

Altti Halinen

LVI-asennuksien tarkastukset asuinrakennuksissa

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Rakennusmestari, LVI (AMK)

Rakennusalan työnjohto

Opinnäytetyö

9.10.2017

Tekijä Otsikko Sivumäärä Aika	Altti Halinen LVI-asennuksien tarkastukset asuinrakennuksissa 70 sivua 9.10.2017
Tutkinto	rakennusmestari, LVI (AMK)
Tutkinto-ohjelma	rakennusalan työnjohto
Ammatillinen pääaine	LVI-tekniikka
Ohjaaja	lehtori Aamos Lemström
<p>Opinnäytetyö tehtiin Skanska Talonrakennus Oy:n tilauksesta. Heidän tarpeisiinsa loin pohjan, jolla rakennuspuolen koulutuksen saanut henkilö pystyy tekemään LVI-asennustapatar- kastuksia tavanomaisessa asuinkerrostalossa eri rakennusteknisten työvaiheiden aikana.</p> <p>Opinnäytetyössä pohditaan pääurakoitsijan näkökulmasta kriittisimpiä työvaiheita talotekniikan osalta ja ajankohtaa, jolloin kyseiset tarkastukset tulisi suorittaa. Työssä käsitellään kirjallisia työohjeita sekä hyvän rakennustavan määrittäviä dokumentteja. Työssä on laaja kirjallisuuskatsaus, joka kattaa niin lämpö-, vesi-, viemäri- kuin ilmanvaihtoteknisiä asioita. Näiden lisäksi sivutaan taloteknisten eristeiden ja rakenteiden lävistyksien toteutustapaa. Tarkoituksena on käsitellä, vaikkakin lyhyesti, kutakin osa-aluetta tarkastusten pohjaksi.</p> <p>Työtä varten haastateltiin Skanskan työmailla toimivia vastaavia mestareita ja työnjohtajia. Haastattelujen tarkoituksena oli määrittää ongelmat, joiden takia pääurakoitsijoilla on tarve valvoa LVI-tekniisiä töitä tehostetusti.</p> <p>Skanskalle luovutettiin opinnäytetyön lisäksi Powerpoint-muotoon tehty ohje. Ohje koostui oikein tehtyjä asennuksia koskevista valokuvista sekä sisälsi tiivistelmän asioista, joihin tarkastuksessa tulee kiinnittää erityisesti huomiota. Lisäksi Skanskalle luovutettiin tarkastuslomakepohja, jota voidaan käyttää yhdessä oppaan kanssa.</p>	
Avainsanat	LVI, asennus, laadunvarmistus, tarkastus

Author Title	Altti Halinen HVAC installation inspections in residential buildings
Number of Pages Date	70 pages 9 October 2017
Degree	Bachelor of Construction Management
Degree Programme	Construction Site Management
Specialisation option	HVAC Engineering
Instructor	Aamos Lemström, senior lecturer
<p>The purpose of the bachelor's thesis was to create a guide for personnel with their background in construction into how to carry out HVAC installation inspections in common apartment buildings various stages. The thesis looked into the most critical steps in the building services workflow from the main contractor's perspective, and established the times when these inspections should be carried out.</p> <p>The thesis relied on written installation instructions and manuals as well as documents defining good practices in construction. A comprehensive literature review covering heat, water, sewage and air-conditioning was done. Structural penetrations and technical HVAC insulations were also introduced. The aim was to create basis for the inspections of each component.</p> <p>Construction supervisors and managers several construction sites were interviewed to determine why the main contractor seems to needs to monitor the HVAC installations in more detail than the work of other subcontractors.</p> <p>A guide that consisted of photos of correctly installed installations and a summary of observations, or points to which attention should especially be paid as well as a checklist template that can be used together with the guide, were created also.</p>	
Keywords	HVAC, installation, quality control, check

Sisällys

1	Johdanto	1
1.1	Tutkimusongelma	1
1.2	Rajaus	2
1.3	Opinnäytetyön kulku	2
2	Tutkimusmenetelmä	4
2.1	Eri tutkimusmenetelmiä	4
2.2	Tutkimusmenetelmän valinta	5
3	Kirjallisuusselvitys	5
3.1	Viemäröintijärjestelmä	6
3.1.1	Materiaalit ja mitoitus	6
3.1.2	Liitokset ja liitostavat	8
3.1.3	Kannakointi	11
3.1.4	Putkistovarusteet	13
3.2	Käyttövesijärjestelmä	16
3.2.1	Putkimateriaalit ja liitostavat	16
3.2.2	Kannakointi	22
3.2.3	Toimilaitteet	24
3.3	Lämmitysjärjestelmä	30
3.3.1	Lämmöntuotto kaukolämmöstä	30
3.3.2	Putkistot	32
3.3.3	Lämmönluovutus	34
3.4	Korroosio vesi- ja lämpöputkissa	39
3.5	Ilmanvaihtojärjestelmä	41
3.5.1	Koneet	41
3.5.2	Kanavistot	42
3.5.3	Sekoittava ilmanvaihto	44
3.5.4	Puhtausluokka ja ilmanlaatu	45
3.6	Talotekniset eristykset	46
3.6.1	Lämpö- ja vesijohtojen lämpöeristeet	47
3.6.2	Viemärien lämpö- ja paloeristys	50

3.6.3	Ilmanvaihtokanaviston lämpö- ja paloeristyksen	50
3.7	Talotekniset läpiviennit	53
3.7.1	Osastoivat läpiviennit	53
3.7.2	Kevyet seinät ja alakattorakenteet	55
3.7.3	Betoni- ja tiilirakenteet	55
4	Työmaahenkilöstöjen haastattelut	56
4.1	Haastattelukysymykset	57
4.2	Pientaloalue	58
4.3	Kerrostaloalue	59
4.4	Lyhyt analyysi haastattelujen pohjalta	60
5	Työn tulokset ja analysointi	60
5.1	Ongelman toteaminen	61
5.2	Asennusten laadun varmistuksen toimenpiteet rakennusvaiheittain	61
5.2.1	Maanrakennus	62
5.2.2	Runkovaihe	62
5.2.3	Vesikatto	63
5.2.4	Sisävalmistus	63
5.3	Työnaikaisen laadunvarmistuksen dokumentointi	64
5.3.1	Dokumentaatio ja vastuuhenkilöt	64
5.3.2	Skanskan henkilöstön palaute kehitysehdotuksiin	65
5.4	LVI-opas	65
6	Pohdinta	66
6.1	Työn tulosten arviointi	66
6.2	Toteutustapa ja työn kulku	67
6.3	Oman opinnäytetyöprosessin arviointi	67
6.4	Jatkotutkimusmahdollisuudet	68
	Lähteet	69

1 Johdanto

LVI-tekniset järjestelmät ovat entistä merkittävämpiä rakennushankkeissa. Niitä on aiempaa enemmän ja niitä arvioidaan ja arvostellaan sisäilman näkökulmasta, sillä esimerkiksi ympäristöministeriön sisäilma- ja hometalkoot ovat lisänneet tietoa rakentamisen laatuvaatimuksista. Rakentaja ei voi tinkiä työn laadusta, vaan sen on ansaittava luotettavan liikkeen maine pärjätäkseen 2010-luvun tiukassa urakkakilpailussa.

Siksi työn tilaaja Skanska Talonrakennus Oy haluaa varmistaa, että kaikilla sen työmailla talotekniset työt on tehty oikein, vaikka töitä valvovan työnjohdon koulutus olisi rakennuspuolelta. Skanska Talonrakennus Oy on yksi Suomen suurimmista rakennusliikkeistä ja toimii yhteistyössä merkittävien rakennuttajien kanssa.

1.1 Tutkimusongelma

Skanska on pääurakoitsija, joka vastaa myös alihankkijoidensa toteuttamista LVI-teknisistä järjestelmistä. Varmistaakseen alihankkijoidensa töiden laadun valvonnan Skanska tarvitsee oppaan, jossa käsitellään tavanomaiset LVI-tekniset järjestelmät, niissä käytettävät materiaalit ja oikeaoppiset asennukset.

Erityisen tärkeäksi on noussut osittainen itselle luovutus, jota ei ole riittävästi omaksuttu taloteknisten urakoitsijoiden toimintatapoihin. Perinteiset taloteknisten prosessien laatua testaavat luovutusmenetelmät ja työsuoritteiden päätteeksi täytettävä tarkastuskirja eivät käytännössä riitä palvelemaan töitä koordinoivan pääurakoitsijan tarpeita. Pääurakoitsijan edustajana voi olla rakennuspuolen koulutuksen saanut henkilö, joka valvoo sopimussuhteiden välityksellä taloteknisiä urakoitsijoita. Työmailta on kantautunut viesti, että aina ei valvojan ammattitaito ole tehtävään riittänyt: esimerkiksi nuori rakennuspuolen työnjohtaja, joka vasta opettelee ammattiaan, on valvonut taloteknisiä töitä ja tehnyt niihin liittyviä päätöksiä. Tilanne on hyvinkin tavanomainen Skanskan työmailla, joissa uutta työnjohtoa perehdytetään esimerkiksi väliseinä- ja alakattotöiden valvontaan.

Opinnäytetyöhön perustuva opas ja tarkastusmuistiopohjat on suunnattu työmaan rakennuspuolen työnjohdolle Skanskan Etelä-Suomen asuntorakentamisyksikön käyttöön

uudisrakentamiskohteissa. Siksi opinnäytetyössä kuvataan tavanomaisimpia taloteknisiä järjestelmiä sekä niihin liittyviä vaatimuksia, ja tästä syystä työllä ei ole suurta opetusarvoa LVI-alan ammattilaisen käyttöön. Työ käsittelee pääosin järjestelmiin kuuluvien putkistojen ja niihin kuuluvien komponenttien asennusteknisiä vaatimuksia. Rajaamalla työ pääosin asennustekniseksi oppaaksi saavutetaan sellainen kokonaisuus, jonka pysyy hallitsemaan opinnäytetyönä, sekä lopputuote, jonka läpikäyminen antaa pääurakoitsijan rakennustekniselle työnjohdolle selkeän kuvan kiinteistöön asennettavien LVI-järjestelmien toteutuksesta.

1.2 Rajaus

Opinnäytetyössä käsitellään ainoastaan betonielementtirakentamista asuinkäyttöön, sillä työ tehdään Skanska Talonrakennus Oy:n asuntorakentamisyksikköä varten ja yrityksen pääasiallinen liiketoimintamalli perustuu betonisten elementtiasuinrakennusten tuotantoon. Työssä ei ole tarkoitus paneutua taloteknisiin prosessikaavioihin tai järjestelmäkaavioihin eikä siinä käsitellä rakennustyön työvaiheiden aikataulujen yhteensovittamista. Työssä ei myöskään käsitellä rakennusten ulkopuolista tekniikkaa tai järjestelmiä, joiden ymmärtäminen vaatii laajempaa perehtymistä taloteknisten järjestelmien toimintaan. Aihepiirin laajuuden vuoksi työstä rajautuivat pois myös luovutusvaiheen talotekniset toimintavarmuuden takaavat kokeet, kuten painekokeet, järjestelmän huuhtelut sekä muut vaadittavat toimenpiteet. Tämä tehtiin siksi, että luovutusvaiheen toimintakokeet tekee pääsääntöisesti talotekniikkaurakoitsija. Työ ei myöskään käsittele sähkötekniikkaa.

1.3 Opinnäytetyön kulku

Skanska on nimennyt opinnäytetyötä varten ohjaajan. Lisäksi yhteistyötä on tehty Skanska Talonrakennus Oy:n sisällä Etelä-Suomen asuntorakentamisyksikön LVI-tiimin kanssa. Työn tilauksen jälkeen pidettiin aloituskokous, jossa käytiin läpi tutkimusongelman taustaa ja tavoitteita, jotka Skanska oli työlle asettanut. Läsä tässä kokouksessa oli Skanskan opinnäytetyölle nimeämä ohjaaja laatuyksiköstä sekä LVI-asiantuntija. Kokouksessa mietittiin rajausta ja pohdittiin, miten laaja aihepiiri saataisiin rajattua opinnäytetyön mittaiseksi tutkimukseksi.

Tarkan ongelmankartoituksen jälkeen opinnäytetyö päätettiin toteuttaa niin, että ensin luodaan katsaus toteutuneisiin laatupoikkeamiin haastattelemalla Skanskan henkilökuntaa ja tutustumalla luovutettujen kohteiden dokumentointiin. Sen jälkeen selvitetään, kuinka laajaa perehtymistä löydettyjen ongelmien ratkaiseminen vaatii opinnäytetyöhön perustuvan oppaan kirjoittajalta ja mitä asioita oppaassa pitää olla, jotta se tukisi Skanskan tarpeita. Tutkimusmenetelmiksi valittiin kirjallisuuskatsaus, haastattelut Skanskan työmaahenkilöstön kanssa, tutustuminen kohteisiin työmailla sekä kohteiden valokuvauksen ja kuvien analysointi.

Haastattelut järjestettiin kahden Skanskan luovutetun kohteen vastaavan mestarin ja kohteen työnjohtajien kanssa. Haastattelut valikoituivat sellaisten työmaiden henkilöiden kanssa pidettäviksi, joiden työmaat olivat kohdanneet ongelmia LVI-tekniikan töiden laadunvalvonnassa. Lisäksi epävirallisia keskusteluja työnjohtajien kanssa käytiin useilla Skanskan työmailla päivittäin. Haastatteluissa selvisi tietotaso, jonka tyypillinen rakennuspuolen työnjohtaja omaa LVI-tekniikan järjestelmien toteutuksesta.

Kirjallisessa osuudessa luodaan kuva talotekniikan järjestelmien perusvaatimuksista ja käydään läpi tavanomaisimmat talotekniset järjestelmät sekä iso osa niiden asentamisesta huomioitavista asioista. Kirjallisena materiaalina toimivat LVI-tekniikan perusteokset, Rakennustieto Oy:n ylläpitämä Rakennustietokortisto (RT-kortisto) sekä tuotevalmistajien tarjoamat asennusohjeet.

Kehitystyönä luotiin ohjeistusta työmaan ratkaisevassa asemassa olevien työvaiheiden laadunvalvontaan pääurakoitsijan näkökannalta. Opinnäytetyön tuloksena syntyi tietopaketti, jonka pohjalta laadittiin opas. Se sisältää kuvia ja selityksiä LVI-tekniikan järjestelmien asennusten perusvaatimuksista. Oppaan lisäksi luotiin taloteknisiä tarkastusmuistiopohjia ja niihin listoja, jotka sisältävät tärkeimmät tarkastuskohteet eri rakennusvaiheissa tarkastettavista asennuksista.

2 Tutkimusmenetelmä

2.1 Eri tutkimusmenetelmiä

Kaikki tutkimukset etenevät samaa kaavaa noudattaen. Aluksi selvitetään tutkimusongelma: on olemassa jokin kysymys, johon kaivataan vastaus. Ilman kysymystä ei tarvita tutkimusta. Tutkimussuunnitelma tehdään, kun lähdetään selvittämään vastausta esitettyyn kysymykseen eli tutkittavaan ongelmaan. Tutkimussuunnitelma on tietynlainen kartta, jonka turvin tutkimus viedään läpi. Suunnitelman luomiseen tärkeänä osana kuuluu tutkittavan aiheen rajaus. Lisäksi määritetään tutkimuksen tavoitteet, tutkittavat kysymykset, suunnitellaan aineiston keruutapa sekä mietitään, miten aineisto analysoidaan ja kuinka tutkimus ja sen tulokset esitetään. (Tutkijan ABC 2015.)

Tutkimusmenetelmä valitaan ratkaistavan ongelman mukaan. Kun tutkimusongelma on selvillä ja tarkoitus olisi aloittaa tutkimusaineiston kerääminen, tulee ensimmäiseksi valittavaksi, käyttääkö kvantitatiivista vai kvalitatiivista tiedonkeruumenetelmää. Kvantitatiivinen menetelmä tarkoittaa määrällistä tutkimusta, esimerkiksi tilastoista saadun numeerisen tiedon keräämistä, kun taas kvalitatiivinen menetelmä tarkoittaa laadullista aineistoa, kuten tekstejä tai haastatteluja. Määrällistä tutkimusmenetelmää käytetään, kun haetaan vastausta kysymykseen, kuinka suuri tai montako. Tällä menetelmällä tutkimusaineiston koko voi olla hyvinkin laaja.

Laadullinen tutkimusaineisto on yleensä huomattavasti suppeampi, ja tällä aineistonkeruumenetelmällä vastataan kysymyksiin miksi tai miten. Laadullisen tutkimuksen kulmakivenä tulee olla aineiston laadukkuus. Pienen otannan takia tutkijan arviointikyky aineiston edustavuudesta on hyvin oleellinen osa tutkimuksen paikkansapitävyyttä. Kun tutkija tulkitsee aineiston, hänen havainnointikykynsä ja tulkintatapansa vaikuttavat merkittävästi lopputulokseen. (Tutkijan ABC 2015.)

Tapaustutkimus (case-tutkimus) perustuu yksittäisen tapauksen tutkimiseen. Tapaustutkimuksella voidaan määrittää hyvinkin tarkasti yksittäisten asioiden syitä ja suhteita muihin asioihin kyseisessä tapauksessa. Tapaustutkimuksen tavoitteena ei yleensä ole tutkimustuloksen yleistettävyyttä. Mikäli tehdään tapaustutkimus useammasta tapauksesta,

voidaan näitä vertailemalla löytää asioita, jotka yhdistävät tai erottavat tapaukset toisistaan. (Tutkijan ABC 2015.)

Teorialla on tarkoitus luoda käsitys lukijalle työn taustoista ja asioista, joita tutkimus käsittelee. Teoria antaa lukijalle käsityksen suuremmasta kuvasta, johon oma tutkimus liittyy. Tarkoituksena tällä osuudella on helpottaa tulkitsemaan kerättyä aineistoa. (Tutkijan ABC 2015.)

Tutkimus tehdään, jotta saadaan tuloksia, vastauksia ennalta määritettyihin tutkimuskysymyksiin. Tulos voi myös olla, että kysymyksiin ei voida vastata. Tämä yleensä viittaa siihen, että tutkimusmenetelmä oli väärä kyseiseen tapaukseen. Tutkimuksen lopussa tutkija pohtii tutkimuksen tuloksia ja arvioi, ovatko saadut tulokset käytettävissä. Mikäli ovat, minkälaisissa sovelluksissa? Tässä osiossa myös arvioidaan omaa kehittymistä työn osalta. (Tutkijan ABC 2015.)

