



Osaamista
ja oivallusta
tulevaisuuden
tekemiseen

Tuomas Tuhkanen

Keskitetyn välinehuollon suunnittelun erityispiirteet

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Talotekniikka

Insinöörityö

30.12.2020

Tekijä Otsikko	Tuomas Tuhkanen Keskitetyn välinehuollon suunnittelun erityispiirteet
Sivumäärä Aika	38 sivua 11.2.2021
Tutkinto	insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma	talotekniikka
Ammatillinen pääaine	LVI-suunnittelu
Ohjaajat	lehtori Seppo Innanen suunnittelujohtaja, korjausrakentaminen Sauli Heino
<p>Keskitetyssä välinehuollossa keskeiset toimintaa ylläpitävät laitehuollot, korjaukset, puhdistukset ja desinfiointit on siirretty palvelemaan organisaatiota tai kiinteistöä tarkkaan valitussa ja suunnitellussa paikassa. Tehokas välinehuolto vaatii korkeatasoiset laitteet. Myös henkilökunnan riittävä kouluttaminen on tarpeellista kehityksen ja laadun kannalta.</p> <p>Tilat suunnitellaan paikkoihin, joissa voidaan toteuttaa välinehuololle vaativat LVI-tekniiset vaatimukset. Lisäksi tila- ja laitesuunnittelussa tulisi aina huomioida mahdolliset laajennukset. Hyvin luotu tilasuunnitelma hyvän LVI-tekniikan kanssa antaa pohjan toimivalle välinehuololle.</p> <p>LVI-suunnittelijan tulisi suunnitelmissa huomioida käyttäjän kokemukset hyväksi tai huonoksi todetuista ratkaisuista. Lisäksi suunnitelmat tulee tehdä tiiviissä yhteistyössä rakennesuunnittelijan kanssa. Keskitetyn välinehuollon laitteilla on erityisvaatimuksia, jotka pitää huomioida tilasuunnittelussa.</p> <p>LVI-laitteisiin liitettävä sairaalahöyry, puhdasvesi ja paineilma aiheuttavat omat haasteensa. Näiden suunnittelussa keskeisiä asioita ovat taloudellisuus, toimivuus ja turvallisuus. Taloudellisessa toteutuksessa tarvittavaa sairaalahöyryä, puhdasveden tai paineilman määrää ei yli- eikä alimitoiteta. Toimivaksi suunniteltu putkistossa huomioidaan kaikki vaatimukset. Esimerkiksi sairaalahöyryä suunnitellessa tulee huomioida lauhteen aiheuttamat ongelmat putkistossa, kuten paineiskut ja korrosio. Turvallisuus tulee huomioida tehtäessä materiaali- ja laitevalintoja. Lisäksi on otettava huomioon laitteiden ja putkistojen huoltoon tarvittava tila.</p>	
Avainsanat	välinehuolto, talotekniikka, LVI-suunnittelu

Author Title Number of Pages Date	Tuomas Tuhkanen Special Considerations of Centralized Equipment Maintenance HVAC Design 38 pages February 11 th 2021
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Building Services Engineering
Professional Major	HVAC Design
Instructors	Seppo Innanen, Senior Lecturer Sauli Heino, Design Manager, Repair Building
<p>The purpose of this thesis was to describe the special considerations of heating, ventilation and air-conditioning (HVAC) in the design of centralized equipment maintenance and act as a guideline for the designers of these facilities. In centralized equipment maintenance, key equipment maintenance, repairs, cleaning and disinfection have been transferred to serve the intended organization or property in a carefully selected and planned location.</p> <p>A thorough literature review was made to gather the information. This was complemented with interviews and an on-site visit to Biomedicum centralized equipment maintenance facilities.</p> <p>Hospital vapor, clean water and compressed air connected to the specialized equipment are challenging to implement and require expertise in both functional and security aspects. Therefore, the principles of designing centralized equipment maintenance were described in the thesis. In addition, the maintenance, inspection and storage requirements for the equipment and machinery used in centralized equipment maintenance were discussed along with other considerations that need to be taken into account from both economical and ergonomical points of view.</p>	
Keywords	equipment maintenance, building services, HVAC design

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Välinehuolto	2
2.1	Välinehuoltotilojen aluejako	3
2.1.1	Likainen alue	3
2.1.2	Puhdas alue	3
2.1.3	Steriili alue	3
2.2	Osastokohtaiset välinehuoltotilat	4
2.3	Välinehuoltaja	5
2.4	Välinehuolto tulevaisuudessa	6
3	Keskitetty välinehuolto Biomedicumilla	7
3.1	Esikäsittelytila	8
3.2	Pakkaustila	8
3.3	Varastotila	9
3.4	Sosiaalitilat	9
3.5	Tekninen tila	9
4	Keskitetyn välinehuollon LVI-tekniikka	10
4.1	Ilmanvaihto	10
4.1.1	Sisäilma	10
4.1.2	Ilmamäärät	11
4.1.3	Ilmavirtojen hallinta	11
4.2	Puhdasvesi	12
4.2.1	Puhdasveden tuottaminen	14
4.2.2	Puhdasvesiverkoston suunnittelu	16
4.3	Paine-, lääkkeellinen ja instrumenttipaineilma	16
4.3.1	Paineilman tuottaminen	17
4.3.2	Paineilmaverkoston suunnittelu	18
4.4	Sairaalahöyry	21

4.4.1	Höyryn tuottaminen	22
4.4.2	Höyryverkon suunnittelu	24
5	Laitteet välinehuollossa	26
5.1	Pesukoneet	26
5.2	Autoklaavit	28
5.2.1	Höyryautoklaavi	28
5.2.2	Kaasuautoklaavi	30
5.2.3	Plasma-autoklaavi	31
6	Valaistus	32
6.1	Valaistuksen ohjaus	33
6.2	Lisävalaistus	33
7	Työskentelypisteet	34
8	Pohdinta	35
	Lähteet	37

Lyhenteet ja termit

ABS	akrylinitriilibutadieenistyreeni
ASTM	American Society for Testing and Materials. Kansainvälinen standardisoi- misjärjestö.
CLSI	Clinical & Laboratory Standards Institute. Kansainvälinen standardisoi- misjärjestö lääketieteellisille laitteille.
EDI	Electrodeionization, sähköön perustuva vedenpuhdistusjärjestelmä
ei-invasiivinen	Hoitomuoto, joka ei ulotu kehon sisälle tai poista kudosta.
Elix [®]	Luokan 2 puhdasvettä tuottava järjestelmä
EP	European Pharmacopoeia. Euroopan farmakopea.
HEPA	High Efficiency Particulate Air filter. Ilmansuodattimien tehokkuusstan- dardi.
HTP	Haitalliseksi tunnetut pitoisuudet (sosiaali- ja terveysministeriön määrittele- mät arvot)
ISO	International Standard Organization eli kansainvälinen standardisoi- misjärjestö.
kolloidi	Toiseen aineeseen hienojakoisena sekoittunut aine
lm	lumen, valovirran yksikkö
lx	luksi, valovirta pinta-alayksikköä kohti $1 \text{ lx} = 1 \text{ lm/m}^2$
Milli-Q [®]	Ultrapuhdasta vettä tuottava järjestelmä

PP	polypropeeni
PVC	polyvinyylikloridi
PVDF	polyvinyylidifluoridi
TOC	Total organic carbon, orgaaninen kokonaishiili
USP	United States Pharmacopoeia. Yhdysvaltojen farmakopea.
UV-valo	Ihmissilmälle näkymätön valo, eli ultravioletti.

1 Johdanto

Työn tarkoituksena oli luoda pohja välinehuollon suunnittelulle lääketieteellisessä tutkimusympäristössä. Välinehuollon merkitys on suuri, ja se takaa laadukkaan terveydenhoidon ja tutkimustyön.

Työ auttaa LVI-suunnittelijaa hahmottamaan tilojen vaatimat tarpeet. Lähtökohtana hyvälle ja onnistuneelle suunnittelulle on, että projektissa työskentelevät henkilöt ymmärtävät välinehuollon tärkeyden ja sen tuomat haasteet ja vaatimukset teknillisessä suunnittelussa.

Työssä käsitellään välinehuoltotiloissa käytettäviä laitteita ja niiden erityistarpeita, jotka tulee ottaa huomioon jo suunnittelun alkuvaiheessa. Lisäksi työssä on esitetty suunnitteluperusteet välinehuoltotiloissa tarvittavalle paineilmalle ja sairaalahöyrylle. Lopuksi on myös osio valaistuksesta ja käytettävistä materiaaleista.

Työlle ei ollut erillistä tilaajaa, mutta allekirjoittaneelle annettiin vapaat kädet toteuttaa työ. Työ on julkinen, ja siihen on pyydetty lupa Biomedicumilta, joka on tilannut Granlund Oy:ltä LVI-suunnittelun projektille.

2 Välinehuolto

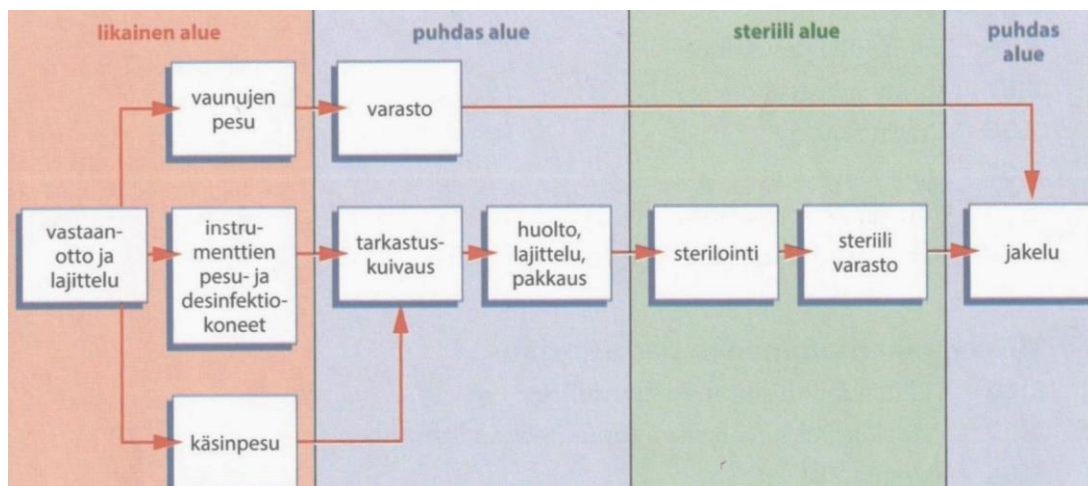
Välinehuolto on oma erikoistunut alansa. Se tuottaa yhteiskunnan sisällä välttämättömät tukipalvelut terveydenhoidolle ja tutkimusorganisaatioille. Toiminta on vastuullista tartuntoja ehkäisevää työtä. Välinehuolto tuottaa puhtaita, desinfioituja, steriilejä ja toimintakelpoisia välineitä. Välinehuollon tarkoitus on varmistaa aseptiikan toteutuminen. [1]

Välinehuoltoon voidaan sisällyttää myös kulutustavaroiden hankintaa- ja vastaanottamista, tarvike- ja välinelogistisia tehtäviä, varastointia, tuotteiden kokoamista ja niiden toimittamista asiakkaille. Välinehuollolla ja sen henkilöstöllä on siten tärkeä asiantuntija-tehtävä estää infektioiden leviäminen. Vastaavasti tutkimustyössä tarvitaan puhtaita alustoja ja välineitä, jotta tulokset olisivat oikeita. [1]

Keskitetystä välinehuoltotoiminnasta on kyse silloin, kun käytetty välineistö lähetetään puhdistettavaksi, desinfioitavaksi, tarkastettavaksi, pakattavaksi ja steriloitavaksi tuotanto-ohjattuun välinehuoltokeskukseen [1].

