

Marko Sutinen

SAIRAALAKAASUJÄRJESTELMIEN SUUNNITTELU

Opinnäytetyö
Talotekniikka


Huhtikuu 2014




MAMK

University of Applied Sciences

KUVAILULEHTI

	Opinnäytetyön päivämäärä 27.4.2014		
Tekijä(t) Marko Sutinen	Koulutusohjelma ja suuntautuminen Talotekniikka		
Nimeke Sairaalakaasujärjestelmien suunnittelu			
Tiivistelmä <p>Sairaalakaasujärjestelmien suunnittelun lähtökohtana ovat asiakkaan määrittelemät tarpeet. Suunnittelun tavoitteena on varmistaa, että sen pohjalta toteutettavat kaasunjakelujärjestelmät ovat turvallisia ja taloudellisia käyttää sekä tarjoavat luotettavan, keskeytymättömän kaasunjakelun potilaiden hoitoon.</p> <p>Tämän kirjallisuuskatsauksena toteutetun opinnäytetyön tavoitteena oli luoda lainsäädännön-, viranomaisten- ja standardien vaatimukset huomioiva ohjeistus yleisimpien, potilaiden hoitoon tarkoitettujen sairaalakaasujen keskusjakelujärjestelmien ja kaasumaisten epäpuhtauksien poistoon tarkoitettujen kohdepoistojärjestelmien suunnitteluun.</p> <p>Sairaalakaasujärjestelmän suunnittelijan tulee huolehtia siitä, että hänellä on suunnittelun tukena ajan tasalla olevat sairaalakaasujärjestelmien suunnittelua ohjaavat lait, määräykset ja standardit. Tämä opinnäytetyö on tehty laadintahetkellä voimassa olleiden materiaalien perusteella.</p> <p>Tässä opinnäytetyössä käsitellään yleisimmät keskusjakelujärjestelmän kautta johdetut, potilaiden hoitoon tarkoitettut lääkkeelliset kaasut (hengitysilma, happi, dityppioksidi ja hiilidioksidi) sekä kirurgisten välineiden käyttövoimana käytettävä instrumentti-ilma.</p> <p>Sairaalakaasujärjestelmän suunnittelu esitetään tässä opinnäytetyössä prosessina, joka etenee loogisesti mitoitusvirtaaman määrittelystä syöttöjärjestelmän valinnan, sijoituksen ja tilantarpeen kautta kaasun jakeluputkiston mitoitukseen ja päättyy suunnitelman dokumentointiin.</p> <p>Tämä opinnäytetyö on laadittu osaksi Suomen Sairaalatekniikan yhdistyksen (SSTY ry) julkaisemaa Sairaalakaasujärjestelmien suunnittelu-, asennus- ja huolto-ohjetta, joka on ladattavissa ilmaiseksi SSTY:n verkkosivuilta (ssty.fi).</p>			
Asiasanat (avainsanat) LVI-suunnittelu, sairaalatekniikka, sairaalakaasujärjestelmät, sairaalakaasut, lääkkeelliset kaasut, tekninen suunnittelu, kaasut, kaasuputkistot			
Sivumäärä 71 + 16	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 33%;">Kieli suomi</td> <td style="width: 33%;">URN</td> </tr> </table>	Kieli suomi	URN
Kieli suomi	URN		
Huomautus (huomautukset liitteistä)			
Ohjaavan opettajan nimi Heikki Salomaa	Opinnäytetyön toimeksiantaja Suomen Sairaalatekniikan yhdistys ry		

DESCRIPTION

		Date of the bachelor's thesis 27.4.2014
Author(s) Marko Sutinen	Degree programme and option Building services	
Name of the bachelor's thesis Designing medical gas pipeline systems		
Abstract The bases of designing medical gas pipeline systems are the demands made by the customer. Aim of the design is to ensure that the systems based on the design are safe and economical to use and provide a reliable, continuous gas supply for use in patient care. The objective of this thesis was to create a guide for designing medical gas pipeline systems and vacuum systems for removing gaseous impurities which takes notice of the requirements set by legislation, official authorities and standards. Person responsible for designing medical gas pipeline systems should ensure that he/she has the latest laws, regulations and standards available while forming the design. This thesis is based on laws, regulations and standards valid at the time of drafting. This thesis was carried out as literary research and it covers the medical gas supply systems most commonly used for patient care (medical air, oxygen, nitrous oxide, carbon dioxide) and surgical air systems which are used to power surgical equipment. In this thesis the designing of medical gas pipeline systems is portrayed as a logically advancing process which begins with defining the design flow, moves through supply system selection, sizing and space requirements to gas pipeline dimensioning and ends with documentation of the design. This thesis was conducted as a part of Design-, installation- and maintenance guide for medical gas systems published by the Hospital techniques association of Finland (SSTY ry). The guide is available for free downloading at the publishers' website (ssty.fi).		
Subject headings, (keywords) HVAC-design, hospital techniques, medical gas, medical gas systems, medical gas pipelines, technical design		
Pages 71 + 16	Language finnish	URN
Remarks, notes on appendices		
Tutor Heikki Salomaa	Bachelor's thesis assigned by Hospital techniques association of Finland NPO	

SISÄLTÖ

1	JOHDANTO	1
2	MENETELMÄT	1
3	YLEISTIETOA SAIRAALAKAASUISTA.....	2
3.1	Sairaalakaasujen käyttöturvallisuus	3
3.2	Lääkkeellinen ilma eli hengitysilma	5
3.3	Instrumentti-ilma.....	6
3.4	Lääkkeellinen happi	6
3.4.1	Kryogeenisesti tuotettu lääkkeellinen happi	8
3.4.2	Happirikastimella tuotettu lääkkeellinen happi.....	8
3.5	Lääkkeellinen dityppioksidi eli ilokaasu	9
3.6	Lääkkeellinen hiilidioksidi	9
4	LAIT, MÄÄRÄYKSET JA OHJEET	11
5	SUUNNITTELUPROSESSI	13
5.1	Painelaitteiden luokittelu	14
5.2	Painelaitteiden rekisteröinti ja sijoitussuunnitelma.....	16
5.3	Kaasujärjestelmien laajennukset ja muutokset.....	17
6	SAIRAALAKAASUJEN KULUTUKSEN MÄÄRITTELY.....	17
6.1	Kaasupisteiden määrä ja sijainti.....	17
6.2	Sairaalakaasujen muut käyttökohteet.....	20
6.3	Mitoitusvirtaaman laskeminen.....	21
6.4	Vuosikulutuksen arvioiminen.....	23
7	SAIRAALAKAASUJEN SYÖTTÖJÄRJESTELMÄT	24
7.1	Syöttölähteet	25
7.1.1	Ilmakompressorijärjestelmät	26
7.1.2	Nestesäiliöasemat	31
7.1.3	Happirikastinjärjestelmät	33
7.1.4	Kaasukeskukset	35
7.2	Ohjaus-, seuranta- ja hälytysjärjestelmät.....	37
7.3	Syöttölähteiden sijoitus ja tilantarve	38
7.3.1	Kompressorihuone	39
7.3.2	Kaasukeskushuone.....	39

7.3.3	Happirikastinjärjestelmät	40
7.3.4	Nestesäiliöasema.....	41
8	SAIRAALAKAASUJEN JAKELUPUTKISTO	41
8.1	Putkistojen luokitus.....	41
8.2	Kaasuputkiston materiaalit ja komponentit	42
8.3	Kaasunjakelulaitteet	43
8.3.1	Vakauttamissäädin	43
8.3.2	Painevahti	44
8.3.3	Pikasulkukotelo	45
8.3.4	Sulku- ja yksisuuntaventtiilit	47
8.3.5	Kaasupisteet ja -liittimet	47
8.4	Käyttöalueet ja hälytykset	48
8.5	Kaasuputkiston jakelupaine	49
8.6	Kaasuputkiston rakenne ja sijoitus.....	51
8.7	Kaasuputkiston mitoitus	53
9	KOHDEPOISTOJÄRJESTELMÄT	56
9.1	Poistopisteiden määrä ja sijainti.....	57
9.2	Putkistomateriaalit ja komponentit	58
9.3	Laitteiden sijoitus ja tilantarve.....	61
9.4	Putkiston mitoitus	62
10	SUUNNITELMIEN DOKUMENTOINTI.....	63
10.1	Työselitys.....	64
10.2	Laiteluettelo	64
10.3	Kytkentä-, periaate- ja säätökaaviot.....	65
10.4	Työpiirustukset	65
11	POHDINTA	67
	LÄHTEET	68

LIITTEET

- Liite 1: Painelaitteiden luokituskuvat (KTMp 938/1999, liite II)
- Liite 2: Sairaalakaasujen mitoitusvirtaaman laskeminen, esimerkit
- Liite 3: Kaasuputkiston mitoituslomake
- Liite 4: Kaasuvirtaus ja painehäviö kupariputkissa
- Liite 5: Vaikutusaluekartta, esimerkit
- Liite 6: Työpiirustukset, esimerkit

MÄÄRITELMIÄ JA LYHENTEITÄ

Tässä opinnäytetyössä tarkoitetaan

Eur.Ph.:lla Euroopan Farmakopeaa (European Pharmacopoeia).

Fimea:lla Lääkealan turvallisuus- ja kehittämiskeskusta.

Tukes:lla Turvallisuus- ja kemikaalivirastoa.

Valvira:lla Sosiaali- ja terveystieteiden lupa- ja valvontavirastoa.

STMa:lla Sosiaali- ja terveystieteiden ministeriön asetusta.

KTMP:llä Kauppa- ja teollisuusministeriön päätöstä.

RakMK:lla Suomen rakentamismääräyskokoelmaa.

SSTY:llä Suomen Sairaalatekniikan yhdistys ry:tä.

CE-merkinnällä tuotteen valmistajan ilmoitusta siitä, että tuote täyttää sitä koskevat Euroopan unionin vaatimukset.

Tarkastuslaitoksella painelaitelaisissa tarkoitetuista tarkastuslaitoksista annetun asetuksen mukaista hyväksyttyä laitosta ja omatarkastuslaitosta, joka on hyväksytty suorittamaan tämän päätöksen mukaisia tehtäviä.

SKU:llä sairaalakaasu-urakkaa, tässä oppaassa sairaalakaasujärjestelmän toimitusta käsitellään havainnollisena yksittäisurakkana. Todellisten suunnittelukohteiden toimitusrajat tulee selvittää kohteen urakkaohjelmasta ja urakkarajaliitteestä.

KSL:llä kiinteitä sairaalalaitteita

Sairaalakaasulla mitä tahansa potilaiden lääketieteelliseen hoitoon tai kirurgisten välineiden käyttöön tarkoitettua kaasua tai kaasuseosta jonka epäpuhtauksille on määritetty rajat.

Sairaalakaasujärjestelmällä täydellistä järjestelmää, joka käsittää syöttöjärjestelmän, ohjaus-, seuranta- ja hälytysjärjestelmän, jakeluputkiston putkistovaruusteineen ja kaasupisteet kohdissa, joissa sairaalakaasuja saatetaan tarvita.

Kaasupisteellä sairaalakaasuputkiston kaasukohtaista ulostulokokoonpanoa, jossa käyttäjä tekee liitännät ja irtikytkennät.

Mitoitusvirtauksella enimmäisvirtausta, joka yksittäisestä kaasupisteestä todennäköisesti tarvitaan.

Tyypillisesti tarvittavalla virtauksella virtausta, joka yksittäisestä kaasupisteestä tavanomaisen käytön aikana tarvitaan.

Mitoitusvirtaamalla virtausta, joka on laskettu sairaalan enimmäisvirtausvaatimusten mukaan ja korjattu eriaikaisuuskertoimella.

Suurimmalla sallitulla käyttöpaineella valmistajan ilmoittamaa suurinta sallittua painetta, jolle laite on suunniteltu.

Nimellisjakelupaineella sitä painetta jota sairaalakaasuputkiston on tarkoitus syöttää kaasunotto pisteessä.

Minimijakelupaineella pienintä sallittua painetta kaasupisteessä, kun syöttöjärjestelmä toimii mitoitusvirtaamalla.

Maksimijakelupaineella suurinta sallittua painetta kaasupisteessä, kun syöttöjärjestelmä toimii nollavirtaamalla.

Nimellisellä syöttöpaineella painetta, jota syöttöjärjestelmän on tarkoitus käyttää verkoston paineensäätimien sisääntulossa.

Yksittäisellä vikatilalla tilaa, jossa laitteen erilliset suojakeinot turvallisuusriskin varalta ovat vioittuneet tai jossa vallitsee jokin ulkopuolinen epätavallinen tila. Laitteen huoltoa pidetään normaalitilana.

1 JOHDANTO

Kaikissa suomalaisissa sairaaloissa ja terveydenhuollon yksiköissä on yleisimmin käytetyille lääkkeellisille kaasuille, eli sairaalakaasuille, keskitetyt kaasunjakelujärjestelmät, joiden tavoitteena on varmistaa turvallinen, taloudellinen ja keskeytymätön kaasunjakelu. Keskitetyssä järjestelmässä sairaalakaasu johdetaan syöttöjärjestelmästä kaasuputkiston kautta kaasunottopisteisiin.

Opinnäytetyöni tavoitteena oli luoda suomenkielinen, yhtenäinen ja selkeä ohjeistus yleisimpien sairaalakaasujen keskusjakelujärjestelmien ja kaasumaisten epäpuhtauksien poistoon tarkoitettujen kohdepoistojärjestelmien suunnitteluun. Opinnäytetyöni on laadittu osaksi Suomen Sairaalatekniikan yhdistyksen (SSTY ry) kokoamaa Sairaalakaasujärjestelmien suunnittelu-, asennus- ja huolto-ohjetta.

Tähän asti ei ole ollut olemassa yhtenäistä suomenkielistä ohjeistoa, jonka perusteella sairaalakaasujärjestelmiä suunnitellaan. Yhtenäisen ohjeiston puuttuessa on sairaalakaasujärjestelmien suunnittelu varsin yleisesti perustunut hajanaisiin, usein vanhentuneisiin tai vieraskielisiin standardeihin, määräyksiin ja ohjeisiin sekä laitevalmistajien kokemukseräisiin neuvoihin. Yhtenäisten ohjeiden puuttuminen on johtanut mm. siihen, että monissa Suomen sairaaloissa eri viranomaisten asettamat vaatimukset sairaalakaasujärjestelmien suunnittelun, asennuksen, huollon ja kunnossapidon osalta eivät täyty.

2 MENETELMÄT

Opinnäytetyöni oli luonteeltaan kirjallisuuskatsaus. Tutustuin sairaalakaasujen valmistusta, myyntiä ja käyttöä sekä syöttöjärjestelmien suunnittelua, rakentamista ja ylläpitoa ohjaavaan lainsäädäntöön, määräyksiin, standardeihin ja ohjeisiin. Tutustuin mahdollisuuksieni mukaan myös vieraskielisiin, muissa Euroopan maissa käytössä oleviin sairaalakaasujärjestelmien suunnitteluohjeisiin niiltä osin, mitä kielitaitoni sallivat.

Kirjallisuuteen tutustuessani pyrin hyödyntämään omaa, yli 10 vuoden työkokemustani sairaalakaasujärjestelmien suunnittelusta sekä SSTY:n Sairaalakaasujärjestelmien suunnittelu-, asennus- ja huolto-ohjeen valmisteluun kokoaman työryhmän asiantun-

temusta, resursseja ja osaamista suunnittelijan kannalta olennaisen tiedon kokoamiseksi tähän suunnitteluohjeeseen. Pyrin kokoamaan saatavillani olleesta materiaalista mahdollisimman selkeän, suunnitteluprosessin kannalta loogisesti etenevän kokonaisuuden.

3 YLEISTIETOA SAIRAALAKAASUISTA

Sairaalat ja terveydenhuollon yksiköt käyttävät kaasuja useisiin eri käyttötarkoituksiin. Potilaiden hoitoon tarkoitettujen lääkkeellisten kaasujen lisäksi sairaaloiden yhteydessä toimivat sairaala-apteekit ja -laboratoriot käyttävät erilaisia kaasuja mm. lääkkeiden valmistukseen, laitteiden kalibrointiin ja erilaisiin tutkimuksiin.

Tässä opinnäytetyössä käsitellään yleisimmät keskusjakelujärjestelmän kautta johdetut, potilaiden hoitoon tarkoitetut sairaalakaasut, eli lääkkeellinen ilma, instrumentti-ilma, lääkkeellinen happi, lääkkeellinen dityppioksidi ja lääkkeellinen hiilidioksidi.

Lääkkeellisellä kaasulla tarkoitetaan kaasua tai kaasuseosta, jonka käyttö perustuu farmakologiseen vaikutukseen, joka on tarkoitettu annosteltavaksi potilaalle hoidolliseen, diagnostiseen tai ehkäisevään tarkoitukseen ja joka on valmistettu ja tarkastettu lääkkeiden hyvien tuotantotapojen mukaisesti (Läkelaki 395/1987, 5 d §).

Painelaitesäädöksissä kaasulla tarkoitetaan kaasuja, nesteytettyjä kaasuja, paineenalaisina liuotettuja kaasuja, höyryjä sekä nesteitä, joiden höyrynpaine korkeimmassa sallitussa lämpötilassa on enemmän kuin 0,5 bar ylipainetta (Tukes 2007a).

Sosiaali- ja terveydenhuollon yksiköissä käytettävien lääkkeellisten kaasujen laadunvarmistus kuuluu sairaala-apteekin ja lääkekeskuksen vastuulle muiden lääkkeiden tapaan. Potilaiden hoitoon käytetään ensisijaisesti myyntiluvallisia lääkkeellisiä kaasuja. Jos potilaiden hoitoon käytetään erityisestä syystä terveydenhuollon toimintayksikössä valmistettavia lääkkeellisiä kaasuja, päätös ja vastuut myyntiluvattoman lääkkeellisen kaasun käyttöön siirtymisestä tulee dokumentoida ja käytön lääketieteellinen vastuuhenkilö tulee olla kirjallisesti nimetty. Lääkkeellisten kaasujen laadusta ja kaasuverkoston asianmukaisuudesta on varmistuttava säännöllisesti vähintään kerran vuodessa ja mahdollisten valmisteisiin ja kaasuverkoston tehtyjen muutosten yhtey-

dessä. Lääkkeellisten kaasujen tulee täyttää taulukossa 1 esitetyt Euroopan farmakopean vaatimukset. (Fimea 6/2012.)

TAULUKKO 1. Lääkkeellisten kaasujen laatuvaatimukset (Eur.Ph. 2013)

Kaasu	Ilma	Happi	Happi (93 %)	Dityppi-oksidi	Hiilidioksidi
Pitoisuus					
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

Suomessa toimilupa lääkkeellisten kaasujen valmistukseen ja myyntiin on tällä hetkellä vain Oy AGA Ab:llä (osa ylikansallista Linde Group -konsernia) ja Oy Woikoski Ab:llä (Salminen 2013).

3.1 Sairaalakaasujen käyttöturvallisuus

Sairaaloissa käytettävillä kaasuilla on useita hyödyllisiä käyttösovelluksia, mutta ne voivat myös aiheuttaa vaaratilanteita. On tärkeää, että kaikki kaasujen kanssa tekemisissä olevat henkilöt käsittelevät kaasuja ohjeiden mukaisesti ja saavat riittävän koulutuksen. Kaikki riskit voidaan eliminoida, kun käyttäjä tuntee kaasujen ominaisuudet ja niiden oikeat, turvalliset käsittelytavat. (Oy AGA Ab 2013a.)

Paineistetut kaasut voidaan luokitella seuraavasti (Oy AGA Ab 2013a):

- **Hapettavat kaasut**

Hapettavat kaasut (sairaalakaasuista ilma, happi ja dityppioksidi) eivät yksin esiintyessään ole syttyviä, mutta ne ylläpitävät palotapahtumaa hapettimina. Pieniäkään määriä rasvaa, öljyä tai orgaanista materiaalia ei saa olla kosketuksessa hapettaviin kaasuihin.

- **Inertit/tukahduttavat kaasut**

Huoneeseen tai muuhun suljettuun tilaan leviävä inertti/tukahduttava kaasu (sairaalakaasuista hiilidioksidi) laskee tilan happipitoisuutta ja hidastaa palamista. Inerttejä kaasuja käytetään tulipalojen sammutukseen alueilla, joilla veden käyttöä on vältettävä (esimerkiksi sähkölaitteita sisältävät tilat).

- **Palavat kaasut**

Nämä kaasut palavat tai räjähtävät syttyessään, kun niiden pitoisuus ilmassa tai hapessa on oikea. Seos ei syty, jos se on liian laiha tai rikas. Rikkaat seokset ovat kuitenkin vaarallisia, sillä ne voivat muodostaa räjähtäviä seoksia vuotoalueen ulkoreunalla.

Painelaitesäädöksissä kaasujärjestelmät jaetaan sisällön mukaan kahteen ryhmään. Ryhmään 1 kuuluvat painelaitesäädösten mukaan vaarallisiksi katsottavat sisällöt ja ryhmään 2 kuuluvat muut sisällöt. (Tukes 2007b.) Tässä opinnäytetyössä käsiteltävistä sairaalakaasuista painelaitesäädösten ryhmään 1 kuuluvat happi ja dityppioksidi.

Lääkkeellisiä kaasuja valmistavien yritysten verkkosivuilta löytyy jokaisesta kaasusta laadittu käyttöturvallisuustiedote. Käyttöturvallisuustiedotteet sisältävät tietoa kaasujen kemiallisista ja fysikaalisista ominaisuuksista, kaasujen säilytyksestä ja varastoinnista sekä toiminnasta onnettomuustilanteessa.

Sosiaali- ja terveysministeriö määrittelee (STMa 1213/2011) haitalliseksi tunnettujen pitoisuuksien ohjeraja-arvot (HTP-arvot) työntekijän hengitysilman epäpuhtauksille. Aineiden ohjeraja-arvot on määritelty hengityksen kautta tapahtuvana altistumisena aineen tai aineryhmän ominaisuuksien mukaan ilman epäpuhtauksien 8 tunnin (HTP_{8h}), 15 minuutin (HTP_{15min}) ja/tai hetkelliselle keskipitoisuudelle. (Linde Healthcare 2013a.)

Taulukossa 2 on esitetty tässä opinnäytetyössä käsiteltyjen sairaalakaasujen kemiallisia ja fysikaalisia ominaisuuksia, HTP-arvot, varoitusmerkinnät sekä vaara- ja turvalausekkeet (Linde Healthcare 2007a-d; 2009).

TAULUKKO 2. Teollisesti tuotettujen sairaalakaasujen ominaisuuksia

Kaasu	Lääkkeellinen ilma	Lääkkeellinen happi	Lääkkeellinen dityppioksidi	Lääkkeellinen hiilidioksidi
Kemiallinen kaava Ainepitoisuus (til%)	N ₂ + O ₂ 79 % + 21 %	O ₂ > 99,5 %	N ₂ O > 98 %	CO ₂ 100 %
Kiehumispiste (101,3 kPa)	-194,35 °C	-182,96 °C	-88,5 °C	-78,4 °C
Suhteellinen tiheys, kaasu (ilma = 1)	1	1,1	1,53	1,53
Suhteellinen tiheys, neste (vesi = 1)	-	1,1	-	-
HTP (8h)	-	-	100 ppm (180 mg/m ³)	5000 ppm (9100 mg/m ³)
HTP (15min)	-	-	- (*)	-
Varoitusmerkki	-	O (hapettava)	O (hapettava)	-
Vaaralausekkeet [R]	-	R8	R8, R67	-
Turvalausekkeet [S]	-	S2, S17	S17, S51	-
Vaaralausekkeet	R8: Aiheuttaa tulipalon vaaran palavien aineiden kanssa. R67: Höyryt voivat aiheuttaa uneliaisuutta ja huimausta.			
Turvalausekkeet	S2: Säilytettävä lasten ulottumattomissa. S17: Säilytettävä erillään syttyivistä kemikaaleista. S51: Huolehdittava hyvästä ilmanvaihdosta.			

*) Suomessa ei ole määritetty raja-arvoa lyhytaikaiselle altistumiselle, mutta käytännössä työpaikoilla on sovellettu tässä kohdin Ruotsin HTP_{15min}-arvoa 500 ppm / 900 mg/m³ (Työterveyslaitos 2011).

3.2 Lääkkeellinen ilma eli hengitysilma

Lääkkeellinen ilma (*Aer medicinalis*) on väritön, hajuton ja mauton kaasu. Se ei ole palava aine, mutta ylläpitää palamista. Lääkkeellinen ilma sisältää noin 21 % happea ja 79 % typpeä, mikä vastaa tavanomaista ympäristössä vallitsevaa ilmaa/huoneilmaa. Lääkkeellisen ilman käytön tarkoitus on varmistaa happipitoisuudeltaan ympäristön ilmaa/huoneilmaa vastaavan kaasun luotettava saanti, ilman riskiä hajujen tai muiden mahdollisesti ärsyttävien aineiden sekoittumisesta siihen. (Linde Healthcare 2012; 2013b; Oy Woikoski Ab 2013a.)

Lääkkeellistä ilmaa kuljetetaan ja varastoidaan puristettuna kaasuna kaasupulloissa, mutta useimmiten keskusjakelujärjestelmän kautta syötetty lääkkeellinen ilma tuotetaan terveydenhuollon toimintayksikössä tarkoitusta varten asennetuilla ilmakompressorijärjestelmillä ja kaasupulloja käytetään korkeintaan varasyöttölähteenä.

Lääkkeellistä ilmaa käytetään korvaamaan tavallinen ympäristön ilma/huoneilma, jos tarvitaan hiukkasia sisältämätöntä ilmaa esimerkiksi: osana tuorekaasuvirtausta hengityskonehoidossa tai anestesian yhteydessä, muiden hengitettävien lääkeaineiden ponneaineena tai puhtaana ilmaa infektioille alttiiden potilaiden hoidossa, kuten elin- tai solusiirron tai laajojen palovammojen yhteydessä (Oy Woikoski Ab 2013a).

3.3 Instrumentti-ilma

Instrumentti-ilman ominaisuudet ovat samat kuin hengitysilman. Euroopan farmakopea ei aseta vaatimuksia instrumentti-ilman laadulle, mutta lähtökohtaisesti instrumentti-ilman on oltava yhtä puhdasta kuin hengitysilman. Instrumentti-ilmaa käytetään ensisijaisesti kirurgisten välineiden (porat, sahat yms.) käyttövoimana leikkaussaleissa.

Instrumentti-ilmaverkostoa voidaan syöttää kaasupulloista (lääkkeellinen ilma), mutta koska kaasun kulutus on suurta, ei tämä ole kustannustehokasta eikä järkevää. Keskusjakelujärjestelmän kautta syötetty instrumentti-ilma tuotetaan pääsääntöisesti terveydenhuollon yksikössä tarkoitusta varten asennetuilla ilmakompressorijärjestelmillä ja kaasupulloja käytetään korkeintaan hätä- ja huoltosyöttölähteinä.

3.4 Lääkkeellinen happi

Kaasumainen happi (*Oxygenium*, O_2) on väritön, hajuton, mauton ja myrkytön, ilmaa raskaampi kaasu. Hapen pitoisuus ympäröivässä ilmassa/huoneilmassa on noin 21 %. Jäähdytettynä -183 °C :een happi muuttuu nesteeksi ilmakehän paineessa. Nestemäinen happi on hajutonta, värittään vaaleansinistä ja vettä raskaampaa. Kosketuksessa paljaan ihon kanssa nestemäinen happi ja kylmät happihöyryt aiheuttavat palovammoja ja muistuttavia paleltumavammoja. (Tukes 2003.)

Happi ei ole palava kaasu, mutta se ylläpitää ja kiihdyttää voimakkaasti palamista. Kun ilmassa on enemmän kuin 21 % happea, materiaalit syttyvät helpommin ja palaavat rajummin. Muutos on sitä voimakkaampi, mitä korkeampi hapen pitoisuus ilmassa on. Monet normaalisti ilmassa palamattomat materiaalit saattavat palaa puhtaassa hapessa tai hapella rikastetussa ilmassa. Nestemäisen hapen haihtuessa kylmä höyrystynyt kaasu on paljon ilmaa raskaampaa ja saattaa helposti kerääntyä esim. viemäreihin tai kellareihin ja aiheuttaa happipitoisuuden nousemista. Jos esimerkiksi nestemäistä happea imeytyy asfalttiin tai muuhun orgaaniseen aineeseen, voi tällainen aine syttyä tai räjähtää ulkoisten tekijöiden, kuten kipinän, kovan iskun tai muodonmuutoksen vaikutuksesta. Tulipalon tai räjähdysten aikaansaamiseksi happi vaatii sopivan materiaalin ja sytytyslähteen. Jos jokin näistä kolmesta elementistä puuttuu, tulipaloa ei synny. (Linde Healthcare 2013b; Tukes 2003.)

Happi on välttämätön elämän ylläpitämiseksi ja tästä syystä johtuen laajimmin käytetty lääkkeellinen kaasu. Lääkkeellistä happea käytetään esimerkiksi akuutin ja kroonisen hapenpuutteen hoitoon tai ehkäisemiseen, osana tuorekaasuvirtausta anestesiassa ja tehohoidossa, muiden hengitettävien lääkeaineiden ponneaineena, ylipainehoidossa sukeltajantaudista tai muista syistä johtuvien ilma- ja kaasueMBOLUSTEN sekä hÄKÄMYRKYKSEN hoitoon. (Linde Healthcare 2013b-c; Oy Woikoski Ab 2013b.)

Euroopan farmakopea mÄÄrittelee lääkkeelliselle hapelle kahdet, tuotantotavasta riippuvat vaatimukset (Happi ja Happi 93 %, ks. taulukko 1). Terveystuotannon yksiköissä käytettävÄÄ lääkkeellistÄ happea tuotetaan joko kaasutehtaissa käytettävällä kryo-geenisellä menetelmällä tai terveystuotannon yksiköissä tarkoitusta varten asennetuilla happirikastinjärjestelmillä.