2.2 Tutkimusmenetelmän valinta

Tämän opinnäytetyön suunnittelun ja tavoitteiden arvioinnin jälkeen päädyttiin käyttämään laadullista eli kvalitatiivista tiedonkeruumenetelmää. Tilastoihin perustuva tutkimusaineisto ei palvele työn tarkoituspäätä, vaan tavoitteena on saada kasattua kattava laadullinen materiaali opinnäytetyön tutkimuksen pohjaksi. Ensiksi määritettiin teoriaosuuden sisältö, joka kulkee opinnäytetyössä nimellä kirjallisuuskatsaus. Tällä tavoin ja kerättiin tarvittava taustatieto aiheen ympäriltä, jotta voidaan ymmärtää kaikkia niitä asioita, jotka rakentamisen aikana tulee huomioida. Tapaututkimusta sovellettiin kahteen haastatteluun, joissa vertailtiin kohdattuja ongelmia, niiden syitä ja seurauksia. Laajempi haastattelututkimus suljettiin pois lähinnä tavoitteiden nopean saavuttamisen vuoksi. Tapaututkimusten jälkeen otantaa hieman laajennettiin vapaamuotoisilla keskusteluilla kohdeyrityksen sisällä.

3 Kirjallisuusselvitys

Tässä luvussa käydään läpi kirjallista aineistoa, joka käsittelee eri LVI-tekniisiä järjestelmiä, niiden materiaaleja ja asennusmenetelmiä. Luvussa kerrotaan yleisesti jokaisesta

järjestelmäkokonaisuudesta ja nostetaan esille kyseisen järjestelmän asennuksessa ja toteutuksessa huomioitavia asioita. Tavoitteena on luoda asiaa ennestään tuntemattomalle lukijalle peruskuva taloteknisten järjestelmien toteutuksesta ja esitellä toteutuksen kannalta tärkeimpiä laatuvaatimuksia.

Kirjalliseen katsaukseen kävin läpi Suomen rakentamismääräyskokoelmaa (SRmk), LVI-tekniikan oppikirjoja, RT-kortistoa sekä kaupallisia asennusohjeita ja myyntiesitteitä. Kirjallisuuskatsauksella kerättiin pohjatieto Skanskan tilaamalle LVI-asennusten tarkastusoppaalle sekä sen yhteydessä täytettäville tarkastuslomakkeille.

3.1 Viemäröintijärjestelmä

Viemäröintijärjestelmä on osa rakennusten ja koko yhdyskunnan terveydelle ja tuottavuudelle kriittistä vesihuoltojärjestelmää. Se on yksi tärkeimmistä julkisista palveluista. (Yhdyskunta- ja ympäristötekniikan käsikirja 2009: 8.)

Viemärit voidaan jakaa kahteen kategoriaan. Paineviemärillä tarkoitetaan järjestelmää, jossa jäte-, sade- tai perustusten vesi pumpataan. Viettoviemäri taas toimii painovoimaisesti, ja virtaama saadaan aikaan korkeuseroilla. Lisäksi sadevesijärjestelmä voidaan toteuttaa niin sanottuna umpivirtausjärjestelmänä. (SRmk D1 2007: 3–5.)

Viettoviemärit voidaan taas jakaa kolmeen kategoriaan: jäteviemäreihin, sadevesiviemäreihin sekä perustusten kuivatusviemäreihin (salaojat). Kaikki järjestelmät koostuvat putkista, yhteistä, kaivoista, vesilukoista ja tiivisteistä. (Kiinteistöviemäröintikäsikirja 2015: 7.)

3.1.1 Materiaalit ja mitoitus

Yleisimmin käytettävät viemärien putkimateriaalit ovat PVC (polyvinyylidikloridi), PP (polypropeeni), PE (polyeteeni) ja GR (valurauta). Valurautaviemäreitä käytetään pääosin palo- ja äänitekniisten ominaisuuksien takia. Lisäksi käytetään erikoistapauksissa HST-

(hapon kestävä teräs) tai RST- (ruostumaton teräs) viemäreitä sekä erilaisia mineraalivahvisteisia PP-viemäreitä (dB viemärit). (Vesi ja viemärlaitteiden äänitekniinen suunnittelu ja äänenvaimennus. 2001: 1.)

PP-viemäreiden käyttö on yleistynyt 2000-luvulta lähtien sade- ja jätevesiviemäreiden materiaalina. Etuina materiaalilla ovat suuri iskunkestävyys kylmissäkin olosuhteissa ja lämpötilan kestävyys. (Yhdyskuntatekniikan käsikirja 2009: 15–24.)

PVC-viemäreitä on käytetty Suomessa 1960-luvulta lähtien. PVC-viemäreiden hyviä ominaisuuksia ovat jäykkyys ja aggressiivistenkin kemikaalien kestävyys. PVC-viemärien iskunkestävyys ei kuitenkaan ole samaa luokkaa kuin PP-viemäreillä, ja PVC:n iskulujuus pienenee huomattavasti kylmissä olosuhteissa. PVC on muoviviemärimateriaaleista ainoa, jota ei saa kierrättää energijätteenä. (Yhdyskunta- ja ympäristötekniikan käsikirja 2009: 15–24.)

PE-putkia käytetään pääasiassa käyttövesijärjestelmissä. Viemärijärjestelmissä PE-putkia käytetään pääasiassa paineviemäreiden toteutuksissa. (Yhdyskunta- ja ympäristötekniikan käsikirja 2009: 15–24.)

Jätevesiviemäriin koossa on huomioitava normivirtaamien summa ja viemäripisteiden käytön yhtäaikaisuus. Jätevesiviemäriin kaltevuuden vähimmäisvaatimus on esitetty Suomen rakentamismääräyskokoelman osan D1 liitteen 4 kuvissa 2 ja 3. Kuitenkin muutama muistisääntö täytyy huomioida. Viettoviemäriin putkikoko ei saa pienentyä virtausuuntaan päin. DN 100 -viemäriin vähimmäiskaltevuus on 0,9 senttimetriä metriä kohti. Lisäksi kytkettäessä WC-istuinta on kytkentäviemäriin vähimmäiskoko DN 100. Mikäli käytetään vettä säästäviä enintään neljän litran huuhtelulla varustettuja WC-istuimia, tulee sen jälkeisen kokoojaviemäriin kaadon olla vähintään kaksi senttimetriä metrille. Neljän litran huuhtelulla varustettuja WC-istuimia käytetään ainoastaan asuntorakentamisessa. Viemäripisteen minimivaatimus on, että sen on nieltävä puolitoistakertaisesti siihen johdettujen vesipisteiden virtaamat. Lisäksi on huomioitava kokoojaviemäriin tuuletus toiminnan varmistamiseksi. Tarkempaa ohjeistusta jätevesiviemärien mitoituksen vähimmäisvaatimuksista on saatavilla Suomen rakentamismääräyskokoelman osan D1 liitteistä 4 ja 5. (SRmk D1 2007: 46–51.)

Sadevesiviemäri mitoitetaan yleisimmin viettoviemärinä. Vaakaosuus mitoitetaan täyden putken virtaamalle ja pystyosuudet kolmasosan täyttösuhteella. Sadevesiviemäripisteen (kaivon) mitoitusvirtaama saadaan laskemalla alueen pinta-ala, jota kaivo palvelee kerrottuna niin sanotulla mitoitusasteella (0,0015 litraa sekunnissa neliölle). Lisäksi mitoituksessa huomioidaan alueen pintamateriaalin veden imeyttämiskyky. Laskentakaava löytyy Suomen rakentamismääräyskokoelman osan D1 liitteestä 7. Maahan asennettavan viemäriputken pienin sallittu koko on DN 70. Kuten jätevesiviemärien kanssa, ei sadevesiviemärikään saa pienentyä virtaussuuntaan edetessä. Tarkempaa tietoa sadevesiviemärien mitoituksen vähimmäisvaatimuksista on saatavilla Suomen rakentamismääräyskokoelman osan D1 liitteestä 7. (SRmk D1 2007: 59–62.)

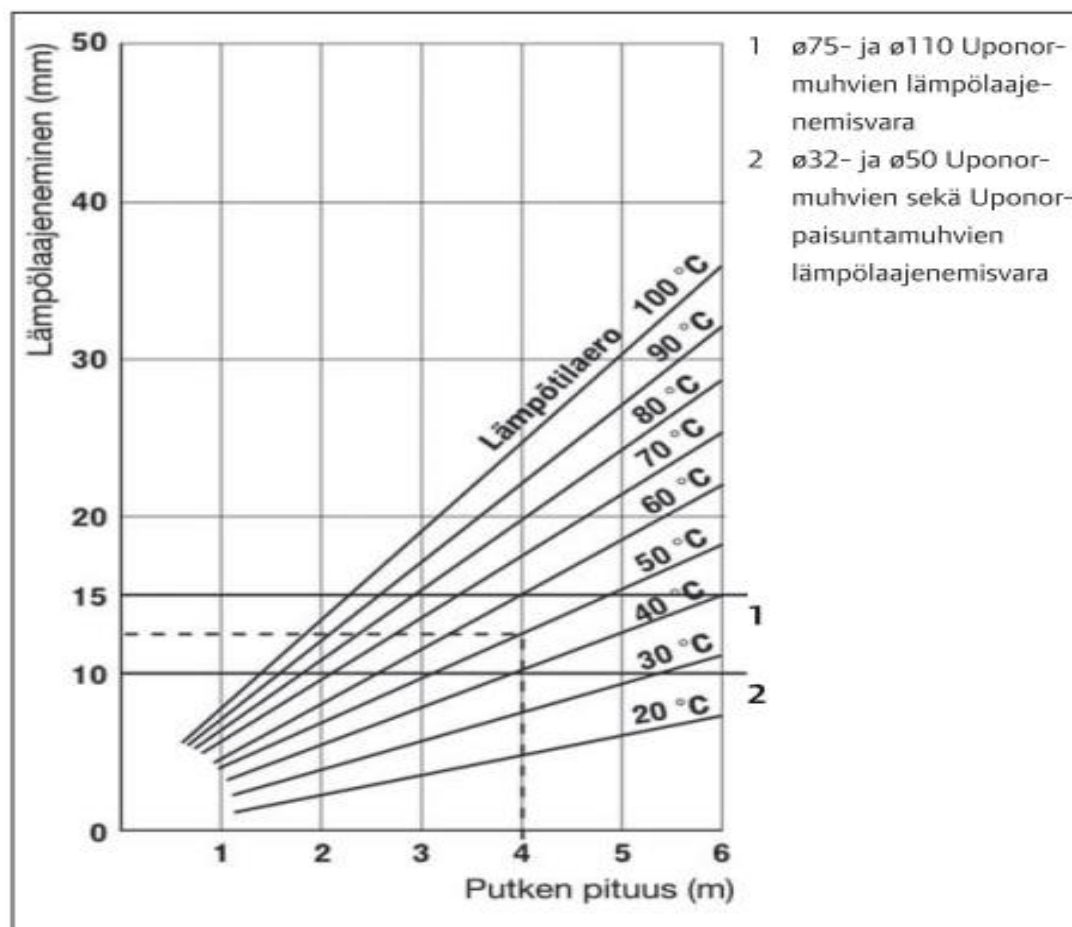
3.1.2 Liitokset ja liitostavat

Muoviviemärit liitetään toisiinsa pääsääntöisesti putkien ja yhteiden päissä olevilla muhviosilla. Muhviosien sisällä on valmiiksi asennettuna kumirengastiiviste. Kumirengastiivisteet ovat normaalisti luonnonkumitiivisteitä (SBR), jotka ovat väriltään mustia. Mikäli tarvitaan öljyn tai bensiinin kestäviä tiivisteitä, käytetään esimerkiksi nitrinikumitiivisteitä (NBR). Tällaisia kohteita ovat esimerkiksi autohallien kaivojen viemärit. Tavallinen NBR-tiiviste on väriltään musta, ja siinä on keltainen täplä. Täplän löytääkseen joutuu tiivisteeseen irrottamaan osasta. Muita tiivisteitä ovat etyleenipropyleenidieenikumitiivisteet (EPDM) ja termoplastiset elastomeeritiivisteet (TPE). Vesi- ja viemäriputkistojen tiivisteiden materiaalivaatimuksia on käsitelty enemmän SFS-EN 681-1 ja -2 standardeissa. (Yhdyskunta- ja ympäristötekniikan käsikirja 2009: 22–24)

Muoviviemäri voidaan katkaista hienojakoisen hammasjaon omaavalla sahalla tai muulla vastaavalla leikkaavalla työkalulla. Katkaisu tulee tehdä kohtisuoraan. Katkaisupinnasta tulee poistaa röpelöt sekä ulko- että sisäpinnalta. Ennen yhteiden sovittamista tarkastetaan, ettei putken pinnassa ole pituussuuntaisia naarmuja eikä kumitiivisteessä tai yhteessä ole roskia tai muita tiiveyttä häiritseviä partikkeleita. Asennettaessa liitosta tulee huomioida, että kumirengastiiviste pysyy sille määrätyllä paikalla. Tämä varmistetaan käyttämällä asennuksessa liukuainetta tiivisteeseen ja putken pinnalle siveltyinä. Poikkeuksena tähän asennettaessa rypyttettyä putkea tulee tiiviste irrottaa ja asentaa putken päästä katsottuna toiseen uraan. Liitos voidaan tehdä myös pusku- tai sähköhitsaamalla.

Liimaaminen on kielletty. Muoviviemärien liitokset eri materiaalista valmistettuihin viemäreihin, (esimerkiksi valurauta) on liitoksessa käytettävä tähän tarkoitukseen valmistettuja erikoisosia. (Kiinteistöviemärintikäsikirja. 2015: 78–80: Yhdyskunta- ja ympäristötekniikan käsikirja 2009: 22, 136–137.)

Liitoksia tehdessä on huomioitava myös putken lämpölaajeneminen lämpötilamuutoksen johdosta. Asennettaessa viemäreitä talvella on lämpötilaero suurempi kuin kesällä asennettaessa. Lisäksi esimerkiksi keittiön viemäriin saatetaan johtaa suuriakin määriä esimerkiksi 70 °C:n lämpöistä vettä. Muoviputkien liitososissa on yleensä lämpölaajenemisarua. Asennettaessa putkea muhviin ei putkea työnnetä pohjaan asti. Mikäli tämä vara ei riitä ja syntyy vaara liitoksen aukeamisesta, tulee putkea asentaessa käyttää tähän tarkoitettua paisuntayhdettä. Lämpölaajeneminen ja sen tarvitseva liikuntavara katsotaan kuvasta 1, muoviputken lämpölaajenemisen huomioiminen. Esimerkiksi kesäkuumalla asennetun pitkän alapohjaviemäroinnin lämpökutistuminen talvella voi olla yli tuon 15 millimetrin rajan, jolloin lämpökutistuminen tulee ottaa huomioon asennuksissa liikettä ohjaamalla useampaan liitokseen. (Kiinteistöviemärintikäsikirja 2015: 55, 62, 79.)



Kuva 1. Muoviputken lämpölaajenemisen huomioiminen (Kiinteistöviemäröintikäsikirja 2015: 62.)

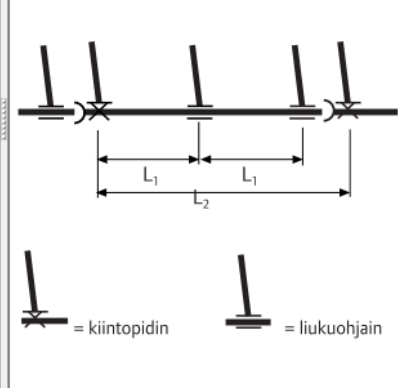
Viemäriin suunnanmuutokset tehdään kahdesta 45°:n kulmayhteestä tai kolmesta 30°:n kulmayhteestä. Poikkeustapauksessa tilanpuutteen takia voidaan käyttää loivakaarista 88,5° kulmayhdettä. Jyrkkää 88,5°:n kulmayhdettä saa käyttää ainoastaan WC-istuimen kytkennässä virtaussuunnan ensimmäisenä osana. Vaakaviemäri liitetään toiseen vaakaviemäriin 45°:n haarayhteellä. Pystyviemäriin liitytään pääsääntöisesti 45°:n haarayhteen ja 45°:n kulmayhteen avulla. Poikkeustapauksissa tilansäästön vuoksi voidaan käyttää loivakaarista 88,5°:n haarayhdettä. (Kiinteistöviemäröintikäsikirja 2015: 55.)

Valurautaviemärit eroavat muoviviemärien asennuksesta siten, että osat yhdistetään toisiinsa momenttiin kiristettävillä liitospannoilla. Putkien välille ei synny äänisiltaa. Tämä tarkoittaa muutaman millimetrin väliä putken osien välillä. Putken katkaisu tulee tehdä



tähän tarkoitukseen sopivalla työkalulla. Kulmahiomakoneen käyttö on katkaisussa kielletty, sillä kuumetessaan valurautaviemärin koostumus muuttuu ja on näin alttiimpi korroosiolle. Katkaisupinnat tulee käsitellä tarkoitukseen soveltuvalla pinnoitteella (esimerkiksi Extrem). Paljasta rautaliitosta ei hyväksytä. (Valurautaisen viemärin katkaisuohe. 2007: Valurautaviemärin Työselostus 2007.)

3.1.3 Kannakointi

Viemäreitä kannakoidessa on huomioitava putken paino täytenä. Lisäksi tulee ottaa huomioon painon siirtyminen sopivaan kannakointipisteeseen eikä esimerkiksi putken liitokseen. Viemärit kannakoidaan vaaka- sekä pystyosuudelta. Kannakoinnin tehtävänä kannatteleminen lisäksi on estää putken värähtelyjä ja äänen kulkeutuminen rakenteita pitkin. Kannakkeiden tulee olla tehdasvalmisteisia ja niiden on ympäröitävä koko putki. Lisäksi kannakkeiden ripustusjärjestelmän tulee olla portaattomalla säädöllä, jotta kaadot saadaan toteutettua ja mahdollinen hienosäätö onnistuu myös jälkikäteen. Lisäksi jokaisen pystyviemärin alapäähän on asennettava kiintokannake tai suojabetonointi (ääniloukku). Kannakointiväli ja -tapa on esitetty seuraavassa kuvassa 2. (Kiinteistöviemärintikäsikirja 2015: 63.)