2.1 Välinehuoltotilojen aluejako

Välinehuoltotilojen varustus riippuu välinehuoltokeskuksen toimintatavasta, koosta ja sinne tuotavista välineistä. Yleisesti tilat jaetaan kolmeen puhtausalueeseen jo huone-suunnitteluvaiheessa. [1] Aluejaottelu puhtaustason mukaan on esitetty kuvassa Kuva 1.



Kuva 1. Välinehuollon aluejako puhtaustason mukaan [1]

2.1.1 Likainen alue

Likaisen alueen väri on punainen. Alueelle kuuluvat likaisten välineiden vastaanotto-, lajittelu- ja puhdistustilat, kuljetusvaunujen ja laatikoiden pesutilat sekä kyseisen alueen siivous-, varasto-, varastosulku-, wc- ja käytävätilat. [1]

2.1.2 Puhdas alue

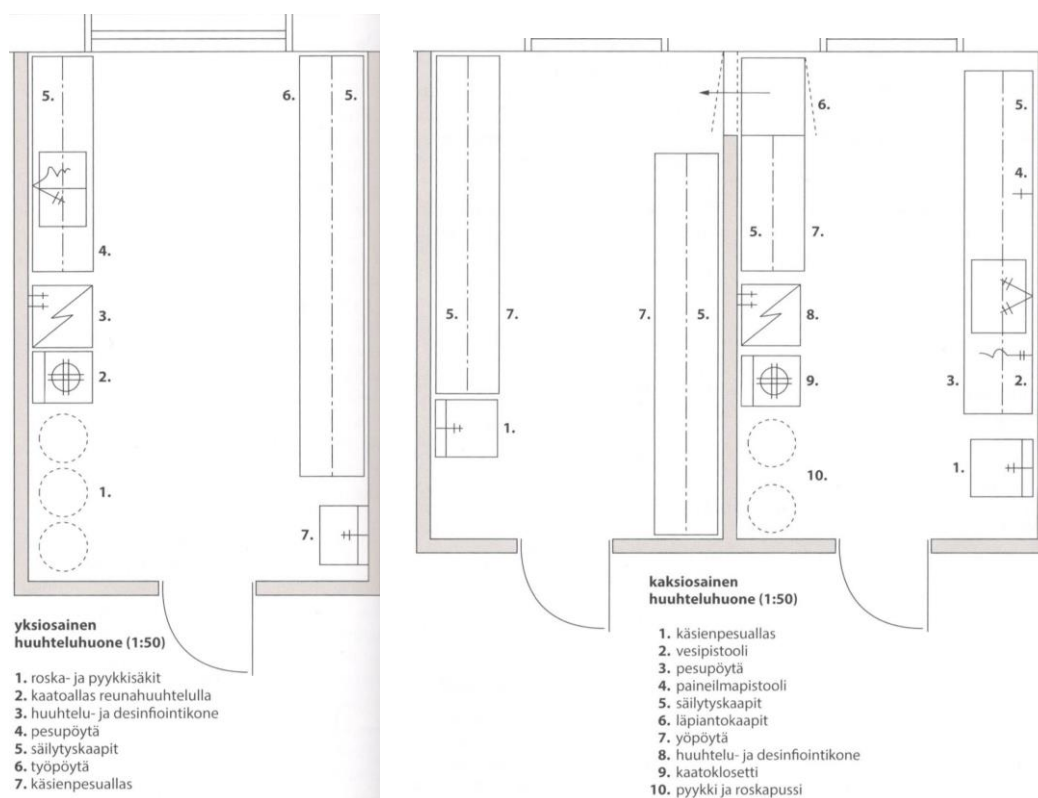
Puhtaan alueen tunnusväri on sininen. Alueelle sijoittuvat välineiden kuivaus- ja pakkaustilat sekä varasto-, toimisto- ja sosiaalitalat tarvittavine sulku- tai käytävätiloineen. [1]

2.1.3 Steriili alue

Steriilin alueen tunnusväri on vihreä. Sille sijoittuvat steriilivarastot jakelutiloiheen. [1]

2.2 Osastokohtaiset välinehuoltotilat

Välinehuolto voidaan järjestää myös osastokohtaisesti. Rajoitteena on välinehuollon kapasiteetti ja laitteiston taso, mutta toisaalta bakteerien siirtymisen riski voidaan minimoida ja se on logistisesti käytännöllinen tapa hoitaa välinehuolto. Kuvassa Kuva 2 on esitetty kaksi esimerkkiä osastokohtaisen välinehuoltotilan toteutuksesta.



Kuva 2 Yksi- ja kaksiosaisen huuhteluhuoneen pohjapiirrokset [1]

2.3 Välinehuoltaja

Välinehuoltaja on välillinen toimija hoito- ja tutkimustyössä. Välinehuoltotiloissa saa työskennellä vain pätevyyden omaava välinehuoltaja. Välinehuoltoalan perustutkinnon laajuus on 180 osaamispistettä. Tutkintoon sisältyy viisi pakollista tutkinnon osaa: infektioiden torjunta välineiden huoltotyössä, välineiden puhdistaminen ja desinfiointi, välineiden pakkaamisprosessissa toimiminen, välineiden sterilointi ja prosessin ohjaus, tuotantojärjestelmien hyödyntäminen ja laatutyö välinehuoltotyössä. Välinehuoltajan ammattitutkinnon ja erikoisammattitutkinnon voi suorittaa toisen asteen oppilaitoksissa. Tutkinnon pituus on kaksi vuotta. Lisäksi työpaikat kouluttavat välinehuoltajiaan jatkuvasti. Uudet laitteet, tehokkuus ja muuttuvat työturvallisuusasetukset lisäävät koulutuksen tarvetta. [1; 2.] Kuva 3 välinehuoltaja on asettamassa puhdistettavia välineitä pesulinjastoon.



Kuva 3 Välinehuoltaja työssään [1]

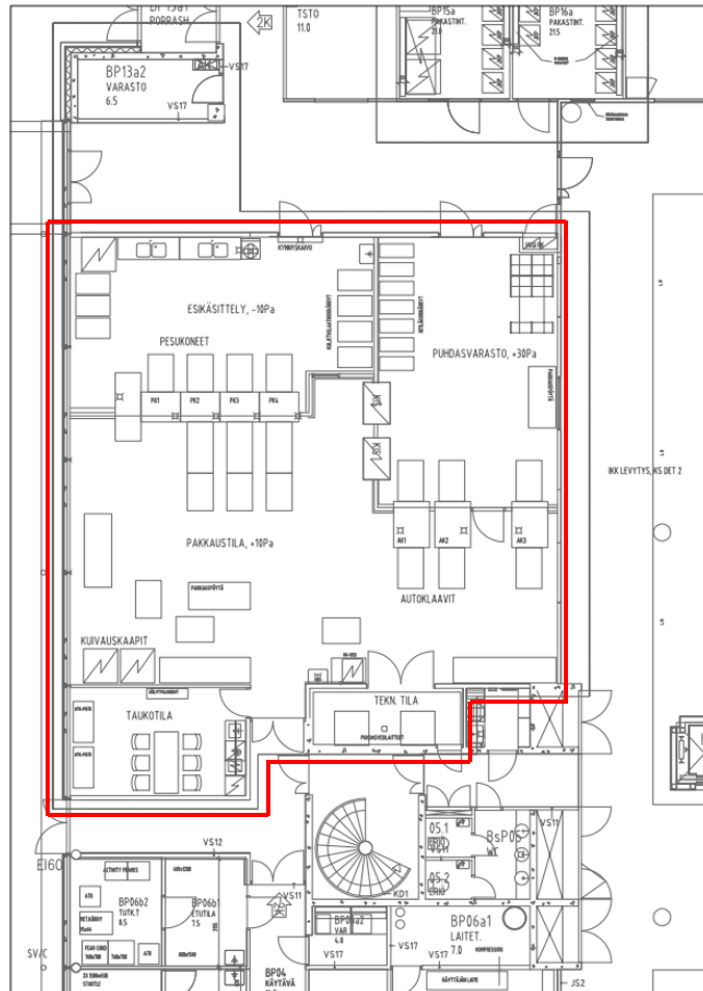
2.4 Välinehuolto tulevaisuudessa

Vaatimukset palveluiden tehokkaasta ja taloudellisesta tuottamisesta sekä uudelleenjärjestämisestä kasvavat lähivuosina. Yleisestikin terveydenhuoltopalvelujen tehostaminen ja uudelleenjärjestäminen on ollut keskustelujen painopisteenä viime vuosina. Globaalina ongelmana voidaan pitää infektioiden ja moniresistenttien bakteerien aiheuttamia epidemioita. Välineiden puhtaus ja steriiliys ovat tärkeimmät tekijät infektioiden hallinnassa ja laadukkaassa tutkimustyössä. [1; 3.]

Välinehuolto vastaa lukuisista välineistön huoltotoiminnoista ja steriloinnista, joilla on tärkeä merkitys hygienian kannalta. Välinehuollon asiantuntijarooli on siten tärkeä nyt ja tulevaisuudessa. Suurimpia haasteita välinehuoltopalveluille on taloudellinen kannattavuus, välineistön puhtaus, laatu ja saatavuus. Välinehoitopalveluiden yhdistäminen, kilpailuttaminen ja toiminnan tehostaminen välinehuollossa ovat ajankohtaisia asioita nyt ja myös tulevaisuudessa. [1; 3.]

3 Keskitetty välinehuolto Biomedicumilla

Tässä luvussa esitellään keskitetyn välinehuollon eri tilat työn esimerkkikohteessa Biomedicumilla Helsingissä. Keskitetyn välinehuollon pohjapiirustus on esitetty Kuva 4.



