



Osaamista
ja oivallusta
tulevaisuuden
tekemiseen

Timo Kurkela

Sairaalakaasujärjestelmien suunnittelu

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Talotekniikka

Insinöörityö

12.3.2020

Tekijä Otsikko	Timo Kurkela Sairaalakaasujärjestelmien suunnittelu
Sivumäärä Aika	59 sivua + 6 liitettä 12.3.2020
Tutkinto	insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma	talotekniikka
Ammatillinen pääaine	LVI-suunnittelu
Ohjaajat	projektipäällikkö Jukka Hakkarainen sairaalainsinööri Jouko Ryytänen lehtori Seppo Innanen
<p>Tässä insinöörityössä perehdytään sairaalakaasujärjestelmiin ja erityisesti niiden suunnitteluun. Työn tavoitteena oli täydentää suomalaista sairaalakaasujärjestelmien oppimateriaalia sekä opastaa suunnittelijaa hyviin ratkaisuihin. Työssä sairaalakaasujärjestelmät esitellään johdonmukaisesti perusteista lähtien.</p> <p>Insinöörityössä perehdyttiin terveydenhoidossa käytettävien lääkkeellisten kaasujen käyttötarkoituksiin ja niiden syöttölähteiden, putkistokomponenttien ja jakeluputkiston suunnitteluun. Sairaalakaasujärjestelmien mitoitus ja kaasujen kulutusta tarkasteltiin esimerkkikohteen ja eri sairaanhoitopiireille lähetetyn lääkkeellisen hapen kulutuskyselyn avulla. Suunnittelussa tehtäviä ratkaisuja pyrittiin perustelemaan ja työn liitteeksi laadittiin myös muutaman keskeisen hoitotilan tasopiirustuskesimerkit, havainnollistamaan tilojen sairaalakaasutekniikan ymmärtämistä.</p> <p>Työn tuloksena syntyi sairaalakaasujärjestelmien suunnittelemista opastava kokonaisuus, johon perehtymällä etenkin sairaalakaasujärjestelmiä vähemmän tuntevat henkilöt voivat kehittää omaa osaamistaan. Myös kokeneemmat suunnittelijat ja insinöörit voivat hyödyntää tätä tutkielmaa Sairaalakaasuoppaan ohella ja tarkastella esimerkiksi erikokoisten sairaaloiden hapen kulutustietoja tai esimerkkipiirustuksia. Työssä koottua uutta tietoa on tarkoitus liittää tiivistetysti SSTY:n Sairaalakaasuoppaaseen.</p>	
Avainsanat	sairaalakaasut, kaasunpoisto, suunnittelu, mitoitus, suunnitelmapiirustus

Author Title	Timo Kurkela Design of Hospital Gas Systems
Number of Pages Date	59 pages + 6 appendices 12 March 2020
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Building Services Engineering
Professional Major	HVAC Design
Instructors	Jukka Hakkarainen, Project Manager Jouko Ryyänen, Hospital Engineer Seppo Innanen, Senior Lecturer
<p>The purpose of this bachelor's thesis was to deepen the knowledge of designing medical gas systems. In addition, the objective was to strengthen the Finnish teaching material of medical gas systems and update the Finnish medical gas design manual.</p> <p>The project focused on the newest literature about and standards for medical gas systems. To understand the overall design of medical gas systems, this study first introduced the use and purposes of medical gases. Different gas supply sources and piping components were discussed, and some practical advice was given for the design of these utilities. The dimensioning of a gas supply system and the consumption of medical gases were studied by using calculations of a hospital and with a medical oxygen questionnaire, which was sent to all Finnish hospital districts. Moreover, some important example layout drawings were made by using the newest CAD designing programs.</p> <p>The project resulted in a guide for the design of medical gas systems. Furthermore, new information about gas consumption, gas scavenging and layout drawings was gathered to expand the skills of experienced HVAC designers. The new information and knowledge collected by this study is to be added in the Finnish design manual for medical gas systems.</p>	
Keywords	hospital gases, gas scavenging, design, dimensioning, layout drawing

Alkusanat

Tämä työ tehtiin yhteistyössä SSTY ry:n ja Ramboll Finland Oy:n kanssa, SSTY ry:n avustuksella. Kiitokset kaikille työhön osallistuneille SSTY:n jäsenille sekä työnantajaleni Ramboll Finland Oy:lle.

Työn ohjaajina ovat toimineet LVI-suunnittelija Jukka Hakkarainen, sairaalainsinööri Jouko Ryyänen ja lehtori Seppo Innanen. Kiitän heitä monista hyvistä neuvoista ja myönteisestä suhtautumisesta työhöni. Samoin kiitän LVI-suunnittelija Antti Kovasta suunnitelmapiirustusten laadintaan liittyvistä neuvoista.

Espoossa 12.3.2020

Timo Kurkela

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Perustietoa sairaalakaasuista	2
2.1	Käytettävät kaasut	2
2.2	Kaasujärjestelmiä ohjaavat laitteet, määräykset ja ohjeet	3
2.3	Lääkkeellinen ilma eli hengitysilma	5
2.4	Instrumentti-ilma	5
2.4.1	Instrumentti-ilma, 7 bar	5
2.4.2	Instrumentti-ilma, 5 bar	6
2.5	Tekninen paineilma	7
2.6	Lääkkeellinen happi	7
2.7	Lääkkeellinen dityppioksidi	8
2.8	Hiilidioksidi	9
3	Sairaalakaasujen syöttöjärjestelmät	10
3.1	Syöttölähteen määrittely	10
3.2	Kaasukeskus	11
3.3	Ilmakompressorijärjestelmä	12
3.3.1	Ilmakompressorijärjestelmän pääkomponentit	12
3.3.2	Ilmakompressorijärjestelmän suunnitteluperiaatteita	14
3.3.3	Ilmakompressorikeskuksen putkisto	16
3.4	Hapen nestesäiliöasema	16
3.5	Happirikastinjärjestelmä	18
3.6	Hapen nestesäiliöaseman ja happirikastinjärjestelmän eroavaisuudet	19
4	Sairaalakaasujen jakeluputkisto ja kaasunjakelulaitteet	20
4.1	Kaasuputkistot	20
4.1.1	Putkiston materiaali ja merkintä	20
4.1.2	Putkiston luokitus ja painelaitedirektiivi	21
4.2	Kaasunjakelulaitteet ja komponentit	23
4.2.1	Vakauttamissäädin	23
4.2.2	Painevahti	24

4.2.3	Pikasulkukotelo	27
4.2.4	Venttiilit	27
4.2.5	Kaasunottopisteet ja-venttiilit	29
5	Sairaalakaasujärjestelmien suunnittelun lähtökohtia ja periaatteita	33
5.1	Yhteistyö suunnitteluprosessin aikana	33
5.2	Sairaalakaasujärjestelmien suunnitteleminen suunnitteluohjelmalla	33
6	Kaasujen mitoituksen- ja kulutuksen tarkastelu	35
6.1	Mitoitusvirtaaman laskeminen ja eriaikaisuuskertoimet	35
6.1.1	Mitoitusvirtaaman jakautuminen sairaalan eri osastoille esimerkkikohteessa	36
6.1.2	Kaasupullojen sisällön riittävyys	38
6.2	Sairaalakaasujen kulutuksen tarkastelu	39
6.2.1	Lääkkeellisen hapen kulutuslukemia erikokoisissa sairaaloissa	39
6.2.2	Hapen laskentakaavoja	42
7	Kaasujen poisto	43
7.1	Paineilmatoimiset imuejektorit	45
7.1.1	Toimintaperiaate ja käyttökohteet	45
7.1.2	Putkisto ja kaasunpoistovennttiilit	46
7.2	Sairaalatekniset kohdepoistojärjestelmät	47
7.2.1	Toimintaperiaate ja käyttökohteet	47
7.2.2	Putkisto, putkikomponentit ja kaasunpoistovennttiilit	47
7.2.3	Puhallinyksikkö ja ohjauskeskus	49
7.2.4	Putkiston mitoitus	50
7.2.5	Kohdepoistojärjestelmien toimittajat	50
8	Työpiirustusesimerkit ja tilojen sairaalakaasusuunnittelun periaatteita	50
8.1	Leikkaussali	51
8.2	Tehohoito-osasto	52
8.3	MRI-kuvantaminen	53
9	Yhteenveto	55
	Lähteet	56

Liitteet

Liite 1. Terveysthuollossa käytettävät kaasut

Liite 2. Lääkkeellisiä kaasuja ohjaavia lakeja, määräyksiä, standardeja ja ohjeita

Liite 3. Leikkaussalin tasopiirustus esimerkki

Liite 4. Tehohoitopaikan tasopiirustus esimerkki

Liite 5. MRI-kuvantamisen tasopiirustus esimerkki

Liite 6. Kaasunpoiston asennusdetaljit

Lyhenteet ja käsitteet

anestesia	Nukutus.
AutoCAD	Tietokoneavusteinen suunnitteluohjelmisto.
CAD	Computer-Aided Design. Tietokoneavusteinen suunnitteluohjelmisto.
dialyysi	Veren puhdistamista kuona-aineista ja vereen kertyneestä nesteestä.
diatermia	Laserkirurgiaa, jossa kudoksen lämpötila kohotetaan suuritaajuisella vaihtovirralla.
kaasujarrut	Kattokeskuksien liikuteltavuutta pehmentävät paineilmatoimiset kaasujarrut.
laparoskopia	Vatsaontelon tähytys.
kaksipuolinen kaasukeskus	Kaasukeskus, jota voidaan syöttää kahdelta eri puolelta, esimerkiksi kaasupullopatterilla.
KSL	Kiinteä sairaalalaitte, sairaaloissa taloteknisiä liitäntöjä vaativia laitteita ja kalusteita.
MagiCAD	AutoCAD-pohjainen ohjelmisto talotekniikan suunnitteluun ja tietomallinnukseen.
MRI	Magnetic Resonance Imaging, magneettikuvaus.
nebulisaattori	Lääkesumutin, jota käytetään inhaloitavissa eli hengitettävissä lääkkeissä. Käytetään, kun sumutettava lääkemäärä on suuri.

PSA-tekniikka	Pressure Swing Adsorption. Esimerkiksi happigeneraattorin hyödyntämä tekniikka, jossa happi erotetaan ilmasta huoneenlämpötilassa korkeassa paineessa.
PU	Putkiurakka
Sairaalakaasuopas	SSTY:n Sairaalakaasujärjestelmien suunnittelu-, asennus- ja huolto-ohje.
SSTY	Suomen sairaalatekniikan yhdistys ry
SKU	Sairaalakaasu-urakka
SU	Sähköurakka
Xref	Viitepiirustus, joka saadaan näkymään suunnittelutiedoston taustalla yhtenä objektina.
yhdistelmämalli	Useiden eri suunnittelualojen 3D- ja tietomalleja yhdistettynä samassa koordinaatistossa.
yksipuolinen kaasukeskus	Kaasukeskus, jota voidaan syöttää vain yhdeltä puolelta esimerkiksi kaasupullopatterilla.

1 Johdanto

Suomessa sairaalakaasujärjestelmien suunnittelusta, asennuksesta ja huollosta on laadittu vuonna 2014 opas Sairaalakaasujärjestelmien suunnittelu- asennus- ja huolto-ohje [1]. Opas on ladattavissa SSTY:n internet-sivuilta. Tämän insinööriyön tavoitteena on perehtyä perusteellisesti sairaalakaasujärjestelmiin ja laatia SSTY:n Sairaalakaasuopasta täydentävä teos. Insinööriyön yhteydessä kerättyä uutta tietoa ja valmisteltua materiaalia on myös tarkoitus liittää yllä mainittuun Sairaalakaasuoppaaseen, joka päivitetään tämän työn valmistumisen jälkeen. Tämän opinnäytetyöprojektin tuloksena syntyy siis sekä insinööriyö että päivitetty Sairaalakaasuopas.

Työn toteutustapa oli kirjallisuuskatsaus, jonka lisäksi työssä laadittiin sairaalakaasujärjestelmien suunnitelmapiirustuksia hyödyntäen MagiCAD-suunnitteluohjelmistoa. Työhön kuuluvien keskeisten suunnitelmapiirustusten ratkaisuja pyritään selostamaan mahdollisimman ymmärrettävästi. Sairaalakaasujärjestelmien suunnittelu kuuluu LVI-suunnittelijan työtehtäviin, vaikka näiden järjestelmien opiskelu ei kaikkien LVI-insinööriopiskelijoiden opintoihin sisällykään. Tämän työn tavoitteena on laatia selkeä kokonaisuus, johon perehtymällä LVI-insinöörit ja -insinööriopiskelijat voivat parantaa tietämystään sairaalakaasujärjestelmistä.

Tämän insinööriyön tilaaja on SSTY eli Suomen sairaalatekniikan yhdistys ry. Työn tilaajalle on tärkeää edistää sairaala-alan teknisten henkilöiden ammattitaitoa ja osaamista sekä edesauttaa tehokasta tiedonvaihtoa eri sairaanhoitopiirien välillä [2]. Tässä työssä pyrin hyödyntämään omaa LVI-suunnittelukokemusta sekä työn ohjaajana toimivan kokeneen LVI-suunnittelijan Jukka Hakkaraisen ammattitaitoa. Myös SSTY:n jäsenten teknistä asiantuntemusta ja henkilökontakteja käytetään hyödyksi.

2 Perustietoa sairaalakaasuista

2.1 Käytettävät kaasut

Sairaalakaasujärjestelmien tehtävänä on turvata sairaalakaasujen saanti kulutuspiisteissä. Keskitetty sairaalakaasujärjestelmä vähentää kustannuksia ja parantaa toimintavarmuutta verrattuna yksittäisten siirtokaasupullojen käyttämiseen. Keskitetyn kaasunjakelujärjestelmän etuna on myös pidempi kaasusäiliöiden ja pullopakettien vaihtoväli. Lääkkeellisiä kaasuja käytetään useisiin eri tarkoituksiin ja näistä kaasuista yleisimmille rakennetaan keskitetyt syöttöjärjestelmät. Nämä keskitetyn järjestelmän kaasut ovat [3]:

- lääkkeellinen happi
- lääkkeellinen dityppioksidi
- lääkkeellinen ilma
- instrumentti-ilma
- hiilidioksidi.

Terveydenhuollossa käytetään myös monia muitakin kaasuja ja näitä hieman harvemmin käytettäviä terveydenhoidon kaasuja esitellään lyhyesti työn liitteessä 1. Liitteen luettelosta käyvät ilmi kaasun kemiallinen koostumus, kaasupullon hartiaosan tunnisteväri, kaasupullon rungon väri ja kaasun esimerkkikäyttökohteet. Tässä työssä keskitytään kuitenkin keskusjakelujärjestelmän kautta syötettäviin sairaalakaasuihin, joiden suunnittelu kuuluu sairaalahankkeissa yleisesti LVI-suunnittelijan työtehtäviin. [4.]

Lääkkeellisten kaasujen laatuvaatimukset määritellään kansainvälisessä ”Euroopan farmakopea” -standardissa, ja ne ovat taulukon 1 mukaiset. Kaikista Suomen myyntiluvallisista kaasuista on Fimean internet-sivuilla valmisteyhteenvedot, joissa on hyvin tarkasti kuvattu kunkin eri lääkkeellisen kaasun tiedot. [5.]

Taulukko 1. Lääkkeellisten kaasujen laatuvaatimukset [1, s. 2].







Kaasu, pitoisuus	Ilma	Happi	Happi (93%)	Dityppioksidi	Hiilidioksidi
Happi O ₂ (til. %)	20,9 % ± 0,5 %	≥ 99,5 %	93 % ± 3 %	—	—
Vesihöyry	≤ 67 ppm	≤ 67 ppm	≤ 67 ppm	≤ 67 ppm	≤ 67 ppm
Öljy	≤ 0,1 mg/m ³	—	≤ 0,1 mg/m ³	—	—
Hiilimonoksidi CO	≤ 5 ppm	≤ 5 ppm	≤ 5 ppm	≤ 5 ppm	≤ 5 ppm
Hiilidioksidi CO ₂	≤ 500 ppm	≤ 300 ppm	≤ 300 ppm	≤ 300 ppm	≥ 99,5 %
Typen oksidit NO+NO ₂	≤ 2 ppm	—	≤ 2 ppm	≤ 2 ppm	≤ 2 ppm
Rikkidioksidi SO ₂	≤ 1 ppm	—	≤ 1 ppm	—	≤ 2 ppm

Taulukon 1 arvot ovat pysyneet samoina kuin vuonna 2014 julkaistussa SSTY:n sairaalakaasuoppaassa ja vuonna 2016 päivitetystä standardista SFS-EN ISO 7396-1.

2.2 Kaasujärjestelmiä ohjaavat lait, määräykset ja ohjeet

Sairaalakaasujärjestelmien suunnittelua, asennusta ja huoltoa ohjaavat monet eri lait, määräykset, standardit ja ohjeet, joista keskeisimmät tämän työn kirjoittamisen hetkellä voimassa olevat on koottu työn liitteeseen 2. Sairaalakaasujärjestelmät koostuvat painelaitteista ja paineellisesta putkistosta, joten ne luokitellaan painelaitelain alaisiksi. Valtioneuvoston asetusta 1548/2016 painelaitteista sovelletaan painelaitteisiin ja laitekokonaisuuksiin, joiden suurin sallittu käyttöpaine on yli 0,5 bar. Painelaitteiden sisällöt jaetaan painelaitelaissa kahteen eri ryhmään. Ryhmään 1 kuuluvat vaarallisiksi katsotut sisällöt ja ryhmään 2 muut sisällöt. Ryhmään 1 kuuluvat sairaalakaasuista taulukon 2 mukaisesti happi ja dityppioksidi, ja muut sairaalakaasut kuuluvat ryhmään 2. [6.]

Taulukko 2. Sairaalakaasujen piirrosmerkit ja lyhenteet suunnitelmapiirustuksissa [1; 6].

Kaasu	Lääkkeellinen happi	Lääkkeellinen dityppioksidi	Lääkkeellinen ilma	Ylimäärä-kaasunpoisto	Instrumentti-ilma	Hiilidioksidi
Kaasun-lyhenne	O ₂	N ₂ O	HI	AKP	IPI	CO ₂
Kaasupisteen piirrosmerkki						
Hapettava/inertti	Hapettava	Hapettava	Hapettava		Hapettava	Inertti
Kaasun ryhmä	1	1	2		2	2

Sairaalakaasut voidaan luokitella myös joko hapettaviin tai inertteihin eli tukahduttaviin kaasuihin. Hapettavaa kaasua sisältävät kaasupullot tulee olla merkitty kuvan 1 kaltaisella hapettavan aineen varoitusmerkillä. Taulukossa 2 on esitetty kumpaan näistä mikäkin kaasu kuuluu. Sairaalakaasuista lääkkeellinen happi ja dityppioksidi ovat voimakkaimmin hapettimena toimivia, eli tulipalotapahtumaa ylläpitäviä ja edesauttavia kaasuja. Hapettavat kaasut ovat ilmaa raskaampia, mikä tulee huomioida sairaalakaasupisteiden ja putkien sijoittelussa. Sairaalakaasupisteet tuleekin seinäkourussa sijoittaa aina sähköpisteiden alapuolelle, niin että kaasunotto pisteen keskikohdan etäisyys on sähköpisteestä vähintään 200 mm. [1, s. 9–10; 7.]



Kuva 1. Hapettavan aineen varoitusmerkki [7].

Huomion arvoista on myös, että taulukossa 2 on yksi sarake, joka ei varsinaisesti kuulu kumpaankaan ryhmään. Ylimääräkaasujen poisto, jota voidaan kutsua myös esimerkiksi

kaasunpoistoksi, anestesiakaasunpoistoksi tai imuejektorikaasunpoistoksi, on nimensä mukaisesti ylimääräisten, hoidon yhteydessä annettavien kaasujen poistoa. Ylimäärä-kaasunpoistosta ja imuejektoreista kerrotaan tarkemmin työn luvussa 7.

2.3 Lääkkeellinen ilma eli hengitysilma

Ilma on tyypiltään väritön, hajuton ja mauton kaasu. Lääkkeellistä ilmaa käytetään terveydenhuollossa turvaamaan potilaiden turvallinen puhtaan hengitysilman saanti. Lääkkeellinen ilma on koostumukseltaan samanlaista kaasua kuin normaalikin ilma, eli se sisältää noin 21 % happea ja 79 % typpeä. Lääkkeellinen ilma on kuitenkin normaalia ulkoilmaa puhtaampaa, koska se puhdistetaan kyseiseen tarkoitukseen käytetyillä puhdistusyksiköllä. [8.]

Lääkkeellistä ilmaa tuotetaan pääsääntöisesti sairaalan omilla paineilmakompressoreilla ja ilman jakelu tapahtuu kaasunjakelujärjestelmän kautta, jossa verkostopaine on 5 bar. Irtonaisia siirtokaasupulloja käytetään vain varasyöttölähteinä. Sairaaloissa ilman kulutus on niin suurta, että kompressoreilla tuotettava ilma on huomattavasti taloudellisempaa, kuin pelkkien irtokaasupullojen käyttö. Tämän lisäksi kompressorijärjestelmän käyttövarmuus on parempi. [1, s. 3.]

Lääkkeellistä ilmaa käytetään, kun tarvitaan erityisen puhdasta ilmaa. Lääkkeellistä ilmaa käytetään esimerkiksi nebulisaatiohoidon ponneaineena, puhtasilmana infektioille alttiiden potilaiden hoidossa ja osana tuorekaasuvirtausta anestesian tai hengityskonehoidon yhteydessä. Puhtaan ilman saanti on tärkeää esimerkiksi elintensiirtopotilailla, joiden vastustuskyky on heikentynyt. Tällöin on tärkeää, että hengitettävä ilma ei sisällä epäpuhtauksia, hiukkasia, hajuja tai muita mahdollisesti ärsyttäviä aineita. [8.]

2.4 Instrumentti-ilma

2.4.1 Instrumentti-ilma, 7 bar

Instrumentti-ilma on ominaisuuksiltaan samanlaista ilmaa, kuten aiemmin mainittu lääkkeellinen ilma. Euroopan farmakopeassa ei määritellä erikseen laatuvaatimuksia

instrumentti-ilmalle. Käytännössä instrumentti-ilma on kuitenkin yhtä puhdasta kuin lääkkeellinen ilma. Instrumentti-ilmaa varten rakennetaan kuitenkin aina oma jakeluputkisto, jonka paine on 7 bar, ja sen ensisijaisena syöttölähteenä ovat paineilmakompressorit. Paineistetun ilman kaasupulloja käytetään ainoastaan hätä- ja huoltosyöttölähteinä. Instrumentti-ilman käyttökohteet ovat nimensä mukaisesti terveydenhuollossa käytettävät instrumentit, kuten leikkaussalissa käytettävät kirurgiset välineet tai hammashoidossa käytettävät instrumentit. Instrumentti-ilma toimii siis näiden instrumenttivälineiden käyttövoimana. [1, s. 3.]

Paineilman suunnittelussa on erittäin tärkeää tietää eri laitteiden vaatimat käyttöpainetasot. Jos käyttöpainetasot vaihtelevat hyvin paljon, on kannattavaa tehdä useampi eripaineinen paineilmaverkosto, kuten esimerkiksi teknisen paineilman ja instrumentti-ilman verkostot. Instrumentti-ilmaa ja lääkkeellistä hengitysilmaa ei saa käyttää sellaisiin paineilmaa vaativiin laitteisiin, jotka voisivat aiheuttaa erittäin huomattavia kulutushuippuja verkostoon ja näin ollen vaarantaa potilaiden hoitoon käytettävän hengitys- ja paineilman saatavuutta. [1, s. 12; 9.]

2.4.2 Instrumentti-ilma, 5 bar

Sairaaloiden leikkaussaleissa ja tehohoito-osastoilla käytettävät kattokeskukset voivat myös vaatia toimiakseen paineilmaa. Kattokeskuksissa paineilmaa käytetään kaasujarruissa, jotta kattokeskuksen liikuteltavuus eri asentoihin sujuisi pehmeästi. Näiden kattokeskusten vaatiman paineilman painetaso on yleensä 5 bar, mikä on alhaisempi kuin instrumentti-ilman. 5 bar:n paineista instrumentti-ilmaa käytetään myös paineilmatoimisten imuejektorien käyttövoimana. Imuejektorien ja kattokeskusten kaasujarrujen 5 bar:n paineinen verkosto kannattaakin haaroittaa jo paineilmakeskuksessa omaksi verkostokseen, varsinkin jos kattokeskuksia ja imupisteitä on huomattavan suuri määrä. Toinen vaihtoehto on haaroittaa alennetun paineen 5 bar:n instrumentti-ilmaverkosto esimerkiksi painevahtihuoneessa, jolloin sinne täytyy sijoittaa paineenalennusventtiili ja takaiskuventtiili. [9.]

2.5 Tekninen paineilma

Varsinkin suurissa sairaalakohteissa on muutamia huoltolaitteita, joille kannattaa suunnitella oma teknisen paineilman verkosto. Tällaisia huoltolaitteita voivat olla esimerkiksi sänkypesukoneet. Suurimmat huoltolaitteet sijaitsevat usein sairaalan alimmissa kerroksissa. [9.]

2.6 Lääkkeellinen happi

Ilmassa hapen pitoisuus on noin 21 %. Kaasumainen happi on ominaisuuksiltaan hajuton, myrkytön ja väritön. Happi on ilmaa raskaampi kaasu, ja sen tiheys 20 °C:ssa on 1,43 kg/m³, kun taas ilman tiheys samassa lämpötilassa on 1,21 kg/m³. Hapetta varastoidaan usein nestemäisessä olomuodossa, koska tällä menetelmällä suurempi määrä hapetta saadaan mahtumaan pienempään tilavuuteen. Happi muuttuu nestemäiseksi, kun sen lämpötila laskee alle –183 °C:seen. Tämän nestemäisessä olomuodossa olevan hapen tiheys on 1 140 kg/m³. Nestemäisen ja kaasumaisen hapen tilavuussuhde on 1:850, joten yksi litra nestemäistä hapetta vastaa 850:tä litraa kaasumaista hapetta. [10, s. 5.]

