# Sairaalakaasu-järjestelmien suunnittelu-, asennus- ja huolto-ohje

SSTY
Suomen Sairaalatekniikan yhdistys ry

# Sairaalakaasu-järjestelmien suunnittelu-, asennus- ja huolto-ohje

SSTY
Suomen Sairaalatekniikan yhdistys ry

© 2020
2. korjattu painos

SSTY – Suomen Sairaalatekniikan yhdistys ry (Julkaisija)
http://ssty.fi

Talotekniikka-Julkaisut Oy (Kustantaja)
http://talotekniikka-lehti.fi

Kaikki oikeudet pidätetään.

Tämän kirjan tekstin ja kuvien jäljentäminen ilman julkaisijan tai kustantajan kirjallista lupaa painamalla, monistamalla, valokuvaamalla, elektronisesti tallentamalla tai muulla tavoin on tekijänoikeuslain (404/61) mukaisesti kielletty.

Pyynnöt saada kopioida tätä kirjaa kokonaan tai osittain tulee osoittaa Suomen Sairaalatekniikan yhdistys ry:lle.

ISBN 978-952-99770-4-8 (nid.)
ISBN 978-952-99770-5-5 (PDF)

Painettu Suomessa, Forssa Print 2020

# SISÄLTÖ


**YLEISTÄ ..... 1**

1. JOHDANTO ..... 1
   - 1.1. Päivitykset 2. painokseen (2020) ..... 2
2. YLEISTIETOA SAIRAALAKAASUISTA ..... 3
   - 2.1. Sairaalakaasujen käyttöturvallisuus ..... 3
   - 2.2. Lääkkeellinen ilma eli hengitysilma ..... 4
   - 2.3. Instrumentti-ilma ..... 4
   - 2.4. Lääkkeellinen happi ..... 5
     - 2.4.1. Kryogeenisesti tuotettu lääkkeellinen happi ..... 6
     - 2.4.2. Happirikastimella tuotettu lääkkeellinen happi ..... 6
   - 2.5. Lääkkeellinen dityppioksidi eli ilokaasu ..... 6
   - 2.6. Lääkkeellinen hiilidioksidi ..... 7
3. LAIT, MÄÄRÄYKSET JA OHJEET ..... 7

**I. SAIRAALAKAASUJÄRJESTELMIEN SUUNNITTELU ..... 9**

4. SUUNNITTELUPROSESSI ..... 9
   - 4.1. Painelaitteiden luokittelu ..... 9
   - 4.2. Painelaitteiden rekisteröinti ja sijoitussuunnitelma ..... 10
   - 4.3. Kaasujärjestelmien laajennukset ja muutokset ..... 11
5. SAIRAALAKAASUJEN KULUTUKSEN MÄÄRITTELY ..... 11
   - 5.1. Kaasupisteiden määrä ja sijainti ..... 11
   - 5.2. Sairaalakaasujen muut käyttökohteet ..... 12
   - 5.3. Mitoitusvirtaaman laskeminen ..... 13
   - 5.4. Vuosikulutuksen arvioiminen ..... 14
   - 5.5. Kaasupullojen sisällön riittävyyden ja nestemäisen hapen laskentakaavat ..... 15
     - 5.5.1. Kaasupullojen sisällön riittävyys ..... 15
     - 5.5.2. Nestemäisen hapen laskentakaavoja ..... 15
6. SAIRAALAKAASUJEN SYÖTTÖJÄRJESTELMÄT ..... 16
   - 6.1. Syöttölähteet ..... 16
     - 6.1.1. Ilmakompressorijärjestelmät ..... 17
     - 6.1.2. Nestesäiliöasemat ..... 20
     - 6.1.3. Happirikastinjärjestelmät ..... 20
     - 6.1.4. Kaasukeskukset ..... 22
   - 6.2. Ohjaus-, seuranta- ja hälytysjärjestelmät ..... 23
   - 6.3. Syöttölähteiden sijoitus ja tilantarve ..... 23
     - 6.3.1. Kompressorihuone ..... 24
     - 6.3.2. Kaasukeskushuone ..... 24
     - 6.3.3. Happirikastinjärjestelmät ..... 24
     - 6.3.4. Nestesäiliöasema ..... 25
7. SAIRAALAKAASUJEN JAKELUPUTKISTO ..... 25
   - 7.1. Putkistojen luokitus ..... 25
   - 7.2. Kaasuputkiston materiaalit ja komponentit ..... 25
   - 7.3. Kaasunjakelulaitteet ..... 26
     - 7.3.1. Vakauttamissäädin ..... 26
     - 7.3.2. Painevahti ..... 26
     - 7.3.3. Pikasulkukotelo ..... 27
     - 7.3.4. Sulku- ja yksisuuntaventtiilit ..... 28
     - 7.3.5. Kaasupisteet ja -liittimet ..... 28
   - 7.4. Käyttöalueet ja hälytykset ..... 28
   - 7.5. Kaasuputkiston jakelupaine ..... 29
   - 7.6. Kaasuputkiston rakenne ja sijoitus ..... 30
   - 7.7. Kaasuputkiston mitoitus ..... 31

8. KOHDEPOISTOJÄRJESTELMÄT ..... 33
8.1. Poistopisteiden määrä ja sijainti ..... 33
8.2. Putkistomateriaalit ja komponentit ..... 33
8.3. Laitteiden sijoitus ja tilantarve ..... 36
8.4. Putkiston mitoitus ..... 37
9. SUUNNITELMIEN DOKUMENTOINTI ..... 37
9.1. Työselitys ..... 37
9.2. Laiteluettelo ..... 37
9.3. Kytkentä-, periaate- ja säätökaaviot ..... 38
9.4. Työpiirustukset ..... 38
**II. SAIRAALAKAASUJÄRJESTELMIEN ASENNUS ..... 39**
10. SAIRAALAKAASUJEN SYÖTTÖJÄRJESTELMÄT ..... 39
10.1. Kaasukeskukset ..... 39
10.2. Seuranta- ja hälytysjärjestelmät ..... 40
11. SAIRAALAKAASUJEN JAKELUPUTKISTOT ..... 40
11.1. Putkimateriaalit ja asennus ..... 40
11.1.1. Putkistoliitokset ..... 41
11.1.2. Putkiston kannakointi ..... 41
11.1.3. Putkiston merkintä ja värikoodit ..... 41
11.2. Kaasunjakelulaitteet ..... 42
11.2.1. Vakauttamissäätimet ..... 42
11.2.2. Painevahdit ..... 42
11.2.3. Pikasulkukotelot ..... 42
11.2.4. Sulkuventtiilit ..... 43
11.2.5. Kaasunottoventtiilit ..... 43
11.2.6. Painelähettimet, -kytkimet ja virtaussensorit ..... 43
12. KOHDEPOISTOJÄRJESTELMÄT ..... 43
13. TESTAUS, KÄYTTÖÖNOTTO JA SERTIFIOINTI ..... 43
13.1. Ennen putkiston peittämistä tehtävät tarkastukset ..... 44
13.2. Putkiston peittämisen jälkeen tehtävät tarkastukset ..... 44
**III. SAIRAALAKAASUJÄRJESTELMIEN KÄYTTÖ JA HUOLTO ..... 45**
14. SAIRAALAHENKILÖKUNNAN TEHTÄVÄT JA VASTUUT ..... 45
15. SAIRAALAKAASUJEN SYÖTTÖJÄRJESTELMÄT ..... 45
15.1. Nestesäiliöasema ..... 45
15.2. Kaasukeskus ..... 47
15.3. Ilmakompressorijärjestelmät ..... 48
15.4. Happirikastinjärjestelmä ..... 50
16. SAIRAALAKAASUJEN JAKELUPUTKISTOT ..... 50
17. KOHDEPOISTOJÄRJESTELMÄT ..... 51
18. DOKUMENTOINTI ..... 51
**LÄHTEET ..... 52**
**LIITTEET ..... 54**
LIITE 1. Painelaitteiden luokituskuvat (KTMp 938/1999, liite II) ..... 54
LIITE 2. Sairaalakaasujen mitoitusvirtaaman laskeminen, esimerkit ..... 55
LIITE 3. Kaasuputkiston mitoituslomake ..... 59
LIITE 4. Kaasuvirtaus ja painehäviö kupariputkissa virtausnopeuden mukaan ..... 60
LIITE 5. Vaikutusaluekartta, esimerkit ..... 62
LIITE 6. Työpiirustukset, esimerkit ..... 65
LIITE 7. Testauslomakkeet (SFS-EN ISO 7396-1:2007) ..... 69
LIITE 8. Määritelmiä ja lyhenteitä ..... 74

# YLEISTÄ

## 1. JOHDANTO

Tämä kirja, Sairaalakaasujärjestelmien suunnittelu-, asennus- ja huolto-ohje, on syntynyt käytännön tarpeesta. Maassamme ei ole ollut yhtenäistä teosta, johon voimassa oleva sairaalakaasujärjestelmien suunnitteluun, asennukseen ja huoltoon liittyvä ohjeistus on koottu. Se on ollut hajallaan eri standardeissa, viranomaismääräyksissä ja -ohjeissa. Nyt tällä hetkellä voimassa olevat ohjeet on koottu samojen kansien väliin tähän teokseen.

Eräänä vaikuttimena ohjekirjan syntyyn on ollut vuonna 2011 Turun yliopistollisen sairaalan ensiapupoliklinikalla syttynyt tulipalo. Se aiheutti evakuoinnin sekä toimintojen keskeyttämisen sairaalatiloissa. Palo sai alkunsa ensiapupoliklinikan alakattotilasta hoitajakutsujärjestelmän ohjausyksikössä sattuneen ylikuumenemisen ja alakattotilassa olleen happivuodon yhteisvaikutuksesta. Sairaanhoitopiirin korvausvaatimus palovahingon aiheuttamista esine- ja keskeytysvahingoista oli yli 17 miljoonaa euroa.

Onnettomuustutkintakeskuksen tutkintaselostuksessa (B1/2011Y) tulee esille, että suurelle osalle sairaalakaasuverkostojen kunnon valvontaa ei ole asetettu mitään erityisiä vaatimuksia. Tutkintaselostuksessa todetaan, että Turvallisuus- ja kemikaaliviraston (Tukes), tulisi antaa ohjeita sairaalakaasujärjestelmien huollolle ja kunnossapidolle. Tukes:n kannanotossa puolestaan tuodaan esille, että sairaalakaasuja koskeva ohjeistus tulee antaa esimerkiksi sairaala-alan ohjeissa tai standardeissa.

Tämä ohjekirja vastaa osaltaan tutkintaselostuksessa (B1/2011Y) esille nostettuun ohjeistuksen tarpeeseen sairaalakaasujärjestelmien huollosta ja kunnossapidosta. Teos jakautuu kolmeen osaan. Ensimmäisessä osassa käsitellään sairaalakaasujärjestelmien suunnittelua. Osassa käsitellään putkistomitoitusta, laitevalintoja, annetaan mitoitusvirtaamien ohjearvoja sekä muita suunnitteluun liittyviä ohjeita. Toisessa osassa käsitellään sairaalakaasujärjestelmien asentamista ja kolmannessa osassa huoltoa ja kunnossapitoa.

Ohjekirjan ohjaustyöryhmään ovat kuuluneet Suomen Sairaalatekniikan yhdistyksen (SSTY ry) puolesta Riitta Kiijärvi (HUS-kiinteistöt Oy), Marko Vuorinen (TYKS) ja Jouko Ryynänen (PKSSK).

Ohjekirjan laadintaan ovat osallistuneet Jukka Huotari (Sa-Va Sairaalavaruste Oy), Tuomo Häyrynen (Talotekniikka-Julkaisut Oy), Harri Keisala (Oy Woikoski Ab), Tuomas Kaasalainen (Laser Gas Oy), Marko Sutinen (Granlund Kuopio Oy), Pekka Teirikari (Oy Aga Ab), Eeva Keränen (Talotekniikka-Julkaisut Oy), Marko Vuorinen (TYKS), Martti Rask (Oy Atlas Copco Ab), Timo Wahlroos (Sarlin Oy Ab).

Haluan osoittaa parhaimmat kiitokseni työryhmän jäsenille aktiivisesta osallistumisesta Sairaalakaasujärjestelmien suunnittelu-, asennus- ja huolto-ohje -kirjan laadintaan. Lämpimät kiitokset myös niille yrityksille, jotka ovat tukeneet hanketta taloudellisesti. Kiitokset myös Tukes:n yli-insinööri Markus Kauppiselle ja ylitarkastaja Johanna Soppelalle ohjeeseen annetuista lausunnoista. Standardien lainaukset on tehty SFS:n luvalla.

Joensuussa 4.1.2014

**Jouko Ryynänen**
Työryhmän puheenjohtaja

## 1.1. Päivitykset 2. painokseen (2020)

Myös ohjeen päivityksen tarve on noussut käytännön tarpeista. Tekniikka ja toteutustavat ovat kehittyneet viime vuosien aikana, ja hyviä ratkaisuja on syytä ottaa käyttöön yhteisiksi toimintatavoiksi.

Päivitykset koskevat erityisesti suunnittelua, kulutuksen arviointia, mitoittamista muuntojoustavasti, kaasunpoiston paineilmatoimisia imuejektoreja sekä sairaalateknisiä kohdepoistojärjestelmiä.

Päivitystä varten toteutettiin insinöörityö, jossa kokonaisuutta ja tuloksia on esitelty laajemmin (Sairaalakaasujärjestelmien suunnittelu, Timo Kurkela, 2020).

Tämän ohjekirjan päivityksen ydintyöryhmään ovat kuuluneet Jouko Ryynänen (Siun sote), Jukka Hakkarainen (Ramboll Finland Oy) ja Timo Kurkela (Ramboll Finland Oy).

Päivityksen laadintaan ovat osallistuneet lisäksi myös Saara Vänskä (SSTY ry), Riitta Kiijärvi (HUS-Kiinteistöt Oy), Juha Nurkkala (HUS-Kiinteistöt Oy), Marko Sutinen (Granlund Kuopio Oy), Noora Hedberg (Linde Group) ja Eeva Keränen (Talotekniikka-Julkaisut Oy).

Kiitän lämpimästi kaikkia hankkeeseen osallistuneita.

Espoossa 1.7.2020

**Jukka Hakkarainen**
Projektivastaava

***Lista 2. painokseen tehdyistä päivityksistä:***

3. LAIT, MÄÄRÄYKSET JA OHJEET, s. 7
*Päivitetty lääkkeellisiä kaasuja ohjaavia lakeja, määräyksiä, standardeja ja ohjeita.*

5.1. Kaasupisteiden määrä ja sijainti, s. 11
*Päivitetty kaasunpoiston imupisteen ohjeistusta.*

5.5. Kaasupullojen sisällön riittävyyden ja nestemäisen hapen laskentakaavat, s. 15
*Uusi kappale, johon lisätty:*
- ✓ *Kaavat kaasupullojen sisällön riittävyyden laskennasta.*
- ✓ *Kaavat nestemäisen hapen kulutuksen (kg) muuttamisesta kaasumaisen hapen kulutukseksi (l/min).*

6.1.1. Ilmakompressorijärjestelmät, s. 17
*Täydennetty ohjeistusta paineilmakompressorihuoneen putkiston suunnittelusta ja asentamisesta.*

7.3.2. Painevahti, s. 26
*Täydennetty ohjeistusta painevahtikomeron tilantarpeen suunnittelusta.*

Liite 6. Työpiirustukset, esimerkit, s. 65
*Päivitetty ja lisätty seuraavat työpiirustusesimerkit:*
- ✓ *Kuva L6-1. Leikkaussalin tasopiirustus*
- ✓ *Kuva L6-2. Tehohoito-osaston tasopiirustus*
- ✓ *Kuva L6-3. MRI-kuvantamisen tasopiirustus*
- ✓ *Kuva L6-4. AKP-kaasunpoiston kytkentäesimerkki*
- ✓ *Kuva L6-5. Kohdepoistoputkiston asennusperiaatteen esimerkki*

## 2. 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 oppaassa 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 (Lääkelaki 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 kaasuverkostoon tehtyjen muutosten yhteydessä. Lääkkeellisten kaasujen tulee täyttää taulukossa 1 esitetyt Euroopan farmakopean vaatimukset (Fimea 6/2012.)

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).

### 2.1. Sairaalakaasujen käyttöturvallisuus

Sairaaloissa käytettävillä kaasuilla on useita 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.)

***Taulukko 1. Lääkkeellisten kaasujen laatuvaatimukset. (Eur.Ph. 2013)***

| Kaasu, pitoisuus | Ilma | Happi | Happi (93 %) | Dityppioksidi | Hiilidioksidi |
|---|---|---|---|---|---|
| **Happi $O_2$ (til.%)** | 20,9 % ± 0,5 % | ≥ 99,5 % | 93 % ± 3 % | – | – |
| **Vesihöyry** | ≤ 67 ppm | ≤ 67 ppm | ≤ 67 ppm | ≤ 67 ppm | ≤ 67 ppm |
| **Öljy** | ≤ 0,1 mg/m³ | – | ≤ 0,1 mg/m³ | – | – |
| **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 |

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 kosketuksissa 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 oppaassa 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 epäpuhtauksien pienimmistä pitoisuuksista. 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 oppaassa käsiteltyjen sairaalakaasujen kemiallisia ja fysikaalisia ominaisuuksia, HTP-arvot, varoitusmerkinnät sekä vaara- ja turvalausekkeet (Linde Healthcare 2007a-d; 2009).

## 2.2. 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 ilmana infektioille alttiiden potilaiden hoidossa, kuten elin- tai solusiirron tai laajojen palovammojen yhteydessä (Oy Woikoski Ab 2013a).

## 2.3. 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.

## 2.4. 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, väriltään vaaleansinistä ja vettä raskaampaa. Kosketuksessa paljaan ihon kanssa nestemäinen happi ja kylmät happihöyryt aiheuttavat palovammoja 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 palavat 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 räjähdyksen 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 häkämyrkytyksen hoitoon. (Linde Healthcare 2013b-c; Oy Woikoski Ab 2013b.)

***Taulukko 2. Teollisesti tuotettujen sairaalakaasujen ominaisuuksia.***

| **Kaasu** | **Lääkkeellinen ilma** | **Lääkkeellinen happi** | **Lääkkeellinen dityppioksidi** | **Lääkkeellinen hiilidioksidi** |
|---|---|---|---|---|
| Kemiallinen kaava<br>Ainepitoisuus (til%) | $N_2 + O_2$<br>79 % + 21 % | $O_2$<br>> 99,5 % | $N_2O$<br>> 98 % | $CO_2$<br>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<br>(180 mg/m³) | 5000 ppm<br>(9100 mg/m³) |
| 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 syttyvistä 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).

Euroopan farmakopea määrittelee lääkkeelliselle hapelle kahdet, tuotantotavasta riippuvat, vaatimukset (Happi ja Happi 93 %, ks. Taulukko 1). Terveydenhuollon yksiköissä käytettävää lääkkeellistä happea tuotetaan joko kaasutehtaissa käytettävällä kryogeenisellä menetelmällä, tai terveydenhuollon yksikössä tarkoitusta varten asennetuilla happirikastinjärjestelmillä.

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

### 2.4.1. Kryogeenisesti tuotettu lääkkeellinen happi

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

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

### 2.4.2. 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 Adsorbtion) -tekniikkaan, jossa hyödynnetään alumiinisilikaatin (zeoliitin) erilaista affiniteettia happea ja typpeä kohtaan. Paineenalaisena zeoliitti adsorboi ainoastaan typpimolekyylejä. (Kaasalainen 2013.)

Lähtömateriaalina käytettävä ilma paineistetaan, kuivataan ja suodatetaan, jonka jälkeen se johdetaan PSA-yksikköön, jossa on kaksi zeoliitilla täytettyä säiliötä. Paineistettu 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 hieman ennen kuin zeoliitti kyllästyy typellä ja ohjataan toiseen adsorbenttisäiliöön, joka alkaa tuottaa happea. Ensimmäisen säiliön zeoliitti (nyt kyllästetty typellä) regeneroidaan alentamalla painetta adsorptiovaiheessa käytettyä painetta alhaisemmaksi. Typpi irtoaa adsorbentista, ja se johdetaan ympäröivään ilmaan. Seuraavaksi säiliö huuhdotaan toisen adsorbenttisäiliön tuottamalla hapella, minkä jälkeen se on valmis uuteen tuottosykliin. Adsorptio- ja desorptiovaiheet vuorottelevat zeoliittisäiliöissä. Yhdessä ne tuottavat happea jatkuvana virtana, joka ohjataan vastaanottosäiliöön. Vastaanottosäiliöstä happi voidaan joko syöttää rakennuksen happiverkostoon tai pullottaa pullotuslaitteiston avulla. (Laser Gas Oy 2013.)

## 2.5. Lääkkeellinen dityppioksidi eli ilokaasu

Lääkkeellinen dityppioksidi (*Dinitrogenii oxidum, $N_2O$*) eli ilokaasu on ilmaa selvästi raskaampi, väritön, huumaava kaasu, jolla on hieman makeahko haju ja maku. Dityppioksidista käytetään joissakin yhteyksissä nimitystä typpioksiduuli. Dityppioksidia kuljetetaan ja varastoidaan tavallisesti kondensoituna nesteenä 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 lämpötilan vaikutuksesta. (Linde Healthcare 2013b.)

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

## 2.6. Lääkkeellinen hiilidioksidi

Hiilidioksidilla on kolme olomuotoa: kaasu, neste ja kiinteä. Lääkkeellinen hiilidioksidi (*Carbonei dioxidum, $CO_2$*) 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.)

# 3. LAIT, MÄÄRÄYKSET JA OHJEET

Sairaalakaasujärjestelmien suunnittelua, asennusta ja käyttöä ohjaavat lait, määräykset, standardit ja ohjeet päivittyvät säännöllisen epäsäännöllisesti. Tämä opas 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 §).

Seuraavalla sivulla on lueteltu joitakin tämän oppaan laadintahetkellä voimassa olleita lakeja, määräyksiä, standardeja ja ohjeita, jotka ohjaavat lääkkeellisten kaasujen valmistusta, laadunvarmistusta ja varastointia sekä sairaalakaasujärjestelmien suunnittelua, asennusta, käyttöä ja huoltoa.