Kuva 4 Biomedicumien välinehuollon pohjapiirustus

3.1 Esikäsittelytila

Esikäsittelytilaan tuodaan likaiset tai käytössä olleet astiat ja välineet, jotka ovat olleet käytössä kiinteistössä. Tilaan tulevista astioista on tehtävä joko sähköinen tai paperinen huoltotilaus.

Välineistö kuljetetaan välinehuoltokeskukseen sovitun aikataulun ja kuljetustavan mukaisesti. Kohteessa esikäsittelytilaan on oma ovi yhdyskäytävältä. Täällä astiat ja työvälineet esikäsitellään ja välineiden kunto tarkastetaan.

Välineet lajitellaan pesua varten eri kategorioihin. Välinehuoltoprosessi kestää keskimäärin kolme tuntia. Tässä tilassa ei ole tarvetta erilliselle puhtausluokalle. Kiinteistön yleinen luokitus riittää.

Esikäsittelytilassa olevia teknisiä laitteita ovat pesukoneet ja niiden linjasto, kärryt, paineilma ja tekninen-paineilma. Pesualtaiden vieressä on puhdasvesipiste. Laitteiden sijoittelussa ja valinnassa tulee noudattaa hyvää suunnitteluperiaatetta. Laki terveydenhuollon laitteista ja tarvikkeista (629/2010/936/2017) määrittää laitteille tarvittavat asetukset.

3.2 Pakkaustila

Pakkaustilaan välineet siirtyvät pesukoneiden läpi esikäsittelytilasta. Pesukoneiden takia kosteuskuormat ovat suuret. Kulkua muiden tilojen ja pakkaustilojen välillä tulee välttää. Pesukoneista tulleet välineet tarkastetaan ja laitetaan erityisesti suunnitelluille kärryille tai omille laskutiloilleen. Kärryissä välineet kuljetetaan autoklaaveihin. Autoklaavit käsittelevät ja kuivaavat astiat ennen varastointia.

Sterilointiin liittyy myös erilaisia standardeja, jotka sisältävät menetelmiä ja vaatimuksia, joita välinehuollon toimintayksiköiden on pystyttävä toteuttamaan omassa sterilointitoiminnassaan. Höyrysterilointilaitteita, niiden rakennetta ja sterilointiprosessia sekä testausta koskevat seuraavat vaatimukset:

- **SFS-EN 285 + A2** (isot sterilointilaitteet)
- **SFS-EN 13060 + A1** (pienet sterilointilaitteet) [1]

3.3 Varastotila

Varastotila on oma tilansa. Varastossa käsitellyt välineet odottavat siirtoa uutta käyttöä varten. Varastotilaan välineet tulevat autoklaavien kautta pakkaustilasta. Autoklaavien tarkoitus on desinfioida välineet ja niitä kuljettavat alustat ja kärkyt. Varastotilan tulee olla puhdas, pölytön ja ylipaineistettu. Ilman kosteus prosentti tulee olla 40–60 %. Suosituslämpötila on 18–22 °C. Pakkaukset on suojattava voimakkaalta loisteputki- ja UV-valolta, koska ne haurastuttavat pakkausmateriaaleja. Ilmastointia ohjaa oma koneensa, jossa ilmasuodatustaso on normaalia parempi. [1]

3.4 Sosiaalityilat

Keskitetyn välinehuollon työntekijät tarvitsevat omat sosiaalitylansa, koska näin voidaan rajoittaa kulkua. Sosiaalitylat sijaitsevat pakkaustilan puolella. Sosiaalitylat erotetaan pakkaustiloista kahdella ovella. Esikäsitteilypuolen työntekijät pääsevät sosiaalityloihin ulkokaudesta kulkematta pakkaustiloihin.

3.5 Tekninen tila

Tekninen tila sijaitsee myös pakkaustilojen puolella. Tekniseen tilaan pääsee pakkaustilasta. Pääasiallinen kulku on kuitenkin käytävältä omasta huolto-ovesta. Tilassa sijaitsee puhdasvesilaitteisto. Puhdasvettä tarvitaan välinehuollon tiloissa olevissa laitteissa.

4 Keskitetyn välinehuollon LVI-tekniikka

Perinteisen LVI-tekniikan (lämmitys, jäähdytys, vesi, viemärointi ja ilmanvaihto) lisäksi keskitetyn välinehuollon LVI-tekniiseen toteutukseen sisältyy puhdasveden ja sairaalahöyryn tuottaminen sekä paineilma eri käyttötarkoituksiin.

4.1 Ilmanvaihto

Tässä luvussa on esitelty keskitetyn laitehuollon ilmanvaihdon mitoitusperusteet ja ilmapurkauksen hallinta.

4.1.1 Sisäilma

Sisäilmastoksi kutsutaan huoneessa vaikuttavien kemiallisten ja fysikaalisten aineiden kokonaisuutta. Tärkeimpiä ilmanlaatuun vaikuttavia tekijöitä on lämpötila, veto, kemialliset epäpuhtaudet, kosteus ja pöly. Lämpötilan ei saisi työpäivän aikana nousta yli 4 °C:n. Muutosnopeus saisi olla 0,6 °C tunnissa. [4]

Lämpiminä kuukausina ilman suhteellinen kosteus ulkona on korkea. Kesällä myös sisällä on kosteaa. Talvella suhteellinen kosteus laskee. Pölypölyt vaativat lisääntyäkseen yli 45 %:in suhteellisen kosteuden. Bakteereilla ja homesienillä lisääntymisraja on 60–70 %. Alhainen kosteus 10–20 % edistää limakalvojen kuivumista. Voimakkaimmin ilmankosteuteen reagoivat astmaatit. Sisäilman kuivuus onkin yleisin ongelma työpaikkojen sisäilmastossa. [4]

Erytystä huomiota tulee kiinnittää ihmisten erilaiseen reagointiin huonosta sisäilman laadusta. Ihminen aistii huonon ilmanlaadun varsin myöhään, kun vastaavasti mitattaessa huomataan jo suuria poikkeamia. Virallisia raja-arvoja Suomessa on annettu bentseenille, asbestille, lyijylle ja radioaktiivisille aineille. Työsuojeluhallitus on kirjannut talteen näiden aineiden HTP-arvoja. Yleinen ohjeistus uuden rakennuksen sisäilmastoa koskevista määräyksistä on ympäristöministeriön verkkosivustolla. [4]

4.1.2 Ilmamäärät

Ulkoilmavirta määräytyy ensisijaisesti henkilöperusteen mukaan. Jos henkilömäärää ei ole suunnitteluvaiheessa luotettavasti määritettävissä, käytetään huonekohtaista, pinta-alaan, laitteiden tai kalusteiden määrään perustuvaa mitoitusta.

Vähimmäisulkoilmavirta on $6 \text{ dm}^3/\text{s}/\text{hlö}$. Joissakin rakennuksissa ja tiloissa voi olla käyttötarkoituksesta riippuvaa lisäilmavirran tarvetta, jolloin vähimmäisilmavirta on suurempi kuin $6 \text{ dm}^3/\text{s}/\text{hlö}$. Suurempi epäpuhtauskuorma on näissä tiloissa verrannollinen henkilömäärään, ja ilmanvaihdon tarve voidaan ilmaista henkilömäärän perusteella (esim. liikuntatilat, sairaalat ja hoitolaitokset ja eräät työtilat). [5]

Pääsääntöisesti rakennuksen tai sen osan kokonaistulo- ja poistoilmavirrat mitoitetaan yhtä suuriksi siten, ettei rakennusvaipan yli synny haitallisia paine-eroja. Alueen sisällä tulo- ja poistoilmavirtojen suuruus määritetään siten, että ilma virtaa puhtaammista tiloista likaisempiin päin. Tuloilmavirran on vastattava suuruudeltaan poistoilmavirtaa myös, kun tilassa käytetään ajoittain erillispoistoja. Suunnitelmissa on esitettävä, miten erillispoistojen korvausilma tuodaan (paikallispoistot, huuvat ja liesikuvut). [5]

4.1.3 Ilmavirtojen hallinta

Ilmavirtaa ohjataan paine-erosuhteilla. Ilman tulee liikkua puhtaammalta alueelta kohti likaisempaa. Rakenteiden saumat ja rakenteita lävistävien putkien, kanavien ja laitteiden läpivientiaukot tulee tiivistää huolellisesti, jotta paine-erot pystytään pitämään haluttuna.

Taulukko 1 on esitetty erilaisten tilojen suunniteltuja paine-eroja. Välinehuollon tiloille ei ole annettu ohjeellisia arvoja. Hyvä on kuitenkin pitää yli 10 Pa:n ylipaine steriilissä tilassa. Huomiota tulee kiinnittää huoneen ilmamäärään vaihtuvuus kertoimeen (n/h). Välinehuollon tiloissa tämä luku on 10–15. Lisäksi pakkaus- ja varastotiloihin tuotavan rahtisilman tulee olla HEPA-suodatettua. [5]

Taulukko 1 Välinehuollon ilmanvaihtokerroin, ilman suodatusvaatimukset sekä painesuhde tulon ja poiston välillä. Suodatus merkitty vanhoilla 2017 muuttuneilla tiedoilla. Uudet luokat ovat ISO ePM 1, ePM 2,5, ePM 10 ja Coarse [5]

Tila	IV-kerroin n/h	Suodatus F/H	Painesuhde	ISO- Luokka
Leikkaussalit (korkea hygienia)	> 17	5 + 8 + 12	Ylip. 15 Pa	5
Yleisleikkaussali	> 17	5 + 8 + 10	Ylip. 10-15 Pa	7
Infektioleikkaus	> 17	5 + 8 + 10	Alip. 0-10 Pa	7
Tartuntaeristys	3 - 10	5 + 8	Alip. 12 Pa	
Suojaeristys		5 + 8 + 10	Ylip. 15 Pa	7
Välinehuolto, pesu	10 - 15	5 + 8	Ylip.	
Välineh., sterilointi, steriili varasto	10 - 15	5 + 8 + 12	Ylip.	