Sairaaloissa hapetta käytetään kaasumaisessa muodossa esimerkiksi hapenpuutteen hoitoon, osana tuorekaasuvirtausta anestesian tai tehohoidon yhteydessä, ponneaineena sumutinhoidossa ja äkillisen sarjoittaisen päänsärkykohtauksen hoitoon. Happihoidossa lääkkeellinen happi annostellaan sisäänhengitysilman kautta potilaalle. Hoidon tarve määrittelee annettavan happipitoisuuden, joten hapen pitoisuutta hengitettävässä ilmassa tulee voida säätää tarpeen mukaisesti. Hyvin korkeita yli 70 %:n happipitoisuuksia tulee antaa lyhin mahdollinen aika vaaditun hoitotuloksen saavuttamiseksi, koska pidempään annosteltuina korkeat happipitoisuudet ovat haitallisia. Käytännössä hoidon yhteydessä annettava happi laimennetaan 30–60 %:n pitoisuuteen. Tämän vuoksi hapen tuotantotavalla ei käytännössä ole mitään merkitystä, ja esimerkiksi happirikastinjärjestelmällä tuotettu 93 %:n lääkkeellinen happi on riittävän puhdasta. [11.]

Hapetta voidaan tuottaa kahdella eri tavalla, joko kryogeenisesti tai happirikastimella. Kryogeenisellä tislauksen menetelmällä hapetta tuotetaan kaasutehtaissa. Myyntiluvallista

lääkkeellistä happea kryogeenisesti valmistavat Suomessa ainoastaan Oy AGA Ab (Linde Group) ja Oy Woikoski Ab. Kryogeenisellä menetelmällä tuotetun hapen happipitoisuus on erittäin korkea, yli 99,5 %. Suurissa sairaalakohteissa hapen ensisijainen syöttöjärjestelmä tulisi olla aina käyttövarmuuden ja kustannustehokkuuden vuoksi joko kryogeeninen tai happirikastinjärjestelmä, ja lääkkeellisen hapen kaasupulloja tulisi käyttää ainoastaan varasyöttölähteenä. Käytännössä tällä hetkellä Suomessa lähes kaikki suuret sairaaloiden happijärjestelmät ovat kryogeenisiä järjestelmiä, joissa kaasun toimituksesta vastaa ulkopuolinen kaasuntoimittaja. Kaasuntoimittajan vastuulla on huolehtia nestemäisen happisäiliön täytöstä sekä irtokaasupullojen vaihdosta. Turvautuminen ulkopuoliseen kaasuntoimittajaan on hieman riskialtista, jos hapen toimituksessa sattuisi ilmenemään ongelmia. Myös nestemäisen hapen toimituksista aiheutuva happisäiliöiden kuljettaminen tuottaa enemmän hiilidioksidipäästöjä verrattuna hapen valmistamiseen paikan päällä. [1, s. 5; 12.]

Happirikastimilla eli happigeneraattoreilla tuotettua happea kutsutaan myös on-site-hapeksi tai generoiduksi hapeksi. Tällä hapen valmistustavalla päästään noin 93 %:n happipitoisuuteen. Euroopan farmakopea on määritellyt laatuvaatimukset erikseen 99,5 %:n ja 93 %:n hapelle. Happirikastimien käyttö lääkkeellisen hapen tuotantoon terveydenhuollossa on ollut sallittua vuoden 2013 alusta lähtien. Suomessa happirikastimella tuotettava hapen syöttöjärjestelmä ei ole kuitenkaan vielä yleistynyt. Syitä tähän on varmasti monia, joista ehkä yksi keskeisimmistä on se, että tällöin jokaisen sairaalan täytyisi nimetä vastuuhenkilö hapen tuotantoon liittyen. Suurin syy kuitenkin on varmasti se, että Suomessa on vähän kokemusta happirikastinjärjestelmillä tuotetusta lääkkeellisestä hapesta, ja järjestelmien suurempi suosio vaatisi yhden hyvin toteutetun esimerkkikohteen. Käytännössä happirikastinjärjestelmillä saavutettaisiin huomattavia kustannussäästöjä ja kasvanutta toimintavarmuutta. Esimerkiksi Kanadassa on toteutettu happirikastinjärjestelmiä sairaaloihin jo vuosikymmenten ajan. [1, s. 5.]

2.7 Lääkkeellinen dityppioksidi

Lääkkeellinen dityppioksidi, eli ilokaasu, on ominaisuuksiltaan väritöntä, ilmaa raskaampaa sekä maultaan ja hajultaan hieman makeahkoa. Ilokaasua varastoidaan nestemäisessä muodossa kaasupulloissa ja annetaan potilaalle kaasumaisessa muodossa sisäänhengitysilman mukana yhdessä hapen kanssa. Ilokaasua käytetään esimerkiksi:

anestesiassa muihin inhalaatioanesteetteihin sekoitettuna ja kivunlievityksessä, kun halutaan kaasun rauhoittavan vaikutuksen alkavan nopeasti ja olevan nopeasti poistettavissa. Annettavan ilokaasun pitoisuus vaihtelee hoidon mukaan, ja on tyypillisesti kivunlievityksessä 20–60 % ja anestesiassa 50–70 %. Dityppioksidia annettaessa tulee aina varmistaa hoidettavan potilaan riittävä hapen saanti, koska liian suuri dityppioksidipitoisuus voi aiheuttaa tajuttomuutta. Leikkaussaleissa, synnytysaleissa ja muissa tiloissa, joissa hoidon yhteydessä annetaan dityppioksidia, on kiinnitettävä erityistä huomiota oikeanlaiseen ilmanvaihtoon ja ylimääräkaasujen poistoon. [13.]

2.8 Hiilidioksidi

Hiilidioksidi on ilmaa raskaampaa, väritöntä sekä maultaan ja hajultaan hieman pistävää ja hapanta kaasua. Puhdas hiilidioksidi luokitellaan lääkinnälliseksi laitteeksi, ja sitä varastoidaan ja kuljetetaan puristettuna nestemäisenä kaasuna kaasupulloissa, jotka tavallisesti sijaitsevat sairaalan kaasukeskuksessa. Hiilidioksidi on kondenssikaasu, mikä tarkoittaa sitä, että se on kaasupullossa pääasiassa nestefaasisa, mutta pullosta anosteltaessa hiilidioksidi muuttuu kaasumaiseen olomuotoon. Nesteytytyssä olomuodossa oleva hiilidioksidi vastaa kaasumaisena noin 520:ta litraa. [4, s. 5.] Hiilidioksidia on myös myyntiluvalliseksi lääkkeelliseksi kaasuksi luokitellussa lääkkeellisessä karbogeenissa, jossa hiilidioksidia on 5 % ja happea 95 % [14].

Puhtaana kaasuna hiilidioksidi voi olla vaarallinen, koska se syrjäyttää hapen, eli on inertti kaasu. Puhtaan 100 %:n hiilidioksidin hengittäminen aiheuttaa kuolemaan johtavan tukehtumisen. Hiilidioksidi voi olla myös kiinteää, ja tässä olomuodossa sitä tulee myös käsitellä varoen, koska sen lämpötila kiinteänä on hyvin alhainen, alle -78 °C . [1, s. 6.]

Hiilidioksidia käytetään moniin eri tarkoituksiin, eniten kuitenkin erilaisten leikkausten yhteydessä. Hiilidioksidia käytetään esimerkiksi laparoskopiassa eli vatsaontelon tähystysleikkauksessa, jossa lääkkeellisen hiilidioksidin käytön avulla kirurgi saa paremman näkökentän operoitavalle alueelle. Hiilidioksidin käyttö laparoskopiassa perustuu sen kykyyn laajentaa esimerkiksi vatsaontelon tilavuutta. Hiilidioksidia käytetään myös äkillisen kuulovaurion hoitoon. Hiilidioksidia annetaan tiiviin maskin kautta sisäänhengitysilmaan ja happeen lisättynä. Myös nestemäistä hiilidioksidia voidaan käyttää esimerkiksi

kryoterapian yhteydessä. Kiinteää hiilidioksidia, eli kuivajäätä käytetään sairaaloissa jäähdytystarkoitukseen kuljetettaessa erittäin lämpötilaherkkiä laboratorionäytteitä. [4, s. 9.]

3 Sairaalakaasujen syöttöjärjestelmät

3.1 Syöttölähteen määritelmä

Sairaalakaasujärjestelmillä tulee olla monta eri syöttölähdettä standardin SFS-EN ISO 7396-1 mukaisesti. TalotekniikkaRYL2002:ssa annetaan neuvoja ja vaatimuksia syöttölähteiden osalta ja järjestelmien toimintaa on havainnollistettu muutamalla selkeällä kaaviokuvalla. Sairaalakaasujärjestelmien syöttölähteitä tulee olla vähintään kolme. Syöttölähteet luokitellaan kolmeen eri ryhmään seuraavasti:

- ensisijainen syöttölähde
- toissijainen syöttölähde
- varasyöttölähde.

Syöttölähteet tulee määrittää niin, että standardin SFS-EN ISO 7396-1 mukaiset sairaalakaasujärjestelmän mitoitusvirtaamat saavutetaan kaikissa olosuhteissa sekä ensisijaisella-, toissijaisella- että varasyöttölähteellä. Mitoitusvirtaamassa sallitut poikkeukset määritetään kyseisen standardin SFS-EN ISO 7396-1 kohdassa 7.2. Syöttölähteiden mitoituksessa tulee huomioida myös kaasupullojen vaihtoväli. [15.]

Ensisijainen syöttölähde on järjestelmän pääsyöttölähde ja sen on oltava pysyvästi liitetty. Esimerkki ensisijaisesta syöttölähteestä on hapen nestesäiliöasema ja kaasukeskus. [15.]

Toissijaisen syöttölähteen tulee myös olla pysyvästi liitetty, ja sen tulee käynnistyä automaattisesti syöttämään kaasuputkistoa, jos ensisijaisen syöttölähteen toiminta keskeytyy. Esimerkki toissijaisesta syöttölähteestä on kaksipuolinen kaasukeskus, joka on varustettu automaattisella puolenvaihtajalla. Tämä tarkoittaa siis selvemmin sanottuna sitä, että kaasukeskuksen molemmiin puoliin on järjestelmään syötettävän kaasun kaasupullopatterit, joilla tarkoitetaan useasta esimerkiksi 12 kaasupullosta muodostuvaa

kaasupullojen kokonaisuutta. Käytettäessä kaksipuolista kaasukeskusta kyseisen kaasun putkistoa voidaan siis syöttää keskuksen molemmilta puolilta. [1, s. 14; 15.]

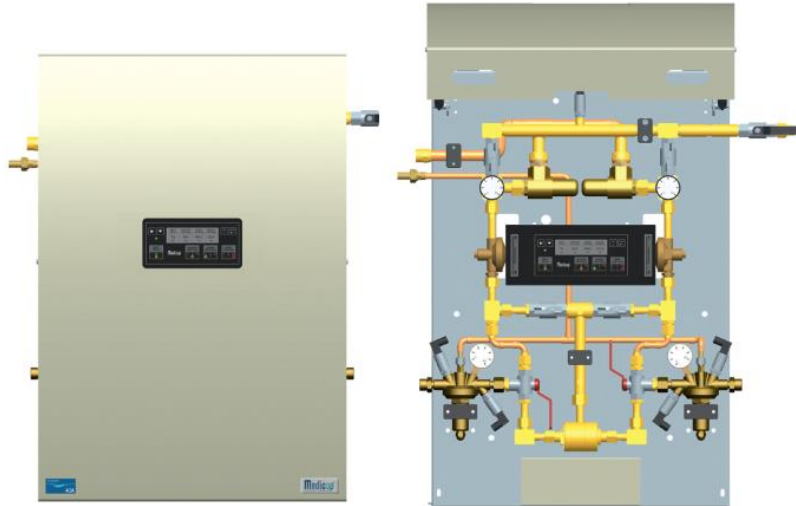
Varasyöttölähdettä käytetään, kun ensisijainen ja toissijainen syöttölähde ei ole käytävissä. Varasyöttölähteen tulee olla myös pysyvästi liitetty, mutta sen toiminta voi aktivoitua joko automaattisesti tai manuaalisesti. Huomionarvoista on se, että varasyöttölähteiden syöttökapasiteetin täytyy muidenkin syöttölähteiden mukaisesti riittää koko sairaalan tarpeisiin. Varasyöttölähteitä voi kuitenkin olla useita, alue tai osastokohtaisesti. Esimerkki varasyöttölähteestä on yksipuolinen kaasukeskus, jota syötetään pullopattereista. Toinen esimerkki varasyöttölähteestä on painevahtikaappiin sijoitettavat varakaasupullot. Kaasupullojen tulee olla aina varustettu ketjuvarmistuksella tai muulla kaatumisen estävällä tekniikalla, ja painevahtihuoneen ovi tulee varustaa kyltillä, jossa lukee esimerkiksi: ”Kaasupulloja, vietävä turvaan tulipalon uhatessa”. [1, s. 14; 15.]

Sairaalakaasujärjestelmä on varustettava useilla huoltosyöttöpisteillä. Käytännössä pikasulkukotelot ja etenkin painevahdit toimivat myös huoltosyöttöpisteinä, joiden kautta irtokaasupullojen kaasua voidaan huoltokatkojen aikana syöttää haluttuun verkoston osaan. Irtokaasupullojen säilytykseen olisi hyvä olla jokaisessa sairaalan kerroksessa omat asialliset varastonsa, joissa pullot ovat hyvässä järjestyksessä, esimerkiksi omissa telineissään tai ketjuvarmistuksen avulla pystyssä. [15.]

3.2 Kaasukeskus

Kaikkia sairaalakaasuja voidaan syöttää oman erillisen kaasukeskuksensa kautta. Kaasukeskuksia käytetään useimmiten kuitenkin hapen, ilokaasun sekä hiilidioksidin syöttölähteenä. Kaasukeskusta voidaan käyttää myös hengitysilman varasyöttölähteenä, jos ilmakompressoriyksikköjä on mahdollista asentaa vain kaksi kappaletta. Kaasukeskus kannattaa varustaa automaattisella puolenvaihtajalla, ja sen pitää olla kaksipuolinen, jolloin keskus voi toimia sekä ensi- että toissijaisena syöttölähteenä. Kaasukeskusta syötetään kaasupullopattereista, mutta hapen tapauksessa suurissa sairaalakohteissa nestesäiliöasema toimii pääsyöttölähteenä ja pullopattereita käytetään toissijaisena ja kolmantena syöttölähteenä. Nestesäiliöasemassa höyrystynyt hapen paineenvakauttamisäädin tulee olla ennen kaasukeskusta. Standardissa SFS-EN ISO 7396-1 on annettu ohjeita kaasukeskuksen kytkennöistä ja tarvittavista komponenteista. Lisäksi

kaasukeskusten toimittajat ovat kykeneviä opastamaan esimerkiksi kaasukeskukseen liitettävien virtausantureiden ja valvontajärjestelmien asennuksessa. Kaasukeskuksen kytkennät kannattaa esittää erillisessä kaaviossa. [15.]



Kuva 2. Kaasukeskus [16, s. 5.]

Kuvassa 2 on Linde Healthcaren kaasukeskus, joka on varustettu paineenvaihtelua seuraavalla valvontamoduulilla ja joka voidaan liittää kiinteistövalvontajärjestelmään. Kaasukeskuksia suunniteltaessa kannattaa olla yhteydessä keskusten valmistajiin, joilta tulee saada esimerkiksi kaasukeskuksen syöttökapasiteettitiedot. [16, s. 5.]

3.3 Ilmakompressorijärjestelmä

3.3.1 Ilmakompressorijärjestelmän pääkomponentit

Paineilmakompressoreita käytetään lääkkeellisen ilman ja instrumentti-ilman ensisijaisena syöttölähteenä. Ilmakompressorijärjestelmällä tuotetun lääkkeellisen ilman tulee täyttää taulukossa 1 esitellyt Euroopan farmakopean vaatimukset sekä standardissa SFS-EN ISO 7396-1 määritetyt vaatimukset. Lähtökohtaisesti myös instrumentti-ilman tulee täyttää kyseiset vaatimukset, ja useimmiten instrumentti-ilman syöttöjärjestelmä koostuukin täsmälleen samoista komponenteista, kuin lääkkeellisenkin ilman syöttöjärjestelmä. Paineilman syöttöjärjestelmän toimintaperiaate on yksinkertaistetusti se, että paineilmakompressori puristaa ilman korkeaan paineeseen. Tästä korkeapaineisesta ilmasta poistetaan kaikki kosteus ja ylimääräiset partikkelit kompressoriyksikköön

kuuluvalla kuivaimella ja paineilman puhdistusyksiköllä. Kompressoreiden käyntiä tasaataan varastointisäiliöillä, joiden koko tulee määritellä paineilmanverkoston kulutuksen ja kulutustyypin mukaisesti. Suurissa lääkkeellisen ja instrumentti-ilman verkostoissa paineilmakompressoreita tulisi olla aina vähintään kolme, jolloin kompressorin käyntiaikoja saadaan tasattua ja niiden käyttöikä on pidempi. Jos kompressoriyksikköjä on vain kaksi, tulee kolmantena syöttölähteenä olla pullopatteri. Kuvassa 3 on esitelty lääkkeellisen ilman syöttöjärjestelmän pääkomponentteja. [1, s. 15.]



Kuva 3. Lääkkeellisen ilman syöttöjärjestelmän pääkomponentit [17].

Ilmakompressorijärjestelmän toiminnan kannalta on oleellista huolehtia ilman kuivauksesta. Lääkkeellisen ja instrumentti-ilman järjestelmien tulee sisältää ilman kuivaukseen, suodatukseen, säätöön ja varastointiin liittyvät pääkomponentit, joita ovat

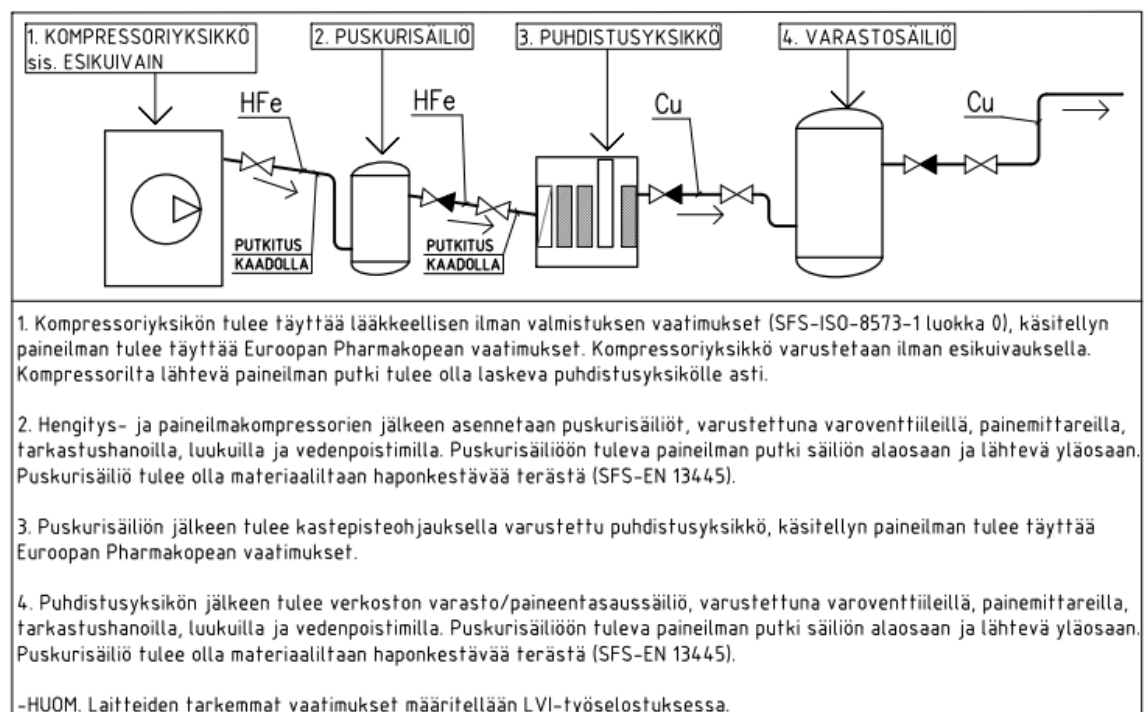
- paineilmakompressori
- puskurisäiliö
- ilmanpuhdistusyksikkö
- varasto/puhdasilmäsäiliö
- keskusohjausyksikkö.

Ilmakompressorijärjestelmiä suunniteltaessa tulee kiinnittää huomiota kompressorityyppiin ja määritellä suunnitelma-asiakirjoissa ilman laatuvaatimukset sekä kompressorin ja putkiston mitoituspainetasot. Kompressorin tyyppiä valitessa kannattaa olla yhteydessä laitevalmistajiin ja varmistaa valittavan kompressorin soveltuminen järjestelmän syöttölähteeksi. Yleensä lääkkeellisen ja instrumentti-ilman kompressorit ovat täysin öljyttömiä, ja kompressorivalmistajilla on omat erityisesti lääkkeellisen ilman tuottamiseen tarkoitetut kompressoriyksiköt, joita voidaan käyttää myös instrumentti-ilman tuottamiseen.

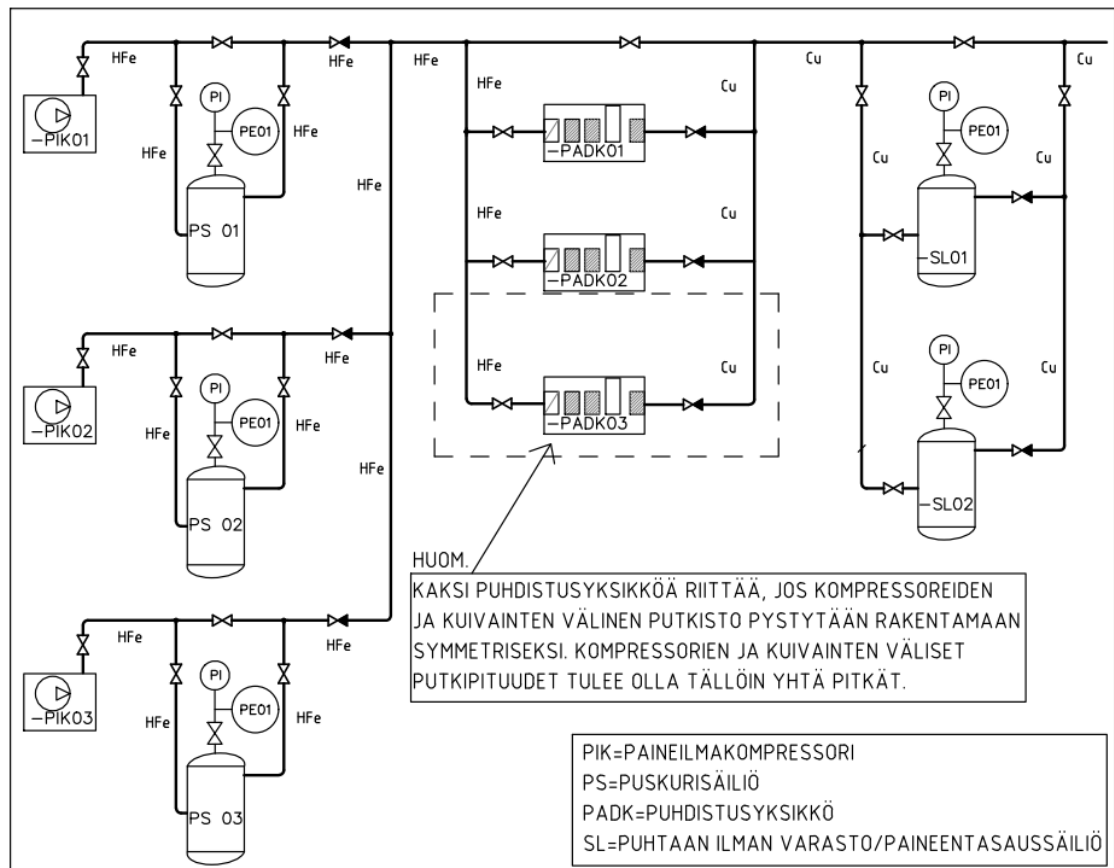
Samoilla kompressoreilla voidaan siis syöttää sekä lääkkeellisen ilman että instrumentti-ilman verkostoja, ja usein tämä onkin mitoituksellisesti järkevä vaihtoehto, koska käytettäessä yhteisiä kompressoreita selvittää kolmella kompressorilla, kuten kuvassa 5. Useamman verkoston syöttäminen samoilla kompressoreilla vähentää kompressoreiden lukumäärää, mikä vähentää niiden tilantarvetta. Syötettäessä useampaa verkostoa samoilla kompressoreilla, tulee kompressorit olla valittu puhtaimman verkoston mukaisesti. [15.]

3.3.2 Ilmakompressorijärjestelmän suunnitteluperiaatteita

Ilmakompressorijärjestelmän toiminnan kannalta yksi keskeisimmistä asioista on huolehtia paineilman veden poistosta ja puhtaudesta. Paineilmakompressori tulisi olla varustettu kuivaimella ja välittömästi jokaisen kompressorin jälkeen tulisi asentaa puskurisäiliö, kuten kaaviokuvissa 4 ja 5 on esitetty. Puskurisäiliö varustetaan myös automaattisella vedenpoistimella. Kuvassa 4 on yksinkertaistetusti esitetty ilmakompressorijärjestelmän laitteiden asennusjärjestystä paineilman virtaussuunnan mukaisesti. Tärkeää on asentaa putkisto laskevaksi aina puhdistusyksikölle asti. Ennen puhdistusyksikköä olevan putkimateriaalin tulisi olla haponkestävää terästä. [9.]

