilökohtaisen suojauksen tarve. Eristyshuoneissa tehtäviä töitä varten onkin syytä ottaa ensin yhteys sairaalan henkilökuntaan saadakseen lisätietoja suojauksesta. Jos tehdään likaavia töitä tai sellaisia töitä, joista muodostuu aerosoleja ilmaan, on sairaalan henkilökuntaa varoitettava ajoissa, jotta he osaavat ajoissa varautua riskeihin ja tarvittaessa siirtää potilaita ja kalustoa suojaan. Sairaalassa noudatetaan tiettyä aseptiikkaa, joka tarkoittaa kaikkia toimintatapoja, joilla pyritään estämään ja ehkäisemään infektioiden syntyä. Sairaalassa aseptiikka tarkoittaa sellaista toimintajärjestystä, jossa työt suoritetaan siinä järjestyksessä, ettei likaa siirry puhtaisiin tiloihin. Toisin sanoen työt pyritään tekemään aina puhtaammasta tilasta likaisempaan päin. Puhtausvaatimuksia ja -luokitusta on käsitelty tarkemmin RT-kortistossa (LVI 05-10318) /19./ ja LVI-RYL:ssä (RYL osa G3701) /20./, sekä *puhtaan ilmanvaihtojärjestelmän suunnitteluohjeessa*. /21./

## 6 URAKKALASKENTA

Tarjouksen laskenta on yksi erittäin kriittinen vaihe urakkatyössä. Projektin talouden kannalta on tärkeää, että lasketut työtunnit ja materiaalikustannukset ovat riittävät työmaan valmiiksi saattamiseen. Toisaalta jos kustannukset lasketaan liian väljästi, ei tarjouskilpailuita tietenkään yleensä voiteta ja urakat jäävät saamatta. Tämä pätee tietysti muihinkin kohteisiin kuin sairaaloihin, mutta laskettaessa sairaalakohteeseen tarjoustusta on huomioitava tilojen erityisvaatimukset ja niiden aiheuttamat kustannusvaikutukset. Suurimpia haasteita laskentaan aiheuttavat sairaalan erikoistilat ja -laitteet, sekä saneerauksia tehtäessä rakennuksen samanaikainen käyttö potilashuoltoon. Mikäli osasto on töitä tehtäessä käytössä, voi työtä hidastaa se, että voidaan toimia vain yhdellä alueella kerrallaan, eikä voida käyttää montaa asentajaa kerrallaan. Voi olla myös niin, että alue pitää saada heti työn jälkeen käyttöön ja se on siivottava käyttökuntoon materiaaleista ja roskista. Tämä voi teettää myös hankaluuksia tavarantoiminnan osalta, koska tarvittavia varastointitiloja ei ole käytettävissä. Jos taas tavaraa ei saada varastoitua paljoa kerralla, teettää se kustannuksia siinä mielessä, että tavaraa joudutaan tilaamaan useammassa pienemmissä erissä, joka taas osaltaan lisää kustannuksia rahtikulujen muodossa.

Puhtausluokiteltujen tarvikkeiden säilytykseen pätevät samat vaikeudet, jos ei niille löydy tarpeeksi paljon siistejä varastointitiloja. Jos työmaalla ei muuten ole sopivia tiloja tavarankäilytykseen, voidaan silloin esimerkiksi vuokrata varastokontteja, mikäli pihalla on tilaa niille. Saneerauskohteissa voidaan joutua käyttämään tilojen alipaineistusta, mikäli on vaara että epäpuhtaudet kulkeutuvat osastoille, joissa on potilastoimintaa. Yleensä tällaiset laitteet kuuluvat pääurakoitsijan hankintoihin, mutta joskus myös LVI-urakoitsijalle. Joissain töissä myös LVI-asennusliike voi olla pääurakoitsijana. Tällöin täytyy laskennassa varautua alipaineistuslaitteiden osto- tai vuokratuluihin ja niiden asennukseen, sekä tilojen eristämiseen. Jos tarjouslaskentavaiheen jälkeen urakka saadaan ja aletaan laatia maksuerätaulukkoa, täytyy siinä huomioida oikealla tavalla sairaalaan hankittavien erikoislaitteiden, kuten isojen ilmanvaihtokoneiden korkeat kustannukset. Arvokkaat laitteet voivat muuten saada projektin talouden pakkasen puolelle, mikäli maksuerät eivät kompensoi kallista hintaa. Laskennassa kannattaa myös huomioida erikoismateriaalien korkeammat hankintakulut. Tällaisia saattaa koitua muun muassa sairaalakuparin ja puhtausluokiteltujen IV-tarvikkeiden hankinnasta.