LÄÄkkeellisen hapen happipitoisuus riippuu tuotantomenetelmästä. Käytännön merkitystä muutaman prosenttiyksikön pitoisuuserolla tuotantomenetelmien välillä ei ole, koska potilaalle lääkeshoidon yhteydessÄ annettava happi laimennetaan yleensä 30 - 60 %:n pitoisuuteen. Yli 80 % happipitoisuuden sisältävän ilman yhtÄjaksoinen hengittäminen on haitallista. (Kaasalainen 2013; Linde Healthcare 2013b.)

3.4.1 Kryogeenisesti tuotettu lääkkeellinen happi

Kaasutehtaassa teollisesti tuotettu, myyntiluvallinen lääkkeellinen happi valmistetaan kryogeenisellä tislusmenetelmällä jäähdyttämällä ilmaa nesteytymispisteeseensä, jonka jälkeen ilman komponentit (happi, typpi ja argon) erotetaan toisistaan tislusko-lonnissa niiden kiehumispisteen perusteella (Tukes 2003).

Kryogeenisellä tislusmenetelmällä tuotetun lääkkeellisen hapen happipitoisuus on $\geq 99,5$ %. Kryogeenisesti tuotettua lääkkeellistä happea kuljetetaan ja varastoidaan tavallisesti joko puristettuna kaasuna kaasupulloissa tai jäähdyttämällä nesteytettynä kaasuna kryogeenisissä säiliöissä. (Linde Healthcare 2007b-c.)

3.4.2 Happirikastimella tuotettu lääkkeellinen happi

Happirikastimilla, eli happigeneraattoreilla, tuotetaan ympäröivästä ilmasta sähkövoimalla happipitoisuudeltaan 93 ± 3 % happirikastettua ilmaa jota usein kutsutaan joko generoiduksi tai on-site tuotetuksi hapeksi. Yhden happikilon tuottamiseen kuluu sähköä n. 1 kWh. (Kaasalainen 2013.)

Euroopan farmakopeaan heinäkuussa 2011 lisätty monografia 93 %:n hapesta mahdollisti happirikastimien käytön lääkkeellisen hapen tuotantoon Euroopassa. Euroopan ulkopuolella (esim. Pohjois-Amerikassa) generoitua happea on käytetty lääkinnällisiin tarkoituksiin sairaaloissa yli 20 vuotta. Suomessa happirikastimien käyttö lääkkeellisen hapen tuotantoon terveydenhuollon toimintayksiköissä on ollut mahdollista vuoden 2013 alusta, kun Fimean määräys 6/2012 tuli voimaan. Aiemmin voimassa ollut määräys (7/2007) salli ainoastaan lääkkeellisen ilman tuotannon toimintayksikössä. (Kaasalainen 2013.)

Happirikastimien toiminta perustuu ns. PSA (Pressure Swing Adsorption) -tekniikkaan, jossa hyödynnetään alumiinisilikaatin (zeoliitin) erilaista affiniteettia happea ja typpeä kohtaan. Paineenalaisena zeoliitti adsorboi ainoastaan typpimolekyy-lejä. (Kaasalainen 2013.)

Lähtömateriaalina käytettävä ilma paineistetaan, kuivataan ja suodatetaan, jonka jäl-keen se johdetaan PSA-yksikköön jossa on kaksi zeoliitilla täytettyä säiliötä. Paineis-

tettu ja puhdistettu ilma johdetaan toiseen näistä säiliöistä. Ilman virratessa zeoliitilla täytetyn säiliön lävitse typpi adsorboituu zeoliittiin, kun taas happi pääsee virtaamaan vapaasti vastaanottosäiliöön. Ilman virtaus ensimmäiseen säiliöön keskeytetään hie-man ennen kuin zeoliitti kyllästyy typellä ja ohjataan toiseen adsorbenttisäiliöön, joka alkaa tuottaa hapetta. Ensimmäisen säiliön zeoliitti (nyt kyllästetty typellä) regeneroi-daan alentamalla painetta adsorptiovaiheessa käytettyä painetta alhaisemmaksi. Typpi irtoaa adsorbentista, ja se johdetaan ympäröivään ilmaan. Seuraavaksi säiliö huuhto-taan toisen adsorbenttisäiliön tuottamalla hapella, minkä jälkeen se on valmis uuteen tuottosykliin. Adsorptio- ja desorptiovaiheet vuorottelevat zeoliittisäiliöissä. Yhdessä ne tuottavat hapetta jatkuvana virtana, joka ohjataan vastaanottosäiliöön. Vastaanot-tosäiliöstä happi voidaan joko syöttää rakennuksen happiverkostoon tai pullottaa pul-lotuslaitteiston avulla. (Laser Gas Oy 2013.)

3.5 Lääkkeellinen dityppioksidi eli ilokaasu

Lääkkeellinen dityppioksidi (*Dinitrogenii oxidum, N₂O*) eli ilokaasu on ilmaa selvästi raskaampi, väritön, huumaava kaasu, jolla on hieman makeahko haju ja maku. Dityp-pioksidista käytetään joissakin yhteyksissä nimitystä typpioksiduuli. Dityppioksidia kuljetetaan ja varastoidaan tavallisesti kondensoituna nesteinä kaasupulloissa. (Linde Healthcare 2007d; 2013b.)

Dityppioksidi ei ole palava kaasu, mutta se ylläpitää ja kiihdyttää palamista kuten happi. Se voi myös aiheuttaa öljyn tai rasvan syttymisen korkean paineen ja lämpöti-lan vaikutuksesta. (Linde Healthcare 2013b.)

Lääkkeellistä dityppioksidia käytetään anestesian yhteydessä muihin hengitettäviin tai laskimoon annettaviin nukutusaineisiin yhdistettynä sekä kivun lievityksessä ja rau-hoittamisessa, kun vaikutuksen halutaan alkavan nopeasti ja olevan nopeasti poistetta-vissa (Oy Woikoski Ab 2013c).

3.6 Lääkkeellinen hiilidioksidi

Hiilidioksidilla on kolme olomuotoa: kaasu, neste ja kiinteä. Lääkkeellinen hiilidiok-sidi (*Carbonei dioxidum, CO₂*) on kaasumuodossa ilmaa selvästi raskaampi, väritön kaasu, jolla on heikosti pistävä, hapan tuoksu. Hiilidioksidi muuttuu nestemäiseksi,

kun sitä jäähdytetään ja sen paine on vähintään 520 kPa. Esimerkiksi 19,85 °C lämpötilassa hiilidioksidi on nestemäistä 3000 kPa:n paineessa. Nestemäinen hiilidioksidi on väritöntä. Kiinteää hiilidioksidia eli hiilihappojäätä muodostuu, kun nestemäinen hiilidioksidi palautetaan ilmakehän paineeseen. Hiilihappojää härmistyy eli muuttuu suoraan kiinteästä olomuodosta kaasuksi -78,15 °C:n lämpötilassa. Hiilidioksidia kuljetetaan ja varastoidaan paineenalaisena nesteytettynä kaasuna kaasupulloissa. (Linde Healthcare 2013b; Oy AGA Ab 2013b.)

Hiilidioksidi on luokiteltu lievästi myrkylliseksi. Kaasumainen hiilidioksidi saattaa kerääntyä esim. viemäreihin ja kellareihin ja aiheuttaa hiilidioksidipitoisuuden kohoamista. Hiilidioksidipitoisuuden kohoaminen hengitettävässä ilmassa aiheuttaa tukehtumisvaaran eikä pitoisuuden kohoamista voi havaita ihmisaisteilla. 100 % hiilidioksidin hengittäminen aiheuttaa välittömän tajuttomuuden ja lähes välittömän kuoleman. Kun nestemäinen hiilidioksidi höyrystyy, höyrystynyt kaasu on erittäin kylmää ja paljon ilmaa raskaampaa. Nestemäinen hiilidioksidi ja kylmät hiilidioksidihöyryt voivat aiheuttaa palovammoja muistuttavia ihovaurioita. (Linde Healthcare 2013b.)

Hiilidioksidia käytetään useilla sairaanhoidon alueilla. Hiilidioksidia voidaan lisätä happeen hengityslaitteessa, mikä auttaa potilasta hengittämään syvempään. Tähystyskirurgiassa, kuten laparoskopiassa hiilidioksidia käytetään vatsaontelon tilavuuden kasvattamiseen, mikä antaa kirurgille paremman näkökentän operoitavalle alueelle ja enemmän tilaa käyttää leikkauksessa tarvittavia instrumentteja. (Linde Healthcare 2013d; Oy AGA Ab 2013c.)

Tähystysleikkausten yhteydessä laajennustarkoituksessa käytettyä hiilidioksidia ei luokitella lääkkeeksi, vaan se on luokiteltu terveydenhuollon laitteeksi (Salminen 2013).

Suomessa saa markkinoille tuoda ja ottaa käyttöön vain vaatimukset täyttäviä terveydenhuollon laitteita ja tarvikkeita. Ennen tuotteen markkinoille saattamista valmistajan on näytettävä toteen sen turvallisuus, käyttötarkoitukseen sopivuus ja suorituskyky. Laitteissa pitää olla vaatimusten mukaisuutta osoittava CE-merkintä poikkeustapauksia lukuun ottamatta. (Valvira 2013.)

4 LAIT, MÄÄRÄYKSET JA OHJEET

Sairaalakaasujärjestelmien suunnittelua, asennusta ja käyttöä ohjaavat lait, määräykset, standardit ja ohjeet päivittyvät säännöllisen epäsäännöllisesti. Tämä opinnäytetyö on tehty laadintahetkellä voimassa olevien materiaalien perusteella. Sairaalakaasujärjestelmien parissa työskentelevien henkilöiden tulee huolehtia siitä, että heillä on käytössään viimeisimmät kaasujärjestelmiä koskevat määräykset ja ohjeet.

Sairaalakaasujärjestelmät ovat painelaitelainsäädännön alaisia, painelaitteista koostuvia laitekokonaisuuksia. Suomessa voimassa oleva painelaitteiden lainsäädäntö perustuu Euroopan Yhteisön direktiiviin painelaitteista (97/23/EY) sekä direktiiviin yksinkertaisista painelaitteista (87/404/EEC). Painelaitedirektiiviä sovelletaan sellaisten painelaitteiden ja laitekokonaisuuksien suunnitteluun, valmistukseen ja vaatimustenmukaisuuden arviointiin, joiden suurin sallittu käyttöpaine on yli 0,5 bar. (Teknologiateollisuus ry 2013.)

Painelaite on rakennettava ja sijoitettava ja sitä hoidettava, käytettävä ja tarkastettava niin, ettei se vaaranna kenenkään terveyttä, turvallisuutta tai omaisuutta (Painelaitelaki 869/1999, 3 §).

Seuraavassa on lueteltu valtaosa tämän opinnäytetyön laadintahetkellä voimassa olleista laeista, määräyksistä, standardeista ja ohjeista, jotka ohjaavat lääkkeellisten kaasujen valmistusta, laadunvarmistusta ja varastointia sekä sairaalakaasujärjestelmien suunnittelua, asennusta, käyttöä ja huoltoa:

- Lääkelaki 395/1987
- Laki terveydenhuollon laitteista ja tarvikkeista 629/2010
- Lääkinnällisistä laitteista annettu neuvoston direktiivi 93/42/ETY
- Kemikaalilaki 599/2013 (Kemikaaliasetusta 675/1993 ei sovelleta lääkevalmisteisiin)
- Valtioneuvoston asetus vaarallisten kemikaalien käsittelyn ja varastoinnin valvonnasta 855/2012
- Lääkealan turvallisuus- ja kehittämiskeskuksen (Fimea) määräys 6/2012: Sairaala-apteekin ja lääkekeskuksen toiminta
- European Pharmacopoeia 7th Edition 2013 (7.8)

- Painelaitelaki 869/1999
- KTMP painelaitteista 938/1999
- KTMP yksinkertaisista painesäiliöistä 917/1999
- KTMP painelaiteturvallisuudesta 953/1999
- Asetus painelaitelaissa tarkoitetuista tarkastuslaitoksista 890/1999
- SFS-EN ISO 7396-1:2007, -/A1:2010 & -/A2:2010 Sairaalakaasuputkistot. Osa 1: Paineistettujen sairaalakaasujen ja alipaineen putkistot
- SFS-EN ISO 9170-1:en:2008 Sairaalakaasuputkistojen kaasunottoventtiilit. Osa 1: Paineistettujen sairaalakaasujen ja alipaineen kaasunottoventtiilit
- SFS-EN ISO 5359:en:2008 & -/A1:en:2012 Sairaalakaasujen kanssa käytettävät matalapaineiset letkustot
- SFS-EN ISO 14971:2012 Terveydenhuollon laitteet ja tarvikkeet. Riskienhallinnan soveltaminen terveydenhuollon laitteisiin ja tarvikkeisiin
- SFS-EN ISO 15001:en:2011 Anestesia- ja hengityskoneet. Yhteensopivuus hapen kanssa
- SFS-EN ISO 10524-1:en:2006 Sairaalakaasujen kanssa käytettävät paineensäätimet. Osa 1: Paineensäätimet sekä virtausnopeusmittarilla varustetut paineensäätimet
- SFS-EN ISO 10524-2:en:2006 Sairaalakaasujen kanssa käytettävät paineensäätimet. Osa 2: Kokoojaputkissa ja -putkistoissa käytettävät paineensäätimet
- SFS-EN ISO 10524-3:en:2006 & -/A1:en:2013 Sairaalakaasujen kanssa käytettävät paineensäätimet. Osa 3: Pulloventtiileiden paineensäätimet
- SFS-EN ISO 10524-4:en:2008 Sairaalakaasujen kanssa käytettävät paineensäätimet. Osa 4: Matalapaineiset paineensäätimet
- SFS-EN 13221:en:2000 Sairaalakaasujen kanssa käytettävät taipuisat korkeapaineliitännät
- SFS-EN 13348:2008 Kupari ja kupariseokset. Saumattomat pyöreät kupariputket sairaalakaasuille tai alipaineelle
- SFS-EN 13445-1:2009 Lämmittämättömät painesäiliöt. Osa 1: Yleistä.
- SFS-EN 13445-2:2012 Lämmittämättömät painesäiliöt. Osa 2: Materiaalit.
- SFS-EN 13445-3:2009 Lämmittämättömät painesäiliöt. Osa 3: Suunnittelu.
- SFS-EN 13445-4:2012 Lämmittämättömät painesäiliöt. Osa 4: Valmistus.
- SFS-EN 15908:en:2010 Anestesia- ja hengityskoneet. Sairaalakaasuille tarkoitettut matalapaineiset NIST-liittimet

- ISO 10083:2006 Oxygen concentrator supply systems for use with medical gas pipeline systems
- SFS-EN ISO 14644-1:2000 Puhdistilat ja puhtaat alueet. Osa 1: Puhtausluokitus
- ISO 8573-1:2010 Compressed air. Part 1: Contaminants and purity classes
- TalotekniikkaRYL 2002 Osa 1, luku G5 Kaasujärjestelmät (tämän osalta tulee huomioida, että suuri osa teoksessa viitatuista laeista, asetuksista ja standardeista on kumottu teoksen julkaisemisen jälkeen)
- RakMK E1:2011 Rakennusten paloturvallisuus, määräykset ja ohjeet.

5 SUUNNITTELUPROSESSI

Sairaalakaasujärjestelmän suunnittelun lähtökohtana ovat asiakkaan määrittelemät tarpeet. Suunnitelman tavoitteena on varmistaa, että sen pohjalta toteutettavat kaasunjakelujärjestelmät täyttävät nämä tarpeet turvallisesti ja taloudellisesti sekä lakien ja määräysten vaatimusten mukaisesti. Sairaalakaasujärjestelmien suunnitteluprosessin kulkua on havainnollistettu kaaviossa 1.



KAAVIO 1. Suunnittelun kulku

Sairaalan johdon on kaasujärjestelmän suunnittelijan kanssa määritettävä kaasunotto-pisteiden lukumäärä per vuodepaikka/työpiste ja niiden sijainti sairaalan kullakin osastolla tai alueella sekä vaaditut virtausalueet ja eriaikaisuuskertoimet (SFS-EN ISO 7396-1:2007, kohta 4.4.1).

Suunnittelija määrittelee kaasupisteiden määrän ja sijainnin sekä kaasupisteisiin liitet-
tävien laitteiden perusteella mitoitusvirtaaman kullekin kaasulle. Mitoitusvirtaaman ja
arvioidun kulutuksen perusteella suunnittelija valitsee ja mitoittaa kohteeseen sopivat
syöttöjärjestelmät. Syöttöjärjestelmien valinnan jälkeen suunnittelija, yhteistyössä
tilaajan ja paikallisten viranomaisten kanssa, etsii niille vaatimukset täyttävän sijoitus-
paikan ja mitoittaa tilantarpeen. Syöttöjärjestelmien ja kaasupisteiden sijoituksen jäl-
keen suunnittelija suunnittelee ja mitoittaa kaasun jakeluputkistot varusteineen. Lo-
puksi suunnittelija dokumentoi suunnitelman tarvittavassa laajuudessa sairaalakaasu-
urakan (SKU) laskentaa ja toteutusta varten.

Tämä suunnitteluohje on laadittu sillä oletuksella, että sairaalakaasujärjestelmän
suunnittelijalla on käytettävissään ainakin sairaalakaasuputkistoja käsittelevä standardi
SFS-EN ISO 7396-1 ja TalotekniikkaRYL 2002:n osa 1.

5.1 Painelaitteiden luokittelu

Painelaite on rakennettava ja sijoitettava ja sitä hoidettava, käytettävä ja tarkastettava
niin, ettei se vaaranna kenenkään terveyttä, turvallisuutta tai omaisuutta (Painelaitelaki
869/1999, 3 §).

KTMp painelaitteista (938/1999) sisältää painelaitedirektiivin (97/23/EY) mukaiset
menettelyt painelaitteiden ja laitekokonaisuuksien suunnittelulle, valmistukselle ja
vaatimustenmukaisuuden arvioinnille (Tukes 2007a).

Sairaalakaasujärjestelmät ovat painelaitteista koostuvia laitekokonaisuuksia. Näissä
järjestelmissä KTMp 938/1999 mukaisia painelaitteita ovat säiliöt, putkistot, varolait-
teet ja paineenalaiset lisälaitteet. Päätöksen soveltamisalaan eivät kuulu ilmalle tai
typelle suunnitellut yksinkertaiset painesäiliöt, joihin sovelletaan KTMp yksinkertai-
sista painesäiliöistä (917/1999). (Tukes 2007a.)

Painelaitteet ja laitekokonaisuudet jaetaan suunnittelua, valmistusta ja vaatimustenmukaisuuden arviointia varten kahteen ryhmään (Tukes 2007a-b):

- suunnittelussa ja valmistuksessa on noudatettava olennaisia turvallisuusvaatimuksia (nämä luokitellaan kasvavan riskin mukaan luokkiin I-IV, paitsi putkistojen osalta luokkiin I-III).
- suunnittelussa ja valmistuksessa on noudatettava hyvää konepajakäytäntöä (ns. 6 § tai standardeissa 0-luokka).

Tarkempaa tietoa painelaitteiden luokittelusta ja luokittelun painelaitteille ja laitekokonaisuuksille asettamista vaatimuksista löytyy esimerkiksi Tukes:n julkaisemista oppaista: Painelaitteet (Tukes 2007a) ja Kemikaaliputkistot (Tukes 2007b).

Hyvän konepajakäytännön (6 §) ja luokkien I-IV (putkistot I-III) rajat on esitetty liitteen 1 luokituskuviissa. Luokitusperusteet ja luokitukseen käytettävä luokituskuva selviävät taulukosta 3.

TAULUKKO 3. Painelaitteiden luokittelu

Painelaitteen tyyppi	Säiliöt		Putkistot	
Luokitusperuste	PS × V		PS × DN	
Sisältö	Kaasu		Kaasu	
Sisällön ryhmä	1	2	1	2
Luokituskuva	1	2	6	7

PS = suurin sallittu käyttöpaine, bar; V = tilavuus, l (litra); DN = nimellisuuruus, pyöristetty viitearvo

Varolaitte tarkoittaa painelaitetta, jonka tarkoituksena on suojata painelaitteita sallittujen raja-arvojen ylittymiseltä. Varolaitteet luokitellaan luokkaan IV. Tästä poiketen voidaan sellaiset varolaitteet, jotka on valmistettu tiettyyn laitteeseen, luokitella samaan luokkaan kuin suojattava laite. (Tukes 2007a.)

Paineenalainen lisälaitte tarkoittaa toiminnallista painelaitetta, jolla on paineenalainen päällyys. Paineenalaiset lisälaitteet luokitellaan lisälaitteen tilavuuden (V) tai nimellisuuruuden (DN) perusteella säiliöiden tai putkistojen kuvien mukaan. (Tukes 2007a.)

5.2 Painelaitteiden rekisteröinti ja sijoitussuunnitelma

KTMP painelaiteturvallisuudesta (953/1999) määrittelee rekisteröintirajat Tukes:n ylläpitämään painelaiterekisteriin rekisteröitäville painelaitteille ja painelaitteet, joilta vaaditaan tarkastuslaitoksen tarkastama sijoitussuunnitelma.

Painelaitteen omistajan tai haltijan on ilmoitettava rekisteröitävä painelaite rekisteröitäväksi ensimmäisessä määräaikaistarkastuksessa. Ilmoituksessa on esitettävä valmistajaa, maahantuojaa, omistajaa, haltijaa ja käytön valvojaa koskevat tiedot, valvontaviranomaiselta pyydetty rekisterinumero, painelaitetta koskevat tekniset tiedot sekä painelaitteen sijainti. (KTMP 953/1999, 4 §.)

Esimerkkejä sairaalakaasujärjestelmissä tyypillisesti esiintyvistä, rekisteröitävistä painelaitteista rekisteröintirajoineen on esitetty taulukossa 4.

TAULUKKO 4. Rekisteröitäviä painelaitteita (KTMP 953/1999)

Painelaite	Rekisteröitävä kun...
Painesäiliö, sisältönä vaarallinen (ryhmän 1) kaasu	$PS \times V > 1000 \text{ bar} \times L$
Painesäiliö, sisältönä vaaraton (ryhmän 2) kaasu	$PS \times V > 3000 \text{ bar} \times L$
Yksinkertainen painesäiliö	$PS \times V > 3000 \text{ bar} \times L$

Sairaalakaasujärjestelmien yhteydessä vaatimus tarkastuslaitoksen tarkastamasta sijoitussuunnitelmasta koskee useimmiten seuraavia käyttökohteen sisätiloihin, yleisötiloihin tai yleisen kulkuväylän välittömään läheisyyteen sijoitettavia painelaitteita (KTMP 953/1999, 7 § 4):

- painesäiliö, jonka suurimman sallitun käyttöpaineen ja sisäpuolisen tilavuuden tulo on yli 10000 bar×L.
- kuljetettava painelaite tai niiden yhdistelmä (esim. pullopaketti), jonka tilavuus on yli 450 L.
- putkisto, jossa ryhmä 1 kaasusisältö ja jonka nimellisuuruus on > DN50.

Nestesäiliöaseman (lääkkeellinen happi tai -dityppioksidi) sijoittaminen terveydenhuollon yksikön alueelle vaatii kemikaalisäädösten mukaisen lupakäsittelyn ja tarkastuslaitos tarkastaa säiliön sijoituksen painelaitelainmukaisuuden kyseisen lupakäsittelyn yhteydessä (Tukes 2003).

Painelaitetta ei saa asentaa paikalleen, ennen kuin tarkastuslaitos on tarkastanut sijoitussuunnitelman (KTMP 953/1999, 7 §).

Hapen täyttölaitokselle (ks. 7.3.3 Happirikastinjärjestelmät) laaditaan perustamissuunnitelma, jonka tarkastuslaitos tarkastaa ja hyväksyy ennen rakennustöiden aloittamista. Täyttölaitoksen käyttöönottotarkastuksen tekee aina tarkastuslaitos. (Tukes 2003.)

5.3 Kaasujärjestelmien laajennukset ja muutokset

Suunniteltaessa olemassa olevan sairaalakaasujen jakelujärjestelmän laajennuksia ja muutoksia tai syöttöjärjestelmien ja syöttölähteiden muutoksia tai vaihtoja tulee huomioida, että KTMP painelaiteturvallisuudesta (953/1999) ja standardin SFS-EN ISO 7396-1:2007 vaatimukset koskevat myös näitä järjestelmiä. Olemassa olevien järjestelmien muutosten yhteydessä suunnittelijan tulee perehtyä järjestelmään kokonaisuutena ja varmistaa, että kaasujärjestelmä täyttää sille nykyisissä määräyksissä asetetut asianmukaiset vaatimukset.

6 SAIRAALAKAASUJEN KULUTUKSEN MÄÄRITTELY

6.1 Kaasupisteiden määrä ja sijainti

Kaasupisteiden määrän ja sijainnin määrittelevät aina tilojen käyttäjät. Sairaalakohdeissa kaasujärjestelmän suunnittelijalla on lähes poikkeuksetta käytettävissään käyttäjien laatimat huonekortit. Huonekortteja laaditaan varsin eritasoisille huonekorttipohjille ja usein niissä annetut tiedot ovat kaasujärjestelmän suunnittelun kannalta riittämättömät tai epätarkat. Suunnittelijan tulee tarvittaessa ohjeistaa tilaajan edustajia, esim. projektikoordinaattoria, suunnittelussa tarvittavien tietojen saamiseksi käyttäjiltä. Huonekortit ovat kaasujärjestelmien suunnittelun kannalta tärkeimmät lähtötiedot ja niistä tulisi selvittää seuraavat asiat:

- tarvittava kaasupisteiden lukumäärä/kaasu
- kaasupisteiden sijainti (kattokeskuksessa, potilaspaneelissa, seinällä vuoteen molemmin puolin/vain toisella puolella, tms.)
- huoneessa tapahtuvan toiminnan kuvaus (toistuvuus) ja toiminnassa käytettävät, sairaalakaasujen kaasupisteisiin kytkettävät laitteet ja niiden virtausvaatimukset (ejektorit, hengityskoneet, CPAP yms.)

Huonekorteissa mainitaan usein imupiste. Imupiste viittaa keskitettyyn alipaineimujärjestelmään, joita ei Suomessa ole yleisesti käytössä. Imupisteellä tarkoitetaan useimmiten imuejektoria, jonka käyttövoimana on lääkkeellinen ilma, ja se huomioidaan suunnittelussa lääkkeellisen ilman kaasupisteinä.

Jokainen huonetila, jossa on lääkkeellisen dityppioksidin kaasunottoventtiili, varustetaan poistoilmakanavaan johdettavalla ylimääräkaasujen poistoveniilillä tai kohdepoistojärjestelmän poistopisteellä (TalotekniikkaRYL 2002). Poistoilmakanavaan johdettavan ylimääräkaasujen poistoveniilin tarkoituksenmukainen toiminta edellyttää erillisen kaasunpoistoejektorin käyttöä. Kaasunpoistoejektorin käyttövoimana toimii lääkkeellinen ilma ja tästä syystä ylimääräkaasun poistoveniilin viereen tulee tarvittaessa lisätä ylimääräinen lääkkeellisen ilman kaasupiste.

Kaasupisteiden asennusjärjestys vasemmalta oikealle tai ylhäältä alaspäin on seuraava (TalotekniikkaRYL 2002):

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

Kaasupisteet sijoitetaan vähintään 200 mm:n etäisyydelle sähköpisteistä ja 150 - 200 mm:n etäisyydelle toisistaan (keskeltä keskelle mitattuna). Osastoilla joissa on paljon kaasupisteitä potilaspaikkaa kohti (esim. teho-osastot) voidaan kaasupisteet sijoittaa lähemmäksi toisiaan, huomioiden kuitenkin kaasupisteiden käytettävyys. Nurkassa sijaitsevat kaasupisteet sijoitetaan vähintään 200 mm:n etäisyydelle sivusei-

nästä. Kattoon sijoitettavien kaasupisteiden kohdalla tulee erityisesti huomioida kaasupisteiden kiinnitys ja tuenta, esim. moduulialakatoissa kaasupisteet sisältävä kattolevy tulee kiinnittää tukevasti alakattorunkoon tai tukea erikseen kiinteästä rakenteesta.

Kaasupisteisiin kytkentöjä tekevät käyttäjät työskentelevät useimmiten seisten, joten tämä tulee ottaa huomioon kaasupisteiden asennuskorkeutta määritettäessä. Usein myös erilaiset kalusteet, kuten pöydät, tasot ja vuoteet, asettavat rajoituksia asennuskorkeudelle. Kaasupisteiden suositeltava asennuskorkeus on 1200 - 1500 mm valmiista lattiapinnasta kaasupisteen keskelle mitattuna. Poikkeukset edellä mainituista asennuskorkeuksista tulee aina sopia tapauskohtaisesti käyttäjien kanssa.

Kaasupisteet sijoitetaan yhä useammin erilaisiin tehdasvalmisteisiin kokoonpanoihin, joita ovat esimerkiksi kattokeskukset, kattopilarit ja -palkit, dialyysipilarit ja potilaspaneelit. Edellä mainittujen kokoonpanojen suunnittelu ei yleensä kuulu kaasujärjestelmän suunnittelijalle, eivätkä ne yleensä sisälly sairaalakaasu-urakkaan. Kaasujärjestelmän suunnittelijan tulee selvittää asianosaiselta suunnittelijalta (useimmiten KSL- tai sähkösuunnittelija) kokoonpanoihin sisältyvä kaasupisteiden määrä ja tarvittaessa lisätä tilaan asennettavia kaasupisteitä, jotta käyttäjien huonekorteissa esittämät vaatimukset täyttyvät. Kaasujärjestelmän suunnittelijan tulee myös selvittää tehdasvalmiin kokoonpanon toimitusraja ja määritellä urakka-asiakirjoissa sen liittäminen kaasuverkostoon.