**Lääkkeellisiä kaasuja ohjaavia lakeja, määräyksiä, standardeja ja ohjeita**

- Lääkelaki 395/1987, muutos 208/2019
- Laki terveydenhuollon laitteista ja tarvikkeista 629/2010, muutos 1482/2019
- Sosiaali- ja terveysministeriön asetus haitallisiksi tunnetuista pitoisuuksista 538/2018
- Lääkinnällisistä laitteista annettu neuvoston direktiivi 93/42/ETY 1993
- Kemikaalilaki 599/2013 (Kemikaaliasetusta 675/1993 ei sovelleta lääkevalmisteisiin)
- Valtioneuvoston asetus vaarallisten kemikaalien käsittelyn ja varastoinnin valvonnasta 855/2012, 685/2015, muutos 462/2019
- Lääkealan turvallisuus- ja kehittämiskeskuksen (Fimea) määräys 6/2012: Sairaala-apteekin ja lääkekeskuksen toiminta
- European Pharmacopoeia 10th Edition 2020
- Painelaitelaki 869/1999, 1144/2016, muutos 797/2017
- Valtioneuvoston asetus painelaitteista 1548/2016
- Valtioneuvoston asetus yksinkertaisista painesäiliöistä 1550/2016
- Valtioneuvoston asetus painelaiteturvallisuudesta 1549/2016
- Painelaitedirektiivi 2014/68/EU (Tähän viitataan painelaitelaissa- ja säädöksissä)
- SFS-EN ISO 7396-1:en:2016, muutos A1:2019 Sairaalakaasuputkistot. Osa 1: Paineistettujen sairaalakaasujen ja alipaineen putkistot
- SFS-EN ISO 9170-1:en:2020 Sairaalakaasuputkistojen kaasunottoventtiilit. Osa 1: Paineistettujen sairaalakaasujen ja alipaineen kaasunottoventtiilit
- SFS-EN ISO 5359-:en:2014, muutos A1:2017 Sairaalakaasujen kanssa käytettävät matalapaineiset letkustot
- SFS-EN ISO 14971:2019 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 7396-2:en:2007 Sairaalakaasuputkistot. Osa 2: Anestesiakaasunpoistojärjestelmät
- SFS-EN ISO 9170-2:en:2008 Sairaalakaasuputkistojen kaasunottoventtiilit. Osa 2: Anesteettipoistojärjestelmän kaasunottoventtiilit
- SFS-EN ISO 10524-1:en:2019 Sairaalakaasujen kanssa käytettävät paineensäätimet. Osa 1: Paineensäätimet sekä virtausnopeusmittarilla varustetut paineensäätimet
- SFS-EN ISO 10524-2:en:2019 Sairaalakaasujen kanssa käytettävät paineensäätimet. Osa 2: Kokoojaputkissa ja -putkistoissa käytettävät paineensäätimet
- SFS-EN ISO 10524-3:en:2019 Sairaalakaasujen kanssa käytettävät paineensäätimet. Osa 3: Pulloventtiilien paineensäätimet
- SFS-EN ISO 10524-4:en:2008 Sairaalakaasujen kanssa käytettävät paineensäätimet. Osa 4: Matalapaineiset paineensäätimet
- SFS-EN 13221:en:2000 Sairaalakaasujen kanssa käytettävät taipuisat korkeapaineliitännät
- SFS-EN 13348:2016 Kupari ja kupariseokset. Saumattomat pyöreät kupariputket sairaalakaasuille tai alipaineelle
- SFS-EN ISO 11011: en:2013 Paineilma. Energiatehokkuus. Arviointi
- SFS-EN 13445-1:2014, muutos A2:2018 Lämmittämättömät painesäiliöt. Osa 1: Yleistä
- SFS-EN 13445-2:2014, muutos A3:2018 Lämmittämättömät painesäiliöt. Osa 2: Materiaalit
- SFS-EN 13445-3:2014, muutos A8:2018 Lämmittämättömät painesäiliöt. Osa 3: Suunnittelu
- SFS-EN 13445-4:2014, muutos A1:2016 Lämmittämättömät painesäiliöt. Osa 4: Valmistus
- SFS-EN 13445-5:2014, muutos A1:2018 Lämmittämättömät painesäiliöt. Osa 5: Tarkastus ja testaaminen
- SFS-EN ISO 18082:2014, muutos A1:2017 Anestesia- ja hengityskoneet. Sairaalakaasuille tarkoitetut matalapaineiset NIST-liittimet
- SFS-EN ISO 80601-2-69:2014 Particular requirements for basic safety and essential performance of oxygen concentrator equipment
- SFS-EN ISO 14644-1:2015 Puhdastilat ja puhtaat alueet. Osa 1: Hiukkaspitoisuuden perusteella tehtävä puhtausluokitus
- SFS-EN ISO 14644-2:2015 Puhdastilat ja puhtaat alueet. Osa 2: Puhdastilan ilmanpuhtauden seuranta hiukkaspitoisuuden perusteella
- SFS-EN ISO 14644-4:2001 Puhdastilat ja puhtaat alueet. Osa 4: Suunnittelu, rakentaminen ja käynnistys
- ISO 8573-1:2010 Compressed air. Part 1: Contaminants and purity classes
- TalotekniikkaRYL 2002 Osa 1, luku G5 Kaasujärjestelmät (Huom! Suuri osa teoksessa viitatuista laeista, asetuksista ja standardeista on kumottu.)
- Asetus rakennusten paloturvallisuudesta 848/2017. 2017. Ympäristöministeriö
- SFS-EN 15001-1:2010 Kaasuputkistot. Kaasun käyttöputkistot teollisuudessa, käyttöpaineen ollessa yli 0,5 bar sekä teollisuudessa ja muualla käyttöpaineen ollessa yli 5 bar. Osa 1: Yksityiskohtaiset toiminnalliset vaatimukset suunnittelulle, materiaaleille, rakentamiselle, tarkistuksille ja testaukselle
- SFS-EN 15001-2:2009 Kaasuputkistot. Kaasun käyttöputkistot teollisuudessa, käyttöpaineen ollessa yli 0,5 bar sekä teollisuudessa ja muualla käyttöpaineen ollessa yli 5 bar. Osa 2: Yksityiskohtaiset toiminnalliset vaatimukset käyttöönotolle, käytölle ja kunnossapidolle
- HTM 02-01: 2006 Medical gas pipeline systems. Part A: Design, installation, validation and verification
- HTM 02-01: 2006 Medical gas pipeline systems. Part B: Operational management

# I. SAIRAALAKAASUJÄRJESTELMIEN SUUNNITTELU

## 4. 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 kaasunottopisteiden 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 liitettävien 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 sijoituspaikan ja mitoittaa tilantarpeen. Syöttöjärjestelmien ja kaasupisteiden sijoituksen jälkeen suunnittelija suunnittelee ja mitoittaa kaasun jakeluputkistot varusteineen. Lopuksi 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.

### 4.1. 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, varolaitteet ja paineenalaiset lisälaitteet. Päätöksen soveltamisalaan eivät kuulu ilmalle tai typelle suunnitellut yksinkertaiset painesäiliöt, joihin sovelletaan KTMp yksinkertaisista 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 ja luokkien I-IV (putkistot I-III) rajat on esitetty liitteen 1 luokituskuvissa. Taulukko 3 sisältää luokitusperusteet ja luokitukseen käytettävän luokituskuvan.

***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 = nimellissuuruus, pyöristetty viitearvo

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

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

## 4.2. 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 §.)

Taulukko 4 esittää esimerkkejä sairaalakaasujärjestelmissä tyypillisesti esiintyvistä, rekisteröitävistä painelaitteista rekisteröintirajoineen.

***Taulukko 4. Rekisteröitäviä painelaitteita. (KTMp 953/1999)***

| **Painelaite** | **Rekisteröitävä kun…** |
|---|---|
| Painesäiliö, sisältönä vaarallinen (ryhmän 1) kaasu | PS × V > 1000 bar×L |
| Painesäiliö, sisältönä vaaraton (ryhmän 2) kaasu | PS × V > 3000 bar×L |
| Yksinkertainen painesäiliö | PS × V > 3000 bar×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 10 000 bar×L.
- kuljetettava painelaite tai niiden yhdistelmä (esim. pullopaketti), jonka tilavuus on yli 450 L.
- putkisto, jossa ryhmä 1 kaasusisältö ja jonka nimellissuuruus 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. 6.3.3 Happirikastinjärjestelmät) laaditaan perustamissuunnitelma, jonka tarkastuslaitos tarkastaa ja hyväksyy ennen rakennustöiden aloittamista. Täyttölaitoksen käyttöönottotarkastuksen tekee aina tarkastuslaitos. (Tukes 2003.)

### 4.3. 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.

## 5. SAIRAALAKAASUJEN KULUTUKSEN MÄÄRITTELY

### 5.1. Kaasupisteiden määrä ja sijainti

Kaasupisteiden määrän ja sijainnin määrittelevät aina tilojen käyttäjät. Sairaalakohteissa 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 selvitä 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 toimii 5 bar paineilma.

Jokainen huonetila, jossa on lääkkeellisen dityppioksidin kaasunottoventtiili, varustetaan poistoilmakanavaan johdettavalla ylimääräkaasujen poistoventtiilillä tai kohdepoistojärjestelmän poistopisteellä (TalotekniikkaRYL 2002). Poistoilmakanavaan johdettavan ylimääräkaasujen poistoventtiilin tarkoituksenmukainen toiminta edellyttää käyttövoimakseen 5 bar paineista paineilmaa. Sen voi toteuttaa omana lääkintäteknisen paineilman verkostonaan, alennetun paineen haarana instrumentti-ilman verkostosta tai vaihtoehtoisesti haaroittaa hengitysilmaverkostosta. Haaroitettaessa lääkkeellisestä tai instrumentti-ilmasta, kytkentäputki tulee varustaa yksisuuntaventtiilillä. Sairaalan osastoilla, kuten teho- ja leikkausosastoilla, missä kaasunpoistopisteitä on runsaasti ja paineilman kulutus runsasta, on syytä välttää hengityspaineilman käyttöä kaasunpoiston käyttövoimana. Lääkintäteknistä 5 bar paineilmaa käyttää myös kattokeskusten paineilmajarrut ja näissä on järkevää käyttää samaa järjestelmää.

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 sivuseinästä. 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 kaksiosastoinen ja osastot erottavan väliseinän pitää olla umpinainen (johtokanavat kuuluvat sähköurakkaan, tieto vaatimuksesta sähkösuunnittelijalle sopivan johtokanavatyypin määrittelemiseksi).
- kaasuputkien asennusosan pitää olla tuulettuva.

## 5.2. 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 instrumenttiilman sallittuja käyttökohteita, mutta suunnittelijan on aina hyvä varmistaa sairaalan johdon kanta kaasujen käytöstä muuhun kuin potilashoitoon.

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

- kolonnien tai anesteettipoistojärjestelmien käyttöön
- hoitohenkilökunnan hengitysilmaksi
- 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 tarkasteltava 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 potilashoitoon 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.

## 5.3. 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 osastokohtaisia esimerkkejä yksittäisen kaasupisteen mitoitusvirtauksesta ja tyypillisesti tarvittavasta virtauksesta. Taulukon 5 arvoja voidaan käyttää lähtökohtana määritettäessä vaadittavia virtausalueita.

Mitoitusvirtaama lasketaan osastokohtaisesti. Osastokohtaisen mitoitusvirtaaman laskenta perustuu potilaspaikkojen lukumäärään ja oletettavaan 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 kaasuverkostoon liitettävien laitteiden paine- ja virtausvaatimukset. Taulukossa 6 on esitetty hengityskoneiden tyypillisiä paine- ja virtausvaatimuksia käyttökaasuna toimivalle lääkkeelliselle ilmalle (HTM 02-01:2006).

***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 |

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

***Taulukko 6. Hengityskoneiden tyypillisiä paine- ja virtausvaatimuksia.***

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

*) Nebulisaattorit ovat paineilmalla toimivia lääkeannostelijoita

Taulukossa 7 on esitetty kirurgisten välineiden tyypillisiä paine- ja virtausvaatimuksia käyttökaasuna toimivalle instrumenttiilmalle (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 |
| Kallopora | 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.

## 5.4. Vuosikulutuksen arvioiminen

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

***Taulukko 8. Kaasulähteen valinnan ohjearvoja (Oy AGA Ab 1993)***

| | |
|---|---|
| **KÄYTETÄÄN KAASUPULLOJA, kun** | |
| − ilmakaasun kulutus on | < 3 000 Nm³/a |
| − hiilidioksidin kulutus on | < 9 000 kg/a |
| **KÄYTETÄÄN KAASUPULLOPAKETTEJA, kun** | |
| − ilmakaasun kulutus on | 3 000…10 000 Nm³/a |
| − hiilidioksidin kulutus on | 9 000…20 000 kg/a |
| **KÄYTETÄÄN SIIRRETTÄVIÄ TAI KIINTEITÄ NESTEMÄISEN KAASUN SÄILIÖITÄ, kun** | |
| − ilmakaasun kulutus on | > 10 000 Nm³/a |
| − hiilidioksidin kulutus on | > 20 000 kg/a |

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

Lääkkeellisiä kaasuja valmistavat ja myyvät yritykset ovat kykeneviä arvioimaan erikokoisten ja -tyyppisten terveydenhuollon yksiköiden kaasunkulutusta.

## 5.5. Kaasupullojen sisällön riittävyyden ja nestemäisen hapen laskentakaavat

### 5.5.1. Kaasupullojen sisällön riittävyys

Kaasupullojen ja pullopakettien kesto voidaan laskea, kun tiedossa on

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

Eri kaasujen mitoitusvirtaukset ja tyypilliset virtaukset on esitelty taulukossa 5. Näitä virtauslukemia voidaan käyttää lähtötietoina laskettaessa kaasupullon kaasun riittävyyttä. Kaavalla 1 voidaan laskea kaasupullon kaasun riittävyys. Kaavassa kaasupullon paineesta vähennetään verkoston painetaso, esimerkiksi 4,5 bar. Kaasupullon paineen laskiessa alle 4,5 bar:n, ei siitä enää voida syöttää kaasua verkostoon, koska verkoston paine on tällöin sama kuin kaasupullon paine.

$$t = \frac{V \cdot (p - 4{,}5)}{q_v \cdot 60} \qquad (1)$$

jossa
$t$ = kaasun riittävyys tunneissa, h
$V$ = kaasupullon tilavuus litroissa, l
$p$ = kaasupullon paine, bar
$q_v$ = kaasupullosta annosteltava virtaama, l/min

Kaasupulloja on saatavana eri paineisina 50–200 bar:n väliltä 50 bar:n välein. Kaasusta riippuen, ne ovat joko kaasu- tai nestefaasissa. Ilokaasu ja hiilidioksidi ovat niin sanottuja kondenssikaasuja, eli täydessä kaasupullossa ne ovat aina nestefaasissa. Kun kondenssikaasuja annostellaan kaasupullosta verkostoon, ne muuttuvat kaasumaiseen olomuotoon. Ilokaasu- ja hiilidioksidikaasupullojen paineiden suhteen tulee ottaa huomioon, että kaasupullon painemittari näyttää niin pitkään samaa painetta, kun nestemäistä kaasua on jäljellä, jolloin ilokaasupullon paine on 51 bar ja hiilidioksidikaasupullon paine 54 bar. Kaiken nestemäisen kaasun höyrystyttyä, kaasupullon paine laskee hyvin nopeasti. Nestemäisessä olomuodossa olevien kaasupullojen kaasun tarkka määrä selviää siis punnitsemalla kaasupullo. Tyhjän kaasupullon paino tulisi olla merkittynä kaasupullon kylkeen, jolloin voidaan saada selville kaasupullon sisältönä olevan kaasun paino. Ilokaasun ja hiilidioksidin kaasupulloissa olevan kaasun määrä saadaan selville kaavojen 2 ja 3 avulla:

$$V_{ilokaasu} = (\text{kaasupullon paino} - \text{tyhjä kaasupullo}) \times 540 \qquad (2)$$

$$V_{hiilidioksidi} = (\text{kaasupullon paino} - \text{tyhjä kaasupullo}) \times 520 \qquad (3)$$

joissa
$V$ = kaasun määrä litroissa, l

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

### 5.5.2. Nestemäisen hapen laskentakaavoja

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

- Nestemäisen hapen tiheys
  $\rho_{nestehappi}$ = 1140 kg/m³, kun $T \leq -183$ °C
- Nestemäisen ja kaasumaisen hapen tilavuussuhde = 1:850
- Nestemäisen hapen kulutusmäärä kilogrammoissa.

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

$$V_1 = \frac{m}{\rho} \qquad (4)$$

jossa
$V_1$ = nestemäisen hapen kulutus vuodessa, m³/a
$m$ = nestemäisen hapen kulutus vuodessa, kg/a
$\rho$ = nestemäisen hapen tiheys, kg/m³

$$V_2 = 850 \cdot V_1 \quad (5)$$

jossa
$V_1$ = nestemäisen hapen kulutus vuodessa, m³/a
$V_2$ = kaasumaisen hapen kulutus vuodessa, m³/a

$$q_v = \frac{1000 \cdot V_2}{525600} \quad (6)$$

jossa
$q_v$ = kaasumaisen hapen keskikulutusvirtaama, l/min
$V_2$ = kaasumaisen hapen kulutus vuodessa, m³/a
525600 = minuutit vuodessa, min

## 6. 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 nimellisjakelupaineella 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.

### 6.1. 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 kaasunottopisteiden 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 paikaan, 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.)

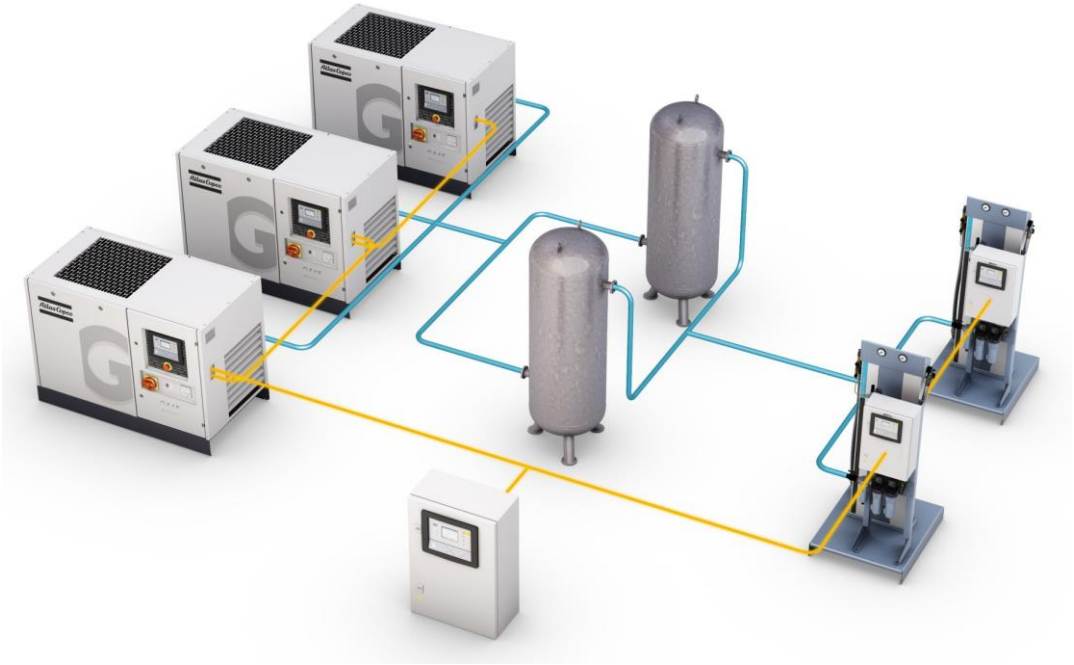
### 6.1.1. Ilmakompressorijärjestelmät

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

Ilmakompressorijärjestelmän kosteuden poistoon, putkimateriaaliin ja putkiston asennustapaan tulee kiinnittää erityistä huomiota. Ennen puhdistusyksikköä oleva putkisto on suositeltavaa tehdä haponkestävästä teräksestä. Tämä putkisto-osuus on myös suositeltavaa pyrkiä rakentamaan laskevaksi säiliölle päin, jolla varmistetaan putkistossa olevan paineilman kosteuden poistuminen säiliön kautta. Tehokkain ratkaisu on kuitenkin varustaa kompressori sisäänrakennetulla ilman jäähdytyskuivaimella, jolloin putkistoon ja paineentasaussäiliöön päätyvä ilma sisältää lähtökohtaisesti jo huomattavasti vähemmän kosteutta, ja se säästää energiaa adsorptiokuivauksessa, eikä muita erikoisratkaisuja välttämättä tarvita.

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

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 käsiteltyjä sairaalakaasuja koskevat.



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

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].

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

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 pelkistä kompressorijärjestelmistä koostuvassa syöttöjärjestelmässä ensisijaisen-, toissijaisen- ja varasyöttölähteen määrittely onkin lähinnä nimellistä.

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

***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 | ≤ 67 ppm (Eur.Ph.) (ADP −46 °C / PDP −31 °C) | ≤ 67 ppm (SFS) (ADP −46 °C / PDP −27 °C) |
| Öljy (2) | ≤ 0,1 mg/m³ (Eur.Ph.) | ≤ 0,1 mg/m³ (SFS) |
| Hiilimonoksidi CO | ≤ 5 ppm (Eur.Ph.) | – |
| Hiilidioksidi $CO_2$ | ≤ 500 ppm (Eur.Ph.) | – |
| Typen oksidit NO + $NO_2$ | ≤ 2 ppm (Eur.Ph.) | – |
| Rikkidioksidi $SO_2$ | ≤ 1 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 voimassa olevan standardin ISO 8573-1:2010 luokka 1.
2. Kokonaisöljypitoisuus mitattuna ilmanpaineessa, öljyä voi esiintyä nesteenä, 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)

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

| ISO 8573-1:2010 LUOKKA | Kiinteät hiukkaset<br>Hiukkasten maksimimäärä / m³ | | | Vesi<br>Paineenalainen kastepiste | Öljy<br>Kokonaisöljy mg/m³ |
|---|---|---|---|---|---|
| | 0,1 – 0,5 µm | 0,5 – 1 µm | 1 – 5 µm | | |
| **1** | ≤ 20 000 | ≤ 400 | ≤ 10 | ≤ −70 °C | 0,01 |
| **2** | ≤ 400 000 | ≤ 6 000 | ≤ 100 | ≤ −40 °C | 0,1 |
| **3** | – | – | ≤ 1 000 | ≤ −20 °C | 1 |
| **4** | – | – | ≤ 10 000 | ≤ +3 °C | 5 |

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. Säiliöt varustetaan automaattisella lauhteenpoistimella, tyhjennysventtiilillä, varoventtiilillä, tarkastusaukolla ja painemittarilla/-anturilla. Tulo- ja lähtöyhteisiin asennetaan lisäksi sulkuventtiilit.