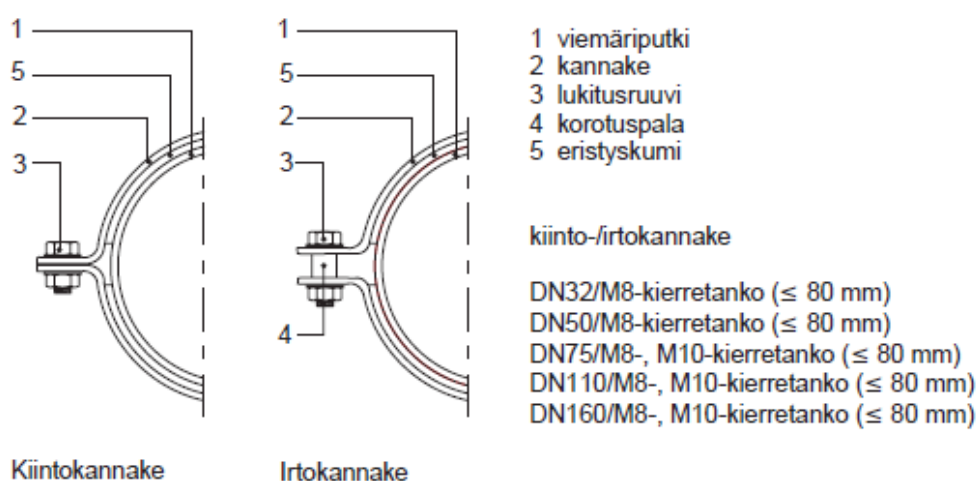


Putkikoko \varnothing	Suurin sallittu kannakeväli mm			
	Vaakaviemäri		Pystyviemäri	
	L_1	L_2	L_1	L_2
32	500	2000	1200	2000
50	1000	2000	1500	2000
75	1000	3000	2600	3000
110	1500	3000	2600	3000
160	2000	3000	2600	3000

 = kiintopidin
  = liukuohjain

Kuva 2. Muoviviemäreiden kannakointitapa ja vähimmäisetäisyydet (Kiinteistöviemärintikäsikirja 2015: 63.)

Muoviviemärin lämpölaajenemisen johdosta kannakkeen ja putken liitoksen väliin jätetään liikkumisvara. Kiintokannake asennetaan aina muhvipäähän. Muissa kohdissa käytetään liukukannaketta, jolloin lämpölaajeneminen ohjataan muhvin lämpölaajenemisvaraan. Haarayhde kannakoidaan siten, että se ei pääse liikkumaan kiintokannakkeilla. Näin pitkät putkivedot eivät taivu mutkalle lämpölaajenemisen johdosta tai kutistu irti liitoksistaan nolla-asteisen sateen yllättäessä. Näin myös varmistetaan, että vaakaosuudet säilyttävät suunnitellut kaatonsa. Lämpölaajenemisen sallivana kannakointimenetelmänä voidaan myös käyttää kierretankokannakointia, joka sallii tavallisen lämpöliikkeen. Tällöinkin on putkien lämpölaajeneminen huomioitava muhvilla. Kierretankokannakointia käytettäessä alapohjassa on suunnanmuutokset hyvä lukita toisiinsa, jotta iskun voimasta mutka ei pääse irtomaan paikaltaan. Lukitus tehdään harustangolla, joka on asennettu kahden kannakkeen väliin. Kannakkeiden tulee sijaita välittömästi mutkan molemmin puolin. Irto- ja kiintokannakkeen ero toteutettuna korotuspallalla selviää kuvasta 3. (Kiinteistöviemärintikäsikirja 2015: 63.)



Kuva 3. Kiintokannakkeen ja irtokannakkeen ero pannassa (Putkistojen ja kanavien kannakointi 2004: 11.)

Valurautaviemärit kannakoidaan pantaliitoksen kohdalta molemmin puolin. Valurautaviemäreissä käytetään ääntä eristäviä kannakkeita. Jokaisen putken osan tulee olla kannakoitu. Mikäli halutaan kannakoida valurautaviemäri pantaliitoksen kohdalta, tulee pyytää valmistajalta tähän tarkoitukseen sopiva kannakointijärjestelmä. Valurautaviemärin

ominaispainon ja liitostavan takia ei voida soveltaa muoviviemärien kannakointietäisyyksiä, vaan kannakointiväli tulee katsoa taulukosta 1. (Putkistojen ja kanavien kannakointi 2004: 10–16.)

Taulukko 1. Valurautaviemäriin vähimmäiskannakointivälit (Putkistojen ja kanavien kannakointi 2004: 10.)

Putkikoko DN mm	Sallittu kannakointiväli	
	Vaaka- viemäri mm	Pysty- viemäri mm
≤ 100	1500	2500
150	2000	2500
≥ 200	2500	2500

Kannakkeiden materiaalin vähimmäisvaatimus on normaalisti sinkitty teräs (ZnFe). Vaativissa olosuhteissa, esimerkiksi alapohjissa, vesikatolla tai maassa, on käytettävä ruostumattomasta tai haponkestävästä teräksestä valmistettuja kannakkeita. RST- tai HST--kannakkeen materiaalin tunnistaa siinä olevasta leimasta A2 tai A4. Lisäksi materiaali on hieman tummempaa kuin sinkitty teräs. Lisätietoa viemäriputkistojen kannakoinnista ja kannakkeista on saatavilla LVI-ohjekortista LVI-12-10370 Putkistojen ja kanavien kannakointi. 2004. (Putkistojen ja kanavien kannakointi 2004: 10–16.)

3.1.4 Putkistovarusteet

Tässä osiossa käydään läpi viemäriputkiston yhteyteen asennettavia varusteita. Koska putkistovarusteet ovat ratkaisevia verkoston toimivuuden kannalta, on tiettyjä tapoja sille, kuinka verkostoon asennettavat varusteet tulee toteuttaa.

3.1.4.1 Tuuletusviemäri

Jokaisessa rakennuksessa tulee olla vähintään yksi ulkoilmaan yhteydessä oleva tuuletusviemäri. Tuuletusviemärit ovat pääsääntöisesti kooltaan DN 100. Yksi DN 100 -tuuletusviemäri saa palvella enintään kolmea kokoojaviemäriinjaa. Tuuletusviemäri tulee

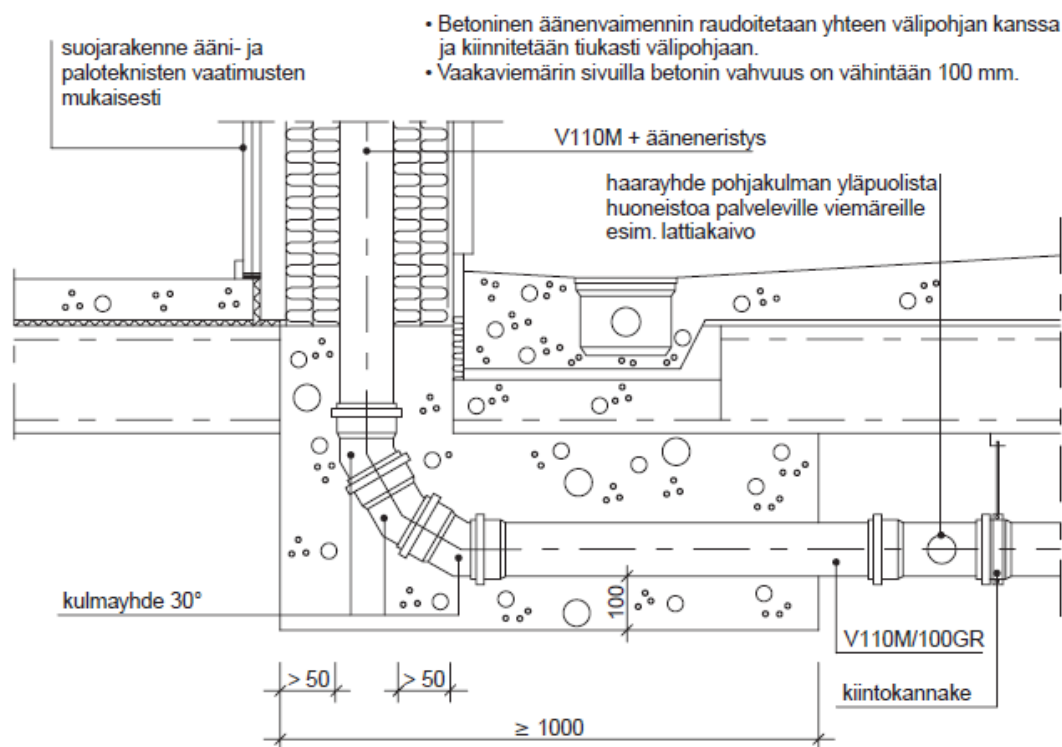
asentaa kaadolla ja se on lämpöeristettävä vähintään kylmässä tilassa. Tuuletusviemärit tehdään hyväksytyistä putkimateriaaleista. Putken suun tulee olla vähintään 0,5 metrin korkeudella, ja sen on sijoitettava vähintään 1 metriä savuhormin tai poistoilman aukosta, 5 metriä avattavasta ikkunasta ja 8 metriä ilman sisäänottoaukosta. Vesikaton yläpuolelle tulevaan osaan tiivistyy pakkasella vettä. Tämä voi heikentää tai tukkia tuuletusviemäriin toiminnan. Tästä syystä tuuletusviemäriin päähän asennetaan tuuletusviemäriin jäätymissuoja. (Kiinteistöviemärintikäsikirja 2015: 60.)

3.1.4.2 Kattokaivo

Kattokaivojen pääasiallinen käyttötarkoitus on sadeveden poisto loivilta kattopinnoilta. Veden ohjaus kaivoihin toteutetaan rakenteellisilla kallistuksilla. Kattokaivojen pääasialliset materiaalit ovat muovi, kupari (Cu) ja hapon kestävä teräs (HST). Muovikaivojen käyttö muussa kuin omakotiorakentamisessa ei ole suotavaa. Kattokaivo on suunniteltu palvelemaan noin 200 neliömetrin aluetta, mikäli poistoyhteen koko on 100 millimetriä tai suurempi. Kaivoa valittaessa tulee huomioida rakennetyyppi ja rakennepaksuus. Kaivojen liitoksessa sadevesijärjestelmään on noudatettava valmistajan määrittämiä ohjeita. Kaivoja eri rakennetyypeille on esitetty tarkemmin esimerkiksi RT 38713 -tuotekortissa. (Sadeveden poisto 2015.)

3.1.4.3 Pohjakulman suojabetonointi

Pohjakulman suojabetonointi tai tuttavallisemmin ääniloukku on jätevesiviemäriin asennettava betonilaatikko, joka suojaa viemäriä jäteveden aiheuttamilta paineiskuilta sekä estää äänen kulkeutumisen huonetilaan. Suojabetonoinnin leikkaus on nähtävissä kuvassa 4. Suojabetonointi on syytä tehdä, kun viemäriin pudotuskorkeus on 5 metriä tai yli. Tämä kuitenkin esitetään suunnitelmissa. Suojabetonoinnin sijaan voidaan käyttää myös valmiita ääniloukkuosia (esimerkiksi Uponor Decibel pohjakulmaa 1067838), mutta tällöin tulee kiinnittää erityistä huomiota kannakointiin osan ominaispainon takia. Pohjakulma voidaan toteuttaa myös holviin valun yhteydessä. Tämä tulee kuitenkin huomioida jo suunnitteluvaiheessa. (Kiinteistöviemärintikäsikirja 2015: 30.)



Kuva 4. Esimerkkipiirros suojabetonoinnin toteutuksesta jätevesiviemärin pohjakulmassa (Putkistojen ja kanavien kannakointi 2004: 11.)

3.1.4.4 Puhdistusluukku

Kaikki viettoviemärijärjestelmät tulee varustaa suljettavilla puhdistusluukuilla. Puhdistusluukut tulee sijoittaa siten, että niistä voidaan puhdistaa koko viemäriverkosto. Tämän vuoksi puhdistusluukulle on taattava pääsy, ja tilan on oltava riittävä huoltotyövälineiden käytölle. Puhdistusluukun sijoituksessa on huomioitava hygieeniset sekä ääni- ja palotekniset seikat. Lisäksi on asennettava puhdistusluukku välittömästi perusmuuri lävistäessä joko sisä- tai ulkopuolelle. Mikäli perusmuuria lävistäessä puhdistusluukku sijoitetaan sisäpuolelle, tulee seuraavan luukun olla enintään 20 metrin päässä ulkoalueella. Puhdistusyhde sijoitetaan jokaisen pystyviemärin alapäähän, mielellään asunnon kylpyhuoneen kattoon tai kiinteistön yleisiin tiloihin. Lisäksi pohjaviemärissä tulee olla puhdistusyhde 20 metrin välein. Asunnoissa viemärien puhdistusyhteinä toimivat vesilukot ja viemäripisteet itsessään. (Kiinteistöviemärintikäsikirja 2015: 58.)

3.2 Käyttövesijärjestelmä

Puhdas vesi on tärkein elintarvikkeemme ja elinehto ihmiselämän jatkumiselle. Siksi käyttövesijärjestelmä on vesihuoltojärjestelmän tärkeimpiä osia rakennusten ja koko yhdyskunnan terveydelle ja tuottavuudelle ja se on yksi tärkeimmistä julkisista palveluista. Kiinteistöihin johdettavan veden laatuun vaikuttavat verkostoon johdettavan veden ja putkistomateriaalien ulko- sekä sisäpinnoilla tapahtuvat ilmiöt yhdessä. Verkostoista liukenee veteen metalleja ja muovien osia. Putkistojen sisäpinnoilla kasvaa erilaisia mikrobeja ja jokaisen putken sisäpinnalle muodostuu biofilmi. (Yhdyskunta- ja ympäristötekniikan käsikirja 2009: 8; Talousveden laatu ja verkostomateriaalit 2008: 1–5.)

Käyttövesijärjestelmällä käsitetään kokonaisuutta, joka muodostuu rakennuksen sisällä talousveden kunnallisliitoksesta (tonttijohto), vedenmittauksen kulutuksen ja lämmönsiirtimistä ja vesipisteestä eli vesikalusteesta. Rakennusten käyttövesijärjestelmästä säädetään Suomen rakentamismääräyskokoelman osassa D1. Vesilaitteisto on toteutettava siten, että käyttöveteen ei liukene terveydelle haitallisia tai vaarallisia aineita. Lisäksi veden on säilytettävä sille määritetyt laatuvaatimukset jatkuvasti. Tämä tarkoittaa käytännössä sitä, että putkistomateriaaliksi käy ainoastaan käyttövesijärjestelmään suunnitellut ja hyväksytyt osat. (Talousveden laatu ja verkostomateriaalit 2008: 1–5.)

3.2.1 Putkimateriaalit ja liitostavat

Käyttövesijärjestelmän yleisimpinä putki-, liitin- ja venttiilimateriaaleina toimivat kupari, messinki ja punametalli, ruostumaton tai sinkitty teräs, ristosilloitettu polyeteeni (PEX), polyeteeni, jossa on korotettu lämmönkesto (PE-RT), polyfenyyliisulfoni (PPSU) ja polypropeeni (PP). Lisäksi uutena tuotteena ovat 2000-luvulla tulleet monikerrosputket, eli niin sanotut komposiittiputket, jotka on valmistettu päällekkäisistä muovi- ja metallikerroksista. Metallikerros on yleisimmin alumiinia. (Talousveden laatu ja verkostomateriaalit 2008: 1–5.)

3.2.1.1 Kupariputket

Kupariputkien valmistusta määrittävä standardi Euroopassa on EN 1057. Putken raaka-aineena käytetään kuparia, josta poistetaan happi fosforin avulla (Cu-DHP). Tämän ansiosta putken pinta ei läpäise nesteitä, kaasuja tai bakteereita. Kuparin pehmeän rakenteen vuoksi tulee sitä käsitellä varoen. Kupari on myös herkkä korroosiolle, mikäli putkistoon pääsee epäpuhtauksia tai kupari on kosketuksissa betonin tai jonkun muun sementtipohjaisen materiaalin kanssa. Putkia on sekä kovia että hehkutettuja pehmeitä putkia. Kovat, suorat putket käyvät runkoputkiksi ja kytkentäjohdoiksi pinta- ja piiloasennuksiin. Kovia putkia on myös kromipinnoitettuna tai maalattuina. Hehkutetut, pehmeät kupariputket tunnistetaan siitä, että ne toimitetaan rullissa. Pehmeät kupariputket ovat yleensä muovipinnoitettuja. Hehkutettua putkea käytetään lähinnä kytkentäjohdoissa ja pääosin piiloasennuksissa. Putkien kokomerkinnot ovat DN-ulkomittoja 8, 10, 12, 15, 18, 22, 28, 35 aina 159 millimetriin asti. (Harju 2006: 45–50.)

Kupariputkien liittäminen voidaan tehdä juottamalla, pusertamalla (irrotettava ”Helmi-liitos”), puristamalla (tiivisterenkaallinen tietyn järjestelmän puristustyökalulla tehtävä), pistämällä ja laippaliitoksella. Mikäli liitetään juottamalla, on hyvä muistaa, että pehmeäjuotosta voidaan käyttää ainoastaan tehdasvalmisteisten kapillaariosien juottamiseen. Pehmeäjuotoksissa on käytettävä tarkoitukseen valmistettua juoksutetta. Mikäli liitoksissa käytetään muhvaus- ja haaroitustyökaluja (T-drill), on juotostapa kovajuotto. Juottaessa on huomioitava, että juotettavat pinnat on puhdistettu kirkkaaksi esimerkiksi teräsvillalla. Puserrusliittimet on valmistettu pääosin messingistä. Liitos on avattavissa, ja osan runkoa ja muttereita voidaan käyttää uudelleen. Kaksoiskartiiviste (Helmi) tulee uusia osan uusiokäytössä. Messinki valmistetaan kuparista ja sinkistä. Messinkisten osien tulee olla tällöin sinkkikadon kestäviä. Osia saa myös kromi- tai nikkelpintaisina. Liitokset tulee asentaa siten, että mahdollinen vuotovesi tulee esille. Mutteri kiristetään pääosin käsin, kun käsin kiristys on valmis, kiristetään mutteria pihdeillä noin yksi kierros. Liika kiristys halkaisee mutterin. (Harju 2006: 45–50.)

Skanskan LVI-työselostuspohjassa mainitaan, että pääosin liitokset tulisi tehdä valmiista osista ja liitostapana on aina käytettävä kovajuotosta (LVIA-työselostuspohja 2017: 21–22).

Liitokset voidaan tehdä myös esimerkiksi Geberit Mapress -puristusjärjestelmällä. Järjestelmään kuuluvat osat ja puristustyökalu. Puristusliitokset tulee asentaa näkyville, jotta mahdollinen vuoto tai puristamattomuus huomataan. Kupariosien puristamisen huomioi liittimen muodonmuutoksesta. Mapress-järjestelmän kupariliitin on puristamattomana pyöreä ja puristettuna hieman neliskanttinen. Mikäli pinta-asennuksissa käytetään puristusjärjestelmää, tulee järjestelmän olla sellainen, että puristamattomana se ei kestä painekoetta. Tällainen järjestelmä on esimerkiksi Viega. Järjestelmässä liitoksessa olevassa kumitiivisteessä on lovi, joka tiivistyy vasta puristuessa. Näin puristamaton liitos tulee esille ennen painekokeiden päättymistä. (Harju 2006: 42–44.)

Jos kuparia kuumennetaan liian kuumalla liekillä (yli 800 celsiusastetta), muuttuu kuparin raekoko suuremmaksi muutosvyöhykkeillä, ja putken pinta muuttuu mustaksi ja karkeaksi. Heikentyneet kohdat voivat myöhemmin aiheuttaa repeämisen putkiston paineiskuista tai lämpölaajenemisen vaikutuksesta. (Harju 2006: 45–50.)