Seinärakenteisiin uppoasennuksena asennettavien kaasupisteiden käyttöä on viime vuosina vältetty potentiaalisen vuotoriskin ja heikon muuntojoustavuuden vuoksi. Uppoasennusten sijasta käytetään useimmiten erilaisia työmaalla toteutettavia johtokanava- tai potilaspaneeliasennuksia. Suunniteltaessa kaasupisteiden ja -putkien työmaalla toteutettavia johtokanava- ja potilaspaneeliasennuksia tulee kaasujärjestelmän suunnittelijan, yhteistyössä sähkösuunnittelijan kanssa, huomioida seuraavat seikat:

- kaasu- ja sähköpisteiden välinen etäisyys on vähintään 200 mm.
- vaakasuuntaisissa asennuksissa sähkö sijoitetaan aina kaasujen yläpuolelle.
- kaasuputket ja sähköjohdot sijoitetaan yli 50 mm:n etäisyydelle toisistaan tai kuljetetaan eri osastoissa.

- kaasu- ja sähköasennuksia sisältävän johtokanavan on oltava vähintään kaksi-osastoinen ja osastot erottavan väliseinän pitää olla umpinainen (johtokanavat kuuluvat sähköurakkaan, tieto vaatimuksesta sähkösuunnittelijalle sopivan johtokanavatyyppin määrittelemiseksi).
- kaasuputkien asennusosan pitää olla tuulettuva.

6.2 Sairaalakaasujen muut käyttökohteet

Lääkkeelliset kaasut on tarkoitettu käytettäväksi potilashoitoon, eikä niitä tule käyttää muihin tarkoituksiin. Standardissa SFS-EN ISO 7396-1 on lueteltu lääkkeellisen ilman ja instrumentti-ilman sallittuja käyttökohteita, mutta suunnittelijan on aina hyvä varmistaa sairaalan johdon kanta kaasujen käytöstä muuhun kuin potilashoitoon.

Yleensä lääkkeellistä ilmaa ja instrumentti-ilmaa on hyväksyttävää käyttää potilashoidon lisäksi seuraaviin käyttötarkoituksiin (SFS-EN ISO 7396-1:2007):

- kolonnien tai anesteettipoistojärjestelmien käyttöön
- hoitohenkilökunnan hengitysilmakeksi
- terveydenhuollon laitteiden ja tarvikkeiden testaamiseen
- terveydenhuollon laitteiden ja tarvikkeiden kuivaamiseen.

Kaikissa edellä mainituissa tapauksissa, lääkkeellisen ilman ja instrumentti-ilman takaisinvirtaus putkistoon on estettävä yksisuuntaventtiilillä ja suunnittelijan on otettava huomioon sovellusten virtaus- ja painevaatimukset (SFS-EN ISO 7396-1:2007). Usein instrumentti-ilman käyttö mainittuihin sovelluksiin edellyttää erillisen paineensäätimen sijoittamista putkistoon.

Jotkut kattokeskusmallit käyttävät paineistettua ilmaa toimintaansa (ns. kaasujarru). Vanhassa SFS-EN 737-3:2000 -standardissa, johon esim. TalotekniikkaRYL 2002 viittaa, lääkkeellisen ilman ja instrumentti-ilman käyttö kattokeskusten toimintaan oli erikseen mainittu hyväksyttävien käyttötarkoitusten listalla. Edellä mainitun standardin kumonneessa SFS-EN ISO 7396-1:2007 -standardissa kyseistä mainintaa ei enää ole.

Kattokeskusten käyttö potilashoidon tiloissa on viime vuosina lisääntynyt runsaasti ja isossa keskussairaalassa voi tänä päivänä olla satoja ilmaa tarvitsevia kattokeskuksia

kuormittamassa lääkkeellisen ilman ja instrumentti-ilman järjestelmiä. Sairaalakaasujärjestelmän suunnittelijan on yhdessä terveydenhuollon yksikön johdon kanssa tarkastettava tapauskohtaisesti lääkkeellisen ilman tai instrumentti-ilman käyttöedellytykset kattokeskusten toimintaan. Tarvittaessa kattokeskusten tarvitsema paineilma voidaan tuottaa erillisellä teknisen paineilman syöttöjärjestelmällä.

Lääkkeellistä ilmaa ja instrumentti-ilmaa ei saa syöttää käyttötarkoituksiin, jotka voivat aiheuttaa arvaamattomia tarpeita kulutuksessa ja siten vaarantaa potilashoittoon tarvittavan ilman saatavuutta tai heikentää ilman laatua, kuten (SFS-EN ISO 7396-1:2007):

- sterilointijärjestelmät (autoklaavit, pesukoneet)
- yleiset työpajat ja korjaamot
- ruiskumaalaus, renkaiden täyttö tms.
- ilmanvaihdon pneumaattiseen ohjaukseen
- hydraulisten nesteiden paineistukseen.

Edellä mainittuja käyttötarkoituksia varten terveydenhuollon yksikköön tulee sijoittaa erillinen, sovellusten vaatimaa painetta ja ilmanlaatua tuottava, teknisen paineilman syöttöjärjestelmä.

6.3 Mitoitusvirtaaman laskeminen

Standardin SFS-EN ISO 7396-1 mukaan sairaalan johdon on kaasujärjestelmän suunnittelijan kanssa määritettävä vaadittavat virtausalueet ja eriaikaisuuskertoimet, joita mitoitusvirtaaman laskemisessa käytetään. Taulukossa 5 on esitetty kaasu- ja osasto-kohtaisia esimerkkejä yksittäisen kaasupisteen mitoitusvirtauksesta ja tyypillisesti tarvittavasta virtauksesta. Taulukon 5 arvoja voidaan käyttää lähtökohtana määrittäessä vaadittavia virtausalueita.

TAULUKKO 5. Kaasupisteiden mitoitusvirtaus ja tyypillisesti tarvittava virtaus (HTM 02-01:2006, Pöyhönen 2013)

Kaasu	Käyttöpaikka	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
<p>1. Imu- ja kaasunpoistoejektorien kaasunkulutus otettava huomioon mitoituksessa, ejektorien käyttökaasun kulutus tyypillisesti 10 - 40 l/min</p> <p>2. Kaasukäyttöisten hengityskoneiden ja nebulisaattorien tarvitsema virtaus otettava huomioon mitoituksessa (ks. taulukko 6)</p> <p>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.</p> <p>4. Anestesiakoneen happihuhtelun yhteydessä tarvittava lyhykestoinen virtaus</p>			

Mitoitusvirtaama lasketaan osastokohtaisesti. Osastokohtaisen mitoitusvirtaaman laskenta perustuu potilaspaikkojen lukumäärään ja oletettavaan käytön eriaikaisuuteen, ei yksittäisten kaasupisteiden lukumäärään. Esimerkkejä osastokohtaisten mitoitusvirtaamien laskemiseen on esitetty liitteen 2 taulukoissa ja laskentaesimerkeissä.

Sairaalakaasun mitoitusvirtaama muodostuu osastokohtaisten mitoitusvirtaamien summasta. Sairaalakaasun mitoitusvirtaamaa käytetään syöttölähteiden ja runkoverkoston mitoituksessa.

Mitoituksessa on otettava huomioon kaasuverkoston liitettävien laitteiden paine- ja virtausvaatimukset. Taulukossa 6 on esitetty hengityskoneiden tyypillisiä paine- ja virtausvaatimuksia käyttökaasuna toimivalle lääkkeelliselle ilmalle (HTM 02-01:2006).

TAULUKKO 6. Hengityskoneiden tyypillisiä paine- ja virtausvaatimuksia

Hengityskoneen tyyppi	Paine [kPa]	Virtaus [l/min]
Anestesia; yleensä kaasuhjattu (myös pneumaattisesti ohjattuja), elektronisesti kontrolloitu	400, max. 600	huippu 80 jatkuva 20
Teho-osasto; kaasukäyttöinen, elektronisesti kontrolloitu	400, max. 600	huippu 180 jatkuva 80
Vastasyntyneet; kaasuhjattu, elektronisesti kontrolloitu	400, max. 600	huippu 80 jatkuva 40
Nebulisaattori *	400	10

*) Nebulisaattorit ovat paineilmalla toimivia lääkeannostelijoita

Taulukossa 7 on esitetty kirurgisten välineiden tyypillisiä paine- ja virtausvaatimuksia käyttökaasuna toimivalle instrumentti-ilmalle (HTM 02-01:2006).

TAULUKKO 7. Kirurgisten välineiden tyypillisiä paine- ja virtausvaatimuksia

Kirurginen väline	Paine [kPa]	Virtaus [l/min]
Pieni ilmapora	600 - 700	200
Selkäydinkanavan avarrin	600 - 700	350
Värähtelevä (oskilloiva) luusaha	600 - 700	300
Yleispora	600 - 700	300
Kallopورا	620 - 750	300

Mikäli keskusjakelujärjestelmään liittyy ylipainehoidossa käytettäviä hyperbaarisia kammioita, tulee näiden kaasuvirtausvaatimuksiin (lääkkeellinen ilma ja -happi) kiinnittää erityisen suurta huomiota syöttölähteiden valinnan ja mitoituksen sekä kaasuputkiston mitoituksen yhteydessä.

6.4 Vuosikulutuksen arvioiminen

Sairaalakaasun vuosikulutusta käytetään perustana valittaessa kaasupulloja ja -säiliöitä sisältäviä syöttölähteitä (taulukko 8) sekä mitoitettaessa terveydenhuollon yksikössä varastoitavien sairaalakaasujen kaasuvälikon. Taulukon 8 ilmakaasulla tarkoitetaan ilman lisäksi ilman ainesosia, eli typpeä ja happea.

TAULUKKO 8. Kaasulähteen valinnan ohjearvoja (Oy AGA Ab 1993)

KÄYTETÄÄN KAASUPULLOJA, kun	
- ilma kaasun kulutus on	< 3000 m ³ /a
- hiilidioksidin kulutus on	< 9000 kg/a
KÄYTETÄÄN KAASUPULLOPAKETTEJA, kun	
- ilma kaasun kulutus on	3000...10000 m ³ /a
- hiilidioksidin kulutus on	9000...20000 kg/a
KÄYTETÄÄN SIIRRETTÄVIÄ TAI KIINTEITÄ NESTEMÄISEN KAASUN SÄILIÖITÄ, kun	
- ilma kaasun kulutus on	> 10000 m ³ /a
- hiilidioksidin kulutus on	> 20000 kg/a

Arvion sairaalakaasun vuosikulutuksesta tulisi aina perustua todelliseen kulutustietoon. Mikäli historiatietoa ei ole saatavilla (esim. uudisrakennukset) tulee arvioida terveydenhuollon yksikön koon ja tyyppin perusteella. (SFS-EN ISO 7396-1:2007.)

Lääkkeellisiä kaasuja valmistavat ja myyvät yritykset kykenevät arvioimaan varsin tarkasti erikokoisten ja -tyyppisten terveydenhuollon yksiköiden kaasunkulutusta.

7 SAIRAALAKAASUJEN SYÖTTÖJÄRJESTELMÄT

Lukuun ottamatta instrumentti-ilmaa, kunkin syöttöjärjestelmän tulee muodostua vähintään kolmesta itsenäisestä syöttölähteestä. Instrumentti-ilmaa syöttävän järjestelmän on koostuttava vähintään kahdesta syöttölähteestä. (SFS-EN ISO 7396-1:2007.)

Paineistettujen sairaalakaasujen syöttöjärjestelmät ja niihin sisältyvät syöttölähteet ja laitteet on suunniteltava ja mitoitettava siten, että järjestelmän mitoitusvirtaaman syöttö nimellisympärypaineella voidaan hoitaa millä tahansa järjestelmään kuuluvalla syöttölähteellä muiden syöttölähteiden ollessa pois käytöstä huollon tai yksittäisen vikatilan aikana (SFS-EN ISO 7396-1:2007).

Standardin SFS-EN ISO 7396-1 liitteessä A on esitetty tyypillisiä syöttöjärjestelmiä kaaviokuvina. Suomessa syöttöjärjestelminä käytetään yleensä erilaisia yhdistelmiä seuraavista syöttölähteistä:

- kaasua tai ei-kryogeenistä nestettä pulloissa tai pulloryhmissä
- kryogeenistä tai ei-kryogeenistä nestettä liikuteltavissa säiliöissä
- kryogeenistä tai ei-kryogeenistä nestettä kiinteissä säiliöissä
- ilmakompressorijärjestelmä
- standardin ISO 10083 mukainen happirikastinjärjestelmä.

Sairaalakaasujen syöttöjärjestelmät ja niihin sisältyvät laitteet sekä seuranta- ja hälytysjärjestelmät liitetään terveydenhuollon yksikön varavoimajärjestelmään (SFS-EN ISO 7396-1:2007). Mikäli varavoimajärjestelmää ei ole käytettävissä, tulee syöttöjärjestelmän yhtenä syöttölähteenä käyttää kapasiteetiltaan terveydenhuollon yksikön yleisen tarpeen mukaan mitoitettua pullokaasukeskusta, johon liitettyjen kaasupullojen tai -pulloryhmien määrä on tarkistettu yksikön johdon kanssa riskienhallinnan periaatteiden mukaisesti.

Lääkkeellisen hapen happipitoisuus riippuu tuotantomenetelmästä. Mikäli lääkkeellisen hapen syöttöjärjestelmä sisältää eri tuotantomenetelmillä tuotetun hapen syöttölähteet, tulisi tieto happipitoisuuden muuttumisesta syöttölähteen vaihtuessa saattaa sairaalan henkilökunnan tietoon. Sairaalalla tulisi olla järjestelmällinen suunnitelma, josta ilmenevät suoritettavat toimenpiteet syöttölähdettä vaihdettaessa niin, ettei potilaille aiheudu vaihdosta riskiä. (SFS-EN ISO 7396-1:2007.)

Syöttöjärjestelmiin sisältyviä laitteita valmistavat yritykset ovat tuotteidensa asiantuntijoita. Sairaalakaasujärjestelmän suunnittelijan kannattaakin olla yhteydessä laitevalmistajiin tehdessään syöttöjärjestelmien valintaa, mitoitusta, sijoitusta ja tilantarvetta koskevia ratkaisuja.

7.1 Syöttölähteet

Sairaalakaasun syöttöjärjestelmään sisältyvät syöttölähteet määritellään standardissa SFS-EN ISO 7396-1 seuraavasti:

- **Ensisijainen syöttölähde** on pysyvästi liitetty ja sen on oltava sairaalakaasuputkiston pääsyöttölähde.
- **Toissijainen syöttölähde** on pysyvästi liitetty ja sen tulee automaattisesti syöttää putkistoa, jos ensisijainen syöttölähde ei ole toimintakunnossa.

- **Varasyöttölähde** on pysyvästi liitetty ja sen tulee aktivoitua joko automaattisesti tai manuaalisesti, jos sekä ensisijainen että toissijainen syöttölähde ovat toimintakunnottomia tai niitä huolletaan.

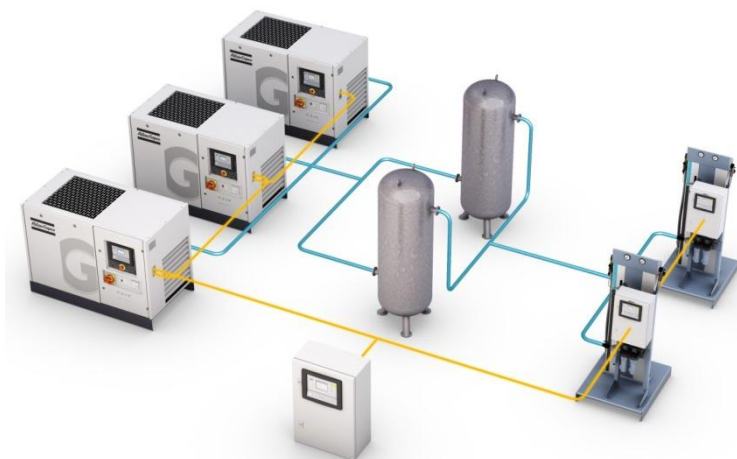
Suunnittelijan on sairaalan johdon kanssa määritettävä varasyöttölähteen sijainti siten, että se kattaa koko putkistojärjestelmän (SFS-EN ISO 7396-1:2007). Varasyöttölähteitä voi olla useita, ja ne voivat sijaita kaasunotto pisteiden lähellä (esim. painevahdit).

Sairaalakaasuputkistoon sairaalakaasuja syöttävän syöttölähteen kapasiteetin tulisi perustua sairaalan yleiseen tarpeeseen, jossa otetaan huomioon mahdollinen tarpeen kasvaminen tai väheneminen viiden seuraavan vuoden aikana (SFS-EN ISO 7396-1:2007).

Lääkkeellistä ilmaa ja instrumentti-ilmaa lukuun ottamatta kaikkien paineistettujen sairaalakaasujen varoventtiilien paineenpäästö on ohjattava rakennuksen ulkopuolelle paikkaan, jossa siitä ei aiheudu vaaraa ihmisille tai ympäristölle. Varoventtiilien paineenpäästö on sijoitettava, vallitsevat tuuliolosuhteet huomioiden, kauas ilmanottoaukoista, ovista, ikkunoista tai muista rakennuksessa olevista aukoista ja varustettava keinoilla, joilla estetään esim. hyönteisten, hiukkasten ja veden pääsy sisään. (SFS-EN ISO 7396-1:2007.)

7.1.1 Ilmakompressorijärjestelmät

Lääkkeellisen ilman ja instrumentti-ilman tuotantoon käytettävät ilmakompressorijärjestelmät koostuvat kompressorisyksiköistä, paineentasaus- ja varastosäiliöistä, puhdistusyksiköistä ja ohjauslaitteista. Lääkkeellisen ilman syöttöjärjestelmä koostuu yleensä joko kolmesta kompressorisyksiköstä (kuva 1), tai kahdesta kompressorisyksiköstä ja pullokeskuksesta. Instrumentti-ilman tuotantoon käytetään useimmiten kahden kompressorisyksikön syöttöjärjestelmää.



KUVA 1. Lääkkeellisen ilman syöttöjärjestelmä, jossa 3 ilmakompressoriyksikköä, 2 paineentasaussäiliötä, 2 puhdistusyksikköä ja keskusohjausyksikkö (Oy Atlas Copco Ab 2013a)

Ilmakompressorijärjestelmillä tuotetun lääkkeellisen ilman ja instrumentti-ilman laadun tulee täyttää Euroopan farmakopean ja standardin SFS-EN ISO 7396-1 asettamat vaatimukset (taulukko 9).

TAULUKKO 9. Kompressorijärjestelmällä tuotetun lääkkeellisen ilman ja instrumentti-ilman laatuvaatimukset

Epäpuhtaus	Lääkkeellinen ilma	Instrumentti-ilma
Kiinteät hiukkaset ⁽¹⁾	ISO 8573-1:2010, lk 1 ^(SFS)	ISO 8573-1:2010, lk 1 ^(SFS)
Vesihöyry	$\leq 67 \text{ ppm}$ ^(Eur.Ph.) (ADP -46 °C / PDP -31 °C)	$\leq 67 \text{ ppm}$ ^(SFS) (ADP -46 °C / PDP -27 °C)
Öljy ⁽²⁾	$\leq 0,1 \text{ mg/m}^3$ ^(Eur.Ph.)	$\leq 0,1 \text{ mg/m}^3$ ^(SFS)
Hiilimonoksidi CO	$\leq 5 \text{ ppm}$ ^(Eur.Ph.)	-
Hiilidioksidi CO ₂	$\leq 500 \text{ ppm}$ ^(Eur.Ph.)	-
Typen oksidit NO + NO ₂	$\leq 2 \text{ ppm}$ ^(Eur.Ph.)	-
Rikkidioksidi SO ₂	$\leq 1 \text{ ppm}$ ^(Eur.Ph.)	-

1. Standardin SFS-EN ISO 7396-1 kohdassa 5.5.2.2. viitataan kumotun ISO 8573-1:2001 standardin luokkaan 2. Kumotun standardin luokka 2 saavutetaan vaatimalla voimassaolevan standardin ISO 8573-1:2010 luokka 1.

2. Kokonaisöljypitoisuus mitattuna ilmanpaineessa, öljyä voi esiintyä nesteinä, aerosolina ja höyrynä (SFS-EN ISO 7396-1:2007).

Eur.Ph. = Euroopan farmakopean vaatimus

SFS = Standardin SFS-EN ISO 7396-1 vaatimus

ADP = Atmosfäärinen kastepiste (atmospheric dewpoint)

PDP = Paineenalainen kastepiste nimellisjakelupaineella (pressure dewpoint)

Laskenta- ja tarjouspyyntöasiakirjoissa kompressorijärjestelmillä tuotetun ilman laatuvaatimukset ilmoitetaan usein standardin ISO 8573-1:2010 luokkien mukaan. Standardi määrittelee tärkeimmiksi epäpuhtauksiksi kiinteät hiukkaset, veden ja öljyn. Taulukossa 10 on esitetty edellä mainitut epäpuhtaustasot niiltä osin kuin ne tässä oppaassa käsitellyt sairaalakaasuja koskevat.

TAULUKKO 10. Epäpuhtaustasot standardin ISO 8573-1:2010 luokissa 1-4

ISO 8573-1:2010 LUOKKA	Kiinteät hiukkaset			Vesi Paineenalainen kastepiste	Öljy Kokonaisöljy mg/m ³
	Hiukkasten maksimimäärä / m ³				
	0,1 - 0,5 µm	0,5 - 1 µm	1 - 5 µm		
1	≤ 20000	≤ 400	≤ 10	≤ -70 °C	0,01
2	≤ 400000	≤ 6000	≤ 100	≤ -40 °C	0,1
3	-	-	≤ 1000	≤ -20 °C	1
4	-	-	≤ 10000	≤ +3 °C	5

Standardin mukaisesti ilmoitetut, Euroopan farmakopean ja standardin SFS-EN ISO 7396-1 vaatimukset täyttävät, lääkkeellisen ilman ja instrumentti-ilman laatuvaatimukset on esitetty taulukossa 11. Hakasulkeiden sisälle merkityt numerot kertovat vaaditun luokan järjestyksessä [kiinteät hiukkaset:vesi:öljy].

TAULUKKO 11. Standardin ISO 8573-1:2010 mukaiset laatuvaatimukset

Lääkkeellinen ilma	Instrumentti-ilma
ISO 8573-1:2010 [1:2:2] o [CO ≤ 5 mg/kg]; o [CO ₂ ≤ 500 mg/kg]; o [SO ₂ ≤ 1 mg/kg]; o [NO+NO ₂ ≤ 2 mg/kg]	ISO 8573-1:2010 [1:2:2] tai * ISO 8573-1:2010 [1:1:2]

*) Instrumentti-ilman kohdalla voidaan vaatia alhaisempaa vesipitoisuutta, jotta estetään veden tai jään muodostuminen (adiabaattisen laajenemisen aiheuttaman viilenemisen vuoksi), mikä voi vaurioittaa työkaluja (SFS-EN ISO 7396-1:2007).

Lääkkeellisen ilman ja instrumentti-ilman tuotantoon käytetään öljytöntä paineilmaa tuottavia mäntä-, ruuvi-, hammasroottori- tai scroll-kompressorisyksiköitä. Usein käytetään täysin öljyvapaita (kompressorin paineilmaa puristavassa tilassa ei käytetä tiivistävänä ja jäähdyttävänä aineena öljyä) kompressorisyksiköitä. Kompressorivalmistajien tuotevalikoimista löytyy yleensä nimenomaan lääkkeellisen ilman tuottamiseen tarkoitettuja kompressorisyksiköitä.

Lääkkeellinen ilma ja instrumentti-ilma voidaan tuottaa samoilla kompressoriyksiköillä (esim. kaksiportaiset putkistojärjestelmät), jos se katsotaan mitoituksellisesti järkeväksi vaihtoehdoksi. Kaksiportaisiin putkistojärjestelmiin syötettävän ilman tulee täyttää lääkkeelliselle ilmalle asetetut laatuvaatimukset.

Kompressoriyksiköt varustetaan paineohjauksella. Useita kompressoriyksiköitä sisältävät syöttöjärjestelmät varustetaan automaattisella vuorottelukäytöllä, joka tasaa kompressoreihin kohdistuvaa kuormitusta, varmistaa toimintavalmiutta ja ajoittaa määräaikaishuollot käytännöllisesti samaan aikaan. Edellä mainitun perusteella pelkistää kompressorijärjestelmistä koostuvassa syöttöjärjestelmässä ensisijaisen-, toissijaisen- ja varasyöttölähteen määrittely onkin lähinnä nimellistä.

Kompressoriyksikön mitoituspaineen määrittelyssä tulee huomioida puhdistusyksiköiden, kompressorihuoneen putkistojen ja kompressorin paineohjauksen aiheuttamat painehäviöt. Yleensä kompressorin mitoituspaine on 1 - 2 bar suurempi kuin tarvittava verkoston syöttöpaine.

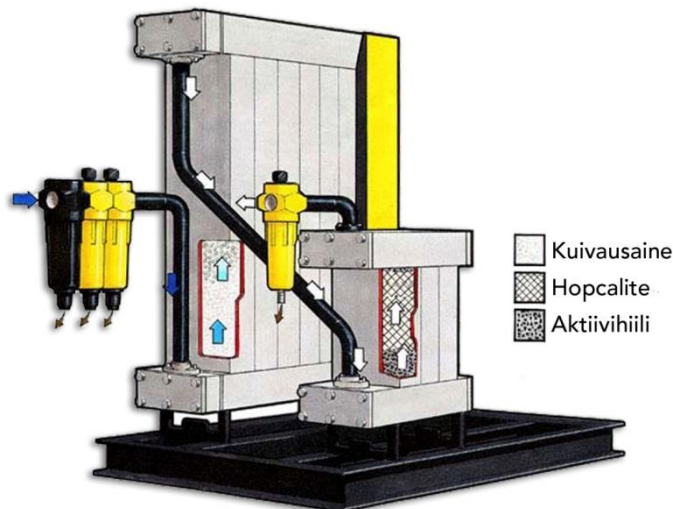
Ilmakompressorijärjestelmien paineentasaus- ja varastosäiliöinä käytetään yleensä standardin SFS-EN 13445 mukaisia, happipestyjä, ruostumattomasta tai haponkestävästä teräksestä valmistettuja painesäiliöitä.

Kompressorin paineentasaussäiliö tasaa kompressorin käyntiä ja sen koko valitaan kompressoriyksikön tuoton mukaan noudattaen kompressorivalmistajan ohjeita. Säiliöt varustetaan automaattisella lauhteenpoistimella, tyhjennysventtiilillä, varoventtiilillä, tarkastusaukolla ja painemittarilla/-anturilla. Tulo- ja lähtöyhteisiin asennetaan lisäksi sulkuventtiilit.

Varasto-/puhdasilmäsäiliöt sijoitetaan puhdistusyksiköiden jälkeen, ennen verkostopaineensäätimiä. Ne tasaavat kulutuksesta aiheutuvia verkoston painevaihteluja sekä varastoivat vaatimusten mukaiselle tasolle puhdistettua ilmaa terveydenhuollon yksikön tarpeisiin. Säiliöt varustetaan manuaalisella lauhteenpoistimella, tyhjennysventtiilillä, varoventtiilillä, tarkastusaukolla, painemittarilla/-anturilla sekä tulo- ja lähtöyhteisiin asennetuilla sulkuventtiileillä.

Jotta ilmakompressorijärjestelmällä tuotettu ilma täyttäisi sille asetetut laatuvaatimukset, kompressorijärjestelmät varustetaan puhdistusyksiköillä. Lääkkeellisen ilman tehdasvalmisteinen puhdistusyksikkö (kuva 2) sisältää yleensä seuraavat komponentit:

- **vedenerotin** poistaa nestemäisen veden
- **hienosuodatin** poistaa hiukkaset ja öljysumun
- **aktiivihiilisuodatin** poistaa hajut ja öljyhöyryn
- **adsorptiokuivain** poistaa lopun jäljellä olevan veden ja alentaa CO₂:n taso
- **aktiivihiili-/katalyyttipuhdistin** poistaa kaasumaiset epäpuhtaudet ja muuttaa hiilimonoksidin (CO) hapettamalla hiilidioksidiksi (CO₂)
- **pölysuodatin** poistaa adsorptiokuivaimesta ja aktiivihiili-/katalyyttipuhdistimesta mahdollisesti irronneet pienet hiukkaset.



KUVA 2. Lääkkeellisen ilman puhdistusyksikkö (Sarlin Oy Ab 2013)

Instrumentti-ilman puhdistusyksikkö sisältää yleensä, aktiivihiili-/katalyyttipuhdistinta lukuun ottamatta, samat komponentit kuin lääkkeellisen ilman puhdistusyksikkö.

Jos lääkkeellisen ilman tai instrumentti-ilman syöttöjärjestelmä sisältää kaksi tai useampia kompressoriyksiköitä, se on varustettava vähintään kahdella puhdistusyksiköllä. Puhdistusyksiköt mitoitetetaan siten, että yksi yksikkö pystyy puhdistamaan tarvittavan määrän ilmaa koko järjestelmän tarpeisiin. (SFS-EN ISO 7396-1:2007.)

Puhdistusyksiköissä käytetään paineilmaelvytteisiä adsorptiokuivaimia. Kastepisteohjattu adsorptiokuivain kuluttaa elvytykseen n. 10 % nimelliskapasiteetistaan ja ilman

kastepisteohjausta n. 20 %. Tämä tulee huomioida kompressoriyksiköltä vaadittavaa ilmantuottoa määritettäessä, elvytysilma on pois kompressorin tuotosta. Jos järjestelmä sisältää useamman kuin yhden puhdistusyksikön ja kytkentä sen sallii, pidetään nämä useimmiten yhtä aikaa toiminnassa, jolloin kuivaimen elvytykseen kuluva aika lyhenee kuormituksen jakaantumisen johdosta.

Ilmakompressorijärjestelmiin liittyvän kaasuputkiston verkostopaineensäätöön käytetään yleensä standardin SFS-EN ISO 10524-2 mukaisia, rinnakkaisia paineensäätimiä. Paineensäätimet asennetaan erillisten huoltosulkuventtiilien väliin siten, että yksittäinen paineensäädin voidaan irrottaa ja huoltaa. Toisen säätöpiirin sulkeminen ei saa vaikuttaa käyttöön jäävän paineensäätimen toimintaan. Painemittari ja säätimien yhteinen, ala- ja ylärajahälytyksellä varustettu, paineanturi sijoitetaan putkistoon pääsulkuventtiilistä myötävirtaan. (SFS-EN ISO 7396-1:2007; TalotekniikkaRYL 2002.)