Varasto-/puhdasilmasäiliöt 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 $CO_2$:n tasoa
- **aktiivihiili-/katalyyttipuhdistin** poistaa kaasumaiset epäpuhtaudet ja muuttaa hiilimonoksidin (CO) hapettamalla hiilidioksidiksi ($CO_2$)
- **pölysuodatin** poistaa adsorptiokuivaimesta ja aktiivihiili-/katalyyttipuhdistimesta mahdollisesti irronneet pienet hiukkaset

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

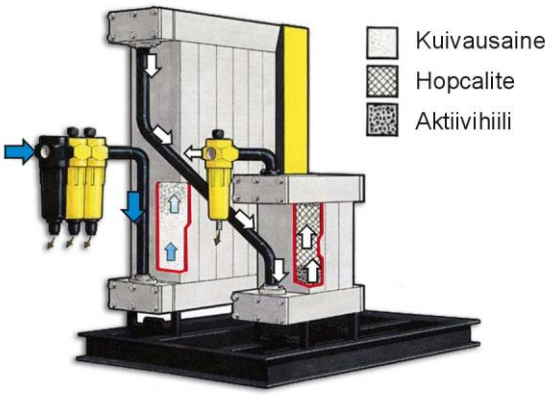
***Taulukko 11. Standardin ISO 8573-1:2010 mukaiset laatuvaatimukset.***

| Lääkkeellinen ilma | Instrumentti-ilma |
|---|---|
| ISO 8573-1:2010 [1:2:2]<br>– [CO ≤ 5 mg/kg];<br>– [$CO_2$ ≤ 500 mg/kg];<br>– [$SO_2$ ≤ 1 mg/kg];<br>– [NO+$NO_2$ ≤ 2 mg/kg] | ISO 8573-1:2010 [1:2:2]<br>tai *<br>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).

Jos lääkkeellisen ilman tai instrumentti-ilman syöttöjärjestelmä sisältää kaksi tai useampia kompressoriyksiköitä, se on varustettava vähintään kahdella puhdistusyksiköllä. Puhdistusyksiköt mitoitetaan 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.




***Kuva 2. Lääkkeellisen ilman puhdistusyksikkö.*** *(Sarlin Oy Ab 2013)*

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 ylilämmönpoiston ja kompressoriyksiköiden nestejäähdytyksen, jos sellaista on käytetty, hyödyntämistä muiden tilojen lämmittämiseen tai muuhun energiansäästöä edistävään toimintaan tulee tarkastella tapauskohtaisesti.

### 6.1.2. Nestesäiliöasemat

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

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.

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

Nestesäiliöaseman kapasiteetti mitoitetaan sairaalakaasun kulutuksen mukaan siten, että säiliön täyttöväli on 1 – 4 viikkoa.



***Kuva 3. Nestesäiliöasema.*** *(Tukes 2003)*

### 6.1.3. Happirikastinjärjestelmät

Suomessa happirikastinjärjestelmien käyttö lääkkeellisen hapen tuotantoon terveydenhuollon toimintayksiköissä on ollut mahdollista vuoden 2013 alusta, joten tämän suunnitteluohjeen laadintahetkellä käyttökokemuksia toteutetuista järjestelmistä ei ollut käytettävissä.

Terveydenhuollon laitteita ja tarvikkeita koskevan riskienhallinnan kannalta suurin happirikastinjärjestelmien käytöllä saavutettava etu on riippumattomuus kaasutehtaiden kaasutoimituksista. Odotettavissa onkin, että happirikastinjärjestelmien käyttö lääkkeellisen hapen tuotan-

toon, 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.

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 instrumenttiilma, 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 happianalysaattorilla jatkuvaa happipitoisuusmittausta varten. Happianalysaattorin tulee sisältää alhaisen pitoisuuden hälytys ja happigeneraattorin ohjausjärjestelmän tulee sammuttaa syöttölähde, mikäli happipitoisuus ei täytä sille asetettuja vaatimuksia. (ISO 10083:2006.)



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

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 >1 000 bar×L.

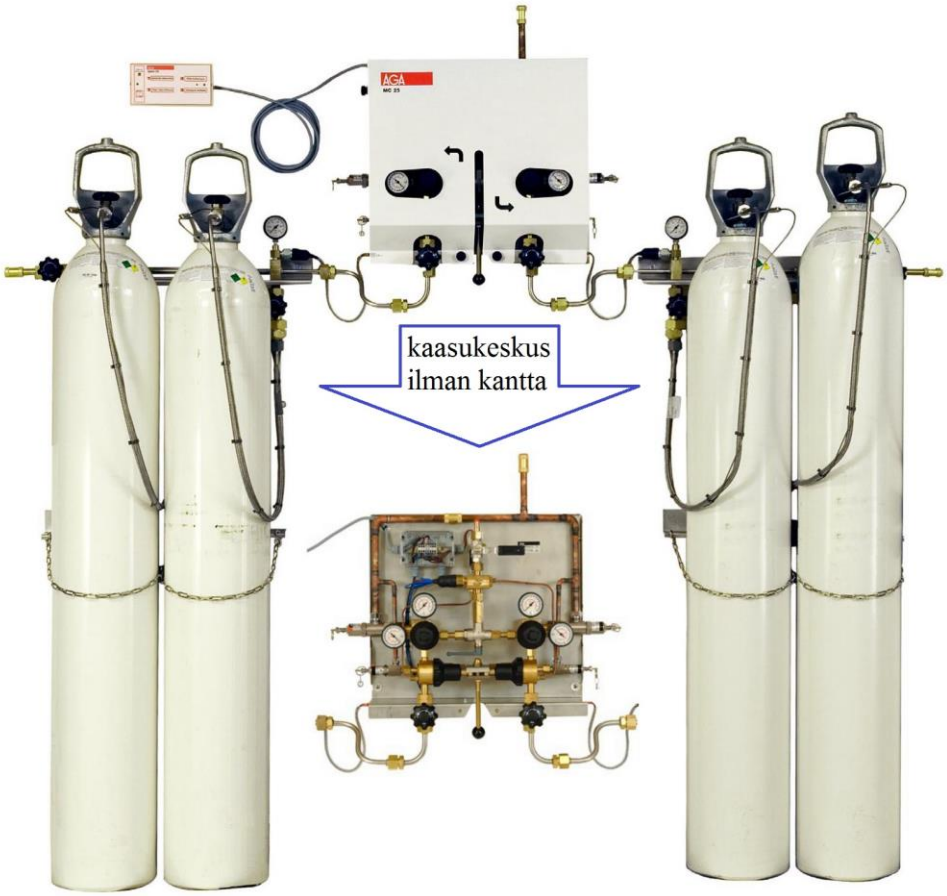
Happiverkoston verkostopaineensäätiminä käytetään yleensä vakauttamissäätimiä. Sulkuventtiilillä varustettu näytteenottopiste sijoitetaan putkistoon syöttöjärjestelmän pääsulkuventtiilin jälkeen.

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

### 6.1.4. 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.

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




***Kuva 5. Kaksipuolinen kaasukeskus automaattisella puolenvaihtajalla, integroidulla vakauttamissäätimellä ja hälytysyksiköllä.*** *(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.



***Kuva 6. Yksipuolinen kaasukeskus.***
*(Linde Healthcare 2011)*

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.

## 6.2. Ohjaus-, seuranta- ja hälytysjärjestelmät

Ohjausjärjestelmät ohjaavat syöttöjärjestelmiin liittyvien laitteiden (kompressorit, 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. Toimintahälytyssignaalit 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 hätähälytyssignaalit on tarkoitettu ilmoittamaan, kun putkistopaine myötävirtaan pääsulkuventtiilistä poikkeaa enemmän kuin ±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 ±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.

## 6.3. 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).

### 6.3.1. Kompressorihuone

Kompressorihuone sijoitetaan yleensä ulkoseinän lähelle keskeisesti kulutukseen nähden. 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. Rekisteröitävien 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).

### 6.3.2. 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, ilmakanavia, savukanavia eikä lattiakaivoja. Kaasukeskushuoneeseen ei saa sijoittaa muuta kuin kaasukeskuksen toiminnan edellyttämiä kaasupulloja ja tarvikkeita. Keskushuoneen ilmakanavaa ei saa liittää muiden tilojen poistoilmakanaviin. (TalotekniikkaRYL 2002.)

### 6.3.3. 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. Luku 6.3.1) tilaan.

Happigeneraattorit ja hapen varastosäiliöt tulisi sijoittaa kaasukeskushuoneen vaatimukset täyttävään (ks. Luku 6.3.2) 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.

#### 6.3.4. 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.)

## 7. 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 asiaankuuluvat paineenalaiset osat (KTMp 938/1999, 3 § 3).

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

### 7.1. Putkistojen luokitus

Putkiston nimellissuuruus, suurin sallittu käyttöpaine ja sisältö määrittävät mihin painelaitesäädösten mukaiseen putkistoluokkaan se kuuluu. Jokainen putkisto on tarkasteltava 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 määräaikaistarkastuksen yhteydessä, jos putkistossa on ryhmän 1 sisältö (Tukes 2007b).

### 7.2. Kaasuputkiston materiaalit ja komponentit

Lukuun ottamatta matalapaineisia letkustoja ja matalapaineisia taipuisia liitäntöjä paineistetuissa sairaalakaasuputkistoissa on käytettävä metallisia materiaaleja ja putkistoliitosten on oltava kovajuotettuja tai hitsattuja. Juotosliitoksissa on käytettävä kapillaariosia. 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 kompressoriyksikön 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 instrumenttiilmapiste) lattiarakenteeseen sijoitettavat kytkentäjohdot suositellaan toteutettavaksi suojaputkeen asennetulla, 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 osien (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.)

## 7.3. Kaasunjakelulaitteet

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

### 7.3.1. 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 paineensäätimen 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 paineenvalvonta- tai hälytysyksikköön, josta signaalit siirretään toimintayksikön kiinteistövalvontajärjestelmään.

### 7.3.2. Painevahti

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



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

Painevahdin ohjaussäädin (ns. orjaventtiili) säätää 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 toimenpideosastot) 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.

Varasyöttöpaikkana toimivan painevahtikomeron tilantarpeen optimointiin vaikuttaa tarvittava varasyöttöaika palveltavalle osastolle, jonka pullomäärä on laskettavissa kappaleen 5.5 kaavoilla. Neljällä varapullolla varustetun komeron optimaalinen koko on pinta-alaltaan 1 200 mm leveä ja 700 mm syvä, ja kuudella pullolla 1 600 × 700 mm. Varakaasupullot tulee kiinnittää komeron seiniin ketjuvarmistuksella.

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

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



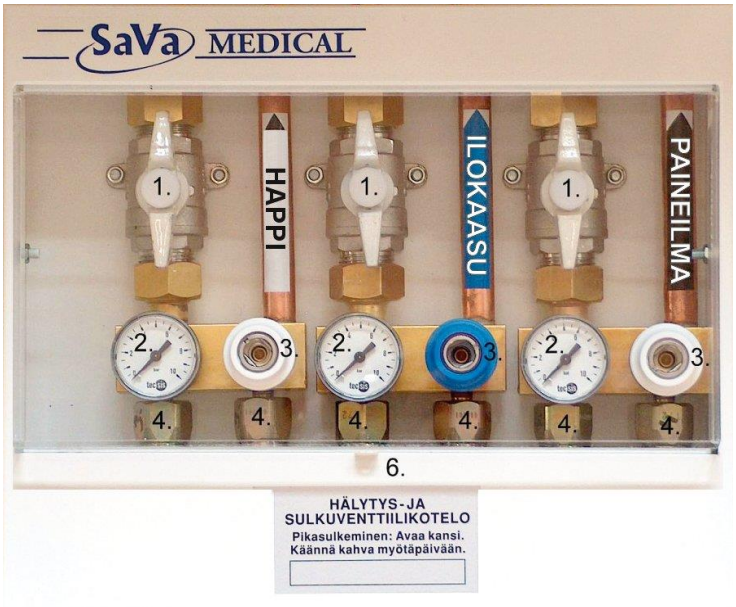

***Kuva 8. Hälytysyksikkö.*** *(Linde Healthcare 2011)*

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

### 7.3.3. 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 painekytkimet (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.

### 7.3.4. 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 liitosyhde.*** *(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. Luku 5.2).

### 7.3.5. Kaasupisteet ja -liittimet

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




***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 poistoventtiilin liitoksessa suositellaan käytettävän 22 mm kupariputkea (min. 15 mm).

## 7.4. 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 määritettävä 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 tuulettuvia 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, painekytkimillä ja huoltosyöttöpisteillä varustettuja, tehdasvalmisteisia pikasulkukoteloita (ks. Luku 7.3.3).

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

## 7.5. Kaasuputkiston jakelupaine

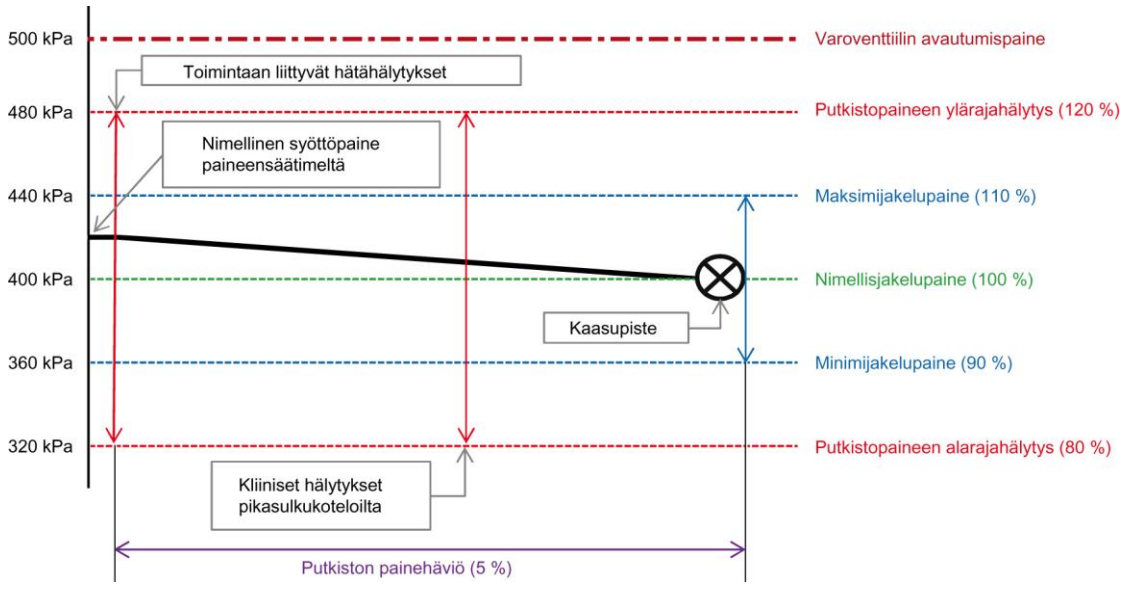
Sairaalakaasujärjestelmän suunnittelija törmää suunnitteluprosessin aikana varsin laajaan valikoimaan erilaisia painetasoja. Kaaviossa 2 on pyritty havainnollistamaan mitä eri painetasoilla kaasuputkistoissa tarkoitetaan, kaavion esimerkki on laadittu 400 kPa:n nimellisjakelupaineen kaasuputkistolle.

Kaasuputkistojen nimellisjakelupaineen on oltava taulukossa 12 ilmoitetun asteikon sisällä. Samassa terveydenhuollon yksikössä kaasulajeja voidaan syöttää eri nimellisjakelupaineella. 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. Nimellisjakelupaineasteikko ja suurin sallittu paine.***

| Kaasu | Nimellis-jakelu-paine [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)




***Kaavio 2. Kaasuputkiston painetasot.***

Paineistettujen sairaalakaasujen (muut kuin instrumentti-ilma) paine kaasunottopisteessä ei saa olla yli 110 % nimellisjakelupaineesta (ks. kaavio 2; maksimijakelupaine), kun järjestelmä toimii nollavirtaamalla. Paine ei saa olla alle 90 % nimellisjakelupaineesta (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. Luku 7.3.2), 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 minimi- ja maksimijakelupaineet.

***Taulukko 13. Suositellut nimellisjakelupaineet.***

| Kaasu | Nimellis-jakelu-paine [kPa]* | Paine kaa-supisteessä min. – max. [kPa]* |
|---|---|---|
| Lääkkeellinen ilma eli hengitysilma | 500 | 450 – 550 |
| Lääkkeellinen happi | 500 | 450 – 550 |
| Lääkkeellinen dityppi-oksidi eli ilokaasu | 400 | 360 – 440 |
| Lääkkeellinen hiili-dioksidi | 400 | 360 – 440 |
| Instrumentti-ilma | 800 | 680 – 920 |

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

## 7.6. Kaasuputkiston rakenne ja sijoitus

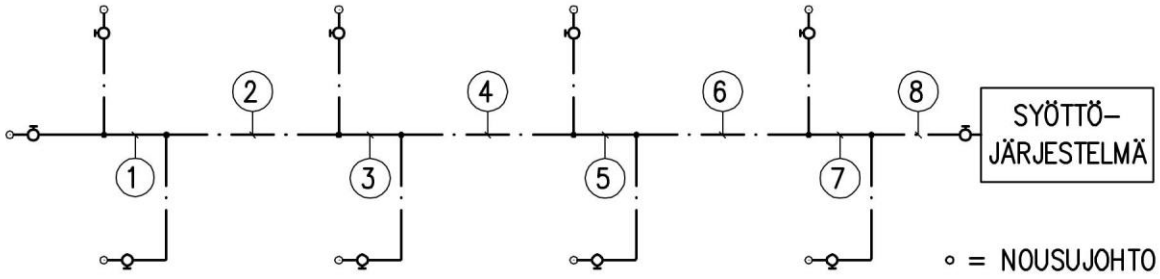
Sairaalakaasuputkistot rakennetaan joko suorina tai rengasverkostoina. Suoria verkostoja (kuva 12) käytetään yleensä pienissä terveydenhuollon yksiköissä, kuten terveyskeskuksissa ja kaupunginsairaaloissa. Suorien verkostojen runko-osuudet (1–8) mitoitetaan jokaiselle osuudelle erikseen laskettavalla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

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.

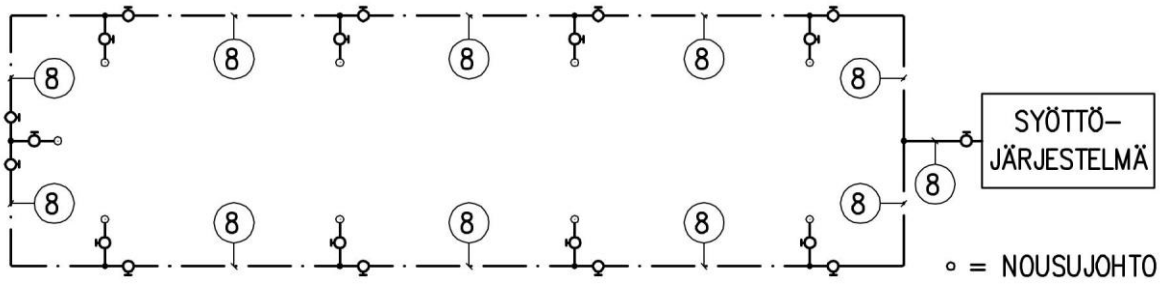
Rengasverkoston käyttö pienentää kulutuksesta aiheutuvia verkoston painevaihteluja ja mahdollistaa isojen jakelualueiden eristämisen verkostosta ilman, että kaasunsyöttö keskeytyy muilla alueilla.

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 sähköjohtojen 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.




*Kuva 12. Suora sairaalakaasuverkosto.*




*Kuva 13. Sairaalakaasun rengasverkosto.*

## 7.7. Kaasuputkiston mitoitus

Sairaalakaasuputkistot mitoitetaan yleensä painehäviön perusteella siten, ettei putkiston painehäviö mitoitusvirtaamalla ylitä 5 %:a nimellisjakelupaineesta laskettuna syöttöjärjestelmän verkostopaineensäätimen ja etäisimmän kaasupisteen ulostuloliittimen välille (ks. Luku 7.5, 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 putkistoosuudelle 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 | Pallo-venttiili | T-haara ⊤ | T-haara ⊥ | 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 putkisto-osuuksien ja kaasunjakelulaitteiden painehäviöt. Kaasuputkiston mitoituksessa voi käyttää apuna liitteen 3 mitoituslomaketta ja liitteen 4 ”pikavalintataulukoita”.

Kaasuputkien mitoitusvirtaaman laskenta perustuu potilaspaikkojen lukumäärään ja oletettavaan 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 mitoitusohjetta.

Lääkkeellisen dityppioksidin ja -hiilidioksidin osalta yhtä potilaspaikkaa palvelevia kaasupisteitä ei yleensä ole kahta enempää. Mikäli potilaspaikalle tarvitaan useampia $N_2O$- tai $CO_2$-kaasupisteitä, voidaan näitä potilaspaikkoja palvelevat kaasuputkistot mitoittaa taulukon 16 kohdan ”Muut osastot” mukaan.

***Taulukko 16. Kaasuputkien mitoitus kaasupisteiden lukumäärän mukaan.***

| Kaasu | Käyttöpaikka | Kaasupisteitä (kpl) | Putkikoko |
|---|---|---|---|
| Hengitysilma<br>Happi | Leikkaussalit ja tehoosastot | 1 – 2<br>3 – 5<br>6 – 8<br>9 – 15 | 10<br>12<br>15<br>18 |
| Hengitysilma<br>Happi | Muut osastot | 1 – 3<br>4 – 7<br>8 – 15 | 10<br>12<br>15 |

**Kaasuputkiston mitoituksessa käytettävät laskentakaavat (Oy AGA Ab 1993)**

Kaasuputken putkikoko putkiosuudelle sallitulla painehäviöllä lasketaan käyttäen kaavaa 7, laskennan jälkeen putkikooksi valitaan seuraavaksi suurempi standardiputkikoko.

$$D = \sqrt[5]{\frac{k \times L \times Q^{1,852}}{\Delta P \times P}} \qquad (7)$$

Putkiosuuden painehäviö lasketaan käyttäen kaavaa 8.

$$\Delta P = \frac{k \times L \times Q^{1,852}}{D^5 \times P} \qquad (8)$$

Kaasuputken kuljettama kaasumäärä putkiosuudelle sallitulla painehäviöllä lasketaan käyttäen kaavaa 9.

$$Q = \sqrt[1,852]{\frac{\Delta P \times P \times D^5}{k \times L}} \qquad (9)$$

Kaavoissa 7-9:
$D$ = putken sisämitta, mm
$k$ = kaasukohtainen kerroin
$L$ = putkiosuuden ekvivalenttinen pituus, m
$Q$ = mitoitusvirtaama, m³/h
$\Delta P$ = putkiosuuden painehäviö, bar
$P$ = putkiston nimellisjakelupaine (abs.), bar

Kaavoissa 7-9 tarvittava kaasukohtainen kerroin $k$ lasketaan käyttäen kaavaa 10.

$$k = 45 \times s \times \frac{M \times T}{M_i \times T_0} \quad (10)$$

jossa
$s$ = putkimateriaalin pintakerroin (Cu = 0,68)
$M$ = kaasun molekyylimassa, u ($O_2$ = 32 u; $N_2O$ & $CO_2$ = 44 u)
$T$ = lämpötila, K (yleensä 293,15 K = 20 °C)
$M_i$ = kuivan ilman molekyylimassa, 28,964 u
$T_0$ = lämpötila (NTP), 273,15 K (0 °C)

Kaasun virtausnopeus putkessa lasketaan käyttäen kaavaa 11.

$$V = \frac{1000 \times Q}{0{,}9 \times D^2 \times \pi \times P} \quad (11)$$

jossa
$V$ = kaasun virtausnopeus, m/s
$Q$ = kaasumäärä, m³/h
$D$ = putken sisämitta, mm
$P$ = putkiston nimellisjakelupaine (abs.), bar

# 8. KOHDEPOISTOJÄRJESTELMÄT

Tässä oppaassa 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 heräämöihin, mutta järjestelmiä voidaan asentaa myös muiden kohdepoistoja tarvitsevien osastojen käyttöön.