Putket katkaistaan hienohampaisella sahalla tai kuparileikkurilla. Leikkauksen jälkeen jäysteet poistetaan ulko- ja sisäpinnoilta. Kuparille ominainen työstötapa on hehkutus, mikä tarkoittaa putken kumentamista ennen työstöä. Hehkutuksessa kupari pehmenee ja on näin helpommin taivutettavissa. Putkea voidaan myös taivuttaa kylmänä. Tähän on käytettävä omaa taivutustyökalua. Putken taivutus sopii 8–18 DN -kokoisille putkille. Putkea taivutettaessa tulee tarkistaa, ettei putken sisäpinta ole rypyttynyt, putken ulkopinta haljennut tai putken profiili litistynyt kuin enintään 10 prosenttia. Tätä suurempien putkien suunnanmuutokset tulee tehdä esimerkiksi kapillaariosin. (Harju 2006: 45–50.)

3.2.1.2 Teräsputket

Ruostumattomasta teräksestä tai sinkitystä keskiraskaasta teräsputkesta tehtävän putkiston liitostavat ovat kiertämällä ja puristamalla. RST- ja HST-putkia voidaan myös liittää hitsaamalla. Sinkityn putken sinkkikerros ei kestä hitsaamista. Yleisimmin käyttökohteenä näille ovat suuret, talon sisäpuoliset kylmävesilinjat. Putket noudattavat vanhaa DN-mitoitusta, joka perustui ennen tehtyihin putkien sisämittaani (DN-20 tarkoittaa, että putken sisähalkaisija on 20 millimetriä). Nykyään parantuneiden materiaalien johdosta seinämävahvuutta on voitu pienentää, ja DN-mitta on hieman pienempi kuin putken si-

sähalkaisija. Lisäksi putket tunnetaan paremmin tuumajärjestelmään perustuvasta mitoitussjärjestelmästä, varsinkin liitokset kierteillä tehdään aina käyttäen hyväksi tuumamitotusta. Kierreluotosmenetelmä on ollut käytössä pitkään ja osien valmistajia on monia. Tästä syystä osiakin on lukuisia erilaisia, ja valikoimasta pystyy yhdistelemällä liittämään putket toisiinsa lähes aina halutulla tavalla. (Harju 2006: 38–41.)

Putken työstämisessä on huomioitava, että katkaisu tapahtuu ”kylmäkatkaisuna”. Kulmahiomakonetta tai hitsauslaitteistoa ei katkaisuun saa käyttää. Jäysteet katkaisupinnoilta tulee poistaa jyrsimellä, jotta putkistoon ei jää ylimääräistä virtausvastusta. Kierreluotokset tiivistetään hampulla ja putkikitillä. On myös olemassa teflon-valmisteista ”putkiteippiä”, jota voidaan käyttää hampun sijasta. Valmiissa liitoksessa saa näkyä noin kaksi kierreriiviä. Mikäli kierteitä näkyy enemmän, on näkyvät kierteet suojattava korroosiolta. Mikäli putki on jostain syystä kierretty liian syvälle, on mahdollista, että liitososa halkeaa. Tämän takia liitosten kiristämisessä tulee olla tarkkana. Liitos ei myöskään saa liikkua kädellä väännettäessä. Jos taas laitetaan liikaa hampua kierteisiin, se työntyy pois kierrettäessä ja liitos vuotaa. (Harju. 2006: 38–42)

3.2.1.3 PEX-putket

Muovisten putkien liitokset tehdään pääasiassa pusertamalla poiketen Suomen rakentamismääräyskokoelman osan D1 liitteen 3 ohjeesta. Liitokset voidaan tehdä myös hitsaamalla, laipalla tai pistämällä. On huomioitava kuitenkin PEX-putkien liitokset, jotka tehdään pääsääntöisesti pusertamalla, ja tästä ohjeesta poikkeamiseen tulee olla perusteltu syy. Puserrusliitoksessa on aina käytettävä esimerkiksi kuparista tukiholkkia. Holkki on niin pitkä, että se näkyy puserretun liitoksen jälkeen ruskeana raitana putken läpi valoa vasten katsottaessa. PEX-putket tulee aina asentaa suojaputkeen, jolloin putki on vaihdettavissa. (SRmk D1 2007: 44–45.)

PEX-putkia käytetään käyttövesiputkistossa, jonka paine on enintään yksi baari. Jatkuvaan yli 70 asteen lämpötilaan PEX-putki ei sovellu. Kuitenkin putki kestää hetkellisesti jopa 95 asteen lämpötiloja. PEX-putken hyviä puolia on sen pitkä käyttöikä, jopa 50 vuotta. PEX-putkien yhteydessä on syntynyt käsite *makupex*, joka tarkoittaa huonoa valmistuserää, ja nämä vialliset putket tulee vaihdattaa tavaran toimittajan lukuun. Useimilla rakennusmateriaaleilla ei ole vaikutusta, kun ne ovat kosketuksissa PEX-putkeen,

mutta teipit, liimat, massat ja maalit, jotka sisältävät muovin pehmentimiä, eivät saa olla kosketuksissa PEX-putken kanssa. Lisäksi on huomioitava, etteivät putket altistu pitkiä aikoja UV-säteilylle.

Käyttövesijärjestelmässä voidaan käyttää happidiffuusiosuojaamatonta putkea, toisin kuin lämmitysjärjestelmässä. Putket kestävät hyvin paineiskuja ja vaimentavat ääntä paremmin kuin metalliset putket. Putkimateriaali on suojattava jäätymiseltä. Lämpötilan kasvaessa muovit laajenevat huomattavasti metalleja enemmän, kuitenkin niiden aiheuttama voima on huomattavasti metalleja pienempi. Näin ollen lämpölaajenemista ei tarvitse huomioida erikseen, sillä PEX-putki asennettuna suojaputkeen laajenee suojaputken sisällä. Piiloon asennettavat putket on aina asennettava suojaputkeen ja suojaputkien pää on sijoitettava tarkastusluukun läheisyyteen, jotta mahdollinen vuotovesi saadaan havaittua. Vuotovesi tulee aina ohjata näkyville. Suojaputket asennetaan hanakulmarasioihin tiiviisti, jotta mahdollisella vuotovedellä on vain yksi reitti tulla esille. Liitoksia PEX-putkeen ei tulisi tehdä, vaan putken tulisi jatkua yhtenäisenä koko suunnitellun matkan. Mikäli kuitenkin putkea joudutaan rakenteiden sisällä jatkamaan, on tähän käytettävä puserrusliitintä ja suojaputken jatkokappaletta. Kaikki muut jatkotavat ovat ehdottomasti kiellettyjä. (Harju 2006: 56–59.)

Kun putkea asennetaan valettaviin rakenteisiin tai muihin vastaaviin, joissa tarvitaan putken tiukkakaarista kääntymistä ilman liitoksia, käytetään putkessa taivutuskulmaa. Taivutuskulmalla varmistetaan oikea taivutussäde ja putken ehjänä pysyminen tiukassa käännöksessä. (Harju 2006: 56–59.)

PEX-putkien kanssa käytetään aina hanakulmarasioita, kun putki tuodaan uppoasennuksesta näkyville. Hanakulmarasian malli tulee varmistaa yhteensopivaksi vedeneristysjärjestelmän kanssa. Hanakulmarasian runko-osa on muovia ja sisus on messinkiä. Yleisimmin messinkiosassa on puserrusliitos, joka liitetään itse PEX-putkeen. PEX-putkien kanssa voidaan myös käyttää ”kylmävenytystekniikkaa”, esimerkiksi Uponorin Q&E-järjestelmää, jossa putkeen asennetaan tiivisterengas ja työkalulla putken päätä ja ren-gasta venytetään, jotta liitos kutistuu tiiviiksi. Kun toinen pää putkesta lähes aina kytetään hanakulmarasiaan, kytketään toinen pää yleisimmin metallista valmistettuun runko-putken haaraan. Tämä liitos tulee kannakoida molemmin puolin liitoksen välittömästä läheisyydestä. Toinen vaihtoehto on kytkeä tämä ”tulopää” jakotukkiin, joka on sijoitettu

jakotukkikaappiin. Jakotukkikaapin ei tarvitse olla märkätilassa, vaikka tämä olisi suotavaa mahdollisten vuotojen takia. Tämä on yleinen tapa rakennuksissa, joissa putket kulkevat lattiarakenteissa ja kytkentäjohtot ovat rakenteiden sisällä. (Harju 2006: 56–59.)

Asennettaessa putket betonivaluun tulee putket sitoa raudoitukseen tai vastaavaan. Sidonnassa on huomioitavaa, ettei sidelanka vahingoita putkea. Putket on hyvä sitoa esimerkiksi nippusiteillä. Putkien asennus seinissä ja katoissa tapahtuu suojaputken päältä suojaputkipitimitillä. Putki kiemurtelee, jolloin sisäputki painautuu suojaputkea vasten. Mikäli sisä- ja ulkoputki eivät ole tiiviisti toisiaan vasten, paineiskut putkistossa voivat aiheuttaa kolahtelua,. Liitoskohdat tuetaan molemmin puolin. Putken katkaisu tapahtuu muoviputkisaksilla tai putkileikkurilla. Jäysteet tulee poistaa. Suojaputkea katkaistaessa on varottava sisemmän putken vaurioitumista. (SRmk D1. 2007: 44–45; Harju 2006: 56–59.)

3.2.1.4 Komposiittiputket

Monikerrospotket tai komposiittiputket liitetään toisiinsa ainoastaan putkivalmistajan omilla osilla ja valmistajan määrittämällä puristustyökaluilla. Esimerkiksi Geberityhtiön Mapress-liitosmenetelmällä. Järjestelmän työkalut täytyy aika ajoin kalibroida, jotta puristuslaatu vastaa suunniteltua. Puristusliitoksissa on huomioitava, että niitä ei saa asentaa rakenteiden sisälle. Mapress-järjestelmällä pystytään liittämään myös kupari- ja HST-putkia materiaaleille soveltuvilla liittimillä. Liitännät tehdään kumitiivisteisellä osalla. Mikäli liitosta ei ole puristettu tai sen puristus on epäonnistunut, tulee vuotava vesi näkyville. Puristusliitoksien kanssa on ollut paljon ongelmia unohduksen takia puristamattomien liitosten kanssa. Nykyään esimerkiksi Mapress-järjestelmässä liitoksessa on muovirengas, joka lähtee irti vasta kun osa on puristettu, jotta puristamattomat osat olisi helppo tunnistaa. Järjestelmän uutuuden takia liitinosia ei ole tarjolla yhtä montaa tyyppiä kuin teräsputkille. Putkia on muovipinnoitteisina ja kromipintaisina pinta-asennuksia varten. (Harju 2006: 52.)

Puristusliitoksissa on huomioitava, että niitä ei saa asentaa rakenteiden sisälle. On käyty keskustelua, ovatko kevyet väliseinät ja alas lasketut katot kiellettyjä rakenteita. Skanskan linjaus asiasta on yksiselitteisesti, että puristusliitosta käytetään ainoastaan näkyville jäävissä asennuksissa ja liittimet tulee olla varustettu tiivisteessä olevalla vuodonilmaisella. (Laadun linjaukset 2016.)

Putket katkaistaan tähän tarkoitettu työkälulla tai hienohampaisella sahalla. Kaikki kuumentaminen on kiellettyä. Jäysteet tulee poistaa ulko- ja sisäpinnoilta. Ennen osan asentamista tarkistetaan tiivisteiden puhtaus ja paikoillaan oleminen. Kun liitos on tehty, ei liitosta saa tämän jälkeen kuormittaa esimerkiksi putkea taivuttamalla. (SRmk D1 2007: 44–45; Harju 2006: 52.)

3.2.2 Kannakointi

Käyttövesijärjestelmän kannakointi riippuu siitä, mitä putkimateriaalia käytetään ja kannakoidaanko pysty- vai vaakasuuntaan. Lisäksi on huomioitava putkien sijainti. Kannakkeiden tulee kestää putken paino täytenä, ja kannakkeen on kestettävä, vaikka viereinen kannake hajoaa. Lisäksi on huomioitava, tuleeko kannakkeelle muita ulkoisia kuormia.

Kannakemateriaali valitaan vallitsevien olosuhteiden mukaan. Kosteat tilat tai palonkestävyys ovat esimerkkejä valintaan vaikuttavista olosuhteista. Normaalisti kannakkeet ovat muovia tai sinkittyä terästä. Ulkotiloissa ja niihin verrattavissa tiloissa tulee käyttää kuparisia, alumiinisia, RST- tai haponkestäviä kannakkeita. Kannakkeiden tulee estää putken sivuttaisliike. Kannakoinnissa on myös huomioitava äänitekniset vaatimukset. Vaikka vesiputkista ei suurta ääntä lähdekään, ovat metalliputkistot hyviä siirtämään ääntä huoneistosta toiseen. Piiloon asennettavissa kannakkeissa tulee käyttää kumitiivistettä kannakkeen ja putken välissä. Myös jos kannakkeet ovat eri metallista valmistettuja, on putken ja kannakkeen väliin hyvä asentaa kumi- tai muovieriste. Tällä estetään epäjalomman metallin syöpyminen. Putkistojen kannakointivälin eri putkimateriaalille ja putkikoolle voi katsoa taulukosta 2.

Pystylinjojen kannakointi tulee hoitaa siten, ettei pystyputken paino kohdistu vaakaputken liitokseen. Pystynousussa tulee olla välipohjalävistyksen lisäksi vähintään yksi kannake jokaista kerrosta kohden. Korkeissa, normaalia 3 000 millimetrin kerrosjakoa suuremmissa kerroskorkeuksissa (huonekorkeus + välipohja) tulee kerrosväliin aina laittaa vähintään kaksi kannaketta. Kahden eri putkimateriaalin liittyessä toisiinsa on molemmat putket kannakoitava välittömästi liitoksen jälkeen. Yli 20 senttimetrin etäisyys kannakkeiden välillä tulee olla hyvin perusteltu. Pitkät pystylinjat tulee varustaa vähintään yhdellä kiintopisteellä. Kiintopiste sijoitetaan ainakin keskelle linjaa, jotta se tasaa lämpölaajenemisen molempiin päihin. Kaiken kaikkiaan kannakkeiden tulee olla tehdasvalmisteisia osia. Mikäli kannakoidaan useampi putki vierekkäin, on syytä käyttää kiskokannakointia. Lopullisen putkien sijainnin ollessa epäselvä on esimerkiksi Hiltin valmistama liukukiskokannakointi otollinen järjestelmä, joka antaa pelivaraa sivuttaisliikkeelle asennusvaiheessa. Raskaita putkia kannakoidessa on hyvä tarkastella mahdollisuus konsolikannakkeille ja tuennalle alapuolelta. Muoviputkia kannakoidessa on syytä kannakoida molemmat päät kiintokannakkeilla, jolloin lämpöliike kohdistuu mutkittelevaan putkeen. Koska putkien kannakointiväli riippuu putkikoosta ja putkimateriaalista, tulee oikea kannakointiväli katsoa taulukosta 2. (Putkistojen ja kanavien kannakointi 2004: 2–9.)

Taulukko 2. Vesijohtojen kannakointivälit eri putkimateriaaleille (Putkistojen ja kanavien kannakointi 2004: 3)

Teräsputket		Kupariputket		Muoviputket			Monikerrosmuoviputket ²⁾	
DN	mm	d _u	mm	d _u	PVC, PEH, PEM	PEL, PEX, PB	d _u	mm
mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
		8...15	400...600 ¹⁾					
< 20	2500	< 22,0	1250	< 20	700	300	< 20	1200
20	2500	22,0	2500	20	700	300	20	1300
25	2500	28,0	2500	25	900	400	25	1300
32	2500	35,0	2500	32	1000	400	32	1400
40	2500	42,0	2500	40	1100	500	40	1400
50	3000	54,0	2500	50	1200	500	50	1500
65	4000	63,0	2500	63	1400	600	63	1500
80	4000	76,1	3000	75	1500	600	75	1500
100	5000	88,9	3000	90	1600	700		
125	5000	108,0	3000	110	1700	700		

¹⁾ pinta-asennuksessa lämmitysputket 400...500 mm, käyttövesiputket 600 mm, hehkutettu kupariputki enintään 300 mm

²⁾ pinta-asennuksessa putket 500...800 mm

Kannakoidessa putkistoja on syytä huomioida myös eristeiden tarvitsema tila ja asennusväli. Eristeen paksuus katsotaan siitä, mikä putken halkaisija on ja mikä eristesarja sille on valittu. Eristesarjojen paksuus voi vaihdella valmistajan mukaan. Lisäksi on

huomioitava eristemateriaali ja se, onko kyseessä lämpö-, ääni- vai paloeristys. (Talo-tekniikan eristykset -asennusopas 2015: 4—10.)

3.2.3 Toimilaitteet

Tässä osiossa käydään läpi käyttövesiputkiston yhteyteen asennettavia toimilaitteita. Toimilaitteilla varmistetaan verkoston suunnitelmien mukainen toimivuus. Tähän osioon on kerätty tärkeimmät asiat, jotka tulee huomioida toimilaitteiden asennuksessa.

3.2.3.1 Vesimittarit

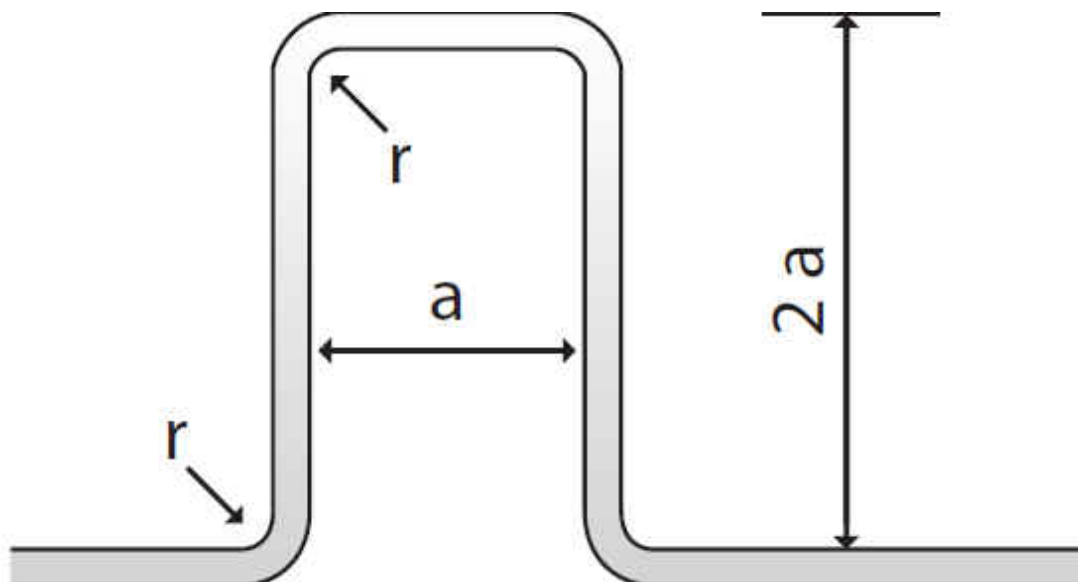
Vesimittarit on jaettu asuntorakennuksissa pääsääntöisesti asuntokohtaisiksi. Asunnoista löytyy kylmän ja lämpimän veden mittaus. Kylmän ja lämpimän veden asuntokohtaiset mittarit tulisi olla tunnistettavissa värikoodilla tai vastaavilla merkinnöillä. Lisäksi mittareista tulisi löytyä virtaussuunnan esittävä nuoli. Mittaria asentaessa tulee huomioida asennusohjeesta, miten päin mittari asennetaan, koska kaikkia vesimittareita ei saa asentaa ylösalaisin.