Kompressorijärjestelmillä tuotetun lääkkeellisen ilman tai instrumentti-ilman laadun valvomiseksi järjestelmät varustetaan jatkuvalla kastepistemittauksella, jonka tietoa käytetään myös adsorptiokuivaimien ohjauksessa (SFS-EN ISO 7396-1:2007). Näytöllä ja hälyttimellä varustettu kastepisteanturi sekä sulkuventtiilillä varustettu näytteenottopiste sijoitetaan putkistoon syöttöjärjestelmän pääsulkuventtiilin jälkeen.

Ilmakompressoriyksiköt tuottavat, paineistetun ilman lisäksi, runsaasti lämpöä. Kompressorihuoneen yllämmönpoiston ja kompressoriyksiköiden nestejäähdytyksen, jos sellaista on käytetty, hyödyntämistä muiden tilojen lämmittämiseen tai muuhun energiansäästöä edistävään toimintaan tulee tarkastella tapauskohtaisesti.

7.1.2 Nestesäiliöasemat

Nestesäiliöasemia (kuva 3) käytetään lääkkeellisen hapen, lääkkeellisen dityppioksidin ja lääkkeellisen hiilidioksidin syöttölähteinä ja kaasuvälikameroina. Nestesäiliöaseman (nestemäisen kaasun säiliö ja höyrystin) on täytettävä painelaitelainsäädännön määräykset, nestemäisen kaasun säiliö on yleensä rekisteröitävä painelaite (TalotekniikkaRYL 2002).



KUVA 3. Nestesäiliöasema (Tukes 2003)

Nestesäiliöaseman on toimittava automaattisesti kaasun kulutuksen mukaan, ja siinä on oltava toiminnan kannalta välttämättömät varusteet, kuten (TalotekniikkaRYL 2002):

- käyttö- ja täyttöventtiilit
- paineensäätimet
- varolaitteet
- paine- ja määrämittarit
- nestepinnan alarajahälytys
- höyrystyspatteri.

Nestesäiliöasemia käytetään usein ensisijaisina syöttölähteinä, kun kaasun vuosikulutus on yli 10000 Nm³/a. Nestesäiliöaseman kapasiteetti mitoitetaan sairaalakaasun kulutuksen mukaan siten, että säiliön täyttöväli on 1 - 4 viikkoa.

Höyrystyneen nestemäisen hapen kaasuputkiston syöttöpaine säädetään aina vakauttamissäätimellä (TalotekniikkaRYL 2002).

7.1.3 Happirikastinjärjestelmät

Suomessa happirikastinjärjestelmien käyttö lääkkeellisen hapen tuotantoon terveydenhuollon toimintayksiköissä on ollut mahdollista vuoden 2013 alusta, joten tämän suunnitteluohjeen laadintahetkellä käyttökokemuksia Suomessa toteutetuista järjestelmistä ei ollut käytettävissä. Euroopan ulkopuolella (esim. Pohjois-Amerikassa) happirikastinjärjestelmiä on käytetty lääkinnällisen hapen tuotantoon yli 20 vuotta ilman mainittavia ongelmia.

Terveydenhuollon laitteita ja tarvikkeita koskevan riskienhallinnan kannalta suurin happirikastinjärjestelmien käytöllä saavutettava etu on riippumattomuus kaasutehtaiden kaasutoimituksista. Odotettavissa onkin, että happirikastinjärjestelmien käyttö lääkkeellisen hapen tuotantoon, erityisesti pullokaasuja käyttävissä terveydenhuollon yksiköissä, tulee lisääntymään olemassa olevien syöttöjärjestelmien ja syöttölähteiden muutoksia toteutettaessa ja uusia kohteita rakennettaessa.

Standardin ISO 10083 mukaisia happirikastinjärjestelmiä voidaan käyttää lääkkeellisen hapen syöttöjärjestelmissä ensisijaisina, toissijaisina tai varasyöttölähteinä. Lääkkeellisen hapen (93 %) tuotantoon käytettävä happirikastinjärjestelmä (kuva 4) koostuu yleensä kompressoriyksiköstä, jäähdytyskuivaimesta, vedenerottimesta, paineilman ja hapen suodattimista, paineilman puskurisäiliöstä, happigeneraattorista sekä hapen varastosäiliöstä.



KUVA 4. Lääkkeellisen hapen (93 %) syöttöjärjestelmä, jossa 2 happirikastinjärjestelmää ja pulloituslaitteisto (Oy Atlas Copco Ab 2013b)

Mikäli syöttöjärjestelmä koostuu kuvan 4 kaltaisesta kokoonpanosta, jossa ensi- ja toissijaisina syöttölähteinä käytetään happigeneraattoreita, tulee standardin ISO 10083 mukaan varasyöttöjärjestelmänä käyttää kapasiteetiltaan terveydenhuollon yksikön yleisen tarpeen mukaan mitoitettua, automaattisella puolenvaihtajalla varustettua kaksipuolista pullokaasukeskusta. Pullokaasukeskukseen liitetyt kaasupullot voivat sisältää joko tehdasvalmisteista tai happirikastimella tuotettua lääkkeellistä happea.

Happirikastinjärjestelmien käyttöön tarkoitetun paineistetun ilman tuotantoon käytetään samanlaisia, öljytöntä paineilmaa tuottavia kompressoriyksiköitä kuin lääkkeellisen ilman ja instrumentti-ilman tuotantoon. Happigeneraattorille ilmaa syöttävän kompressorijärjestelmän mitoituksessa tulee huomioida, että yhden happikuution tuottamiseen kuluu noin 10-kertainen määrä paineistettua ilmaa. Happigeneraattorin sisääntulopaine on yleensä 7,5 - 8 bar. Kompressoriyksikön mitoituspaineen määrittelyssä tulee huomioida kuivaimen, suodattimien, putkistojen ja kompressorin paineohjauksen aiheuttamat painehäviöt. Happirikastinjärjestelmien käyttöön tuotetun paineilman laatuvaatimukset ovat yleensä ISO 8573-1:2010 [1:4:1] (ks. taulukko 10). Happirikastinjärjestelmien käyttämä paineilma voidaan tuottaa samoilla kompressoriyksiköillä kuin lääkkeellinen ilma tai instrumentti-ilma, jos se katsotaan mitoituksellisesti järkeväksi vaihtoehdoksi.

Happigeneraattorin tuotantokapasiteetti valitaan hapen mitoitusvirtaaman perusteella. Jos happirikastinjärjestelmään liittyy pullotuslaitteisto, tulee tämä huomioida generaattorin tuotantokapasiteetin mitoituksessa ja ohjausjärjestelmän suunnittelussa siten, ettei pullotuslaitteiston käyttö vaikuta kaasuverkoston syöttöön. (ISO 10083:2006.)

Happirikastinjärjestelmällä tuotettu happirikastettu ilma suodatetaan välittömästi myötävirtaan happigeneraattorista. Hiukkaspitoisuuden tulee alittaa standardin SFS-EN ISO 14644-1:2000 taulukossa 1 esitetty ISO-luokka 5. (ISO 10083:2006.)

Happirikastinjärjestelmillä tuotetun lääkkeellisen hapen (93 %) laadun valvomiseksi järjestelmät varustetaan vähintään yhdellä happianalysointilaitteella jatkuvaa happipitoisuusmittausta varten. Happianalysointilaitteen tulee sisältää alhaisen pitoisuuden hälytys ja happigeneraattorin ohjausjärjestelmän tulee sammuttaa syöttölähde, mikäli happipitoisuus ei täytä sille asetettuja vaatimuksia. (ISO 10083:2006.)

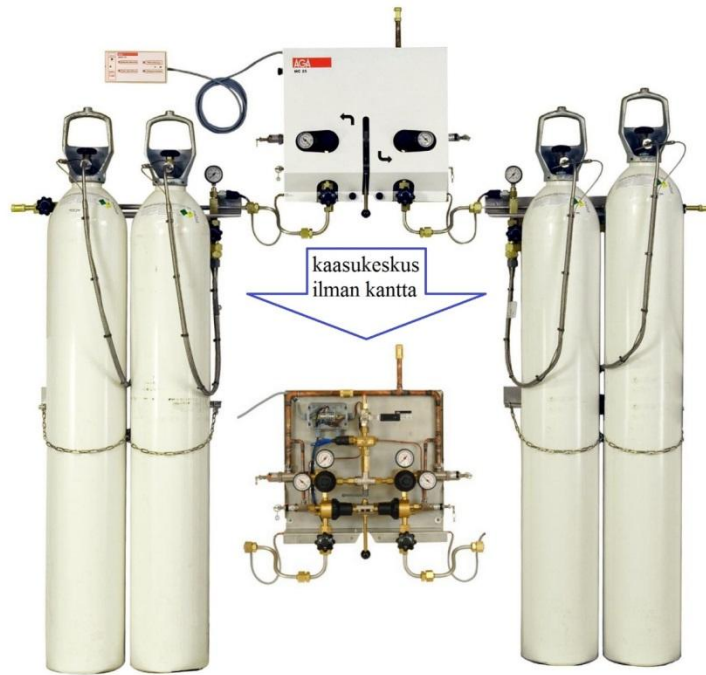
Hapen varastosäiliöt sijoitetaan kunkin happigeneraattorin jälkeen, ennen verkostopaineensäätimiä. Ne tasaavat kulutuksesta aiheutuvia verkoston painevaihteluja sekä varastoivat happipitoisuudeltaan vaatimusten mukaista lääkkeellistä happea terveydenhuollon yksikön tarpeisiin. Säiliöt varustetaan tyhjennysventtiilillä, varoventtiilillä, tarkastusaukolla, painemittarilla/-anturilla sekä tulo- ja lähtöyhteisiin asennetuilla sulkuventtiileillä. Varastosäiliön koko valitaan happigeneraattorin tuotantokapasiteetin perusteella. Hapen varastosäiliö on rekisteröitävä painelaite, mikäli sen suurimman sallitun käyttöpaineen ja tilavuuden tulo on $>1000 \text{ bar} \times \text{L}$.

Happiverkoston verkostopaineensäätiminä käytetään yleensä vakauttamissäätimiä. Sulkuventtiilillä varustettu näytteenottopiste sijoitetaan putkistoon syöttöjärjestelmän pääsulkuventtiilin jälkeen.

Mikäli happirikastinjärjestelmällä tuotettua happirikastettua ilmaa on tarkoitus pullottaa erillisen pullotuslaitteiston avulla, tulee pullotuslaitteistoon sisältyvän korkeapainekompressorin valinnassa kiinnittää erityistä huomiota kompressorin tyyppiin. Korkeapainekompressorit ovat usein öljyvoldeltuja, eivätkä kaikki tyypit sovellu käytettäväksi lähes puhtaan hapen paineenkorotukseen. Sulkuventtiilillä varustettu näytteenottopiste sijoitetaan putkistoon pullotuslaitteiston välittömään läheisyyteen (ISO 10083:2006).

7.1.4 Kaasukeskukset

Kaasukeskuksia voidaan käyttää syöttölähteenä kaikkien sairaalakaasujen syöttöjärjestelmissä. Automaattisella puolenvaihtajalla varustettu, terveydenhuollon yksikön yleisen tarpeen mukaan mitoitettu, kaksipuolinen kaasukeskus (kuva 5) toimii samanaikaisesti sekä ensi- että toissijaisena syöttölähteenä.



KUVA 5. Kaksipuolinen kaasukeskus automaattisella puolenvaihtajalla, integroidulla vakauttamissäätimellä ja hälytysyksiköllä (Linde Healthcare 2011)

Sairaalakaasujen varasyöttölähteenä käytetään usein yksipuolista kaasukeskusta (kuva 6). Yksipuolisia kaasukeskuksia käytetään myös muiden kuin keskusjakelujärjestelmän kautta syötettyjen kaasujen kaasukeskuksina esim. laboratorioissa ja sairaalapteekeissa.



KUVA 6. Yksipuolinen kaasukeskus (Linde Healthcare 2011)

Sairaalakaasujen syöttölähteinä käytettävät kaasukeskukset ovat tehdasvalmisteisia, erilaisille kaasunsyöttökapasiteeteille mitoitettuja kokoonpanoja ja lisätietoa niihin sisältyvistä komponenteista löytyy valmistajien tuote-esitteistä, esim. Oy AGA Ab - Linde Healthcare tai Sa-Va Sairaalavaruste Oy.

Käytettävä kaasukeskus valitaan siten, että keskuksen syöttökapasiteetti on suurempi kuin sairaalakaasun mitoitusvirtaama. Kaasukeskukseen kytkettävien pullojen/pullopakettien kapasiteetti mitoitetaan sairaalakaasun arvioidun vuosikulutuksen perusteella siten, että pullojen vaihtoväli on 1 - 4 viikkoa.

7.2 Ohjaus-, seuranta- ja hälytysjärjestelmät

Ohjausjärjestelmät ohjaavat syöttöjärjestelmiin liittyvien laitteiden (kompessorit, kuivaimet, happigeneraattorit yms.) toimintaa, ja ne liitetään toimintayksikön kiinteistövalvontajärjestelmään seurantaa varten.

Ohjausjärjestelmät on suunniteltava siten, että syöttöjärjestelmiin liittyvät laitteet voidaan huoltaa kaasunsyöttöä keskeyttämättä (SFS-EN ISO 7396-1:2007).

Seuranta- ja hälytysjärjestelmillä on neljä eri tarkoitusta (SFS-EN ISO 7396-1:2007):

- **Toimintahälytykset** ilmoittavat tekniselle henkilökunnalle, että yksi tai useampi syöttöjärjestelmän syöttölähteistä ei enää ole käytettävissä ja on erittäin tärkeää ryhtyä toimenpiteisiin. Toimintahälytysignaali on tarkoitettu ilmoittamaan kun: syöttölähteessä on toimintahäiriö tai käytettävä syöttölähde on vaihdettava muun kuin paineen tai nestetason minimiarvon alituksen johdosta, nestesäiliöaseman säiliön tai pullokaasukeskuksen pullojen paine tai nestetaso on alle asetetun minimiarvon, ilmakompressori- tai happirikastinjärjestelmillä tuotetun kaasun laatu (kastepiste, happipitoisuus) ei täytä vaatimuksia. Toimintahälytyksissä tulee olla vähintään optinen signaali.
- **Toimintaan liittyvät hätähälytykset** ilmoittavat epänormaalista paineesta putkistossa, mikä saattaa vaatia tekniseltä henkilökunnalta pikaisia toimia. Toimintaan liittyvät hätähälytysignaali on tarkoitettu ilmoittamaan kun putkistopaine myötävirtaan pääsulkuventtiilistä poikkeaa enemmän kuin $\pm 20\%$

nimellisjakelupaineesta. Toimintaan liittyvissä hätähälytyksissä tulee olla sekä optinen, että akustinen signaali.

- **Kliiniset hälytykset** ilmoittavat epänormaalista paineesta putkistossa, mikä voi vaatia sekä tekniseltä että kliiniseltä henkilökunnalta pikaisia toimia. Kliiniset hälytyssignaalit on tarkoitettu ilmoittamaan kun putkistopaine myötävirtaan jostakin aluesulkuventtiilistä poikkeaa enemmän kuin $\pm 20\%$ nimellisjakelupaineesta. Kliinisissä hälytyksissä tulee olla standardin IEC 60601-1-8 mukaiset, optiset ja akustiset signaalit.
- **Info-signaalit** ilmoittavat järjestelmän normaalitilasta ja niiden tulee sisältää optinen signaali.

Sairaalakaasujen syöttöjärjestelmiin liittyvät seuranta- ja hälytysjärjestelmät toteutetaan standardin SFS-EN ISO 7396-1 kohdan 6 vaatimusten mukaisesti. Seuranta- ja hälytyssignaalit liitetään, standardin vaatimien ilmaisintaulujen lisäksi, myös toimintayksikön kiinteistövalvontajärjestelmään.

7.3 Syöttölähteiden sijoitus ja tilantarve

Syöttölähteiden sijoitus ratkaistaan aina yhteistyössä tilaajan ja paikallisten viranomaisten kanssa. Usein suunnittelijan on hyödyllistä keskustella myös laitevalmistajien kanssa laitteiden sijoituksen ja tilantarpeen vaatimuksista.

Kaasua ja ei-kryogeenisiä nesteitä sisältäviä pullosyöttölähteitä ei tule sijoittaa samaan huoneeseen ilmakompressori- tai happirikastinjärjestelmien kanssa. Syöttöjärjestelmien sijoituksessa on otettava huomioon mahdolliset vaarat (esim. saastuminen ja tulipalo), jotka aiheutuvat samassa huoneessa olevista muista varusteista tai syöttöjärjestelmistä. (SFS-EN ISO 7396-1:2007.)

Painelaite on sijoitettava sekä sitä ympäröivät tilat ja rakenteet suunniteltava ja toteutettava niin, että vaurio- tai käyttöhäiriötilanteessa tapahtuva sisällön purkautuminen aiheuttaa mahdollisimman vähän vaaraa. Sijoituksen tulee lisäksi olla sellaisen, että painelaitetta voidaan asianmukaisesti käyttää, tarkastaa ja pitää kunnossa. (KTMp 953/1999, 6 §.)

Tässä suunnitteluohjeessa käsitellyt sairaalakaasut eivät ole palavia kaasuja, eikä näiden kaasujen syöttölähteitä sisältäviltä tiloilta tai kaasuvarastoilta vaadita räjähdysvaarallisten (ATEX) tilojen tilaluokitusta. Hapen ja ilokaasun syöttöjärjestelmiä sisältävien tilojen osalta tulee kuitenkin ottaa huomioon kaasujen hapettavat ominaisuudet ja vuototilanteessa mahdollinen kipinän aiheuttama tulipalo-/räjähdysvaara. Tästä syystä hapen ja ilokaasun syöttölähteitä sisältävien tilojen talotekniset järjestelmät toteutetaan kuten räjähdysvaarallisissa tiloissa ja esim. ilmanvaihtopuhaltimina käytetään kipinöimättömän rakenteen puhaltimia.

Tarkempaa tietoa hapen syöttöjärjestelmien sijoituksesta ja tilojen vaatimuksista löytyy Tukes:n julkaisemasta oppaasta, Hapen turvallinen käsittely ja varastointi (Tukes 2003).

7.3.1 Kompressorihuone

Kompressorihuone sijoitetaan yleensä ulkoseinän lähelle keskeisesti kulutukseen nähdessä. Kompressoriyksiköt sijoitetaan ottaen huomioon niiden käyttö, huolto ja osien vaihdettavuus. Ellei laitetoimittaja toisin määrittele, kompressoriyksiköiden ympärille jätetään vähintään 600 mm huoltotilaa, lisäksi sähköturvallisuusmääräykset edellyttävät vähintään 800 mm vapaata tilaa sähkökeskuksen edessä. Rekisteroitävien painelaitteiden ympärille jätetään riittävä tila, että määräaikaistarkastukset voidaan suorittaa. Kompressorihuoneen ilmanvaihto mitoitetaan ja järjestetään niin, että huoneen lämpötila pysyy laitevalmistajien suositusten mukaisena. (TalotekniikkaRYL 2002.)

Kompressorihuoneen ilmanvaihdon ja jäähdytystehontarpeen mitoituksesta on lisätietoja TalotekniikkaRYL 2002:n kohdassa G5110.12.

Kompressorihuoneessa on oltava vähintään yksi lattiakaivo lauhdeveden poistoa varten. Lattiakaivot on hyvä varustaa hajulukolla (esim. NOOD).

7.3.2 Kaasukeskushuone

Kaasupulloja tai pullopaketteja sisältävät syöttöjärjestelmät sijoitetaan tarkoitusta varten rakennettuun tai asianmukaisesti muunneltuun, hyvin ilmastoituun ja palonkestävään huoneeseen (SFS-EN ISO 7396-1:2007).

Kaasukeskushuone sijoitetaan ulkoseinän viereen maanpinnan yläpuolelle ja vähintään 10 metrin etäisyydelle palavien nesteiden ja aineiden säilytyspaikasta. Kaasukeskushuoneen sijoittamisessa ja järjestelyissä otetaan erityisesti huomioon kaasupullojen ja pullopakettien purku, lastaus ja siirrot sekä kuljetuslaitteiden vaatimat tilat. (TalotekniikkaRYL 2002.)

Kaasukeskushuoneeseen ei saa asentaa öljyputkia, palavien kaasujen putkia, ilmakanaavia, savukanavia eikä lattiakaivoja. Kaasukeskushuoneeseen ei saa sijoittaa muuta kuin kaasukeskuksen toiminnan edellyttämiä kaasupulloja ja tarvikkeita. Keskushuoneen ilmakanaavaa ei saa liittää muiden tilojen poistoilmakanaviin. (TalotekniikkaRYL 2002.)

7.3.3 Happirikastinjärjestelmät

Happirikastinjärjestelmien osalta ei tämän suunnitteluohjeen laadintahetkellä ollut käytettävissä tietoa viranomaisten kannasta laitesijoitteluun liittyen, joten tässä kohdassa esitetyt ratkaisut tulee tarkastaa paikallisten viranomaisten kanssa ennen toteutusta.

Happirikastinjärjestelmiin paineilmaa syöttävät kompressoriyksiköt, kuivaimet ja puskurisäiliöt tulee sijoittaa eri tilaan kuin happigeneraattorit ja hapen varastosäiliöt. Kompressorit voidaan sijoittaa samaan tilaan lääkkeellisen ilman ja instrumentti-ilman tuotantoon tarkoitettujen kompressoriyksiköiden kanssa tai erilliseen, kompressorihuoneen vaatimukset täyttävään (ks. kohta 7.3.1) tilaan.

Happigeneraattorit ja hapen varastosäiliöt tulisi sijoittaa kaasukeskushuoneen vaatimukset täyttävään (ks. kohta 7.3.2) tilaan. Mikäli happirikastinjärjestelmällä tuotettua happirikastettua ilmaa on tarkoitus pullottaa erillisen pullotuslaitteiston avulla, on kyseessä hapen täyttölaitos. Hapen täyttölaitokselle tulee laatia perustamissuunnitelma, jonka tarkastuslaitos hyväksyy ennen rakennustöiden aloittamista. Täyttölaitos sijoitetaan erilliseen, kaasukeskushuoneen vaatimukset täyttävään tilaan.

7.3.4 Nestesäiliöasema

Nestesäiliöasemat sijoitetaan rakennusten ulkopuolelle avoimeen paikkaan. Nestesäiliöt sijoitetaan maanpinnalle yli 5 metrin etäisyydelle avo-ojista, maanalaisista rakenteista, tarkastusluukuista, viemäreistä tai viemäriputkien aukoista ja vähintään 5 metrin etäisyydelle yleisistä kulkureiteistä. (SFS-EN ISO 7396-1:2007.)

Ajoneuvojen tulee päästä nestesäiliöaseman alueelle säiliön täyttöä varten. Hapen ja ilokaasun täyttöpaikan lähellä olevan maan tulisi olla betonia tai muuta palamatonta materiaalia. Kohdat, joissa kaasun purkautuminen varoventtiileistä on mahdollista, tulisi sijoittaa yli 5 metrin päähän julkisista alueista. (SFS-EN ISO 7396-1:2007.)

8 SAIRAALAKAASUJEN JAKELUPUTKISTO

Putkistolla tarkoitetaan sisällön siirtämiseen tarkoitettuja putkiston osia, jotka on liitetty toisiinsa paineelliseen järjestelmään yhdistämistä varten; putkistoon kuuluu erityisesti putki tai putkiverkko, putkijohto, putkiston lisäosat, tasaimet, letkut ja muut asiankuuluvat paineenalaiset osat (KTMp 938/1999, 3 § 3).

Putkistoja tulee käyttää ainoastaan potilashoitoon. Putkistojärjestelmään ei tule tehdä liitännöitä mitään muuta tarkoitusta varten (SFS-EN ISO 7396-1:2007.)

8.1 Putkistojen luokitus

Putkiston nimellisuuruus, suurin sallittu käyttöpaine ja sisältö määrittävät, mihin painelaitesäädösten mukaiseen putkistoluokkaan se kuuluu. Jokainen putkisto on tarkastettava erikseen. Luokituskuva, josta luokitus määritetään, valitaan sisällön vaarallisuuden (ryhmä 1 tai 2) mukaan (ks. taulukko 3 ja liite 1). (Tukes 2007b.)

Putkistot joiden sisältönä on ryhmän 1 kaasu (happi tai dityppioksidi) ja joiden putkikoko on > DN25, luokitellaan luokan I putkistoiksi. Luokan I putkistojen on täytettävä KTMp 938/1999 liitteen I olennaiset turvallisuusvaatimukset ja niiden vaatimustenmukaisuuden arvioinnissa tulee käyttää luokan I mukaista arviointimenettelyä. Valmistajan on annettava luokan I putkistosta käyttäjälle asiakirjoina vähintään EY-

vaatimustenmukaisuusvakuutus ja käyttöohjeet. Luokan I putkistoon tulee CE-merkintä. (Tukes 2007b.)

Sairaalakaasujärjestelmien putkistot joiden sisältönä on ryhmän 2 kaasu, kuuluvat hyvän konepajakäytännön mukaisesti valmistettaviin putkistoihin, eikä niitä saa merkitä CE-merkinnällä. Hyvän konepajakäytännön mukaisilta putkistoilta ei myöskään edellytetä varsinaista vaatimustenmukaisuuden arviointimenettelyä. Valmistajan on annettava hyvän konepajakäytännön putkistosta käyttäjälle asiakirjoina vähintään käyttöohjeet. (Tukes 2007b.)

Rekisteröitävään painelaitteeseen liittyvä putkisto on tarkastettava painelaitteen määräraikaistarkastuksen yhteydessä, jos putkistossa on ryhmän 1 sisältö (Tukes 2007b).

8.2 Kaasuputkiston materiaalit ja komponentit

Lukuun ottamatta matalapaineisia letkustoja ja matalapaineisia taipuisia liitännöitä painestetuissa sairaalakaasuputkistoissa on käytettävä metallisia materiaaleja ja putkisto-liitosten on oltava kovajuotettuja tai hitsattuja. Juotosliitoksissa on käytettävä kapillaarioria. Mekaanisia liitoksia (laippa- tai kierreliitos) voidaan käyttää liittämään verkostoon esim. venttiilejä, kaasunottopisteitä ja paineensäätimiä sekä ohjaus-, seuranta- ja hälytysantureita. Sairaalakaasuputkistoissa ei saa käyttää puristus- tai puserrusliitoksia. (SFS-EN ISO 7396-1:2007.)

Sairaalakaasuputkistoille suositeltu putkimateriaali on kupari. Sairaalakaasujen putkistoissa käytettävien kupariputkien on täytettävä standardin SFS-EN 13348 vaatimukset. Materiaaliltaan muiden kuin kuparisten putkien on täytettävä standardin SFS-EN 13348 puhtausvaatimukset. (SFS-EN ISO 7396-1:2007.)

Maan alle (tunneliin tai suojaputkeen) asennettavien putkistojen materiaaliksi suositellaan ruostumatonta terästä. Myös nestesäiliöaseman ja vakauttamissäätimen sekä kompressorisyksikön ja verkostopaineensäätimen väliset putkistot tehdään usein ruostumattomasta teräsputkesta.

Pullokaasukeskusten korkeapainepuolen kokoojaputkina käytetään paineluokan PN300 haponkestäviä teräsputkia ja pullojen tai pulloryhmien liitokset tehdään standardin SFS-EN 13221 mukaisilla korkeapaineletkuilla.

Yksittäisten kaasupisteiden (esim. obduktiosalin avauspöydän jalkaan sijoitettu instrumentti-ilmapiste) lattiarakenteeseen sijoitettavat kytkentäjohdot suositellaan toteutettavaksi suojaputkeen asennettuna, standardin SFS-EN ISO 5359 mukaisella, matalapaineisella letkulla. Matalapaineisten letkujen liitokset kaasuputkistoon tehdään standardin SFS-EN ISO 5359 mukaisia kaasukohtaisia NIST-liittimiä käyttäen ja varustetaan sulkuventtiilein. Tarvittaessa liitokset varustetaan myös takaisinvirtauksen estävillä yksisuuntaventtiileillä.

Putkiston kaasun kanssa kosketukseen joutuvien komponenttien (kulmat, T-kappaleet, supistukset, jatkosmuhvit yms.) on täytettävä samat puhtausvaatimukset kuin metallisten putkien. Sairaalakaasujärjestelmän kaasun kanssa kosketukseen joutuvien laitteiden, putkia lukuun ottamatta, on täytettävä standardin SFS-EN ISO 15001 puhtausvaatimukset. (SFS-EN ISO 7396-1:2007.)

8.3 Kaasunjakelulaitteet

Sairaalakaasuputkistoihin kytketään erilaisia kaasunjakelulaitteita, joita käytetään mm. kaasuverkoston paineen säätöön ja valvontaan, vara-, hätä- ja huoltosyöttöpisteinä, huolto- ja aluesulkuina sekä kulutus-pisteinä. Yleisimpiä kaasunjakelulaitteita ovat vakauttamissäätimet, painevahdit, pikasulkukotelot, sulku- ja yksisuuntaventtiili sekä kaasupisteet ja -liittimet. Kaasunjakelulaitteisiin sisältyy usein seuranta- ja hälytysjärjestelmiä palvelevia painelähettäjiä ja -kytkimiä, mahdollisesti myös virtausmittaukseen tarkoitettuja sensoreita. Kaasunjakelulaitteissa käytettyjen materiaalien pitää täyttää samat puhtaus- ja syöpymisenkestävyysvaatimukset kuin kaasuputkistonkin.