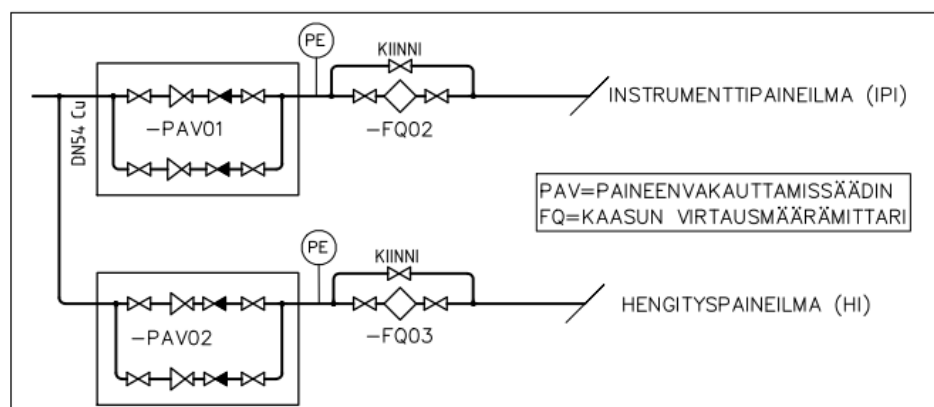


Kuva 4. Paineilmakeskuksen pääkomponentit ja putkistomateriaalit



Kuva 5. Ilmakompressorijärjestelmän komponentit ennen verkostopaineensäätimiä

Ilmakompressorijärjestelmän suunnittelussa ja asennuksessa kannattaa huomioida huollettavuus ja asentaa laitteet kaaviokuvien 5 ja 6 tapaan, varustettuna riittävällä määrällä sulkuventtiilejä. Jokaisen eri paineisen verkoston paine säädetään haluttuun arvoon verkostopaineensäätimillä, jotka tulisi asentaa siten, ettei toisen verkoston paineenvakauttamissäätimen irrottaminen vaikuta käytössä oleviin verkostoihin. [15.]



Kuva 6. Verkostojen paineensäätimien kytkentäkuva

3.3.3 Ilmakompressorikeskuksen putkisto

Paineilma- ja hengitysilma-keskuksen putkien materiaaliin ja asennustapaan tulee kiinnittää erityistä huomiota, etenkin putkisto-osuuteen ennen puhdistusyksikköä. Ennen puhdistusyksikköä olevassa putkistossa esiintyy aina väistämättä jonkin verran kosteutta, joka tulee ehdottomasti huomioida tilan putkiston suunnittelussa ja asennuksessa. Puhdistusyksikköä ennen olevan putkiston tulisi olla laadultaan haponkestävää terästä. Kompressorin ja puhdistusyksikön välinen putkisto-osuus tulee asentaa mahdollisimman suoraviivaisesti, välttämättä turhia mutkia. Putkisto tulee myös kannakoida huolellisesti, jotta putkistoon ei pääse syntymään minkäänlaisia vesipusseja. Tärkein putkiston asennuksessa huomioitava asia on sen kallistus; kompressorin ja puhdistusyksikön välinen putkisto-osuus tulisi asentaa kuvan 4 mukaisesti kauttaaltaan laskevaan paineilman virtaussuunnan mukaisesti. Tämä tarkoittaa siis sitä, että putkiston tulee olla laskeva kompressorilta puhdistusyksikölle päin. [9; 18.]

3.4 Hapen nestesäiliöasema

Kuten luvussa 2.6 todettiin, happea voidaan varastoida huomattavasti suurempi määrä nestemäisessä kuin kaasumaisessa olomuodossa. Kryogeenisesti tuotetun nestemäisen hapen varastointi- ja syöttöjärjestelmä tulee kyseeseen, kun sairaalan happiverkoston kulutus on suuri. Nestesäiliöasema on pullopattereita parempi syöttölähde kaikissa isommissa terveydenhuollon kohteissa, joissa hapen kulutus on suurta. Järjestelmän toiminta perustuu varastoitavan nestemäisen hapen muuttamiseen kaasumaiseksi höyrystimen avulla. Nestesäiliöasema sijoitetaan rakennuksen ulkopuolelle, ja sen sijoittamisesta laaditaan suunnitelma. Säiliöaseman tulee olla sellaisessa paikassa, että säiliöaseman täyttörekka pääsee sen lähelle helposti ja turvallisesti. Nestemäisen kaasun säiliön tulee olla painelainsäädännön mukainen, ja sille tulee nimetä käytön valvoja. Kuvassa 7 on hapen nestesäiliöasema, jossa etualalla on höyrystinyksiköt, ja taaempana nestemäisen hapen varastosäiliö. [1, s. 17.]



Kuva 7. Hapen nestesäiliöasema ja kaksi rinnakkaista höyrystintä [19].

TalotekniikkaRYL2002:n mukaisesti nestesäiliöaseman säiliön tulee olla rakennettu kak-sivaippaiseksi, niin että välitila toimii lämmöneristyksenä. Säiliön materiaalin tulee olla olosuhteisiin soveltuva, jolloin sisäsäiliön materiaalina käytetään alhaisiin lämpötiloihin soveltuvaa ruostumatonta terästä ja ulkovaippa tehdään kaasutiiviistä teräksestä. Nestesäiliöaseman toiminnan kannalta välttämättömät komponentit ovat Talotekniikka RYL2002:ssa mainitut

- käyttö- ja täyttöventtiilit
- paineensäätimet
- varolaitteet
- paine- ja määrämittarit
- nestepinnan alarajahälytys
- höyrystyspatteri [20, s. 211.]

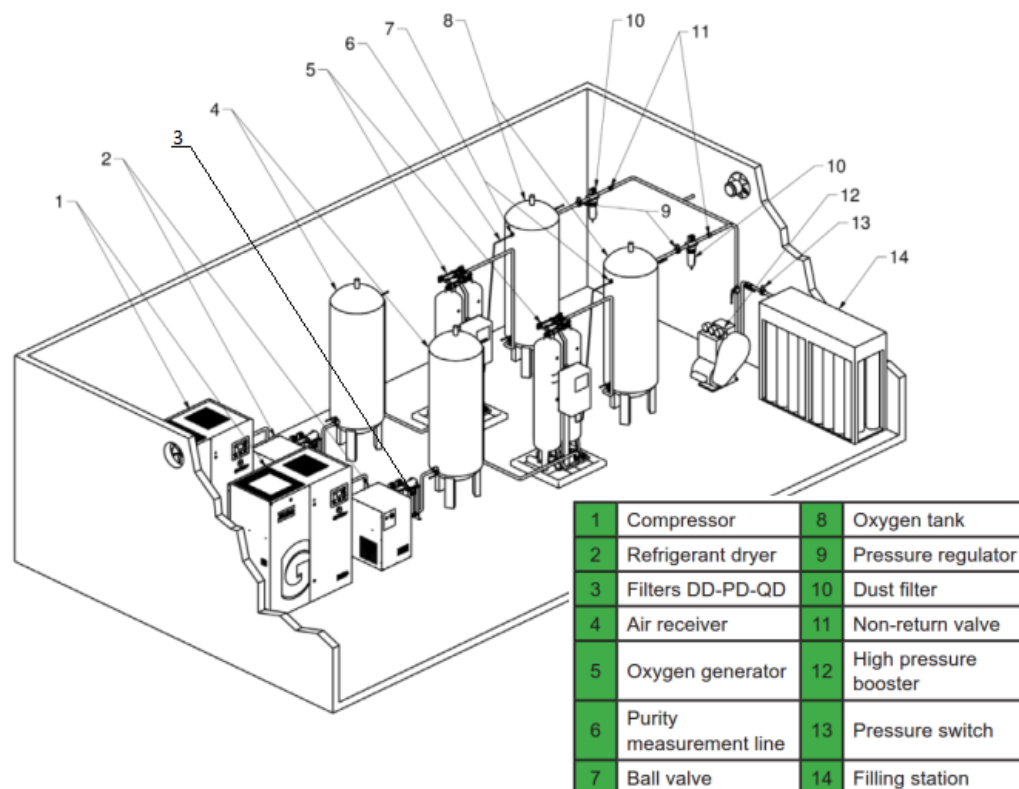
Hapen nestesäiliön koko mitoitetaan niin, että sen vaihtoväli on noin 1–4 viikkoa. Säiliötä mitoitettaessa tulisi olla tieto hapen kulutuksesta vuositasolla, tai vähintäänkin hyvä arvio sairaalan hapen kulutuksesta vuositasolla. Nestemäisen hapen toimittajat Oy AGA Ab (Linde Group) ja Oy Woikoski Ab suosittelevat nestemäisen kaasun säiliöiden käyttöä, kun sairaalan hapen vuosikulutus on yli 10 000 m³ [21; 1, s. 13]. Tätä pienemmällä

kulutuksella kannattaa käyttää kaasupullopatteita. Tämän työn ohessa lähetettiin kysely eri sairaanhoitopiireille erityisesti hapen kulutukseen liittyen. Kyselyn tuloksia käsitellään luvussa 6.2.1. [1, s. 17.]

3.5 Happirikastinjärjestelmä

Happirikastinjärjestelmällä tuotettavan lääkkeellisen hapen käyttö on ollut Suomessa sallittua vuodesta 2013 lähtien. Happirikastinjärjestelmällä tuotetaan lääkkeellistä happea, jonka puhtauspitoisuus on 93 % \pm 3 %. Hapen tulee täyttää taulukossa 1 esitellyt laatuvaatimukset, ja hapen laadun varmistamiseksi tulee järjestelmä varustaa jatkuvalla happipitoisuusmittauksella. Jos järjestelmän tuottaman hapen pitoisuus ei täytä vaatimuksia, tulee automaatiojärjestelmän pysäyttää syöttölähteen toiminta. Happirikastinjärjestelmällä happea tuotetaan erottamalla se ilmasta PSA-tekniikan avulla. Kaasumaisessa olomuodossa oleva lääkkeellinen happi varastoidaan kuvassa 8, numerolla 8 merkityllä varastosäiliöllä, jolla myös tasataan happiverkoston paineenvaihteluita. [1, s. 18.]

Typical Duplex Installation With Booster And Filling Ramp



Kuva 8. Kaksipuolinen happigeneraattorijärjestelmä varustettuna pulloituslaitteistolla [22, s. 5].

Standardissa SFS-EN ISO 7396 on annettu ohjeita ja vaatimuksia happirikastinjärjestelmän toteuttamisesta. Jos kuvan 8 kaltainen kahdella kompressorisyksiköllä varustettu happirikastinjärjestelmä varustetaan pulloituslaitteistolla, se voi toimia sekä ensisijaisena, toissijaisena että varasyöttölähteenä. Yhden happirikastinyksikön tulee kyetä tuottamaan aina tarvittava virtaama, ja kahdella yksiköllä varustetun happirikastinjärjestelmän käyntiaikoja vuorotellaan automaation avulla. Ensisijainen- ja toissijainen syöttölähde on happirikastinjärjestelmä, ja varasyöttölähde on kaksipuolinen automaattisella puolenvaihtajalla varustettu pullokaasukeskus, jossa kaasupullot on täytetty happirikastinjärjestelmällä tehdyllä lääkkeellisellä hapella. Kaasupullojen täyttöä varten on oltava oma pulloituslaitteisto, jossa juuri tähän tarkoitukseen valmistettu korkeapainekompressorin puristaa lääkkeellisen hapen kaasupullojen vaatimaan korkeaan paineeseen. Koska tämän hapen pullottaminen korkeapainekompressorin avulla on mahdollista, herääkin kysymys, miksei myös lääkkeellistä ilmaa tai instrumentti-ilmaa voitaisi pullottaa sairaalan ilma-kompressorikeskukseen liitettävällä korkeapainekompressorilla. [15.]

3.6 Hapen nestesäiliöaseman ja happirikastinjärjestelmän eroavaisuudet

Lääkkeellisen hapen syöttölähteenä on suomalaisissa terveydenhoidon laitoksissa käytetty lähes yksinomaan nestesäiliöasemia. Nestesäiliöaseman hyvä puoli on sen tietynlainen helppous, koska kaasuntoimittaja vastaa laajalti kaikesta syöttöjärjestelmän toiminnasta. Tällä on kuitenkin kääntöpuolensa, sillä nestemäiset säiliöasemat ovat käyttökustannuksiltaan kalliimpia kuin happirikastinjärjestelmät. Käytettäessä nestemäisen hapen säiliöasemia syöttölähteenä, on sairaala myös täysin riippuvainen hapen toimittajan toimituksista ja hinnoittelusta. [12; 23.]

Happirikastinjärjestelmän etuna on sen halvempi käyttökustannushinta ja riippumattomuus kaasuntoimittajan toimituksista. Järjestelmän käyttökustannukset muodostuvat lähes pelkästään kompressorien käyttämän sähkön hinnasta. Kuvan 8 kaltainen happirikastinjärjestelmä pystyy toimimaan sekä ensisijaisena-, toissijaisena- että varasyöttölähteenä. Haittapuolena näissä generoidun hapen järjestelmissä on se, ettei niiden toteutuksesta ole vielä Suomessa kokemusta. Happirikastinjärjestelmiin tarkempi perehtyminen voisikin olla hyvä oma erillinen aiheensa jollekin opinnäytetyölle tai muulle tutkimukselle, jotta tätä kustannustehokkaampaa ja ekologisempaa hapen tuotantotapaa saataisiin otettua käyttöön. [12; 23.]

4 Sairaalakaasujen jakeluputkisto ja kaasunjakelulaitteet

4.1 Kaasuputkistot

4.1.1 Putkiston materiaali ja merkintä

Sairaalakaasuputkiston materiaalina on käytettävä niin sanottua Medical-laadun kupari-putkea, jonka tulee täyttää standardissa SFS-EN 13348 asetetut vaatimukset. Sairaalakaasuputkistoa rakennettaessa tulee huomioida ainakin seuraavat asiat:

- Putkisto on laadultaan standardin SFS-EN 13348 mukainen.
- Putkiston etäisyys sähköjohdoista on riittävä, vähintään 50 mm.
- Putkiliitokset kovajuotetaan (Cu) tai hitsataan (rst).
- Putkiliitosten tekemisen aikana käytetään suojakaasua.
- Putkiston merkintä on standardin SFS-EN ISO 7396-1 mukainen.

Ristikytkentöjen välttämiseksi sairaalakaasuputkistot tulee merkitä ja merkinnöistä tulee ilmetä mitä kaasua minkäkin putken sisällä on. Kuvassa 9 näkyy sairaalakaasuputkistoa asennustyön ollessa vielä kesken. Kuvasta voidaan havainnoida, kuinka tärkeää putkiston huolellinen ja asianmukainen merkkäminen todellisuudessa on. [24.]



Kuva 9. Sairaalakaasuputkistoa ja pikasulkukoteloita asennuksen ollessa vielä kesken [19].

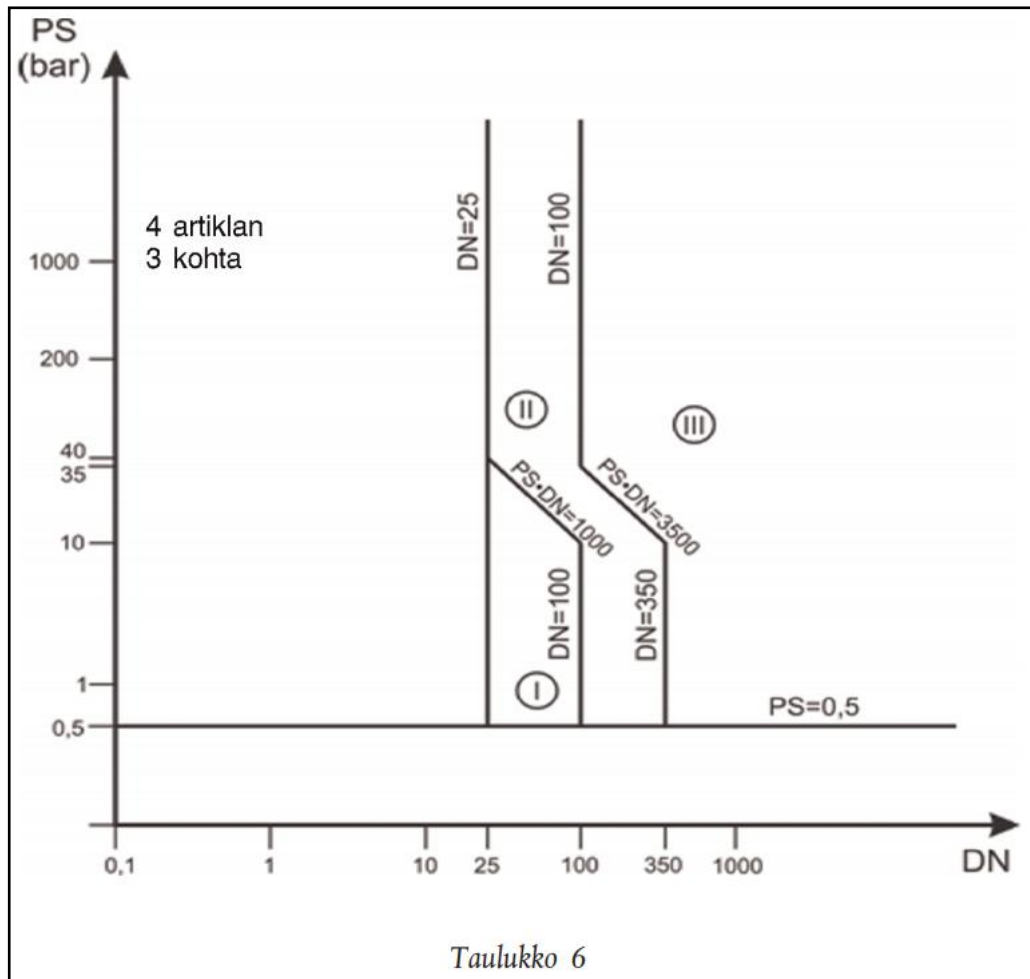
Sairaalakaasujärjestelmien verkosto voi olla joko suora- tai rengasverkosto. Käytännössä tästä asiasta voidaan todeta, että suuret verkostot kannattaa ehdottomasti tehdä rengasverkostoiksi ja pienemmät suoriksi verkostoiksi. Suurissa sairaaloissa rengasverkosto on suoraa verkostoa parempi sen muuntojoustavuuden ja käyttövarmuuden vuoksi, ja lisäksi rengasverkoston painevaihtelut ovat pienemmät. Rengasverkoston tilavuus on usein myös suurempi, mistä ei paineilmajärjestelmän osalta ole haittaa. Suurempi verkoston tilavuus tasaa kulutushuipuista aiheutuvia painevaihteluita sekä pidentää paineilmakompressoreiden elinikää, kun kompressoreiden käyntijaksot saadaan optimoitua paremmin. Etenkin paineilmaverkostoa mitoitettaessa ei verkoston ylimitoituksesta ole haittaa. [1, s. 28.]

4.1.2 Putkiston luokitus ja painelaitedirektiivi

Sairaalakaasuputkisto tulee sijoittaa muuntojoustavuus sekä putkiston ylläpito ja tarkastus huomioiden. Putkiston tarkastuskriteerit määräytyvät putkiston luokituksen mukaisesti, ja jokaisen kaasulajin putkisto on oma järjestelmänsä. Putkiston luokitus perustuu painelaitelainsäädäntöön ja määräyksiin putkisisällön ryhmien 1 ja 2 mukaisesti. Painelaitelainsäädännössä viitataan painelaitedirektiiviin, jossa määritellään painesäiliöiden ja putkistojen luokitukset. Kaikkien paineistettujen kaasujen suunnittelijoiden tulee perehtyä painelaitedirektiiviin, ja erityisesti on tunnettava painelaitteiden ja paineenalaisen putkiston luokitusrajat sekä kaasujen ryhmät, kuten luvussa 2.2 mainittiin.

Kuvassa 10 esitetään painelaitedirektiivin liitteen 2 taulukko 6. Direktiivin liitteen 2 taulukkojen perusteella määritellään putkistojen- ja säiliöiden vaatimustenmukaisuus ja taulukoissa

- PS on putkiston suurin sallittu käyttöpaine (bar)
- DN on putkiston nimelliskoko
- V on ominaistilavuus. [25.]



Kuva 10. Painelaitteen luokituskuva: putkisto, jossa on vaaralliseksi luokitellun ryhmän 1 kaasusisältö [25, s. 55].

Taulukkoa luetaan niin, että rajaviivat osoittavat aina luokan ylärajan, ja taulukosta luetaan luokka, johon putkisto tai säiliö kuuluu. Luokan perusteella määräytyy noudatettava moduuli, joka valikoituu kuvan 11 mukaisesti. Painelaitteiden vaatimustenmukaisuuden arviointimenettely esitetään moduulien mukaisesti direktiivin liitteessä 3. [25, s. 57.]

I. Moduulien eri luokkien viitenumerot taulukoissa ovat seuraavat:

I	=	moduuli A
II	=	moduuli A2, D1, E1
III	=	moduuli B (suunnittelutyyppi) + D, B (suunnittelutyyppi) + F, B (tuotantotyyppi) + E, B (tuotantotyyppi) + C2, H
IV	=	moduuli B (tuotantotyyppi) + D, B (tuotantotyyppi) + F, G, H1

Kuva 11. Luokat ja moduulit [25, s. 52].

Sairaalakaasuoppaaseen on koottu sairaalakaasujärjestelmien kannalta oleelliset painelaitteiden luokitustaulukot. Samat taulukot ovat lisäksi painelaitedirektiivin liitteessä 2, jonka taulukoista sairaalakaasujärjestelmiä koskevat taulukot 1, 2, 6 ja 7. Painelaitteiden vaatimustenmukaisesta valmistuksesta kiinnostuvien kannattaa tutustua Heikki Lahdelman insinööriyöhön: ”Painelaitteen vaatimustenmukainen valmistaminen”, johon on koottu keskeisiä painelaitteistoa koskevia lainsäädännöllisiä asioita johdonmukaiseen ja käytännölliseen muotoon [26].

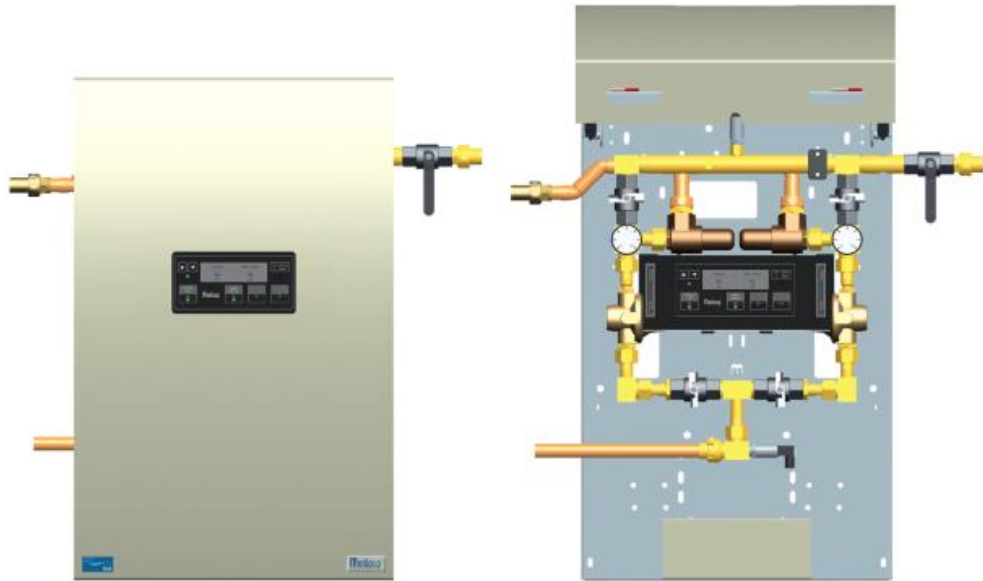
4.2 Kaasunjakelulaitteet ja komponentit

4.2.1 Vakauttamissäädin

Vakauttamissäädin säätää eri kaasujen verkoston syöttöpaineen halutuksi ja huolehtii paineen pysymisestä sallituissa rajoissa. Vakauttamissäädin tulee merkitä asianmukaisesti, kuten TalotekniikkaRYL2002 osassa 1 määritellään:

Kotelon ovi varustetaan kilvellä, josta ilmenevät kaasujen tyypit, vakaussäätimen vaikutusalue sekä käyttöohje.

Vakauttamissäätimen tulee olla TalotekniikkaRYL2002, osan 1 mukainen, eli kaksipuolinen. Molempien puolien putket tulee varustaa sulkuventtiileillä painesäätimen molemmin puolin, toisen puolen sulkeminen esimerkiksi huollon ajaksi ei saa häiritä käytössä olevan toisen puolen säätimen toimintaa. Kaksipuolisen vakauttamissäätimen molemmille puolille tulee olla omat varoventtiilinsä sekä putkistopaineen ala- ja ylärajahälytykset. Huomion arvoista on se, että varoventtiilistä tulee lähteä tyhjennysputki rakennuksen ulkopuolelle, jos virtaavana kaasuna on jokin muu kuin ilma. [20, s. 207, 213.]



Kuva 12. Vakauttamissäädin kotelon kanssa ja ilman [16, s. 11].

Vakauttamissäätimeen kuuluu integroitu valvontamoduuli, joka valvoo kaasun painevaihtelua. Kuvan 12 vakauttamissäädin on varustettu digitaalisella näytöllä, ja siihen on myös mahdollista, ja jopa suositeltavaa liittää virtausanturi, jonka avulla saadaan kaasun kulutustietoa. Kyseinen kuvan 12 vakauttamissäädin on myös liitettävissä kiinteistövalvontajärjestelmään, mikä on hyvä tapa koota tärkeä tieto yhteen paikkaan. [16, s. 11.]

4.2.2 Painevahti

Painevahdin tehtävänä on valvoa kaasuverkoston painetta, ja antaa liian suuresta paineen vaihtelusta hälytys. Painevahteja sijoitetaan tyypillisesti osastokohtaisesti esimerkiksi leikkaussalien, synnytysosastojen, tehohoito-osastojen ja joidenkin toimenpideosastojen yhteyteen. Painevahdeista on tärkeä muistaa, että kaikki osastot, joissa käytetään ilokaasua, tulee varustaa painevahdilla. Painevahdin tulee valvoa ja säätää ilokaasun ja hapen välistä paine-eroa. Ilokaasun paine ei saa koskaan nousta yli 80 %:iin hapen paineesta. [1, s. 24.]