Mittarit voivat olla etäluettavia. Tämä ei kuitenkaan poista tarkistusluukun tarvetta esimerkiksi alas lasketusta katosta, jonne mittarit usein asennetaan. Vesimittari voi olla kuiva- tai märkälaskin. Tämän tunnistaa siitä, täyttyykö mittarin lukulasi vedellä ensimmäisillä kerroilla vettä juokсутtaessa. Vesimittari voi olla mekaanista siipipyörää vesivirralla pyörittävä tai ultraäänimittari. Etäluettavat vesimittarit tarvitsevat sähkökytkennän. Lisäksi rakennuksessa on päävesimittari, jonka asentaa vesilaitos. Tämän mittarin lukema on kiinteistön vedenkulutuksen maksuperusteena. Kerrostalokohteissa on yleensä useampi päävesimittari samassa mittaripaketistossa. Tällä parannetaan mittauksen tarkkuutta. Lähtökohtaisesti kerrostalojen päävesimittarit ovat etäluettavia 10 litran pulssilla varustettuja vesimittareita. (Harju 2006: 92.)

3.2.3.2 Lämpölaajenemisen tasaus

Pitkien putkilinjojen asennuksessa tulee huomioida lämpölaajeneminen. Siihen varaudutaan joko rakenteellisesti tai liikkeen sallivalla osalla. Rakenteellisesti lämpölaajeneminen hoidetaan tekemällä putkeen paisuntalenkki. Lenkin mutkat taipuvat sen verran, että lämpölaajeneminen ei rasita liitosta. Lenkille määritettyjä pituuksia voi katsoa kuvasta 5.

Mikäli paisuntalenkkiä ei haluta käyttää ulkonäkösystä tai putki on niin iso, ettei tila riitä sille, voidaan lämpölaajeneminen tasata paljetasaimella. Paljetasaimessa on vieteri tai muu vastaava osa, joka ottaa lämpölaajenemisen tai supistumisen vastaan. (Harju 2006: 71–72.)



Kuva 5. Rakenteellinen lämpölaajenemisen tasaus paisuntalenkillä (Lämpölaajenemisen paisuntakaari)

3.2.3.3 Venttiilit

Yleisimmät venttiilit käyttövesiverkossa ovat sulkuventtiilit. Jokainen kaluste, haara ja toimilaite tulisi varustaa sulkuventtiileillä huollon helpottamiseksi. Normaalisti sulkuventtiilit ovat messinkisiä ja niissä on kahva. Hyvän asennustavan mukaisesti venttiili on auki, kun kahva osoittaa virtaussuuntaan. Poikkeuksena kahvallisista sulkuventtiileistä ovat kalusteiden sulkuventtiilit. Kalustesulku voi olla esimerkiksi Oraksen 2081087/2 kuulasulkuventtiili. Lisäksi pinta-asenteisissa hanakulmissa voi olla sulkuventtiili integroituna. Vakiopaineventtiiliä tulee käyttää verkostossa, mikäli painetaso kunnallisverkossa on yli seitsemän baaria.

Linjasäätöventtiili löytyy yleisimmin lämpimän kiertojohtoon haaroista. Lämpimän kiertojohdon haarat tasapainotetaan samaa periaatetta käyttäen kuin vesikiertoinen lämmitysjärjestelmä. Säätöventtiileissä tulee olla vähintään kerroskohtaisesti mittayhteet, joista suunniteltu virtaama tarkistetaan.

Yksittäisen asunnon kiertojohdo voidaan säätää tavallisella patteriventtiilillä. Yksisuunta-venttiiliä tai puhekielessä takaiskuventtiiliä käytetään, jos halutaan estää veden virtaus väärään suuntaan. Esimerkiksi harvoin käytettyjen vesipostien haarakohta voidaan varustaa yksisuunta-venttiilillä. Näin estetään esimerkiksi koko talven putkessa seisseen veden takaisvirtaus käyttöputkistoon. Yksisuunta-venttiilin kyljessä on merkittynä virtaussuunta. Erilaisten toimintojen yhdistelmäventtiileitä kutsutaan venttiiliryhmiä. Tästä on esimerkkinä sulku-, säätö- ja yksisuunta-venttiilitoiminnot integroituna yhteen venttiiliin. Sekoitusventtiili, esimerkiksi shunttisäätöventtiili on rakenteeltaan kolmi- tai nelitieventtiili, jota operoidaan kierteillä liikkuvalla karalla.

Shunttisäätöventtiili on laite, jossa sekoitetaan kylmää ja kuumaa vettä. Tällä säädetään esimerkiksi verkostoon menevän lämpimän veden lämpötila 55 asteeseen. Sekoitusventtiili voi olla myös termostaattinen, jolloin sen toiminta perustuu lämpölaajenemiseen. Näin verkostoon menevän veden lämpötila pysyy vakiona paineenmuutoksista huolimatta.

Varoventtiili on laite, joka avautuu tietyn paineen ylittyessä. Laitteella suojataan muita laitteita liialliselta paineelta. (Harju 2006: 85–92.)

3.2.3.4 Kalusteet

Vesikalusteet ovat käyttövesiverkoston päätepiste. Kalusteet ovat yleisimmin erilaisia kromatusta messingistä tehtyjä hanoja. Kalusteet asennetaan seinään, pöytään tai pesualtaaseen. Kalusteita voivat olla esimerkiksi allashana, suihku, WC-istuin, laskuhana talon ulkopuolella tai vaikkapa pesukoneen tuloventtiili. Tavallisimpia kalusteita ovat kylmän ja kuuman veden sekoittaja asennettuna pöytään tai altaaseen. Lämpötilasäädettävää kalustetta asennettaessa lämmin vesi on aina edestäpäin katsottuna vasemmalla puolella. Mikäli vesikalusteessa on kolme kytkentäjohtoa, on kolmas putki pesukoneliitäntälle tai bidee-suihkulle.

Kaluste saattaa myös tarvita sähkökytkennän, mikäli siinä on sähköistä automatiikkaa, esimerkiksi valokenno-ohjausta (liiketunnistin). Liitäntä on joko kiinteä tai pistotulpallinen 230 V:n yksivaiheinen vikavirtasuojattu sähköpiste. Tämä tulee kuitenkin tarkastaa aina tuotekohtaisesti. Esimerkiksi valokenno-ohjatuissa sekoittajissa ei ole välttämättä mahdollisuutta säätää veden lämpötilaa. Tällöin käytetään erillistä sekoittajaa, esimerkiksi Oraksen Oramix- pressostaattista sekoittajaa.

Kalusteelle on määritetty tietty normivirtaama ja painehäviö määrätyllä virtaamalla. Merkintä 0,2/160 tarkoittaa kalusteessa virtausta 0,2 dm³/s. 160 on painehäviö ilmoitettuna kilopascalina (kPa). Yleisimmissä kalusteissa normivirtaus on 0,2 tai 0,1 litraa sekunnissa. Näistä on annettu arvot eri vesipistetyypeille Suomen rakentamismääräyskokoelman osassa D1.

Useimpia sekoittajia voidaan rajoittaa kuuman tai kylmän veden osalta. Tällöin kuumin mahdollinen lämpötila voidaan alentaa esimerkiksi 40 asteeseen, jotta esimerkiksi lapset eivät voi satuttaa itseään liian kuumalla vedellä. Myös virtaamaa voidaan rajoittaa esimerkiksi vedensäätötarkoitukseen. (Harju 2006: 131–161.)

Kalusteiden virtaaman lämpötilasäätöön on kolme toisistaan eroavaa toteutustapaa:

- Viputoiminen sekoittaja säätää virtaaman suhdetta.
- Pressostaattinen sekoittaja tarkkailee verkoston painetta ja säätää asetettua lämpötilaa, mikäli verkoston paine muuttuu. Näin lasketun veden lämpötila ei heittele käyttöpisteiden käytön mukaan.
- Termostaattinen hana säätyy sekoitetun veden lämpötilaa seuraamalla. Kuten pressostaattisella säädöllä, termostaattisellakin säädöllä haetaan veden asetettun lämpötilan pysyvyyttä. (Harju 2006: 131–136.)

Kun pesuallastason 850–900 millimetriä valmiista lattiapinnasta, hanakulmarasioiden oikea korkeus on noin 550 millimetriä lattian valmiista pinnasta. Näin suurimman osan sekoittajista viikset ylettävät suoraan hanakulmarasiaan asennettavaan kalustekulmaan tai kuulasulkuventtiiliin. Tavallisimpien allassekoittajien tarvitsema pyöreä varaus pöytään on 33–35 millimetriä halkaisijaltaan. Pöydän suurin paksuus on myös varmistettava sekoittajakohtaisesti, mutta yleinen enimmäismitta on 30 millimetriä. Pöydän alapinnan tulee myös olla riittävän tasainen, jotta sekoittajan tukilaippa mahtuu paikoilleen. Viikset ovat yleensä valmiiksi hehkutettua kuparia, ja tästä syystä putkia on helppo asennettaessa hieman taivuttaa. Mikäli sekoittajaan kytketään bidee-suihku, on tämä hyvä asentaa 200 millimetriä sekoittajaa korkeammalle. Hanakulmarasiaan liitettävissä sulkuliittimissä on kierteet myös peitelaihalle. Peitelaippaa kiertämällä voidaan pienet heilumiset tai epäsuoruudet korjata. (Harju. 2006: 131–136)

Useimpien suihkusekoittajien lämmin ja kylmä hanakulmarasia asennetaan toisistaan 150 millimetrin etäisyydelle, kun mitta on keskeltä keskelle. Useimpiin hanakulmamalleihin on saatavilla etäisyyden varmistamiseksi asennuslevyjä. Sekoittajan korkeus valmiista lattiapinnasta on noin 1 100 millimetriä. Mikäli hanakulmarasian asennusväli tai korkeus ei ole aivan kohdallaan, voidaan ongelmaa yrittää korjata epäkeskoliittimellä. (Harju. 2006: 145–151)

Valmiiden kalusteiden asennustarkastus voidaan toteuttaa esimerkiksi seuraavasti:

- Kalusteen kiinnitys alustaan tarkastetaan kohtuullista voimaa käyttämällä. Mikäli kaluste heiluu tai pyörii, on sitä kiristettävä.
- Vettä juoksutetaan ja juoksutuksen aikana pyyhkäistään sormella kaikki liitokset läpi. Mikäli sormi kastuu, on liitoksia kiristettävä. Juoksutus toteutetaan sekä kuumaan että kylmään veteen.
- Tarkastetaan näkyviin jäävät asennukset mahdollisten nirhautumien ja muiden visuaalisten haittojen osalta.

Ensimmäistä kertaa verkostoa juoksutettaessa tulee poresuutin irrottaa, jolloin kiinteä aines pääsee huuhtoutumaan pois verkostosta. (Harju 2006: 131–136.)

Siivouskomeroihin asennettava laskuallas on yleisimmin yläpinnaltaan 650–700 millimetriä lattiasta. Altaalla on oltava mahdollisuus täyttää ämpäreitä, joten laskusekoittaja on asennettava seinälle 400 millimetriä kaatoaltaan yläreunan yläpuolelle. (Harju 2006: 137.)

WC-istuimelle johdetaan kylmä vesi. Mallista riippuen istuin asennetaan lattialle tai seinään. Myös WC-istuin tulee varustaa kalustesululla. WC-istuimen isomman huuhtelun määrää säädettäessä alle kuuden litran tulee tämä ottaa huomioon myös viemäriensuoksissa. (Harju 2006: 154.)

Kastelupostilla kiinteistöstä saadaan vettä myös ulkopuolelle. Kastelupostia asennettaessa tulee huomioida sen asennus vähintään yhden asteen kulmaan ulospäin kaataen. Kasteluposti tulee varustaa imusuojalla. Näin varmistetaan, ettei pihalla käytetty vesi imeydy takaisin käyttöverkkoon. (Harju 2006: 93.)

3.3 Lämmitysjärjestelmä

Suomessa on pakko lämmittää rakennuksia ilmaston takia. Lämpö saattaa olla tärkein taloteknisistä järjestelmistä, sillä se on ainoa, jonka on oltava rakennuksen sisällä jatkuvasti. Lämmityskausi on käsitteenä aika syksyn ja kevään välillä. Rajapisteet ovat syksy, kun vuorokauden keskilämpötila alittaa 12 astetta, ja kevät, kun vuorokauden keskilämpötila ylittää 10 astetta.

Lämmön lähteitä on monia ja lämmön luovutustapoja on lukuisia. Yleisimmin lämpöä kuitenkin siirretään ilman ja veden välityksellä erilaisissa putkistoissa. Oikean lämmitysjärjestelmän valinta on tärkeää myös energiatehokkuuden kannalta. Lämmitysjärjestelmällä katetaan rakenteiden läpi johtuvaa energiahukkaa, rakennuksen ilmavuotojen hukkaenergiaa sekä ilmanvaihdon mukana ulospuhallettavaa lämmintä ilmaa. Rakennuksen tiiviyys ja rakenteiden lämpöhäviöt ovat tärkeässä roolissa lämmitysjärjestelmän toimivuuden kannalta. (Harju 2010: 7–17.)

Koska suomalainen viettää suurimman osan vuorokaudesta sisätiloissa, huoneilman lämpötilalla on merkitystä viihtyvyyden kannalta. Lämpötilan kokemiseen vaikuttavat ilman lämpötila, pintojen lämpösäteily, ilman kosteus, ilman virtausnopeus, asukkaan vaatetus ja aktiivisuus sekä lämpötilan muutosnopeus. Operatiivinen lämpötilamittaus ottaa huomioon vain osan lämpötilan tunteen muodostavista tekijöistä. (Harju 2010: 13–17.)

3.3.1 Lämmöntuotto kaukolämmöstä

Pääkaupunkiseudun asuinkerrostalojen yleisin lämmitysmuoto on kaukolämpö. Kaukolämpö tarkoittaa järjestelmää, jossa energialaitos tuottaa lämpöä, jota se siirtää veden välityksellä putkistoja pitkin kiinteistölle käytettäväksi. Tätä vettä ei kuitenkaan päästetä kiinteistöön vapaaseen käyttöön, vaan veden lämpösisältö siirretään kiinteistön omaan nesteeseen lämmönvaihtimessa. Energialaitoksen putkia kutsutaan ensiöpuoleksi ja putket ovat energialaitoksen omistuksessa ja vastuulla. Kiinteistön oma verkosto on nimetty toisiopuoleksi ja tämä on kiinteistön omistajan vastuulla. (Harju 2010: 143–155.)

Ensiöpuoli tuodaan rakennukseen energialaitoksen hyväksymästä kohdasta, ja yleisimmin se lävistää rakennuksen perusmuurin tähän tarkoitetuilla 1,5 metriä * 1,5 metriä - kokoisilla L-kappaleilla, jotka energialaitos toimittaa tilauksesta. Ensiöpuolen putket ovat teräsputkia, joissa on polyuretaanieriste ja muovipinnoite tämän suojana. L-kappaleen mitat ovat sovittavissa energialaitoksen kanssa. Energialaitos myös toimittaa pyydettyessä L-kappaleiden asennusohjeet.

Ulkopuoliset ensiöpuolen putket asennetaan noin 600 millimetriä maan pinnan alle. Lähtökohtaisesti maahan asennettavia kaukolämpöputkia ei saa peittää kiinteillä rakenteilla, kuten betonivaluilla tai vastaavilla. Nämä kuitenkin käydään läpi tapauskohtaisesti energialaitoksen edustajan kanssa, ja on hyvä, että rakennusliikkeen edustaja on yhteydessä energialaitokseen ennen töiden aloittamista.

Energialaitos toimittaa myös energiamittauslaitteet. Energiamittaus asennetaan siten, että sille jää 2 000 millimetriä korkea ja muuten 800 millimetriä vapaata työskentelytilaa. Toimitusraja energialaitoksella päättyy energiamittaukseen, ja tästä jatkaa urakoitsija. Ensiöpuolen materiaalina käytetään teräs- tai kupariputkia. Putkimateriaalin erityisvaatimuksesta on mainittu K1-julkaisussa. (K1 2014: 22–39.)

Lämmönsiirrin, tai tuttavallisemmin kaukolämpöpaketti, on suurilta osin kokonaisuena tilattava eri lämmityspiirien toimilaitteista koottu laitteisto, jossa on lämmönsiirtimet ja osa tarvittavista laitteista jokaiselle lämmityspiirille sekä käyttövedelle. Lämmönsiirrin sijoitetaan lämmönjakohuoneeseen, ja se voi palvella useaa eri taloa samanaikaisesti. Lämmönsiirtimien toimitusajat ovat pitkät. Tilauksen yhteydessä on hyvä pyytää laitteiston ulkomitat, sillä suurten kohteiden lämmönsiirtimet voivat tarvita haalausaukon tai vaihtoehtoisesti purkua työmaalla haalauksen aikana. Siirrinpaketit painavat useita satoja kiloja, ja niiden haalaus on hyvä suunnitella etukäteen lämmitystöistä vastaavan työnjohtajan kanssa. Lämmönsiirtimen sijoittelussa on huomioitava huoltotila siirtimen kaikille sivuille. K1-julkaisussa, jossa Energiateollisuus on määrittänyt oman ”määräyskokoelman” osan kaukolämpökytkennöille, määritetään huoltotilaksi 600 millimetriä kaikille huoltoa tarvitseville sivuille. (K1 2014: 4–13.)

Kun ensiö- ja toisiopuoli on valmis käyttöönottoon, on noudatettava tiettyä protokollaa käytön aloittamiseksi. Aloitus vaatii tiettyjen dokumenttien teon sekä katselmoinnin kohteessa. Kyseisen tarkastuksen järjestää sisäpuolen kiinteistön vesi- ja viemärlaitteiston (KVV) vastaava yhdessä energialaitoksen edustajan kanssa. Jotta energialaitos antaa luvan rakennuksen lämmittämiseksi kaukolämmöllä, tulee taulukon 3 mukainen käyttöönottotarkastus suorittaa hyväksytysti. (K1 2014: 44–49.)