8.3.1 Vakauttamissäädin

Vakauttamissäätimiä käytetään syöttöjärjestelmien verkostopaineensäätiminä. Vakauttamissäätimellä säädetään kaasuverkostoon haluttu syöttöpaine, jota painesäädin pitää asetetussa arvossa. Vakauttamissäätimessä on oltava kahdet toisistaan riippumattomat painesäätimet sekä erilliset huoltosulkuventtiilit tulo- ja menopuolella painesäätii-

men irrotusta ja huoltoa varten. Toisen säätöpiirin sulkeminen ei saa vaikuttaa käyttöön jäävän paineensäätimen toimintaan. Kumpaakin säädintä varten on oltava oma varoventtiili ja säätimien yhteinen putkistopaineen ala- ja ylärajahälytys (hälytysalue 0...16 bar). (TalotekniikkaRYL 2002.)

Kaasuverkoston paineen valvonnan ja hälytysten järjestämiseksi vakauttamissäätimet kytketään vähintään optisesti hälyttävään paineenvälvonta- tai hälytysyksikköön, josta signaalit siirretään toimintayksikön kiinteistövalvontajärjestelmään.

8.3.2 Painevahti

Painevahti (kuva 7) valvoo osastolle syötettävien kaasujen käyttöpainetta joko hälytyspainemittarin tai painelähtetimen avulla ja ilmoittaa hälytyksellä aina, kun paine poikkeaa enemmän kuin $\pm 20\%$ nimellisyksijakelupaineesta (Sa-Va 2013a).



KUVA 7. Painevahti neljälle kaasulle (Sa-Va 2013a)

Painevahdin ohjaussäädin (ns. orjaventtiili) säätelee ilokaasun käyttöpainetta hapen paineella siten, että ilokaasun paine on aina 80 % hapen paineesta, ja katkaisee ilokaasun syötön jos hapen syöttö katkeaa (Sa-Va 2013a). Kaikki ilokaasua käyttävät osastot (yleensä leikkaus-, teho- ja synnytysosastot sekä jotkut toimenpideohastot) varustetaan painevahdilla.

Painevahti sijoitetaan yleensä erilliseen tilaan valvottavalle osastolle tai sen välittömään läheisyyteen, kuitenkin samaan kerrokseen kuin valvottava osasto. Painevahti toimii yleensä valvottavan osaston vara- ja hätäsyöttöpisteenä ja sen yhteyteen varastoidaan useimmiten kaasupullot em. toimintoja varten. Kaasupullojen kuljetus ja tilantarve on otettava huomioon painevahdin tilavarausta tehtäessä.

Painevahdissa on yleensä kupariset putkiyhteet kaasuverkoston juotosliitosta varten. Putkiyhteiden koko riippuu painevahdin valmistajasta ja tyypistä (yleensä Cu15...Cu22).

Painevahdin hälytys-signaalit johdetaan painevahdissa, tai sen välittömässä läheisyydessä sijaitsevaan, sekä optisesti että akustisesti hälyttävään, hälytysyksikköön (kuva 8) ja toimintayksikön kiinteistövalvontajärjestelmään.



KUVA 8. Hälytysyksikkö (Linde Healthcare 2011)

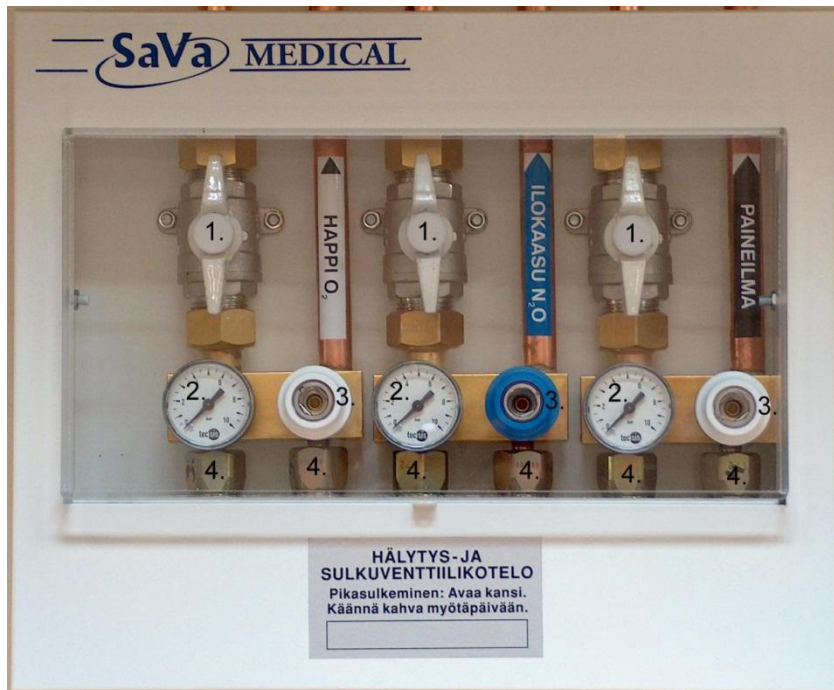
Painevahdin yhteyteen on suositeltavaa sijoittaa vaikutusaluekartta, josta selviää painevahdin vaikutusalue. Esimerkki painevahdin vaikutusaluekartasta on esitetty liitteen 5 sivulla 1.

8.3.3 Pikasulkukotelo

Pikasulkukotelo yhdistää useita toimintoja. Yleensä pikasulkukotelo (kuva 9) sisältää lukitun, hätätilanteessa helposti avattavan, kannen taakse sijoitettuna seuraavat komponentit:

- kaasukohtaiset sulkuventtiilit (1.), jotka toimivat aluesulkuventtiileinä
- kaasukohtaiset painemittarit (2.), jotka näyttävät syötettävän kaasun paineen

- kaasukohtaiset varasyöttöpisteet (3.), joihin liitettävien kaasupullojen kautta voidaan järjestää hätä-/huoltosyöttö palvelualueelle
- kaasukohtaiset painekeytkimet (4.), jotka hälyttävät, mikäli kaasun paine poikkeaa normaalista (kliiniset hälytykset).



KUVA 9. Pikasulkukotelo kolmelle kaasulle (Sa-Va 2013b)

Pikasulkukotelo voi, valmistajasta ja mallista riippuen, edellä mainittujen komponenttien lisäksi sisältää esimerkiksi hälytysyksikön ja digitaalisen, kaasujen paineet ja hälytystiedot ilmaisevan, näyttölaitteen.

Pikasulkukotelossa on yleensä kupariset putkiyhteet kaasuverkoston juotosliitosta varten. Putkiyhteiden koko riippuu pikasulkukotelon valmistajasta ja tyypistä (yleensä Cu15 tai Cu22).

Pikasulkukotelon yhteyteen on suositeltavaa sijoittaa vaikutusaluekartta, josta selviää pikasulkukotelon vaikutusalue. Esimerkkejä pikasulkukotelon vaikutusaluekartasta on esitetty liitteen 5 sivuilla 2 ja 3.

8.3.4 Sulku- ja yksisuuntaventtiilit

Sairaalakaasuputkiston sulku- ja yksisuuntaventtiileinä käytetään standardin SFS-EN ISO 15001 puhtausvaatimukset täyttäviä venttiilejä. Huoltosulkuventtiileinä käytetään yleensä pallosulkuventtiilejä (kuva 10).



KUVA 10. Pallosulkuventtiilejä ja putkiston liitosyhte (Linde Healthcare 2011)

Sairaalakaasuputkistoissa käytettävät sulkuventtiilit on pystyttävä lukitsemaan auki- tai kiinni-asentoon, ja niistä tulee olla selvästi havaittavissa, onko venttiili auki vai kiinni (SFS-EN ISO 7396-1:2007).

Yksisuunta- tai takaiskuventtiilejä käytetään tapauksissa, joissa kaasun takaisinvirtaus putkistoon on estettävä (ks. kohta 6.2).

8.3.5 Kaasupisteet ja -liittimet

Kaasupisteinä käytetään kaasukohtaisia, pinta- tai uppo-/kouruasennukseen tarkoitettuja, standardin SFS-EN ISO 9170-1 mukaisia kaasunottoventtiilejä (kuva 11).



Pintamalli



Holkkimalli



Uppomalli

KUVA 11. Kaasunottoventtiilit (Sa-Va 2013c)

Kaasukohtaisina liittiminä käytetään joko standardin SFS-EN ISO 9170-1 mukaisen kaasunottoventtiilin liitäntäpisteitä tai standardin SFS-EN ISO 5359 mukaisen NIST-liittimen runkoa (SFS-EN ISO 7396-1:2007). Kaasukohtaisia liittimiä käytetään mm. vara-/huoltosyöttöjen sisääntulopisteinä ja liitettäessä matalapaineisia letkustoja kaasuverkostoon.

Yksittäisen kaasupisteen liitos kaasuverkostoon tehdään yleensä 10 mm kupariputkella lukuun ottamatta instrumentti-ilmaa, jonka liitoksessa käytetään 15 mm kupariputkea. Poistoilmakanavaan johdettavan ylimääräkaasun poistovenntiilin liitoksessa suositellaan käytettävän 22 mm kupariputkea (min. 15 mm).

8.4 Käyttöalueet ja hälytykset

Jakeluputkiston eri osuuksien eristämiseksi huoltoa, korjausta, suunniteltua laajennusta sekä määräaikaistestausta varten putkisto on varustettava sulkuventtiileillä. Kaasujärjestelmän suunnittelijan on yhdessä terveydenhuollon yksikön johdon kanssa määrittävä huoltosulkuventtiilien sijainti ja kunkin aluesulkuventtiilin käyttöalueen laajuus standardin SFS-EN ISO 14971 mukaisen riskianalyysin avulla. (SFS-EN ISO 7396-1:2007.)

Huoltosulkuventtiilit sijoitetaan vähintään seuraaviin kohtiin putkistoa (SFS-EN ISO 7396-1:2007):

- jokaiseen nousuputkeen lähelle kohtaa, jossa se liittyy runkoputkeen
- jokaiseen haaraputkeen lähelle kohtaa, jossa se liittyy runko- tai nousuputkeen
- rengasverkostojen runkoputkeen siten, että yksittäiset nousu- ja haaraputket voidaan eristää verkostosta.

Pelkästään hätätilanteita, järjestelmän testausta tai osien huoltoa varten varattuja kaasupisteitä lukuun ottamatta putkistojärjestelmän kaasupisteet on sijoitettava myötävirtaan aluesulkuventtiilistä. Aluesulkuventtiilien on sijaittava samassa kerroksessa kuin niiden kattamat kaasupisteet. (SFS-EN ISO 7396-1:2007.)

Aluesulkuventtiilit tulee sijoittaa lukittaviin, kannellisiin tai ovellisiin koteloihin, jotka on voitava avata nopeasti hätätilanteessa. Koteloiden tulee olla huoneilmaan tuulettu-

via ja sijaita normaalilla käden tarttumiskorkeudella. Niiden tulee olla näkyvillä, ja niihin on aina oltava esteetön pääsy. (SFS-EN ISO 7396-1:2007.)

Kaasuputkiston toimintaan liittyvien hätähälytysten anturit sijoitetaan myötävirtaan syöttöjärjestelmän pääsulkuventtiilistä ja kliinisten hälytysten anturit myötävirtaan aluesulkuventtiilistä. Instrumentti-ilmaa lukuun ottamatta hätä- ja huoltosyöttöaukko on sijoitettava jokaisesta aluesulkuventtiilistä myötävirtaan. (SFS-EN ISO 7396-1:2007.)

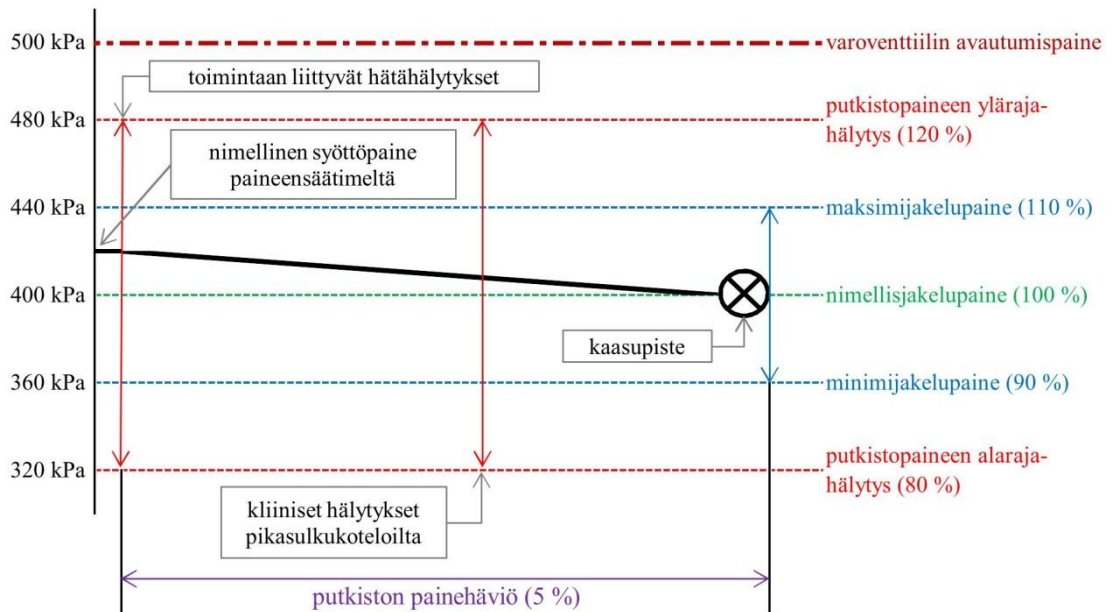
Suomessa aluesulkuventtiileinä käytetään sulkuventtiileillä, painekeytkimillä ja huoltosyöttöpisteillä varustettuja, tehdasvalmisteisia pikasulkukoteloita (ks. kohta 8.3.3).

Leikkaus- ja sektiosalit sekä tehohoitoyksiköt varustetaan tilakohtaisilla pikasulkukoteloilla. Muilla osastoilla tarvittavien pikasulkukoteloiden määrän ratkaisevat normaali- ja hätä-/huoltosyöttötilanteessa tarvittavat kaasuvirtaukset. Valmistajien tuoteluettelot ja -esitteet sisältävät yleensä tiedot pikasulkukoteloiden kaasunsyöttökapasiteeteista eri tilanteissa.

Pikasulkukotelon painekeytkimien hälytyssignaalit johdetaan joko käyttöalueen kansliin tai toimenpidehuoneen ohjauskeskukseen sijoitettavaan ilmaisintauluun. Ilmaisintaulujen (yleensä hälytyskoje) hankinta, asennus sekä kaapelointi kuuluvat sähköurakkaan. Hälytyssignaalit liitetään yleensä myös terveydenhuollon yksikön kiinteistövalvontajärjestelmään.

8.5 Kaasuputkiston jakelupaine

Sairaalakaasujärjestelmän suunnittelija törmää suunnitteluprosessin aikana varsin laajaan valikoimaan erilaisia painetasoja. Kaaviossa 2 on pyritty havainnollistamaan, mitä eri painetasoilla kaasuputkistoissa tarkoitetaan. Kaavion esimerkki on laadittu 400 kPa:n nimellisjakelupaineen kaasuputkistolle.



KAAVIO 2. Kaasuputkiston painetasot

Kaasuputkistojen nimellisyakelupaineen on oltava taulukossa 12 ilmoitetun asteikon sisällä. Samassa terveydenhuollon yksikössä kaasulajeja voidaan syöttää eri nimellisyakelupaineella. Minkään kaasun paine kaasunottopisteessä ei saa ylittää taulukossa 12 esitettyä suurinta sallittua painetta, kun kyseessä on minkä tahansa järjestelmään asennetun paineensäätimen yksittäinen vikatila. Sallitun paineen ylläpitämiseksi on järjestettävä asianmukaiset toimenpiteet, esim. varoventtiilit. (SFS-EN ISO 7396-1:2007.)

TAULUKKO 12. Nimellisyakelupaineasteikko ja suurin sallittu paine

Kaasu	Nimellisyakelupaine [kPa]*	Suurin sallittu paine [kPa]*
Paineistetut sairaalakaasut (muut kuin instrumentti-ilma)	400 ⁺¹⁰⁰ ₋₀	1000
Instrumentti-ilma	800 ⁺²⁰⁰ ₋₁₀₀	2000

*) paine ilmoitettu manometripaineena (ts. ilmanpaine on 0)

Paineistettujen sairaalakaasujen (muut kuin instrumentti-ilma) paine kaasunottopisteessä ei saa olla yli 110 % nimellisyakelupaineesta (ks. kaavio 2; maksimijakelupaine), kun järjestelmä toimii nollavirtaamalla. Paine ei saa olla alle 90 % nimellisyakelupaineesta (ks. kaavio 2; minimijakelupaine) missään kaasunottopisteessä, kun järjestelmä toimii mitoitusvirtaamalla ja virtaus on 40 l/min kyseisessä kaasunottopisteessä. (SFS-EN ISO 7396-1:2007.)

Instrumentti-ilman paine kaasunottopisteessä ei saa olla yli 115 % nimellisjakelupaineesta, kun järjestelmä toimii nollavirtaamalla. Paine ei saa olla alle 85 % nimellisjakelupaineesta missään kaasunottopisteessä, kun järjestelmä toimii mitoitusvirtaamalla ja virtaus on 350 l/min kyseisessä kaasunottopisteessä. (SFS-EN ISO 7396-1:2007.)

Suomessa ja Ruotsissa käytetään osastoille syötettävän ilokaasun painetta valvovaa ja säätävää painevahtia (ks. kohta 8.3.2), jota eurooppalainen SFS-EN ISO 7396-1 standardi ei käsittele lainkaan. Suomessa on tyypillisesti syötetty lääkkeellisen hapen kaasuputkistoa 400 - 450 kPa:n nimellisjakelupaineella, jolloin ilokaasun käyttöpaine osaston painevahdin kohdalla on 320 - 360 kPa. Edellä mainituilla ilokaasun käyttöpaineilla kaasupisteistä mitattu paine ei täytä standardin vaatimaa minimijakelupainetta (90 % nimellisjakelupaineesta) matalimman nimellisjakelupaineen (400 kPa) kaasuputkistoissa.

Taulukossa 13 on esitetty suomalaisissa terveydenhuollon yksiköissä käytettäväksi suositellut, standardin SFS-EN ISO 7396-1 vaatimukset täyttävät, nimellisjakelupaineet eri kaasuverkostoille sekä nimellisjakelupaineita vastaavat kaasupisteiden mini- ja maksimijakelupaineet.

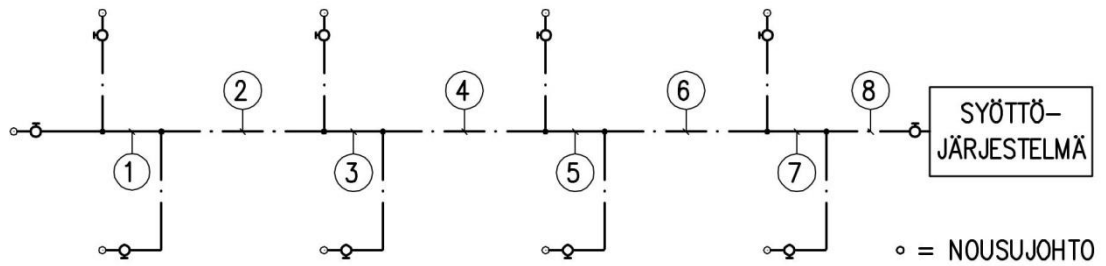
TAULUKKO 13. Suositellut nimellisjakelupaineet

Kaasu	Nimellisjakelupaine [kPa]*	Paine kaasupisteessä min. - max.[kPa]*
Lääkkeellinen ilma eli hengitysilma	500	450 - 550
Lääkkeellinen happi	500	450 - 550
Lääkkeellinen dityppioksidi eli ilokaasu	400	360 - 440
Lääkkeellinen hiilidioksidi	400	360 - 440
Instrumentti-ilma	800	680 - 920

*) paine ilmoitettu manometripaineena (ts. ilmanpaine on 0)

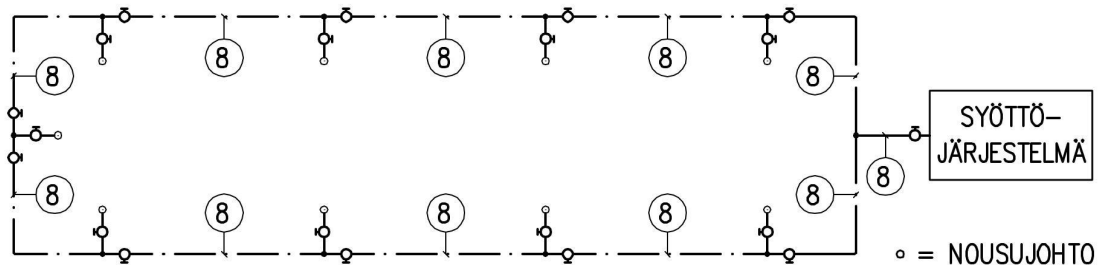
8.6 Kaasuputkiston rakenne ja sijoitus

Sairaalakaasuputkistot rakennetaan joko suorina tai rengasverkostoina. Suoria verkostoja (kuva 12) käytetään yleensä pienissä terveydenhuollon yksiköissä, kuten terveyskeskuksissa ja kaupunginsairaaloissa. Suorien verkostojen runko-osuudet (1-8) mitoitetaan jokaiselle osuudelle erikseen laskettavalla mitoitusvirtaamalla. Runko-osuuden mitoitusvirtaama muodostuu liittyvien nousujohtojen mitoitusvirtaamien summasta.



KUVA 12. Suora sairaalakaasuverkosto

Rengasverkostoja (kuva 13) käytetään yleensä isoissa terveydenhuollon yksiköissä, kuten keskussairaaloissa, ja silloin, kun kohteessa on paljon samaa kaasua syöttäviä kaasupisteitä sijoitettuna etäälle toisistaan. Rengasverkostojen runko-osuuksien mitoituksessa käytetään syöttöjärjestelmän mitoitusvirtaamaa.



KUVA 13. Sairaalakaasun rengasverkosto

Rengasverkoston käyttö pienentää kulutuksesta aiheutuvia verkoston painevaihteluja ja mahdollistaa isojen jakelualueiden eristämisen verkostosta ilman, että kaasunsyöttö keskeytyy muilla alueilla.

Kaasuputkiston reitin suunnittelussa tulee ottaa huomioon seuraavat seikat:

- kaasuputkistot sijoitetaan siten, että niihin liittyvät määräaikaistarkastukset voidaan suorittaa mahdollisimman helposti
- kaasuputkistoja ei sijoiteta yhdensuuntaisten sähkön kaapelireittien (kaapelihyllyt tms.) yläpuolelle, jos tätä ei voi välttää tulee kaasuputkien ja sähköjohdoten välinen etäisyys olla ≥ 150 mm
- kohdat joissa kaasuputkisto ylittää sähkön kaapelireitin, kaasuputkien etäisyys sähköjohtoihin tulee olla ≥ 100 mm
- kaasuputkiston sulku- ja yksisuuntaventtiilejä tai kaasuliittimiä ei sijoiteta sähkön kaapelireittien tai valaisimien yläpuolelle, jos tätä ei voi välttää, tulee etäisyyden olla ≥ 150 mm

- kaasuputkia ei saa sijoittaa hissikuiluihin eikä sähkön nousukuiluihin
- kaasuputkistot eivät saa joutua alttiiksi lämpötilalle, joka on käyttöpaineella korkeintaan 5 °C kaasun kastepisteen yläpuolella.

8.7 Kaasuputkiston mitoitus

Sairaalakaasuputkistot mitoitetaan yleensä painehäviön perusteella siten, ettei putkiston painehäviö mitoitusvirtaamalla ylitä 5 % nimellisjakelupaineesta laskettuna syöttöjärjestelmän verkostopaineensäätimen ja etäisimmän kaasupisteen ulostuloliittimen välille (ks. kohta 8.5, kaavio 2). Mitoituksessa tulee myös huomioida, että kaasun virtausnopeus putkistossa mitoitusvirtaamalla on < 8 m/s.

Usein sairaalakaasuputkistot mitoitetaan tarkoituksella ”väljiksi” (esim. 3 - 4 %:n painehäviölle), jolloin putkistoon jää kapasiteettia mahdollisia laajennuksia varten ja kulutushuippujen aiheuttamat paineenvaihtelut ovat pienempiä. Mahdollisiin laajennuksiin varaudutaan myös siten, että nousuputket tehdään yleensä runkoputkistoon liittyvän putken koolla ylimpään kerrokseen asti.

Kaasuputkiston mitoitus muistuttaa hieman vesijohtojen mitoitusta. Jokaiselle putkisto-osuudelle lasketaan mitoitusvirtaama ja ekvivalenttinen pituus. Laskettaessa putkiosuuden ekvivalenttista pituutta putkiosuuteen sisältyvät osat ja komponentit muutetaan ekvivalenttipituuksiksi (taulukko 14) ja lisätään suorien putkiosuuksien pituuden summaan.

TAULUKKO 14. Putkiosien ekvivalenttipituuksia [m] (HTM 02-01:2006)

Osa	Palloventtiili	T-haara (läpivirtaus)	T-haara (haarautuva)	Käyrä 90°
10 x 0,8	0,2	0,2	0,7	0,2
12 x 1,0	0,3	0,2	0,8	0,3
15 x 1,0	0,4	0,3	0,9	0,4
18 x 1,0	0,5	0,4	1,1	0,5
22 x 1,0	0,6	0,5	1,3	0,6
28 x 1,5	0,9	0,6	1,6	0,8
35 x 1,5	1,0	0,7	2,1	1,0
42 x 1,5	1,1	0,8	2,5	1,2
54 x 2,0	1,2	1,0	3,2	1,6

Kaasunjakelulaitteiden (painevahdit, pikasulkukotelot, kaasunottoventtiilit) painehäviöt joudutaan yleensä arvioimaan, koska valmistajat ilmoittavat laitteidensa painehäviöt yleensä vain maksimivirtauskapasiteetille ja jollekin tietylle jakelupaineelle. Taulukossa 15 on esitetty tyypillisiä painehäviöitä kaasunjakelulaitteille maksimivirtauskapasiteetilla.

TAULUKKO 15. Kaasunjakelulaitteiden painehäviöitä (Sa-Va 2013a-c)

Kaasunjakelulaite	Painehäviö maksimivirtauskapasiteetilla [kPa]
Painevahti	5*
Pikasulkukotelo	5
Kaasunottoventtiili	15

*) painevahdin painehäviö ilokaasulle maksimivirtauskapasiteetilla 50 kPa (orjaventtiilin Δp)

Painevahtien ja pikasulkukoteloiden maksimivirtaus- ja varasyöttökapasiteetti riippuu virtaavasta kaasusta. Suunnittelijan tulee aina varmistaa, että valittu laite täyttää sille asetetut vaatimukset molemmissa mitoitustilanteissa.

Sairaalakaasuputkiston kokonaispainehäviö saadaan laskemalla yhteen putkistosuuksien ja kaasunjakelulaitteiden painehäviöt. Kaasuputkiston mitoituksessa voi käyttää apuna liitteen 3 mitoituslomaketta ja liitteen 4 ”pikavalintataulukoita”.

Kaasuputkien mitoitusvirtaaman laskenta perustuu potilaspaikkojen lukumäärään ja oletettavaan käytön eriaikaisuuteen, ei yksittäisten kaasupisteiden lukumäärään. Joillakin osastoilla (esim. lasten teho) yksittäisen potilaspaikan käyttöön voidaan tarvita jopa 8 lääkkeellisen ilman ja hapen kaasupistettä. Suunnittelija ei voi tietää, mitä laitteita käyttäjät kytkevät mihinkin kaasupisteeseen, joten potilaspaikkaa palveleva kaasuputkisto on mitoitettava siten, että vaadittu virtausalue saavutetaan jokaisesta yksittäisestä kaasupisteestä. Potilaspaikkaa palvelevan kaasuputkiston mitoitukseen voidaan käyttää taulukossa 16 esitettyä karkeaa, kaasupisteiden lukumäärään perustuvaa mitoitushjetta.

TAULUKKO 16. Kaasuputkien mitoitus kaasupisteiden lukumäärän mukaan

Kaasu	Käyttöpaikka	Kaasupisteiden lukumäärä	Putkikoko [mm]
Hengitysilma Happi	Leikkaussalit ja teho-osastot	1 - 2	10
		3 - 5	12
		6 - 8	15
		9 - 15	18
Hengitysilma Happi	Muut osastot	1 - 3	10
		4 - 7	12
		8 - 15	15

Lääkkeellisen dityppioksidin ja -hiilidioksidin osalta yhtä potilaspaikkaa palvelevia kaasupisteitä ei yleensä ole kahta enempää. Mikäli potilaspaikalle tarvitaan useampia N₂O- tai CO₂-kaasupisteitä, voidaan näitä potilaspaikkoja palvelevat kaasuputkistot mitoittaa taulukon 16 kohdan ”Muut osastot” mukaan.

Kaasuputkiston mitoituksessa käytettävät laskentakaavat (Oy AGA Ab 1993)

Kaasuputken putkikoko putkiosuudelle sallitulla painehäviöllä lasketaan käyttäen kaavaa 1, laskennan jälkeen putkikooksi valitaan seuraavaksi suurempi standardiputkikoko.

$$D = \sqrt[5]{\frac{k \times L \times Q^{1,852}}{\Delta P \times P}} \quad (1)$$

Putkiosuuden painehäviö lasketaan käyttäen kaavaa 2

$$\Delta P = \frac{k \times L \times Q^{1,852}}{D^5 \times P} \quad (2)$$

Kaasuputken kuljettama kaasumäärä putkiosuudelle sallitulla painehäviöllä lasketaan käyttäen kaavaa 3.

$$Q = \sqrt[1,852]{\frac{\Delta P \times P \times D^5}{k \times L}} \quad (3)$$

Kaavoissa 1-3

D	=	putken sisämitta, mm
k	=	kaasukohtainen kerroin
L	=	putkiosuuden ekvivalenttinen pituus, m
Q	=	mitoitusvirtaama, m ³ /h
ΔP	=	putkiosuuden painehäviö, bar
P	=	putkiston nimellisjakelupaine (abs.), bar

Kaavoissa 1-3 tarvittava kaasukohtainen kerroin k lasketaan käyttäen kaavaa 4.

$$k = 45 \times s \times \frac{M \times T}{M_i \times T_0} \quad (4)$$

jossa

s	=	putkimateriaalin pintakerroin (Cu = 0,68)
M	=	kaasun moolimassa, g/mol (O ₂ = 32 g/mol; N ₂ O/CO ₂ = 44 g/mol)
T	=	lämpötila, K (yleensä 293,15 K = 20 °C)
M _i	=	kuivan ilman moolimassa, 28,964 g/mol
T ₀	=	lämpötila (NTP), 273,15 K (0 °C)

Kaasun virtausnopeus putkessa lasketaan käyttäen kaavaa 5.

$$V = \frac{1000 \times Q}{0,9 \times D^2 \times \pi \times P} \quad (5)$$

jossa

V	=	kaasun virtausnopeus, m/s
Q	=	kaasumäärä, m ³ /h
D	=	putken sisämitta, mm
P	=	putkiston nimellisjakelupaine (abs.), bar

9 KOHDEPOISTOJÄRJESTELMÄT

Tässä opinnäytetyössä esitetty kohdepoistojärjestelmän suunnitteluohje perustuu sairaalakäyttöön tarkoitetun Medicvent-kohdepoistojärjestelmän valmistajan ohjeisiin. Suunnitteluohjeita voidaan soveltaa myös muiden vastaavien kohdepoistojärjestelmien suunnitteluun.