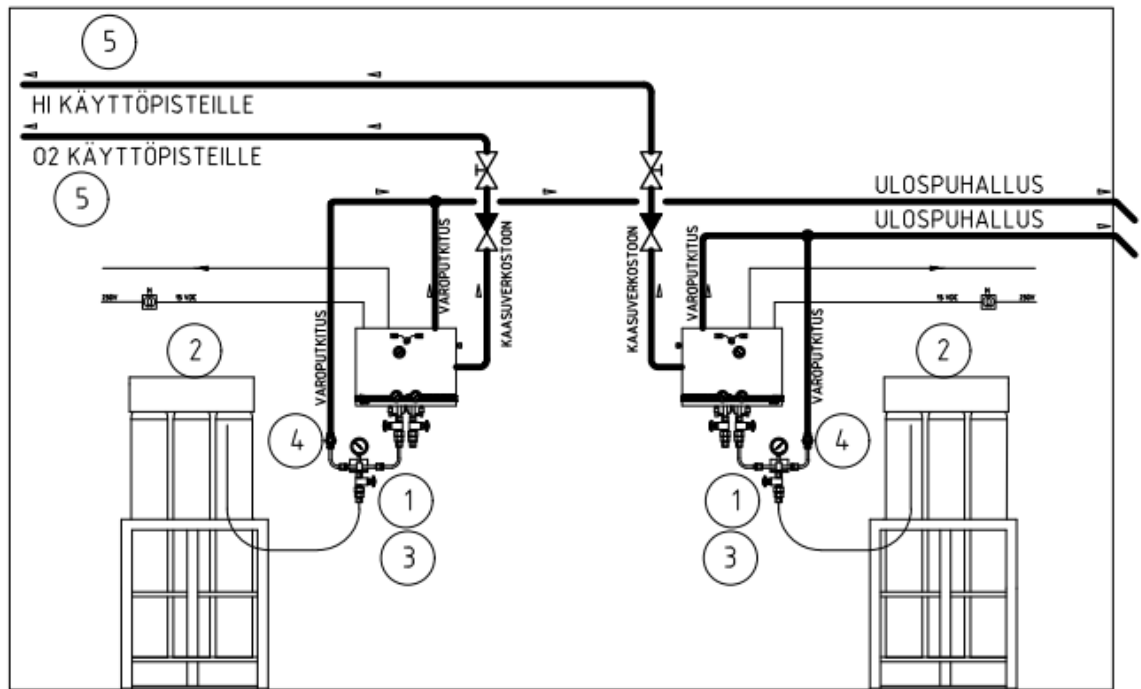


Kuva 13. Avattu painevahti viidelle kaasulle [19].

Kuvassa 13 on painevahti viidelle kaasulle. Vasemmalla puolella kuvassa on havaittavissa ilokaasun käyttöpainetta säättävä paineensäädin, jota myös joskus kutsutaan orjaventtiiliksi. Painevahdin yhteyteen sijoitetaan myös osastokohtaiset varakaasupullot ja kuvan 14 kaltaiset varasyöttökeskukset, joista voidaan syöttää kaasua painevahdin palvelemalle alueelle, jos kaasunjakelujärjestelmässä on häiriöitä tai katkoksia. Painevah-teja valitessa tulee kiinnittää huomiota niiden teknisiin ominaisuuksiin, esimerkiksi

- normaaliin syöttökapasiteettiin
- varasyöttökapasiteettiin
- liitäntäputkien kokoon
- painehäviöön. [27.]

Painevahlien painehäviöt ilmoitetaan useasti maksimisyöttökapasiteetin mukaan, joka hyvin harvoin täsmää osaston mitoitusvirtaaman kanssa. Sairaalakaasusuunnittelijan tulee siis arvioida todellisuuden mukainen painevahdissa tapahtuva painehäviö kullekin kaasulle, jos tarkempaa tietoa ei ole saatavilla. [27; 1, s. 24.]



VARASYÖTTÖKESKUKSET:
 HI HENGITYSPAINEILMA
 O2 HAPPI

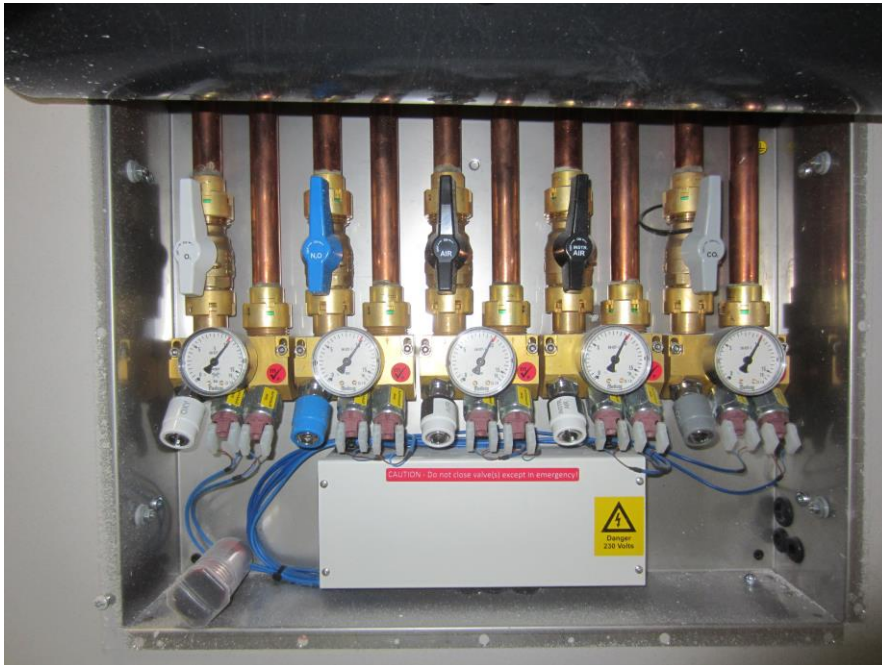
1. AUTOMAATTINEN 1-PUOLINEN KAASUKESKUS
2. VARAPULLOT: HAPPI 3 VARAPULLOJA, HENGITYSPAINEILMA 3 VARAPULLOJA
3. HÄLYTYSYKSIKKÖ
4. VAROVENTTIILI
5. 0,4MPa; SYÖTTÖ SAIRAALAN KÄYTTÖPISTEILLE

Kuva 14. Automaattisen varasyöttökeskusten periaatekuva

Painevahtia ja varasyöttökeskuksia varten tulee olla oma riittävän kokoinen tila, mahdollisimman lähellä painevahdin palvelemaa osastoa. Painevahtihuoneet on hyvä varustaa niin sanotuilla vaikutusaluekartoilla, joista selviää, mitä tiloja painevahti palvelee. [1, s. 24.] Varasyöttökeskus tulee varustaa varoventtiilillä, jonka ulospuhallusputki tulee johtaa rakennuksen ulkopuolelle, jos kaasuna on jokin muu kuin ilma. Ulospuhallusputki taivutetaan rakennuksen ulkopuolella noin 30°:n kulmaan, kuvan 14 mukaisesti. Varasyöttö voi olla joko manuaalinen tai mieluummin automaattinen.

4.2.3 Pikasulkukotelo

Pikasulkukoteloita käytetään kaikilla sairaalan alueilla, ja niitä on saatavilla 1–5 kaasulle. Pikasulkukotelon tehtävänä on parantaa sairaalakaasujen huollettavuutta, minkä vuoksi kotelon sisällä on kuvan 15 kaltaiset kaasukohtaiset sulkuventtiilit ja painemittarit. [28.]



Kuva 15. Avattu pikasulkukotelo viidelle kaasulle [19].

Pikasulkukotelon tarkoitus on myös toimia varasyöttönä, ja jokaista kaasua voidaan syöttää pikasulkukotelon kaasukohtaisten varasyöttöpisteiden kautta. Pikasulkukotelossa on myös kaasukohtaiset painekeytkimet. Pikasulkukoteloita valittaessa tulee kiinnittää huomiota samoihin asioihin, kuten painevahtejakin, eli syöttökapasiteetteihin, painehäviöihin ja liitäntäputkien kokoihin. Tärkeää on merkitä pikasulkukotelon yhteyteen sen palvelema alue tai liittää esimerkiksi vaikutusaluekartta [1, s. 25]. Hyvä tapa on varustaa pikasulkukotelo kaksin anturein, jolloin suora hälytys on mahdollista saada osaston kanslian lisäksi valvonta-alakeskukseen. [28.]

4.2.4 Venttiilit

Sairaalakaasuputkiston venttiilien asennuksessa on syytä huomioida niiden käytettävyys. Venttiilien tulee täyttää standardin SFS EN ISO 7396-1 mukaiset vaatimukset. Yleensä sulkuventtiileinä käytetään nikkeliöidystä messingistä valmistettuja

kuulaventtiilejä, jotka on varustettu juotosliitântäkappaleilla ja tarvittavilla tiivisteillä. Sulkuventtiilejä tulee asentaa sairaalakaasuputkistoon riittävästi, putkiston huolto ja käyttö huomioiden, esimerkiksi kaikkiin runkoputkistosta haarautuviin putkiin, kattokeskukseen liittyviin putkiin ja seinäkouruihin liittyviin putkiin tulee asentaa sulkuventtiilit. Ennen kaikkea venttiilien tulee olla helposti käytettävissä sekä oikein merkitty. Kuvassa 16 ovat käyttökorkeuteen asennetut kerroskohtaiset pääsulkuventtiilit avattavassa tekniikkakuilussa. [15; 14, s. 31.]



Kuva 16. Kerroskohtaiset pääsulkuventtiilit tekniikkakuilussa [19].

Sulkuventtiilien lisäksi toisinaan joudutaan myös käyttämään takaiskuventtiilejä ja paineenalennusventtiilejä, lähinnä kattokeskusten kaasujarrujen ja paineilmatoimisten imuejektorien vuoksi. Jos kaasujarrujen paineilma haaroitetaan hengitysilman putkesta, tulee putkeen ehdottomasti asentaa takaiskuventtiili. Kuitenkin kuten luvussa 2.4.2 mainittiin, kannattaa 5 bar:n instrumentti-ilma toteuttaa omana verkostonaan, varsinkin jos kattokeskuksia ja imuejektorikaasunpoistopisteitä on suuri määrä. [9.]

4.2.5 Kaasunottopisteet ja-venttiilit

Kaasunottoventtiilien tulee täyttää standardin SFS EN ISO 9170-1 määräykset [29]. Kaasunottoventtiilien rakenne on sillä tavalla erilainen eri kaasuilla, että eri kaasujen letkuja ei voi liittää väärään kaasunottopisteeseen. Jokaisella kaasulla on siis omanlaisensa kierteet sekä kaasupisteessä että siihen kytkettävässä letkussa tai laitteessa. Kaasunottoventtiiliin tulee olla tyypiltään itsestään sulkeutuva, jolloin kaasun virtaus lakkaa automaattisesti, kun venttiili sulkeutuu tai letku/laite irrotetaan. [16, s. 33.] Kaasunottoventtiilien asennusjärjestys seinäkouruissa on TalotekniikkaRYL2002:n mukainen, ja järjestys vasemmalta oikealle tai ylhäältä alaspäin on seuraava [20, s. 214.]:

- happi
- dityppioksidi eli ilokaasu
- hengitysilma
- kaasunpoisto
- instrumentti-ilma
- instrumenttityppi
- hiilidioksidi
- happi/ilokaasuseos.

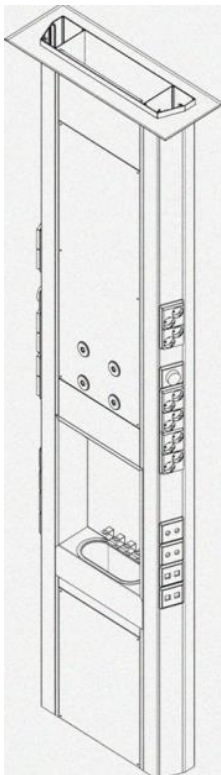
4.2.5.1 Kaasupisteet seinällä ja dialyysipilarissa

Seinäkaasupisteitä käytetään lähes kaikenlaisissa sairaalan hoitotiloissa. Vuodeosastoilla ja heräämöissä on tyypillisesti vain seinäkaasupisteitä, kun taas leikkaussaleissa ja tehohoitopaikoilla seinäkaasupisteitä käytetään lähinnä varakaasupisteinä, ensisijaisesti käytettävien kaasupisteiden ollessa kattokeskuksissa. Kuvassa 17 ovat seinälle asennetut kaasupisteet melko tavanomaisessa johtokanavassa. Seinäkouruissa on tärkeää, ettei kouru sisällä mitään kaasuputkien tai kaasunottopisteiden asentamista haittaavia ulokkeita. On myös moduuliratkaisuja, kuten erilaiset tehdasasenteiset seinäkourut ja potilaspaneelit. Näihin moduuleihin kuuluvat tyypillisesti kaikki sähköpisteet johdotuksineen ja kaasupisteet putkituksineen. Roilotettavia uppoasennuksia tulee välttää niiden huonon muuntojoustavuuden vuoksi. [9.]



Kuva 17. Kaasupisteet seinäkourussa [19].

Seinäkaasupisteiden ja kaasukourujen sijoittelussa tulee kiinnittää huomiota kaasupisteiden ja sähköpisteiden väliseen etäisyyteen sekä kaasupisteiden käytettävyyteen. Kaasuputket tulisi asentaa omaan johtokanavaansa, ja kaasupisteiden etäisyyden sähköpisteistä tulee olla vähintään 200 mm, minkä lisäksi kaasuputkien tulee olla aina sähköpisteiden alapuolella. Kaasukourun korkeuden tulee olla hoitotilanteen mukaan sopiva, ja kourujen paikat sovitaan yhdessä tilojen käyttäjien kanssa. Yleensä vaakamallisten kaasukourujen korkeus on noin 1200–1500 mm lattiapinnasta kaasupisteen keskelle mitattuna. Käytettäessä kuvan 17 kaltaisia erillisiä johtokanavia kaasuputkille ja sähköjohdoille kannattaa harkita johtokanavien välissä olevan osuuden koteloidimista umpeen, jolloin seinällä on vähemmän pölyttyviä pintoja ja ratkaisu on hygieenisempi. Vaihtoehtoisesti voidaan käyttää myös leveämpiä kouruja, joilla etäisyysvaatimus 200 mm täyttyy. [1, s. 11.]



Kuva 18. Dialyysipilari [30].

Tehohoitopaikat varustetaan usein seinälle tai huoneen nurkkaan asennettavalla dialyysipilarilla, johon kuuluvat myös sairaalakaasupisteet, jotka sijaitsevat kuvassa 18 pilarin keskiosassa. Ennen pilarin liittymistä tulee kaasuputkiin asentaa sulkuventtiilit, ja sama koskee myös dialyysipilarin vesiputkia. Kaiken kaikkiaan dialyysipilariin voidaan liittää sähkö-, heikkovirta-, kaasu-, konsentraatti-, dialyysivesi- ja viemärijärjestelmät. [30; 31.]

4.2.5.2 Kaasupisteet kattokeskuksissa

Kattokeskuksia käytetään yleisesti leikkaussaleissa ja tehohoitopaikoilla, sillä ne takaavat tiloihin optimaaliset työskentelyolosuhteet. Kattokeskukset varustetaan kyseiseen tilaan tarpeenmukaisilla sähkö-, sairaalakaasu- ja tiedonsiirtoliitännöillä. Kattokeskusten, kuten myös dialyysipilareiden ja muiden kiinteiden sairaalalaitteiden suunnittelu kuuluu KSL-suunnittelijan työtehtäviin. Sairaalakaasusuunnitelmissa tulee määrittellä tarkasti urakkarajat sairaalakaasujärjestelmien osalta kattokeskuksiin liittyen sekä kaasupisteiden lukumäärä kattokeskuksessa. Kuvassa 19 on erilaisia kattokeskuksia ja kuvassa 20 sairaalakaasupisteitä kattokeskuksen varressa. [32; 33.]

Useat kattokeskukset ovat nykyään liikuteltavaa mallia ja käyttävät paineilmaa jarrujen lukituksessa. Sairaalakaasusuunnittelijan tulee huomioida tämä asia suunnitelmissaan.



Kuva 19. Erilaisia kattokeskusmoduuleja [34, s. 44].

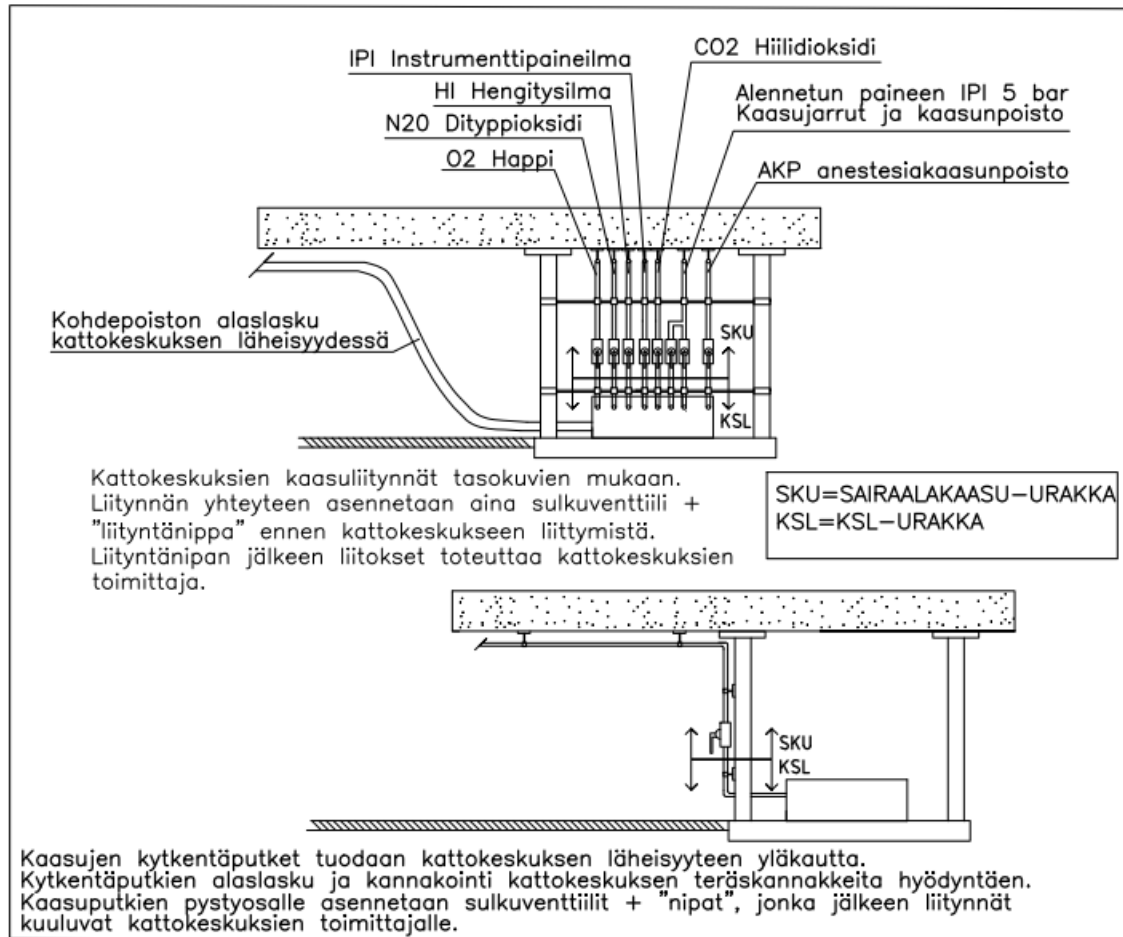


Kuva 20. Kattokeskuksen kaasupisteitä [17].

4.2.5.3 Urakkarajat liityttäessä tehdasvalmisteisiin moduuleihin

Sairaalakaasusuunnittelijan tulee määrittää tarkkaan urakkarajat liityttäessä esimerkiksi tehdasvalmisteisiin kaasukouruihin tai kattokeskuksiin. Yksi esimerkki urakkarajoista on kuvan 21 kaltainen, jossa sairaalakaasu-urakoitsijan asennusvastuun rajana ovat kaasuputkiston päähän asennettavat liittimet, jolloin kattokeskusten kytkentä kuuluu

kattokeskustoimittajan vastuulle. Urakkarajoista ei voi kuitenkaan tehdä yleispätevää määritelmää, vaan urakkarajat tulee määrittellä kohteen erityisvaatimusten mukaisesti. [1, s. 10.]



Kuva 21. Esimerkki urakkarajojen määrittämisestä kattokeskuksiin liityttäessä

Alakattokorkeuden ollessa hyvin runsas voidaan harkita kuvan 21 kaltaista kaasuputkien kannakointia, jolloin vältetään yli metrin mittaisten kierretankojen virittelyltä eivätkä kaasuputket ole pitkien kierretankojen päässä vaikeuttamassa muun talotekniikan asentamista. Kaasuputkiston asennuksessa tulee kuitenkin huomioida aina muuntojoustavuus, ja tilan putkiston täytyy olla tarvittaessa muunneltavissa. Kattokeskukseen tulevista pystykytkentäputkista voidaan helposti ottaa haarat mahdollisia laajennuksia tai muutoksia varten. Jos kuitenkin sairaalan kerroskorkeus on matala, ei kuvan 21 kaltaista kannakointia voida hyödyntää, vaan putkisto kannattaa tällöin asentaa alemmaksi, usein muun talotekniikan alapuolelle. [35.]

5 Sairaalakaasujärjestelmien suunnittelun lähtökohtia ja periaatteita

5.1 Yhteistyö suunnitteluprosessin aikana

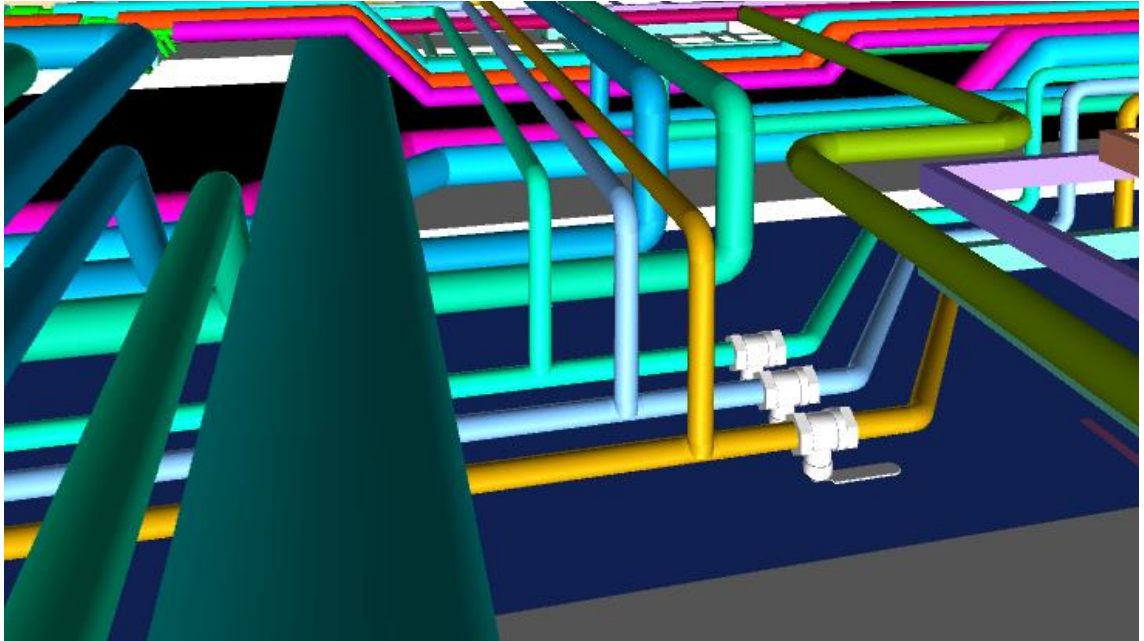
Sairaalakaasujärjestelmiä suunniteltaessa ensiarvoisen tärkeää on hyvä yhteistyö tilojen käyttäjien kanssa. Käyttäjät eli sairaalan henkilökunta määrittelevät aina kullekin hoito-osastolle tarvittavat kaasut sekä kaasupisteiden määrän ja sijainnin. Sairaaloiden suunnitteluhankkeissa on tapana käyttää huonekorttijärjestelmää, johon tilojen käyttäjät kirjaavat ylös kunkin eri tyyppisen huoneen tarpeet. Hyvä tapa on myös rakentaa usein toistuvista tiloista aikaisessa vaiheessa rakennushanketta niin sanotut mallihuonetilat, joihin käyttäjät pääsevät tutustumaan. Mallihuonetiloja hyödyntämällä saavutetaan parempi tilojen toimivuus, minkä lisäksi suunnitteluryhmään kuuluvat suunnittelijat ehtivät myös reagoida mahdollisiin muutoksiin ja mallihuoneen tarkastelussa ilmi tulleisiin parannusehdotuksiin. Kaikkien eri suunnittelualojen suunnittelijoiden on siis erittäin tärkeää kuunnella tarkasti tilojen käyttäjien mielipiteitä, jotta saavutetaan paras ja toimivin lopputulos ja minimoidaan mahdolliset muutostarpeet. [9; 36.]

5.2 Sairaalakaasujärjestelmien suunnitleminen suunnitteluohjelmalla

Sairaalakaasujärjestelmät suunnitellaan lähtökohtaisesti aina asiaankuuluvalla suunnitteluohjelmistolla, esimerkiksi MagiCADilla. Putkiston mitoitus tulee tehdä kuitenkin käsilaskennalla, koska MagiCAD-suunnitteluohjelma ei sisällä sairaalakaasuputkistojen mitoituksessa tarvittavia ominaisuuksia. Putkistomitoituksessa kannattaa hyödyntää esimerkiksi Excel-ohjelmaa. Sairaalakaasuputkistoja suunniteltaessa tulee huomioida myös muiden suunnittelualojen tekniikat, ja etenkin sähkön tasopiirustuksessa esitettävien johtokanavien paikat. Muiden suunnittelualojen tekniikat kannattaa hakea xref-tiedostoksi, jolloin ne saadaan tarvittaessa nopeasti näkymään yhtenä tiedostona taustalla.