## 8.1. 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 tuleekin näissä tapauksissa selvittää tehdasvalmiin kokoonpanon toimitusraja ja määritellä urakka-asiakirjoissa sen liittäminen kohdepoistoverkostoon.

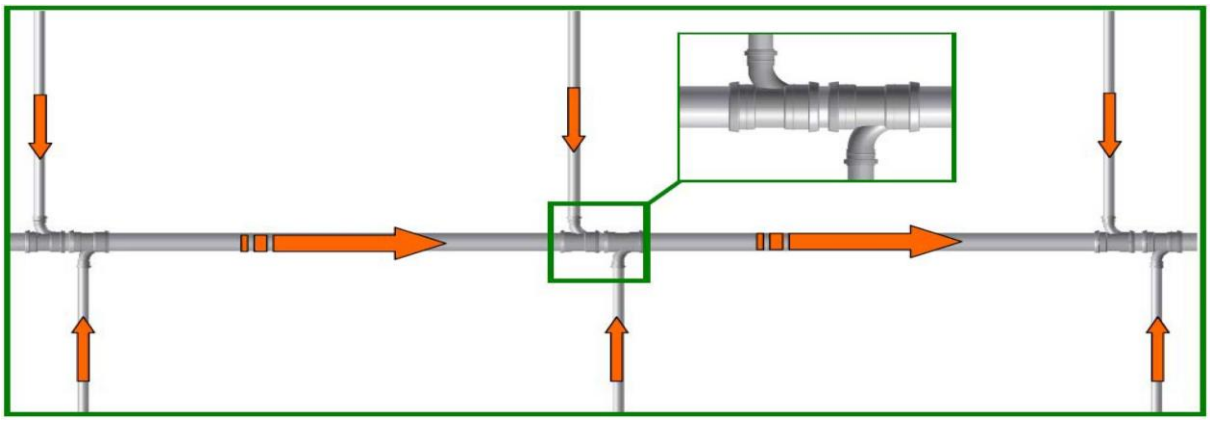
Kohdepoistojärjestelmän poistopisteellä voidaan korvata poistoilmakanavaan johdettava ylimääräkaasujen poistoventtiili huonetiloissa, jossa on lääkkeellisen dityppioksidin kaasunottoventtiili.

## 8.2. Putkistomateriaalit ja komponentit

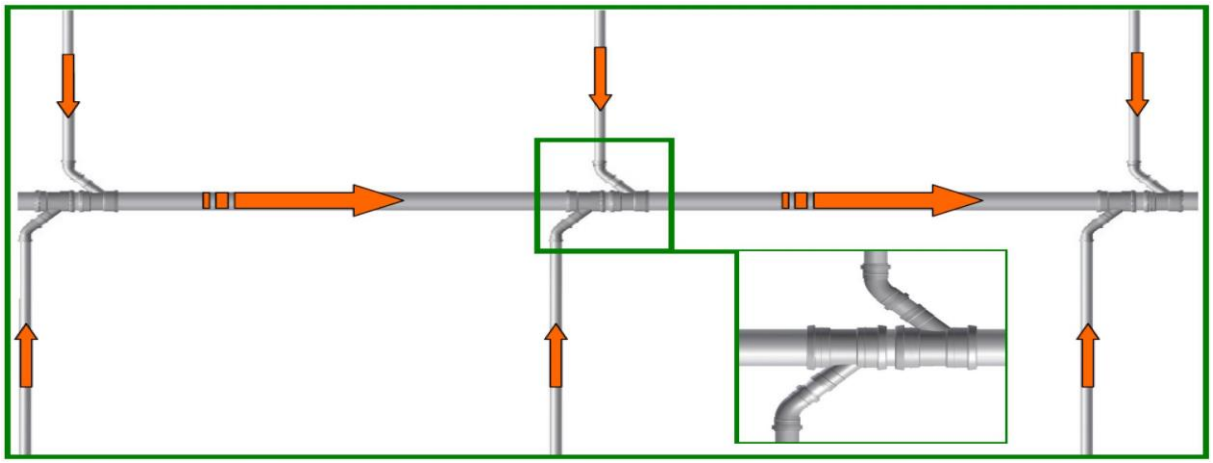
Kohdepoistojärjestelmien putkimateriaalina käytetään PE-, PP-, PVC-U- tai ABS-muoviputkea liimaus- tai hitsausliitoksin (Sa-Va 2013d). Kohdepoistojärjestelmän putkistoissa käytetään yleensä muhvillisia, liimattavia liitososia. Muoviputkien osastoivien rakenteiden läpiviennit tulee varustaa palomanseteilla.

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.

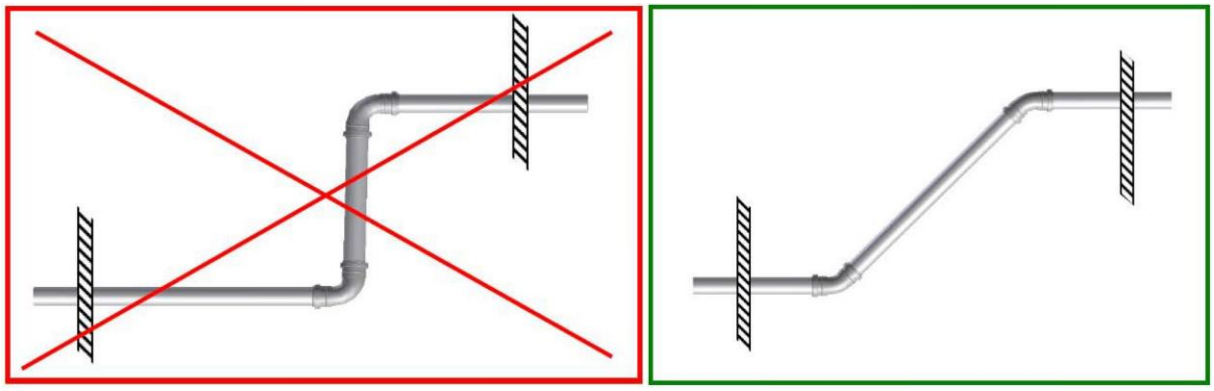
Kohdepoistoputkistojen suunnanmuutoksissa käytetään mieluummin 45-asteisia kulmia kuin 90-asteisia käyriä (kuvat 16 ja 17), jyrkkiä 90-asteisia kulmia ei käytetä.



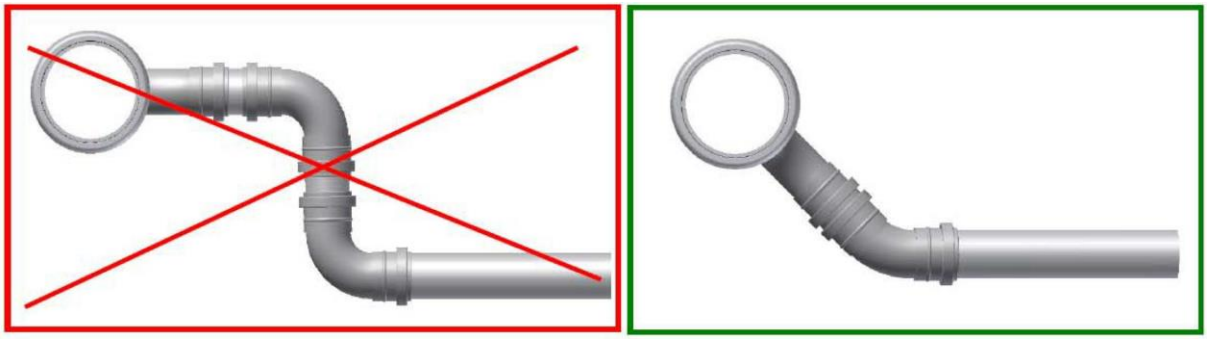
***Kuva 14. Putkiston haaroitus pyöristetyillä T-haaroilla.*** *(Sa-Va 2013d)*



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



***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 kytketään 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.

Kalvoventtiilit sijoitetaan yleensä alaslaskuun palvelemansa 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.



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

Moottorisäätöisten kalvoventtiilien virtausta säädetään kaasunpoistopisteen kanssa samaan tilaan sijoitettavalla ohjauspaneelilla (kuva 20). Ohjauspaneeli on joko 3-nopeuksinen tai portaaton poistopisteen käyttötarkoituksesta riippuen. Ohjauspaneelien 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** | **Kalvo-venttiili** | **Ohjaus-paneeli** | **Virtaus [l/min]** |
|---|---|---|---|
| − Heräämö<br>− Synnytysosasto | Manuaali | – | 275 |
| − Leikkaussali, anestesia<br>− Muut tilat, joissa ilokaasua käytetään nukutustarkoituksessa | Moottori | 3-nopeuksinen | 0/450/585 |
| − Leikkaussali, kirurgia<br>− Muut tilat, joissa savukaasujen- tai pölynpoistoa | Moottori | Portaaton | 0…585 |

## 8.3. 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.

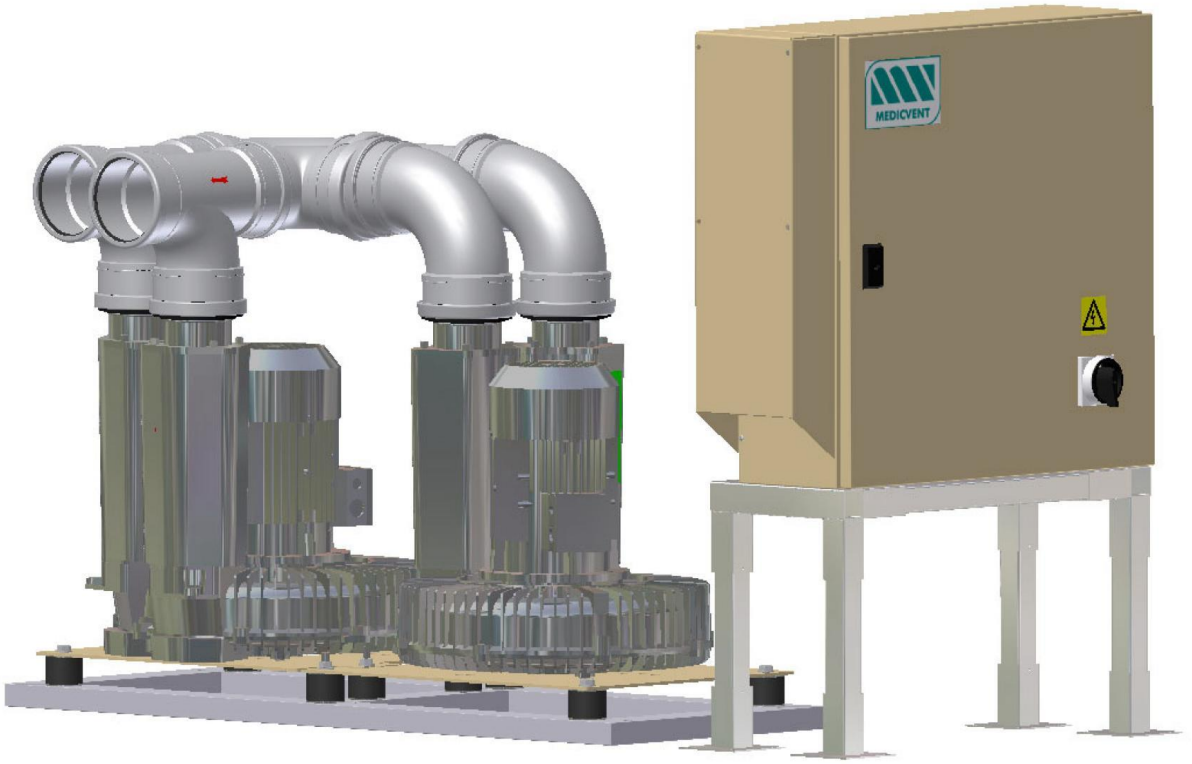
Medicvent-kohdepoistojärjestelmän puhallinmoottorit toimitetaan tehdasvalmisteiselle, tärinävaimennetulle alustalle asennettuna ja ne ovat valmiiksi putkitettuja verkostoon liittämistä varten. Ohjauskeskus toimitetaan jalustalle asennetussa säätölaitekaapissa. (Sa-Va 2013d.)

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.

Puhallinyksiköiden ulospuhallusilma johdetaan rakennuksen ulkopuolelle. Ulospuhallusputkistona käytetään yleensä normaalia 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.




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

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

| Puhallin-yksikkö | Ilmavirtaus [m³/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 |

### 8.4. 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 maksimiilmavirtauksia ja pituusrajoituksia imuputkistoissa tyypillisestä käytetyille muoviputkille (Sa-Va 2013d).

***Taulukko 19. Muoviputkien maksimivirtauksia ja pituusrajoituksia.***

| Putkikoko | Max. ilmavirtaus* [m³/h] | Max. ilmavirtaus* [l/min] | Max. pituus [m] |
|---|---|---|---|
| Ø40 mm | 37 | 620 | 15 – 20 |
| Ø50 mm | 60 | 1 000 | 15 – 20 |
| Ø63 mm | 100 | 1 670 | 15 – 20 |
| Ø75 mm | 140 | 2 350 | 15 – 20 |
| Ø90 mm | 200 | 3 350 | 30 – 40 |
| Ø110 mm | 300 | 5 000 | 30 – 40 |
| Ø125 mm | 390 | 6 500 | 50 |

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

## 9. 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 hyväksytyn tarkastuslaitoksen tarkastettavaksi hyvissä ajoin ennen rakennustöiden aloittamista.

### 9.1. 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

### 9.2. Laiteluettelo

Sairaalakaasujen syöttöjärjestelmiin ja kohdepoistojärjestelmiin sisältyvien laitteiden olennaiset mitoitustiedot kootaan yleensä erilliseen laite-

luetteloon. 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. Luku 9.3) laadintaa hälytysjärjestelmien osalta.

## 9.3. 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.

## 9.4. 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 seinäprojektio 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 seinäprojektioita ja kalustekaavioita, joita kannattaa hyödyntää asennusdetaljien ja otsapintaprojektioiden piirtopohjina.

# II. SAIRAALAKAASUJÄRJESTELMIEN ASENNUS

## 10. 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.)

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

- **Ensisijainen syöttölähde** on pysyvästi liitetty ja sen on oltava sairaalakaasuputkiston pääsyöttölähde. Ensisijaisena syöttölähteenä voi toimia esim. nestehappisäiliö, happigeneraattori, ilmakompressori tai kaasukeskus, johon on kytketty kaasupullot.

- **Toissijainen syöttölähde** on pysyvästi liitetty ja sen tulee automaattisesti syöttää putkistoa, jos ensisijainen syöttölähde ei ole toimintakunnossa. Toissijaisena syöttölähteenä voi toimia esim. nestehappisäiliö, happigeneraattori, ilmakompressori tai kaasukeskus, johon on kytketty kaasupullot.

- **Varasyöttölähde** on pysyvästi liitetty ja sen tulee aktivoitua joko automaattisesti tai manuaalisesti, jos sekä ensisijainen että toissijainen syöttölähde ovat toimintakunnottomia tai niitä huolletaan. Varasyöttölähteenä toimii yleensä ilmakompressori tai kaasukeskus, johon on kytketty kaasupullot. Happigeneraattori voi toimia nestehappisäiliön varasyöttölähteenä. Varasyöttölähteen pitää kattaa koko putkistojärjestelmä.

### 10.1. Kaasukeskukset

Automaattisella puolenvaihtajalla varustettu kaasukeskus voi toimia sekä ensisijaisena, että toissijaisena syöttölähteenä. Tällöin kaasukeskuksen sekä käyttö- että varapuolelle on kytketty kaasupullot tai pullopaketit. Kaasukeskus vaihtaa automaattisesti täyden puolen kaasupullot käyttöön, kun toisen puolen kaasupullot ovat tyhjentyneet. Molemmille pulloryhmille pitää olla omat paineensäätimet ja paineensäätimien jälkeen on oltava varoventtiilit. Varoventtiilien pitää tyhjentyä rakennuksen ulkopuolelle. Laitteisto pitää pystyä huoltamaan kaasunsyötön keskeytymättä.

Jos varsinaisena syöttölähteenä toimii automaattisella puolenvaihtajalla oleva kaasukeskus, voi varasyöttölähteenä olla esim. yksipuolinen kaasukeskus (Simplex). Varakeskus kytketään tällöin syöttämään samaa putkistoa varsinaisen syöttölähteen jälkeen.

Kaasupullojen ja ensimmäisen paineensäätimen välissä täytyy olla suodatin, jonka hiukkaskoko on korkeintaan 100 µm.

Kaasupullojen ja kaasukeskuksen välisten korkeapaineletkujen on oltava ruostumattomasta teräksestä valmistettuja metallipaljeletkuja. Epämetallisia (polymeeripäällysteisiä tai kumivahvisteisia) letkuja ei saa käyttää.

Kaasukeskukseen kytketyt pullot on kiinnitettävä paikalleen kaatumisen estämiseksi.

Pullojen kiinnityksen voi toteuttaa esim. seinässä kiinni olevaan pullopalkkiin, johon kaasupullot kiinnitetään ketjulla.

### 10.2. Seuranta- ja hälytysjärjestelmät

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. Toimintahälytyksissä tulee olla vähintään optinen signaali.

- **Toimintaan liittyvät hätähälytykset** ilmoittavat epänormaalista paineesta putkistossa, mikä saattaa vaatia tekniseltä henkilökunnalta pikaisia toimia. 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. 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.

Toimintahälytyssignaalit on tarkoitettu ilmoittamaan, kun:

- syöttölähteen paine tai tilavuus on alle minimitason ($N_2O$ ja $CO_2$ pulloissa paine ei välttämättä kerro kaasun määrää)

- kryogeenisen säiliön paine tai tilavuus on alle minimin

- kompressorijärjestelmässä on toimintahäiriö

- kompressorijärjestelmän syöttämän ilman kosteuspitoisuus nousee yli määritellyn tason.

- Happigeneraattorin tuottaman hapen happipitoisuus tai paine laskee alle asetetun hälytysrajan.

Toimintaan liittyvät hätähälytyssignaalit on tarkoitettu ilmoittamaan, kun:

- putkistopaine myötävirtaan pääsulkuventtiilistä poikkeaa enemmän kuin ±20 % nimellisjakelupaineesta.

Kliiniset hälytyssignaalit on tarkoitettu ilmoittamaan, kun:

- putkistopaine myötävirtaan jostakin aluesulkuventtiilistä poikkeaa enemmän kuin ±20 % nimellisjakelupaineesta.

Hälytykset tulevat yleensä ensin kaasujakelulaitteissa oleviin, tai niiden yhteyteen asennettuihin hälytysyksiköihin, joista hälytystiedot välitetään kiinteistövalvontajärjestelmään.

Ilmaisintaulujen sijoituksessa on otettava huomioon, että niitä on voitava tarkkailla keskeytyksettä. Vähintään yhdessä paikassa pitäisi olla ilmaisintaulu, johon tulee kaikki edellä mainitut toimintahälytykset.

Asennettujen painemittareiden ja painelähettimien on ilmaistava jakelupaine ja niiden merkintöjen on ilmaistava seurattava kaasulaji. Paineanturia ei saa olla mahdollista eristää esim. sulkuventtiilillä. Seuranta ja hälytysjärjestelmät on kytkettävä sekä normaaliin, että varasähköjärjestelmään.

## 11. SAIRAALAKAASUJEN JAKELUPUTKISTOT

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 asiaankuuluvat paineenalaiset osat (KTMp 938/1999, 3 § 3).

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

### 11.1. Putkimateriaalit ja asennus

Sairaalakaasuputkistojen materiaalina käytetään tehdasvalmisteista ”Medical”-laadun kupariputkea, joka täyttää materiaalin ja puhtausluokituksen osalta standardin EN 13348 vaatimukset. Vaihtoehtoisesti voidaan käyttää myös ruostumattomasta teräksestä valmistettuja putkistoja, jotka täyttävät standardin EN 13348 vaatimukset puhtauden osalta. Valmistajan on esitettävä todisteet putkistojen materiaalin sopivuuden osalta. Putkistoissa käytettävien putkisto-osien ja laitteiden on täytettävä samat puhtausvaatimukset.

Maanalaisten putkistojen asennuksessa on suositeltavaa käyttää ruostumattomasta teräksestä valmistettuja putkia. Maan alle asennettavat putkistot on asennettava tunnelin tai suojaputken sisään. Tunnelissa tai suojaputkessa pitää olla riittävä viemäröinti, jotta estetään veden keräänty-minen.

Putkiston ja sähköasennusten osalta putket ja sähköjohdot on sijoitettava yli 50 mm etäisyydelle toisistaan tai kuljetettava eri osastoissa. Kouruasennuksissa on suositeltavaa, että kaasuputket ja sähköjohdot kuljetetaan eri osastoissa. Asennettaessa kaasuputkia ja sähköjohtoja kouruihin, on suositeltavaa, että sähköt ovat ylempänä ja kaasut alempana. Kaasuputkistot on kytkettävä maadoitusliittimeen niin lähelle kuin mahdollista kohtaa, jossa putkisto johdetaan sisään rakennukseen. Sähkölaitteen ja kaasunottoventtiilin välinen etäisyys pitää olla vähintään 200 mm.

Putkistoja ei saa asentaa hissikuiluihin.

Putkistojen laajentumis- ja kutistumisvara on otettava huomioon.

Kaikki sairaalakaasuputkistot on reititettävä niin, etteivät ne joudu alttiiksi lämpötilalle, joka on käyttöpaineella korkeintaan 5 °C kaasun kastepisteen yläpuolella.

Medical-kupariputkea voidaan asennuksen aikana taivuttaa putkitaivuttimella. Suositeltavat putkikoot taivutukseen ovat 10 – 18 mm. Suuremmissa kuin 18 mm putkissa on suositeltavaa käyttää valmiita käyriä.

### 11.1.1. Putkistoliitokset

Kaikki putkiliitokset pitää kovajuottaa tai hitsata. Puserrus- ym. liitosten käyttö ei ole sallittua. Juottamisen ja hitsaamisen aikana on putkiston sisällä käytettävä suojakaasua. Kuparia juotettaessa suojakaasuksi käy esim. typpi tai argon. Ruostumatonta terästä hitsattaessa esim. argon.

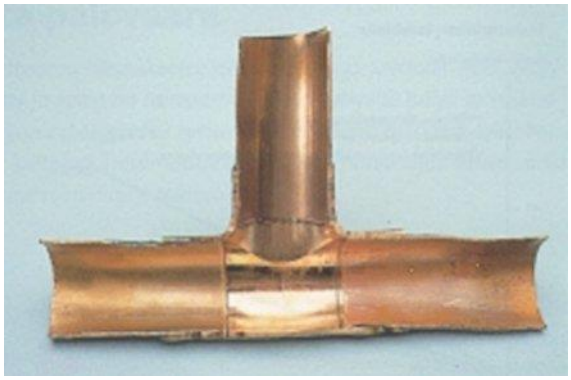
Koko juotettavan tai hitsattavan putkistoosuuden täytyy olla täynnä käytettävää suojakaasua juottamisen tai hitsaamisen aikana. Suojakaasun tarkoituksena on poistaa putkesta ilma tai muu siellä aiemmin ollut kaasu.