Kohdepoistojärjestelmiä käytetään anestesiakaasun, diatermia- ja laser-savukaasujen sekä muiden kaasumaisten epäpuhtauksien poistoon. Kohdepoistojärjestelmää voidaan käyttää poistopisteeseen liitettävän suodatinyksikön avulla myös esim. kipsipölyn poistoon. (Sa-Va 2013d.)

Kohdepoistojärjestelmän poistopisteisiin kytkettävillä maskeilla ja muilla kohdepoistovarusteilla epäpuhtaudet poistetaan suoraan vuotokohdasta, jolloin ne eivät pääse sekoittumaan huoneilmaan ja työntekijöiden altistuminen epäpuhtauksille estetään (Sa-Va 2013d).

Kohdepoistojärjestelmiä asennetaan yleensä leikkaus- ja synnytysosastoille sekä niihin liittyviin heräämöhöihin, mutta järjestelmiä voidaan asentaa myös muiden kohdepoistoja tarvitsevien osastojen käyttöön.

9.1 Poistopisteiden määrä ja sijainti

Kohdepoistojärjestelmiin liittyvien poistopisteiden määrän ja sijainnin määrittelevät aina tilojen käyttäjät. Kohdepoistojärjestelmien poistopisteet sijoitetaan useimmiten joko työmaalla toteutettavina johtokanava- ja potilaspaneeliasennuksina huonetilojen seinille, tai tehdasvalmisteisiin kattokeskuksiin, -palkkeihin ja -pilareihin. Työmaalla asennettavat poistopisteet kytketään poistoverkostoon Ø40 mm putkella ja putken tilantarve on tärkeää huomioida suunniteltaessa johtokanava- ja potilaspaneeliasennuksia.

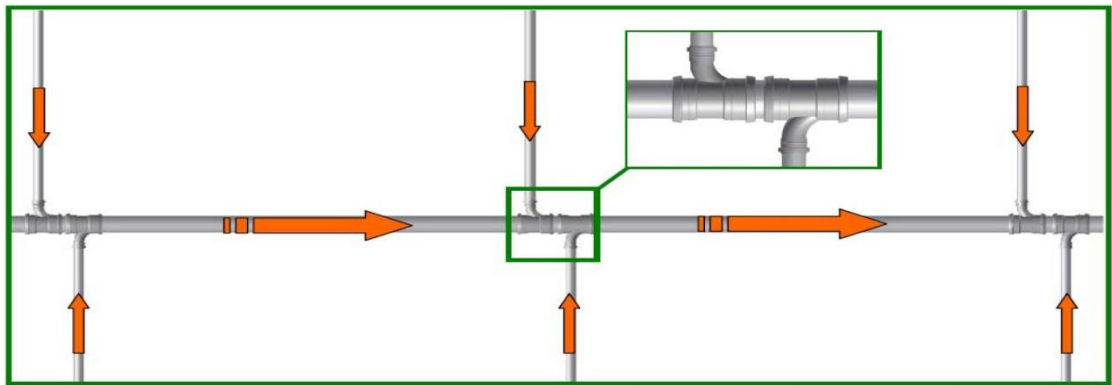
Tehdasvalmisteiset kattokeskukset tai muut vastaavat kokoonpanot eivät yleensä kuulu sairaalakaasu-urakan toimitukseen. Kohdepoistojärjestelmän suunnittelijan tulee näissä tapauksissa selvittää tehdasvalmiin kokoonpanon toimitusraja ja määrittellä urakka-asiakirjoissa sen liittäminen kohdepoistoverkoston.

Kohdepoistojärjestelmän poistopisteellä voidaan korvata poistoilmakanavaan johdettava ylimääräkaasujen poistovenntiili huonetiloissa jossa on lääkkeellisen dityppioksidin kaasunottoventtiili.

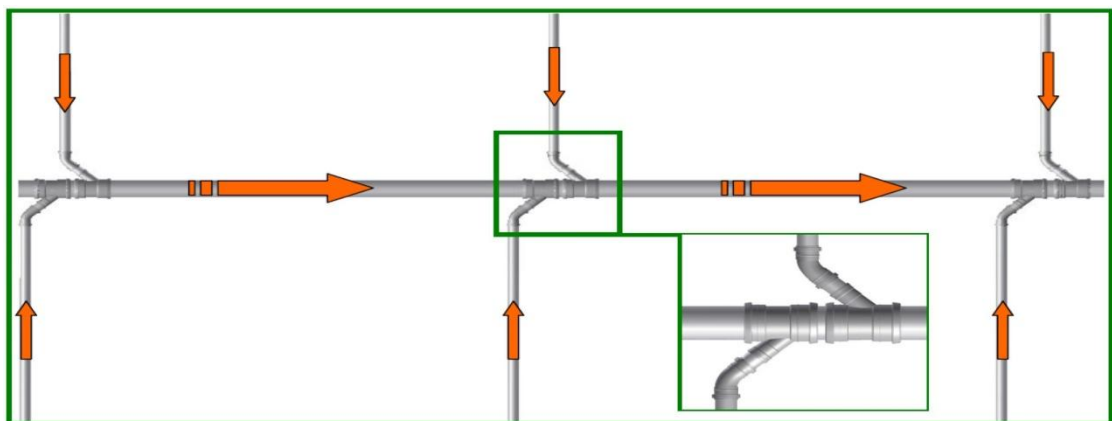
9.2 Putkistomateriaalit ja komponentit

Kohdepoistojärjestelmien putkimateriaalina käytetään PE-, PP-, PVC-U- tai ABS-muoviputkea liimaus- tai hitsausliitoksien (Sa-Va 2013d). Kohdepoistojärjestelmän putkistoissa käytetään yleensä muhvollisia, liimattavia liitososia. Muoviputkien osastoivien rakenteiden läpiviennit tulee varustaa palomanseteilla.

Kohdepoistojärjestelmien putkistot pyritään suunnittelemaan mahdollisimman suoraviivaisesti. Liitososien painehäviön minimoimiseksi putkistojen haaroituksiin käytetään pyöristettyjä (kuva 14) tai 45-asteisia T-haaroja (kuva 15) ja Y-haaroja.

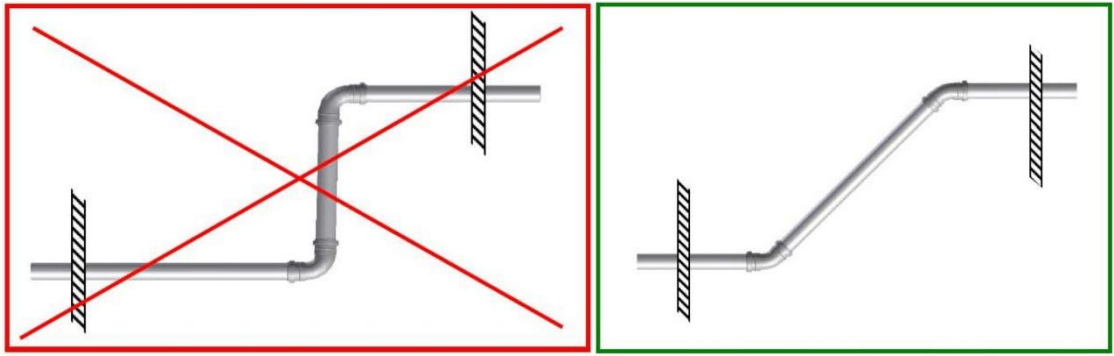


KUVA 14. Putkiston haaroitus pyöristetyillä T-haaroilla (Sa-Va 2013d)

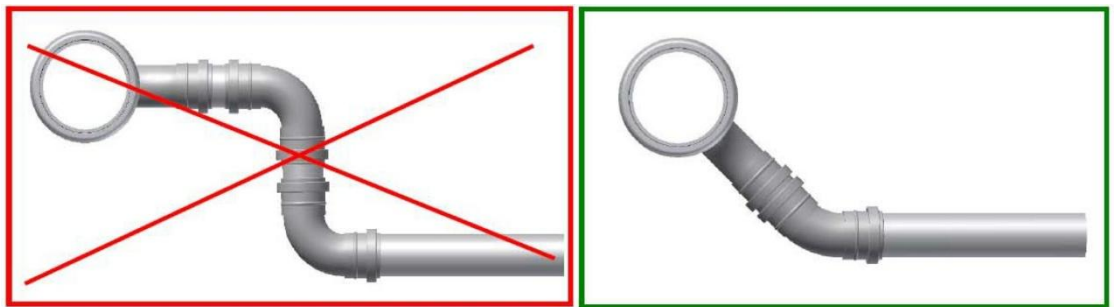


KUVA 15. Putkiston haaroitus 45-asteisilla T-haaroilla (Sa-Va 2013d)

Kohdepoistoputkistojen suunnanmuutoksissa käytetään mieluummin 45-asteisia kulmia kuin 90-asteisiä käyriä (kuvat 16 ja 17), jyrkkiä 90-asteisiä kulmia ei käytetä.



KUVA 16. Kohdepoistoputkiston suunnanmuutoksia (Sa-Va 2013d)



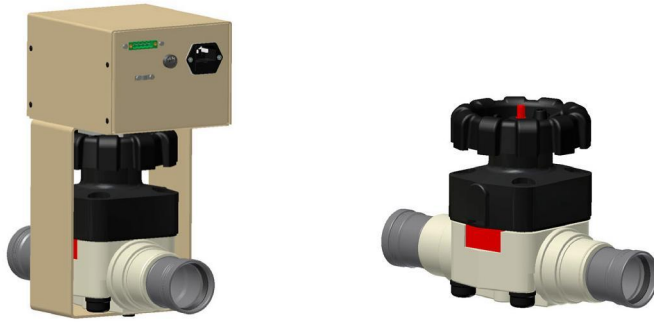
KUVA 17. Kohdepoistoputkiston suunnanmuutoksia (Sa-Va 2013d)

Medicvent-kohdepoistojärjestelmän E-flex -kaasunpoistopisteet (kuva 18) ovat pinta-asenteisia ja ne on varustettu itsesulkeutuvalla kannella. Jokainen kaasunpoistopiste varustetaan äänenvaimentimella (kuva 18), joka sijoitetaan putkistoon mahdollisimman lähelle kaasunpoistopistettä. Kaasunpoistopisteet kytetään poistoverkostoon Ø40 mm putkella tai Ø32 mm letkulla (kattokeskukset tms.). (Sa-Va 2013d.)



KUVA 18. Kaasunpoistopiste ja äänenvaimennin (Sa-Va 2013d)

Jokainen kaasunpoistopiste varustetaan joko manuaali- tai moottorisäätöisellä kalvoventtiilillä (kuva 19). Manuaaliventtiilejä käytetään kaasunpoistopisteille, joiden virtaus pidetään vakiona (esim. heräämöt ja synnytyssalit), ja moottoriventtiilejä kaasunpoistopisteille, joiden virtausta tulee voida säätää käyttötarkoituksen mukaan.



KUVA 19. Moottori- ja manuaalisäätöinen kalvoventtiili (Sa-Va 2013d)

Kalvoventtiilit sijoitetaan yleensä alaslaskuun palvelemaan tilan ulkopuolelle siten, että säätö- ja huoltotoimenpiteet ovat helposti toteutettavissa (Sa-Va 2013d). Kalvoventtiilien liitoskoko on Ø50 mm ja supistus kaasunpoistopisteen liitoskokoon tehdään usein venttiilin yhteydessä.

Moottorisäätöisten kalvoventtiilien virtausta säädetään kaasunpoistopisteen kanssa samaan tilaan sijoitettavalla ohjauspaneelilla (kuva 20). Ohjauspaneeli on joko 3-nopeuksinen tai portaaton poistopisteen käyttötarkoituksesta riippuen. Ohjauspaneelin hankinta ja asennus kuuluu yleensä joko sähköurakkaan tai kattokeskustoimitukseen. Ohjauspaneelien kaapelointi tarvittavine liittimineen kuuluu sähköurakkaan. (Sa-Va 2013d.)



KUVA 20. 3-nopeuksinen ja portaaton ohjauspaneeli (Sa-Va 2013d)

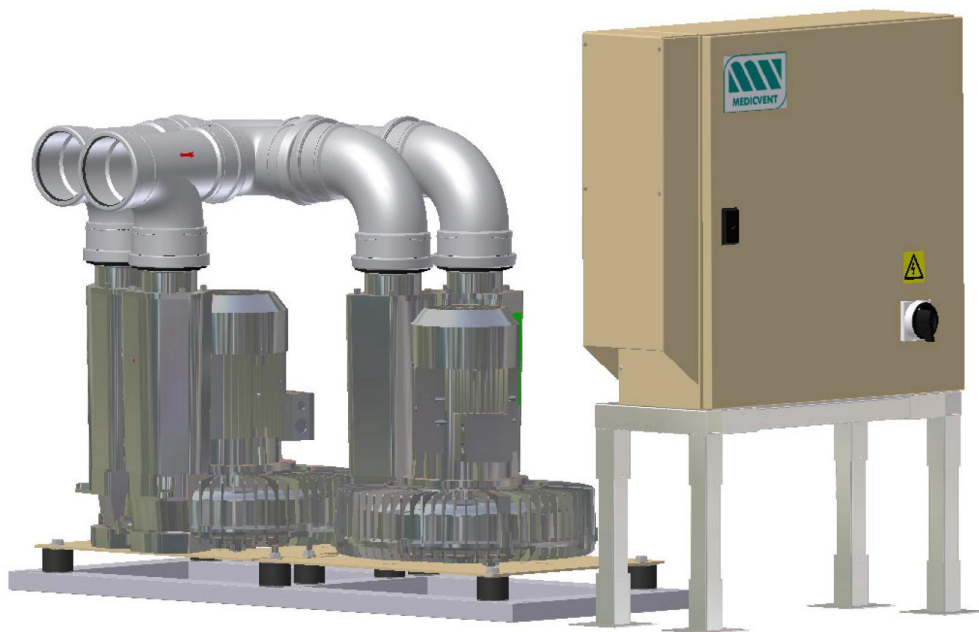
Taulukossa 17 on esitetty erilaisten käyttöpaikkojen yhteydessä käytettävien kalvoventtiilien- ja ohjauspaneelien tyypit sekä kaasunpoistopisteille säädettävät virtaukset (Sa-Va 2013d).

TAULUKKO 17. Käyttöpaikkojen kalvoventtiilit, ohjauspaneelit ja virtaus

Käyttöpaikka	Kalvoventtiili	Ohjauspaneeli	Virtaus [l/min]
Heräämö Synnytysosasto	Manuaali	-	275
Leikkaussali, anestesia Muut tilat, joissa ilokaasua käytetään nukutustarkoituksessa	Moottori	3-nopeuksinen	0/450/585
Leikkaussali, kirurgia Muut tilat, joissa savukaasujen- tai pölynpoistoa	Moottori	Portaaton	0...585

9.3 Laitteiden sijoitus ja tilantarve

Kohdepoistojärjestelmän puhallinyksiköt ja ohjauskeskukset (kuva 21) sijoitetaan yleensä IV-konehuoneeseen. Puhallinyksiköt ja ohjauskeskukset sijoitetaan siten, että laitteiden kytkentä ja huolto voidaan toteuttaa mahdollisimman helposti. Laitteiden ympärille on hyvä jättää vähintään 600 mm huoltotilaa ja ohjauskeskuksen eteen 800 mm vapaata tilaa.

**KUVA 21. Puhallinyksikkö (2-moottorinen) ja ohjauskeskus (Sa-Va 2013d)**

Medicvent-kohdepoistojärjestelmän puhallinmoottorit toimitetaan tehdasvalmisteiselle, tärinävaimennetulle alustalle asennettuna, ja ne ovat valmiiksi putkitettuja verkostoon liittämistä varten. Ohjauskeskus toimitetaan jalustalle asennettuna säätölaitekaapissa. (Sa-Va 2013d.)

Tarvittava puhallinyksiköiden määrä riippuu kohdepoistojärjestelmään liittyvien kaasunpoistopisteiden lukumäärästä ja niiden käyttötarkoituksesta (ks. taulukko 17). Medicvent-kohdepoistojärjestelmän puhallinyksikköjä valmistetaan 1- ja 2-moottorisina. Puhallinyksiköiden teknisiä tietoja on esitetty taulukossa 18.

TAULUKKO 18. Medicvent-puhallinyksiköiden teknisiä tietoja (Sa-Va 2013d)

Puhallinyksikkö	Ilmavirtaus [m ³ /h]	Alipaine [kPa]	Äänitaso [dB]	Sähköteho (3~400V) [kW]
1-moottorinen	175	norm. 6 - 8, max. 10	42	2,2
2-moottorinen	350	norm. 6 - 8, max. 10	72	4,0

Puhallinyksiköiden ulospuhallusilma johdetaan rakennuksen ulkopuolelle. Ulospuhallusputkistona käytetään yleensä normaalia metallista kierresaumakanavaa (min. Ø125) ja jäteilmalaitteina ilmanvaihdon ulospuhallushajottajia tai jäteilmasäleikköjä. Kohdepoistojärjestelmien ulospuhallusilma luokitellaan yleensä Suomen rakentamismääräyskokoelman osan D2 mukaan poistoilmaluokkaan 4. Jäteilmalaitteiden sijoituksessa on otettava huomioon D2:n taulukossa 5 esitetyt, poistoilmaluokan mukaiset vaatimukset.

9.4 Putkiston mitoitus

Kohdepoistojärjestelmien imuputkisto toteutetaan useimmiten siten, että jokaiselle palveltavalle kerrokselle tuodaan konehuoneesta erillinen runkoputki joka haaroitetaan palvelualueella yksittäisille kaasunpoistopisteille. Kerroksia palvelevat runkoputket voidaan yhdistää konehuoneessa ennen puhallinyksikköä, jos puhallinyksikön virtauskapasiteetti sen sallii.

Kohdepoistojärjestelmien putkiston mitoituksessa ei yleensä huomioida kaasunpoistopisteiden käytön samanaikaisuutta, vaan putkisto mitoitetaan kuhunkin putkisto-osuuteen liittyvien yksittäisten kaasunpoistopisteiden virtauksien summalla (ks. taulukko 17). Putkisto-osuuden putkikoko valitaan virtausnopeuden mukaan siten, että maksimivirtausnopeus on n. 10 m/s. Taulukossa 19 on esitetty suuntaa-antavia maksimi-ilmavirtauksia ja pituusrajoituksia imuputkistoissa tyypillisestä käytetyille muoviputkille (Sa-Va 2013d).

TAULUKKO 19. Muoviputkien maksimivirtauksia ja pituusrajoituksia

Putkikoko	Max. ilmavirtaus* [m ³ /h]	Max. ilmavirtaus* [l/min]	Max. pituus [m]
Ø40 mm	37	620	15 - 20
Ø50 mm	60	1000	15 - 20
Ø63 mm	100	1670	15 - 20
Ø75 mm	140	2350	15 - 20
Ø90 mm	200	3350	30 - 40
Ø110 mm	300	5000	30 - 40
Ø125 mm	390	6500	50

*) taulukossa virtaukset ilmoitettu pyöristettynä n. 10 m/s nopeudella

10 SUUNNITELMIEN DOKUMENTOINTI

Sairaalakaasu- ja kohdepoistojärjestelmien suunnitelmat tulee dokumentoida tarvittavassa laajuudessa niiden tarkastusta, urakkalaskentaa ja toteutusta varten. Suunnitelmat tulee rakennuksen valmistumisen jälkeen päivittää vastaamaan toteutusta järjestelmien käyttöä, huoltoa ja mahdollisesti tulevia muutoksia/laajennuksia silmällä pitäen.

Sairaalakaasu- ja kohdepoistojärjestelmien dokumentaatio koostuu yleensä työselityksestä, laiteluettelosta, kytkentä-, periaate- ja säätökaavioista sekä työpiirustuksista. Sairaalakaasujärjestelmien suunnittelijan tulee laskenta- ja toteutusvaiheen suunnitelmien laadinnassa kiinnittää huomiota edellä mainittujen teknisten asiakirjojen ja kaupallisten asiakirjojen (esim. urakkaohjelma, urakkarajaliite) ristiriidattomuuteen.

Kohdassa 4.2 mainitut painelaitteiden sijoitussuunnitelmat ja täyttölaitosten perustamissuunnitelmat laaditaan yhteistyössä hankkeen tilaajan kanssa. Suunnitelmat toimitetaan hyväksytyin tarkastuslaitoksen tarkastettavaksi hyvissä ajoin ennen rakennustöiden aloittamista.

10.1 Työselitys

Sairaalakaasu- ja kohdepoistojärjestelmien kirjallinen työselitys sisältyy yleensä LVI-työselitykseen. Työselityksessä esitetään yleensä vähintään seuraavat tiedot niihin sisältyvine hankinta- ja asennusrajoineen:

- syöttöjärjestelmäkohtainen järjestelmäkuvaus
- sairaalakaasuille asetetut laatuvaatimukset
- kaasuverkostojen nimellisjakelupaineet
- ohjaus-, seuranta- ja hälytysjärjestelmät
- käytettävät putkimateriaalit, komponentit ja liitosmenetelmät
- kaasunjakelulaiteet (painevahdit, pikasulkukotelot, kaasupisteet)
- muihin urakoihin sisältyvät kokoonpanot (kattokeskukset yms.)
- työohjeet putkiston asennuksesta, kannakoinnista ja merkinnöistä
- järjestelmiltä vaadittavat tarkastukset, testit ja mittaukset.

10.2 Laiteluettelo

Sairaalakaasujen syöttöjärjestelmiin ja kohdepoistojärjestelmiin sisältyvien laitteiden olennaiset mitoitus tiedot kootaan yleensä erilliseen laiteluetteloon. Laiteluettelossa esitetään laitteiden pää- ja osajärjestelmätunnuksien lisäksi laitteiden hankintaa ohjaavat (mitoituspaine, tuotto, tilavuus jne.) sekä muiden suunnittelijoiden tarvitsemat (esim. sähkötehot) tekniset tiedot.

Laiteluettelossa käytettävä laitetunnusjärjestelmä tulee varmistaa terveydenhuollon yksikön tekniseltä henkilökunnalta ennen laiteluettelon laadintaa. Terveydenhuollon yksiköillä on yleensä käytössä joku tietty, esim. Talo90-nimikkeistöön perustuva, laitetunnusjärjestelmä. Laitetunnusjärjestelmiin sisältyy yleensä erillinen positiointiohje, joka terveydenhuollon yksikön tulee toimittaa suunnittelijalle projektin lähtötietojen yhteydessä.

Sairaalakaasujen syöttöjärjestelmien ja kohdepoistojärjestelmien osalta laiteluettelossa esitetään yleensä seuraavien laitteiden tekniset tiedot:

- kompressoriyksiköt
- puhdistusyksiköt, suodattimet, kuivaimet
- happigeneraattorit
- painesäiliöt
- kaasukeskukset
- puhallinyksiköt
- ohjauskeskukset
- moottorisäätöventtiilit.

Sairaalakaasujärjestelmiin sisältyviä painevahteja ja pikasulkukoteloita ei yleensä esitetä laiteluettelossa, mutta niille annetaan laitetunnusjärjestelmän mukaiset positiot helpottamaan säätökaavioiden (ks. kohta 9.3) laadintaa hälytysjärjestelmien osalta.

10.3 Kytkentä-, periaate- ja säätökaaviot

Sairaalakaasujen syöttöjärjestelmistä laaditaan yleensä kytkentä- tai periaatekaaviot, joissa esitetään syöttöjärjestelmään sisältyvien syöttölähteiden ja laitteiden komponentit sekä niiden väliset putkistot varusteineen. Kytkentä- ja periaatekaaviot laaditaan käyttäen Suomen rakentamismääräyskokoelman osan D4 mukaisia piirrosmerkkejä. Laitteisiin sisältyvien komponenttien (erotin, suodatin, kuivain jne.) osalta kaavioissa käytetään yleensä pneumatiikkakaavioiden piirrosmerkkejä.

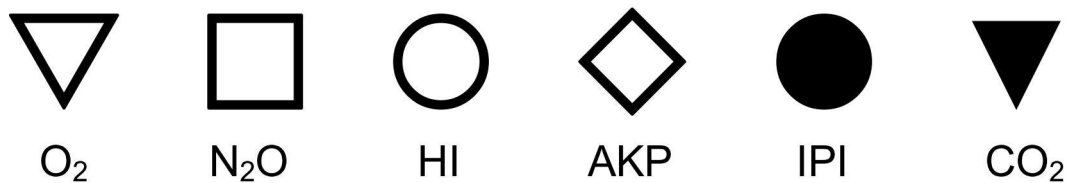
Sairaalakaasujen syöttöjärjestelmistä ja kohdepoistojärjestelmistä laaditaan myös säätökaaviot, joista ilmenee laitteiden toiminta sekä ohjaus-, seuranta- ja hälytysjärjestelmien liittyminen kiinteistön rakennusautomaatiojärjestelmään. Säätökaavioihin tulee sisällyttää kirjallinen toimintaselostus, jossa kerrotaan järjestelmien toimintaperiaate.

10.4 Työpiirustukset

Työpiirustukset käsittävät yleensä putkistosuunnitelman pohjapiirustukset ja muut tarkentavat asennusdetaljipiirustukset. Putkistosuunnitelma piirretään arkkitehdin laatimien rakennuksen pohjapiirustusten päälle käyttäen Suomen rakentamismääräyskokoelman osan D4 mukaisia piirrosmerkkejä ja merkintöjä.

Sairaalakaasu- ja kohdepoistojärjestelmien pohjapiirustuksissa esitetään:

- putkistojen reittisuunnitelma mitoituksineen
- kaasupisteet (piirrosmerkit ks. kuva 22)
- kaasunjakelulaitteet (painevahdit, pikasulkukotelot yms.)
- sulku-, säätö- ja yksisuuntaventtiilit
- laitteiden sijoitus ja tilavaraukset.



KUVA 22. Kaasupisteiden piirrosmerkit

Putkistosuunnitelman pohjapiirustusten tulostusmittakaava on yleensä 1:50. Mittakaavasta johtuen pohjapiirustuksissa ei yleensä pystytä esittämään esim. työmaalla toteutettavia johtokanava- ja potilaspaneeliasennuksia riittävällä tarkkuudella. Edellä mainittujen asennusten toteuttamiseksi pohjapiirustusten tueksi joudutaan usein laatimaan erilaisia asennusdetaljeja, leikkauksia ja otsapintaprojektioita.

Liitteen 6 esimerkissä on esitetty leikkaussalin sairaalakaasu- ja kohdepoistojärjestelmien pohjapiirustus sekä siihen liittyvä johtokanava-asennuksen seinäprojektiio ja ylimääräkaasunpoiston asennusdetalji.

Asennusdetaljit ja muut tarkentavat kuvat laaditaan yleensä 1:10, 1:20 tai 1:25 tulostusmittakaavaan luettavuuden varmistamiseksi. Arkkitehdit laativat sairaalakohteissa usein tilakohtaisia seinäprojektiioita ja kalustekaavioita, joita kannattaa hyödyntää asennusdetaljien ja otsapintaprojektioiden piirtopohjina.

11 POHDINTA

Yhtenä vaikuttimena tämän opinnäytetyön syntyyn oli vuonna 2011 Turun yliopistolaisen keskussairaalan ensiapupoliklinikalla syttynyt tulipalo, joka sai alkunsa alakatto-tilassa olleen hoitajakutsujärjestelmän ohjausyksikön ylikuumentumisen ja lääkkeellisen hapen verkoston vuodon yhteisvaikutuksesta. Onnettomuustutkintakeskuksen tutkintaselostuksessa (B1/2011Y) sekä Turvallisuus- ja kemikaaliviraston kannanotossa tuotiin esille, että sairaalakaasuverkostojen kunnossapidolle ja kunnon valvonnalle ei ole asetettu erityisiä vaatimuksia. Tukesin kannanoton mukaan sairaalakaasuja koskeva ohjeistus tulee antaa sairaala-alan ohjeissa ja standardeissa. Osittain edellä mainittujen lausuntojen sekä jo aiemmin esiin tulleen käytännön tarpeen perusteella tämän opinnäytetyön tilaajana toiminut Suomen Sairaalkaasutekniikan yhdistys ry käynnisti Sairaalkaasujärjestelmien suunnittelu-, asennus- ja huolto-ohjeen luomiseen tähtäävät valmistelut.

Sairaalkaasujärjestelmien suunnittelu kuuluu normaalisti LVI-suunnittelijan tehtäviin. Kaasujärjestelmien suunnittelu ei kuitenkaan sisälly talotekniikan alan koulutusohjelmiin, joten LVI-suunnittelijoiden osaaminen ja tietotaito kaasujärjestelmiin liittyen on yleensä hyvin suppeaa. Kuten johdannossa mainitsin, ja tämän opinnäytetyön lähdeluettelostakin voi päätellä, ovat sairaalakaasujärjestelmien suunnittelua ohjaavat lait, määräykset, standardit ja ohjeet etsittävä varsin hajanaisesta valikoimasta erilaisia asiakirjoja. Toivottavasti tämä opinnäytetyö, johon nämä ohjeet on pyritty kokoamaan selkeäksi kokonaisuudeksi, osoittautuu hyödylliseksi tukimateriaaliksi sairaalakaasujärjestelmien parissa työskenteleville LVI-suunnittelijoille.