Nykyään tietomallintaminen on keskeinen osa talotekniikan suunnittelua, etenkin suurimmissa sairaalahankkeissa. Lähtökohtaisesti kaikki talotekniikka suunnitellaan törmäilyvapaaksi hyödyntäen tietomallia suunnittelun ja rakentamisen aikana. Myös arkkitehti- ja rakennesuunnittelu voidaan kytkeä samaan yhdistelmämalliin, jolloin suunnittelijat voivat keskenään tarkastella omia järjestelmiään yhdistelmämallista, esimerkiksi

Navisworks-ohjelman avulla, kuten kuvassa 22. Rakennushankkeen alussa tulee määrittellä mallinnusvaatimukset, jotta mallintamisesta aiheutuva suunnittelutyömäärän lisääntyminen voidaan ottaa huomioon suunnittelutarjousta tehtäessä. Rakennushankkeella tulee olla myös nimetty tietomallikoordinaattori, joka vastaa suunnitelmien täsmällisyydestä tietomallintamisen näkökulmasta.



Kuva 22. Tietomallinnettua talotekniikkaa, sairaalakaasujen sulkuventtiilit

Talotekniikan asentajilla on omat toimintatapansa hyödyntää tietomallia asennustyössä. Yleisesti voidaan todeta, että selkeiden ja ymmärrettävien tasopiirustusten tärkeyttä ei voida koskaan painottaa liikaa. Tasopiirustuksissa esitetään kaikki teknisten järjestelmien kannalta oleelliset asiat, ja tietomallia kannattaa hyödyntää tarkastellessa esimerkiksi talotekniikan osalta usein ruuhkaisia käytävien risteämiskohtia. Tietomallintaminen saattaa aiheuttaa tasopiirustusten sekavuutta, koska tekniikat piirretään tällöin niin, että teknisten järjestelmien törmäilyiltä vältetään. Tällainen piirtotapa ei ole optimaalisin mittatekstien ja muiden tekstien sijoittelun kannalta, ja suunnittelijoiden tulee huomioida tarkkaan mittatekstien sijoittelu oikeassa vaiheessa, jotta suunnitelmapiirustukset ovat mahdollisimman helposti ymmärrettävät. Yleisten tietomallivaatimusten mukaan pienempien kytKentäputkien (DN10-25) tietomallintaminen ei ole vaadittavaa, vaan ne voidaan piirtää niin sanotusti suuremmilla linjoilla. Suurin osa sairaalaan huoneiden sisällä kulkevista sairaalakaasujen kytKentäputkista on kooltaan melko pientä kupariputkea, jolloin YTV 2012:n mukaan niitä ei tarvitse mallintaa törmäilyvapaaksi. Sen sijaan

käytävillä kulkevat putkistot ovat kooltaan isompia, joten ne tulee tietomallintaa täsmällisesti. Kuten kuvasta 22 voidaan havaita, käytävillä sairaalakaasuputkistot asennetaan huollon ja tarkastustarpeiden vuoksi usein alimmiksi. [37.]

Sairaalakaasujärjestelmien suunnittelussa tulee vastaan usein toistuvia tiloja, kuten leikkaussalit, toimenpidehuoneet, tehohoitopaikat, vastaanottohuoneet ja vuodeosastot. Yksi suunnitelmien ymmärrettävyyttä kehittävä keino voisi olla laatia näistä usein toistuvista samanlaisista tiloista yksi periaatekuva, kuten tämän työn liitteissä 3, 4 ja 5 on tehty. Koska esimerkiksi leikkaussaleissa on paljon sairaalakaasuputkistoa, on mittatekstien sijoittelu selkeästi ja ymmärrettävästi vähintäänkin haastavaa. Tällöin kannattaa käyttää esimerkiksi numeroyhdistelmää, jolla merkataan jotakin tiettyä tekstikokonaisuutta. Tällöin tekstit voidaan sijoittaa piirustuksen ymmärrettävyyden kannalta parempaan tilaan, ja tekstien järjestys määräytyy selkeästi käytettyjen numerojen perusteella, kuten työn liitteenä olevissa esimerkkipiirustuksissa.

6 Kaasujen mitoituksen- ja kulutuksen tarkastelu

6.1 Mitoitusvirtaaman laskeminen ja eriaikaisuuskertoimet

Sairaalakaasujen mitoitusvirtaamien määräytyminen erityyppisille tiloille ja potilaspaikeille perustuu hyvin pitkälti vuonna 2006 julkaistuun standardiin: ”HTM 02-01: Medical gas pipeline systems. Part A: Design, installation, validation and verification”. Sairaalakaasuoppaaseen on hyvin koottu erilaisten sairaalakaasujen mitoituksessa tarvittavat tilojen mitoitusvirtaamat ja eriaikaisuuskertoimet juuri tuosta HTM 02-01-dokumentista; mitoitus-esimerkit ovat oppaan liitteessä 2.

Kuvassa 23 on esitelty mitoitusvirtaamat yksittäisille kaasupisteille, kuva on lainattu Sairaalakaasuoppaasta. Näitä yksittäisen kaasupisteen virtaamia tarvitaan laskettaessa mitoitusvirtaamia sairaalan eri osastoille, ja näistä osastokohtaisten mitoitusvirtaamien summasta muodostuu koko kohteen kokonaismitoitusvirtaama. Osastokohtaisten mitoitusvirtaamien laskennassa ei kaikkia potilaspaiikkojen virtaamia suoraan lasketa yhteen, vaan laskennassa käytetään eriaikaisuuskertoimia. [1, s. 12; 3.]

Kaasu	Käyttöpalkka	Mitoitusvirtaus [l/min]	Tyypillinen virtaus [l/min]
Hengitysilma ⁽¹⁾	Leikkaussalit ⁽²⁾	40	40
	Teho-osastot ⁽²⁾	80	80
	Muut osastot	20	10
Instrumentti-ilma	Leikkaussalit	350	350
Happi ⁽³⁾	Leikkaussalit ja tilat, joissa käytetään ilokaasua nukutustarkoituksessa	100 ⁽⁴⁾	20
	Muut osastot	10	6
Dityppioksidi	Kaikki osastot	15	6
Hiilidioksidi	Leikkaussalit (tähystysleikkaus)	15	6 – 8

1. Imu- ja kaasunpoistoejektorien kaasunkulutus otettava huomioon mitoituksessa, ejektorien käyttökaasun kulutus tyypillisesti 10 – 40 l/min
2. Kaasukäyttöisten hengityskoneiden ja nebulisaattorien tarvitsema virtaus otettava huomioon mitoituksessa (ks. taulukko 6)
3. Hengityskoneiden käyttövoimana tulisi käyttää hengitysilmaa. Jos happea käytetään hengityskoneiden käyttövoimana ja/tai hengityskoneita käytetään CPAP-tilassa (ylipaineventilaatio) tulee tämä ottaa huomioon mitoittaessa putkistoa ja syöttölähdettä. CPAP-käytössä tarvittava happivirtaus voi olla jopa 100 l/min.
4. Anestesiakoneen happihuuhtelun yhteydessä tarvittava lyhytkestoinen virtaus

Kuva 23. Kaasupisteiden mitoitusvirtaamat ja tyypillisesti tarvittavat virtaamat [1, s. 12].

Sairaalakaasujen mitoituslaskelmissa lopputuloksena saatavat eri kaasujen mitoitusvirtaamat ovat aina huomattavasti suurempia kuin kaasujen keskimääräinen kulutus. Mitoitusvirtaama on siis enemmänkin kohteen teoreettinen huippukulutus. Keskimääräisen kulutuksen arviointi on kuitenkin myös tärkeä osa sairaalakaasujen mitoitusta, jotta kohteeseen määritetään oikean kokoiset syöttöjärjestelmät. Syöttöjärjestelmien valitseminen puhtaasti pelkän mitoitusvirtaaman perusteella johtaa kuitenkin paljon suurempiin syöttölähteisiin. Muutaman esimerkkikohteen perusteella voidaan karkeasti arvioida, että laskennallinen mitoitusvirtaama kaikilla eri kaasulaaduilla on noin 5 kertaa suurempi kuin keskimääräinen kulutus.

6.1.1 Mitoitusvirtaaman jakautuminen sairaalan eri osastoille esimerkkikohteessa

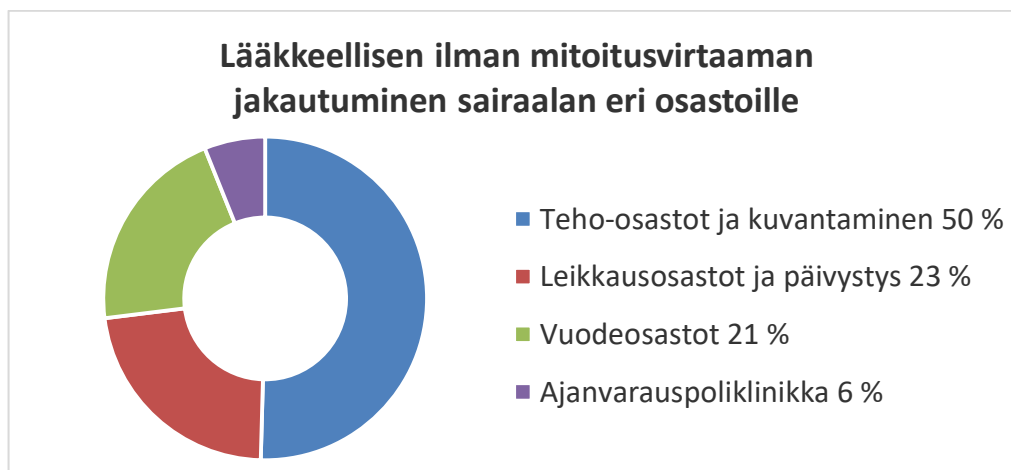
Kuvien 24 ja 25 sairaalakohteen mitoitusvirtaamat on laskettu Sairaalakaasuoppaasta saatavilla mitoitusvirtaama-arvoilla ja yhtäaikaaisuuskertoimilla. Tässä tarkastellun

kohteen eri osastojen laajuus on hyvin mittava, ja niissä sijaitsevien hoitopaikkojen lukumäärät ovat noin

- 57 tehohoitopaikkaa
- 16 leikkaussalia
- 216 vuodeosastopaikkaa.



Kuva 24. Lääkkeellisen hapen mitoitustavaran jakautuminen sairaalan eri osastoille



Kuva 25. Lääkkeellisen ilman mitoitustavaran jakautuminen sairaalan eri osastoille

Lääkkeellisen hapen ja ilman kulutus on suurinta sairaalan niin sanotuilla ”kuumilla osastoilla”, kuten kuvissa 24 ja 25 on havainnollistettu. Kuvista johtopäätöksenä voidaan tehdä ainakin se, että sairaalakaasujen mitoitustavara on hyvin paljon suurempi

leikkaussaleja ja tehohoitoa sisältävissä sairaaloissa. Niinpä jo rakennushankkeen alkuvaiheessa, kun tieto sairaalan toiminnoista on selvillä, voidaan alustavien mitoituslaskelmien perusteella tehdä arviot syöttölähteiden koosta ja tilantarpeesta.

6.1.2 Kaasupullojen sisällön riittävyys

Kaasupullojen ja pullopakettien kesto voidaan laskea, kun tiedossa on

- virtaama, jolla kaasua syötetään verkostoon
- pullojen koko ja määrä
- pullojen paine.

Eri kaasujen mitoitusvirtaukset ja tyypilliset virtaukset on esitelty kuvassa 23. Näitä virtauslukemia voidaan käyttää lähtötietoina laskettaessa kaasupullon kaasun riittävyttä. Seuraavalla kaavalla voidaan laskea kaasupullon kaasun riittävyys. Kaavassa kaasupullon paineesta vähennetään lukema 4,5. Kaasupullon paineen laskiessa alle 4,5 bar:n ei siitä enää voida syöttää kaasua verkostoon, koska verkoston paine on tällöin sama kuin kaasupullon paine. [4, s. 15.]

$$t = \frac{V*(p-4,5)}{qv*60} \quad (1)$$

jossa

t on kaasun riittävyys tunneissa, h

V on kaasupullon tilavuus litroissa, l

p on kaasupullon paine, bar

qv on kaasupullosta annosteltava virtaama, l/min

Kaasupulloja on saatavana eri paineisina 50–200 bar:n väliltä 50 bar:n välein. Kaasusta riippuen kaasu on joko kaasu- tai nestefaasissa. Ilokaasu ja hiilidioksidi ovat niin sanottuja kondenssikaasuja, eli täydessä kaasupullossa ne ovat aina nestefaasissa. Kun kondenssikaasuja annostellaan kaasupullostaan verkostoon, ne muuttuvat kaasumaiseen olomuotoon. Ilokaasu- ja hiilidioksidikaasupullojen paineiden suhteen tulee ottaa huomioon, että kaasupullon painemittari näyttää niin pitkään samaa painetta, kun nestemäistä kaasua on jäljellä, jolloin ilokaasupullon paine on 51 bar ja hiilidioksidikaasupullon paine

54 bar. Kaiken nestemäisen kaasun höyrystyttyä kaasupullon paine laskee hyvin nopeasti. Nestemäisessä olomuodossa olevien kaasupullojen kaasun tarkka määrä selviää siis punnitsemalla kaasupullo. Tyhjän kaasupullon paino tulisi olla merkittynä kaasupullon kylkeen, jolloin voidaan saada selville kaasupullon sisältönä olevan kaasun paino. Ilokaasun ja hiilidioksidin kaasupulloissa olevan kaasun määrä saadaan selville seuraavien kaavojen avulla [4, s. 15.]:

$$V_{ilokaasu} = (Kaasupullon\ paino - tyhjä\ kaasupullo) * 540 \quad (2)$$

$$V_{hiilidioksidi} = (Kaasupullon\ paino - tyhjä\ kaasupullo) * 520 \quad (3)$$

joissa

V on kaasun määrä litroissa.

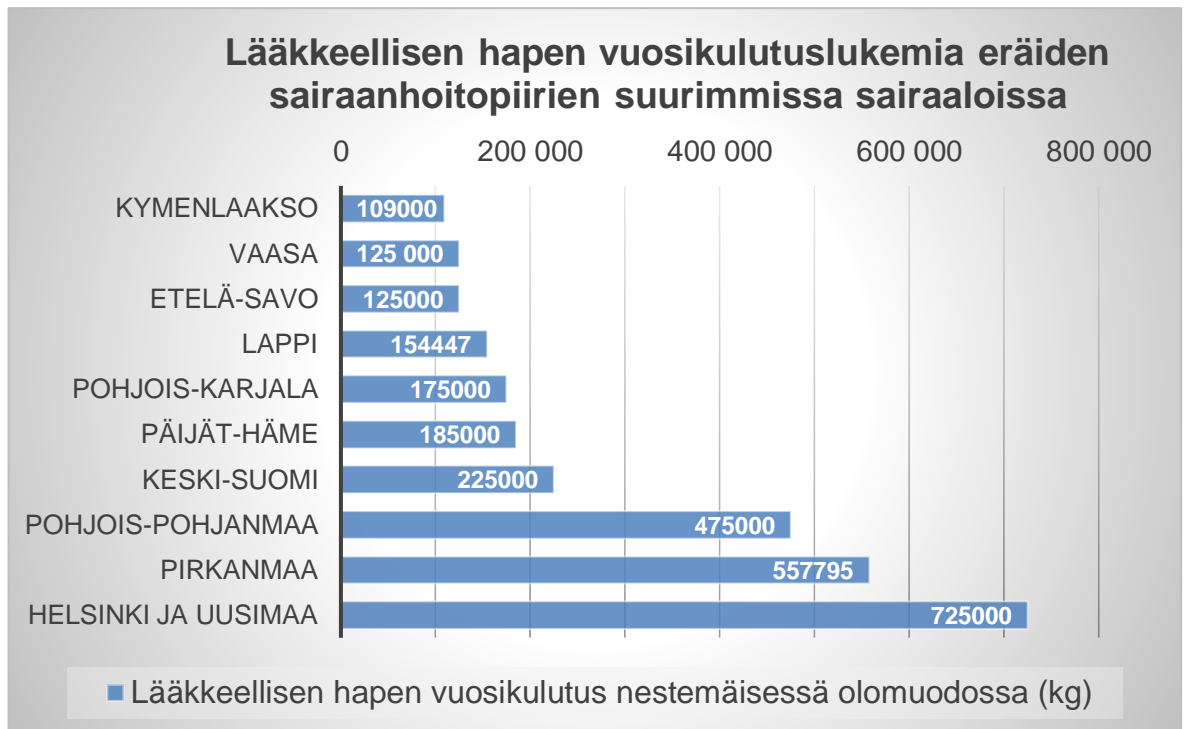
Kaavoista 2 ja 3 voidaan siis helposti havaita, että yksi kilo nestemäistä ilokaasua vastaa 540:ta litraa ilokaasua, ja yksi kilo nestemäistä hiilidioksidia vastaa 520:ta litraa hiilidioksidia kaasuna. [4, s. 15.]

6.2 Sairaalakaasujen kulutuksen tarkastelu

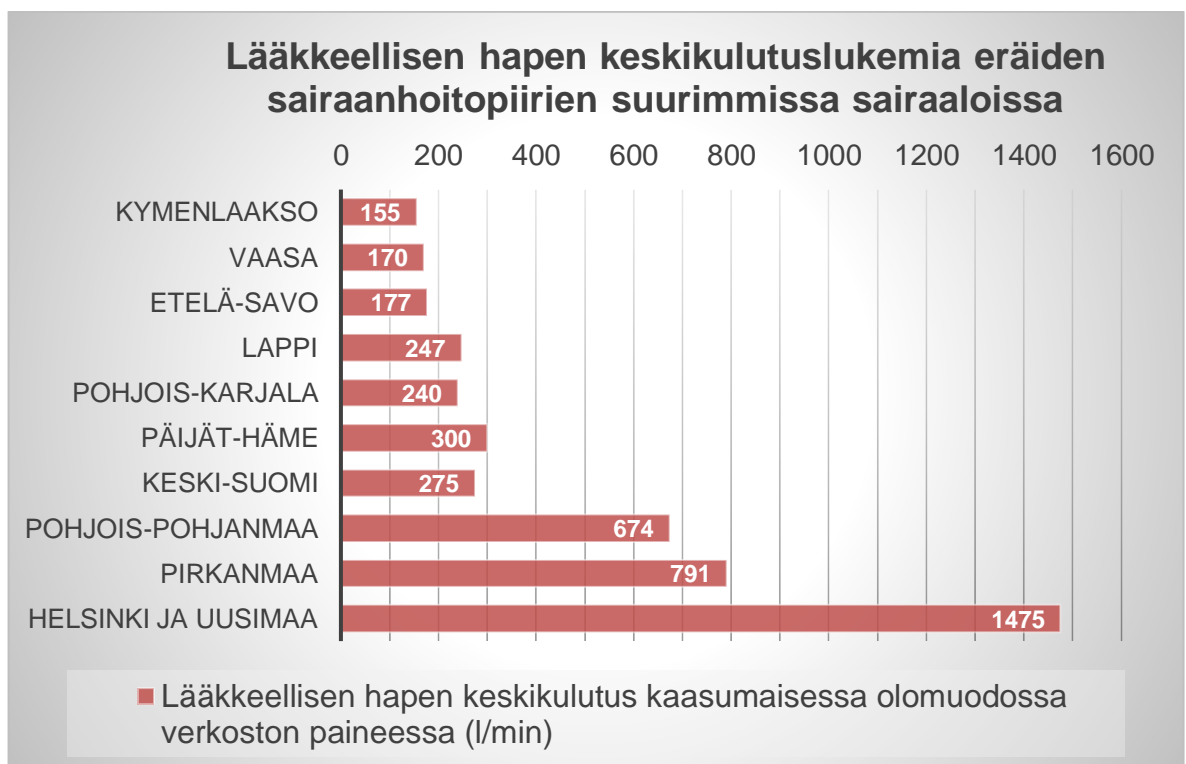
6.2.1 Lääkkeellisen hapen kulutuslukemia erikokoisissa sairaaloissa

Sairaalakaasujen syöttölähteiden mitoituksen tulisi pohjautua aina mahdollisimman paljon mitattuihin kulutustietoihin jokaisen kaasun osalta. Korjaus- ja saneerausrakentamisessa tämä on jokseenkin mahdollista, mutta uudisrakentamispuolella ei kulutusdataa luonnollisesti ole vielä saatavilla, jolloin olisi hyvä tarkastella muutaman vastaavan jo olemassa olevan sairaalakohteen kaasujen kulutustietoja.

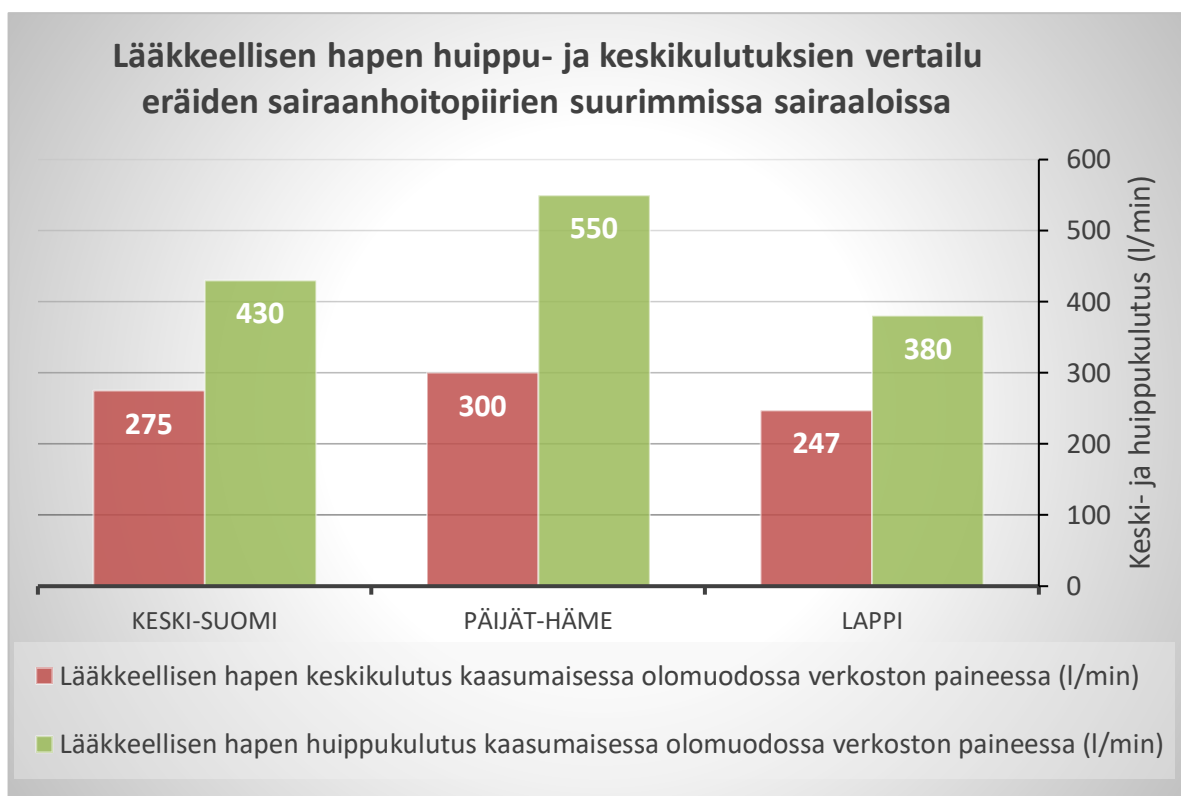
Osana tätä työtä lähetettiin kysely eri sairaanhoitopiireille kaasujen ja erityisesti lääkkeellisen hapen kulutukseen liittyen. Kyselyn tuloksia lääkkeellisen hapen osalta esitellään kuvissa 26–28. Hapen vuosikulutuslukemia saatiin useasta kohteesta. Myös hapen huippukulutuslukemia oli saatavilla muutamasta kohteesta, mutta lääkkeellisen hapen jakeluputkiston mitoituksessa käytettävää laskettua mitoitusvirtaama ei ollut saatavilla näistä kohteista.



Kuva 26. Lääkkeellisen hapen vuosikulutuslukemia



Kuva 27. Lääkkeellisen hapen keskikulutuslukemia



Kuva 28. Lääkkeellisen hapen huippu- ja keskikulutuksien vertailua

Myös lääkkeellisen hapen huippukulutuslukemia saatiin muutamasta kohteesta, joissa hapen mittaus on järjestelty hyvin ja erilaista kulutusdataa oli saatavilla. Tässä tarkasteltavan kolmen melko samankokoisen kohteen huippu- ja keskikulutusarvot ovat verrattain samankaltaisia, ja niistä taulukossa 3 lasketut suhdeluvut ovat lähellä toisiaan, niiden keskiarvon ollessa 1,65. Huippukulutuksen suhteesta keskikulutukseen ei voi kuitenkaan näiden kolmen kohteen perusteella tehdä aivan yksiselitteistä päätelmää, joka sopisi kaikkiin muihinkin kohteisiin. Tämä on kuitenkin hyvä suuntaa antava vertailu kolmen samankokoisen kohteen keskikulutuksen ja huippukulutuksen eroista.

Taulukko 3. Lääkkeellisen hapen huippu- ja keskikulutuksien vertailu

Kohde	Keskikulutus (l/min)	Huippukulutus (l/min)	Suhdeluku	
Keski-Suomi	275	430	1,56	
Päijät-Häme	300	550	1,83	
Lappi	247	380	1,54	
			1,65	=keskiarvo

6.2.2 Hapen laskentakaavoja

Hapen keskimääräinen virtaama voidaan laskea, kun tiedossa ovat seuraavat asiat:

- Nestemäisen hapen tiheys $\rho_{\text{nestehappi}} = 1140 \text{ kg/m}^3$, kun $T \leq -183 \text{ }^\circ\text{C}$
- Nestemäisen ja kaasumaisen hapen tilavuussuhde = 1:850
- Nestemäisen hapen kulutusmäärä kilogrammoissa.

Seuraavien kaavojen 4–6 avulla nestemäisen hapen kulutus saadaan muutettua keskimääräiseksi virtaamaksi, joka usein on tapana ilmoittaa yksikössä l/min.

$$V1 = \frac{m}{\rho} \quad (4)$$

jossa

$V1$ on nestemäisen hapen kulutus vuodessa, m^3/a
 m on nestemäisen hapen kulutus vuodessa, kg/a
 ρ on nestemäisen hapen tiheys, kg/m^3

$$V2 = 850 * V1 \quad (5)$$

jossa

$V1$ on nestemäisen hapen kulutus vuodessa, m^3/a
 $V2$ on kaasumaisen hapen kulutus vuodessa, m^3/a

$$qv = \frac{1000 * V2}{525600} \quad (6)$$

jossa

qv on kaasumaisen hapen keskikulutusvirtaama, l/min
 $V2$ on kaasumaisen hapen kulutus vuodessa, m^3/a
 525600 on minuutit vuodessa, min

Seuraavassa taulukossa 4 on laskentaesimerkki, jossa on käytetty edellisen sivun kaavoja hyödyksi.