4.2 Puhdasvesi

Puhdasvedellä tarkoitetaan puhdistettua vettä, jonka laatua tarkkaillaan. Vedestä poistetaan tiettyjä ioneja ja kaasuja, kuten kloridia, kalsiumia, sulfaattia, ammoniumia, raskasmetalleja ja hiilidioksidia. Puhdasvedet voidaan jakaa karkeasti kahteen luokkaan PW, Purified Water (puhdistettu vesi), sekä WFI, Water For Injection, (injektiovesi). Puhdasvesijärjestelmän tarkoitus on puhdistaa kiinteistöön tuleva vesi, jotta se täyttäisi kemiallisilta ja mikrobiologisilta arvoiltaan terveydenhuoltoon ja sen laitteisiin määrätyt laatuvaatimukset. [6]

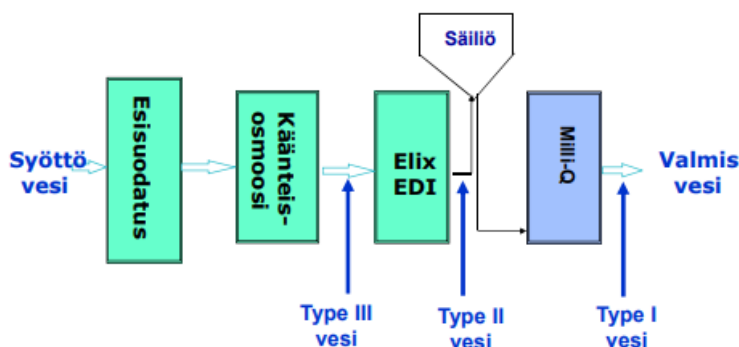
Puhdasvedelle osoitetut laatuvaatimukset vaihtelevat käyttötarkoituksen mukaan. Puhdistetusta vedestä tutkitaan johtokyky, pH, kloridit, sulfaatit, ammonium, kalsium, TOC (total organic carbon), raskasmetallit, haihdutusjäännös sekä aerobisten mikrobien kokonaismäärä. [6] Taulukossa Taulukko 2 on esitetty Merck Milliporen luokitus puhtaalle vedelle.

Taulukko 2 Merck Milliporen luokitus puhtaalle vedelle [7]

Kontaminaatio	Parametri & yksikkö	Type 3	Type 2	Type 1
Ionit	Resistiivisyys (M Ω .cm)	> 0.05	> 1.0	> 18.0
Orgaaniset	TOC (ppb)	< 200	< 50	< 10
	Pyrogens (Eu/ml)	NA	< 0.25	< 0.03
Partikkelit	Particulates > 0.2 μ m (units / ml)	NA	NA	< 1
Kolloidit	Silica (ppb)	< 1000	< 100	< 10
Bakteerit	Bacteria (cfu/ml)	< 1000	< 100	< 1

Puhdas vesi jaetaan kolmeen luokkaan Kuva 5:

- III-luokka – käänteinen osmoosi, tislattu, ioninvaihto
- II-luokka – yhdistetty eri tapoja puhdistaa vettä (esim. Elix[®])
- I-luokka (ultrapuhdas) – vapaa epäpuhtauksista (Milli-Q[®])



Kuva 5 Puhdasveden valmistusprosessit luokittain [7]

Luokan III vettä käytetään pesukoneen viimeisessä puhdasvesihuuhtelussa autoklaavien syöttövetenä. Luokan II vettä käytetään mm. laboratorion yleisvedeksi, pesukoneen viimeiseen puhdasvesihuuhteluun, autoklaaveihin, mikrobiologisen laboratorioiden vedeksi ja akkuedeksi. Luokan I vettä käytetään soluviljelyssä. [7]

Muun muassa seuraavat tahot ovat määrittelleet laboratorioveden standardeja:

- ASTM: American Society for Testing and Materials
- CLSI: Clinical & Laboratory Standards Institute
- ISO: International Standard Organization
- USP: United States Pharmacopoeia
- EP: European Pharmacopoeia [7]

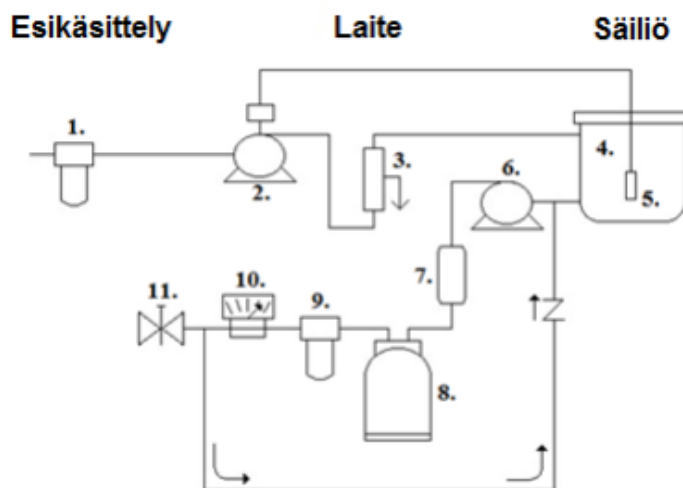
4.2.1 Puhdasveden tuottaminen

Puhdasvesijärjestelmä koostuu esikäsittelyosasta, varsinaisesta puhdistuslaitteistosta, varastosäiliöstä, kiertojohdosta, käyttöpisteistä ja erilaisista instrumenteista monitorointia varten. [7] Kuva 6 on valokuva eräästä puhdasvesilaitteistosta.



Kuva 6 Puhdasvesilaitteisto

Kuva 7 on esitetty teoreettinen puhdasvesijärjestelmän toimintakaavio, jolla voidaan tuottaa puhdistettua vettä sairaaloiden sovelluksiin [7].



Kuva 7 Puhdasveden tuottamisen laitteistokaavio.

Kuva 7 toimintakaavion vaiheet ovat seuraavat [6]:

1. Vesi johdetaan esikäsittelylaitteistoon.
2. Esikäsitellyn kaupunkiveden paine (min 0,7 bar, max 8,6 bar) nostetaan 13 bar:iin.
3. Vesi ohjataan käänteisosmoosikoneikkoon, jossa vesi kulkee kalvon läpi.
4. Tuotevesi, eli permeaatti kerätään varastosäiliöön.
5. Paineenkorotuspumpun käyntiä ohjataan säiliön pinnan korkeuden mukaan.
6. Kierrätyspumulla vesi ohjataan suljettuun kiertolinjaan.
7. Permeaatti kierrätetään aktiivihiilisuodattimen läpi
8. Suodatettu vesi johdetaan sähköiseen ioninvaihtimeen, jolla tuotetaan täysin suolavapaata vettä.
9. Suolapoistettu vesi ajetaan mikrosuodattimen läpi.
10. Mittausmonitori tarkkailee veden sähköjohtokykyä.
11. Suolapoistettu tuotevesi otetaan erityishanasta käyttöön.

Vedenpuhdistustekniikoita on useita. Niitä ovat esimerkiksi tislauk, esisuodattimet, vedenpehmentäjät, ioninvaihtajat, käänteisosmoosi sekä bakteerisuodattimet, ultrasuodattimet sekä UV-hapetus eli hapettaminen ultraviolettivalolla. [7]

4.2.2 Puhdasvesiverkoston suunnittelu

Puhdasvesijärjestelmän suunnittelussa on otettava huomioon puhdistetun veden kulu- tus, laitteiden ja käyttäjien asettamat vaatimukset. Terveystieteiden välinehuollossa käytettävät höyrysterilaattorit edellyttävät, että niiden käyttämä vesi täyttää standardin ISO EN285 vaatimukset. Liian suuri vedentuotto saattaa pidentää varastointiaikaa, mistä seuraa laatuongelmia. Myöskään liian puhtaan veden tuottaminen ei ole kannattavaa taloudellisesti. [8]

Putkistomateriaalin pitää olla sellaista, että se estää mikrobeja kiinnittymästä putkiston sisäpintoihin. Puhdasvesijärjestelmien kiertolinjoissa käytettyjä putkimateriaaleja ovat kupari, haponkestävä teräs sekä erilaiset muoviputket, kuten PVDF- (polyvinyyliidifluo- ridi), PVC- (polyvinyylikloridi), PP- (polypropeeni), ABS- (akrylinitriilibutadieenistyreeni) putki. Muoviputkien liitokset tulee tehdä infrapunahitsaamalla. [9]

4.3 Paine-, lääkkeellinen ja instrumenttipaineilma

Paineilma on kompressorilla tuotettua ylipaineistettua ilmaa, jota käytetään muun mu- assa työkalujen käyttövoimana.

Lääkkeellistä ilmaa käytetään esim. hengityskonehoidossa, anestesian yhteydessä, mui- den hengitettävien aineiden ponneaineena tai elin- tai solunsiirron tai laajojen palovam- mojen yhteydessä. [10]

Instrumentti-ilman ominaisuudet ovat samat kuin hengitysilman. Euroopan farmakopea ei aseta lisävaatimuksia instrumentti-ilmalle. Instrumentti-ilman tulee kuitenkin olla yhtä puhdasta kuin hengitysilma. Instrumentti-ilmaa käytetään ensisijaisesti kirurgisten väli- neiden käyttövoimana leikkaussaleissa. [11]

Hengitettävän paineilman laatustandardit määritellään EN 12021 -standardissa, joka on tiukempi kuin teollisuudessa käytetty ISO 8573-1: 2010. Sairaala- ja lääkkeellisen pai- neilman laatustandardit määritellään European Pharmacopoeiassa. [11]

ISO 8573-1:2010 on kansainvälinen paineilman laatustandardi. Standardi määrittelee paineenalaisen ilman hyväksyttävät jäännöspitoisuudet pölyn, veden ja öljyn suhteen. Paineilman laatustandardi pitää sisällään alastandardeja, jotka määrittelevät esimerkiksi sen, miten mikäkin epäpuhtaus mitataan. Laatustandardin puhtausluokkien perusteella voidaan selvittää, millainen paineilmalaitteisto tarvitaan. [11]

Taulukko 3 Paineilman laatuluokituksen vaatimukset [11]

ISO 8573-1:2010 LUOKKA	Kiinteät hiukkaset			Vesi Paineenalainen kastepiste	Öljy Kokonaisöljy mg/m ³
	Hiukkasten maksimimäärä / m ³				
	0,1 – 0,5 µm	0,5 – 1 µm	1 – 5 µm		
1	≤ 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

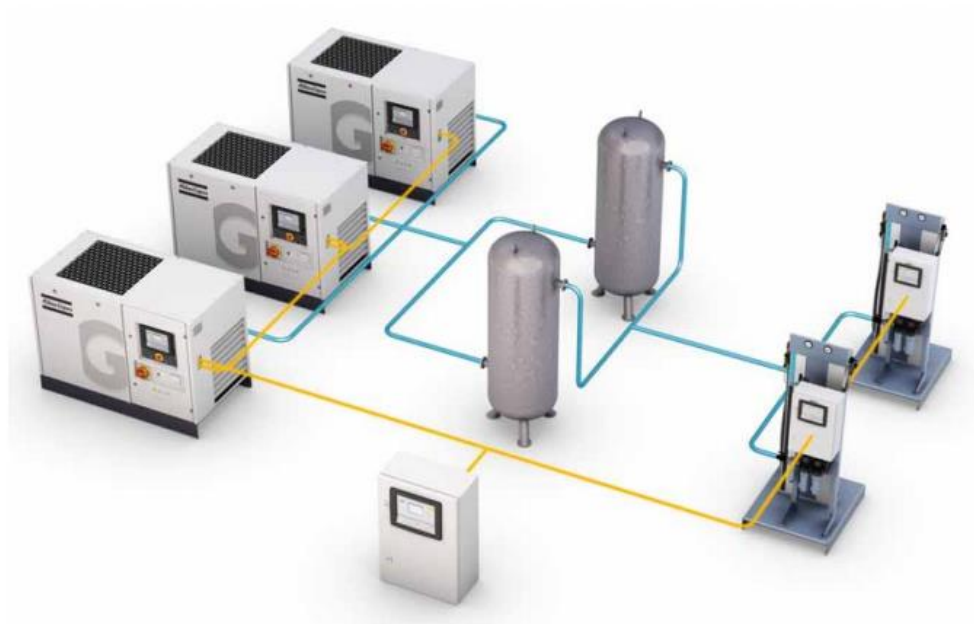
4.3.1 Paineilman tuottaminen

Paineilmaverkkoon tuotetaan keskitetysti ilmaa kompressoreilla. Paineilmaa voidaan tuottaa myös paikallisesti pienillä yksi- tai kolmivaihevirtakompressoreilla yhden tai muutamien koneiden tarpeeseen. [11]

Paineilman tuottamisen vaiheet ovat seuraavat [11]:

- ilman paineistus kompressorilla
- ilman mahdollinen puhdistus
- ilman varastointi säiliöön painevaihteluiden tasaamiseksi.