Juoteaineina kupariliitoksille suositellaan fosforikuparia ja kupari-messinkiliitoksille hopeaa. Juotteiden kadmiumpitoisuus saa olla maksimissaan 0,025%

Kuvissa 23 ja 24 on esitetty, mikä vaikutus juottamisen aikana käytetyllä suojakaasulla on lopputulokseen.



***Kuva 23. Putkiston sisällä ei ole käytetty suojakaasua.***



***Kuva 24. Putkiston sisällä on käytetty suojakaasua***

### 11.1.2. Putkiston kannakointi

Putkistot on kannakoitava tasaisin välein painumien ja vääristymien estämiseksi, kannakointivälit on esitetty taulukossa 20. Putkistoja ei pidä kannakoida toisista putkista. Kannattimien tulee olla syöpymisen kestävää materiaalia.

***Taulukko 20. Putkien kannakointivälit.***

| Putken ulkohalkaisija [mm] | Kannattimien maksimiväli [m] |
|---|---|
| ≤ 15 | 1,5 |
| 22…28 | 2,0 |
| 35…54 | 2,5 |
| > 54 | 3,0 |

### 11.1.3. Putkiston merkintä ja värikoodit

Putkiston merkinnässä noudatetaan standardeja SFS 3701 ja SFS-EN ISO 7396-1. Putkistot on merkittävä niin, että putkistossa virtaavan kaasun nimi ja symboli ovat näkyvillä ja kirjainkoko on vähintään 6 mm. Merkinnöistä pitää

näkyä kaasun virtaussuunta. Taulukossa 21 on esitetty lääkkeellisten kaasujen perustunnusvärit ja kuvassa 25 esimerkkejä putkiston merkintään käytettävistä tarroista.

***Taulukko 21. Lääkkeellisten kaasujen perustunnusvärit.***

| Virtaava kaasu | Tunnusväri | Tekstin tai nuolen väri |
|---|---|---|
| Lääkkeellinen happi | Valkoinen | Musta |
| Lääkkeellinen ilokaasu | Sininen | Valkoinen |
| Lääkkeellinen ilma | Valkoinen ja musta | Musta ja valkoinen |
| Muut lääkkeelliset kaasut | Ruskeankeltainen | Musta |




***Kuva 25. Putkiston merkintätarroja.***

Kaasun nimi ja symboli pitää olla luettavissa: suoralla putkisto-osuudella alle 10 m välein, sulkuventtiilien vieressä, liitoksissa ja suunnanvaihtokohdissa, ennen seiniä ja väliseiniä sekä niiden jälkeen.

## 11.2. Kaasunjakelulaitteet

Kaasuputkistoihin kytketään erilaisia kaasunjakelulaitteita. Yleisimpiä ovat vakauttamissäätimet, painevahdit, pikasulkukotelot, sulkuventtiilit ja kaasunottoventtiilit. Lisäksi putkistossa voi olla painelähettimiä, painekytkimiä ja virtausmittaukseen tarkoitettuja sensoreita. Kaasunjakelulaitteiden materiaalin pitää täyttää samat puhtaus- ja syöpymisenkestävyysmääräykset kuin kaasuputkistonkin. Kaasunjakelulaitteet pitää olla pakattu ja säilytetty niin, ettei niihin pääse epäpuhtauksia ennen asennusta.

### 11.2.1. Vakauttamissäätimet

Vakauttamissäätimellä säädetään kaasuverkostoon haluttu käyttöpaine ja pidetään paine vakiona. Vakauttamissäädintä voidaan käyttää esim. säätämään kompressorijärjestelmän tuottamaa hengitysilman painetta tai happisäiliöstä tulevan hapen painetta. vakauttamissäätimessä on yleensä kahdet toisistaan riippumattomat säätimet, varoventtiilit, painekytkimet tai -lähettimet ja sulkuventtiilit ennen ja jälkeen paineensäätimen. Vakauttamissäätimessä voi olla myös oma näyttö- ja hälytinyksikkö. Varoventtiileistä pitää lähteä tyhjennysputket rakennuksen ulkopuolelle, jos virtaavana kaasuna on muu kuin ilma.

### 11.2.2. Painevahdit

Painevahti valvoo osastolla olevan kaasun painetta. Painevahdissa on myös orjaventtiili toiminto, jolla kontrolloidaan joko hapen ja ilokaasun tai hengitysilman ja hapen välistä paineeroa. Orjaventtiili pitää kontrolloitavien kaasujen välisen paine-eron vakiona. Painevahdissa on myös sulkuventtiilit ja varasyöttömahdollisuus, jolla voidaan sulkea kaasun virtaus ja kytkeä kaasupulloista varasyöttö syöttämään kaasua osastolle, jota painevahti palvelee.

Painevahdin yhteydessä voi olla näyttö ja hälytysyksikkö, josta selviää painevahdin kautta virtaavien kaasujen paine ja mahdolliset hälytykset. Painevahdin normaali asennuskorkeus on 1500 mm lattiatasosta. Painevahdin yhteydessä tulisi olla varasyöttöpullot paineensäätimineen ja yhdysletkut niiden kytkentää varten. Painevahdin yhteydessä on suositeltavaa olla vaikutusaluekartta, josta selviää painevahdin vaikutusalue.

### 11.2.3. Pikasulkukotelot

Pikasulkukoteloa käytetään osaston tai toimenpidehuoneen kaasujen paineen valvontaan. Pikasulkukotelosta voidaan myös sulkea kaasunsyöttö osastolle ja järjestää varasyöttö kaasupullojen kautta. Pikasulkukotelon yhteydessä voi olla näyttö ja hälytysyksikkö, josta selviää kotelon kautta virtaavien kaasujen paine ja mahdolliset hälytykset. Pikasulkukotelon normaali asennuskorkeus on 1500 mm lattiatasosta. Pikasulkukotelon yhteydessä on suositeltavaa olla vaikutusaluekartta, josta selviää pikasulkukotelon vaikutusalue.

### 11.2.4. Sulkuventtiilit

Kaasuputkiston eri osuuksien eristämiseksi huoltoa, korjausta, suunniteltua laajennusta sekä määräaikaistarkastusta varten putkisto on varustettava sulkuventtiilein. Sulkuventtiilit pitää olla materiaalin ja puhtauden osalta soveltuvia käytettäväksi sairaalakaasuille. Sulkuventtiileihin pitää merkata vaikutusalue ja virtaavan kaasun symboli tai nimi. Sulkuventtiileistä pitää selkeästi havaita ovatko ne auki vai kiinni ja ne pitää pystyä lukitsemaan auki- ja kiinni-asentoihin.

### 11.2.5. Kaasunottoventtiilit

Kaasunottoventtiilien liittimien pitää olla kaasukohtaisia ja täyttää standardin ISO 9170-1 vaatimukset. Kaasunottoventtiilin asennuksessa pitää huomioida, että käyttölaitetta varten oleva ura osoittaa klo 12 asentoon.

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

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

### 11.2.6. Painelähettimet, -kytkimet ja virtaussensorit

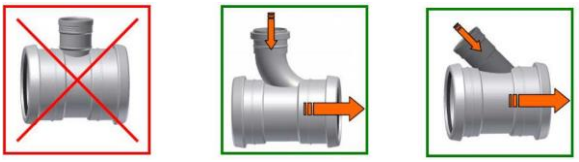
Painelähettimiä, -kytkimiä ja virtaussensoreita voidaan asentaa putkiston eri osa-alueisiin. Näiden asennuksissa voidaan käyttää mekaanisia laippa- tai kierreliitoksia. Asennuksessa pitää huomioida, että komponentit päästään tarvittaessa huoltamaan tai vaihtamaan.

## 12. KOHDEPOISTOJÄRJESTELMÄT

Kohdepoistojärjestelmien asennustyöt tulee suorittaa hyvää asennustapaa ja järjestelmävalmistajan ohjeita noudattaen. Putkistojen kannakointi toteutetaan valitun putkimateriaalin ja TalotekniikkaRYL 2002:n ohjeita noudattaen.

Kohdepoistojärjestelmien putkimateriaalina käytetään yleensä PE-, PP-, PVC-U- tai ABS-muoviputkea liimaus- tai hitsausliitoksin. Putkistojen liimaliitoksissa käytettävällä liimalla tulee olla täyttävä ominaisuus. (Sa-Va 2013d.) Muoviputkien osastoivien rakenteiden läpiviennit tulee varustaa palomanseteilla.

Kohdepoistojärjestelmän putkistoissa käytetään yleensä muhvillisia, liimattavia liitososia. Putkistot asennetaan mahdollisimman suoraviivaisesti, liitososien painehäviön minimoimiseksi putkistojen haaroituksiin käytetään pyöristettyjä tai 45-asteisia T-haaroja (kuva 26) ja Y-haaroja.



***Kuva 26. Kohdepoistoputkiston haaroitusosia.*** *(Sa-Va 2013d)*

Kohdepoistoputkistojen suunnanmuutoksissa käytetään 45-asteisia kulmia ja 90-asteisia käyriä (kuva 27), jyrkkiä 90-asteisia kulmia ei saa käyttää.



***Kuva 27. Kohdepoistoputkiston suunnanmuutososia.*** *(Sa-Va 2013d)*

Kohdepoistojärjestelmiin sisältyvien laitteiden (puhallinyksiköt ja ohjauskeskukset) ja putkistokomponenttien (kalvoventtiilit, äänenvaimentimet ja kaasunpoistopisteet) asennuksessa tulee noudattaa järjestelmävalmistajan ohjeita. Kohdepoistojärjestelmät tarkastetaan ja säädetään valmistajan ohjeita noudattaen ennen käyttöönottoa.

## 13. TESTAUS, KÄYTTÖÖNOTTO JA SERTIFIOINTI

Ennen käyttöönottoa on sairaalakaasujärjestelmä testattava ja jos testitulokset eivät läpäise hyväksymiskriteerejä on testit tehtävä tarpeen mukaan uudestaan. Esimerkkejä sairaalakaasujärjestelmien testauksesta ja käyttöönotosta on esitetty standardin SFS-EN ISO 7396-1 liitteessä C. Sairaalakaasujärjestelmien testaus- ja sertifiointilomakkeita löytyy tämän oppaan liitteestä 7 ja standardin SFS-EN ISO 7396-1 liitteestä D.

## 13.1. Ennen putkiston peittämistä tehtävät tarkastukset

- **Merkintöjen ja putkiston kannakoinnin tarkastus.**
- **Vaatimustenmukaisuuden tarkastaminen.** Järjestelmän on oltava suunnitelmien mukaiset (esim. putkikoot, putkistoon asennetut paineensäätimet, sulkuventtiilit jne.)
- **Mekaanisen kestävyyden testi.** 5 minuutin ajan paine, joka on 1,2 kertaa kyseessä olevan putkisto-osuuden yksittäisen vikatilan aikaisesta maksimipaineesta.

## 13.2. Putkiston peittämisen jälkeen tehtävät tarkastukset

- **Vuototestit.** 2…24 h kestävän, nimellisjakelupaineessa tapahtuvan testijakson jälkeen paineen alenema ei saa ylittää 0,025 % per tunti.
- **Ristikytkentätesti.** Kaikkien putkistojen kohdalla on todistettava, ettei eri kaasujen ja alipaineen putkistoissa ole ristikytkentöjä.
- **Tukkeuma ja virtaustesti.** Kaasunottopisteestä mitattu paineenmuutos ei saa ylittää taulukossa 22 määritettyjä arvoja putkiston nimellisjakelupaineella.

***Taulukko 22. Suurin sallittu paineen muutos.***

| Putkistojärjestelmä | Paineen muutos | Testi-virtaus |
|---|---|---|
| Paineistettu sairaalakaasu (muu kuin instrumentti-ilma) | −10 % | 40 l/min |
| Instrumentti-ilma | −15 % | 350 l/min |

- **Kaasunottopisteiden mekaanisen toiminnan ja kaasukohtaisuuden testi.** Kaasunottopisteessä on osoitettava, että kaasukohtainen liitin voidaan asettaa paikoilleen, aktivoida ja vapauttaa. Kaasunottopisteen ura osoittaa klo 12 asentoon. Jokaisen kaasunottopisteen kohdalla pitää osoittaa, että kaasua vapautuu vain silloin kun oikea liitin asennetaan ja aktivoidaan ja ettei millekään muulle kaasulle tarkoitettu liitin käy kaasunottopisteeseen. Kaasunottopisteistä on tarkistettava, että tunnistus ja merkintä on tehty oikein.
- **Varoventtiilien testit.** Kaikkien paineistettujen sairaalakaasujen paitsi ilman varoventtiilien paineenpäästö on ohjattava rakennuksen ulkopuolelle. Jos varoventtiilit ovat tyyppitestattuja ja sertifioituja, asennuksen jälkeistä testausta ei tarvita.
- **Syöttölähteiden testit.** Syöttölähteet on testattava kaikissa käyttö- ja hätätilanteissa ja syöttölähteen on täytettävä valmistajan määritelmät.
- **Seuranta- ja hälytysjärjestelmien testit.** Seuranta- ja hälytysjärjestelmät on testattava kaikissa käyttö- ja hätätilanteissa käyttöohjeiden mukaisesti.
- **Jakeluputkiston hiukkaskontaminaatiotesti.** Hiukkaskontaminaatiotesti suoritetaan suodattimen läpi 150 l/min virtauksella vähintään 15 min ajan. Suodattimessa ei saa näkyä hiukkasia.
- **Ilmakompressorijärjestelmien tuottaman ilman laatutestit.**
- **Happirikastinjärjestelmien tuottaman hapen laatutestit.**
- **Täyttäminen määritellyllä kaasulla.**
- **Kaasutunnistustestit.**

# III. SAIRAALAKAASUJÄRJESTELMIEN KÄYTTÖ JA HUOLTO

## 14. SAIRAALAHENKILÖKUNNAN TEHTÄVÄT JA VASTUUT

Sairaalakaasujärjestelmien käytön ja kunnossapidon osalta tulee vastuurajapintojen olla organisaatiokohtaisesti selvät ja sovitut. Käyttö- ja kunnossapitotoimia voivat tehdä vain koulutetut, riittävän ammattitaidon, pätevyyden ja tarvittaessa erityisluvat (esim. sähkötyöt) omaavat henkilöt. Erityisen tärkeää on, että järjestelmään mahdollisesti liittyvän rekisteröidyn painelaitteen käytönvalvojana on tehtävään koulutettu ja toimenkuvansa perusteella soveltuva henkilö, jolla on riittävä asiantuntemus/pätevyys tehtävän hoitamiseen.

Standardin SFS-EN ISO 7396-1 liitteessä G on annettu ohjeita sairaalakaasuputkistojen käyttöön liittyvän toiminnanohjauksen käytännöistä ja vastuunjaosta. Liite G sisältää ohjeita velvoittavista vaatimuksista, toiminnallisista vastuista, toimintamenettelyistä, koulutuksesta ja viestinnästä, syöttölähteiden hallinnasta, ennakoivasta huollosta ja korjauksesta sekä riskien hallinnasta.

## 15. SAIRAALAKAASUJEN SYÖTTÖJÄRJESTELMÄT

Sairaalakaasujärjestelmien tuotantolaitteiden käytön/huollon osalta tarkastellaan nestesäiliöasemaa, kaasukeskusta (pullot syöttölähteenä), kompressorituottoasemaa ja happirikastinjärjestelmää.

### 15.1. Nestesäiliöasema

Nestesäiliöasemia käytetään lääkkeellisen hapen, lääkkeellisen dityppioksidin ja lääkkeellisen hiilidioksidin syöttölähteinä ja kaasuvarastoina.

Pääosat:

- Tyhjiöeristetty kaksoisvaipallinen säiliö
- Painesäädin (paineenlisäysjärjestelmä ja instrumentointi)
- Höyrystin/höyrystimet
- Varoventtiilit
- Putkisto

Kylmäkaasuttimen (nestesäiliöasema; LOX- säiliö ja höyrystin) on toimittava automaattisesti kaasun kulutuksen mukaan ja siinä on oltava toiminnan kannalta välttämättömät varusteet, kuten käyttö- ja täyttöventtiilit, paineensäätimet, varolaitteet, paine- ja määrämittarit, nestepinnan alarajahälytys ja höyrystyspatteri (TalotekniikkaRYL 2002).

Nestesäiliöaseman säiliö on yleisesti rekisteröitävä paineastia, joten sen käytössä ja kunnossapidossa on huomioitava painelaitteita koskevat säädökset (rekisteröintirajat KTMp 953/1999, 3 §).

Nestesäiliöaseman määräaikaistarkastukset tulee suorittaa Tukes:n hyväksymän tarkastuslaitoksen toimesta neljän vuoden välein (määräaikaistarkastukset KTMp 953/1999, 9-15 §).

Rekisteröitävään paineastiaan liittyvä putkisto tarkastetaan määräaikaistarkastusten yhteydessä, jos putkisto on suunniteltu virumis- tai väsymislujuuden perusteella tai putkiston sisältö kuuluu ryhmään 1 (KTMp 953/1999, 10 §).

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

Rekisteröitävään paineastiaan liittyen tulee olla nimettynä rekisteröidyn painelaitteen käytönvalvoja.

**Nestesäiliöaseman käytössä ja kunnossapidossa on huomioitava aina kyseisen laite/järjestelmätoimittajan ohjeet käyttöön ja huoltoon liittyen.**

**KÄYTTÖ- JA HUOLTOTOIMENPITEET**

Nestesäiliöasemaan liittyen käyttäjällä on oltava käyttöohjeet ja kunnossapito-ohjelma, joka käsittää ainakin valmistajan huolto- ja kunnossapito-ohjeet.

Omistajan/haltijan on huolehdittava, että tarkastuslaitos tekee käyttöönotettavalle rekisteröitävälle paineastialle ensimmäisen määräaikaistarkastuksen.

Ensimmäisen määräaikaistarkastuksen jälkeen tarkastuslaitoksen määräaikaistarkastus tulee suorittaa neljän vuoden välein (rekisteröitävä paineastia).

***Säiliöaseman säännölliseen (päivittäiseen) tarkastukseen sisältyy mm.:***

- Säiliöpaineen ja määrämittarin tarkastus
- Venttiilien, putkiston ja höyrystimien tarkastus, lumen ja jään poisto kevyesti harjaten tai lämpimällä vedellä.
- Pääsy venttiileihin tulee olla vapaa – erityisesti höyrystin- ja hätäsulkuventtiilit
- Nestesäiliöasema tulee olla lukittu ja säiliöasemaympäristön tulisi olla avoin ja siisti, mahdollinen aluskasvillisuus poistetaan.
- Tarkastetaan venttiili- ja putkistovuodot ja tarvittaessa korjataan erillisen korjaussuunnitelman (paineastiasäädökset huomioitu) mukaisesti.
- Hälytysten seuranta (esim. kiinteistöautomaatiojärjestelmästä nestesäiliöasemaan liittyen)



***Kuva 28. Nestesäiliöaseman höyrystimet.***

Säiliöaseman höyrystimien osalta on huolehdittava jään ja lumen poistosta harjaten tai tarvittaessa lämpimällä vedellä. Höyrystinlamelleista ei saa poistaa jäätä hakkaamalla, jotta lamellit eivät vaurioidu tai repeydy.

***Varoventtiilien koestus:***

- Laite- ja järjestelmätoimittajan käyttöohjeen mukaisesti
- Määräaikaistarkastusten yhteydessä
- Mahdollisen huollon jälkeisen koestuksen valvoo tarkastuslaitos.
- Painelaitteiden varusteiden toiminnan tarkastuksesta on Tukes-opas (Painelaitteiden kunnossapito, Tukes 2004)



***Kuva 29. Säiliöaseman varoventtiilit. Turvallisuusvarusteiden tulee olla aina toimintakunnossa. Kuvassa näkyy myös säiliön alapuolella sijaitseva paineenlisäyshöyrystin.***

***Muut:***

- Säiliöasemamerkintöjen tarkastus vuosittain.
- Kaksoisvaipallisen säiliön ulkovaipan suojamaalauksen tai pintakäsittelyn tarkastus vuosittain (tarvittaessa pesu ja korjaavat toimenpiteet). Ulkovaipasta voidaan myös havaita kaksoisvaipallisen säiliön välitilan lämmöneristyksen toimivuus. Toimimaton lämmöneristys (esim. ei vakuumia) huurruttaa säiliön ulkovaippaa ja saattaa muodostaa lumi/jääkasaumia ulkovaipan pintaan.
- Mikäli säiliöaseman nestepinnan määrämittarit on liitetty kiinteistöautomaatiojärjestelmään tai vastaavaan erillisjärjestelmään, tulee vuosittain tarkastaa paikallismittarien näyttämä ja alarajat ko. järjestelmästä (usein mittaukset on siirretty myös etänä cryo-nesteen toimittajalle).
- Käyttöiän arviointi (erillissuunnitelman mukaisesti/määräaikaistarkastusten yhteydessä). Arvioinnissa (paineastia, putkisto) voidaan käyttää hyväksi tapauskohtaisia NDT-menetelmiä (rikkomaton aineenkoestus).

Esimerkkejä NDT- menetelmistä:

- visuaalinen tarkastus
- ultraäänitarkastus
- radiografiatarkastus
- tunkeumanestetarkastus
- magneettijauhetarkastus (ferromagneettisille aineille)
- pyörrevirtatarkastus (sähkömagneettinen menetelmä)

## 15.2. Kaasukeskus

Kaasukeskuksia voidaan käyttää syöttölähteenä kaikkien sairaalakaasujen syöttöjärjestelmissä.

Pääosat:

- Vakauttimissäädin/-säätimet
- Pullopatterit (pää-/varasyöttö)
- Putkisto, varoventtiilit

Rekisteröitävään paineastiaan liittyvä putkisto tarkastetaan määräaikaistarkastusten yhteydessä, jos putkisto on suunniteltu virumis- tai väsymislujuuden perusteella tai putkiston sisältö kuuluu ryhmään 1 (KTMp 953/1999, 10 §).

Kaasukeskuksen käytössä ja kunnossapidossa on huomioitava aina kyseisen laite-/järjestelmätoimittajan ohjeet käytölle ja huollolle.

**KÄYTTÖ- JA HUOLTOTOIMENPITEET**

***Kaasukeskuksen säännölliseen (päivittäinen/viikoittainen) valvontaan / tarkastukseen sisältyy mm.:***

- Kaasujen kulutuksen seuranta; saatua tietoa voidaan hyödyntää järjestelmää uusittaessa tai sen perusteella voidaan havaita järjestelmän poikkeamatilanne
- Kaasukeskuksen vuotojen tarkastus
- Painetasojen tarkastus (verkostopaineet, paineenalennukset, pullojen paineet)
- Sulkuventtiilien asentojen tarkastus
- Hälytysten seuranta
- Muut yleiset havainnot (kaasukeskus on lukittu, äänet, ympäristö, lämpötila, varoventtiilien esteetön ulospuhallus, siisteys, kaasukeskuksessa pääsy sulkuventtiileille tulee olla vapaa).