Taulukko 4. Hapen vuosikulutuksen muuttaminen keskipulutusvirtaamaksi

Hapen vuosikulutuksen (kg/a) muuttaminen keskipulutukseksi (l/min)		
Nestehapen vuosikulutus	500 000	kg/a
Nestehapen tiheys	1 140	kg/m ³
Nestehapen ja happikaasun tilavuussuhde =1:850	850	
Happikaasun vuosikulutus	372 807	m ³ /a
Happikaasun keskipulutus	709	l/min

Taulukon 4 esimerkkilaskennassa nestemäisen hapen vuosikulutus on 500 000 kg, mikä vastaa suuren keskussairaalan vuosikulutusta. Happikaasun keskipulutus on ilmoitettu yksikössä l/min, koska se on usein sairaalakaasujen mitoituslaskelmissa käytettävä yksikkö. Keskipulutusvirtaama voidaan toki myös laskea lyhyemmänkin aikavälin kulutus-tiedon perusteella, mutta tällöin otanta ei ole niin kattava, kuin esimerkiksi koko vuoden aikajakso.

7 Kaasujen poisto

Toimivan ilmanvaihdon ja ilmastoinnin lisäksi sairaalan tiloissa tarvitaan myös kaasun poistoa. Leikkaussaleissa ja toimenpidehuoneissa tehdään toimenpiteitä, joissa syntyy terveydelle haitallisia kaasuja ja hiukkasia. Tällaisia toimenpiteitä ovat esimerkiksi anes-tesia ja sähkökirurgia. Tehokkain tapa näiden kaasujen ja hiukkasten leviämisen estä-miseksi on poistaa ne kohdennetusti mahdollisimman läheltä epäpuhtauden lähdettä. Kohdennetulla kaasunpoistolla taataan sairaalan henkilökunnan työturvallisuus ja asial-liset työskentely olosuhteet. Kaasunpoiston on oltava niin tehokasta, että päästään vä-hintäänkin sosiaali- ja terveysministeriön (STM) asetuksessa 538/2018 määriteltyihin

arvoihin haitallisiksi tunnetuista aineista (HTP). STM:n asetuksessa on määritelty erilaisten kaasujen pitoisuuksien raja-arvot erikseen 8 tunnin ja 15 minuutin altistumiselle. [38; 39.]

Karjalaisen opinnäytetyössä Leikkaussalin kohdepoistojärjestelmät [38], käsitellään kattavasti ylimääräisten kaasujen poistoa. Karjalaisen työn liitteenä tehtyjen sairaalan henkilökunnan haastattelujenkin perusteella kohdepoistoon on syytä panostaa. Uudemmissa sairaalakohteissa kaasujen poisto on pääasiassa hyvällä tasolla. Vanhemmissa vielä peruskorjaamattomissa sairaalakohteissa saatetaan työskennellä vielä vanhanaikaisemmissa olosuhteissa, kaasun poiston ja ilmanvaihdon kannalta tarkasteltuna. Työskentelyolosuhteet kaasunpoiston kannalta kannattaisi kuitenkin saattaa vähintään STM:n asetuksen 538/2018 tasolle, jotta henkilökunnan työympäristö pysyisi terveellisenä. [38; 39.]

Kaasun poistoon käytetään pääosin kolmea erilaista tapaa: paineilmatoimiset imuejektorit, keskitetty keskusimujärjestelmä ja ilmanvaihdon erillispoistot, kuten varrelliset kohdepoistohuuvut. Itse laitteita, joilla ylimääräiset kaasut poistetaan, on useampia, mutta niiden suunnitteleminen ei varsinaisesti kuulu LVI-suunnittelijan työtehtäviin. Kaasunpoistojärjestelmien suunnitteleminen LVI-suunnittelijan kannalta tarkoittaa kohdepoistoputkiston, putkistokomponenttien ja keskusimulaitteiden suunnittelua ja määrittelyä. Suunnittelun rajapintana hoituhuoneiden sisällä on yleisesti kohdepoiston jakeluputkiston pää. Sairaalalaitteiden suunnittelu, joihin kohdepoisto usein integroidaan, kuuluu KSL-suunnittelijan työtehtäviin.

Sairaalalaitteita, joihin kaasunpoisto on liitettävissä, voivat olla esimerkiksi

- anestesiakoneet
- toimenpideinstrumentit, joihin kohdepoisto on integroitu
- erilaiset maskit, joihin kohdepoisto on integroitu
- imuejektorit.

Käytettävä kohdepoiston laite määräytyy siis aina tehtävän terveydenhoitotoimenpiteen perusteella, ja keskeinen termi on laitteen sieppausaste, joka tulisi olla aina mahdollisimman hyvä. Kaasunpoistolla varustetut sairaalalaitteet liitetään joko kattokeskuksessa tai

seinäkourussa sijaitsevaan kaasunpoistopisteeseen joustavalla letkustolla, jonka tulee täyttää standardin SFS-EN-ISO 5359 vaatimukset.

Kaasun poistopisteiden tyyppin, määrän ja sijainnin määrittävät tilojen käyttäjät. Kaasunpoistopisteitä voidaan sijoittaa samoihin kokoonpanoihin, kuin sairaalakaasupisteitäkin, eli esimerkiksi seinäkouruihin ja kattokeskuksiin. Kaasunpoiston putkiston tilantarve tulee huomioida määritettäessä esimerkiksi seinäkouruja, joissa kaasuputkiston kytkentäputket usein kulkevat. Käytettäessä keskuspuhallinyksiköllä varustettua kohdepoistojärjestelmää on kytkentäputki huomattavasti isompi ja eri putkimateriaalia kuin muut sairaalakaasuputkistot, usein kohdepoiston kytkentäputki on kooltaan DN 40:n tai DN32:n muoviputkea. [1, s. 32; 9.]

7.1 Paineilmatoimiset imuejektorit

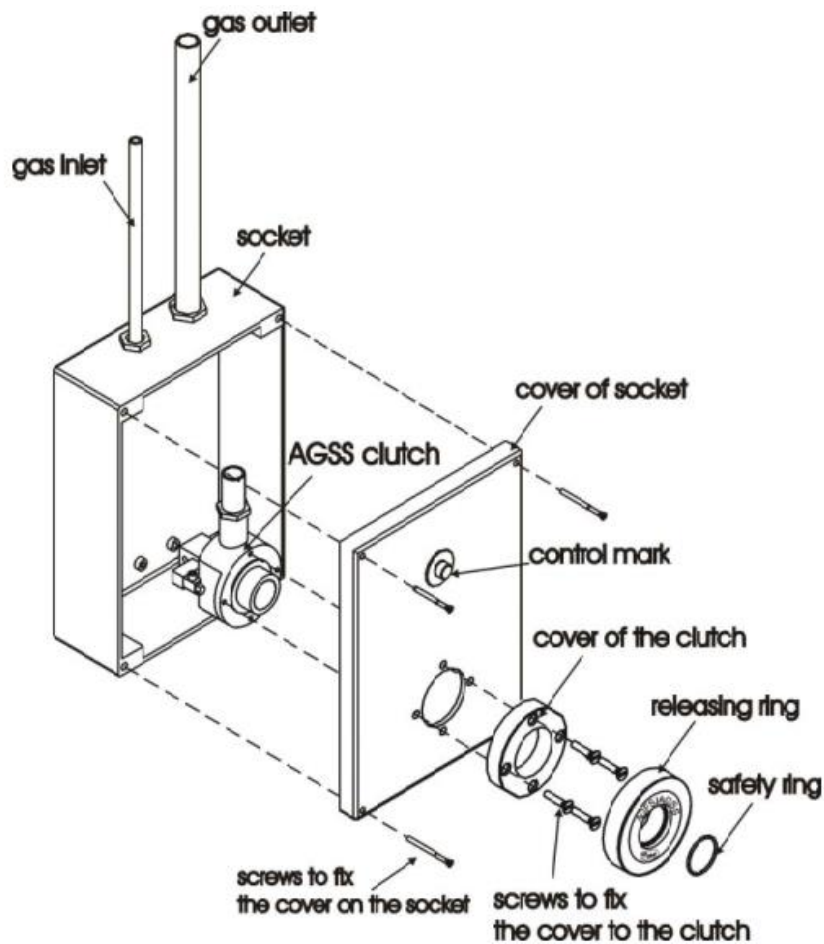
7.1.1 Toimintaperiaate ja käyttökohteet

Paineilmatoimisella imuejektorikaasunpoistolla tarkoitetaan poistoilmakanavaan johdettavaa kaasunpoistoa, jonka käyttövoimana toimii paineilma. Nykyisin käytetään kuvan 29 kaltaisia kaasunpoistopisteitä, joihin paineilma on valmiiksi integroituna. Ejektori-imukaasunpoistoa käytetään yleisesti anestesiakoneen poistokytkennässä. Ejektori-imukaasunpoistopisteitä sijoitetaan tyypillisesti

- leikkaussaleihin
- tehohoitopaikoille
- toimenpidehuoneisiin
- synnytyssaleihin.

Suunnitelmapiirustuksissa paineilmatoimista imuejektorikaasunpoistoa on tapana kuvata lyhenteellä AKP, kuten työn liitteenä olevissa esimerkkipiirustuksissakin on tehty. Ennen nykyään käytettäviä kuvan 29 kaltaisia paineilmatoimisen kaasunpoiston kaasuventtiilejä käytettiin kaasunpoiston käyttövoimana erillistä paineilman kaasunottoapistettä. Ennen siis paineilmatoimisen imuejektorin kaasunpoistopisteen viereen tuli asentaa ylimääräinen lääkkeellisen ilman kaasupiste, joka toimi kaasunpoiston käyttövoimana. Nykyisin kaasunpoistopisteen kaasunottoventtiiliin on integroitu käyttövoimana toimiva

paineilman putki, jolloin erillistä kaasunpoiston käyttövoimana toimivaa lääkkeellisen ilman kaasupistettä ei siis tarvita. [9; 40.]



Kuva 29. Paineilmatoimisen imuejektori kaasunpoistopisteen toimintaperiaate [40].

7.1.2 Putkisto ja kaasunpoistovenitit

Kaasunpoiston poistoilmakanavaan johdettava kytkentäputki tulee olla muita sairaala-kaasujen kytkentäputkia isompi, tavallisesti Cu22, ja putki johdetaan liitteen 6 kuvan mukaisesti poistoilmakanavaan. Poistoilmakanava, johon kaasunpoiston kupariputki liitetään, ei saa olla sellaisen ilmanvaihtokoneen kanava, jonka poistoilmaa käytetään kierto- tai palautusilmana.

Paineilmatoimisen imuejektorin käyttövoimana toimii siis 5 bar:n paineilma, joka voidaan tehdä omana verkostonaan tai vaihtoehtoisesti haaroittaa joko instrumentti-ilma- tai hengitysilmaverkostosta, jolloin kytkentäputki tulee varustaa takaiskuventtiilillä. [8; 40.]

7.2 Sairaalatekniset kohdepoistojärjestelmät

7.2.1 Toimintaperiaate ja käyttökohteet

Kohdepoistojärjestelmällä tarkoitetaan keskuspölynimurin tapaista keskusimujärjestelmää, jonka käyttövoimana toimii ilmanvaihtokonehuoneeseen asennettava puhallinyksikkö, johon kohdepoistoputkisto on kanavoitu käyttäen muovista viemäriputken tapaista putkea. Kohdepoistopisteitä sijoitetaan tyypillisesti

- leikkaussaleihin
- tehohoitopaikkoihin
- toimenpidehuoneisiin
- synnytyssaleihin.

Kohdepoistoa käytetään yllä mainituissa hoitotiloissa, esimerkiksi diatermiassa eli laserkirurgiassa syntyvien savukaasujen poistoon, anestesiakaasujen poistoon ja kivunlievityksessä annettavan ilokaasun poistoon. [1, s. 30.]

7.2.2 Putkisto, putkikomponentit ja kaasunpoistovenkkiit

Kaasunpoistopisteiden lukumäärän ja sijainnin määrittelevät tilojen käyttäjät. Kohdepoistojärjestelmän kaasunpoistopisteitä sijoitetaan tavallisesti kattokeskuksen varteen, kuten sairaalakaasupisteitäkin. Kaasunpoistopisteet ovat kuvan 31 kaltaisia itsestään sulkeutuvalla kannella varustettuja, ja niihin kytketään joustavilla letkustoilla sairaalalaitteet, joihin kohdepoisto on integroitu. [1; 41.]



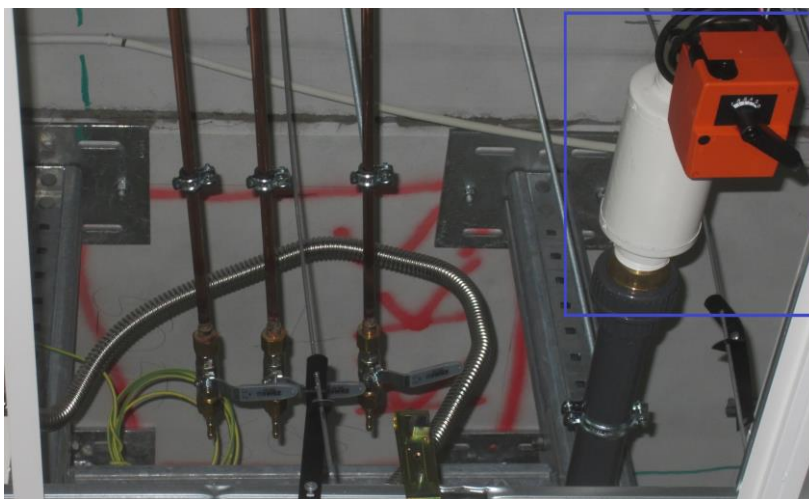
Kuva 30. Kohdepoiston säädin [41].



Kuva 31. Kohdepoistopiste [42].

Kohdepoistoa käytetään tarpeenmukaisesti, joten jokaisen poistopisteen kytkentäputkeen tulee asentaa säätöventtiili ja säädin, jolla virtausta ohjataan. Kohdepoistopisteen virtauksen ohjaukseen voidaan käyttää joko vakiovirtaussäätöventtiilejä tai muuttuvan virtauksen säätöventtiilejä. Vakiovirtausventtiilit ovat tyypillisesti muovirunkoisia kalvoventtiilejä, kun taas muuttuvan virtauksen säätöventtiilit ovat messinkirunkoisia moottoriventtiilejä. Moottoriventtiilejä voidaan ohjata joko portaattomasti tai esimerkiksi kolmella tehoportaalla. [1; 42.] Säätöventtiilin säädin voidaan integroida kattokeskukseen, kuten kuvassa 30.

Ennen säätöventtiiliä putkeen asennetaan äänenvaimennin. Säätöventtiili sijoitetaan palvelualueensa läheisyyteen alakattotilaan, huoltotoimenpiteet huomioon ottaen. Kuvassa 32 on erään valmistajan kohdepoistojärjestelmän äänenvaimennin ja säätöventtiili asennettuina. Samassa kuvassa näkyvät taustalla tehohoitoaikan kattokeskuksen sairaala-kaasujen kytkentäputket ja sulkuventtiilit ”liityntäntäniipoilla”.



Kuva 32. Kohdepoistojärjestelmän äänenvaimennin ja säätöventtiili [19].

Kohdepoistojärjestelmän putkisto rakennetaan muoviputkesta liimattavin tai sähköhitsattavin liitoksien, yleensä käytetään muhullisia liimattavia liitoksia. Muoviputken materiaali voi olla PE-, PP-, PVC-U- tai ABS-muoviputkea. Putkiston suunnittelussa ja asennuksessa tulee huomioida painehäviöt, ja kulmina käytetään liitteen 6 piirustuksen tapaan korkeintaan 45°:n mutkia ja T-haaroja. Koska kohdepoistoputkiston materiaalina käytetään muovia, täytyy palo-osastojen rajat huomioida suunnittelussa. Palo-osastojen rajoihin asennetaan palomansetit. Lisäksi kohdepoistokanava tulee paloeristää, jos se kulkee samassa tekniikkakuilussa ilmanvaihtokanavien kanssa. [1.]

7.2.3 Puhallinyksikkö ja ohjauskeskus

Kohdepoistojärjestelmän käyttövoimana toimiva puhallinyksikkö sijoitetaan yleensä ilmanvaihtokonehuoneeseen. Samaan yhteyteen, puhallinyksikön viereen, sijoitetaan myös järjestelmän ohjauskeskus. Hankesuunnitteluvaiheessa onkin tärkeä muistaa varata riittävästi tilaa ilmanvaihtokonehuoneesta kohdepoistojärjestelmän puhallinyksikölle ja ohjauskeskukselle. Kohdepoiston puhallinyksikön ja ohjauskeskuksen ympärille on myös jätettävä riittävästi huoltotilaa, vähintään 600 mm. Puhallinyksikön asennuksessa tulee noudattaa laitevalmistajan antamia ohjeita ja puhallin tulee asentaa kuvan 33 tapaisesti jalustalle, tärinävaimentimien päälle. [1.]



Kuva 33. Kohdepoistopuhaltimen esimerkki asennus [41].

Puhallinyksikön tarvittava teho riippuu kohdepoistojärjestelmään liitettävien kaasunpoistopisteiden lukumäärästä. Isossa kohteessa voi olla tarve usealle puhallinyksikölle. Puhallinyksiköitä on saatavilla sekä yksi- että kaksimoottorisena. Kohdepoistojärjestelmästä ulospuhallettava jäteilma puhalletaan ilmanvaihdon jäteilman tapaan rakennuksen ulkopuolelle, käyttäen jäteilmalaitteita- tai säleikköjä. [1.] Ruotsissa on vaadittu myös ulospuhallettavan jäteilman suodattamista, koska kaasunpoistosta muodostuva jäteilma sisältää jonkin verran ilokaasua, josta aiheutuu kasvihuonepäästöjä. Myös Suomessa

uusissa sairaalahankkeissa kannattaa tämä asia ottaa huomioon, mielellään jo suunnitteluvaiheessa, ja mahdollistaa ulospuhallettavan jätekaasun suodatus. [9.]

7.2.4 Putkiston mitoitus

Kohdepoistojärjestelmän putkisto mitoitetaan noudattaen järjestelmän toimittajien ohjeistuksia niin, että virtausnopeus olisi aina alle 10 m/s. Järjestelmien toimittajilla on suunnitteluohjeissaan usein määritelty maksimivirtaukset eri putkipituuksille, ja kyseisen putkipituuden maksimipituus. Liitteen 6 asennusdetaljin mukaiset putkipituusohjeistukset ovat melko yleispäteviä eri valmistajien suositusten kanssa. Putkiston mitoituksessa ei huomioida kaasunpoistopisteiden eriaikaisuutta. Putkiston mitoitus tehdään siis laskeamalla yksittäisten kaasunpoistopisteiden virtaamat yhteen eri putkiosuuksilla. [1.]

7.2.5 Kohdepoistojärjestelmien toimittajat

Tarkoitus oli perehtyä lyhyesti myös eri kohdepoistojärjestelmien laitetoimittajiin ja tarkastella, onko laitetoimittajien välillä näkemyseroja kohdepoistojärjestelmiin liittyen. Tarkastelun tuloksena voidaankin todeta, että eri toimittajien järjestelmät ovat hyvin samankaltaisia ja suuria eroavaisuuksia ei ole havaittavissa. Suurimmat erot laitetoimittajien välillä ovat ohjauksessa ja automaatioliitännöissä. Kohdepoistojärjestelmiä sairaalakohteisiin toimittavat

- SaVa (Medicvent)
- Halton (Halton VEX)
- AGA.

Medicvent-järjestelmä on näistä kaikkein tunnetuin ja käytetyin, ja siihen liitettävistä kaasunpoistomaskeista on eniten kokemusta.

8 Työpiirustusesimerkit ja tilojen sairaalakaasusuunnittelun periaatteita

Tässä insinööriyössä laadittiin tyyppillisten sairaaloissa usein toistuvien hoitotilojen kaasujärjestelmien tasopiirustukset sekä muutama keskeinen detaljikuva. Varsinaiset tasopiirustukset ja detaljikuvat ovat tämän työn liitteinä. Seuraavissa luvuissa perehdytään

tarkemmin kunkin tilan kaasusuunnitteluun, hyviin toteutusratkaisuihin, sekä selostetaan tasopiirustusesimerkeissä tehtyjen suunnitteluratkaisujen taustoja.

8.1 Leikkaussali

Leikkaussalit ovat ehdottomasti sairaaloiden teknisesti vaativimpia tiloja olosuhdevaatimustensa vuoksi. Ilman puhtaus, valaistus ja teknisten laitteiden toiminta ovat keskeisiä leikkaussalien talotekniikan suunnittelussa huomioon otettavia asioita. Teknisten järjestelmien tulee toimia erittäin varmasti, ja toiminnan leikkauksen aikana tulee olla keskeytymätöntä. Ilmanvaihdon, valaistuksen ja kaikkien sähköä vaativien leikkaussalin toiminnan kannalta keskeisten laitteiden sähkövirran saanti turvataan liittämällä leikkaussali sairaalan varavoimajärjestelmään, jotta sähkökatkos ei ole este tilan toiminnan kannalta.

Leikkaussalien, kuten kaikkien muidenkin sairaalan tilojen, sairaalakaasutarpeet määritellään yhdessä tilojen käyttäjien kanssa. Leikkausaleissa käytetään yleisesti kattokeskuksia, joihin myös sairaalakaasut kytketään. Kattokeskusten lukumäärä leikkaussalia kohti vaihtelee leikkaussalin tyyppin mukaisesti, yleensä sairaalakaasupisteillä varustettuja kattokeskuksia leikkaussalissa on kaksi. Kattokeskukset sijoitetaan yleensä leikkauspöydän pituussuuntaisesti, kuten liitteen 3 mallipiirustuksessa. Kattokeskusten lukumäärästä ei voi kuitenkaan tehdä yleispätevää kaikkiiin tiloihin sopivaa määritelmää, koska esimerkiksi lastensairaalan leikkausaleissa kattokeskuksia on yhteensä neljä, leikkauspöydän ympärillä 90 °:n välein. Sairaalakaasusuunnittelijan on huomioitava kattokeskusten paineilmatoimisten kaasujarrujen tarve suunnittelussa. Kaasujarrujen paineilmaverkosto kannattaa toteuttaa omana verkostonaan, jos kattokeskuksia on suuri määrä. Kattokeskusten kaasujarrujen vaatima painetaso on yleensä 5 bar. Samaa IPI 5 bar:n verkostoa voidaan hyödyntää myös ejektorimu-kaasunpoiston käyttövoimana.

Leikkaussalien läheisyyteen sijoitetaan aina painevahti, seinälle omaan painevahtikaappiin tai huoneeseen. Painevahtihuoneeseen sijoitetaan yleensä myös varasyöttökeskukset ja varakaasupullot, kuten tässä esimerkissä. Varasyöttö on pysyvästi kytketty ja käynnistyy tarvittaessa automaattisesti, ja varasyöttöputket varustetaan esimerkkipiirustuksen mukaisesti takaiskuventtiilillä. Varasyöttökeskuksen periaate on työssä jo aikaisemmin esitellyn kytkentäkaaviokuvan 14 mukainen. Liitteen 3 tasopiirustusesimerkin

painevahti palvelee kolmea vierekkäistä leikkaussalia. Painevahtien palvelualueet tulee määrittää tarkasti sairaalakaasujärjestelmän käyttövarmuus huomioiden.

Jokaiselle leikkaussalille asennetaan omat kaksi pikasulkukoteloa. Toisen pikasulkukotelon takana ovat kattokeskusten sairaalakaasut ja toisen pikasulkukotelon takana varakaasupisteet leikkaussalin seinällä. Hyvä tapa on sijoittaa pikasulkukotelot piirustusesimerkin mukaisesti leikkaussalin seinään käytävän puolelle, leikkaussalin oven viereen. Näin sairaalakaasuputkien reitit saadaan mahdollisimman yksinkertaisiksi, ja vältetään käytäviä ylittävistä kaasuputkiston poikittaislinjoista.

Kattokeskuksiin liityttäessä tulee kaasuputket varustaa sulkuventtiilillä ja niin sanotuilla ”liityntäniipoilla”. Sulkuventtiilit asennetaan niiden käyttö huomioiden. Seinäkouruina voidaan käyttää vaakasuuntaisia tai pystysuuntaisia kaasukouruja, joista tilojen käyttäjät valitsevat mieleisensä, valittavaan ratkaisukokonaisuuteen vaikuttaa myös varakaasujen ja kaasupisteiden määrä. Toiminnassa käytettävät kaasupisteet sijaitsevat kattokeskuksissa ja seinäkaasupisteet ovat varalla.

Leikkaussaleissa kaasujen poisto on tapana hoitaa joko kohdepoistojärjestelmällä, ejektorimujärjestelmällä tai mieluiten näillä molemmilla, jolloin saavutetaan kaikkein toimintavarmoin ratkaisu. Paineilmatoimista imuejektorikaasunpoistoa kuvataan esimerkkipiirustuksessa lyhenteellä AKP ja kohdepoistojärjestelmää lyhenteellä KP. Kaasunpoistojärjestelmiä suunniteltaessa tulee kiinnittää huomiota muutamiin tärkeisiin asioihin, jotka on hyvä esittää erillisillä detaljikuvilla, kuten työn liitteessä 6. Yksi tärkeä muistettava asia on myös se, että AKP-putkea ei missään tapauksessa saa liittää leikkaussalia palvelemaan poistoilmakanavaan, jos joissakin leikkaussaleissa osaa salin poistoilmasta käytetään palautusilmana. AKP-putki tulee siis viedä leikkaussalin ulkopuoliseen poistoilmakanavaan, joka tulisi olla mielellään likaisen poiston kanava.