Tarjouslaskijan on tutustuttava urakoita laskiessaan LVI-toimialan työehtosopimukseen. /22./ Myös sairaalaan urakkaa laskettaessa löytyy TES:sta erikseen haittalisät, sekä alla oleva Taulukko 2 jossa esitetään olosuhde- ja vaativuuslisät erikoisputkien asennuksiin.

## Taulukko 2. Olosuhde- ja vaativuuslisät

Hitsattavat HST-putket	+ 10 %	metrinormiaikoihin
Hitsattavat RST-putket	+ 10 %	metrinormiaikoihin
Luokkahitsattavat teräspanputket	+ 20 %	metrinormiaikoihin
Höyry- ja lauhdevesiputket sairaalalaitteille	+ 10 %	metrinormiaikoihin
Sairaalakaasuputket	+ 10 %	metrinormiaikoihin
Sairaalakaasuputket koteloon asennettuina lisäkorotus	+ 20	metrinormiaikoihin
Laboratoriokaasuputket	+ 10 %	metrinormiaikoihin
Hammaslääkärintuolin imu- ja kaasuputket	+ 10 %	metrinormiaikoihin
Sairaaloiden ja laboratorioiden di-ionivapaat, ionivapaat ja tislattun veden putket	+ 10 %	metrinormiaikoihin
Yksinomaan sairaala- ja laboratoriokalusteisiin liittyvät paineilma-, vesijohto- ja viemäriputket	+ 10 %	metrinormiaikoihin
Yksinomaan laitoskeittölaitteisiin liittyvät vesijohto- ja viemäriputket	+ 15 %	metrinormiaikoihin

## 7 POHDINTA

Insinööriyöni tavoitteena oli tuottaa LVI-urakoitsijalle tietoa sairaalarakentamisesta. LVI-urakoitsijan näkökulmasta sairaalarakentaminen ei poikkea kovin paljon normaalista asuin- tai toimistorakentamisesta, mutta siihen liittyy erikoislaitteita ja järjestelmiä joihin oli tarkoitus perehtyä syvällisemmin. Myös puhtausvaatimukset sairaalaympäristössä ovat tiukat, joten niihin oli tarvetta paneutua tarkemmin. Rakennus- ja saneeraustoimintaa sairaalassa joudutaan yleensä tekemään niin että vain osa rakennusta voidaan ottaa kerrallaan työn alle, silloin urakoitsijan täytyy osata ottaa huomioon henkilöstön ja potilaskunnan tarpeet, sekä aikatauluttaa työnsä oikein.

Selvitystyö toteutettiin lukemalla kirjallisuutta ja haastatteleamalla asianosaisia henkilöitä. Kirjallisuuden etsiminen oli pitkällinen ja hankala prosessi, koska sitä oli niukalti saatavilla. Lopulta tietoa kuitenkin löytyi tarpeeksi ja siitä oli hyvä lähteä työstämään raporttia. Suurena tietolähteenä projektissa vaikuttivat käynnit Mikkelin keskussairaalassa ja tutustuminen LVI-tekniikkaan paikan päällä. Asiantuntijana auttoi sairaalan puolesta LVI-päällikkö Teppo Yli-Karro, joka osasi kertoa sellaista tietoa, mitä kirjallisuudesta ei löytynyt. Sain myös Yli-Karroilta käyttöni sellaista kirjallisuutta, jota ei muualla ollut tarjolla. Uutta näkökulmaa työhöni sain myös työkokemukseni pohjalta. En ole ollut mukana sairaalaprojektissa, mutta muut työmaat ovat opettaneet minulle projektinohitajana työskennellessäni sellaisia asioita, joita pystyin käyttämään tässä työssä hyväksi. Lisäksi työkokemus auttoi oivaltamaan, minkälaisiin asioihin työssä kannattaa työssä kiinnittää huomiota.

Suurimpana haasteena työssäni pidin sitä, ettei minulla työn alkuvaiheilla ollut tarpeeksi hyvää käsitystä siitä mitä kaikkea työssäni aion käsitellä ja mitä kannattaisi jättää pois. Työ paisui liian laajaksi ja tekeminen meinasi tukehtua siihen. Kun aihe saatiin rajattua sopivaksi, oli työn tekeminen paljon helpompaa. Säännöllisessä päivätyössä käyminen hankaloitti insinööriyön tekemistä, sillä vireystaso ei ole työpäivän jälkeen enää parhaimmillaan eikä kirjoittaminen tahdo sujua. Työtä tulikin tehtyä tehokkaasti lähinnä viikonloppuisin ja loppuvaiheessa aikataulu osoittautuikin todella tiukaksi.