***Kuva 30. Kaasukeskus avattuna.***

***Vuosihuollon yhteydessä:***

- Vakauttamissäätimen, kaasukeskussäätimien tarkastus ja huolto
- Vuototarkastukset (putkisto, varusteet)
- Tarkastetaan kiinteistöautomaatiojärjestelmään kytketyt hälytykset;
  - hälytysrajat, kenttätason koestus ja hälytysten jälleensiirto
- Kaasupullojen merkintöjen tarkastus
  - Standardin SFS-EN 1089-1 mukaiset leimausmerkinnät
  - Standardin SFS- EN 1089-2 mukaiset sisällöstä varoittavat kaasupulloetiketit
  - Standardin SFS-EN 1089-3 mukaiset sisällön ilmoittavat värimerkinnät
  - Kaasupullojen korkeapaineletkujen tarkastus/vaihto



***Kuva 31. Kaasupullojen säilytys - molemmissa pulloissa on ketjuvarmistus kaatumisen estämiseksi.***

- Yleinen kaasukeskuksen tarkastus
  - Merkinnät ja ohjeet, kaasukeskuksen ulkopuolella tulee olla varoituskilvet, joissa todetaan kirjoitettuna kaasukeskuksen sisältämien kaasujen nimet tai kemiallisin merkein ilmoitettuna ja Tupakointi ja avotulen teko kielletty- sekä Öljyn ja rasvan käsittely kielletty-kilvet. Myös varoventtiilin purkuputki tulee merkitä. Kaasupullojen osalta säilytystilan ovessa tulee olla kilpi, jossa on Tulipalon uhatessa vietävä turvaan teksti tai vastaava.
  - Palokatkojen asianmukaisuus
  - Siisteys, ei ylimääräistä palokuormaa (kaasukeskukseen ei tule sijoittaa mitään muuta kuin kaasukeskuksen toiminnan edellyttämiä kaasupulloja ja tarvikkeita).
  - Kaasupullojen säilytyksen asianmukaisuus (ei irrallisia kaasupulloja, joihin kohdistuu kaatumisriski)
  - Ympäristöolosuhteiden tarkastus; Talotekniikka RYL 2002 Osa 1 G5 kaasujärjestelmät mukaan pulloissa toimitetun kaasun ympäristölämpötila ei aidatulla alueella tai huoneissa saa olla yli + 50°C.
  - Tarkastetaan, että kaasukeskushuoneessa on käytettävissä asianmukaiset pullojen ja pullosiirtokorien siirtovälineet. Mahdollisessa poikkeustilanteessa tulee kaasupullojen olla nopeasti siirrettävissä.
  - Tarkastetaan, että kaasukeskushuoneeseen ei ole jälkikäteen / mahdollisten muutostöiden yhteydessä asennettu öljyputkia, palavien kaasujen putkia, savukanavia, ilmakanavia, eikä lattiakaivoja.
  - Tarkastetaan, että kaasukeskuksen putkisto on maadoitettu.
  - Tarkastetaan varoventtiilien ulospuhalluspuken kunto ja lisäksi varmistetaan, että ulos puhallus on esteetön.

***Muut:***

Käyttöiän arviointi (erillissuunnitelman mukaisesti/määräaikaistarkastusten yhteydessä).

### 15.3. Ilmakompressorijärjestelmät

Ilmakompressorijärjestelmiä käytetään lääkkeellisen ilman ja instrumentti-ilman tuotantoon.

Pääosat:

- Kompressori(t)
- Puhdistusyksiköt
- Paineentasaus- ja varastosäiliöt
- Paineenalentimet
- Varoventtiilit
- Putkisto

Kompressorituottojärjestelmän yhteydessä olevat painetasaus- ja varastosäiliöt ovat rekisteröitäviä paineastioita, mikäli painesäiliön suurimman sallitun käyttöpaineen ja tilavuuden tulo on suurempi kuin 3000 bar×L (rekisteröintirajat KTMp 953/1999 3 §).

Mahdolliset määräaikaistarkastukset tulee suorittaa Tukes:n hyväksymän tarkastuslaitoksen toimesta neljän vuoden välein (määräaikaistarkastukset KTMp 953/1999 9 - 15 §).

Rekisteröitävään paineastiaan liittyvä putkisto tarkastetaan määräaikaistarkastusten yhteydessä, jos putkisto on suunniteltu virumis- tai väsymislujuuden perusteella tai putkiston sisältö kuuluu ryhmään 1 (KTMp 953/1999 10 §).

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

Rekisteröitävään paineastiaan liittyen tulee olla nimettynä rekisteröidyn painelaitteen käytönvalvoja.

Kompressorikeskuksen käytössä ja kunnossapidossa on huomioitava aina kyseisen laite-/järjestelmätoimittajan ohjeet käytölle ja huollolle.

**KÄYTTÖ- JA HUOLTOTOIMENPITEET**

Kompressorikeskukseen liittyen käyttäjällä on oltava käyttöohjeet ja kunnossapito-ohjelma, joka käsittää ainakin valmistajan huolto- ja kunnossapito-ohjeet.



***Kuva 32. Kompressoriyksikkö ja paineentasaussäiliö.***

Omistajan/haltijan on huolehdittava, että tarkastuslaitos tekee käyttöönotettavalle rekisteröitävälle paineastialle ensimmäisen määräaikaistarkastuksen (mikäli paineentasaussäiliö ylittää rekisteröitävän paineastian rekisteröintirajan >3000 bar×L). Ensimmäisen määräaikaistarkastuksen jälkeen tarkastuslaitoksen määräaikaistarkastus tulee suorittaa neljän vuoden välein (rekisteröitävä paineastia).

***Ilmakompressorijärjestelmän säännölliseen (päivittäinen/viikoittainen) valvontaan / tarkastukseen sisältyy mm.:***

- Lääkkeellisen hengitysilman/instrumentti-ilman kulutuksen seuranta;
  - saatua tietoa voidaan hyödyntää järjestelmää uusittaessa tai sen perusteella voidaan arvioida tuotetun ilman vuotomäärää.
- Energian kulutuksen seuranta;
  - järjestelmän ohjauksen toimivuus.
  - painetason seuranta (kompressorien käynnistysviiveet, kevennetty tyhjäkäynti, alhainen paineentasaussäiliötilavuus voivat johtaa turhan korkeaan painetasohuippuun)
  - 100 % kuormitusaste on energiataloudellisesti edullisinta (oikean mitoituksen merkitys)
  - kompressorin energiantarve kasvaa paineen noustessa (n. 0,5 kW/m³/min/bar)
  - virtauksen kasvaessa kasvaa myös painehäviö (noin potenssissa 1,85)
- Vesitysten säännölliset tarkastukset
- Hälytysten seuranta (mm. kompressorit, kuivaimet, ilman ja jäähdytysveden lämpötilat, ilman ja jäähdytysveden paineet, kastepisteet, painehäviöt)
- Tarkastetaan kompressorikeskuksen ympäristön olosuhteet ja siisteys; Talotekniikka RYL 2002 Osa 1 G5 kaasujärjestelmät mukaan ilmakompressorien laitosilman lämpötilan on oltava yli +10 °C ja alle +40 °C välillä, mikäli laite- ja järjestelmätoimittaja ei ole muuta ilmoittanut.
- Tarkastetaan kompressorien vuorotteluohjauksen toimivuus.
- Muut yleiset havainnot (äänet, ympäristö, lämpötila, varoventtiilien esteetön ulospuhallus, siisteys)

***Vuosihuollon yhteydessä:***

- Kompressoriaseman (sis. puhdistusyksiköt) huollot laitetoimittajan ohjeet huomioiden
- Tarkastetaan paineentasaussäiliön (paineastia) vesityksen toimivuus
- Tarkastetaan kenttämittarien ja ohjauspaneelien näyttämät.
- Tarkastetaan kiinteistöautomaatiojärjestelmän näyttämät ja hälytysrajat, mikäli mittaustietoja on viety ko. järjestelmään.
- Suoritetaan valituille hälytyspisteille kenttätason koestus ja varmistetaan hälytysten jälleensiirrot
- Tarkastetaan kompressorien käynnistysrajat ja tuntimäärälaskurit.
- Tarkastetaan kompressorien jäähdytyksen toimivuus.
- Tarkastetaan, ettei kompressorikeskuksessa ole vuotoja (neste/kaasu).
- Tarkastetaan kompressorikeskuksen merkinnät ja sulkuventtiilien asennot.
- Tarkastetaan kompressorikeskuksen palokatkojen, läpivientien asianmukaisuus
- Tarkastetaan kompressorikeskuksen siisteystaso. Tilassa ei tule olla ylimääräistä palokuormaa.

***Varoventtiilien koestus:***

- Laite- ja järjestelmätoimittajan käyttöohjeen mukaisesti
- Mahdollisten määräaikaistarkastusten yhteydessä
- Mahdollisen huollon jälkeisen koestuksen valvoo tarkastuslaitos (rekisteröitävän paineastian tapauksessa).
- Painelaitteiden varusteiden toiminnan tarkastuksesta on Tukes-opas (Painelaitteiden kunnossapito, Tukes 2004).

***Muut:***

Käyttöiän arviointi (erillissuunnitelman mukaisesti/määräaikaistarkastusten yhteydessä). Arvioinnissa (paineastia, putkisto) voidaan käyttää hyväksi tapauskohtaisia NDT-menetelmiä.

Esimerkkejä NDT- menetelmistä:

- visuaalinen tarkastus
- ultraäänitarkastus
- radiografiatarkastus
- tunkeumanestetarkastus
- magneettijauhetarkastus (ferromagneettisille aineille)
- pyörrevirtatarkastus (sähkömagneettinen menetelmä)

### 15.4. Happirikastinjärjestelmä

Happigeneraattorijärjestelmien käytössä ja kunnossapidossa on huomioitava aina kyseisen laite-/järjestelmätoimittajan ohjeet käyttöön ja huoltoon liittyen. Erityisesti tulee huomioida mahdollisen rekisteröitävän paineastian (kaasumaisen hapen säiliö) liittyminen järjestelmään.

Järjestelmän kunnossapitoon kohdistuvat vastaavat vaateet ja suositukset niin säiliön kuin putkistonkin osalta, mitä edellä sairaalakaasujen syöttöjärjestelmiin ja niihin liittyviin putkistoihin on osoitettu. Erikseen kunnossapidon osalta voidaan todeta hiukkassuodattimen vaihto 6 kk:n välein ja happianalysaattorin kalibrointi 12 kk:n välein.

## 16. SAIRAALAKAASUJEN JAKELUPUTKISTOT

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 asiaankuuluvat paineenalaiset osat (KTMp 938/1999, 3 § 3).

Pääosat:

- kaasuputkisto
- painevahdit
- pikasulkukotelot
- kaasunottoventtiilit

Rekisteröitävään paineastiaan liittyvä putkisto tarkastetaan määräaikaistarkastusten yhteydessä, jos putkisto on suunniteltu virumis- tai väsymislujuuden perusteella tai putkiston sisältö kuuluu ryhmään 1 (KTMp 953/1999, 10 §).

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

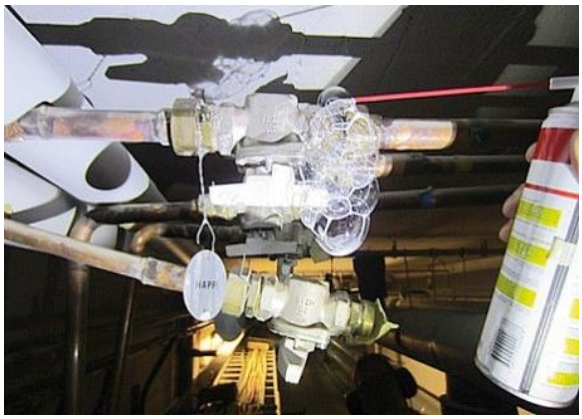
Putkistojen tulee olla asennettuina, käyttöönotettuina, normaalilla tavalla käytettyinä ja valmistajan ohjeen mukaan huollettuina sellaisia, etteivät ne aiheuta minkäänlaista turvallisuusriskiä, joka voidaan ennakoida standardin SFS-EN ISO 14971 mukaisilla riskianalyysimenetelmillä ja joka liittyy niiden tarkoituksenmukaiseen käyttöön tai yhden vian tapauksessa (TalotekniikkaRYL 2002).

**Kaasunjakeluputkiston ja putkistovarusteiden käytössä ja huollossa on huomioitava aina kyseisen varuste-/kokonaisjärjestelmätoimittajan ohjeet käytölle ja huollolle.**

**KÄYTTÖ- JA HUOLTOTOIMENPITEET**

***Kaasujakeluputkiston ja putkistovarusteiden säännöllinen (päivittäinen / viikoittainen) valvontaan / tarkastukseen sisältyy mm.:***

- hälytysten seuranta
- vuotojen seuranta
- painetason ja kulutuksen seuranta
- yleinen ympäristön havainnointi
- pääsy sulkuventtiileille tulee olla vapaa



***Kuva 33. Vuotojen seuranta. Kaasuputkien kunnossapitoon kuuluu verkoston tiiveydestä huolehtiminen.***

***Vuosittain/vuosihuollon yhteydessä:***

- Käyttäjän tulee huolehtia kaasuputkiverkon yleisestä kunnosta. Seuraavat asiat tulee tarkastaa tai niihin tulee kiinnittää huomiota;
  - putkistomerkinnät ja venttiilien, varusteiden asianmukaisuuden tarkastus
  - putkistovuodot
  - putkiston vauriotarkastus esim. NDT-menetelmiä hyväksi käyttäen
  - Putkiston kannakoinnin kunto
  - Putkiston läpiviennit, tiivistykset, palokatkot
  - varoventtiilit ja niiden purkauspaikat
- Painevahtihuolto, hälytysrajojen tarkastus, hälytysten testaus
- Pikasulkukoteloiden tarkastus/huolto
- Kaasunottoventtiilien tarkastus/huolto
- Suodattimien vaihdot

***Muut:***

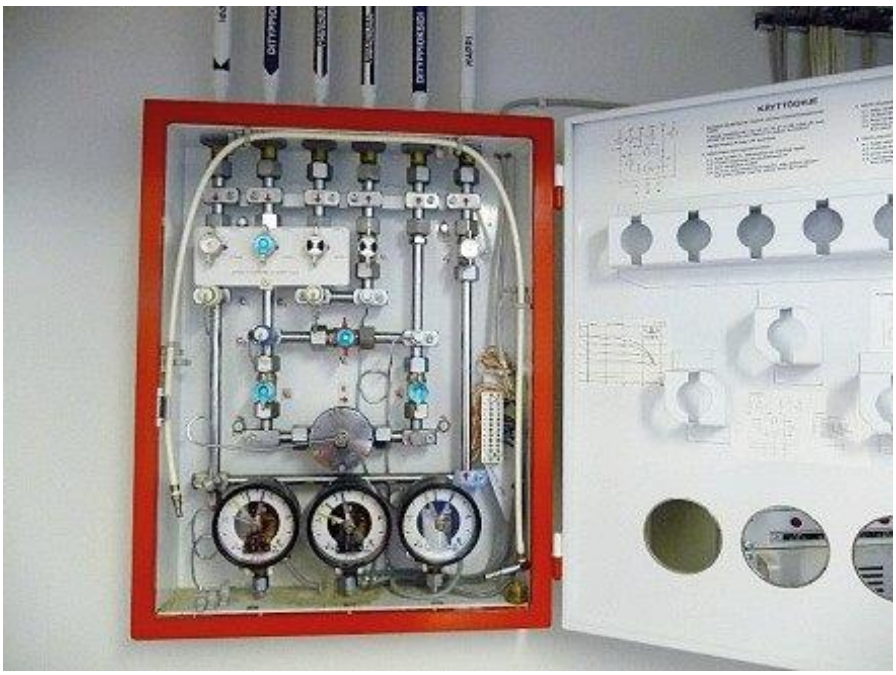
- **Vuosittain** lääkkeellisten kaasuverkostojen European Pharmacopoeia –laatuvaatimusmittaukset
- Tarkastuslaitoksen kaasuputkiston määräaikaistarkastus **neljän vuoden** välein (tarkastusperusteiden täyttyessä)
- Käyttöiän arviointi (erillissuunnitelman mukaisesti tai määräaikaistarkastusten yhteydessä). Arvioinnissa (paineastia, putkisto) voidaan käyttää hyväksi NDT-menetelmiä.

## 17. KOHDEPOISTOJÄRJESTELMÄT

Kohdepoistojärjestelmien käytössä ja kunnossapidossa on huomioitava aina kyseisen laite-/järjestelmätoimittajan ohjeet käyttöön ja huoltoon liittyen. Yleisesti vuosittain suositetaan järjestelmän poistopuhaltimien toiminnan tarkastamista.

## 18. DOKUMENTOINTI

Kaikki käyttö- ja huoltotoimenpiteet tulee dokumentoida joko mahdollisesti käytössä olevaan kunnossapitojärjestelmään tai erilliseen huoltokirjaan. Dokumentoinnissa tulee näkyä päivämäärä, käyttö- ja huoltokohde, suoritettu toimenpide, tekijä, mahdolliset huomiot. Hyvä dokumentointi takaa järjestelmään tai laitteeseen liittyvän jäljitettävän huoltohistorian. Hyvin tehty dokumentointi sisältää lisäksi mahdolliset menetelmäkuvaukset/-viittaukset, sertifikaatit ja seuraavan käyttö- tai huoltotoimenpiteen ajankohdan.



***Kuva 34. Painevahti. Painevahtien kunnossapitoon kuuluu vuosittainen tarkastus ja huolto.***

- ***paine-erosäätimen huolto ja toiminnan tarkastus***
- ***hälytysrajojen tarkastus ja hälytysten testaus***
- ***kaasupullojen, syöttöletkujen ja pullopaineensäätimien tarkastus.***

# 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. 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 vertification. 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. Päivitetty 18.11.2013. Luettu 18.11.2013.

KTMp 938/1999. Kauppa- ja teollisuusministeriön päätös painelaitteista. WWW-dokumentti. Päivitetty 18.11.2013. Luettu 18.11.2013.

KTMp 953/1999. Kauppa- ja teollisuusministeriön päätös painelaiteturvallisuudesta. WWW-dokumentti. Päivitetty 18.11.2013. Luettu 18.11.2013.

Laser Gas Oy 2013. Hapen tuottoprosessi vaihe vaiheelta. WWW-dokumentti. Päivitetty 17.6.2013. Luettu 3.11.2013.

Linde Healthcare 2007a. Käyttöturvallisuustiedote AIRAPY®. Lääkkeellinen kaasu, puristettu (ilma, hengitysilma). PDF-dokumentti. Päivitetty 16.11.2007. Luettu 31.8.2013.

Linde Healthcare 2007b. Käyttöturvallisuustiedote CONOXIA®. Lääkkeellinen kaasu, puristettu (happi). PDF-dokumentti. Päivitetty 16.11.2007. Luettu 31.8.2013.

Linde Healthcare 2007c. Käyttöturvallisuustiedote CONOXIA®. Lääkkeellinen kaasu, kryogeeninen (happi, nestemäinen). PDF-dokumentti. Päivitetty 16.11.2007. Luettu 31.8.2013.

Linde Healthcare 2007d. Käyttöturvallisuustiedote NIONTIX®. Lääkkeellinen kaasu, nesteytetty (dityppioksidi, typpioksiduuli, ilokaasu). PDF-dokumentti. Päivitetty 16.11.2007. Luettu 31.8.2013.

Linde Healthcare 2009. Käyttöturvallisuustiedote Hiilidioksidi (lääkinnällinen laite). Kaasu, nesteytetty. PDF-dokumentti. Päivitetty 1.2.2009. Luettu 31.8.2013.

Linde Healthcare 2011. Tuoteluettelo. Lääkkeellisten kaasujen jakelulaitteet. PDF-dokumentti. Ei päivitystietoa. Luettu 31.8.2013.

Linde Healthcare 2012. Valmisteyhteenveto AIRAPY®. Lääkkeellinen kaasu, puristettu (ilma, hengitysilma). PDF-dokumentti. Päivitetty 28.3.2012. Luettu 31.8.2013.

Linde Healthcare 2013a. Tietoa ilokaasusta ja työympäristöstä. PDF-dokumentti. Ei päivitystietoa. Luettu 31.8.2013.

Linde Healthcare 2013b. Lääkkeellisten kaasujen turvallinen käyttö. PDF-dokumentti. Ei päivitystietoa. Luettu 31.8.2013.

Linde Healthcare 2013c. Valmisteyhteenveto CONOXIA®. Lääkkeellinen kaasu, puristettu (happi). PDF-dokumentti. Ei päivitystietoa. Luettu 31.8.2013.

Linde Healthcare 2013d. Hiilidioksidi (lääkinnällinen laite). WWW-dokumentti. Päivitetty 31.8.2013. Luettu 31.8.2013.

Lääkelaki 395/1987. WWW-dokumentti. 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.
Päivitetty 22.9.2013. Luettu 22.9.2013.

Oy AGA Ab 2013b. Hiilidioksidi on monipuolinen kaasu. WWW-dokumentti.
Päivitetty 22.9.2013. Luettu 22.9.2013.

Oy AGA Ab 2013c. Hiilidioksidin käyttökohteet - Lääketiede. WWW-dokumentti.
Päivitetty 22.9.2013. Luettu 22.9.2013.

Oy Atlas Copco Ab 2013a. Paineilmakeskus lääketieteelliseen käyttöön. WWW-dokumentti.
Päivitetty 21.9.2013. Luettu.21.9.2013.

Oy Atlas Copco Ab 2013b. Lääkehappikeskus. WWW-dokumentti.
Päivitetty 21.9.2013. Luettu.21.9.2013.

Oy Woikoski Ab 2013a. Pakkausseloste. Lääkeilma AWO 100 %, lääkkeellinen kaasu, puristettu.
PDF-dokumentti. Ei päivitystietoa. Luettu 31.8.2013.

Oy Woikoski Ab 2013b. Pakkausseloste. Lääkehappi AWO 100 %, lääkkeellinen kaasu, puristettu.
PDF-dokumentti. Ei päivitystietoa. Luettu 31.8.2013.

Oy Woikoski Ab 2013c. Pakkausseloste. Lääkkeellinen ilokaasu AWO 100%, lääkkeellinen kaasu,
puristettu. PDF-dokumentti. Ei päivitystietoa. Luettu 31.8.2013.

Painelaitelaki 869/1999. WWW-dokumentti. Päivitetty 18.11.2013. Luettu 18.11.2013.

Pöyhönen, Mikko 2013. Sähköpostikeskustelu 20.9.2013. LKT, anestesiologian ylilääkäri.
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.
Päivitetty 21.9.2013. Luettu.21.9.2013.