Taulukko 3. Kaukolämpölaitteen käyttöönottoprosessi (K1 2014: 46.)

Toimenpide	Dokumentti	Toteuttaja
Laitteiden asennus ja toimintatarkastus		Lämpöurakoitsija
Laitteiden käyttöönotto, käyttöönottotarkastus	Asennusvalvontapöytäkirja	Lämmönmyyjä, auktorisoitu lämpöurakoitsija tai muu palveluntarjoaja
Lämmöntoimituksen aloitus	Aloitusilmoitus	Lämmönmyyjä
Säätölaitteiden viritys ja säätölaitteiden toimintakoe	Virityspöytäkirja	Laitetoimittaja (valtuutettu säätölaitteurakoitsija)
Loppukäyttäjän koulutus		Lämpöurakoitsija
Laiteasennusten valmistuminen, toimintakoe, lopputarkastus	Valmistumispöytäkirja	Lämmönmyyjä, auktorisoitu lämpöurakoitsija tai muu palveluntarjoaja

Tarkempaa tietoa kaukolämpöön liittyvistä asennuksista on saatavilla Energiateollisuuden K1-dokumentista sekä kyseisen alueen energialaitoksen asennusohjeista. (K1 2014.)

3.3.2 Putkistot

Tässä osiossa käsitellään lämmitysjärjestelmän putkistoja ja niiden liitoksia. Jotta putkis-
toille määritetty 45 vuoden käyttöikä toteutuisi, tulee asennuksessa huomioida seuraavia asioita.

3.3.2.1 Putkistot kiinteistön sisällä

Niin kutsutun toisiopuolen putket tehdään yleisimmin mustasta teräsputkesta. Talotekniikkaelementeissä nousuputket ovat kuparia ja esimerkiksi lattialämmityksessä käytetään PEX-putkea. Suurin lämmitysverkoston sallittu paine on kuusi baaria. Putkistoihin liitetään myös joukko erinäisiä laitteita. Näistä mainittakoon paisunta-astiat, varoventtiilit, säätöventtiilit ja pumput. Jokaiselle putkimateriaalille on määritetty oikeat liitostavat. Kyseisen putkimateriaalin oikean liitostavan voi katsoa taulukosta 4. (K1 2014: 22–26.)

Taulukko 4. Yleisimmät putkimateriaalit ja liitostavat lämmitysverkostossa. (Vesikiertoinen patterilämmitys 2002: 9.)

<i>Materiaali</i>	<i>Liitostapa</i>	<i>Tavallisin käyttöalue</i>
Teräs SFS 2145, SFS 3312, SFS 3313	Hitsausliitos Kierreltiitos Laippaliitos	Lämmitysputket: runko- ja kytkentäputket
Ohutseinäinen teräs SFS 679	Puristusliitos Puserrusliitos	Lämmitysputket: runko- ja kytkentäputket
Kupari SFS-EN 1057	Kapillaariliitos*) Puristusliitos Puserrusliitos	Lämmitysputket: runko- ja kytkentäputket Lattialämmitysputkistot
PEX happidiffuusiosuojatuna SFS 2336	Puserrusliitos	Lattialämmitysputkistot, lämmitysputket pien- ja rivitaloissa
Monikerrosmuovi	Puristusliitos	Lämmitysputket: runko- ja kytkentäputket

*) kova- tai pehmeäjuotos

PEX-putkea käytettäessä on huomioitava, että putki on happidiffuusiosuojattua. Tämä tulee esiin lattialämmityspiiriä asennettaessa. Käyttövesipuolella käytettävä putki ei siis käy. Muiden putkimateriaalien asennuksessa pätevät samat lainalaisuudet kuin käyttövesiputkistossa. Eroavaisuutena kuitenkin on ilman kertyminen putkiston korkeimpiin kohtiin. Näitä tilanteita kutsutaan ilmapusseiksi. Kohdan, johon voi syntyä ilmapussi, ei tarvitse olla rakennuksen korkein kohta, vaan se voi syntyä tilaan, jossa olevien putkien liitokset on tehty alakautta. Tämän vuoksi ilma voi kerääntyä yhteen kohtaan ja heikentää virtausta. Mikäli tällaisia kohtia joudutaan syystä tai toisesta kuitenkin työmaalla toteuttamaan, on ilmapussin korkein kohta varustettava ilmausmahdollisuudella. (K1 2014: 22.)

Putkiston kannakoinnissa voidaan noudattaa samoja periaatteita kuin käyttövesiputkien kanssa. Nousulinjojen kannakoinnissa hyvänä muistisääntönä voidaan pitää vähintään yhtä kannaketta jokaisessa kerroksessa holviläpiviennin lisäksi. Myös nousulinja on kannakoitava sen alimmasta kohdasta, siten että putken paino tai lämpölaajeneminen ei rasita liitosta vaakaputkeen. Putkiston äänieristystä voidaan parantaa lisäämällä kumitiiviste kannakkeen ja putken väliin. (Putkistojen ja kanavien kannakointi 2004: 2–9.)

Jokainen lämmityspiiri on jaettava haaroihin ja jokainen haara on varustettava säätöventtiileillä. Tämä mahdollistaa lämmitysverkoston tasapainottamisen ennen luovutusta. Peräkkäisten säätöventtiilien asennusta tulee välttää. (Vesikiertoinen patterilämmitys 2002: 4–9.)

3.3.2.2 Putkistot kiinteistöjen välillä

Kiinteistöjen välistä lämmitysjärjestelmää kutsutaan aluelämmöksi. Eri kiinteistöjen välisiä lämmityspotkistoja tehdään pääosin eristetystä moniputkielementistä. Putkessa on sisällä virtausputket. Virtausputkien päällä on eriste ja eristeen päällä suojaputki. Putket toimitetaan kiepeillä, ja putket voivat olla jopa 200 metriä pitkiä.

Putkia voidaan myös haaroittaa tähän tarkoitukseen valmistetuissa haaroituskaivoissa. Kaivojen on hyvän asennustavan ja huoltovarmuuden takia oltava avattavia. Putkissa voidaan tuoda myös käyttövesi kiinteistöjen välillä. Putket on asennettava tasaisesti, jotta ilmapusseja ei pääse syntymään. Putkistoon ei saa jäädä kohtia, joihin ilma voi kerääntyä ilmapussiksi ja heikentää veden virtausta. Putkistojen asennuksessa on huomioitava valmistajan ja LVI-suunnittelijan ohjeiden mukaisesti routasuojaus. Putkistot kiintokannakoidaan molemmista päistä. Näin lämpölaajeneminen ei rasita liitoksia. (Harju 2010: 147–148.)

3.3.3 Lämmönluovutus

Lämmönluovuttimella tarkoitetaan lämmitystekniikassa päätelaitetta, joka siirtää lämmön siirtimeltä toisiopuolen nesteeseen sisälletyn energian lämmitettävään tilaan. Tällaisia

päätelaitteita ovat radiaattorit, konvektorit, lattialämmityspiirit sekä säteilijät ynnä muut ratkaisut. (Harju 2010: 103–111, 156–165.)

3.3.3.1 Radiaattorit ja konvektorit

Patteri-käsite pitää sisällään radiaattorit ja konvektorit. Radiaattoreiden ja konvektoreiden ero on siinä, miten ne luovuttavat lämmön lämmitettävään tilaan. Radiaattorin toiminta perustuu massiivisen rakenteen lämpösäteilyyn, kun taas konvektori siirtää lämmön suurelta pinta-alalta ohi kulkevaan ilmaan konvektion avulla. Radiaattorit ovat teräslevyistä poimuttamalla valmistettu yhtenäistä tilaa sisäänsä jättävä litteä säiliö. Konvektorit taas ovat ohuesta putkesta ja tähän pistehitsatuista konvektiolamelleista valmistettu kokonaisuus. (Harju 2010: 103–111.)

Yleisimmin käytetyt asuntojen patterit ovat näiden eri tyyppien yhdistelmiä. Esimerkiksi yleisesti käytetty Purmon Comfort -radiaattori voi olla pelkkä radiaattori, jolloin sen merkintä lämmityskuvassa on C1 tai C2. Ensimmäinen numero kertoo, kuinka monta radiaattorilevyä patterissa on. Sama radiaattori voidaan varustaa konvektiolevyillä. Tuolloin merkintä on esimerkiksi C21, malli Comfort, 2 radiaattorilevyä, 1 konvektiolevy. Konvektiolevyt sijoitetaan radiaattorilevyjen väliin ja seinän puolelle.

Radiaattorien yleisimmät korkeudet ovat 300 millimetriä, 400 millimetriä, 450 millimetriä, 500 millimetriä, 600 millimetriä, 900 millimetriä. Pituudet ovat 500 millimetristä 3 000 millimetriin aina 100 millimetrin tai 200 millimetrin välein. (Vesikiertoinen patterilämmitys 2002: 5–9.)

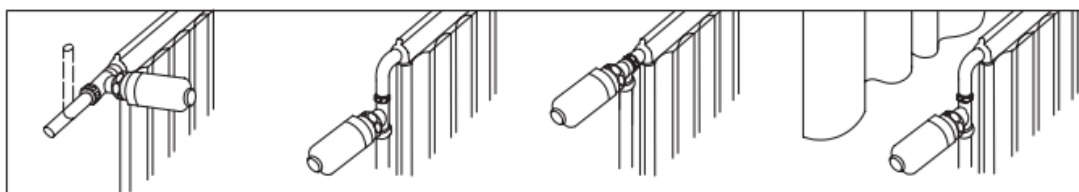
Tämä kahden lämmönluovutustavan yhteiskäyttö rajoittaa molemmille menetelmille ominaisin tavoin patterien sijoittamista. Patterit tulee lähtökohtaisesti suunnitella ikkunoiden alle. Tämä sijoittelutapa vähentää merkittävästi ikkunan kylmäsaiteilyn vaikutusta. Lisäksi ikkunan alle sijoittamisessa on ilman sekoittuvuuden kanssa tärkeä rooli. Koska patterin konvektori-osuus tarvitsee ilmaa kiertämään lävitseen, on sen asennuksessa otettava huomioon muutama vähimmäismitta:

- Etäisyys patterin ja lattian välillä >100 millimetriä.

- Etäisyys patterin ja seinän välillä 20–30 millimetriä.
- Ikkunalaudan alle asennettava patteri asennetaan edellä mainituilla mitoilla. Ikkunalaudan ja patterin välillä patterin pituuden mittainen ja >30 millimetriä leveä ilmankiertoaukko.
- Kotelarakenteeseen asennettavan patterin ilmanottoaukon on oltava vähintään patterin poikkipinta-alan suuruinen, kuitenkin koko patterin pituudelta ja >30 millimetriä leveä.

Radiaattori-osuuden ainoa tarve on saada riittävä tila säteilemisen varmistamiseksi. Tästä syystä radiaattorin eteen ei tule sijoittaa kalusteita tai vastaavia säteilyn estäviä esineitä. (Vesikiertoinen patterilämmitys 2002: 5–9.)

Patterit asennetaan vaakasuoraan, jotta mahdollinen ilma saadaan ilmausruuvin kautta poistettua. Asennus ikkunan alle tulee keskittää siistin lopputuloksen aikaansaamiseksi. Myös toimilaitteiden, kuten patteriventtiin ja ilmaruuvin, käytön tulee olla mahdollista normaaleilla työkaluilla. Termostaattista patteriventtiiliä ei tule asentaa tuuletusikkunan alapuolelle. Lisäksi avautuvat ovet tulee huomioida patterien sijoittelussa. Patterin menoputki asennetaan ylös, paluuputki alas. Menoputkeen asennetaan patteriventtiili, paluuputkeen sulkuliitin. Patterin ylälaita varustetaan myös ilmausruuvilla. Yli 2 000 millimetriä pitkät patterit olisi hyvä kytkeä molemmista päistä virtauksen varmistamiseksi koko patterin alueella. Patteriventtiili tulee asentaa valmistajan ohjeiden mukaan. Yleisimmin tämä on vaakasuoraan, kuten kuvassa 6 on esitetty. Yleisissä tiloissa, kuten porraskäytävissä, patteriventtiin tulee olla ilkivaltasuojattu. (Vesikiertoinen patterilämmitys 2002: 5–9.)



Kuva 6. Patteriventtiin asennus (Vesikiertoinen patterilämmitys 2002: 8.)

Patterit voidaan asentaa seinä- tai lattiakannakkeilla. Kannakkeiden määrä perustuu patterin pituuteen. Tähän hyvän muistisäännön voi katsoa taulukosta 5. Kuitenkin myös patterin korkeus ja paksuus vaikuttavat tarvittavien kannakkeiden määrään. (Vesikiertoinen patterilämmitys 2002: 8.)

Taulukko 5. Kannakointitarve patterin tyypin ja pituuden mukaan (Vesikiertoinen patterilämmitys 2002: 7.)

RADIAATTORIT Radiattorin pituus	Kannakkeiden määrä
400...1800 mm	2 kpl
2000...3000 mm	3 kpl
KONVEKTORIT Konvektorin pituus	Kannakkeiden määrä
Yksilevyiset/ seinäkannakkeet	
600...1400 mm	2 kpl
1600...3000 mm	3 kpl
Kaksi- ja kolmilevyiset/ lattiakannakkeet	
600...1400 mm	4 kpl
1600...3000 mm	6 kpl

Yleisimmät patteriverkoston ongelmat liittyvät liitosten vuotoon ja kannakkeiden särkymiseen. Kannakkeet eivät kestä esimerkiksi istumista patterin päällä. Hajonnut kannake voi aiheuttaa vääntöä patterin liitokselle, minkä vuoksi liitos voi vuotaa. Myös lika, maali ja tasoitteet, liika tai liian vähäinen tiivistehampun käyttö tai muu häiriö liitoksessa voi aiheuttaa vuodon. (Harju 2010: 103–111.)

3.3.3.2 Lattialämmitys

Lämmön luovuttimena lattialämmitys on fysiologisesti ihanteellinen ratkaisu. Lähes ihmiskehon lämpöistä nestettä kierrätetään suurella pinta-alalla ja lämpö siirretään rakenteisiin suoraan. Tämä vähentää vedon tunnetta merkittävästi.

Lattialämmitys voidaan toteuttaa sähköisenä tai vesikiertoisena. Vesikiertoinen lattialämmitys voidaan tehdä PEX-putkesta tai muovipinnoitetusta hehkutetusta kupariputkesta.

Tavallisimmin putkistot tehdään juuri PEX-putkesta. PEX-putken ja kaikkien järjestelmään liittyvien osien tulee olla happidiffuusiosuojattua, joten käyttövesiputkiston PEX-putkea ei voida käyttää lattialämmityksessä.

Asuntokohteissa lattialämmitys asennetaan yleisesti märkätiloihin. Tyypillinen märkätila kattaa ainoastaan yhden lämmityspiirin, ja näin ollen jakolinjat tehdään yleisimmin kupariputkista eikä jakotukkeja tarvita. Järjestelmästä asunnossa on siis pienimmillään yksi lattialämmityspiiri, kupariset jakoputket, yksi sulkuventtiili, yksi monitoimiventtiili, jossa säätö, mittaus ja sulkumahdollisuus sekä ilmausventtiili. Ilmausventtiili tulee asentaa piirin korkeimpaan kohtaan. (Vesikiertoinen lattialämmitys 1996: 1–4.)

Lattialämmityspiirin asennuksessa on huomioitava putken koko ja putken koon määrittämä asennusväli. Hyvänä muistisääntönä voidaan pitää seuraavia asennusvälejä

- DN 20 mm → k = 300 mm
- DN 17 mm → k = 200 mm
- DN 12 mm → k = 125 mm

Mikäli tilassa on ulkoseinä, tulee menoputken asennus aloittaa tältä laidalta. Näin kuumin vesi saadaan tasoittamaan kylmän seinän aiheuttavaa lämpöhäviötä. Asennus tapahtuu rivi kerrallaan edeten seinästä seinään. Putkia ei saa asentaa esimerkiksi kynnysten alle tai muihin vastaaviin paikkoihin, joissa on mahdollisuus poraamalla vaurioittaa putkia. Yleisimmin piirien pituudet ovat noin 50 metristä 90 metriin. Hyvänä muistisääntönä piirin pituudesta eri putkikoissa voidaan pitää seuraavia ohjemittoja:

- DN 20 mm → 100 m–160 m
- DN 17 mm → 30 m–80 m
- DN 12 mm → 10 m–50 m

(Harju 2010: 156–165.)

Lattialämmityspiiri asennetaan valuun raudoitukseen sidottuna. Sidonnan voi suorittaa nippusiteillä tai raudoituksien sidontaan tarkoitetuilla välineillä. Mikäli sidontaan käytetään rautalankaa, tulee sidonnat jättää niin löysälle, että putki ei vahingoitu. Asennuksessa on huomioitava huolellinen sidonta, jotta putki ei pääse nousemaan valussa tai aiheuta kompastumisvaaraa. Asennussyvyys DN 17 millimetrin putkilla on vähintään 30 millimetriä ja enintään 70 millimetriä. Optimi asennussyvyys on 40 millimetriä.

Putket on suojattava jäätymiseltä ennen asennusta ja talviolosuhteissa piirien asennuksessa on kiinnitettävä äärimmäistä huomiota putken taivuttamiseen. Putket on hyvä tarkistaa koepainamalla niihin ilmaa jo ennen valua mahdollisten putkivaurioiden tai valmistusvirheen toteamiseksi. Viimeistään ennen pintamateriaalien asennuksen aloittamista olisi putket koepainettava vedellä, mikäli niitä ei ole koepainettu ilmalla ennen valua. Lisätietoja lattialämmityksen asennuksesta on esimerkiksi LVI-kortissa 13-10261 Vesikiertoinen lattialämmitys ja Uponorin Lattialämmityksen asennus- ja käyttöohjeessa. (Vesikiertoinen lattialämmitys 1996: 4–9.)

3.4 Korroosio vesi- ja lämpöputkissa

Korroosiollla tarkoitetaan metallin tai muun materiaalin tuhoutumista ympäristön vaikutuksesta. Suurin osa verkoston korroosiosta on luonnollista ikääntymistä, mutta osa korroosiosta aiheutuu huonosta materiaalivalinnasta tai asennusteknisistä virheistä. Asennustekniikan näkökulmasta oleellimmat korroosimuodot ovat eroosikorroosio, jännityskorroosio ja korroosioväsyminen. Lisäksi putken ulkopintaan muodostuma saostuminen on yksi korroosimuoto, jota esiintyy rakentamisen aikana tai sen suorasta vaikutuksesta. Sinkkikato taas aiheutuu väärin materiaalien käytöstä. (Harju 2006: 81–84.)