Työn tekemisen aikana tuli selväksi, että Suomen sairaalat alkavat olla korjauksen tarpeessa ja että tarvittavien vuodepaikkojen määrä on jatkuvassa kasvussa. Nämä

seikat johtavat siihen, että sairaalarakennusprojekteja on tulossa lisää. Tällaiseen projektiin ryhtyessään projektinhoitajalla on hyvä olla koottua perustietoa sairaalan erityistarpeista ja siihen tarkoitukseen tämä opinnäytetyö toivottavasti antaa valmiuksia. Eri sairaalat tietysti poikkeavat keskenään toisistaan, mutta perusasiat ovat kuitenkin samankaltaisia ja tekniset tiedot pätevät yleisesti. Tätä työtä vastaavaa tietopakettia ei ennestään ole olemassa ja toivon että pääsen joskus osalliseksi sairaalaprojektiin ja sitä kautta hyödyntämään opinnäytetyötäni.

## LÄHTEET

1. Hyvärinen, M. Sairaaloiden sisäilmasto ja ilmanvaihto, normiston laatimisen nykyvaihe ja tavoitteet. Power-point esitys. Lahti 2007.
2. Korhonen, P. & Reijula, K. Terve sairaala – peruskorjausten tarve ja toteutus. Työterveyslaitos. 2009.
3. Reijula, K. Sairaaloiden kunto ja ilmanvaihto. Selvityshenkilön raportti. Sosiaali- ja terveysministeriö. Helsinki 2005.
4. Rakennusten kaukolämmitys. Määräykset ja ohjeet. Energiateollisuus ry. 2007.
5. Lehtola, M. Putkimateriaalin vaikutus veden laatuun. Power-point esitys. Lahti 2007.
6. Sisäilmastoluokitus 2008. Sisäilmayhdistys ry. 2008.
7. Seppänen, O. & Seppänen, M. Rakennusten sisäilmasto ja LVI-tekniikka. Oppikirja. 1996.
8. Kojair Tech Oy. Yrityksen www-sivut. <http://www.kojair.com>. Luettu 20.3.2011.
9. Christiansen, V., Kulmala, I. & Niemeläinen, M. Leikkaussalin kohdepoiston kehittäminen. Tutkimusraportti. VTT. Tampere 2002.
10. Salmi, K., Kähkönen, E., Holopainen, R. & Reijula, K. Ilmavälitteisten infektioiden hallinta sairaaloiden eristystiloissa – loppuraportti. Helsinki 2012.
11. Ryynänen, J. Sairaalailmanvaihdon suunnitteluohjeita. Opinnäytetyö. Mikkelin Ammattikorkeakoulu. Mikkeli 2007. 48 s.

12. Holopainen, R., Asikainen, V., Pasanen, P. & Seppänen, O. IV-kanavien puhdistusmenetelmien vertailututkimus. Teknillinen korkeakoulu & Kuopion yliopisto.
13. Työterveyslaitos. Www-julkaisu. <http://www.ttl.fi/ova/happi.html>. Luettu 18.5.2011.
14. Linde healthcare. Yrityksen www-sivut. <http://www.linde-healthcare.fi>. Luettu 12.4.2011.
15. Fläkt Woods Oy. Yrityksen www-sivut. <http://flaktwoods.com>. Luettu 12.4.2011.
16. Asumisterveysohje. Sosiaali- ja terveysministeriö. Helsinki 2003.
17. Oy Aga Ab. Yrityksen www-sivut. <http://www.aga.fi>. Luettu 15.4.2011.
18. Urakoitsijan turvallisuusopas. Etelä-Savon sairaanhoitopiirin Ky. 2012.
19. Rakennustieto Oy. RT-kortisto. LVI-kortti 05-10318.
20. Rakennustieto Oy. Talotekniikan yleiset laatuvaatimukset. Osa G3701.
21. Ripatti, H., Pentikäinen, J., Saaristo, P., Vasara, J. & Liljeström, K. Puhtaan ilmanvaihtojärjestelmän suunnitteluohje. Sisäilmayhdistys ry. 2002.
22. LVI-toimialan työehtosopimus 2010–2012. LVI-Tekniset urakoitsijat LVI-TU ry. 2010.