Sa-Va 2013a. Painevahti Tetraalmatic Plus-esite. PDF-dokumentti.
Ei päivitystietoa. Luettu 12.10.2013.

Sa-Va 2013b. Pikasulkukotelo-esite. PDF-dokumentti. Ei päivitystietoa. Luettu 12.10.2013.

Sa-Va 2013c. Kaasunottoventtiilit-esite. PDF-dokumentti. Ei päivitystietoa. Luettu 12.10.2013.

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

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

STMa 1213/2011. Sosiaali- ja terveysministeriön asetus haitallisiksi tunnetuista pitoisuuksista.
WWW-dokumentti. Päivitetty 31.8.2013. Luettu 31.8.2013.

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

Teknologiateollisuus ry 2013. Painelaitteet. WWW-dokumentti. Päivitetty 18.11.2013. Luettu 18.11.2013.

Tukes 2003. Tukes-opas. Hapen turvallinen käsittely ja varastointi. PDF-dokumentti. Ei päivitystietoa.
Luettu 31.8.2013.

Tukes 2007a. Tukes-opas. Painelaitteet. PDF-dokumentti. Ei päivitystietoa. Luettu 31.8.2013.

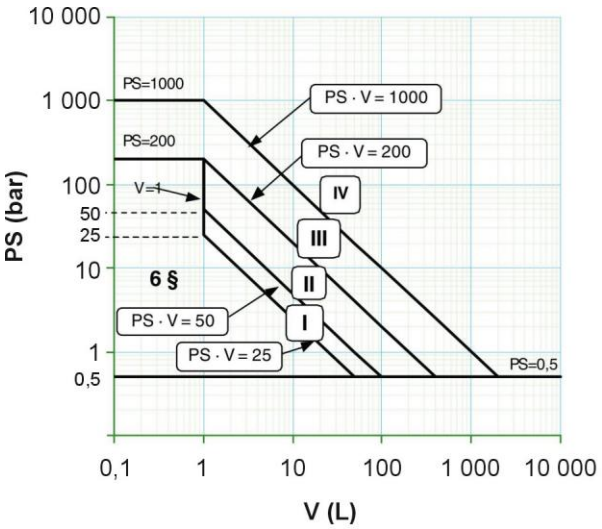
Tukes 2007b. Tukes-opas. Kemikaaliputkistot. PDF-dokumentti. Ei päivitystietoa. Luettu 31.8.2013.

Työterveyslaitos 2011. Ilokaasun turvallinen käyttö synnytyshuoneissa. PDF-dokumentti.
Ei päivitystietoa. Luettu 31.8.2013.

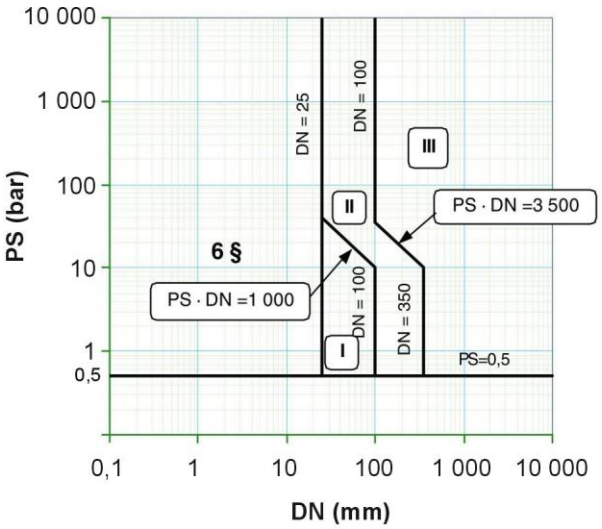
Valvira 2013. Terveydenhuollon laitteet ja tarvikkeet. WWW-dokumentti.
Päivitetty 25.9.2013. Luettu 25.9.2013.

Linkit WWW- ja PDF-dokumentteihin löytyvät oppaan sähköisestä versiosta

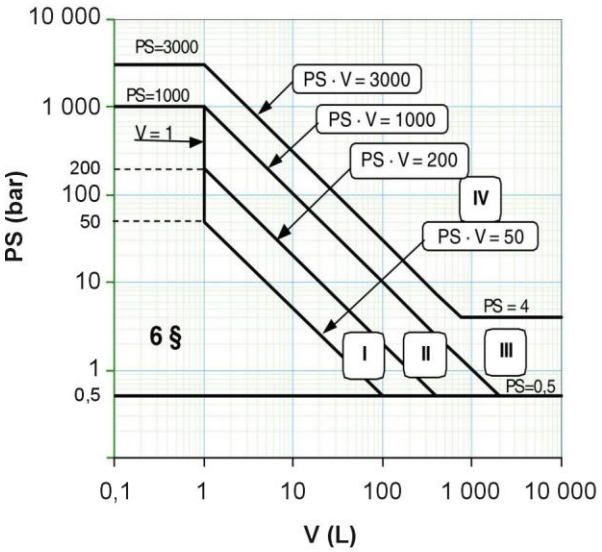
## LIITE 1.
## Painelaitteiden luokituskuvat (KTMp 938/1999, liite II)



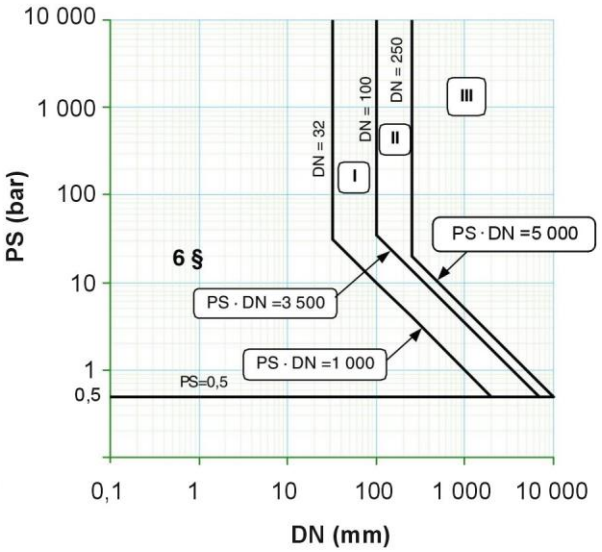

*Säiliö, jossa ryhmän 1 kaasusisältö.*
*[KTMp 938/1999 liite II: KUVA 1]*




*Putkisto, jossa ryhmän 1 kaasusisältö.*
*[KTMp 938/1999 liite II: KUVA 6]*




*Säiliö, jossa ryhmän 2 kaasusisältö.*
*[KTMp 938/1999 liite II: KUVA 2]*




*Putkisto, jossa ryhmän 2 kaasusisältö.*
*[KTMp 938/1999 liite II: KUVA 7]*

# LIITE 2.
# Sairaalakaasujen mitoitusvirtaaman laskeminen, esimerkit

**Taulukoiden L2-1 … L2-5 merkintöjen selitykset:**
$Q$ = mitoitusvirtaama osastolle
$Q_w$ = mitoitusvirtaama vuodeosastolle
$Q_d$ = mitoitusvirtaama 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

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

| Käyttöryhmä | Mitoitusvirtaus yksittäiselle kaasupisteelle [l/min] | Mitoitusvirtaama $Q$ [l/min] |
|---|---|---|
| **Vuodeosastot**: | | |
| Vuodeosasto | 20 | $Q_w = 20 + [(n\text{-}1)\ 10/4]$ |
| ≥ 2 vuodeosastoa | 20 | $Q_d = Q_w\ [1 + (nW\text{-}1)/2]$ |
| **Päivystys & Ensiapu**: | | |
| Elvytyshuoneet | 40 | $Q = 40 + [(n\text{-}1)\ 20/4]$ |
| Toimenpidehuoneet | 40 | $Q = 40 + [(n\text{-}1)\ 20/4]$ |
| Heräämö / Tarkkailu | 40 | $Q = 40 + [(n\text{-}1)\ 40/4]$ |
| **Leikkausosastot**: | | |
| Anestesian valmistelu | 40 | $Q = 40$ |
| Leikkaussalit | 40 | $Q = 40 + [(nT\text{-}1)\ 40/4]$ |
| Heräämö | 40 | $Q = 40 + [(n\text{-}1)\ 10/4]$ |
| **Synnytysosastot**: | | |
| Synnytyshuoneet | 40 | $Q = 40 + [(n\text{-}1)\ 40/4]$ |
| Sektiosalit | 40 | $Q = 40 + [(nS\text{-}1)\ 10/4]$ |
| Heräämö / Tarkkailu | 40 | $Q = 40 + [(n\text{-}1)\ 40/4]$ |
| Vastasyntyneet | 40 | $Q = 40 + [(n\text{-}1)\ 40/4]$ |
| **Teho-osastot**: | | |
| Tehohoito, tehovalvonta, sydänvalvonta | 80 | $Q = 80 + [(n\text{-}1)\ 80/2]$ |
| Lasten teho | 40 | $Q = 40n$ |
| **Radiologia**: | | |
| Toimenpidehuoneet | 40 | $Q = 40 + [(n\text{-}1)\ 40/4]$ |
| **Hemodialyysi** | 20 | $Q = 20 + [(n\text{-}1)\ 10/4]$ |
| **Suukirurgia**: | | |
| Toimenpide-/Vastaanottohuoneet | 40 | $Q = 40 + [(n\text{-}1)\ 40/2]$ |
| Heräämö / Toipumishuone | 40 | $Q = 40 + [(n\text{-}1)\ 10/4]$ |
| **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 | $Q = 350 + [(nT\text{-}1)\ 350/2]$ |
| > 4 leikkaussalia | 350 | $Q = 350 + [(nT\text{-}1)\ 350/4]$ |
| **Muut osastot**: | | |
| Välinehuolto, kipsaus tms. | 350 | $Q = 350$ |

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

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

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

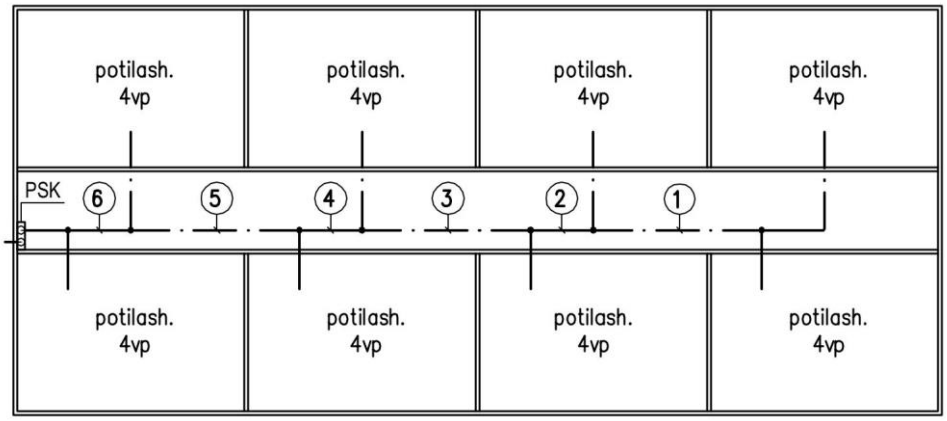
| **Käyttöryhmä** | **Mitoitusvirtaus yksittäiselle kaasupisteelle [l/min]** | **Mitoitusvirtaama *Q* [l/min]** |
|---|---|---|
| **Päivystys & Ensiapu**: | | |
| Elvytyshuone, Toimenpidehuone | 10 | $Q = 10 + [(n\text{-}1)\ 6/4]$ |
| **Leikkausosastot**: | | |
| Anestesian valmistelu, Leikkaussalit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

***TAULUKKO L2-5. Lääkkeellisen hiilidioksidin mitoitusvirtaama.***

| **Käyttöryhmä** | **Mitoitusvirtaus yksittäiselle kaasupisteelle [l/min]** | **Mitoitusvirtaama *Q* [l/min]** |
|---|---|---|
| **Leikkausosastot**: | | |
| Leikkaussalit (tähystysleikkaus) | 15 | $Q = 15 + (nT\text{-}1)\ 6$ |
| **Muut osastot** | 10 | $Q = 10$ |

## MITOITUSESIMERKKI 1: VUODEOSASTO 32 vp

***Lähtötiedot:*** Jokainen vuodepaikka varustetaan lääkkeellisen ilman ja lääkkeellisen hapen kaasupisteellä. Kaasujen virtausalueet taulukon 5 (ks. Luku 5.3) mukaan ja eriaikaisuus taulukoiden L2-1 ja L2-3 mukaan.




### *Vuodeosaston mitoitusvirtaama*

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

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

### *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:

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

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

### *Putkisto-osuuksien mitoitusvirtaama*

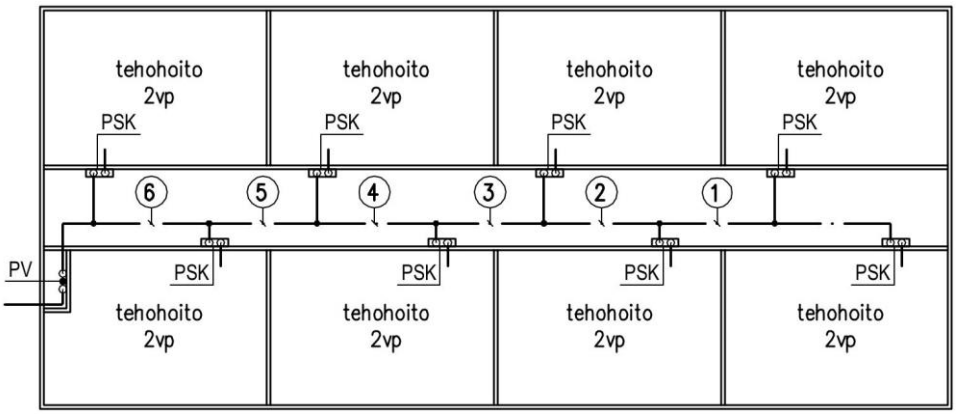
Putkisto-osuuksien mitoitusvirtaama lasketaan kuten osaston mitoitusvirtaama. Mitoitusvirtaaman laskennassa huomioidaan kuhunkin putkisto-osuuteen liittyvät potilaspaikat ja eriaikaisuus. Esimerkin 1 putkisto-osuuksien mitoitusvirtaamien laskenta on esitetty taulukossa L2-6.

***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 tehohoitopaikka 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. Luku 5.3) mukaan ja eriaikaisuus taulukoiden L2-1, L2-3 ja L2-4 mukaan.




### *Tehohoito-osaston mitoitusvirtaama*

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

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

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

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 tyypillisesti 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 hälytyspaineanturein varustettu haara runkoputkesta CPAP-käyttöön varatuille kaasupisteille. Esimerkkitapauksen mitoitusvirtaama muodostuu seuraavasti:

Lääkkeellinen ilma (T5) $Q$ = 80 + 80 = 160 l/min
Lääkkeellinen happi (L2-3, CPAP) $Q$ = 80 + 80 = 160 l/min
Lääkkeellinen dityppioksidi (T5) $Q$ = 15 + 6 = 21 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, mitoitusesimerkki 2.***

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

# LIITE 3.
# Kaasuputkiston mitoituslomake

Kohde: _____

Kaasuverkosto: _____

Nimellisjakelupaine: _____ kPa  Laatija: _____

| **Putkisto-osuus** | **Mitoitusvirtaama** [l/min] | [m³/h] | **Pituus** [$m_{ekv}$] | **Putkikoko** $D_u \times s$ | **Nopeus** [m/s] | **Painehäviö** $\Delta p$ | $\Sigma\Delta p$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |

***k-kerroin @ 20 °C: ilma 32,8; happi 36,3; dityppioksidi/hiilidioksidi 49,9***

# LIITE 4.
# 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 x1,0 | 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 x1,0 | 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 on laskettu soveltaen virtausnopeuden kaavaa (11). Painehäviöt on laskettu kaavalla (8) ja ne pätevät vain taulukossa määritetylle jakelupaineelle.

# LIITE 4.
# 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 x1,0 | 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 x1,0 | 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 on laskettu soveltaen virtausnopeuden kaavaa (11). Painehäviöt on laskettu kaavalla (8) ja ne pätevät vain taulukossa määritetylle jakelupaineelle.

# LIITE 5.
# Vaikutusaluekartta, esimerkit




**Laitteen tunnus: PAINEVAHTI PV2.1.4**

**Vaikutusalue: SYNNYTYSOSASTO 2.KRS**

# LIITE 5.
# Vaikutusaluekartta, esimerkit




**Laitteen tunnus: PIKASULKUKOTELO PSK1.2.3**

**Vaikutusalue: SYNNYTYSOSASTO 2.KRS**

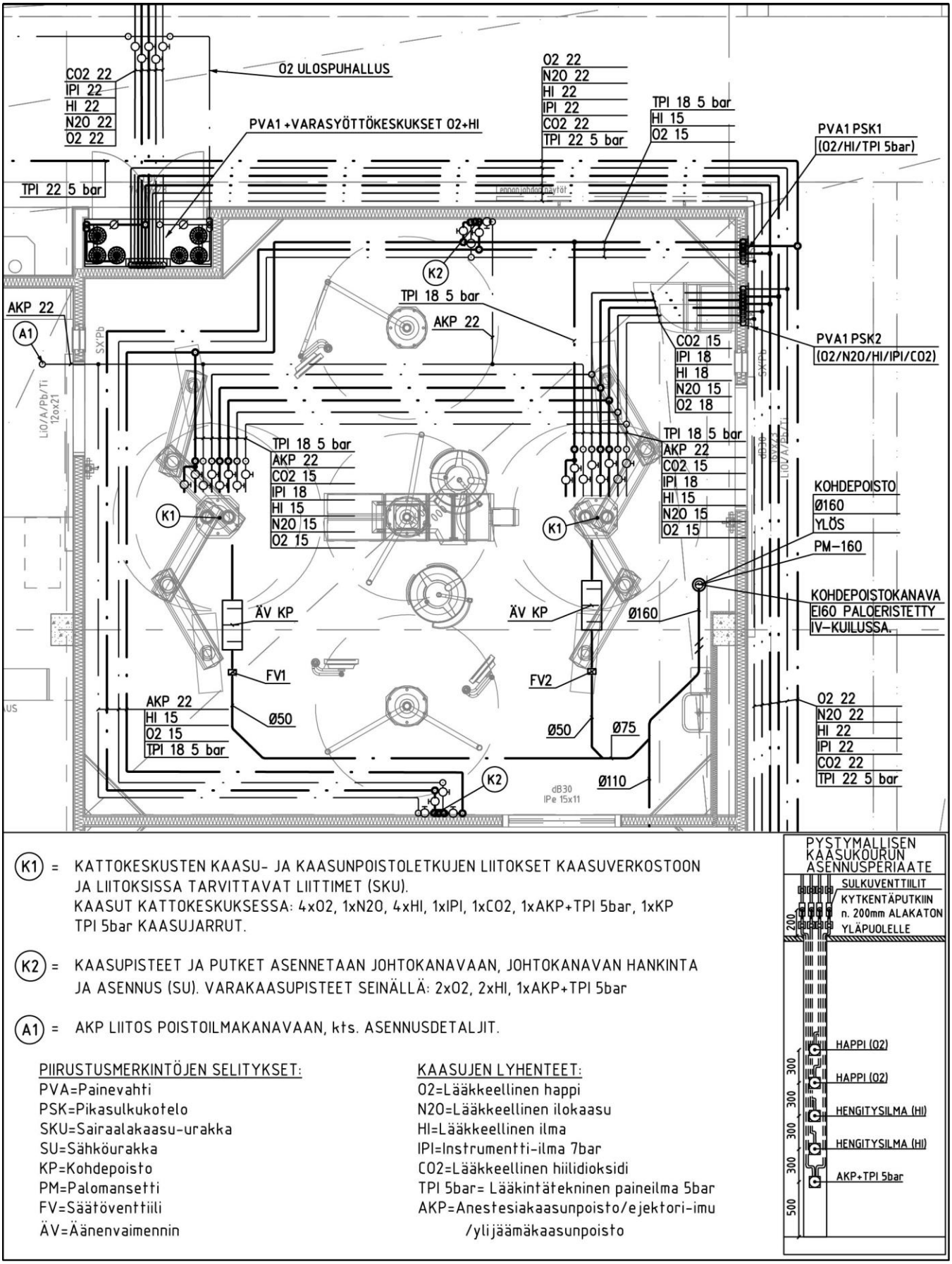
# LIITE 5.
# Vaikutusaluekartta, esimerkit