Eroosikorroosio ilmenee, kun veden virtaus on syystä tai toisesta muuttunut pyörteiseksi. Eroosikorroosio on siis mekaanista kulumista, jonka aiheuttaa pyörteisen virtauksen aiheuttama kuluminen ja sähkökemiallisen syöpymisen yhteistoiminta. Kupari-putkien kestävyys perustuu oikein mitoitettun putken virtausnopeuteen. Nopeuden ol-

lessa otollinen, kupariputken pintaan syntyy hydroksidikerros, joka suojaa putkea kulumiselta. Virtausnopeuden kasvaessa tämä oksidikerros kuluu pois määrätystä paikoista. Eroosikorroosiota esiintyy yleisimmin lämpimän käyttöveden kiertojohdossa. Eroosikorroosiota pahentavat liian suureksi mitoitettu kiertovesipumppu, veden korkea lämpötila ja alhainen pH-arvo. Syöpymäalueen tunnistaa kirkkaasta alueesta, jonka keskellä on teräväreunaisia kuoppia. Putkissa olevat asennusvirheet aiheuttavat oikein mitoitetuillekin putkille eroosikorroosiota, koska virheistä aiheutuu turbulენტista virtausta. Nesteessä oleva ilma, liian jyrkkä, yli 10 prosenttia litistynyt tai ryppyinen mutka, liian syvälle työntynyt t-haara (T-drill-menetelmä), liitoskohdasta putken sisälle valunut juote sekä putkessa oleva hiekka ja sahausjäte ovat esimerkkejä virtauksen häiritsijöistä, jotka saattavat aiheuttaa putken syöpymisen sisäpuolelta. (Harju 2006: 81–84.)

Jännityskorroosio ilmenee, mikäli putki on jatkuvalla staattisella vetojännityksellä. Ilmiö on yhteinen kuparille ja seostetuille metalleille, esimerkiksi messingille. Vaurion tunnistaa joko pitkittäis- tai poikittaissuuntaisena repeämästä putken ulkopinnalla. (Harju 2006: 81–84.)

Korroosioväsyminen on monille tuttu ilmiö, josta puhutaan yleisesti metallin väsyttämisenä esimerkiksi naulojen katkaisun yhteydessä. Sama ilmiö syntyy putkissa esimerkiksi lämpölaajenemisen kompensoivassa lenkissä tai mutkissa, mikäli ne ovat riittämättömästi tai huonosti tehtyjä. Kiertovesipumpun pysäyttäminen yön ajaksi voi aiheuttaa suuria lämpölaajenemisia, kun yön aikana vesi putkistossa on ehtinyt jäähtyä ja aamulla pumpataan kuumaa vettä putkistoon, jolloin tapahtuu äkillistä lämpölaajenemista. Lopputuloksena on putken repeäminen. (Harju 2006: 81–84.)

Saostuma tai piilokorroosio aiheutuvat putken ulkopinnan ollessa kosteana kosketuksissa kiinteään aineeseen. Ilmiö on yleisesti nähtävissä elementtirakentamisessa esimerkiksi ensimmäisen kerroksen runkojohdoissa, mikäli ne on asennettu ennen rakennuksen vaipan vedenpitävyyttä. Vaurio näkyy putken pinnan vihertävinä epätasaisuuksina.

Teräsputkistossa saostuma syntyy myös putken sisäpinnalle. Tämä aiheuttaa virtaushäiriöitä putkessa ja kasvattaa energiakulutusta. Sisäpuolisen saostuman ehkäise-

miseksi järjestelmään voidaan asentaa Bauer-vedenkäsittelylaite. Laite muuttaa vedessä olevien mineraalien koostumusta kiteiseksi magneettikentän avulla. Kiteytyminen estää mineraalien kiinnittymisen putkiston sisäpinnoille. (Harju 2006: 81–84.)

Sinkkikato esiintyy vanhoissa messinkiosissa, joissa sinkki liukenee pois jättäen jäljelle ainoastaan huokoisen kuparin. Kaikkien käyttövesiputkistojen osien tulee kestää sinkkikato. (Harju 2006: 81–84.)

Korroosiota voidaan estää oikeilla asennusmenetelmillä. Putket tulee pitää puhtaina, kun niitä varastoidaan ja asennetaan. Kannakointi tulee hoitaa oikein ja lämpölaajeneminen on huomioitava. Turbulenttisen virtauksen syntymistä huonosti tehdyissä haaroissa voidaan ehkäistä käyttämällä tehdasvalmisteisia osia. Puserrusliittimen liika kiristys aiheuttaa vetojännitystä, jota voidaan ehkäistä avaamalla mutteri heti asennuksen jälkeen ja kiristämällä uudestaan. Veden nopeuden tulee olla mahdollisimman optimi pistekorrosion välttämiseksi: 0,5–0,8 metriä sekunnissa ja hetkittäinen suurempi virtaus olisi vain 1,5 metriä sekunnissa. Tähän vaikutetaan putkikoolla. Painekokeet tulisi suorittaa mahdollisimman puhtaalla vedellä ja verkosto tulisi huuhdella paineella ennen painekoetta ja sen jälkeen. Putkistoon seisomaan jätetty vesi lisää korroosioriskiä, joten painekokeiden jälkeen olisi hyvä tyhjentää putkisto, mikäli sitä ei vielä luovuteta. (Harju 2006: 81–84; Harju 2010: 117.)

3.5 Ilmanvaihtojärjestelmä

Ilmanvaihdolla on tarkoitus tarjota ihmisille rakennuksen sisällä tietyn tasoista hengitysilmää. Ilman vaihtuvuustavat voidaan määrittää, kun tiedetään, mitä ilmalle aiotaan tehdä ennen sen tuomista rakennuksen sisälle. Tavallisimmin raitisilmaa suodatetaan ja lämmitetään ennen tiloihin johtamista. Tällöin on kyse ilmanvaihdosta. Mikäli ulkoilmaa kostutetaan tai jäähdytetään, kyseessä on ilmastointi. (Harju 2008: 19–41.)

3.5.1 Koneet

Ilmanvaihtojärjestelmä toteutetaan asuntokohteissa koneellisella tulo- ja poistoilmanvaihtokoneella. Järjestelmä voi olla keskitetty (ilmanvaihtokone palvelee useita asuntoja)

tai hajautettu (jokaisella asunnolla on oma ilmanvaihtokone). Ilmanvaihtokoneissa lämmön talteenotto ja lämmitys- ja viilennyspatterit on yleisesti valmistettu erinäisistä lamelleista, joiden puhdistaminen pölystä on huomattavan hankalaa. Tästä syystä ilmanvaihtokoneet tulee toimittaa työmaalle suojattuina, ja suojat poistetaan vasta koneen verkostoon kytkennän yhteydessä.

Ilman käsittelyssä koneissa syntyy kondensoitunutta vettä, joka tulee poistaa viemäri- verkostoon. Asuntokohtaisen ilmanvaihtokoneen viemärointi voidaan toteuttaa hajulukon kautta lattiakaivoon. Keskitetyn ilmanvaihtokoneen viemärointi tapahtuu useassa eri pisteessä. Raitisilmakammio varustetaan viemäriiliitännällä. Seuraavaksi viemäroidään lämmön talteenoton kondenssivesi. Mikäli ilmanvaihtokoneessa on myös jäähdytyspatteri, viemäroidään myös tämä osa ilmanvaihtokoneesta. Kaikki viemäroinnit toteutetaan hajulukon kautta.

Koneiksi voidaan myös lukea tilakohtaiset lämmitys- ja jäähdytyslaitteet, jotka kierrättävät huoneilmaa. Kaikkien ilmanvaihtoon liittyvien koneiden runko ja moottori tulee irrottaa rakenteista esimerkiksi kumitassuilla, jotta ääni ei kantautuisi kanavistoa pitkin. (Harju 2008: 60–105.)

3.5.2 Kanavistot

Kanavistot ovat yleisesti sinkittyä peltistä kierresaumakanavaa tai sinkitystä pellistä mitatilauksena tehtyä kantikasta kanavaa. Lisäksi esimerkiksi radonin poistojärjestelmässä voidaan käyttää PP-viemäriputkea. Keskitetyn ilmanvaihtojärjestelmän haarat (yleensä esimerkiksi asunnot) varustetaan joko kertasäätöisillä tai automaatiojärjestelmään liitettävillä moottoroidulla säätöpelleillä. (Harju 2008: 100–105.)

Ilman ja kanavaosan törmäyksestä nopeuden vaikutuksesta syntyvän äänen sekä puhaltimien käyntiäänen kulkeutuminen huonetiloihin estetään äänenvaimentimella. Äänenvaimentimia on monenlaisia, mutta asuntotuotannossa huoneistokohtaisina äänenvaimentimina on syytä käyttää kantikasta vähintään 600 millimetriä pitkää äänenvaimenninta sen äänitekniisten ominaisuuksien takia. Äänenvaimennin kannakoidaan molemmista päistä. Äänenvaimentimet sijoitetaan tulo-, poisto- ja jäteilmakanaviin asunnoissa

sekä tarvittaessa raitisilmakanavaan. Konehuoneessa äänenvaimentimet asennetaan koneen yhteyteen suunnitelmien mukaisesti. (Harju 2008: 100–105.)

Ilmanvaihtoputkiston kannakoinnissa on hyvä noudattaa LVI-korttia 12-10370 Putkistojen ja kanavien kannakointi. Kanavat ja kanavaosat liitetään toisiinsa tiivisteisillä osilla ja kiinnitetään popniiteilla. Popniittikiinnityksen määrän ja kanavan tarvitsevan läpivientikoon voi katsoa taulukosta 6. Mikäli kanavan leikkaus on ollut epätasainen tai kanavistoon syntyvä kulma ei ole kanavaosalle määritetty kulma, käytetään sauman tiivistämiseen alumiiniteippiä tiiveyden varmistamiseksi. Kanavistot varustetaan puhdistusyhteillä tai luukuilla, jotta jokainen kanavaosa voidaan tarvittaessa nuohota. Nuohous voidaan suorittaa myös pääte-elimien kautta tai riippuen säätöpellin asennustavasta irrottamalla säätöpelti. Puhdistusmahdollisuus tulee olla myös yhtenäisellä putkiosuudella siten, että kahden puhdistusluukun välillä on enintään kaksi yli 45 asteen mutkaa. (Putkistojen ja kanavien kannakointi 2004: 17–22; Harju 2008: 100–105.)

Skanskan työmailla ilmanvaihtokanavien kannakoinnissa on väli enintään 2 metriä tehdasvalmisteisilla kannakkeilla (LVIA-työselostuspohja 2017: 41).

Taulukko 6. Ilmanvaihtokanavien enimmäiskannakointiväli, aukkovaraus ja popniittien lukumäärä putken koon mukaan (Putkistojen ja kanavien kannakointi 2004: 17.)

Kanavakoko mm	Enimmäiskannakointiväli m	Aukkovaraus mm
63	3	80
80	3	100
100	3	125
125	3	160
160	3	200
200	3	250
250	3	315
315	3	400
400	3	500
500	3	630
630	3	800
800	3	1000
1000	3	1250
1250	3	1500

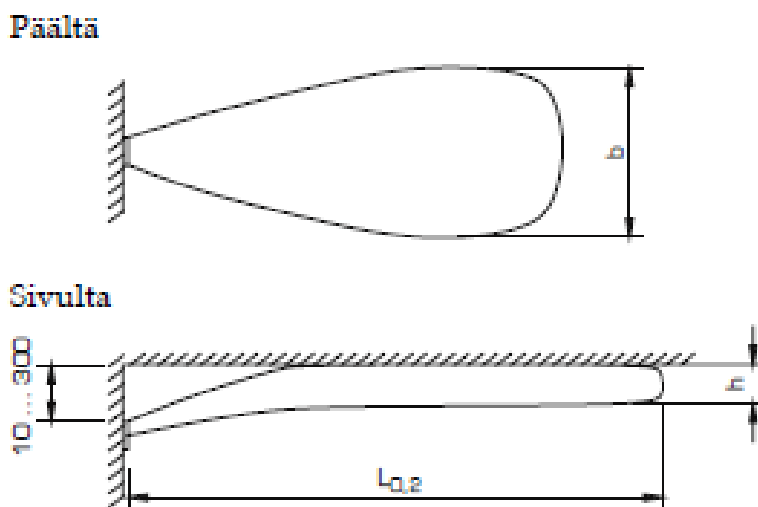
Kanavakoko mm	Popniittien lukumäärä vähintään kpl
63... 250	3
315... 500	4
630...1250	8

Ilman vaihtuvuus tiloissa varmistetaan tulo- ja poistoilmapisteidien sijoittelulla. Yhteen huoneeseen tuodaan ilmaa ja toisesta huoneesta sitä poistetaan. Oleskelutilat, kuten makuuhuoneet ja olohuoneet, varustetaan tuloilmapisteidillä ja tilat, joissa aiheutuu hajuja tai kosteutta, varustetaan poistoilmapisteidillä. Ilmaa siirretään huoneistossa hyvälaatuisemmasta huonolaatuisempaan päin yleisimmin ovien kynnyksistä (>14 millimetriä). Tästä syystä kynnyksiä ja tiiviitä ovia ei saa sijoittaa siten, että ne häiritsevät ilman siirtymistä asunnon sisällä. Sauna poikkeaa tästä periaatteesta, se varustetaan sekä tulo- että poistopisteellä. (Ilmanvaihtojärjestelmä Suunnittelu- ja asennusohje 2014: 10–15.)

3.5.3 Sekoittava ilmanvaihto

Tavallisimmin asuntokohteissa on sekoittava ilmanvaihto. Tämä tarkoittaa sitä, että tuloilma sekoittuu huoneessa olevaan ilmaan tuloilman lämpötilan ja ilmannoisuuden vaikutuksesta. Huonetilaa kylmempi tuloilma valahtaa alaspäin sekoittaen itsensä lämpimämpään huoneilmaan.

Sekoittavassa ilmanvaihdossa tulee tuntee Coanda-ilmiön peruseriaatteet. Coanda-ilmiö on havaittavissa parhaiten, kun laittaa sormen vesihanau alle vesisuihkun laidalle, jolloin vesivirtaus taipuu kohti sormeaa. Coanda-ilmiössä virtaus pyrkii kohti sitä lähellä olevaa pintaa. Coanda-ilmiön heittokuvioita on hahmotettu kuvassa 6. Tämän ilmiön avustuksella tuloilmaelimien sijaitessa riittävän lähellä tasaista kattopintaa saadaan tuloilman ”heittokuvioita” pidennettyä noin 30 prosenttia (olettaen tuloilman lämpötilan olevan -3 astetta huonetilaan nähden). Tästä syystä kattopinnan tulee olla riittävän tasainen ja esteetön ilmavirran kulkemiselle suunnitellusti. Näin saadaan pidettyä ilmannoisuus tarpeeksi hitaana ääniongelmien välttämiseksi kuitenkin tinkimättä koko tilan ilman vaihtuvuudesta. (Harju 2008: 129–130.)



Kuva 7. STQA-tuloilmaelimen heittokuvio Coanda-ilmiön vaikutuspiirissä (tuloilmahajotin STQA, STGP 2015.)

3.5.4 Puhtausluokka ja ilmanlaatu

Ilmanvaihtojärjestelmällä jalostetaan erinäisillä toimenpiteillä ulkoilmasta hengitettävää puhdasta sisäilmaa. Rakennusten sisäilman laadusta säädetään Suomen rakentamismääräyskokoelman osassa D2. Sisäilmayhdistyksellä on myös ohjeita, joihin yleisesti ilmanvaihtotyöselostuksissa viitataan. Tärkein näistä dokumenteista on Sisäilmastoluokitus 2008, jossa määritetään sisäilmaluokat (S1 yksilöllinen sisäilmasto, S2 hyvä sisäilmasto, S3 tyydyttävä sisäilmasto). Sisäilman laatu tulee huomioida muussakin kuin ilmanvaihtotöiden toteutuksessa ja suunnittelussa. Tällaisia esimerkkejä ovat rakennusmateriaalit, joista haihtuu erilaisia yhdisteitä. Eli sisäilmaluokitus voi määrittää myös muissa töissä käytettävät materiaalit esimerkiksi M1-luokitelluiksi. Sisäilmastoluokituksessa määritetään myös rakennuksen puhtaustasosta. Puhtausluokka yhdistetään S1- ja S2-luokkien yhteyteen. P1-luokka määrittää rakennuksen puhtaustason ennen ilmanvaihtojärjestelmän käyttöönottoa. P1-luokka velvoittaa myös ilmastointijärjestelmän suojaamiseen varastoinnin ja asennuksen aikana. Tätä luokkaa käytetään rakennuksissa, joissa puhtaustasovaatimus on korkea. P2-luokka on asuinrakentamisessa yleisesti käytetty luokka. Tämä johtuu lähinnä hieman sallivammasta pölyisyysasteesta rakennusteknisten töiden osalta. P1- ja P2-luokkien vaatimuksia on esitetty taulukossa 7. (Sisäilmastoluokitus 2008 2009.)

Taulukko 7. P1- ja P2-luokan asettamat vaatimukset ilmanvaihdolle (Harju 2008: 102.)

Vaatus	P1	P2
Kanavat ja osat	Tuloilmakanavat ja kanavaosat on tehty puhtausluokitelluista ilmanvaihtotuotteista tai työmaalla vastaavaan tasoon puhdistetuista muista tuotteista.	Tuloilmakanavat on tehty puhtausluokitelluista ilmanvaihtotuotteista tai työmaalla vastaavaan tasoon puhdistetuista muista tuotteista.
Luovutusvalmiin järjestelmän pölykeritys	0,7 g/m ² suodatinmenetelmällä mitattuna tai visuaalisesti arvioiden	2,5 g/m ² suodatinmenetelmällä mitattuna tai visuaalisesti arvioiden
Palautusilman käyttö	Ei saa käyttää palautusilmaa, paitsi yhtä asuntoa palvelevissa ilmanvaihtokoneissa	Saa käyttää puhtaudeltaan saman arvoisien tilojen poistoilmaa palautusilmana
Tuloilman suodatus	Kaksiportainen suodatus, erotusaste S1=F8, S2=F7	Kaksiportainen suodatus, erotusaste F6
Muuta	Tuloilmassa ei saa käyttää hajusteita	Tuloilmassa ei saa käyttää hajusteita
Tiivistemateriaalit	Päästöluokkaan M1 tai M2 luokiteltuja tai muuten emulsioltaan alhaisia materiaaleja	

Ulkoilman sisäänottopaikka pyritään valitsemaan siten, että sisään otettava ilma olisi mahdollisimman puhdasta. Ilman sisäänotossa on pyrittävä hitaaseen sisäänottonopeuteen, jotta mahdollisimman vähän epäpuhtauksia ja vettä imeytyisi raitisilmasäleiköstä sisään. Ulkoilmasäleikön otsapintanopeutta hidastetaan tekemällä kanavaan laajenusosa ennen ulkovaipan lävistystä. Yleisimmin laajennus on seuraava kanavakoko. Kuitenkin tulee tarkistaa, että otsapintanopeus on enemmän kuin kaksi metriä sekunnissa. Säleikkö varustetaan tarvittaessa pieneläinsäleiköllä ja vedenerotuskouruilla. Mikäli katsotaan tarpeelliseksi, voidaan ulkoilmasäleikkö varustaa sähkölämmityksellä. (Harju 2008: 100–105.)