Lääkkeellisen ilman ja instrumentti-ilman tuotantoon käytetään öljytöntä paineilmaa tuottavia mäntä-, ruuvi-, hammasroottori- tai scrollkompressoriyksiköitä. Eri valmistajilta löytyy lääkkeellisen ilman tuottamiseen tarkoitettuja omia kompressoriyksiköitä. [11]



Kuva 8 Kompessori, paineilmasäiliö, paineilmalaitteisto, sekä ohjausyksikkö [11]

4.3.2 Paineilmaverkoston suunnittelu

Eri tarkoitukseen olevia paineilmapiiirejä ei saa sekoittaa keskenään. Näiden yhdistäminen voi aiheuttaa arvaamattomia vaihteluita kulutuksessa ja siten vaarantaa potilashoidon turvallisuutta ja heikentää ilman laatua. Alla mainitut laitteet ja järjestelmät vaativat oman painetta tuottavan yksikkönsä [12]:

- sterilointijärjestelmät (autoklaavit, pesukoneet)
- yleiset työpajat ja korjaamot
- ruiskumaalaus, renkaiden täyttö tms.
- ilmanvaihdon pneumaattinen ohjaus
- vedenkäsittelylaitteiden pneumaattinen ohjaus
- hydraulisten nesteiden paineistus.

Kompressoriyksiköt varustetaan paineohjauksella ja automaattisella vuorottelukäytöllä, jolloin käyttötunnit pysyvät samantasoisina ja laitteiden huollot voidaan järjestää yhdenaikaisesti. Mitoituspaineen laskennassa huomioidaan puhdistusyksikköjen, kompressorihuoneen putkistojen ja kompressorin paineohjauksen aiheuttamat painehäviöt. Kompressorin mitoituspaine on 1–2 bar suurempi kuin tarvittava syöttöpaine. [12]

Ilmakompressorijärjestelmien paineentasaus- ja varastosäiliöinä käytetään standardin SFS-EN 13445 mukaisia, happipestyjä, ruostumattomasta tai haponkestävästä teräksestä valmistettuja painesäiliöitä [12].

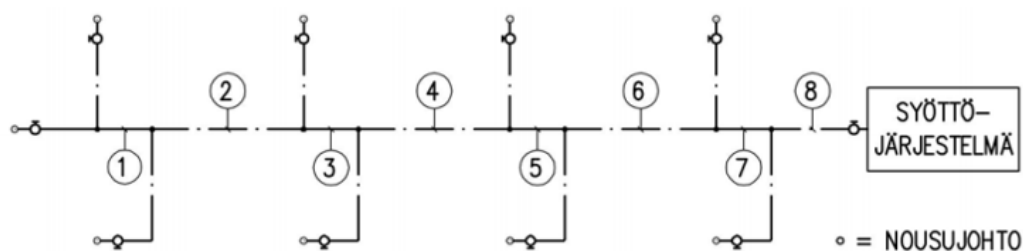
Kompressorin paineentasaussäiliö tasaa kompressorin käyntiä, ja sen koko valitaan kompressoriyksikön tuoton mukaan. Säiliöt tulee varustaa automaattisella lauhteenpoistimella, tyhjennysventtiilillä, varoventtiilillä, tarkastusaukolla ja painemittarilla/-anturilla. Tulo- ja lähtöyhteisiin asennetaan lisäksi sulkuventtiilit. [12]

Varasto- ja puhdasilmasäiliöt sijoitetaan puhdistusyksiköiden jälkeen, ennen verkostopaineensäätimiä. Ne tasaavat kulutuksesta aiheutuvia verkoston painevaihteluja sekä varastoivat vaatimusten mukaiselle tasolle puhdistettua ilmaa terveydenhuollon yksikön tarpeisiin. [12]

Kompressorihuone sijoitetaan yleensä ulkoseinän lähelle keskeisesti kulutukseen nähdessä. Kompressoriyksiköiden ympärille jätetään vähintään 600 mm huoltotilaa, lisäksi sähköturvallisuusmääräykset edellyttävät vähintään 800 mm vapaata tilaa sähkökeskukseen edessä. [12]

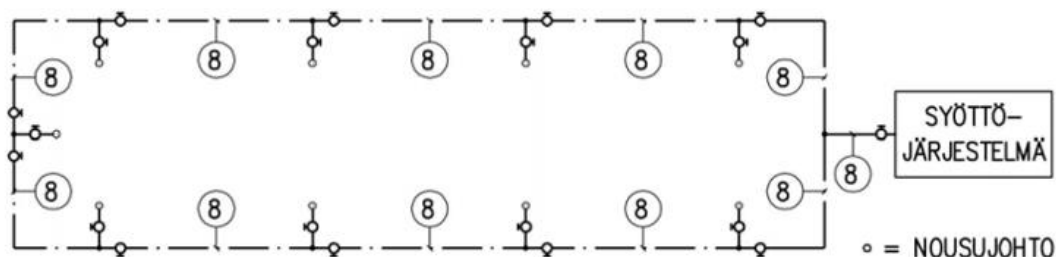
Kompressorihuoneen ilmanvaihto mitoitetetaan ja järjestetään laitevalmistajien suositusten mukaisesti. Kompressorihuoneessa on oltava vähintään yksi lattiakaivo lauhteveden poistoa varten. [12]

Sairaalakaasuputkistot rakennetaan joko suorina tai rengasverkostoina. Kuvassa Kuva 9 on esitetty suoran paineilmaverkoston kaavio. Suorien verkostojen runko-osuudet (1–8) mitoitetaan jokaiselle osuudelle erikseen laskettavalla mitoitusvirtaamalla. Runkosuuden mitoitusvirtaama muodostuu liittyvien nousujohtojen mitoitusvirtaamien summasta. [12]



Kuva 9 Suoran paineilmaverkoston kaavio [12]

Rengasverkostoja käytetään isoissa 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. [12]



Kuva 10 Rengasmaisen paineilmaverkoston kaavio [12]

Lisäksi kaasuputkiston reitin suunnittelussa tulee ottaa huomioon, että tarkastukset voidaan suorittaa mahdollisimman helposti. Putkia ei tule sijoittaa yhdensuuntaisten kaapelireittien yläpuolelle. Jos tätä ei voida välttää, tulee kaasuputkien ja sähköjohtojen välinen etäisyys olla vähintään 150 mm. Kaapelireitin ylityksen kohdalla etäisyyden tulee olla vähintään 100 mm. Venttiilejä tai kaasuliittimiä ei sijoiteta kaapelireittien tai valaisemien yläpuolelle. Kaasuputkia ei saa sijoittaa myöskään hissikuiluihin eikä sähkön nousukuiluihin. Kaasuputkisto ei saa joutua alttiiksi lämpötilalle, joka on käyttöpaineella korkeintaan 5 °C kaasun kastepisteen yläpuolella. [10]

4.4 Sairaalahöyry

Sairaalahöyry on sairaalarakennuksessa höyrykattilalla tuotettua höyryä. Riippuen käyttötarkoituksesta, saatetaan kattilaan menevä vesi puhdistaa ennen höyrytämistä. Sairaalahöyry on tulistettua höyryä. Tulistettu höyry on tiivistymislämpötilaa korkeammassa lämpötilassa, eli se voi menettää lämpöä ennen kuin alkaa tiivistyä eli nesteytyä. [13]

Merkittävimmät kuluttajat ja käyttökohteet terveysthuoltopalveluita tuottavien kiinteistöjen sisällä ovat

- ravintokeskus: ruuan valmistus, astioiden puhdistus
- pesula: pyykinpesu, prässääminen, desinfiointi
- leikkaussalit: sterilointi, pesukoneet, lämmitys
- välinehuoltokeskus: sterilointi
- laboratorio: autoklaavit, tislauslaitteet
- ilmastointi: ilmastokostutus
- lämmönvaihdin: varalla olevat laitteet.

4.4.1 Höyryn tuottaminen

Höyrykattilan (Kuva 11) toimintaperiaatteena on tuottaa kattilaan syötettävästä vedestä höyryä. Kattilaa voidaan kuvata pitkänä putkena, johon toisesta päästä syötetään neste-mäinen vesi sisään ja toisesta päästä se poistuu vesihöyryinä. Vesi lämmitetään höyrystymispisteeseen, ja tämän jälkeen vesi höyrystyy paineen mukaiseen höyrystymislämpötilaansa. Saatu vesihöyry lämmitetään lopuksi höyrystymislämpötilaa suurempaan lämpötilaan. Tätä kutsutaan vesihöyryn tulistamiseksi. [13]



Kuva 11 Höyrykattila [13]

Tarvittava energia veden lämmittämiseen, höyrystämiseen ja tulistamiseen saadaan käyttämällä fossiilisia polttoaineita tai vaihtoehtoisesti sähköä vastusten kautta. Energia sitoutuu polttoaineen palamisesta muodostuneisiin savukaasuihin ja savukaasut johdetaan lämmönvaihtimiin, joissa lämpöenergia siirtyy veteen. Lämmönvaihtimien jälkeen savukaasut ohjataan puhdistukseen ja savupiipun kautta ympäristöön. [13]

Isojen poltinkattiloiden rinnalla saatetaan käyttää sähkökattiloita. Sähkökattilalla tuotetaan lisähöyryä ja pidetään verkostoa ja öljypoltinkattilaa ylipaineisena silloin, kun öljypoltinkattilaa ei käytetä. Rinnakkaiskäytön etuna on verkoston ja öljypoltinkattilan pitkäkestävyys. Lisäksi öljypoltinkattila voidaan käynnistää ilman esilämmitysvaihetta. Sähköhöyrykattiloita voidaan myös käyttää kohteissa, joissa höyryntarve on hyvin vähäinen. [13]