Sairaalkaasujärjestelmien suunnittelu-, asennus- ja huolto-ohje, jonka osaksi tämä opinnäytetyö on laadittu, julkaistiin helmikuussa 2014 Helsingissä järjestettyjen Sairaalkaasutekniikan päivien yhteydessä ja niin julkaisun yhteydessä, kuin tilaisuuden jälkekin ohjeen ulkoasusta ja sisällöstä saatu palaute on ollut hyvin positiivista.

Sairaalkaasujärjestelmien suunnittelu-, asennus- ja huolto-ohje on ladattavissa digitaalisena / tilattavissa painettuna versiona ilmaiseksi SSTY:n verkkosivuilta (ssty.fi).

LÄHTEET

Eur.Ph. 2013. European Pharmacopoeia, 7th Edition 2013 (7.8). The European Directorate for the Quality of Medicines & Health Care.

Fimea 6/2012. Lääkealan turvallisuus- ja kehittämiskeskuksen määräys. Sairaala-apteekin ja lääkekeskuksen toiminta. PDF-dokumentti.
http://www.fimea.fi/download/22690_Maarays_6_2012.pdf. Päivitetty 18.12.2012.
Luettu 31.8.2013.

HTM 02-01:2006. Health Technical Memorandum - Medical gas pipeline systems, Part A: Design, installation, validation and verification. Department of Health (UK).

ISO 8573-1:2010. Compressed air - Part 1: Contaminants and purity classes. International Organization for Standardization.

ISO 10083:2006. Oxygen concentrator supply systems for use with medical gas pipeline systems. International Organization for Standardization.

Kaasalainen, Tuomas 2013. Sähköpostikeskustelu 11.10.2013. Kehityspäällikkö. Laser Gas Oy.

KTMp 917/1999. Kauppa- ja teollisuusministeriön päätös yksinkertaisista painesäiliöistä. WWW-dokumentti. <http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/1999/19990917>. Päivitetty 18.11.2013. Luettu 18.11.2013.

KTMp 938/1999. Kauppa- ja teollisuusministeriön päätös painelaitteista. WWW-dokumentti. <http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/1999/19990938>. Päivitetty 18.11.2013. Luettu 18.11.2013.

KTMp 953/1999. Kauppa- ja teollisuusministeriön päätös painelaiteturvallisuudesta. WWW-dokumentti. <http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/1999/19990953>. Päivitetty 18.11.2013. Luettu 18.11.2013.

Laser Gas Oy 2013. Hapen tuottoprosessi vaihe vaiheelta. WWW-dokumentti. <http://www.lasergas.fi/fi/teollisuus-hapentuottoprosessi.html>. Päivitetty 17.6.2013. Luettu 3.11.2013.

Linde Healthcare 2007a. Käyttöturvallisuustiedote AIRAPY[®]. Lääkkeellinen kaasu, puristettu (ilma, hengitysilma). PDF-dokumentti. [http://www.lindehealthcare.fi/international/web/lg/fi/like351glgtfi.nsf/repositorybyalias/airapy_ktt/\\$file/Airapy_KTT.pdf](http://www.lindehealthcare.fi/international/web/lg/fi/like351glgtfi.nsf/repositorybyalias/airapy_ktt/$file/Airapy_KTT.pdf). Päivitetty 16.11.2007. Luettu 31.8.2013.

Linde Healthcare 2007b. Käyttöturvallisuustiedote CONOXIA[®]. Lääkkeellinen kaasu, puristettu (happi). PDF-dokumentti. [http://www.lindehealthcare.fi/international/web/lg/fi/like351glgtfi.nsf/repositorybyalias/con_kaytto_gox/\\$file/CONOXIA%20K%C3%A4ytt%C3%B6turvallisuustiedote%20-%20GOX.pdf](http://www.lindehealthcare.fi/international/web/lg/fi/like351glgtfi.nsf/repositorybyalias/con_kaytto_gox/$file/CONOXIA%20K%C3%A4ytt%C3%B6turvallisuustiedote%20-%20GOX.pdf). Päivitetty 16.11.2007. Luettu 31.8.2013.

Linde Healthcare 2007c. Käyttöturvallisuustiedote CONOXIA[®]. Lääkkeellinen kaasu, kryogeeninen (happi, nestemäinen). PDF-dokumentti.

[http://www.lindehealthcare.fi/international/web/lg/fi/like351glgtfi.nsf/repositorybyalias/con_kaytto_lox/\\$file/CONOXIA%20K%C3%A4ytt%C3%B6turvallisuustiedote%20-%20LOX.pdf](http://www.lindehealthcare.fi/international/web/lg/fi/like351glgtfi.nsf/repositorybyalias/con_kaytto_lox/$file/CONOXIA%20K%C3%A4ytt%C3%B6turvallisuustiedote%20-%20LOX.pdf). Päivitetty 16.11.2007. Luettu 31.8.2013.

Linde Healthcare 2007d. Käyttöturvallisuustiedote NIONTIX[®]. Lääkkeellinen kaasu, nesteytetty (dityppioksidi, typpioksiduuli, ilokaasu). PDF-dokumentti.

[http://www.lindehealthcare.fi/international/web/lg/fi/like351glgtfi.nsf/repositorybyalias/nio_kaytto/\\$file/NIONTIX%20K%C3%A4ytt%C3%B6turvallisuustiedote.pdf](http://www.lindehealthcare.fi/international/web/lg/fi/like351glgtfi.nsf/repositorybyalias/nio_kaytto/$file/NIONTIX%20K%C3%A4ytt%C3%B6turvallisuustiedote.pdf). Päivitetty 16.11.2007. Luettu 31.8.2013.

Linde Healthcare 2009. Käyttöturvallisuustiedote Hiilidioksidi (lääkinnällinen laite). Kaasu, nesteytetty. PDF-dokumentti.

[http://www.lindehealthcare.fi/international/web/lg/fi/like351glgtfi.nsf/repositorybyalias/hiilidioksidi_ktt/\\$file/Hiilidioksidi_1%C3%A4%C3%A4kinn%C3%A4llinen_laite.pdf](http://www.lindehealthcare.fi/international/web/lg/fi/like351glgtfi.nsf/repositorybyalias/hiilidioksidi_ktt/$file/Hiilidioksidi_1%C3%A4%C3%A4kinn%C3%A4llinen_laite.pdf). Päivitetty 1.2.2009. Luettu 31.8.2013.

Linde Healthcare 2011. Tuoteluettelo. Lääkkeellisten kaasujen jakelulaitteet. PDF-dokumentti.

[http://www.lindehealthcare.fi/international/web/lg/fi/like351glgtfi.nsf/repositorybyalias/tuotteet1/\\$file/Tuoteluettelo%202011\[1\]_Redacted.pdf](http://www.lindehealthcare.fi/international/web/lg/fi/like351glgtfi.nsf/repositorybyalias/tuotteet1/$file/Tuoteluettelo%202011[1]_Redacted.pdf). Ei päivitystietoa. Luettu 31.8.2013.

Linde Healthcare 2012. Valmisteyhteenvedo AIRAPY[®]. Lääkkeellinen kaasu, puristettu (ilma, hengitysilma). PDF-dokumentti.

[http://www.lindehealthcare.fi/international/web/lg/fi/like351glgtfi.nsf/repositorybyalias/spc_airapy/\\$file/AIRAPY%20%20SPC%202803%202012.pdf](http://www.lindehealthcare.fi/international/web/lg/fi/like351glgtfi.nsf/repositorybyalias/spc_airapy/$file/AIRAPY%20%20SPC%202803%202012.pdf). Päivitetty 28.3.2012. Luettu 31.8.2013.

Linde Healthcare 2013a. Tietoa ilokaasusta ja työympäristöstä. PDF-dokumentti.

[http://www.lindehealthcare.fi/international/web/lg/fi/like351glgtfi.nsf/repositorybyalias/ilokaasu_tyoymparisto/\\$file/Arbetsmilj%C3%B6%20lustgas%20SF%20lowres%20FINAL.pdf](http://www.lindehealthcare.fi/international/web/lg/fi/like351glgtfi.nsf/repositorybyalias/ilokaasu_tyoymparisto/$file/Arbetsmilj%C3%B6%20lustgas%20SF%20lowres%20FINAL.pdf). Ei päivitystietoa. Luettu 31.8.2013.

Linde Healthcare 2013b. Lääkkeellisten kaasujen turvallinen käyttö. PDF-dokumentti.

[http://www.lindehealthcare.fi/international/web/lg/fi/like351glgtfi.nsf/repositorybyalias/kaasu_turva_kaytto/\\$file/L%C3%A4%C3%A4kkeellisten%20kaasujen%20turvallinen%20k%C3%A4ytt%C3%B6.pdf](http://www.lindehealthcare.fi/international/web/lg/fi/like351glgtfi.nsf/repositorybyalias/kaasu_turva_kaytto/$file/L%C3%A4%C3%A4kkeellisten%20kaasujen%20turvallinen%20k%C3%A4ytt%C3%B6.pdf). Ei päivitystietoa. Luettu 31.8.2013.

Linde Healthcare 2013c. Valmisteyhteenvedo CONOXIA[®]. Lääkkeellinen kaasu, puristettu (happi). PDF-dokumentti.

[http://www.lindehealthcare.fi/international/web/lg/fi/like351glgtfi.nsf/repositorybyalias/conoxia_gox_spc_fi_2011/\\$file/CONOXIA%20GOX%20SPC%2029%2005%202013.pdf](http://www.lindehealthcare.fi/international/web/lg/fi/like351glgtfi.nsf/repositorybyalias/conoxia_gox_spc_fi_2011/$file/CONOXIA%20GOX%20SPC%2029%2005%202013.pdf). Ei päivitystietoa. Luettu 31.8.2013.

Linde Healthcare 2013d. Hiilidioksidi (lääkinnällinen laite). WWW-dokumentti.

http://www.lindehealthcare.fi/international/web/lg/fi/like351glgtfi.nsf/docbyalias/oth_gas_medcoldi. Päivitetty 31.8.2013. Luettu 31.8.2013.

Lääkelaki 395/1987. WWW-dokumentti.

<http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/1987/19870395>. Päivitetty 31.8.2013. Luettu 31.8.2013.

Oy AGA Ab 1993. Kaasusuunnitteluseminaari 1993-koulutusmateriaali. Oy AGA Ab.

Oy AGA Ab 2013a. Kaasujen käyttöön liittyvät riskit. WWW-dokumentti.

http://www.aga.fi/international/web/lg/fi/like35agafi.nsf/docbyalias/nav_gas_risks. Päivitetty 22.9.2013. Luettu 22.9.2013.

Oy AGA Ab 2013b. Hiilidioksidi on monipuolinen kaasu. WWW-dokumentti.

http://www.aga.fi/international/web/lg/fi/like35agafi.nsf/docbyalias/gasschool_co2_pr op. Päivitetty 22.9.2013. Luettu 22.9.2013.

Oy AGA Ab 2013c. Hiilidioksidin käyttökohteet - Lääketiede. WWW-dokumentti.

http://www.aga.fi/international/web/lg/fi/like35agafi.nsf/docbyalias/gasschool_co2_so l. Päivitetty 22.9.2013. Luettu 22.9.2013.

Oy Atlas Copco Ab 2013a. Paineilmakeskus lääketieteelliseen käyttöön. WWW-dokumentti.

<http://www.atlascopco.fi/fius/products/navigationbyproduct/Product.aspx?id=3533530&productgroupid=3533535>. Päivitetty 21.9.2013. Luettu 21.9.2013.

Oy Atlas Copco Ab 2013b. Lääkehappikeskus. WWW-dokumentti.

<http://www.atlascopco.fi/fius/products/navigationbyproduct/Product.aspx?id=3533541&productgroupid=3533538>. Päivitetty 21.9.2013. Luettu 21.9.2013.

Oy Woikoski Ab 2013a. Pakkausseloste. Lääkeilma AWO 100 %, lääkkeellinen kaasu, puristettu. PDF-dokumentti. <http://www.woikoski.fi/default.asp?viewID=319>. Ei päivitystietoa. Luettu 31.8.2013.

Oy Woikoski Ab 2013b. Pakkausseloste. Lääkehappi AWO 100 %, lääkkeellinen kaasu, puristettu. PDF-dokumentti. <http://www.woikoski.fi/default.asp?viewID=319>. Ei päivitystietoa. Luettu 31.8.2013.

Oy Woikoski Ab 2013c. Pakkausseloste. Lääkkeellinen ilokaasu AWO 100%, lääkkeellinen kaasu, puristettu. PDF-dokumentti.

<http://www.woikoski.fi/default.asp?viewID=319>. Ei päivitystietoa. Luettu 31.8.2013.

Painelaitelaki 869/1999. WWW-dokumentti.

<http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/1999/19990869>. Päivitetty 18.11.2013. Luettu 18.11.2013.

Pöyhönen, Mikko 2013. Sähköpostikeskustelu 20.9.2013. LKT, anesthesiologian yllä lääkäri. Pohjois-Karjalan sairaanhoito- ja sosiaalipalvelujen kuntayhtymä.

Salminen, Kristine 2013. Sähköpostikeskustelu 24.9.2013. Yliproviisori. Lääkealan turvallisuus- ja kehittämiskeskus Fimea.

Sarlin Oy Ab 2013. Lääkkeellinen paineilma. WWW-dokumentti.

<http://www.sarlin.com/?Deptid=6458>. Päivitetty 21.9.2013. Luettu 21.9.2013.

Sa-Va 2013a. Painevahti Tetraalmatic Plus-esite. PDF-dokumentti. <http://www.savasairaalaruste.fi/Pdf/Painevahti%20tetraalmatic%20plus.pdf>. Ei päivitystietoa. Luettu 12.10.2013.

Sa-Va 2013b. Pikasulkukotelo-esite. PDF-dokumentti. <http://www.savasairaalaruste.fi/Pdf/pikasulkukotelo%20esite.pdf>. Ei päivitystietoa. Luettu 12.10.2013.

Sa-Va 2013c. Kaasunottoventtiilit-esite. PDF-dokumentti. <http://www.savasairaalaruste.fi/Pdf/SaVa%20kaasunottoventtiilit.pdf>. Ei päivitystietoa. Luettu 12.10.2013.

Sa-Va 2013d. Medicvent kohdepoistojärjestelmä, käsikirja. Sa-Va Sairaalaruste Oy

SFS-EN ISO 7396-1:2007. Sairaalaakaasuputkistot. Osa 1: Paineistettujen sairaalakaasujen ja alipaineen putkistot. Suomen Standardisoimisliitto SFS ry.

STMa 1213/2011. Sosiaali- ja terveysministeriön asetus haitallisiksi tunnetuista pitouksista. WWW-dokumentti. <http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2011/20111213>. Päivitetty 31.8.2013. Luettu 31.8.2013.

TalotekniikkaRYL 2002, Osa 1. Talotekniikan rakentamisen yleiset laatuvaatimukset. Rakennustieto Oy.

Teknologiaeollisuus ry 2013. Painelaitteet. WWW-dokumentti. <http://www.teknologiaeollisuus.fi/fi/palvelut/painelaitteet.html>. Päivitetty 18.11.2013. Luettu 18.11.2013.

Tukes 2003. Tukes-opas. Hapen turvallinen käsittely ja varastointi. PDF-dokumentti. http://www.tukes.fi/Tiedostot/vaaralliset_aineet/esitteet_ja_opaat/happiopas.pdf. Ei päivitystietoa. Luettu 31.8.2013.

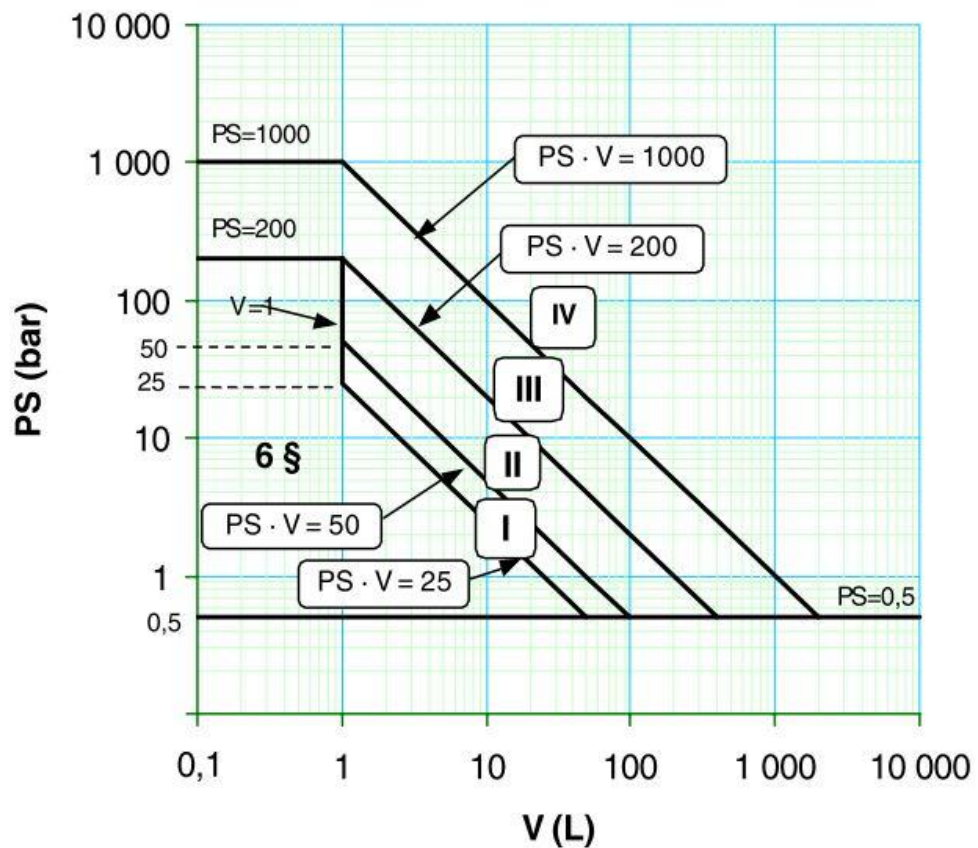
Tukes 2007a. Tukes-opas. Painelaitteet. PDF-dokumentti. http://www.tukes.fi/Tiedostot/painelaitteet/esitteet_ja_opaat/painelaiteopas.pdf. Ei päivitystietoa. Luettu 31.8.2013.

Tukes 2007b. Tukes-opas. Kemikaaliputkistot. PDF-dokumentti. http://www.tukes.fi/Tiedostot/vaaralliset_aineet/esitteet_ja_opaat/kemikaaliputkistot_esite.pdf. Ei päivitystietoa. Luettu 31.8.2013.

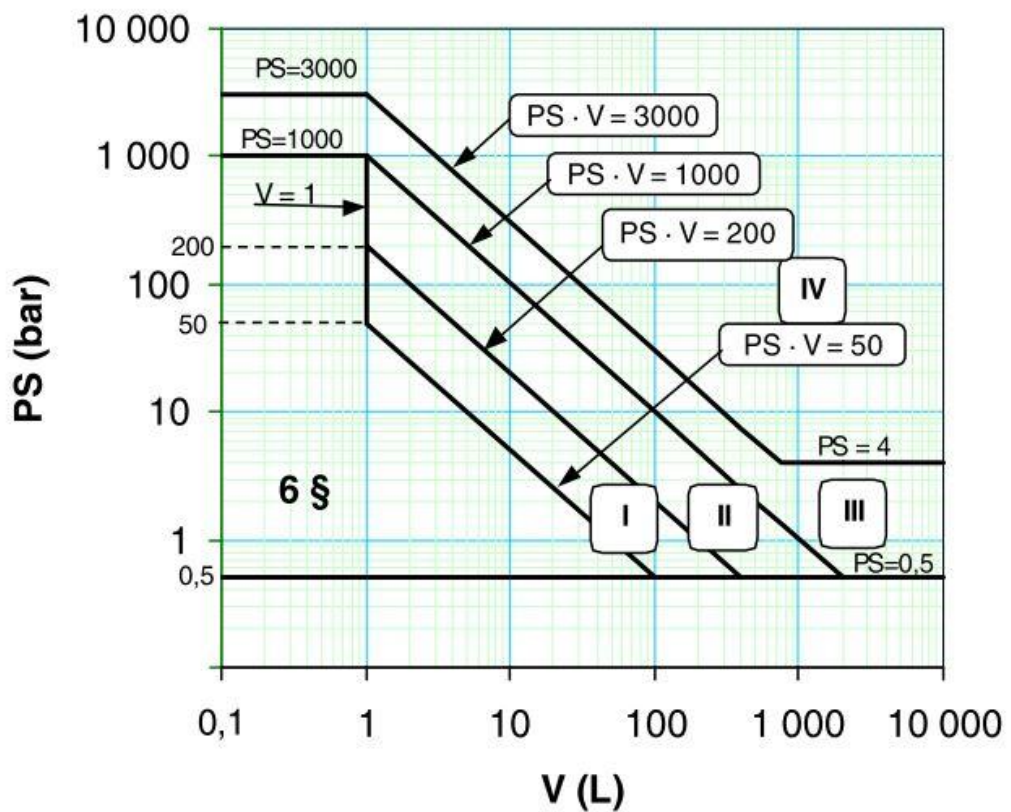
Työterveyslaitos 2011. Ilokaasun turvallinen käyttö synnytysshuoneissa. PDF-dokumentti. http://www.ttl.fi/fi/verkkokirjat/Documents/ilokaasun_kaytto.pdf. Ei päivitystietoa. Luettu 31.8.2013.

Valvira 2013. Terveysthuollon laitteet ja tarvikkeet. WWW-dokumentti. http://www.valvira.fi/luvat/terveydenhuollon_laitteet_ja_tarvikkeet. Päivitetty 25.9.2013. Luettu 25.9.2013.

Painelaitteiden luokituskuvat (KTMp 938/1999, liite II)



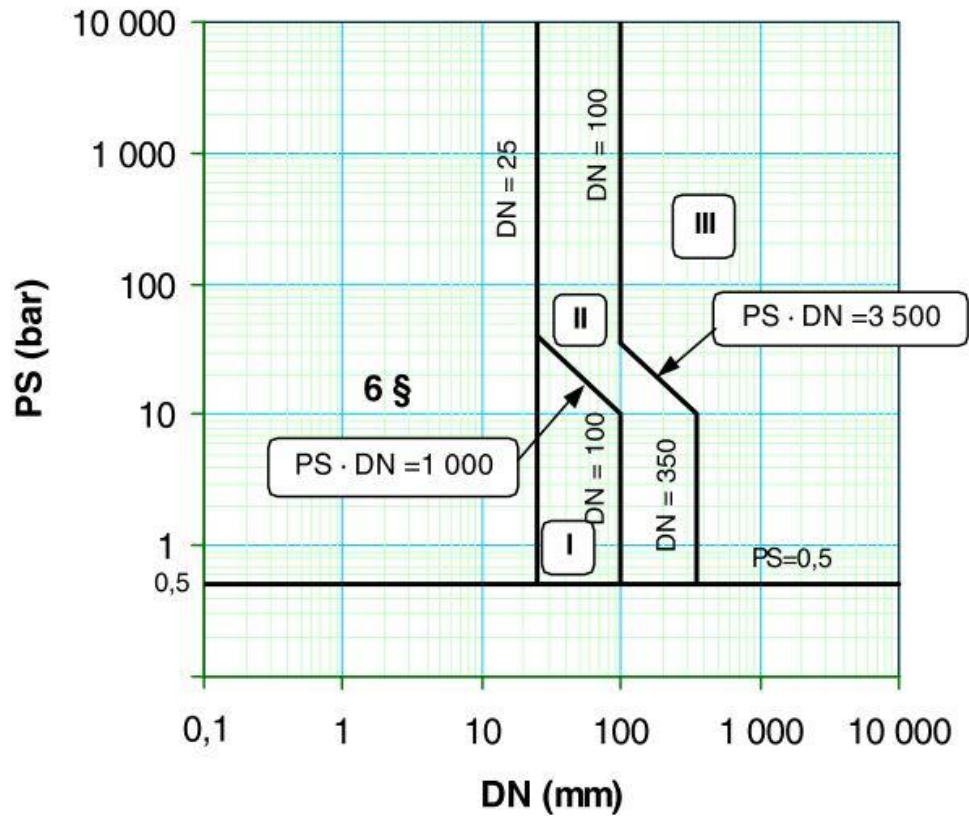
KUVA 1. Säiliö, jossa ryhmän 1 kaasusisältö



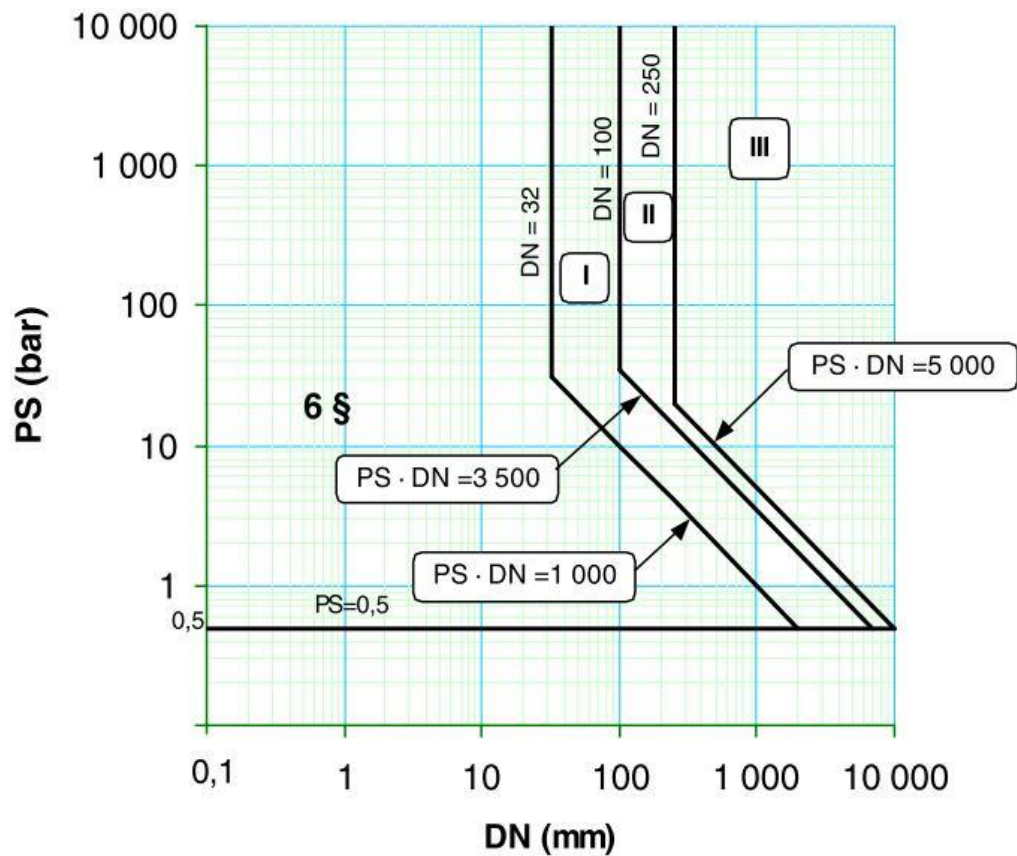
KUVA 2. Säiliö, jossa ryhmän 2 kaasusisältö

Litteen 1 kuvien numerointi on KTMp 938/1999 litteen II mukainen.

Painelaitteiden luokituskuvat (KTMp 938/1999, liite II)



Kuva 6. Putkisto, jossa ryhmän 1 kaasusisältö



Kuva 7. Putkisto jossa ryhmän 2 mukainen kaasusisältö

Liitteen 1 kuvien numerointi on KTMp 938/1999 liitteen II mukainen.