8.2 Tehohoito-osasto

Tehohoitopaikoilla ei suoriteta kirurgisia toimenpiteitä, mutta potilaiden tila saattaa usein olla heikko. Tehohoito-osaston suunnittelussa on myös huomioitava puhtausvaatimusten täytyminen, ja esimerkiksi ilmanvaihdon tulo- ja poistoilman päätelaitteet tulee varustaa HEPA-suodatuksella. Leikkaussalien tapaan myös tehohoitopaikat varustetaan

kattokeskuksilla, jotka eivät tosin välttämättä ole aivan yhtä järeitä kuin leikkaussaleissa. Tehohoitopaikalla tulee olla myös varakaasupisteet, joiden tulee olla eri pikasulkukotelon takana kuin kattokeskusten kaasupisteiden. Tyypillisesti tehohoitopaikalle asennetaan myös dialyysipilari, johon sijoitetaan usein varakaasupisteet.

Tehohoito-osaston sairaalakaasujen suunnittelussa pätevät samat asiat kuin leikkaussalienkin. Tilojen käyttäjät määrittelevät tarvittavat kaasut, kaasupisteiden määrän ja kaasupisteiden sijainnit, mutta myös sairaalakaasusuunnittelijan näkemykset erityisesti kaasupisteiden sijainnista huomioidaan. Liitteenä 4 olevassa piirustusesimerkissä tehohoitopaikka on varustettu kahdella kattokeskuksella sekä dialyysipilarilla. Kuhunkin kokoonpanoon kytkettävät kaasut selviävät liitteen 4 piirustuksesta.

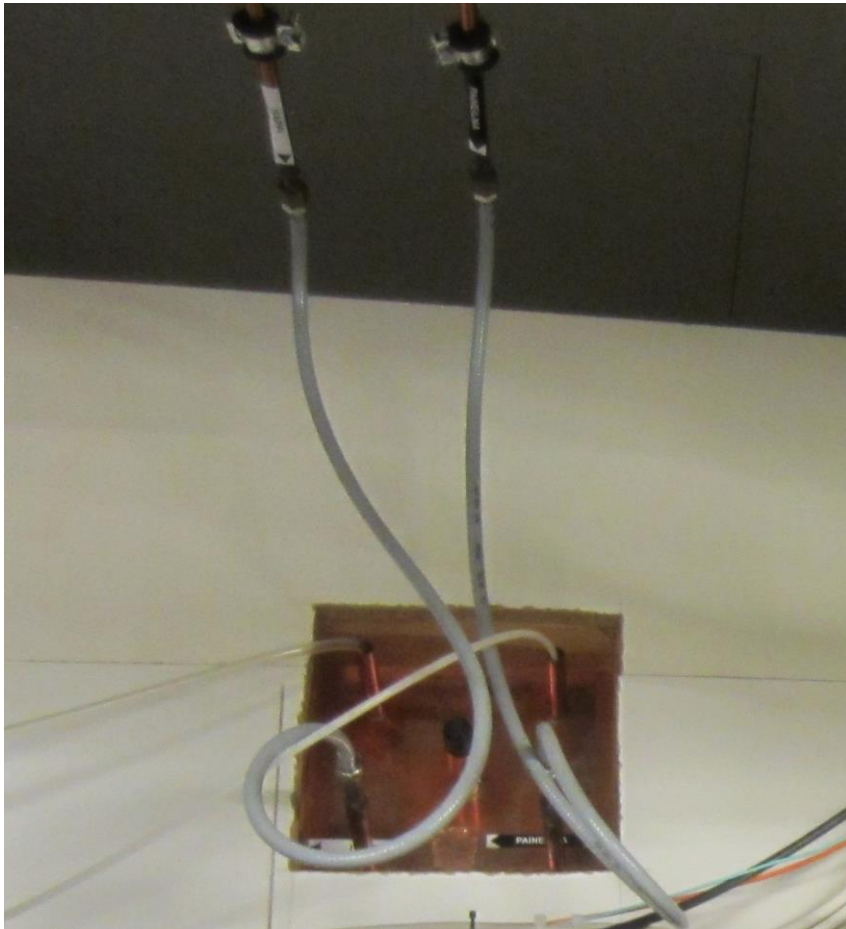
Liitteen 4 esimerkkipiirustuksessa yksi painevahti palvelee yhtä tehohoito-osastoa, johon kuuluu tässä kohteessa 10–12 tehohoitopaikkaa. Pikasulkukotelot asennetaan siten, että yksi pikasulkukotelo palvelee 3–5 lähellä olevaa tehohoitopaikkaa. Kattokeskuksille ja dialyysipilareiden varakaasupisteille on omat pikasulkukotelonsa. Piirustusesimerkissä kattokeskuksissa on muuten samat kaasupisteet, mutta toinen kattokeskus on varustettu kohdepoistolla (KP) ja toinen imuejektorikaasunpoistolla (AKP). Ennen liittymistä tehdasvalmisteisiin moduuleihin asennetaan kytkentäputkiin aina sulkuventtiilit.

8.3 MRI-kuvantaminen

MRI-kuvantamisen tilat eroavat muista sairaaloiden tiloista muun muassa järeiden kuvantamislaitteistoidensa vuoksi. MRI-kuvantamisessa kuvataan voimakkaan magneettikentän avulla Faradayn häkissä, joten sen suunnittelussa tulee muistaa kiinnittää huomiota urakkarajoihin sekä erityisesti kuvantamishuoneen seinään tehtäviin läpivienteihin. LVI-suunnittelijan on myös tärkeä huomioida tilan laitteistojen tuottama suuri lämpökuorma ja ilmankostutuksen tarve, ja usein tilat varustetaan omalla vakioilmastointikooneella.

Tilojen käyttäjät määrittelevät tarvittavat sairaalakaasut, kaasupisteiden määrän. MRI-kuvantamisen esimerkkipiirustuksessa on merkattu urakkaraja huoneen läpiviennin kohdalle. Ensimmäisessä vaiheessa urakoitsija tekee läpiviennit, joissa tehdään putkiston galvaaninen erotus Faradayn häkkiin, jonka tehtävä on eristää kuvantamislaitteen

magneettikenttä. Sairaalakaasuputket tuodaan oheisen kuvan 34 mukaisesti muoviputkilla sisään MRI-kuvantamishuoneeseen.



Kuva 34. MRI-kuvantamisen tilan kaasuputkien seinäläpivienti [19].

Ensimmäisen vaiheen jälkeen suoritettavassa toisessa vaiheessa suoritetaan huoneen sisäiset asennukset, laitetoimittajan antamien erityisohjeiden mukaisesti. MRI-laite käyttää heliumia sisäisessä kiertojärjestelmässään, ja täten tila tulee varustaa happianturein heliumvuodon havaitsemiseksi.

Tässä liitteen 5 esimerkissä ejektori-imun (AKP) käyttövoimana toimii hengitysilma (HI), jolloin hengitysilmaputkesta otetaan ylimääräinen haaraputki ennen kaasukourua. Tällöin haaraputki tulee varustaa esimerkin mukaisesti yksisuuntaventtiilillä, jotta kaasun takaisinvirtaus saadaan estettyä.

9 Yhteenveto

Insinööriyössä tutustuttiin sairaalakaasujärjestelmiin ja erityisesti niiden suunnittelemiseen. Sairaalakaasujärjestelmien ja sen keskeisten komponenttien toimintaa ja tarkoitusta selostettiin sanallisesti sekä erilaisten kuvien ja detaljipiirustusten avulla. Työn liitteeksi laadittiin usein toistuvien sairaalan tilojen suunnitelmapiirustukset, joissa tehtyjä suunnitteluratkaisuja selostettiin myös sanallisesti. Työn ohessa lähetettiin eri sairaanhoitopiireille hapen kulutuksesta kysely, jonka vastauksia havainnollistettiin taulukoin. Insinööriyön aihepiirin kehitystyötä voisi jatkaa tutkimalla tarkemmin kaasujen mitoitusta ja kulutusta, varsinkin kun nykyään yksittäiset painevahditkin on mahdollista varustaa virtausmittauksella. Erityyppisten sairaalan hoito-osastojen kulutusprofiilia tutkimalla saataisiin arvokasta ja erittäin tarkkaa tietoa kaasujen todellisesta kulutuksesta, kun nyt tämän työn tutkimuksessa kulutustietoa oli saatavilla vain koko sairaalan tasolla.

Työn tekemisen ohessa havaittiin, että sairaalakaasujärjestelmien suunnitteleminen on monella tapaa työläämpää kuin muun talotekniikan. Sairaalakaasujen suunnitteluun käytettävästä suunnitteluohjelmistossa havaittiin myös sellainen suunnittelutyötä hidastava asia, että samanaikaisesti voi piirtää vain yhtä kaasuputkea kerrallaan. Suunnitteluohjelman kaasuputken piirtotyökalua kannattaisikin kehittää niin, että eri kaasulaatujen putkia pystyisi piirtämään yhtäaikaisesti.

Sairaalahankkeissa eri alojen suunnittelijat tekevät suunnittelutyötään usein samanaikaisesti, jolloin suunnitteluaikeisten muutosten määrä on suuri. Sairaalakaasusuunnittelijan kannattaakin mahdollisimman aikaisessa vaiheessa hanketta valita usein toistuvista hoitotiloista aina yksi tila, jota käyttää malliesimerkkinä. Kun suuria muutoksia ei enää ole tiedossa, kannattaa suunnittelijan mallitilojen perusteella piirtää loputkin tilat. Jos kaikki tilat suunnitellaan valmiiksi jo hyvin aikaisessa vaiheessa, joudutaan tulevien muutosten vuoksi jo valmiiksi piirrettyjä suunnitelmia muokkaamaan hyvin paljon.

Lähteet

- 1 Sairaalakaasujärjestelmien suunnittelu-, asennus- ja huolto-ohje. 2014. Verkkoaineisto. Suomen Sairaalatekniikan yhdistys ry. <http://ssty.fi/lvi-jaos/files/2014/04/Sairaalakaasu_WEB.pdf>
- 2 LVI-jaos. Verkkoaineisto. Suomen Sairaalatekniikan yhdistys ry. <<http://ssty.fi/lvi-jaos/>> Luettu 15.10.2019.
- 3 DH Estates and Facilities Directorate. 2006. Health Technical Memorandum 02-01: Medical Gas Pipeline Systems - Part A Design, Installation, Validation and Verification. Verkkoaineisto. British Compressed Gases Association. <http://www.bcgga.co.uk/assets/HTM_02-01_Part_A.pdf>. Luettu 15.10.2019.
- 4 Tärkeää tietoa kaasunkäytöstä sairaalassa. Verkkoaineisto. Linde Healthcare Oy. <https://www.linde-healthcare.fi/fi/images/Important%20information%20about%20use%20of%20gases%20in%20hospitals.%20Finnish%20version_tcm633-177744.pdf>. Luettu 15.10.2019.
- 5 European pharmacopoeia 10th Edition 2020. <https://www.edqm.eu/en/european-pharmacopoeia_10th_edition>
- 6 Valtioneuvoston asetus painelaitteista 1548/2016.
- 7 Kemikaalien varoitusmerkit. Verkkoaineisto. Turvallisuus- ja kemikaalivirasto. <<https://tukes.fi/kemikaalit/clp-luokitus-merkinnat-ja-pakkaaminen/kemikaalien-merkinnat/varoitusmerkit>>. Luettu 15.10.2019.
- 8 Valmisteyhteenveto: Woikoski Lääkeilma AWO 100%, lääkkeellinen kaasu, puristettu. 17.2.2015. Verkkoaineisto. Fimea. <<https://spc.fimea.fi/index/nam/html/nam/humspc/5/10835635.pdf>>. Luettu 15.10.2019.
- 9 Hakkarainen, Jukka. 2019. Projektipäällikkö. Ramboll Finland Oy. Keskustelu 16.10.2019.
- 10 Hapen turvallinen käsittely ja varastointi. 2003. Verkkoaineisto. Turvatekniikan keskus. <<https://tukes.fi/documents/5470659/6410029/Hapen+turvallinen+k%C3%A4sittely+ja+varastointi/6112a5b2-42b3-4a75-8017-1052e10d86bd/Hapen+turvallinen+k%C3%A4sittely+ja+varastointi.pdf?version=1.2>>. Luettu 15.10.2019.
- 11 Valmisteyhteenveto: Woikoski Lääkehappi AWO 100%, lääkkeellinen kaasu, puristettu. 17.12.2017. Verkkoaineisto. Fimea. <<https://spc.fimea.fi/index/nam/html/nam/humspc/5/10008945.pdf>>. Luettu 15.10.2019.

- 12 Sairaalahapen markkinat uusjaon kynnyksellä. 6.9.2016. Verkkoaineisto. Yle MOT. <<https://yle.fi/aihe/artikkeli/2016/09/01/sairaalahapen-markkinat-uusjaon-kynnyksella>>. Luettu 15.10.2019
- 13 Valmisteyhteenveto: Woikoski lääkkeellinen ilokaasu AWO 100%, lääkkeellinen kaasu, nesteytetty. 6.6.2019. Verkkoaineisto. Fimea. <<https://spc.fimea.fi/indox/nam/html/nam/humspc/7/11130077.pdf>>. Luettu 15.10.2019.
- 14 Valmisteyhteenveto: Woikoski lääkkeellinen karbogeeni AWO 5 % / 95 %, lääkkeellinen kaasu, puristettu. 17.2.2015. Verkkoaineisto. Fimea. <<https://spc.fimea.fi/indox/nam/html/nam/humspc/9/10876429.pdf>>. Luettu 15.10.2019.
- 15 SFS-EN ISO 7396-1:2016. Sairaalakaasuputkistot. Osa 1: Paineistettujen sairaalakaasujen ja alipaineen putkistot. Suomen Standardisoimisliitto ry.
- 16 Kaasunjakelujärjestelmät, Tuotetietokokoelma Versio 3, 16.2.2016. Verkkoaineisto. Linde Healthcare Oy. <https://www.linde-healthcare.fi/fi/images/Kaasunjakeluj%C3%A4rjestelm%C3%A4t%20-%20tulostettava%20versio%20-ver3_tcm633-245257.pdf>. Luettu 22.10.2019.
- 17 uAIR medical air system. Verkkoaineisto. Oy Atlas Copco Ab. <https://www.atlascopco.com/fi-fi/compressors/products/Medical_gas_equipment/uair_medical_air_system>. Luettu 11.11.2019.
- 18 Ryytänen, Jouko. 2019. Sairaalainsinööri. Pohjois-Karjalan terveydenhoito- ja sosiaalipalvelujen kuntayhtymä. Sähköpostikeskustelu 1.10.2019.
- 19 Kuvia sairaalakaasujärjestelmistä erilaisista sairaalahankkeista. Ramboll Finland Oy.
- 20 TalotekniikkaRYL 2002, Osa 1. Talotekniikan rakentamisen yleiset laatuvaatimukset. Rakennustieto Oy.
- 21 Nestemäisten kaasujen säiliöt ja astiat. Verkkoaineisto. Oy Woikoski Ab. <<http://www.woikoski.fi/fi/node/84/mid/672>>. Luettu 1.11.2019.
- 22 Oxygen generator systems- technical datasheet. Verkkoaineisto. Pneumatec medical gas solutions. <<https://www.p-mgs.com/content/dam/brands/Pneumatech%20MGS/lost-and-found/documents/tds/8102341150%20Oxygen%20Generator%20TDS.pdf>>. Luettu 1.11.2019.

- 23 Myllykoski, Jari. 18.12.2015. Kirjallinen kysymys happigeneraattorien käyttöön-
otosta terveydenhuollossa. Eduskunta Kirjallinen kysymys KK 390/250 vp.
Verkkoaineisto. <[https://www.eduskunta.fi/FI/vaski/Kysymys/Docu-
ments/KK_390+2015.pdf](https://www.eduskunta.fi/FI/vaski/Kysymys/Documents/KK_390+2015.pdf)>. Luettu 15.10.2019.
- 24 SFS-EN 13348:2016 Kupari ja kupariseokset. Saumattomat pyöreät kupariput-
ket sairaalakaasuille tai alipaineelle. Suomen standardisoimisliitto SFS.
- 25 Painelaitedirektiivi 20124/68/EU. Verkkoaineisto. <[https://eur-lex.europa.eu/le-
gal-content/FI/TXT/PDF/?uri=CELEX:32014L0068&from=EN](https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/PDF/?uri=CELEX:32014L0068&from=EN)>. Luettu
30.10.2019.
- 26 Lahdelma, Heikki. 2017. Painelaitteen vaatimustenmukainen valmistaminen. In-
sinööriyö. Lahden Ammattikorkeakoulu. Theseus-tietokanta.
- 27 Sa-Va Painevahti tetra-almatic plus.4-kaasulle. Verkkoaineisto. Sairaalaravuste
Oy. <[http://84.34.147.56/~savasl/wp-content/uploads/2018/06/Painevahti-tet-
raalmatic-plus-4-kaasulle.pdf](http://84.34.147.56/~savasl/wp-content/uploads/2018/06/Painevahti-tet-
raalmatic-plus-4-kaasulle.pdf)>. Luettu 22.10.2019.
- 28 Sa-Va Pikasulkukotelo esite 2019. Verkkoaineisto. Sairaalaravuste Oy.
<[https://www.sa-vasairaalaravuste.fi/wp-content/uploads/2019/03/pikasulkuko-
telo-esite-2019.pdf](https://www.sa-vasairaalaravuste.fi/wp-content/uploads/2019/03/pikasulkuko-
telo-esite-2019.pdf)>. Luettu 22.10.2019.
- 29 SFS-EN ISO 9170-1 Sairaalaravusputkistojen kaasunottoventtiilit. Osa 1: Pai-
neistettujen sairaalaravusujen ja alipaineen kaasunottoventtiilit. Suomen stan-
dardisoimisliitto SFS.
- 30 Dialyysipilarit. Verkkoaineisto. PrimaMedical Oy. <[http://www.primamedi-
cal.fi/fi/Omat+tuotteet/Dialyysipilarit+.html](http://www.primamedi-
cal.fi/fi/Omat+tuotteet/Dialyysipilarit+.html)>. Luettu 23.10.2019.
- 31 Auflex Dialyysi. Verkkoaineisto. Fagerhult. <[https://www.fagerhult.com/fi/Tuot-
teet/aluflex-dialyysi/aluflex-dialyysi/](https://www.fagerhult.com/fi/Tuot-
teet/aluflex-dialyysi/aluflex-dialyysi/)>. Luettu 23.10.2019.
- 32 Kattokeskukset korkeussäädöllä. Verkkoaineisto. Merivaara. <[https://www.meri-
vaara.fi/Tuotteet/Kategoriat/kattokeskukset/kattokeskukset--korkeussaa-
dolla/ProductCard](https://www.meri-
vaara.fi/Tuotteet/Kategoriat/kattokeskukset/kattokeskukset--korkeussaa-
dolla/ProductCard)>. Luettu 23.10.2019.
- 33 HyPort Series Medical Supply Unit. Verkkoaineisto. Mediq. <[https://www.me-
diq.fi/ASIAKKAAT/Terveysthuolto/Leikkaussalilaitteet/Kattokeskukset#](https://www.me-
diq.fi/ASIAKKAAT/Terveysthuolto/Leikkaussalilaitteet/Kattokeskukset#)>. Lu-
ettu 23.10.2019.
- 34 Merivaaran leikkaussalilaitteet. 14.12.2017. Verkkoaineisto. Suomen sairaala-
tekniikan yhdistys ry. <[http://ssty.fi/laakintatekniikanjaos/files/2018/02/Meri-
vaara-SSTY-14122017_2.pdf](http://ssty.fi/laakintatekniikanjaos/files/2018/02/Meri-
vaara-SSTY-14122017_2.pdf)>. Luettu 27.10.2019.

- 35 Kovanen, Antti. 2019. Projektipäällikkö. Ramboll Finland Oy. Keskustelu 9.9. 2019.
- 36 Karjalainen, Senja. 10.2.2014. Mallitilat sairaalasuunnittelun apuna ”Case KYS”. Verkkoaineisto. Suomen sairaalatekniikan yhdistys ry. <http://ssty.fi/download/hki2014/019_Senja_Karjalainen.pdf>. Luettu 23.10.2019.
- 37 Yleiset tietomallivaatimukset 2012, Osa 4 Talotekninen suunnittelu. Verkkoaineisto. Building Smart Finland. <https://buildingsmart.fi/wp-content/uploads/2016/11/ytv2012_osa_4_tate.pdf>. Luettu 23.10.2019.
- 38 Karjalainen, Perttu. 2019. Leikkaussalin kohdepoistojärjestelmät. Insinööriyö. Oulun ammattikorkeakoulu. Theseus-tietokanta.
- 39 Sosiaali- ja terveysministeriön asetus haitallisiksi tunnetuista pitoisuuksista 538/2018.
- 40 Terminal units for anaesthetic gas scavenging system. PDF-tiedosto. 2019. Medicop.
- 41 Sa-Va Medicvent 2020. Verkkoaineisto. Sairaalaruste Oy. <<https://www.savasairaalaruste.fi/wp-content/uploads/2019/11/Medicvent-2020.pdf>>. Luettu 22.10.2019.
- 42 Saksio, Luka. 2019. Tekninen myyjä. Halton Oy. Sähköpostikeskustelu 3.12.2019.

Liite 1. Terveysthuollossa käytettävät kaasut (lähde: Linde Healthcare)

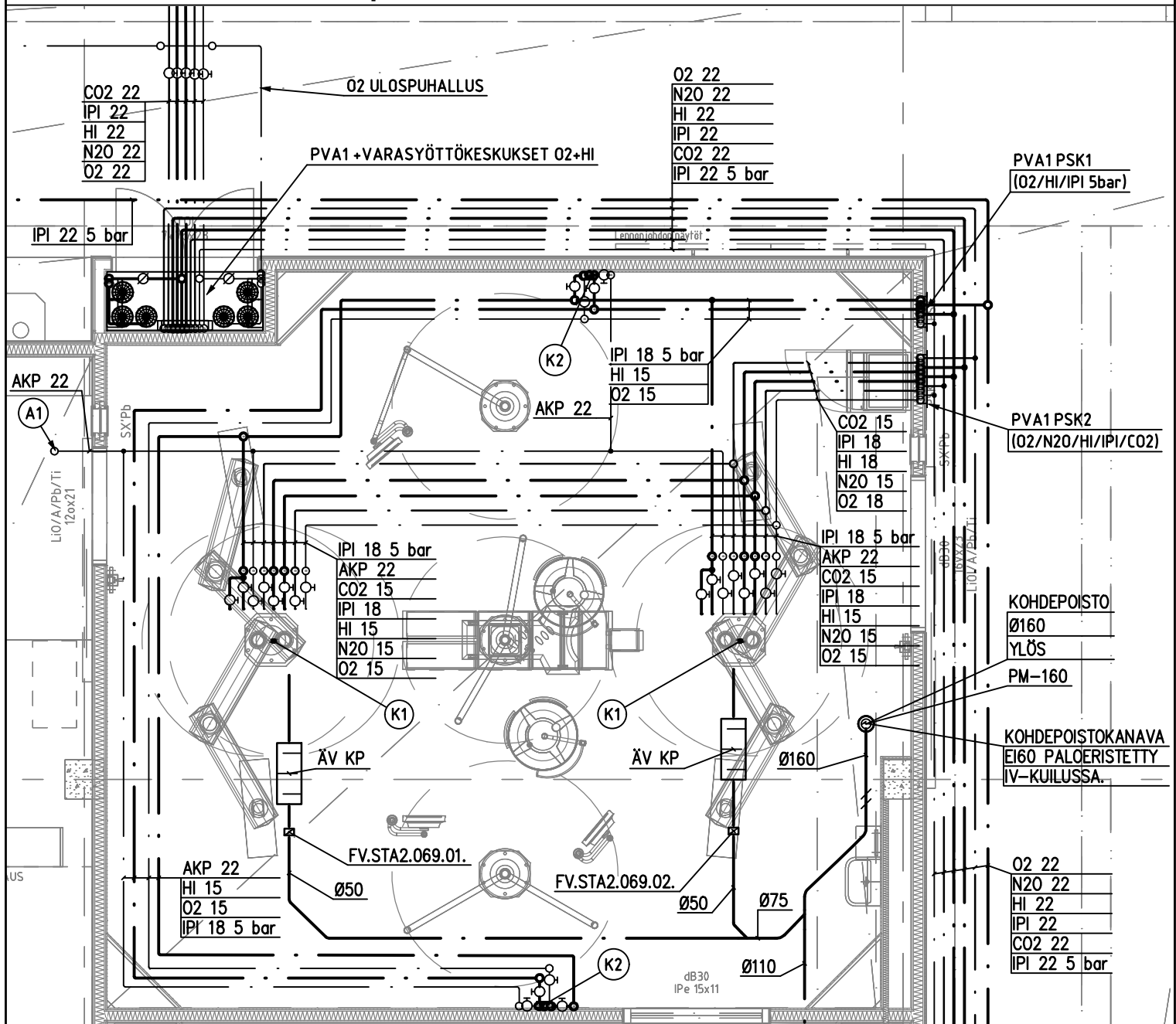
Kaasu	Koostumus	Kaasupullon hartiaosan tunnisteväri	Kaasupullon rungon väri	Käyttöesimerkkejä
Lääkkeellinen happi	O ₂	Valkoinen	Valkoinen	Hapenpuutteen hoitoon, osana tuorekaasuvirtausta anestesiassa ja tehohoidossa.
Lääkkeellinen dityppioksidi	N ₂ O	Sininen	Valkoinen	Anestesia, kivunlievitys
Lääkkeellinen happi-ilokaasuseos	N ₂ O+O ₂	Valkoinen/sininen	Valkoinen	Kivunlievitys
Lääkkeellinen typpioksidi	NO+N ₂	Turkoosi	Valkoinen	Pysyvä keuhkojen hypertensio vastasyntyneillä (PPHN) ja keuhkojen hypertensio sydänkirurgian yhteydessä
Lääkkeellinen hengitysilma	O ₂ +N ₂	Valkoinen/musta	Valkoinen	Hengityslaittehoito, anestesian osatekijä, ponnekaasu
Lääkkeellinen keuhkofunktio-kaasu	CO+He+O ₂ +N ₂ tai CO+C ₂ H ₂ +CH ₄ +O ₂ +N ₂	Vaaleanvihreä	Valkoinen	Keuhkojen toiminnan testaaminen
Keuhkofunktio-kaasu He 9,3%	He O ₂ +N ₂	Vaaleanvihreä	Valkoinen	Keuhkojen toiminnan mittaaminen
Carboair5, 5% CO ₂	CO ₂ +O ₂ +N ₂	Harmaa/valkoinen/musta	Valkoinen	Astmatesti
Carbogen5, 5%CO ₂	CO ₂ +O ₂	Valkoinen/harmaa	Valkoinen	Astmatesti
BITG 20% CO ₂	CO ₂ +O ₂	Valkoinen/harmaa	Valkoinen	Eräät neurologiset vauriot
21% O ₂ /He	O ₂ +He	Valkoinen/ruskea	Valkoinen	Spirometrimittaus
Nestemäinen typpi säiliötoimituksina, LIN	N ₂			Biologisen materiaalin kryosäilytys (solut, kudokset, veri, sperma jne) kryokirurgia
Hiilidioksidi	CO ₂			Laparoskopia, kryoterapia, kryokirurgia
Typpi	N ₂	Musta	Hopea/musta	Paineistus
Helium	He	Ruskea	Hopea	Kalibrointi- ja kantokaasu
Nestemäinen helium, LHe	He			Jäähdytysaine MRI:n yhteydessä
Argon	Ar	Tummanvihreä	Hopea	Suojakaasu diatermiassa Argonplasma diatermiassa
Erikoispuhtaat kaasut ja seoskaasut		Hopea (myrkylliset=keltainen, palovaaralliset=punainen)	Hopea	Verianalyysi, biologinen viljely, laboratorioskäyttö kuten kalibrointi- ja kantokaasu sekä laserhoito