Kattilan keskeisiin osiin kuuluvat polttoaineen kuljetus- ja käsittelylaitteet, palamisilman tuontijärjestelmä, savukaasujen poisto ja puhdistus, varsinainen höyrykattila, vesi-höyryputkisto ja kattilan toimintaa ohjaava automatiikka. Lisäksi tärkeä komponentti on syöttövesijärjestelmä, joka tuo tuoretta vettä kattilaan höyrystettäväksi. [13]

Höyryjärjestelmään kuuluu myös monia oheislaitteita, jotka vaikuttavat suoraan tai epäsuoraan höyryntuotantoon. Ilman oheislaitteita kattila ei voi toimia. Oheislaitteilla säädetään kattilan toimintaa haluttuihin arvoihin ja ohjataan kattilan tuottoa. [13]

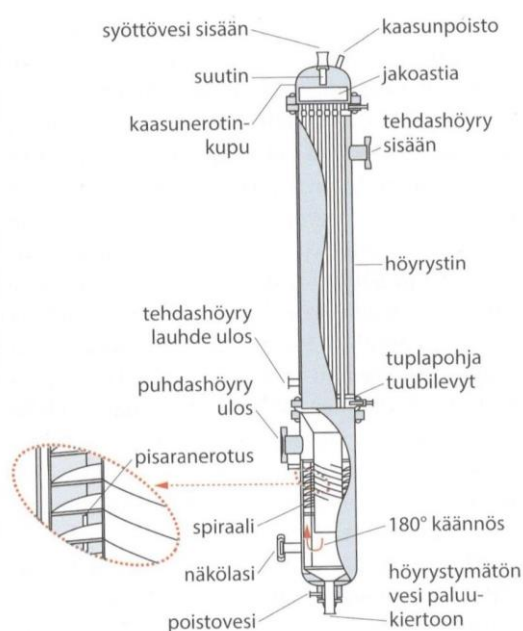
Terveystieteiden, sairaala- ja tutkimuskäyttöön on lisäksi suunniteltu puhdashöyrykehittämiä. Puhdashöyrykehitin (Kuva 12) on määritelmän mukaan suunniteltu tuottamaan steriiliä höyryä. Vedeksi lauhdutettuna puhdas höyry täyttää sekä Yhdysvaltojen että Euroopan farmakopeoiden vaatimukset injektiovedelle (WFI). Puhdashöyrykehittimien määrä on jatkuvasti yleistynyt, minkä syynä ovat tiukentuneet Euroopan direktiivit. [1]



Kuva 12 Puhdashöyrykehitin [1]

Kuvassa Kuva 13 on esitetty puhdashöyrykehittimen tyypillisen kolonnin poikkileikkaus. Puhdashöyrykehittimen toiminta voidaan jakaa seuraaviin vaiheisiin:

1. Esitäytetty vesi syötetään kolonniin sen yläosasta
2. Kolonnin hatussa oleva kaasunpoistin poistaa hienoksi sumuksi muodostuvasta syöttövedestä liukenemattomat kaasut.
3. Syöttövesi jaetaan tasaisesti kolonnin sisällä oleviin pystysuoriin höyrystinputkiin.
4. Syöttövesi höyrystyy sisällä olevien höyrystinputkienpinnalla alaspäin valuessaan
5. Höyry erotetaan vedestä painovoiman avulla (vesi lähtee ylöspäin, höyry alaspäin)
6. Ylöspäin kulkevaan höyryyn aiheutetaan keskipakois- eli sentrifugaalinen puhdistus kiertoliikkeen avulla, höyryn nopeuden kiihtyessä riittävän suureksi.
7. Jäljelle jäänyt vesi poistuu kolonnin alaosan kautta.



Kuva 13 Puhdashöyrykehittimen tyypillisen kolonnin poikkileikkaus [1]

4.4.2 Höyryverkoston suunnittelu

Höyryverkoston suunnittelu aloitetaan määrittämällä paine, jolla höyryä siirretään. Valinnassa tulee huomioida käyttökohteen tarvitsema lämpötila ja siten myös paine. Paineen

valinnan jälkeen valitaan materiaaliltaan oikeat ja sopivan kokoiset höyryputket. Usein putkikoko valitaan höyrykattilan tai höyryä kuluttavan laitteen yhteen koon mukaan. Lisäksi suunniteltaessa järjestelmää, jossa käytetään puhdashöyryä, tulee huomioida höyryn aggressiivisuus. Puhdas höyry pyrkii irrottamaan materiaalista molekyylejä päästäkseen tasapainoon. Puhtaan höyryn kanssa kosketuksissa olevien materiaalien tuleekin olla riittävän jaloja. Yleisin käytetty materiaali höyrylinjoissa on AISI 316L, eli haponkestävä teräs. [14]

Putkia ei tule yli- tai alimitoitaa. Ylimoitetuissa putkissa asennus- ja käyttökustannukset ovat suurempia. Lisäksi lämpöhäviö on suurempi ylimoitetussa putkessa. Alimitoitettu putki aiheuttaa suuria painehäviöitä. Alimitoitetussa putkessa virtausnopeudet kasvavat liian suuriksi. Tämä aiheuttaa tarpeettomia vesi-iskuja ja kulumista putkistossa. [14]

Suosittelu virtausnopeus kylläiselle höyrylle vaihtelee käyttökohteen mukaan. Prosessiputkilla virtausnopeuden suositukset ovat 25–40 m/s. Laajoissa linjoissa nopeudet ovat 15–25 m/s. Ylärajana voidaan kuitenkin pitää nopeutta 40 m/s. Yli 50 m pitkille putkilinjoille vaaditaan aina painehäviötarkastelua, riippumatta nopeudesta. [15]

Höyryverkostossa haasteina ovat vesi-iskut ja kohdat, joihin lauhde voi kerääntyä. Kulutuksen vaihdellessa, myös höyryn virtausnopeus vaihtelee. Tämä kasvattaa vesi-iskujen vaaraa. [14]

Höyryputkessa virtaussuunnan tulee olla laskeva. Vesityksiä tulee olla riittävästi, ja kaikki liitettävät haarat tulee ottaa putken yläpinnalta. Putkivarusteet tulee asentaa oikein (suspistukset ja suodattimet), lisäksi putket täytyy eristää huolella. [14]

Lauhteenpalautusputken mitoitus on haastavaa. Lauhtunut vesi tulee poistaa höyryputkesta. Lauhde vähentää tilavuutta, jossa höyry pystyy kulkemaan. Putkistosta tulee poistaa ylimääräiset mutkat, venttiilit ja muut laitteet, nämä lisäävät lauhteen kerääntymistä putkiin. Lauhteen lisäksi putkista tulee poistaa ilmaa. Ilma on tehokas eriste, ja se aiheuttaa kylmiä kohtia putkistoon ja huonontaa lämmönsiirtoa. [14]

5 Laitteet välinehuollossa

Tässä luvussa on esitetty välinehuollossa käytettyjä laitteita ja niiden toimintoja.

5.1 Pesukoneet

Välinehuollossa käytetään suuria pesu- ja desinfiointikoneita (Kuva 14). Taulukko 4 on esitetty pesu- ja desinfiointikoneita koskevat vaatimukset. Koneen puhdistusprosessi on jaettu yleensä neljään vaiheeseen [1]:

- puhdistus- ja desinfiointi
- sterilointi
- dokumentointi
- varmennus.



Kuva 14 Välinehuollossa käytettävä pesukone [1]

Taulukko 4 Pesu- ja desinfiointikoneita koskevat vaatimukset löytyvät standardisarjasta SFS-EN ISO 15883

EN ISO 15883	Pesu- ja desinfiointikoneet	Esimerkkejä pestävistä tuotteista
Osa 1	Yleiset vaatimukset, termit ja määritelmät sekä testit	
Osa 2	Vaatimukset ja testit leikkausinstrumenttien, anestesiavälineiden, kulhojen, astioiden, maljojen, tarvikkeiden, lasitavaroiden, jne. pesu- ja lämpödesinfiointikoneille (ns. instrumenttien pesu- ja desinfiointikoneet)	Leikkausinstrumentit, välineet, instrumenttikorit, MIS-instrumentit, onteloiset välineet ja letkut, jäykät endoskoopit, anestesia- ja hengitysvälineet, kulhot, astiat ja maljat, lasitavarat, kuljetuslaatikot, desinfiointia kestävä lelut
Osa 3	Vaatimukset ja testit eriteastioiden huuhtelu- ja desinfiointikoneille (ns. huuhtelu- ja desinfiointikoneet)	Kannettavat saniteettiasiat, kertakäyttöisten alusastioiden tuet, sairaalavadiit, virtsapullot, imupullot ja edellä mainittujen kaltaiset ja vastaaviin tarkoituksiin käytettävät tuotteet
Osa 4	Lämpöherkkien endoskooppien kemialliseen desinfiointiin tarkoitettujen pesu- ja desinfiointikoneiden vaatimukset ja testit (ns. endoskoopikoneet, skoopikoneet)	Taipuisat lämpöherkät tähytimet
Osa 5	Testiaineet ja -menetelmät puhdistustehokkuuden osoittamiseksi (tekninen spesifikaatio)	-
Osa 6	Ei-invasiivisten ja ei-kriittisten terveydenhuollon laitteiden ja tarvikkeiden lämpödesinfiointiin tarkoitettujen pesu- ja desinfiointikoneiden vaatimukset ja testit (ns. osastokoneet, vaununpesukoneet)	Ei-invasiiviset lääkintätekniset laitteet, pesukulhot, siivousvälineet, jalkineet, sterilointikontainerit ja kuljetuslaatikot ja -vaunut, sairaalasängyt, pyörätuolit, apuvälineet
Osa 7	Lämpöherkkien ei-invasiivisten ei-kriittisten terveydenhuollon laitteiden ja tarvikkeiden kemiallista desinfiointia koskevat vaatimukset ja testit	Sama kuin yllä, mutta kemiallinen desinfiointi

Kun pestäviä välineitä on paljon, asennetaan useita pesukoneita rinnakkain. Pesukoneen muistiin on tallennettu erilaisia pesuohjelmia. Ohjelmien muokkaaminen on estetty avaimella tai pääsykoodilla. [1]

Suurissa välinehuoltokeskuksissa voidaan käyttää monikammiopesukoneita, eli niin sanottuja tunnelipesukoneita. Tunnelipesukone koostuu useasta eri kammioista, mutta normaalisti kammioiden lukumäärä on kolmesta viiteen. Viimeisenä kammiona on aina kuivauskammio. [1]