**Laitteen tunnus: PIKASULKUKOTELO PSK1.3.3**

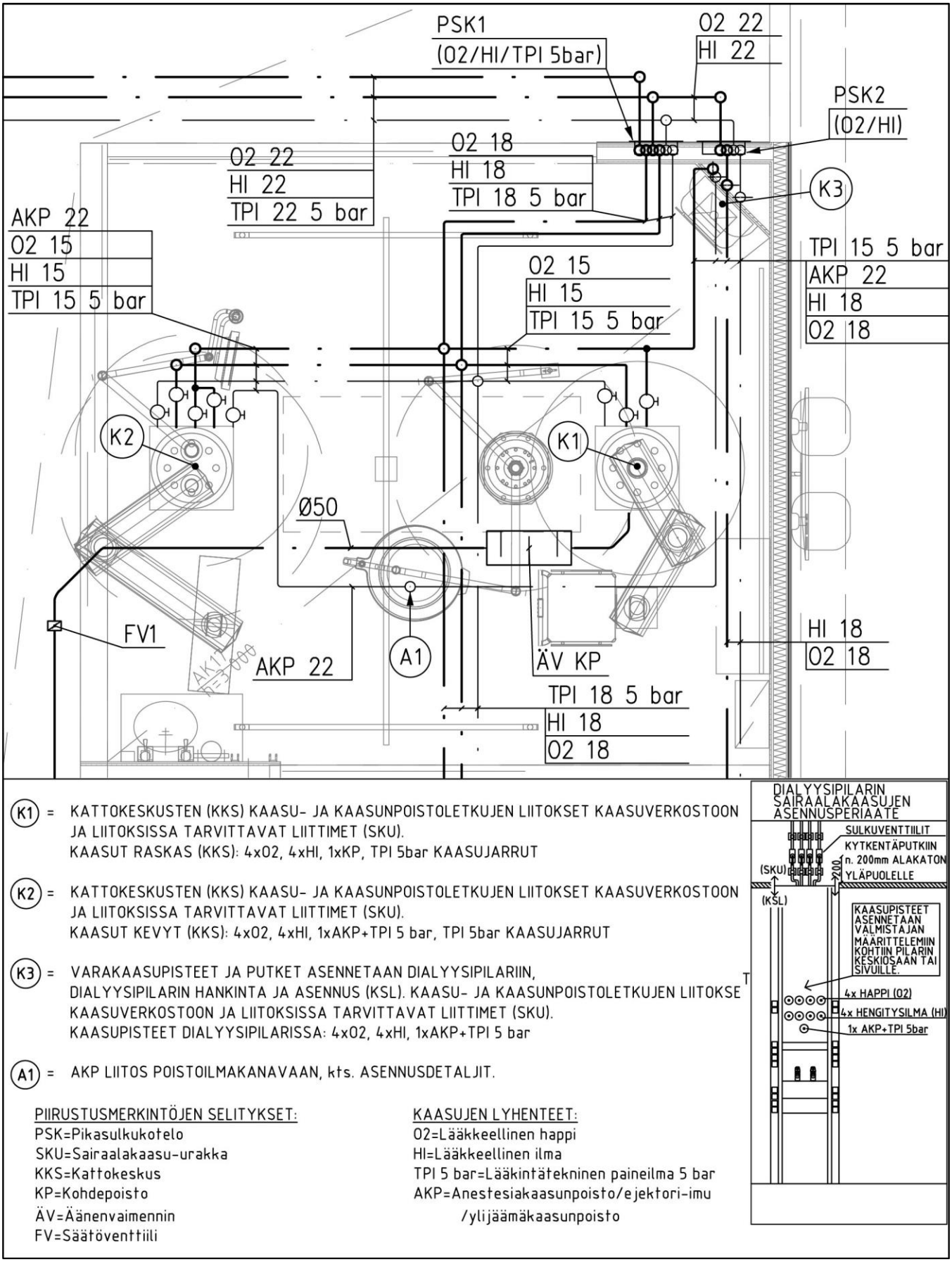
**Vaikutusalue: SYNNYTYSOSASTO 2.KRS**

# LIITE 6.
# Työpiirustukset, esimerkit



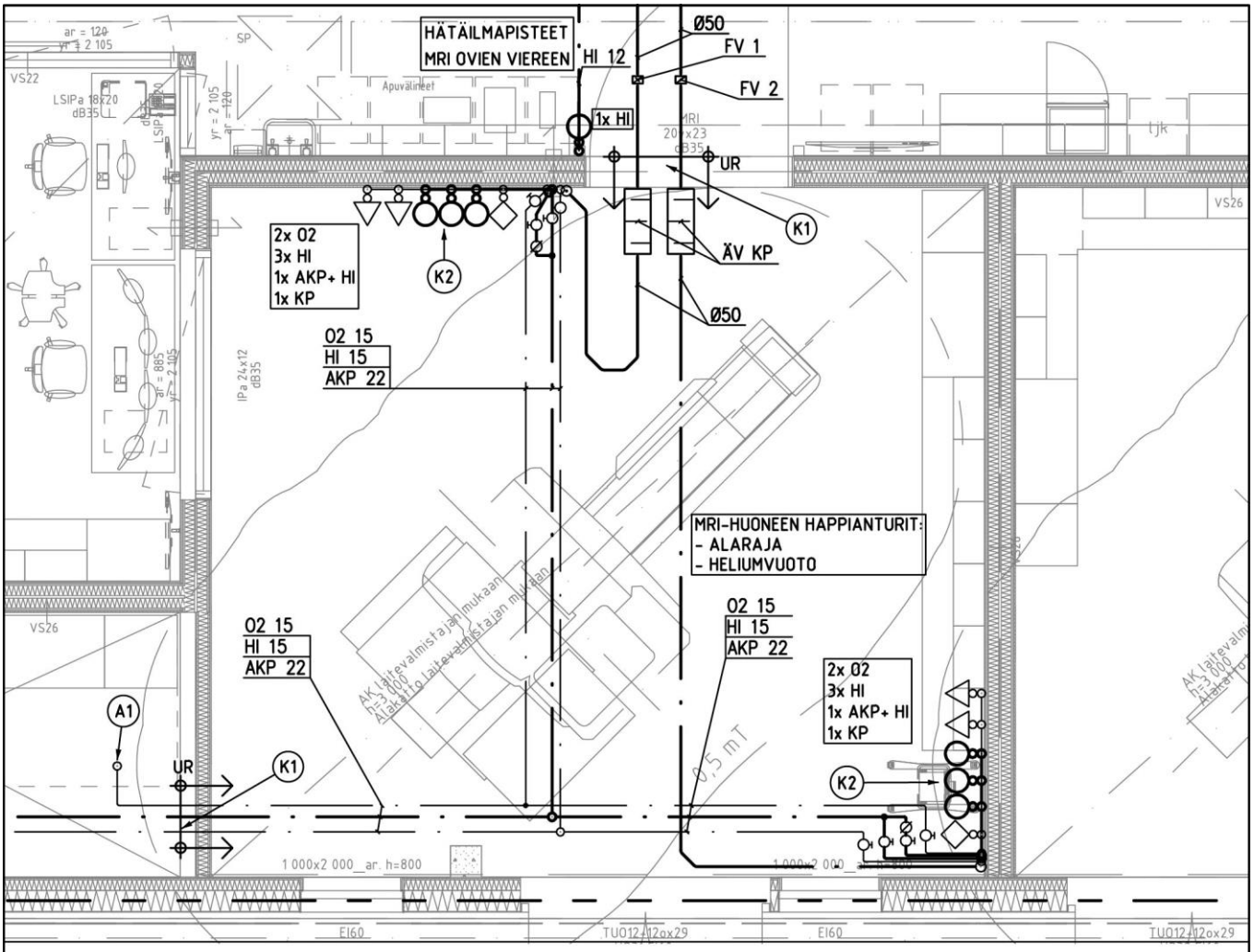

***KUVA L6-1. Leikkaussalin tasopiirustus.*** *(ARK-pohjapiirustus: TEAM INTEGRATED)*

# LIITE 6.
# Työpiirustukset, esimerkit




***KUVA L6-2. Tehohoito-osaston tasopiirustus.*** *(ARK-pohjapiirustus: TEAM INTEGRATED)*

# LIITE 6.
# Työpiirustukset, esimerkit



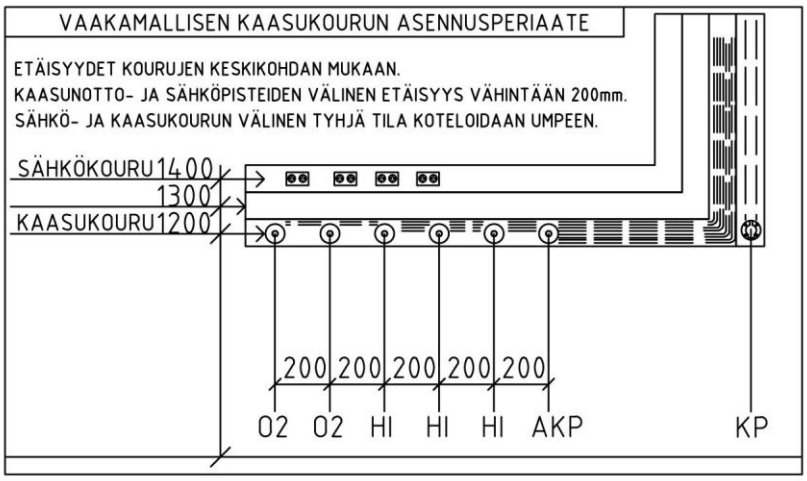

(K1) = 1 JA 2 VAIHEEN URAKKARAJA. 2 VAIHEESSA TEHDÄÄN GALVAANINEN EROTUS, JOSSA SAIRAALAKAASUT TUODAAN TEFLON TAI MUOVI-LÄPIVIENTIPUTKILLA FARADAYN HÄKIN LÄPI MRI-HUONEESEEN JA TULPATAAN TIIVISTI. 3. VAIHEESSA URAKOITSIJA ASENTAA JA KYTKEE MRI-HUONEEN SISÄISET SAIRAALAKAASUJÄRJESTELMÄT LAITETOIMITTAJAN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

(K2) = KAASUPISTEET JA PUTKET ASENNETAAN JOHTOKANAVAAN, JOHTOKANAVAN HANKINTA JA ASENNUS (SU). KOHDEPOISTOPUTKI DN 32 OMASSA JOHTOKANAVASSA. KAASUPISTEET SEINÄLLÄ: 2xO2, 3xHI, 1xAKP+HI, 1xKP.

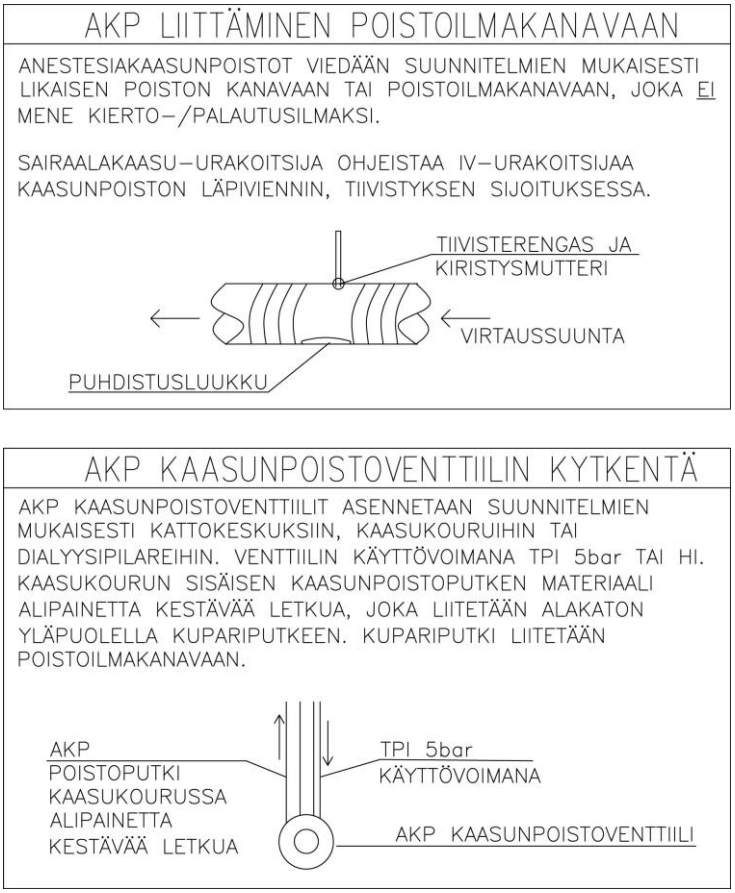
(A1) = AKP LIITOS POISTOILMAKANAVAAN, kts. ASENNUSDETALJIT.

PIIRUSTUSMERKINTÖJEN SELITYKSET:
SKU=Sairaalakaasu-urakka
SU=Sähköurakka
KP=Kohdepoisto
ÄV=Kohdepoiston äänenvaimennin
FV=Kohdepoiston säätöventtiili

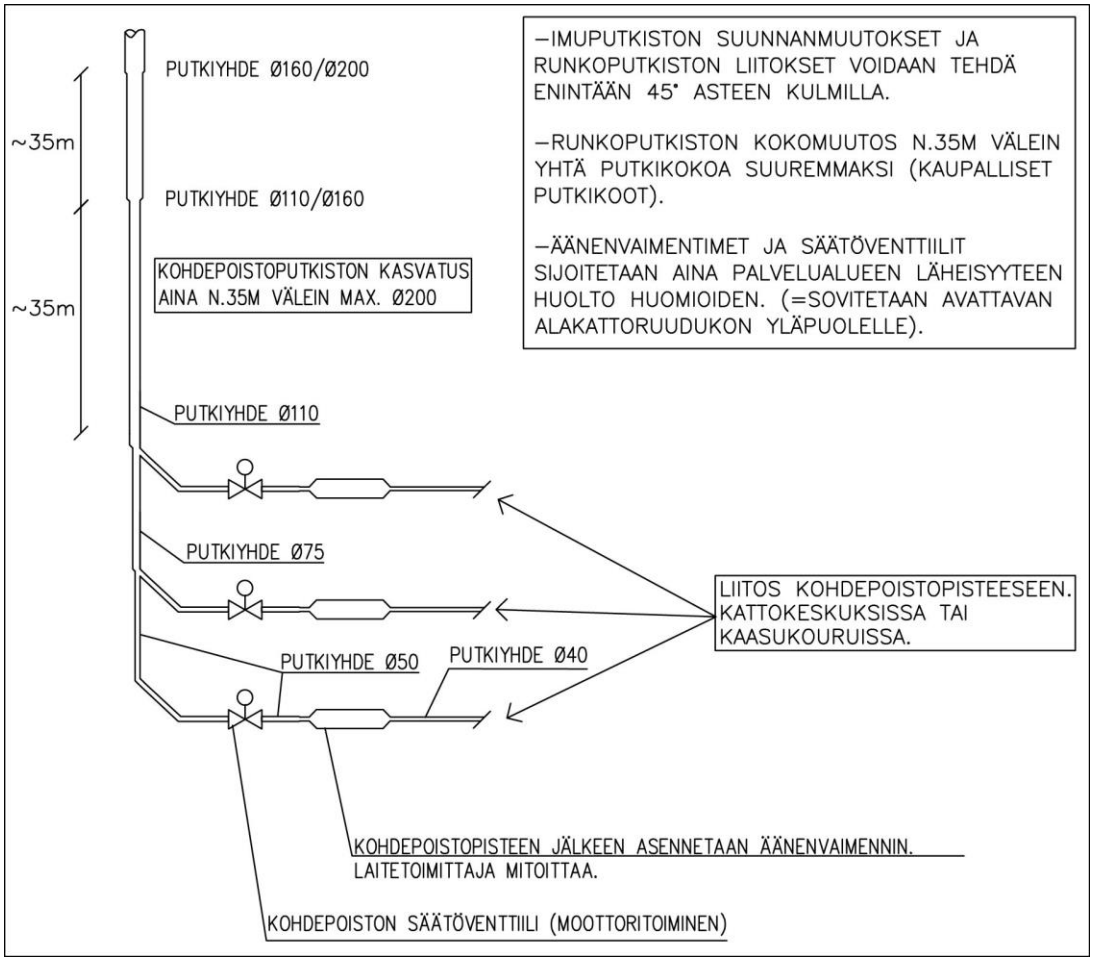
KAASUJEN LYHENTEET:
O2=Lääkkeellinen happi
HI=Lääkkeellinen ilma
AKP=Anestesiakaasunpoisto/ejektori-imu /ylijäämäkaasunpoisto




***KUVA L6-3. MRI-kuvantamisen tasopiirustus.*** *(ARK-pohjapiirustus: TEAM INTEGRATED)*




***Kuva L6-4. AKP-kaasunpoiston kytkentäesimerkki.***




***Kuva L6-5. Kohdepoistoputkiston asennusperiaatteen esimerkki.***

# LIITE 7.
# Testauslomakkeet (SFS-EN ISO 7396-1:2007)

## Putkiston merkintöjen ja kannattimien tarkastus

Sivu ____ / ____

Sairaala _____ Alueen tunnus _____

Putkiston merkinnät ja kannattimet on tarkastettu ennen peittämistä.

| **Sairaalakaasu** | **Tarkastettu osuus** | **Merkinnät** Hyväksytty / Hylätty | **Kannattimet** Hyväksytty / Hylätty |
|---|---|---|---|
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |

**Valmistajan edustaja**

Asema _____ Allekirjoitus _____

Pvm _____ Nimi _____

**Valtuutettu henkilö**

Asema _____ Allekirjoitus _____

Pvm _____ Nimi _____

## Sairaalakaasuputkiston mekaanisen kestävyyden testit

Sivu ____ / ____

Sairaala _____ Alueen tunnus _____

Sairaalakaasuputkistolle on tehty mekaanisen kestävyyden testi ennen peittämistä.

| **Sairaalakaasu** | **Tarkastettu osuus** | **Testipaine, kPa** | **Testiin käytetty aika, min** | **Hyväksytty / Hylätty** |
|---|---|---|---|---|
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |

Käytetty mittausinstrumentti_____

**Valmistajan edustaja**

Asema _____ Allekirjoitus _____

Pvm _____ Nimi _____

**Valtuutettu henkilö**

Asema _____ Allekirjoitus _____

Pvm _____ Nimi _____

## Sairaalakaasuputkiston vuototestit

Sivu ____ / ____

Sairaala _____ Alueen tunnus _____

Putkistojärjestelmälle on tehty vuototesti. Testin aikana mitattiin alla esitetyt paineet.

| **Sairaalakaasu** | **Testattu osuus** | **Testipaine kPa** | **Testiin käytetty aika h** | **Paineen alenema Δp kPa** | **Alkulämpötila °C** | **Lopputlämpötila °C** | **Lämpötilasta johtuva paineen muutos kPa** | **Hyväksytty/ hylätty Δp ≤ 0,025 %/h** |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |

Käytetty mittausinstrumentti_____

**Valmistajan edustaja**

Asema _____ Allekirjoitus _____

Pvm _____ Nimi _____

**Valtuutettu henkilö**

Asema _____ Allekirjoitus _____

Pvm _____ Nimi _____

## Ristikytkentätesti

Sivu ____ / ____

Sairaala _____ Alueen tunnus _____

TÄYDELLISESTI ASENNETTU KOKOONPANO

Ristikytkentätesti on tehty hyväksytysti seuraaville putkistojärjestelmille:

| **Sairaalakaasu** | **Testattu osuus** |
|---|---|
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |

Käytetty mittausinstrumentti_____

**Valmistajan edustaja**

Asema _____ Allekirjoitus _____

Pvm _____ Nimi _____

**Valtuutettu henkilö**

Asema _____ Allekirjoitus _____

Pvm _____ Nimi _____

## Kaasunottopisteiden testit

Sivu ____ / ____

Sairaala _____ Alueen tunnus _____

TÄYDELLISESTI ASENNETTU KOKOONPANO

Seuraavat _____ sairaalakaasuputkiston kaasunottopisteet on testattu.

Määritelty virtaus_____ l/min Määritelty paineen muutos_____ kPa.

| **Huoneen tai tilan tunniste-tiedot** | **Kaasunotto-pisteen tun-nistetiedot** | **Virtaus** Hyväksytty / Hylätty | **Paineen muutos** Hyväksytty / Hylätty | **Mekaaninen toiminta** Hyväksytty / Hylätty | **Tunnistus** Hyväksytty / Hylätty | **Kaasu-kohtaisuus** Hyväksytty / Hylätty |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |

Käytetty mittausinstrumentti_____

**Valmistajan edustaja**

Asema _____ Allekirjoitus _____

Pvm _____ Nimi _____

**Valtuutettu henkilö**

Asema _____ Allekirjoitus _____

Pvm _____ Nimi _____

# LIITE 8.
# Määritelmiä ja lyhenteitä

***CE-merkintä***. Tuotteen valmistajan ilmoitus siitä, että tuote täyttää sitä koskevat Euroopan unionin vaatimukset.

***Eur.Ph.*** Euroopan Farmakopea (European Pharmacopoeia).

***Fimea***. Lääkealan turvallisuus- ja kehittämiskeskus.

***Kaasupiste***. Sairaalakaasuputkiston kaasukohtainen ulostulokokoonpano, jossa käyttäjä tekee liitännät ja irtikytkennät.

***KSL***. Kiinteä sairaalalaite.

***KTMp***. Kauppa- ja teollisuusministeriön päätös.

***Maksimijakelupaine***. Suurin sallittu paine kaasupisteessä, kun syöttöjärjestelmä toimii nollavirtaamalla.

***Minimijakelupaine***. Pienin sallittu paine kaasupisteessä, kun syöttöjärjestelmä toimii mitoitusvirtaamalla.

***Mitoitusvirtaama***. Virtaus, joka on laskettu sairaalan enimmäisvirtausvaatimusten mukaan ja korjattu eriaikaisuuskertoimella.

***Mitoitusvirtaus***. Enimmäisvirtaus, joka todennäköisesti tarvitaan yksittäisestä kaasupisteestä.

***Nimellinen syöttöpaine***. Paine, jota syöttöjärjestelmän on tarkoitus käyttää verkoston paineensäätimien sisääntulossa.

***Nimellisjakelupaine***. Paine, jota sairaalakaasuputkiston on tarkoitus syöttää kaasunottopisteessä.

***RakMK***. Suomen rakentamismääräyskokoelma.

***Sairaalakaasu***. Mikä tahansa potilaiden lääketieteelliseen hoitoon tai kirurgisten välineiden käyttöön tarkoitettu kaasu tai kaasuseos, jonka epäpuhtauksille on määritetty rajat.

***Sairaalakaasujärjestelmä***. Täydellinen järjestelmä, joka käsittää syöttöjärjestelmän, ohjaus-, seuranta- ja hälytysjärjestelmän, jakeluputkiston putkistovarusteineen ja kaasupisteet kohdissa, joissa sairaalakaasuja saatetaan tarvita.

***SKU***. Sairaalakaasu-urakka. Tässä oppaassa sairaalakaasujärjestelmän toimitusta käsitellään havainnollisena yksittäisurakkana. Todellisten suunnittelukohteiden toimitusrajat tulee selvittää kohteen urakkaohjelmasta ja urakkarajaliitteestä.

***STMa***. Sosiaali- ja terveysministeriön asetus.

***Suurin sallittu käyttöpaine***. Valmistajan ilmoittama suurin sallittu paine, jolle laite on suunniteltu.

***Tarkastuslaitos***. Painelaitelaissa tarkoitettu tarkastuslaitoksista annetun asetuksen mukainen hyväksytty laitos ja omatarkastuslaitos, joka on hyväksytty suorittamaan tämän päätöksen mukaisia tehtäviä.

***Tukes***. Turvallisuus- ja kemikaalivirasto.

***Tyypillisesti tarvittava virtaus***. Virtaus, joka tarvitaan yksittäisestä kaasupisteestä tavanomaisen käytön aikana.

***Valvira***. Sosiaali- ja terveysalan lupa- ja valvontavirasto.

***Yksittäinen vikatila***. Tila, jossa laitteen erilliset suojakeinot turvallisuusriskin varalta ovat vioittuneet tai jossa vallitsee jokin ulkopuolinen epätavallinen tila. Laitteen huoltoa pidetään normaalitilana.

AFRY
ÅF PÖYRY

AGA

AIRIX Taloteknikka
FMC GROUP
Part of SWECO
Suunnittelemme parempaa huomista.
www.airix.fi

Atlas Copco

CALTO
WWW.CALTO.FI
CITIUS ALTIUS LONGA TEMPUS OPTIMUM

Caverion

CUPORI

EMC
TALOTEKNIIKKA

FAGERHULT

Granlund
Less energy gives more

RAMBOLL




KAASUPEIPPO OY
Simpukankuja 15 01490 Vantaa
p. 040 731 4844
0400 616 099
kaasupeippo@saunalahti.fi




MEDIQ
www.mediq.fi

PUMPPU LOHJA OY

SARLIN
LÄÄKKEELLISEN PAINEILMAN RATKAISUT

SaVa Sairaala-Varuste Oy

Taltekon
INSINÖÖRITOIMISTO

WOIKOSKI

INSINÖÖRITOIMISTO ÅKE JOKELA OY
Yli 50 vuotta LVI-suunnittelua
AAKENKATU 1, 20200 TURKU
PUH. (02) 275 7255, FAX (02) 275 7277
E-MAIL: emil.jokela@instojokela.fi




Suomen Sairaalatekniikan yhdistys ry