Sairaalakaasujen mitoitusvirtaaman laskeminen, esimerkit

TAULUKKO L2-1. Lääkkeellisen ilman mitoitusvirtaama (HTM 02-01:2006)

Käyttöryhmä	Mitoitusvirtaus yksittäiselle kaasupisteelle [l/min]	Mitoitusvirtaama Q [l/min]
Vuodeosastot:		
Vuodeosasto	20	$Q_w = 20 + [(n-1) 10/4]$
≥ 2 vuodeosastoa	20	$Q_d = Q_w [1 + (nW-1)/2]$
Päivystys & Ensiapu:		
Elvytyshuoneet	40	$Q = 40 + [(n-1) 20/4]$
Toimenpidehuoneet	40	$Q = 40 + [(n-1) 20/4]$
Heräämö / Tarkkailu	40	$Q = 40 + [(n-1) 40/4]$
Leikkausosastot:		
Anestesian valmistelu	40	$Q = 40$
Leikkaussalit	40	$Q = 40 + [(nT-1) 40/4]$
Heräämö	40	$Q = 40 + [(n-1) 10/4]$
Synnytysosastot:		
Synnytyshuoneet	40	$Q = 40 + [(n-1) 40/4]$
Sektiosalit	40	$Q = 40 + [(nS-1) 10/4]$
Heräämö / Tarkkailu	40	$Q = 40 + [(n-1) 40/4]$
Vastasyntyneet	40	$Q = 40 + [(n-1) 40/4]$
Teho-osastot:		
Tehohoito, tehovalvonta, sydänvalvonta	80	$Q = 80 + [(n-1) 80/2]$
Lasten teho	40	$Q = 40n$
Radiologia:		
Toimenpidehuoneet	40	$Q = 40 + [(n-1) 40/4]$
Hemodialyysi	20	$Q = 20 + [(n-1) 10/4]$
Suukirurgia:		
Toimenpide-/Vastaanottohuoneet	40	$Q = 40 + [(n-1) 40/2]$
Heräämö / Toipumishuone	40	$Q = 40 + [(n-1) 10/4]$
Muut osastot	40	$Q = 40$
Välinehuolto	40	$Q = 40$

TAULUKKO L2-2. Instrumentti-ilman mitoitusvirtaama (HTM 02-01:2006)

Käyttöryhmä	Mitoitusvirtaus yksittäiselle kaasupisteelle [l/min]	Mitoitusvirtaama Q [l/min]
Leikkausosastot:		
< 4 leikkaussalia	350	$Q = 350 + [(nT-1) 350/2]$
> 4 leikkaussalia	350	$Q = 350 + [(nT-1) 350/4]$
Muut osastot:		
Välinehuolto, kipsaus tms.	350	$Q = 350$

Sairaalakaasujen mitoitustilavuuden laskeminen, esimerkit

TAULUKKO L2-3. Lääkkeellisen hapen mitoitustilavuus (HTM 02-01:2006)

Käyttöryhmä	Mitoitustilavuus yksittäiselle kaasupisteelle [l/min]	Mitoitustilavuus Q [l/min]
Vuodeosastot:		
Vuodeosasto	10	$Q_w = 10 + [(n-1) 6/4]$
≥ 2 vuodeosastoa	10	$Q_d = Q_w [1 + (nW-1)/2]$
Päivystys & Ensiapu:		
Elvytyshuoneet	100	$Q = 100 + [(n-1) 6/4]$
Toimenpidehuoneet	10	$Q = 10 + [(n-1) 6/4]$
Heräämö / Tarkkailu	10	$Q = 10 + [(n-1) 6/8]$
Leikkausosastot:		
Anestesian valmistelu	100	$Q = 100$
Leikkaussalit	100	$Q = 100 + (nT-1) 20$
Heräämö	10	$Q = 10 + (n-1) 6$
Synnytysosastot:		
Synnytyshuoneet	10	$Q = 10 + [(n-1) 6/4]$
Sektiosalit	100	$Q = 100 + (nS-1) 6$
Heräämö / Tarkkailu	10	$Q = 10 + [(n-1) 3/4]$
Vastasyntyneet	10	$Q = 10 + [(n-1) 3/2]$
Teho-osastot:		
Tehohoito, tehovalvonta, sydänvalvonta	10	$Q = 10 + [(n-1) 6] \times 3/4$
Lasten teho	10	$Q = 10 + (n-1) 6$
Hengityskoneet/CPAP	80	$Q = 80n \times 3/4$
Radiologia:		
Toimenpidehuoneet	10	$Q = 10 + [(n-1) 6/3]$
Hemodialyysi	10	$Q = 10 + [(n-1) 6/4]$
Suukirurgia:		
Toimenpidehuoneet	10	$Q = 10 + [(n-1) 6/2]$
Vastaanottohuoneet	10	$Q = 10 + [(n-1) 6/3]$
Heräämö / Toipumishuone	10	$Q = 10 + [(n-1) 6/6]$
Muut osastot	10	$Q = 10 + [(n-1) 6/4]$
Välinehuolto	100	$Q = 100$

Sairaalakaasujen mitoitustilavuuden laskeminen, esimerkit

TAULUKKO L2-4. Lääkkeellisen dityppioksidin mitoitustilavuus (HTM 02-01:2006)

Käyttöryhmä	Mitoitustilavuus yksittäiselle kaasupisteelle [l/min]	Mitoitustilavuus Q [l/min]
Päivystys & Ensiapu: Elvytyshuone, Toimenpidehuone	10	$Q = 10 + [(n-1) 6/4]$
Leikkausosastot: Anestesian valmistelu, Leikkaussalit	15	$Q = 15 + (nT-1) 6$
Synnytysosastot: Sektiosalit	15	$Q = 15 + (nS-1) 6$
Teho-osastot: Tehohoito, tehovalvonta	15	$Q = 15 + [(n-1) 6/4]$
Radiologia: Toimenpidehuoneet	15	$Q = 15 + [(n-1) 6/4]$
Suukirurgia: Toimenpidehuoneet	10	$Q = 10 + [(n-1) 6/4]$
Muut osastot	10	$Q = 10$
Välinehuolto	15	$Q = 15$

TAULUKKO L2-5. Lääkkeellisen hiilidioksidin mitoitustilavuus

Käyttöryhmä	Mitoitustilavuus yksittäiselle kaasupisteelle [l/min]	Mitoitustilavuus Q [l/min]
Leikkausosastot: Leikkaussalit (tähytysleikkaus)	15	$Q = 15 + (nT-1) 6$
Muut osastot	10	$Q = 10$

Taulukoiden 1-5 merkintöjen selitykset:

Q = mitoitustilavuus osastolle

Q_w = mitoitustilavuus vuodeosastolle

Q_d = mitoitustilavuus vuodeosastoille, ≥ 2 vuodeosastoa

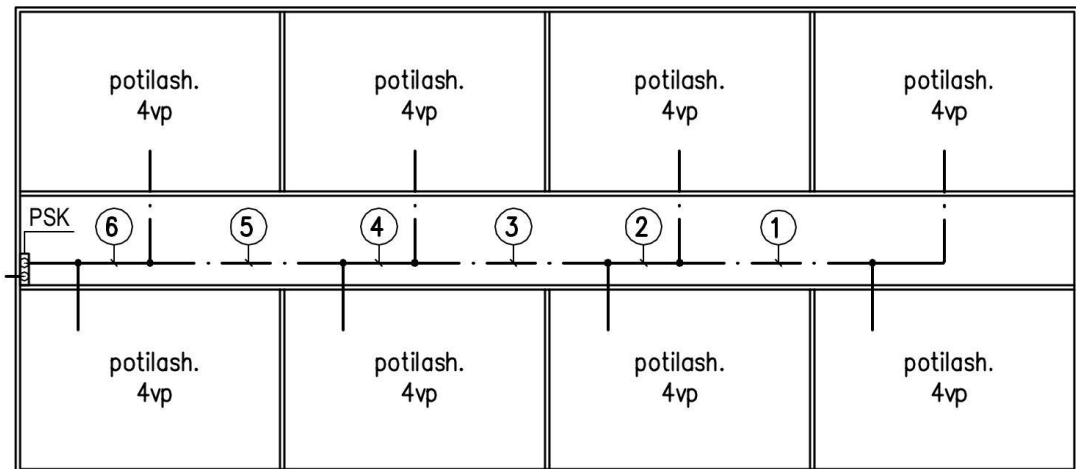
n = potilaiden hoitoon tarkoitettujen vuode-/potilaspaikkojen tai huoneiden lukumäärä, ei yksittäisten kaasupisteiden määrä

nW = vuodeosastojen lukumäärä

nT = leikkaussalien lukumäärä osastolla

nS = sektiosalien lukumäärä osastolla

Sairaalakaasujen mitoitusvirtaaman laskeminen, esimerkit

MITOITUSESIMERKKI 1: VUODEOSASTO 32 vp

Lähtötiedot: Jokainen vuodepaikka varustetaan lääkkeellisen ilman ja lääkkeellisen hapen kaasupisteellä. Kaasujen virtausalueet taulukon 5 (ks. kohta 6.3) mukaan ja eriaikaisuus taulukoiden L2-1 ja L2-3 mukaan.

Vuodeosaston mitoitusvirtaama

$$\text{Lääkkeellinen ilma (L2-1)} \quad Q_w = 20 + \frac{(32-1) \times 10}{4} = 97,5 \approx 98 \text{ l/min}$$

$$\text{Lääkkeellinen happi (L2-3)} \quad Q_w = 10 + \frac{(32-1) \times 6}{4} = 56,5 \approx 57 \text{ l/min}$$

Yksittäisen potilashuoneen mitoitusvirtaama

Yksittäisen huoneen mitoitusvirtaaman laskennassa huomioidaan kaasupisteen mitoitusvirtaus ja tyypillisesti tarvittava virtaus. Huoneen kaikki potilaspaikat voivat olla yhtä aikaa käytössä, joten mitoitusvirtaama muodostuu seuraavasti:

$$\text{Lääkkeellinen ilma (T5)} \quad Q = 20 + (4-1) \times 10 = 50 \text{ l/min}$$

$$\text{Lääkkeellinen happi (T5)} \quad Q = 10 + (4-1) \times 6 = 28 \text{ l/min}$$

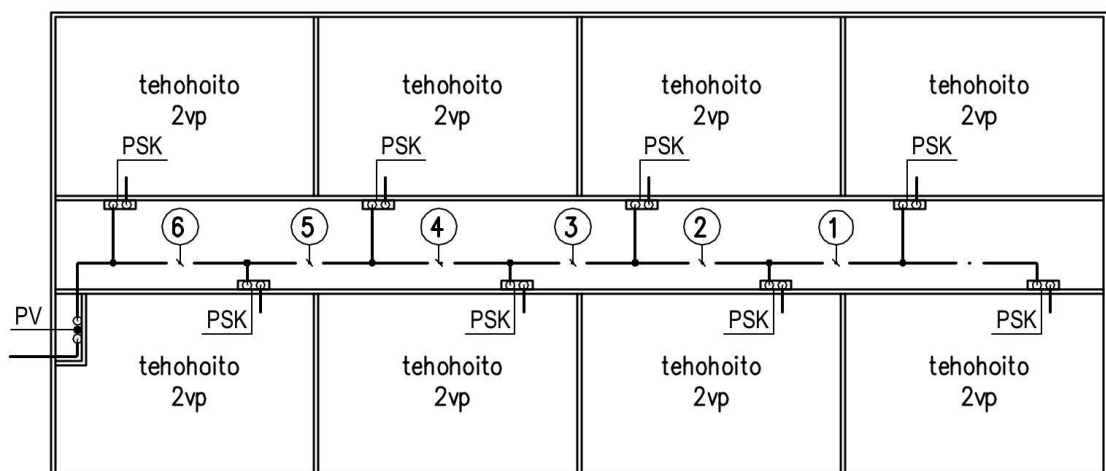
Putkisto-osuuksien mitoitusvirtaama

Putkisto-osuuksien mitoitusvirtaama lasketaan kuten osaston mitoitusvirtaama. Mitoitusvirtaaman laskennassa huomioidaan kuhunkin putkisto-osuuteen liittyvät potilaspaikat ja eriaikaisuus. Esimerkin 1 putkisto-osuuksien mitoitusvirtaamien laskenta on esitetty taulukossa L2-6.

Sairaalakaasujen mitoitusvirtaaman laskeminen, esimerkit

TAULUKKO L2-6. Putkisto-osuuksien mitoitusvirtaamat, mitoitusesimerkki 1

Nro	Lääkkeellinen ilma [l/min]	Lääkkeellinen happi [l/min]
1	$Q = 20 + [(8-1) \times 10/4] \approx 38$	$Q = 10 + [(8-1) \times 6/4] \approx 21$
2	$Q = 20 + [(12-1) \times 10/4] \approx 48$	$Q = 10 + [(12-1) \times 6/4] \approx 27$
3	$Q = 20 + [(16-1) \times 10/4] \approx 58$	$Q = 10 + [(16-1) \times 6/4] \approx 33$
4	$Q = 20 + [(20-1) \times 10/4] \approx 68$	$Q = 10 + [(20-1) \times 6/4] \approx 39$
5	$Q = 20 + [(24-1) \times 10/4] \approx 78$	$Q = 10 + [(24-1) \times 6/4] \approx 45$
6	$Q = 20 + [(28-1) \times 10/4] \approx 88$	$Q = 10 + [(28-1) \times 6/4] \approx 51$

MITOITUSESIMERKKI 2: TEHOHOITO 16 vp

Lähtötiedot: Jokainen tehohoitoaika varustetaan neljällä lääkkeellisen ilman ja lääkkeellisen hapen kaasupisteellä sekä yhdellä lääkkeellisen dityppioksidin kaasupisteellä. Hengityskoneiden käyttö CPAP-tilassa on huomioitava lääkkeellisen hapen mitoituksessa. Kaasujen virtausalueet taulukon 5 (ks. kohta 6.3) mukaan ja eriaikaisuus taulukoiden L2-1, L2-3 ja L2-4 mukaan.

Tehohoito-osaston mitoitusvirtaama

$$\text{Lääkkeellinen ilma (L2-1)} \quad Q = 80 + \frac{(16-1) \times 80}{2} = 680 \text{ l/min}$$

$$\text{Lääkkeellinen happi (L2-3, CPAP)} \quad Q = 80 \times 16 \times \frac{3}{4} = 960 \text{ l/min}$$

$$\text{Lääkkeellinen dityppioksidi (L2-4)} \quad Q = 15 + \frac{(16-1) \times 6}{4} = 37,5 \approx 38 \text{ l/min}$$

Sairaalakaasujen mitoitusvirtaaman laskeminen, esimerkit

Teho-osastojen mitoitusvirtaamat ovat yleensä suurempia kuin muilla sairaalan osastoilla. Sairaalakaasujärjestelmän suunnittelijan tulee teho-osastojen mitoituksen yhteydessä kiinnittää erityisen suurta huomiota painevahtien ja pikasulkukoteloiden maksimivirtaus- ja varasyöttökapasiteettien riittävyyteen.

Yksittäisen tehohoitohuoneen mitoitusvirtaama

Yksittäisen tehohoitohuoneen mitoitusvirtaaman laskennassa huomioidaan kaasupisteen mitoitusvirtaus ja tyyppillisesti tarvittava virtaus. Tehohoito-osastojen happiverkoston mitoituksessa tulee yleensä huomioida hengityskoneiden käyttö CPAP-tilassa. Isoissa tehohoitohuoneissa (> 4 vp) voi olla tarpeellista ottaa erillinen, tilaa palvelevan pikasulkukotelon ohittava, sulkuventtiilillä ja hälytyspaineantureilla varustettu haara runkoputkesta CPAP-käyttöön varatuille kaasupisteille. Esimerkkitapauksen mitoitusvirtaama muodostuu seuraavasti:

$$\text{Lääkkeellinen ilma (T5)} \quad Q = 80 + 80 = 160 \text{ l/min}$$

$$\text{Lääkkeellinen happi (L2-3, CPAP)} \quad Q = 80 + 80 = 160 \text{ l/min}$$

$$\text{Lääkkeellinen dityppioksidi (T5)} \quad Q = 15 + 6 = 21 \text{ l/min}$$

Putkisto-osuuksien mitoitusvirtaama

Putkisto-osuuksien mitoitusvirtaama lasketaan kuten osaston mitoitusvirtaama. Mitoitusvirtaaman laskennassa huomioidaan kuhunkin putkisto-osuuteen liittyvät potilaspaikat ja eriaikaisuus. Esimerkin 2 putkisto-osuuksien mitoitusvirtaamien laskenta on esitetty taulukossa L2-7.

TAULUKKO L2-7. Putkisto-osuuksien mitoitusvirtaamat, mitoitus-esimerkki 2

Nro	Lääk. ilma [l/min]	Lääk. happi [l/min]	Lääk. dityppioksidi [l/min]
1	$Q = 80 + [(4-1) \times 80/2] = 200$	$Q = 80 \times 4 \times 3/4 = 240$	$Q = 15 + [(4-1) \times 6/4] \approx 20$
2	$Q = 80 + [(6-1) \times 80/2] = 280$	$Q = 80 \times 6 \times 3/4 = 360$	$Q = 15 + [(6-1) \times 6/4] \approx 23$
3	$Q = 80 + [(8-1) \times 80/2] = 360$	$Q = 80 \times 8 \times 3/4 = 480$	$Q = 15 + [(8-1) \times 6/4] \approx 26$
4	$Q = 80 + [(10-1) \times 80/2] = 440$	$Q = 80 \times 10 \times 3/4 = 600$	$Q = 15 + [(10-1) \times 6/4] \approx 29$
5	$Q = 80 + [(12-1) \times 80/2] = 520$	$Q = 80 \times 12 \times 3/4 = 720$	$Q = 15 + [(12-1) \times 6/4] \approx 32$
6	$Q = 80 + [(14-1) \times 80/2] = 600$	$Q = 80 \times 14 \times 3/4 = 840$	$Q = 15 + [(14-1) \times 6/4] \approx 35$

Kaasuvirtaus ja painehäviö kupariputkissa virtausnopeuden mukaan

TAULUKKO L4-1. Hengitysilma 500 kPa:n nimellisjakelupaineella

Putkikoko		Virtausnopeus								
D _u	D _s	2	3	4	5	6	7	8	m/s	
10 x 0,8	8,4	Q	40	60	80	100	120	140	160	l/min
		Δp	66	140	238	360	504	671	859	Pa/m
12 x 1,0	10	Q	57	85	113	141	170	198	226	l/min
		Δp	53	111	190	287	402	535	685	Pa/m
15 x 1,0	13	Q	96	143	191	239	287	334	382	l/min
		Δp	37	79	135	204	286	381	488	Pa/m
18 x 1,0	16	Q	145	217	290	362	434	507	579	l/min
		Δp	29	61	103	156	219	291	373	Pa/m
22 x 1,0	20	Q	226	339	452	565	679	792	905	l/min
		Δp	21	45	77	117	164	218	279	Pa/m
28 x 1,5	25	Q	353	530	707	884	1060	1237	1414	l/min
		Δp	16	34	58	88	123	163	209	Pa/m
35 x 1,5	32	Q	579	869	1158	1448	1737	2027	2316	l/min
		Δp	12	25	42	64	89	119	152	Pa/m
42 x 1,5	39	Q	860	1290	1720	2150	2580	3010	3440	l/min
		Δp	9	19	33	49	69	92	117	Pa/m
54 x 2,0	50	Q	1414	2121	2827	3534	4241	4948	5655	l/min
		Δp	7	14	24	36	50	66	85	Pa/m

TAULUKKO L4-2. Instrumentti-ilma 800 kPa:n nimellisjakelupaineella

Putkikoko		Virtausnopeus								
D _u	D _s	2	3	4	5	6	7	8	m/s	
10 x 0,8	8,4	Q	60	90	120	150	180	209	239	l/min
		Δp	93	197	336	508	712	948	1214	Pa/m
12 x 1,0	10	Q	85	127	170	212	254	297	339	l/min
		Δp	74	157	268	405	568	756	968	Pa/m
15 x 1,0	13	Q	143	215	287	358	430	502	573	l/min
		Δp	53	112	191	289	404	538	689	Pa/m
18 x 1,0	16	Q	217	326	434	543	651	760	869	l/min
		Δp	40	86	146	220	309	411	526	Pa/m
22 x 1,0	20	Q	339	509	679	848	1018	1188	1357	l/min
		Δp	30	64	109	165	231	308	394	Pa/m
28 x 1,5	25	Q	530	795	1060	1325	1590	1856	2121	l/min
		Δp	23	48	82	124	173	231	295	Pa/m
35 x 1,5	32	Q	869	1303	1737	2171	2606	3040	3474	l/min
		Δp	16	35	59	90	126	167	214	Pa/m
42 x 1,5	39	Q	1290	1935	2580	3225	3870	4516	5161	l/min
		Δp	13	27	46	69	97	130	166	Pa/m
54 x 2,0	50	Q	2121	3181	4241	5301	6362	7422	8482	l/min
		Δp	9	20	33	50	71	94	120	Pa/m

Taulukoiden 1-4 kaasuvirtaus laskettu soveltaen virtausnopeuden kaavaa (5). Painehäviöt laskettu kaavalla (2) ja ne pätevät vain taulukossa määritetylle jakelupaineelle.

Kaasuvirtaus ja painehäviö kupariputkissa virtausnopeuden mukaan

TAULUKKO L4-3. Happi 500 kPa:n nimellisjakelupaineella

Putkikoko		Virtausnopeus								
D _u	D _s	2	3	4	5	6	7	8	m/s	
10 x 0,8	8,4	Q	40	60	80	100	120	140	160	l/min
		Δp	73	154	263	397	557	741	949	Pa/m
12 x 1,0	10	Q	57	85	113	141	170	198	226	l/min
		Δp	58	123	210	317	444	591	757	Pa/m
15 x 1,0	13	Q	96	143	191	239	287	334	382	l/min
		Δp	41	88	149	226	316	421	539	Pa/m
18 x 1,0	16	Q	145	217	290	362	434	507	579	l/min
		Δp	32	67	114	172	242	322	412	Pa/m
22 x 1,0	20	Q	226	339	452	565	679	792	905	l/min
		Δp	24	50	85	129	181	241	308	Pa/m
28 x 1,5	25	Q	353	530	707	884	1060	1237	1414	l/min
		Δp	18	38	64	97	136	180	231	Pa/m
35 x 1,5	32	Q	579	869	1158	1448	1737	2027	2316	l/min
		Δp	13	27	46	70	98	131	168	Pa/m
42 x 1,5	39	Q	860	1290	1720	2150	2580	3010	3440	l/min
		Δp	10	21	36	54	76	101	130	Pa/m
54 x 2,0	50	Q	1414	2121	2827	3534	4241	4948	5655	l/min
		Δp	7	15	26	39	55	73	94	Pa/m

TAULUKKO L4-4. Ilokaasu tai hiilidioksidi 400 kPa:n nimellisjakelupaineella

Putkikoko		Virtausnopeus								
D _u	D _s	2	3	4	5	6	7	8	m/s	
10 x 0,8	8,4	Q	33	50	67	83	100	116	133	l/min
		Δp	86	182	310	468	656	873	1117	Pa/m
12 x 1,0	10	Q	47	71	94	118	141	165	188	l/min
		Δp	68	145	247	373	523	696	891	Pa/m
15 x 1,0	13	Q	80	119	159	199	239	279	319	l/min
		Δp	49	103	176	266	372	495	634	Pa/m
18 x 1,0	16	Q	121	181	241	302	362	422	483	l/min
		Δp	37	79	134	203	285	379	485	Pa/m
22 x 1,0	20	Q	188	283	377	471	565	660	754	l/min
		Δp	28	59	101	152	213	283	363	Pa/m
28 x 1,5	25	Q	295	442	589	736	884	1031	1178	l/min
		Δp	21	44	75	114	160	212	272	Pa/m
35 x 1,5	32	Q	483	724	965	1206	1448	1689	1930	l/min
		Δp	15	32	55	83	116	154	197	Pa/m
42 x 1,5	39	Q	717	1075	1434	1792	2150	2509	2867	l/min
		Δp	12	25	42	64	90	119	153	Pa/m
54 x 2,0	50	Q	1178	1767	2356	2945	3534	4123	4712	l/min
		Δp	8	18	31	46	65	86	111	Pa/m

Taulukoiden 1-4 kaasuvirtaus laskettu soveltaen virtausnopeuden kaavaa (5). Painehäviöt laskettu kaavalla (2) ja ne pätevät vain taulukossa määritetylle jakelupaineelle.

Vaikutusaluekartta, esimerkit



Laitteen tunnus: PAINOVAHTI PV2.1.4

Vaikutusalue: SYNNYTYSSASTO 2.KRS

Vaikutusaluekartta, esimerkit



Laitteen tunnus: PIKASULKUKOTELO PSK1.2.3

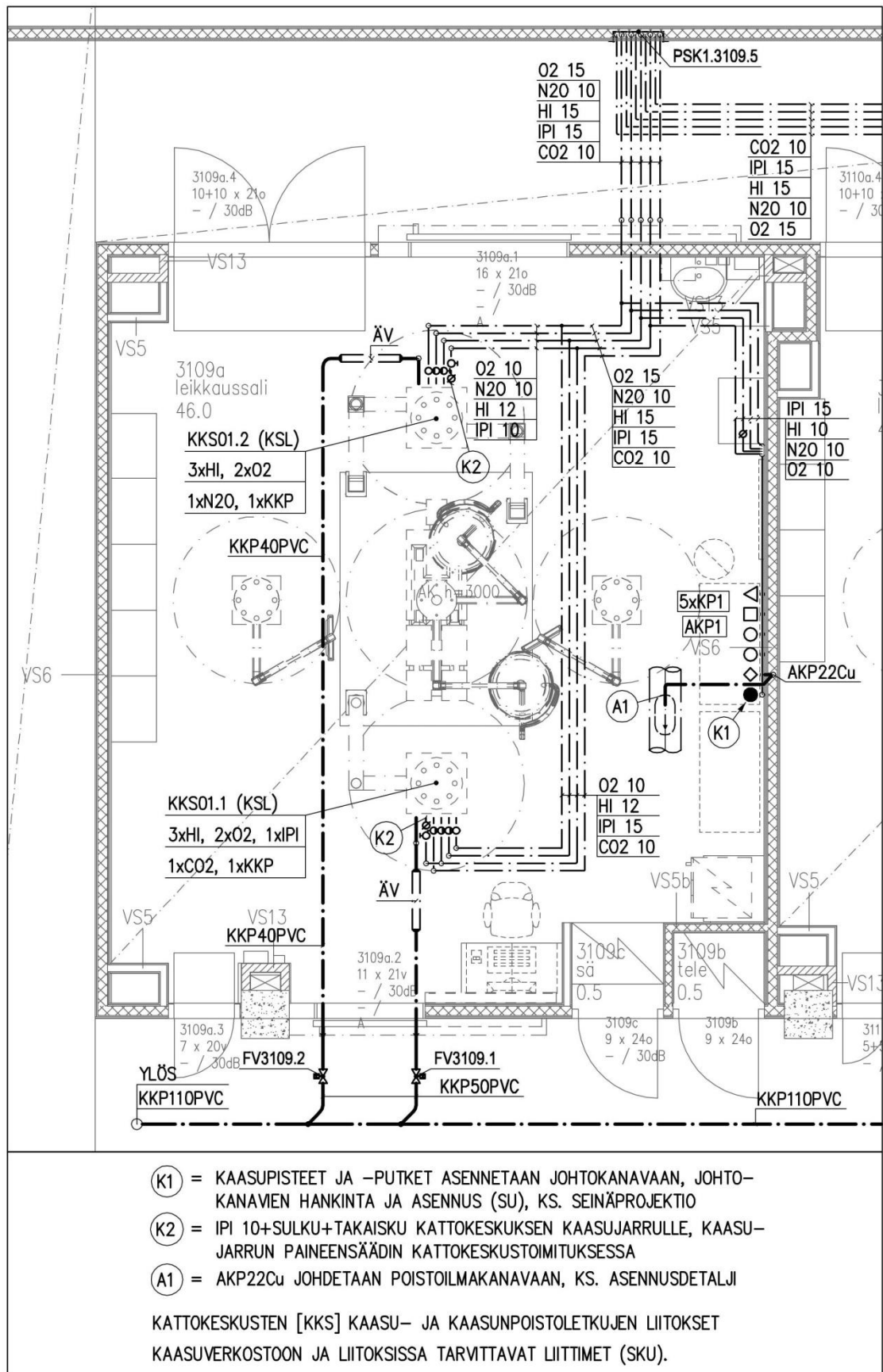
Vaikutusalue: SYNNYTYSSASTO 2.KRS

Vaikutusaluekartta, esimerkit

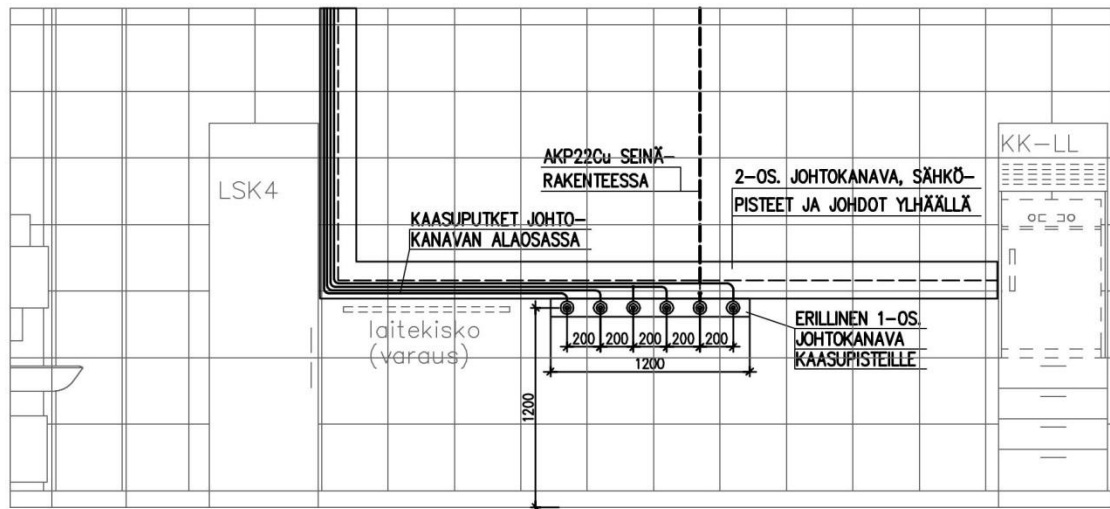


Laitteen tunnus: PIKASULKUKOTELO PSK1.3.3

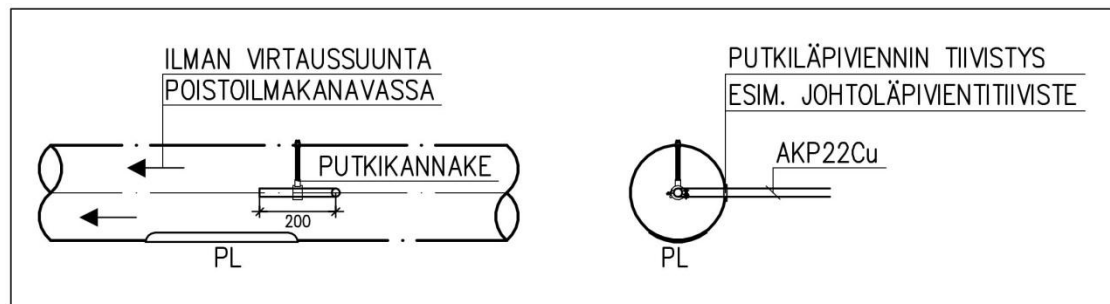
Vaikutusalue: SYNNYTYSSASTO 2.KRS



KUVA L6-1. Leikkaussalin pohjapiirustus ja piirustusmerkintöjen selitykset



KUVA L6-2. Seinäprojektiio, leikkaussalin kaasujen johtokanava-asennukset



KUVA L6-3. Asennusdetalji, ylimääräkaasun johtaminen poistoilmakanavaan