Taipuisat laitteet kuten tähytimet vaativat oman pesukoneensa. Nämä pesukoneet tulisi sijoittaa osastoille, mahdollisimman lähelle käyttöpaikkaa. [1]

5.2 Autoklaavit

Autoklaaveja käytetään, jotta päästäisiin mikrobeista eroon. Autoklaavi on suljettava ilmatiivis paineastia, jossa kappaleet kuumennetaan esimerkiksi höyryllä. Kuuma höyry kulkeutuu välineiden paperilaminaattipussin paperipuolen lävitse välineeseen ja tuhoaa siitä elolliset mikrobit. Välineet pysyvät steriilinä pussissa avaamiseen tai laskettuun aikaan saakka. Autoklaavit voivat olla pieniä pöytämalleja, tai isoja paikalleen asennettuja laitteita. [1]

Autoklaavit voidaan jaotella väliaineen mukaan kolmeen ryhmään [1]:

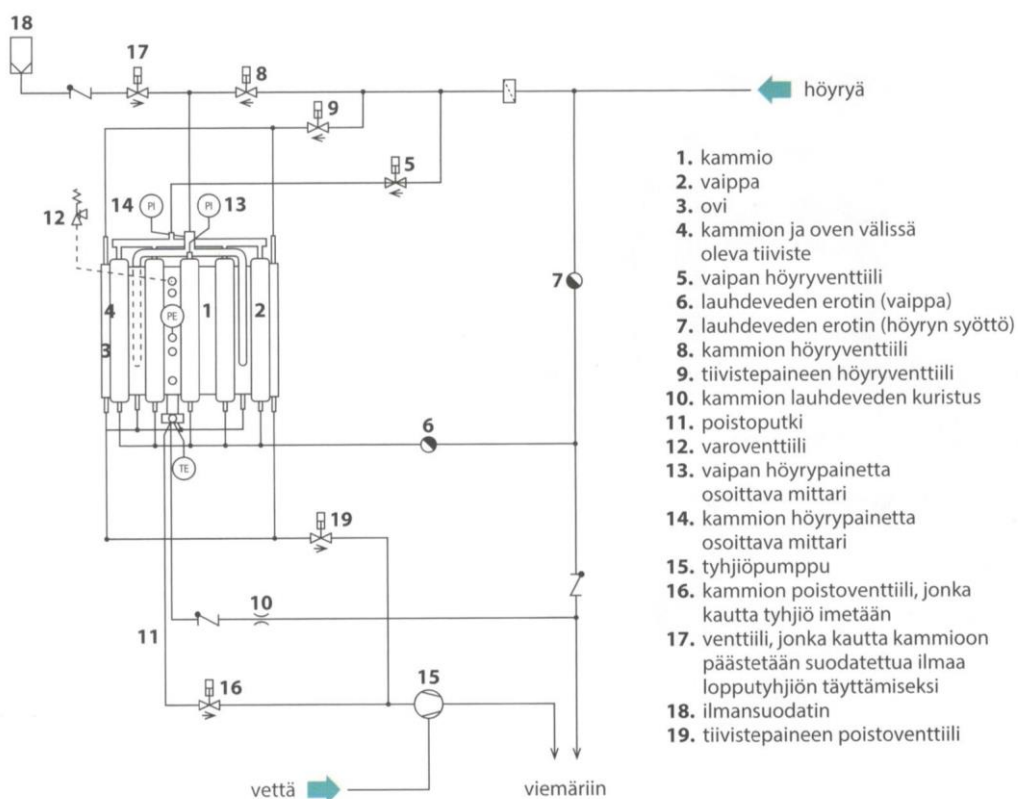
- höyryautoklaavi
- kaasautoklaavi
- plasma-autoklaavi.

5.2.1 Höyryautoklaavi

Höyryautoklaavin toiminta perustuu korkeisiin lämpötiloihin, pitkiin käsittelyaikoihin, yli-paineeseen, sekä kylläiseen vesihöyryyn. Höyryautoklaavi soveltuu lähes kaikille kuumennusta kestäville materiaaleille, kuten lasi, kumi ja metallit sekä myös nesteille. [1]

Höyryautoklaavissa olevaa kohdetta pidetään +121 °C:n lämpötilassa vähintään 15 minuuttia 1 bar:n paineessa. Myös korkeampaa +134 °C:n lämpötilaa ja 2 bar:n painetta käytetään. Tällöin käsittelyaika on luonnollisesti lyhyempi. Autoklaavissa vesihöyryn on täytettävä koko sterilointiastian sisätila. Höyryautoklaavia pidetään tehokkaimpana sterilointimenetelmänä. [1]

Kuva 15 on esitetty autoklaavin sterilointiprosessi.



Kuva 15 Höyryautoklaavin toimintakaavio [1]

Kammioon (1) laitetaan tuotteet. Vahvalla tukirakenteella vahvistetut ovet (3) suljetaan. Kammion ja oven välissä tiiviste (4), joka puristetaan höyryn tai paineilman avulla ovea vasten. [1]

Tiivisteiden takana olevaa painetta ohjataan tiivistepaineventtiilillä (9). Vaippa (2) on kammion ympäröivä tila, jonka tehtävänä on ylläpitää kammion lämpötilaa höyryn avulla. Vaipan lämpötilaa säädetään höyryventtiilillä (5). [1]

Vaippaa ja sitä kautta autoklaavia lämmitettäessä höyry lauhtuu vedeksi. Lauhdeveden erotin (6) päästää pois vaippaan lauhtuneen veden. Lauhdeveden erotin (7) höyryn syöttöputkessa poistaa lauhteen ennen kammion ja vaippaa. Höyryn pääsyä kammioon säädetään kammion höyryventtiilillä (8). Kammioon lauhtunut vesi johdetaan kuristuksen

(10) kautta kammioista. Kammion pohjalla on poistoputki (11), joka ohjaa kammioon kerääntyneen veden pois. [1]

Varoventtiili (12) varmistaa liiallisen paineen purkautumisen ulos. Painemittareiden (13, 14) avulla seurataan vaipassa ja kammiossa olevaa painetta. [1]

Tyhjiöpumppu (15) saa kammion alipaineiseksi. Tyhjiöpumppu käy koko ilmanpoistoprosessin ajan kammion poistoventtiilin (16) ollessa auki samanaikaisesti. Ilmanpoistovaiheiden väliaikoina kammioon lasketaan höyryä höyryventtiilin (8) kautta. Ohjausjärjestelmä säättää kyseistä venttiiliä lämpötilan mukaan. [1]

Kuivausvaiheessa höyryventtiili sulkeutuu ja kammioon imetään tyhjiö. Venttiilin (17) avulla kammioon lasketaan puhdas korvausilma tyhjiön täyttämiseksi. Ilmansuodatin (18) varmistaa, etteivät tilassa olevat mikrobit pääse kulkeutumaan kammioon. [1]

5.2.2 Kaasautoklaavi

Kaasautoklaavilla steriloidaan tuotteet, jotka eivät kestä höyryautoklaavia. Väliaineena käytetään mikrobeja tappavaa kaasua (formaldehydiä, etyleenioksidia tai vetyperoksidia). Sterilointiteho perustuu käytettyjen kaasujen mikrobeja tuhoaviin ominaisuuksiin. [1]

Kaasautoklaavien käyttölämpötila on huomattavasti matalampi kuin höyryautoklaavissa. Esimerkiksi etyleenioksidisterilointi tapahtuu noin 40–45 °C:n lämpötilassa ja formaldehydisterilointi 73–80 °C:n lämpötilassa. [1]

Yleisesti kaasusteriloinnissa käytetyt kaasut ovat myrkyllisiä. Tuotteet pitää tuulettaa hyvin käsittelyn jälkeen. [1]

5.2.3 Plasma-autoklaavi

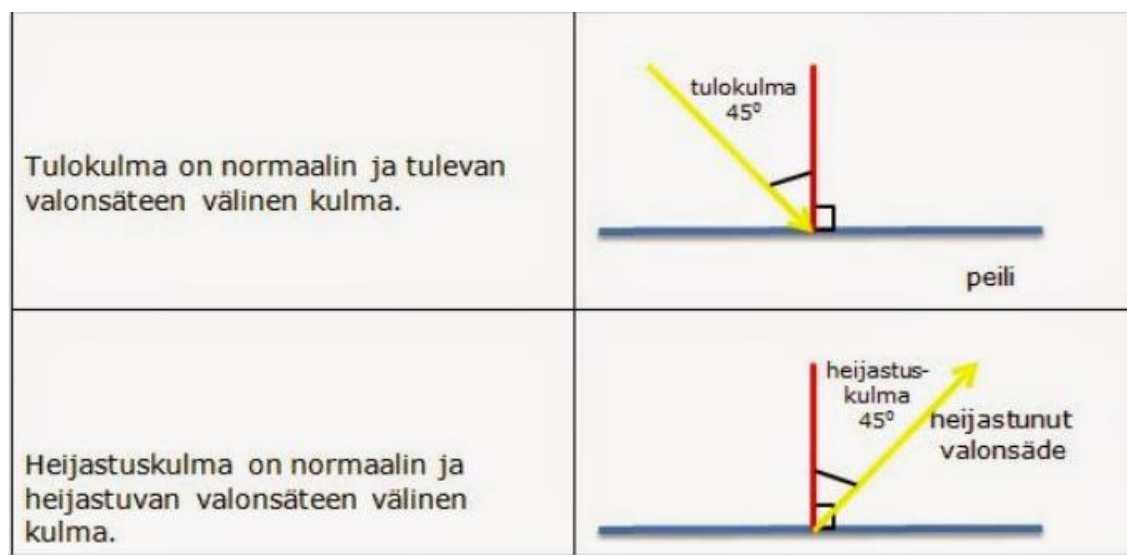
Välineet, jotka eivät kestä korkeita lämpötiloja, steriloidaan matalalämpöplasmasterilointilaitteella. Tällaisia tuotteita ovat esim. optiset instrumentit, erilaiset sähkö- ja lämpöjohdot sekä eräät mikrokirurgiset instrumentit. Sterilointia varten plasma muodostetaan vedestä ja vetyperoksidista, joka tuhoaa mikrobit ja niiden itiöt. [16]

Sterilointimenetelmällä on kaksi vaihetta. Ensin liuos, joka sisältää 58 % vetyperoksidia ja 42 % vettä, pumpataan sterilointikammioon. Liuos muutetaan kaasuksi. Tämän jälkeen kaasu altistetaan sähkömagneettiselle säteilylle, jolloin saadaan plasmaa. Plasma leviää kammioissa kaikille pinnoille ja steriloi koneeseen laitettut tavarat. Lopussa kammiota pumpataan ilmaa ja paine palautetaan. Tässä vaiheessa plasma muuttuu hapeksi ja vedeksi. [1]