Liite 2. Lääkkeellisiä kaasuja ohjaavia lakeja, määräyksiä, standardeja ja ohjeita

- Lääkelaki 395/1987
- Laki terveydenhuollon laitteista ja tarvikkeista 629/2010
- Sosiaali- ja terveysministeriön asetus haitallisiksi tunnetuista pitoisuuksista 538/2018
- Lääkinnällisistä laitteista annettu neuvoston direktiivi 93/42/ETY 1993
- Kemikaalilaki 599/2013 (Kemikaaliasetusta 675/1993 ei sovelleta lääkevalmisteisiin)
- Valtioneuvoston asetus vaarallisten kemikaalien käsittelyn ja varastoinnin valvonnasta 685/2015
- Lääkealan turvallisuus- ja kehittämiskeskuksen (Fimea) määräys 6/2012: Sairaala-apteekin ja lääkekeskuksen toiminta
- European Pharmacopoeia 9th Edition 2016 (9.8)
- Painelaitelaki 1144/2016 & 797/2017
- Valtioneuvoston asetus painelaitteista 1548/2016
- Valtioneuvoston asetus painelaiteturvallisuudesta 1549/2016
- Valtioneuvoston asetus yksinkertaisista painesäiliöistä 1550/2016
- SFS-EN ISO 5359-:en:2014&A1:2017 Sairaalakaasujen kanssa käytettävät matalapaineiset letkustot
- SFS-EN ISO 7396-1:en:2016&A1:2019 Sairaalakaasuputkistot.
Osa 1: Paineistettujen sairaalakaasujen ja alipaineen putkistot
- SFS-EN ISO 9170-1:en:2008 Sairaalakaasuputkistojen kaasunottoventtiilit. Osa 1: Paineistet-
tujen sairaalakaasujen ja alipaineen kaasunottoventtiilit
- SFS-EN ISO 9170-2:en:2008 Sairaalakaasuputkistojen kaasunottoventtiilit.
Osa 2: Anesteettipoistojärjestelmän kaasunottoventtiilit
- SFS-EN ISO 10524-1:en:2019 Sairaalakaasujen kanssa käytettävät paineensäätimet.
Osa 1: Paineensäätimet sekä virtausnopeusmittarilla varustetut paineensäätimet
- SFS-EN ISO 10524-2:en:2019 Sairaalakaasujen kanssa käytettävät paineensäätimet.
Osa 2: Kokoojaputkissa ja -putkistoissa käytettävät paineensäätimet
- SFS-EN ISO 10524-3:en:2019 Sairaalakaasujen kanssa käytettävät paineensäätimet.
Osa 3: Pulloventtiilien paineensäätimet
- SFS-EN ISO 10524-4:en:2008 Sairaalakaasujen kanssa käytettävät paineensäätimet. Osa 4:
Matalapaineiset paineensäätimet
- SFS-EN ISO 11011: en:2013 Compressed air. Energy efficiency. Assesment.
- SFS-EN 13348:2016 Kupari ja kupariseokset. Saumattomat pyöreät kupariputket sairaalakaasuille tai alipaineelle.
- SFS-EN 13445-1:en:2014/A2:2018 Lämmittämättömät painesäiliöt. Osa 1: Yleistä

- SFS-EN 13445-2:2014+A1:2016+A2:2018+A3:2018 Lämmittämättömät painesäiliöt.
Osa 2: Materiaalit
- SFS-EN 13445-3:2014/A5:2018 Lämmittämättömät painesäiliöt. Osa 3: Suunnittelu
- SFS-EN 13445-4:2014 Lämmittämättömät painesäiliöt. Osa 4: Valmistus
- SFS-EN 13445-5:en:2014/A1:2018 Lämmittämättömät painesäiliöt. Osa 5: Tarkastus ja testaaminen
- SFS-EN ISO 14644-1:2015 Puhdastilat ja puhtaat alueet. Osa 1: Hiukkaspitoisuuden perusteella tehtävä puhtausluokitus.
- SFS-EN ISO 14644-1:2015 Puhdastilat ja puhtaat alueet. Osa 2: Puhdastilan ilmanpuhtauden seuranta hiukkaspitoisuuden perusteella.
- SFS-EN ISO 14644-1:2001 Puhdastilat ja puhtaat alueet. Osa 4: Suunnittelu, rakentaminen ja käynnistys
- SFS-EN ISO 14971:2012 Terveystuon laitteen ja tarvikkeiden riskienhallinnan soveltaminen terveydenhuollon laitteisiin ja tarvikkeisiin.
- SFS-EN ISO 15001:en:2011 Anestesia- ja hengityskoneet. Yhteensopivuus hapen kanssa
- TalotekniikkaRYL 2002 Osa 1, luku G5 Kaasujärjestelmät (Huom! suuri osa teoksessa viitatuista laeista, asetuksista ja standardeista on kumottu.)
- Asetus rakennusten paloturvallisuudesta 848/2017. 2017. Ympäristöministeriö.
- HTM 02-01:Medical gas pipeline systems. Part A:Design, installation, validation and verification.
- HTM 02-01:Medical gas pipeline systems. Part B:Operational management

Liite 3. Leikkaussalin tasopiirustus



K1 = KATTOKESKUSTEN KAASU- JA KAASUNPOISTOLETKUJEN LIITOKSET KAASUVERKOSTOON JA LIITOKSISSA TARVITTAVAT LIITTIMET (SKU).
KAASUT KATTOKESKUKSESSÄ: 4xO2, 1xN2O, 4xHI, 1xIPI, 1xC02, 1xKP, 1xAKP+IPI 5bar, IPI 5bar KAASUJARRUT.

K2 = KAASUPISTEET JA PUTKET ASENNETAAN JOHTOKANAVAAN, JOHTOKANAVAN HANKINTA JA ASENNUS (SU). VARAKAASUPISTEET SEINÄLLÄ: 2xO2, 2xHI, 1xAKP+IPI 5bar

A1 = AKP LIITOS POISTOILMAKANAVAAN, kts. ASENNUSDETALJIT.

PIIRUSTUSMERKINTÖJEN SELITYKSET:

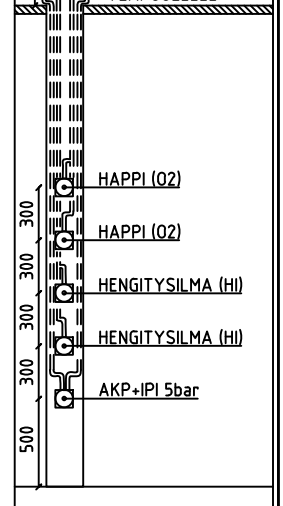
PVA=Painevahti
PSK=Pikasulkukotelo
SKU=Sairaalakaasu-urakka
SU=Sähköurakka
KP=Kohdepoisto
PM=Palomansetti
FV=Säätöventtiili
ÄV=Äänenvaimennin

KAASUJEN LYHENTEET:

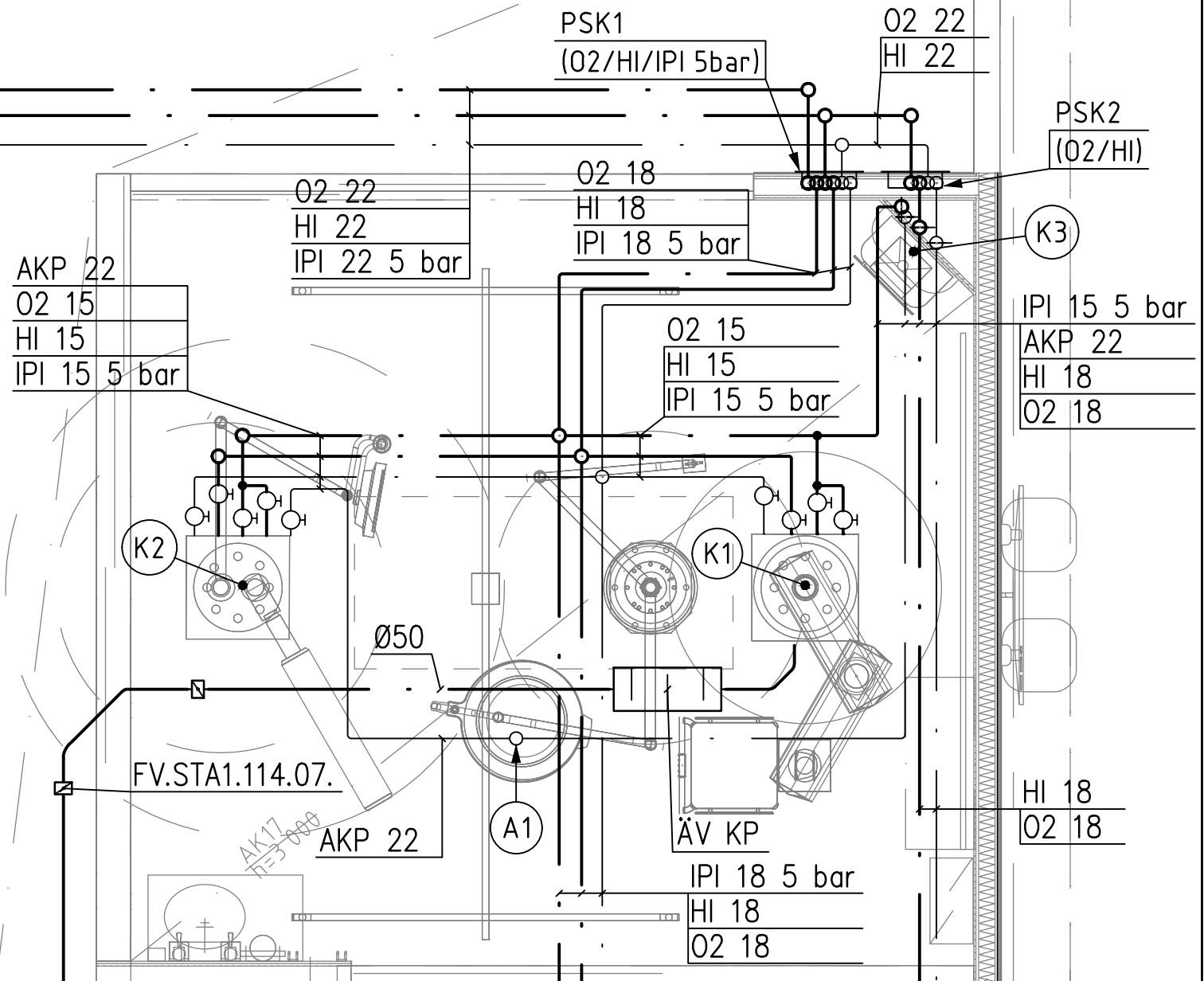
O2=Lääkkeellinen happi
N2O=Lääkkeellinen ilokaasu
HI=Lääkkeellinen ilma
IPI=Instrumentti-ilma 7bar
C02=Lääkkeellinen hiilidioksidi
IPI 5bar= Instrumentti-ilma 5bar
AKP=Anestesiakaasunpoisto/ejektori-imu

PYSTYMAILISEN KAASUKOURUN ASENNUSPERIAATE

SULKUVENTTIILIT
KYTKENTÄPUTKIIN
n. 200mm ALAKATON
YLÄPUOLELLE



Liite 4. Tehohoitopaikan tasopiirustus



- (K1) = KATTOKESKUSTEN (KKS) KAASU- JA KAASUNPOISTOLETKUJEN LIITOKSET KAASUVERKOSTOON JA LIITOKSISSA TARVITTAVAT LIITTIMET (SKU).
KAASUT RASKAS (KKS): 4xO2, 4xHI, 1xKP+IPI 5bar, IPI 5bar KAASUJARRUT
- (K2) = KATTOKESKUSTEN (KKS) KAASU- JA KAASUNPOISTOLETKUJEN LIITOKSET KAASUVERKOSTOON JA LIITOKSISSA TARVITTAVAT LIITTIMET (SKU).
KAASUT KEVYT (KKS): 4xO2, 4xHI, 1xAKP+IPI 5 bar, IPI 5bar KAASUJARRUT
- (K3) = VARAKAASUPISTEET JA PUTKET ASENNETAAN DIALYYSIPILARIIN, DIALYYSIPILARIN HANKINTA JA ASENNUS (KSL). KAASU- JA KAASUNPOISTOLETKUJEN LIITOKSET KAASUVERKOSTOON JA LIITOKSISSA TARVITTAVAT LIITTIMET (SKU).
KAASUPISTEET DIALYYSIPILARISSA: 4xO2, 4xHI, 1xAKP+IPI 5 bar
- (A1) = AKP LIITOS POISTOILMAKANAVAAN, kts. ASENNUSDETALJIT.

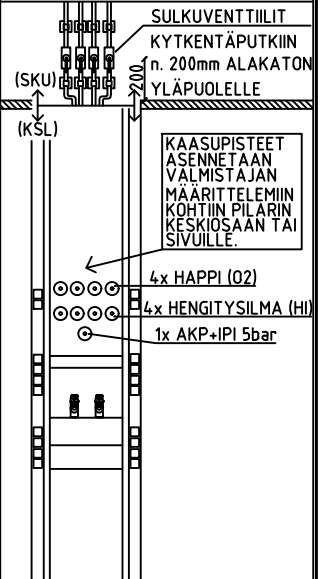
PIIRUSTUSMERKINTÖJEN SELITYKSET:

PSK=Pikasulkukotelo
SKU=Sairaalakaasu-urakka
KKS=Kattokeskus
KP=Kohdepoisto
ÄV=Äänenvaimennin
FV=Säätöventtiili

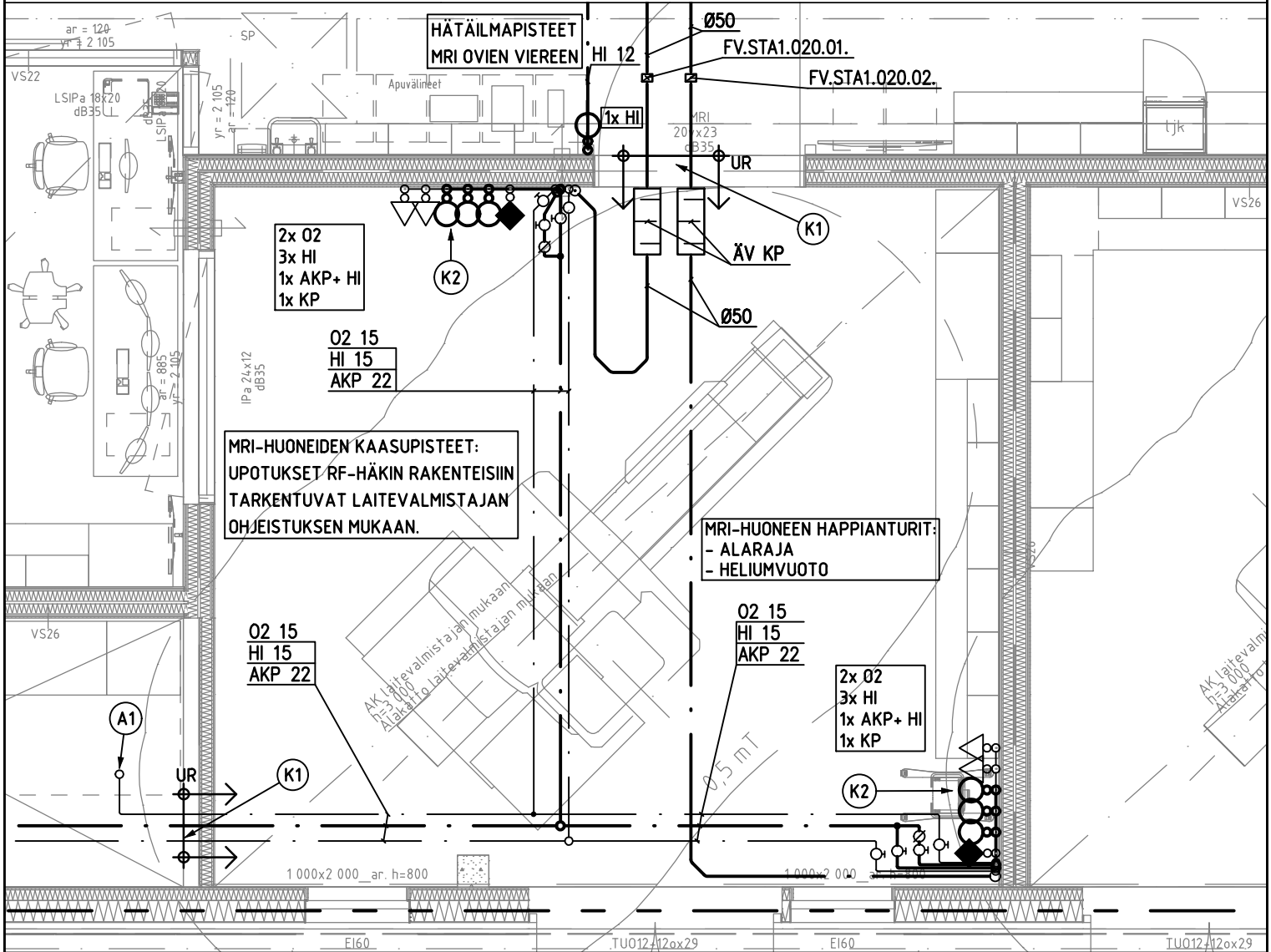
KAASUJEN LYHENTEET:

O2=Lääkkeellinen happi
HI=Lääkkeellinen ilma
IPI 5 bar=Instrumentti-ilma 5 bar
AKP=Anestesiakaasunpoisto/ejektori-imu

DIALYYSIPILARIN SAIRAALAKAASUJEN ASENNUSPERIAATE



Liite 5. MRI-kuvantamisen tasopiirustus



(K1) = 1 JA 2 VAIHEEN URAKKARAJA. 2 VAIHEESSA TEHDÄÄN GALVAANINEN EROTUS, JOSSA SAIRAALAKAASUT TUODAAN TEFLON TAI MUOVI-LÄPIVIENTIPUTKILLA FARADAYN HÄKIN LÄPI MRI-HUONEESEEN JA TULPATAAN TIIVISTI. 3. VAIHEESSA URAKOITSIJA ASENTAA JA KYTKEE MRI-HUONEEN SISÄISET SAIRAALAKAASUJÄRJESTELMÄT LAITETOIMITTAJAN OHJEIDEN MUKAISESTI.

(K2) = KAASUPISTEET JA PUTKET ASENNETAAN JOHTOKANAVAAN, JOHTOKANAVAN HANKINTA JA ASENNUS (SU). KOHDEPOISTOPUTKI DN 32 OMASSA JOHTOKANAVASSA. KAASUPISTEET SEINÄLLÄ: 2xØ2, 3xHI, 1xKP, 1xAKP+HI.

(A1) = AKP LIITOS POISTOILMAKANAVAAN, kts. ASENNUSDETALJIT.

PIIRUSTUSMERKINTÖJEN SELITYKSET:

SKU=Sairaalakaasu-urakka

SU=Sähkourakka

KP=Kohdepoisto

ÄV=Kohdepoiston äänenvaimennin

FV=Kohdepoiston säätöventtiili

KAASUJEN LYHENTEET:

Ø2=Lääkkeellinen happi

HI=Lääkkeellinen ilma

AKP=Anestesiakaasunpoisto/ejektori-imu

VAAKAMALLISEN KAASUKOURUN ASENNUSPERIAATE

ETÄISYYDET KOURUJEN KESKIKOHDAN MUKAAN.

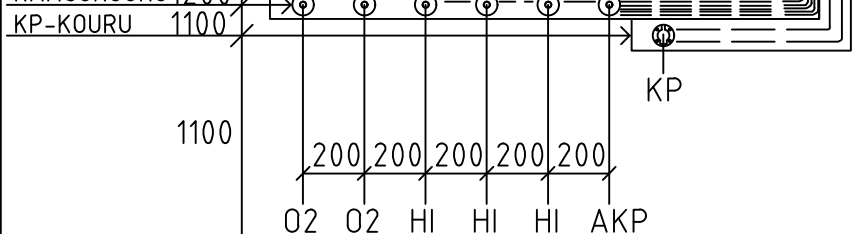
KAASUNOTTO- JA SÄHKÖPISTEIDEN VÄLINEN ETÄISYYS VÄHINTÄÄN 200mm.

SÄHKÖ- JA KAASUKOURUN VÄLINEN TYHJÄ TILA KOTELOIDAAN UMPEEN.

SÄHKÖKOURU 1400

KAASUKOURU 1200

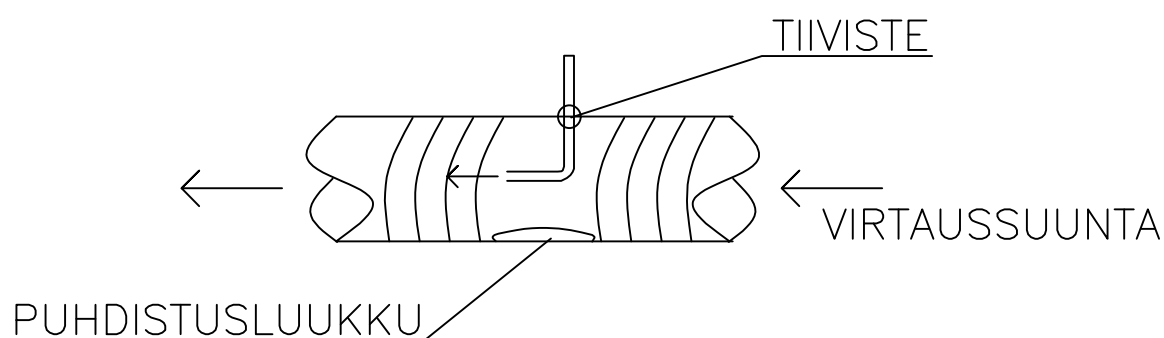
KP-KOURU 1100



AKP LIITTÄMINEN POISTOILMAKANAVAAN

ANESTESIAKAASUNPOISTOT VIEDÄÄN SUUNNITELMIEN MUKAISESTI LIKAISEN POISTON KANAVAAN TAI POISTOILMAKANAVAAN, JOKA EI MENE KIERTO- /PALAUTUSILMAKSI. KANAVASSA AKP-PUTKI TAITETAAN VIRTAUSSUUNNAN MUKAISESTI. LIITOKSEN ALAPUOLELLE ASENNETAAN PUHDISTUSLUUKKU.

SAIRAALAKAASU-URAKOITSIJA OHJEISTAA IV-URAKOITSIJAA KAASUNPOISTON LÄPIVIENNIN, TIIVISTYKSEN JA PUHDISTUSLUUKUN SIJOITUKSESSA.

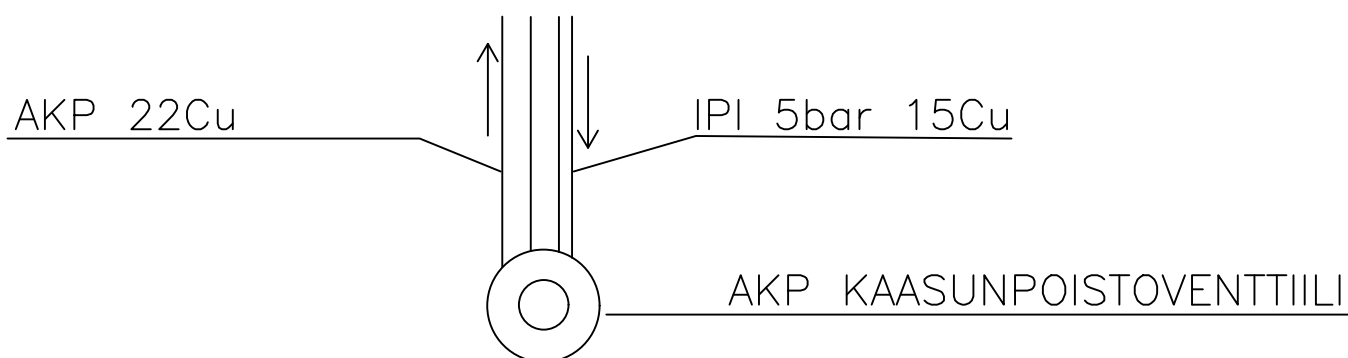


AKP KAASUNPOISTOVENTTIILIN KYTKENTÄ

AKP KAASUNPOISTOVENTTIILIT ASENNETAAN SUUNNITELMIEN MUKAISESTI KATTOKESKUKSIIN, KAASUKOURUIHIN TAI DIALYYSIPILAREIHIN.

VENTTIILIN KÄYTTÖVOIMANA TOIMII IPI 5bar.

KAASUNPOISTOPUTKI VIEDÄÄN POISTOILMAKANAVAAN.



KOHDEPOISTOPUTKISTON ASENNUSPERIAATTEITA