6 Valaistus

Välinehuollon valaistustaso riippuu tilojen käyttötarkoituksesta ja katseltavien esineiden koosta sekä näkötehtävän vaativuudesta. Tiloissa, joissa käsitellään suurehkoja esineitä ja joissa ei ole tarkkoja näkötehtäviä, riittää 500–600 luksia. Paikoissa, joissa käsitellään pienempiä esineitä ja katsellaan niitä tarkkaan, tulisi valaistuksen olla 1 000–2 000 luksia. [1]

Välinehuollon valaistuksen ongelmana voi olla myös, että käsiteltävät välineet ovat kiiltäviä. Myös tasojen, hyllyjen ja laitteiden pinnat on yleensä tehty kiiltävästä materiaalista, kuten ruostumattomasta teräksestä. Tämä aiheuttaa heijastusongelmia (Kuva 16). Siksi kattoon asennettavien valaisimien valonjaon tulisi olla suhteellisen kapea. [1]



Kuva 16 Tulo- ja heijastuskulma [1]

Valaisimien kotelointiluokan (ns. IP-luokitus) tulee täyttää tilan asettamat vaatimukset. Valaisimien sijoittelussa tulee huomioida tiloissa käytettävistä laitteista nouseva kuuma höyry. Siivouksen yhteydessä ilmassa leijuvat kemikaalit saattavat vaikuttaa valaistuksessa käytettäviin materiaaleihin. Lisäksi valaisimien tulee olla helposti huollettavissa. [1]

6.1 Valaistuksen ohjaus

Valaistuksen ohjauskytkimiä tulee asentaa riittävästi. Vaativissa paikoissa työntekijöiden toiveena on päästä ohjaamaan itse valaistusta. Ajastimella ja liiketunnistimilla olevat valaisimet ovat aiheuttaneet tyytymättömyyttä ja jopa vaaratilanteita. Paikallaan olevaa työntekijää, joka tekee tarkkaa työtä, ei liiketunnistin välttämättä havaitse, ja tämä johtaa valojen sammumiseen. Ajastimella toimivat valot saattavat aiheuttaa vaaratilanteita, kun esimerkiksi koulutuksen puutteen takia työntekijä ei osaa käyttää valaistuksen ohjausta tai esimies on unohtanut ilmoittaa kiinteistönhuoltajalle poikkeavista vuoroista.

Valokatkaisimia ja pistorasioita asentaessa tulee huomioida ainakin seuraavat neljä koh-
taa:

- riittävyys
- korkeus ja asemointi
- käyttöystävällisyys (esim. toimii hanskat kädessä)
- ohjausalueet.

6.2 Lisävalaistus

Lisävalaistusta tarvitaan, kun normaali valaistus ei riitä. Lisävalaistus on erillinen laitteensa. Lisävalaistuksen tuomaa valomäärää ei huomioida suunnittelussa, vaan suunnittelu ohjeellinen valomäärä on tuotuna kiinteissä valopisteissä.

Välinehuollossa lisävaloa tarvitaan, kun esimerkiksi tarkistetaan pesukoneista tulleiden tavaroiden kuntoa ja puhtautta. Lisävaloihin voi olla lisätty erilaisia laitteita (esim. suuren-
lasi) ja valolähteitä (esim. UV-valo).

7 Työskentelypisteet

Työskentelypisteet tulee sijoittaa turvalliselle etäisyydelle muista laitteista. Materiaalien tulee olla helposti puhdistettavia, kestäviä ja niistä ei saa irrota tai liueta mitään. Lisäksi tasojen tulee olla oikealla korkeudella ja mahdollisesti säädettävissä. Tasoja tulee olla riittävästi. Kiinteiden tasojen lisäksi tulee olla riittävästi liikuteltavia tasoja. [1]

Suunnitteluvaiheessa LVI-suunnittelija huomioi työpisteiden paikat ja yrittää näin toteuttaa käyttäjäystävällistä suunnittelua. Tämä tarkoittaa ilmajärjestelmien suuntausta työpisteiden lähellä, jotta tiloissa työskentelevät eivät tuntisi vedontunnetta.

8 Pohdinta

Suomen rakennuskanta on vanhaa, ja suurin osa sairaaloista on suuren peruskorjauksen tarpeessa. Väestön liikkeen myötä pienempiä yksiköitä on suljettu. Tämä on lisännyt suurissa kaupungeissa tuottaa alueen asukkaille tehokasta ja kilpailukykyistä palvelua.

Välinehuolto on osa sairaala- ja tutkimusympäristössä toimivaa palvelurinkiä. Sen sujuva ja tehokas toiminta takaa turvalliset puitteet toteuttaa alueen terveydenhuoltopalveluja. Jatkuvan kasvun myötä tullaan tulevaisuudessa kiinnittämään myös enemmän huomiota välinehuollon sijoituspaikkaan, suunnitteluun, laajennuksiin ja laitevalintoihin. Esimerkiksi tällä hetkellä vallitseva pandemiatilanne kuormittaa maan välinehuoltoa merkittävästi.

Tilamuutokset lähtevät asiakkaan, kiinteistön omistajan tai käyttäjän halusta. Suunnittelijan tehtävänä on toteuttaa halutut tilat määräysten mukaisesti. Suurimman haasteen suunnittelulle tuo se, millä laajuudella tilamuutokset tai haluttu uuden rakentaminen halutaan toteuttaa.

Tilojen käyttötarkoituksen muuttaminen vaatii yleensä LVI-tekniikan päivittämistä, jotta olosuhteet tiloissa saadaan pysymään käyttäjän kannalta hyvinä. Suunnitelmissa on myös hyvä ajatella mahdollisuutta laajentamiseen tai laitekohtaisiin muutoksiin tai niiden lisäämisiin tiloissa.

LVI-laitevalinnoissa on hyvä kuunnella käyttäjien kokemuksia jo käytössä olevista laitteista. Vaativissa kohteissa teknisten laitteiden suunnittelun toteuttaa siihen erikoistunut suunnittelija. Laitevalinnat vaativissa kohteissa hoitaa yleensä rakennuttajan edustaja, koska hänellä on tieto käyttäjän asettamista vaatimuksista. Tällaisessa tapauksessa LVI-suunnittelijan vastuulle jää tarkistaa laitteiden vaatimukset ja toteuttaa niiden ympärille toimiva tekniikka. Laitevalmistajien vaatimuksena on, että laitteet asentaa valtuutettu asentaja. Rakenteen kestävyys ja siihen liittyvät muut tarkastelut hoitaa rakennesuunnittelija, joka taas on saanut laitetiedot rakennuttajan edustajalta tai LVI-suunnittelijalta.

LVI-muutokset jo olemassa oleviin rakennuksiin vaativat aina paikan päällä käyntiä. Käynnin aikana LVI-suunnittelija varmistaa, että suunnitelma on toteutuskelpoinen. Uusissa kohteissa tekniikka toteutetaan arkkitehdin suunnittelemaan pohjaan ja pyritään säilyttämään arkkitehdin luoma visio tiloista.

Lähteet

- 1 Karhumäki, Tuula; Hirvonen, Kaisa & Ylitupa, Eija. 2017. Välinehuolto. 2. uudistettu painos. Helsinki: Duodecim.
- 2 Välinehuoltajan koulutuskuvaus. 2020. Verkkoaineisto. <https://eperusteet.opintopolku.fi/#/fi/esitys/3716627/reformi/rakenne>. Luettu 25.9.2019.
- 3 Karhumäki, Tuula. 2010. Välinehuolto lähitulevaisuudessa. Suomen sairaalahygienialehti 6/2010, s. 32.
- 4 Seppänen, Olli & Seppänen, Matti. 1996. Rakennusten sisäilmasto ja LVI tekniikka. Helsinki: Sisäilmayhdistys ry.
- 5 Seppänen, Olli & Lönnqvist, Siru. 2019. Opas ilmanvaihdon mitoitukseen muissa kuin asuinrakennuksissa. Verkkoaineisto. Finvac ry. https://asiakas.kotisivukone.com/files/finvac.kotisivukone.com/tiedostot/IV_opas_Muut_kuin_asuinrakennukset_muutokset.pdf. Luettu 1.8.2019.
- 6 Salmi, Veli. 1984. Vesikirja. 4.painos. Insinööritoimisto Kaiko Oy.
- 7 Koivula, Juha. 2017. Puhdas vesi välinehuollossa. Verkkoaineisto. <https://docplayer.fi/47732564-Puhdas-vesi-valinehuollossa-juha-koivula-field-sales-specialist.html>. Merck. Luettu 4.8.2019.
- 8 Heikkinen, Reijo. 2017. Sairaalahygienia vaatii ultrapuhdasta vettä. Verkkoaineisto. Veolia vesiteknologia. <https://vesiteknologia.com/2017/01/16/sairaalahygienia-vaatii-ultrapuhdasta-vetta/>. Luettu 10.8.2019.
- 9 Pharmaceutical water systems and steam systems guide working document. 2019. Verkkoaineisto. ISPE (International Society for Pharmaceutical Engineering), s. 43. Luettu 10.8.2019.
- 10 Sairaalakaasujärjestelmien suunnittelu- asennus- ja huolto-ohje. 2014. Verkkoaineisto. Suomen Sairaalatekniikan yhdistys ry. & Talotekniikka-Julkaisut Oy. https://ssty.fi/lvi-jaos/files/2014/04/Sairaalakaasu_WEB.pdf. Luettu 7.10.2019.
- 11 Paineilman laatustandardi – ISO 8573-1:2010. Verkkoaineisto. Atlas Copco. <https://www.atlascopco.com/fi-fi/compressors/paineilman-perusteet/paineilman-laatustandardit>. Luettu 15.10.2019.
- 12 Paineilmajärjestelmien suunnittelu. Tamrotor Kompressorit Oy. Verkkoaineisto. <http://www.compressor.fi/media/EsitePDF/Paineilmajaerjestelmaen%20suunnittelu.pdf>. Luettu 17.10.2019.

- 13 Huhtinen, Markku; Kettunen, Arto; Nurminen, Pasi & Pakkanen, Heikki. 1994. Höyrykattilatekniikka. Helsinki: Edita Publishing Oy.
- 14 Höyry- ja lauhdejärjestelmien suunnittelu. 2006. Spirax Sarco.
- 15 Steam Distribution - Pipes and Pipe Sizing. 2017. Verkkoaineisto. Spirax Sarco. <https://www.spiraxsarco.com/learn-about-steam/steam-distribution/pipes-and-pipe-sizing>. Luettu 13.7.2019.
- 16 Laitos- ja välinehuoltopalvelut. 2017. Verkkoaineisto. Pohjois-Karjalan Sairaanhoidon- ja sosiaalipalvelujen kuntayhtymä. <http://www.pkssk.fi/sterilointi?inheritRedirect=true>. Luettu 3.7.2019.