3.6 Talotekniset eristykset

Taloteknisissä järjestelmissä putkistojen eristäminen on energiatehokkuuden kannalta tärkeää. Lisäksi eristeillä haetaan suojautumista fyysikaalisilta ilmiöiltä, kuten ilmankosteuden kondensoitumiselta. Oikein eristetyillä putkilla on myös vettä säästäviä piirteitä. Mikäli kylmää tai kuumaa vettä tulee nopeasti, ei vettä tarvitse juoksuttaa niin kauan. Kylmävesijohto täytyy aina eristää omana johtonaan, jotta vesi todella pysyy kylmänä.

Pääsääntöisesti eristeellä pyritään pitämään putkessa virtaavan nesteen tai kaasun lämpötila suunniteltuna. (Harju 2006: 76–79.)

Eristeet voidaan jakaa kahteen pääryhmään: paloeristeisiin ja lämpöeristeisiin. Osa eristeistä on valmiiksi päällystettyjä ja osa eristeistä päällystetään työkohteessa työselityksen mukaan. Eristeet merkitään lähtökohtaisesti lyhenteillä. Lyhennemerkin tulisi olla LVI 50-10344 -ohjekortin mukainen standardisoitu merkintätapa. Ohjekortissa määritetään eristeen tunnus, käytettävä tuote, pääasiallinen käyttötarkoitus, tuotteen enimmäiskäyttölämpötila, lämmönjohtavuus, tiheys, palo-ominaisuus ja sulamislämpötila. Lisäksi ohjekortissa määritetään vastaavat ominaisuudet eristeiden päällysteille. (Talotekniikassa yleisesti käytettävät eristysmateriaalit ja niiden asennus 2003: 1–5.)

3.6.1 Lämpö- ja vesijohtojen lämpöeristeet

Kylmien johtojen eristyksessä pitää olla erittäin huolellinen. Kylmät johdot tulee aina eristää ilmatiiviiksi, jotta ilman kosteus ei pääse kondensoitumaan putken pinnalle ja kastelemaan ympäristöään. Yleinen virhe on asentaa putket liian lähekkäin, jolloin eristeiden tiivis asennus vaikeutuu. (Harju 2006: 76–79.)

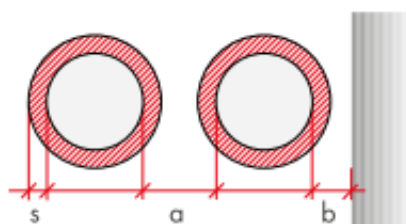
Lämpimän käyttöveden eristys on olennainen osa rakennuksen energiatehokkuutta. Vaikka lämpö tuotetaankin samalla tavalla kuin lämmitysverkoston vesi ja lämpötila on lähes sama, on lämminvesiputkisto asennettu lähes kokonaan piiloon ja lämmittää näin vain tekniikkakuiluja ja alakattoja, joihin lämpö jää suurimmaksi osaksi seisomaan. Toinen syy lämpimän käyttöveden eristämiseksi on 55 celsiusasteen alaraja, jonka jälkeen putkistossa alkaa kasvaa bakteerikanta. Lämmin kiertovesijohto on tärkeää eristää rakennuksen energiatehokkuuden parantamiseksi myös siksi, että lämpimän veden kiertajohto on käytännössä samaa putkea kuin lämminvesijohto, vain veden virtaussuunta putkessa vaihtuu. (Harju 2006: 76–79.)

Lämpöjohdot eristetään, jotta kuumat putket eivät lämmittäisi alakattotilaa tai sitä suljettua koteloa, jossa putket kulkevat. Näin tarvittava lämpöenergia saadaan kuljetettua siihen tilaan, johon se on suunniteltu. Lämmitysputket eristetään yleensä eristesarjan 24 mukaan. Kuitenkaan asuntojen verhokoteloissa meneviä vaakaputkia tai näkyville jääviä

pystyrunkonousuja ei eristetä, sillä näiden putkien lämpöhäviöt jäävät samaan tilaan, johon energia oli suunniteltu. (LVIA-työselostuspohja 2017: 45–47.)

On muistettava, että eristeet vain eristävät, eivät lämmitä. Kylmässä tilassa pitkään seisova vesi voi jäätyä, vaikka se olisi eristetty. Tähän auttaa eristeen ja putken väliin asennettava sähköinen saattolämmityskaapeli. Näin säästytään ikävilta yllätyksiltä putkien ollessa jäässä tai pahimmassa tapauksessa jäätymisestä haljenneita. Kuitenkin on muistettava, että saattolämmityskaapeli säätyy siten, ettei se lämmitä kylmää käyttövettä liian lämpimäksi. (Harju 2006: 76–79.)

Virtausputkien eristys esitetään yleisimmin eristesarjamerkinnällä. Eristesarjan eristepaksuus riippuu valmistajasta ja eristemateriaalista. Kunkin valmistajan eristepaksuudet ja niiden vaatimat asennustilat on syytä selvittää ennen asennustyön alkua. Mikäli käytetään Parocin Hvac-sarjan eristeitä, voidaan eristesarjan eristepaksuus ja asennusvälit katsoa kuvasta 8. Kylmien tilojen eristesarja on vähintään 25. (LVIA-työselostuspohja 2017: 45–47.)



s = eristepaksuus

a = kahden eristettävän putken väli. Eristettyjen putkien väli on 50–60 mm.

b = eristettävän putken ja kiinteän rakenteen väli. Eristetyn putken ja kiinteän rakenteen väli on putkikoosta riippuen 30–50 mm.

ERISTEPAKSUUS JA ASENNUSVÄLIT									
Putken halkaisija	Eristepaksuus mm								
	Sarja 21			Sarja 22			Sarja 23		
d_p mm	s mm	a mm	b mm	s mm	a mm	b mm	s mm	a mm	b mm
10...49	20	90	50	30	110	70	40	130	80
50...89	30	110	70	40	130	80	50	150	90
90...168	40	130	80	50	150	90	60	170	100
170...324	50	150	90	60	170	100	80	210	120
325...714	60	170	100	80	210	120	100	260	140
	Sarja 24			Sarja 25			Sarja 26		
10...49	50	150	90	60	170	100	80	210	120
50...89	60	170	100	80	210	120	100	260	140
90...168	80	210	120	100	260	140	120	300	170
170...324	100	260	140	120	300	170	140	340	190
325...714	120	300	170	140	340	190	160	380	210

Kuva 8. Eristesarjat ja niihin liittyvät mitat käytettäessä Paroc Hvac -tuoteperheen eristeitä. (Talotekniikan eristykset-asennusopas 2015: 9.)

Virtausputket eristetään yleisimmin mineraalivillakourua käyttäen. Piiloon jäävät asennukset tehdään esimerkiksi alumiinipäällysteisellä mineraalivillakourulla. Mineraalivillakourun paikallaan pysyminen varmistetaan teräs- tai muovilangalla. Alle 500 millimetrin halkaisijalla olevat kourut sidotaan teräslangalla. Sidontaväli on 300 millimetriä. Jokainen erillinen osa tulee sitoa vähintään yhdellä langalla. Näkyviin jäävät eristeet on syytä päällystää esimerkiksi P5-päällysteellä suunnitelmien mukaisesti. (Talotekniikan eristykset-asennusopas 2015: 1–11.)

Kylmien putkien eristeille, kuten kylmälle käyttövedelle ja jäähdytysputkiston putkille, on määritetty höyrytiivetyys. Tämä tarkoittaa eristeiden saumojen teippausta höyrytiivesti. Tällä ehkäistään putken ulkopinnalle kondensoituvan veden aiheuttamia kosteusvaurioita. Kosteissa tiloissa, kuten kylpyhuoneiden katoissa, on syytä harkita solukumieristeen käyttöä. Solukumieristeen hyötynä on sen huonompi lämmönjohtavuus ja kastumaton rakenne, jolloin päästään pienempiin eristepaksuuksiin. Solukumieristettä käytettäessä on syytä kiinnittää huomiota varsinkin taivutuksiin ja työskentelyyn kontaktiliiman kanssa. (asennusopas Armaflex.)

3.6.2 Viemärien lämpö- ja paloeristys

Viemärien lämpöeristys on tarpeellinen jätevesiviemärin yläpohjassa olevassa tuuletusviemärissä. Tuolloin eristesarja on 25. Samalla tavalla eristetään kattokaivolta lähtevä sadevesiviemäri. Asuintilassa jätevesiviemärin tuuletusputkea ei tarvitse eristää. Sadevesiviemäri eristetään lämpimässä tilassa eristesarjalla 22 aina alapohjaan saakka. Alapohjassa kulkevaa viemäriä ei tarvitse lämpöeristää. Viemäri pysyy normaalitilanteessa sulana tavanomaisella käytöllä. Poikkeustapauksena voidaan mainita, että mikäli jätevesiviemäri kulkee alapohjan tuuletusaukon läheisyydessä, eristetarve on tarkistettava suunnittelijalta. (LVIA-työselostuspohja 2017: 45–47.)

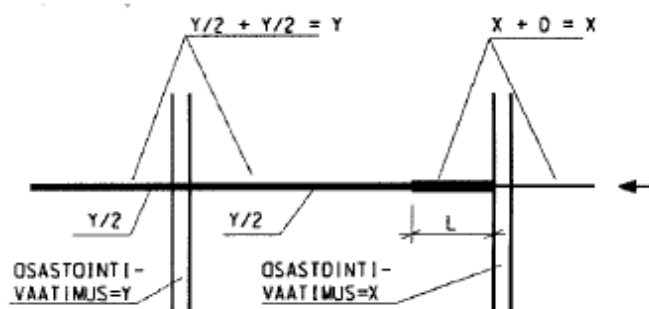
Viemärien paloeristykset voidaan toteuttaa kuten ilmanvaihtokanaviston paloeristys (ks. kohta 3.6.3). Kuitenkin asennus ja tuote tulee hyväksyttävä paikallisella paloviranomaisella. Tämä johtuu siitä, että palonestotuotteet tarvitsevat tuotehyväksynnän ja esimerkiksi Parocin Hvac -sarja on hyväksytetty ainoastaan ilmanvaihtokanaville. (Talotekniikan eristykset -asennusopas 2015: 11.)

3.6.3 Ilmanvaihtokanaviston lämpö- ja paloeristykset

Ilmanvaihtokanava on suunniteltu siirtäväksi tietyn lämpöistä ilmaa haluttuun tilaan. Tämä ilma on sekoittavassa ilmanvaihdossa hieman huonetilaa viileämpää, jolloin se sekoittuu hyvin huoneen ilmaan. Tästä syystä ilmanvaihtokanava saatetaan joutua lämpöeristämään, jottei ilma lämpene tai kylmene liikaa matkalla haluttuun tilaan. (Talotekniikan eristykset-asennusopas 2015: 13.)

Huoneistokohtaisten ilmanvaihtokoneiden raitis- ja jäteilmakanavat tulee eristää esimerkiksi 19 millimetrillä solukumieristeellä höyrytiivisti. Lisäksi pesutilojen ja löylyhuoneen katossa kulkevat tuloilmakanavat on syytä eristää 19 millimetrillä solukumieristeellä tai vastaavan eristävyuden omaavalla kivivillaeristeellä. (LVIA-työselostuspohja 2017: 45–47.)

Ilmanvaihtokanavan lävistäessä osastoivan rakenteen tulee osastoivan rakenteen kohdalle tehdä palokatko. Tämä voidaan toteuttaa palopellillä tai kanava voidaan paloeristää rakenteen osastointivaatimuksia vastaavaksi. Kanavan paloeristys voidaan toteuttaa joko yhdelle tai kahdelle puolelle osastoivaa seinää. Osastoinnissa noudatetaan kuvan 7 antamia vaihtoehtoja. (SRmk E7 2003: 7.)



Kuva 4.

Palo-osaston läpi siihen avautumatta kulkevan kanavan palonkestävyys, kun ei käytetä palonrajoittimia. Kuvassa esitetty paksunnettua paloeristystä edellyttävä pituus L valitaan taulukosta 1.

TAULUKKO 1	Kanavan paloeristäminen, kun palonrajoitin ei täytä eristävyysvaatimusta	
	Kanavan nimellinen koko (mm)	
Rakennusosan palonkesto-aika-vaatimus (min)	≤ 300	> 300
	Eristetyn kanavaosan pituus L (m).	
30	0,5	1,0
60	1,0	2,0
90...120	2,0	4,0
240	4,0	4,0

Taulukon huomautus:

Kanavan nimelliskoko on pyöreän kanavan sisämitta tai suorakaidekanavan pidemmän sivun sisämitta.

Kuva 9. Osastoivan rakenteen lävistävän kanavan paloeristys (SRmk E7. 2003: 7)

Ilmanvaihtokanavan paloeristys toteutetaan putkikoosta ja putken muodosta riippuen esimerkiksi alumiinipäällysteisellä kivivillaverkkomatolla, kivivillalevyllä tai alumiinilaminaattipäällysteisellä kivivillakourulla. Kivivillan eristepaksuus määrittää osastointivaatimuksen. Tarvittavat eristepaksuudet voidaan katsoa esimerkiksi taulukosta 8, mikäli käytetään kyseistä tuotetta. (Talotekniikan eristykset -asennusopas 2015: 16.)

Taulukko 8. Paroc Hvac Fire Mat AluCoat -eristettä käytettäessä toteutuvat osastointiajat (Talotekniikan eristykset -asennusopas 2015: 17.)

PYÖREÄT KANAVAT		
Tuote	Paloluokka	Eristepaksuus (mm)
PAROC Hvac Fire Mat AluCoat	EI 15	40
	EI 30	60
	EI 45	80
	EI 60	80
	EI 90	80
	EI 120	100

3.7 Talotekniset läpiviennit

Taloteknisten järjestelmien asennuksessa tulee tilanteita, jolloin joudutaan lävistämään rakenteita. Rakenteita lävistäessä on otettava huomioon ääni-, lämpö-, kosteus-, palo-, rakenne- ja painetekniset sekä arkkitehtoniset seikat. Läpiviennit on suunniteltava yhteistyössä asianomaisten suunnittelijoiden ja asiantuntijoiden kanssa. Läpivientien toteutustapoja voidaan tarkastella esimerkiksi putkityypin mukaan eri rakenteissa. Nämä putkityypit ovat käyttövesi- ja lämmitysputket, viemärit ja ilmanvaihtokanavat. (Putkien läpiviennit 1994: 1–2.)

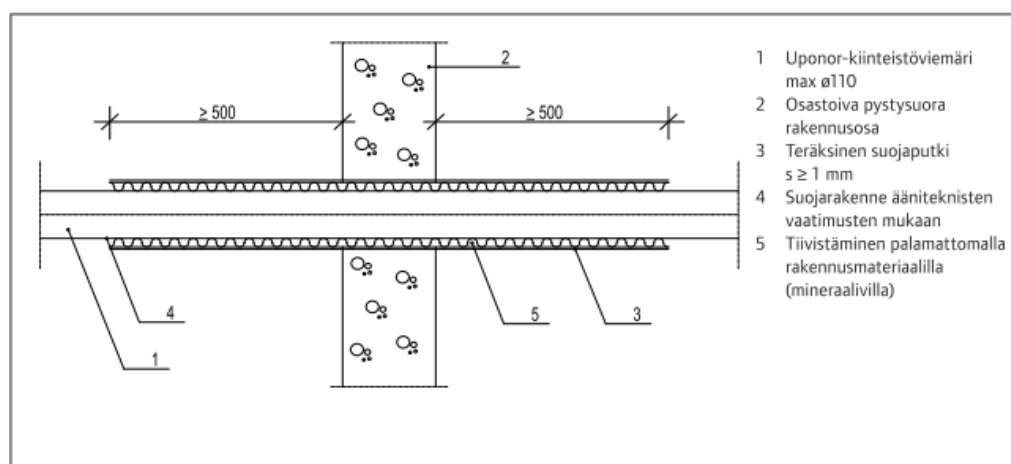
Kantavien rakenteiden läpiviennit esitetään varauspiirustuksessa. Varaukset suunnitellaan riittävän suuriksi, jotta asennustyö saadaan suoritettua. Varaus ei saa olla saman kokoinen putken kanssa, vaan putken on oltava irti rakenteesta putken lämpöelämisen tai rakenteiden painumisen takia. (Putkien läpiviennit 1994: 1-2.)

3.7.1 Osastoivat läpiviennit

Osastoivien rakenteiden varauksissa on oltava tila mahdollisille eristeille sekä palotekniselle suojaukselle. Läpiviennin tyyppi on syytä suunnitella palokatkoasiantuntijan kanssa. Osastoivan rakenteen lävistys ei saa heikentää rakenteen osastointivaatimusta.

Osastoivan seinän palokatko voidaan toteuttaa lävistävästä tuotteesta riippuen palamattomalla eristeellä ja tiivistemassoilla tai palomanseteilla. Esimerkiksi Sewatek Oy valmistaa valmiita läpivientiosia, jotka paikalleen valettuina ovat lähes valmis palokatko. Lisäksi yritykseltä löytyy jälkiasennusläpivientisarja, jolla voidaan toteuttaa osastoivan seinän varauksen jälkivalu ennen putken asentamista. Osastoivan rakenteen lävistys toteutetaan esimerkiksi palamattomalla eristeellä putken ympäri seinän lävistäen. Tämän jälkeen läpivienti valetaan umpeen ja seinän ja villan sauma tiivistetään palamattomalla elastisella tiivistysmassalla. (Teollisen palokatkoläpiviennin edut)

Muovisten viemärien lävistäessä paloa osastoivan rakenteen käytetään palokatkotuotteena palomansettia. Mansetin käyttö perustuu sen suureen lämpölaajenemiseen. Palotilanteessa mansetti turpoaa sulkien seinän lävistyksen tiiviisti. Kaikkia muoviviemäreitä ei kuitenkaan tarvitse palomansetoida, mikäli ne lävistävät osastoivan rakenteen. Osastoivan seinän lävistävä enintään 110 millimetrinen muoviviemäri palokatko voidaan toteuttaa esimerkiksi seuraavan kuvan 10 mukaan tai palomansettia käyttäen. (Kiinteistöviemärintikäsikirja 2015: 36–51.)



Kuva 10. Osastoivan seinän palokatko enintään 110 mm:n muoviviemäriä (Kiinteistöviemärintikäsikirja 2015: 44.)

Myöskään vaakasuoran osastoivan rakenteen, jonka palonkesto aika on enintään EI60 minuuttia, lävistävä yksittäistä viemäripistettä palveleva muoviviemäri ei tarvitse palomansettia, mikäli se ympäröidään vähintään 200 millimetriä paksulla ja 300 millimetriä

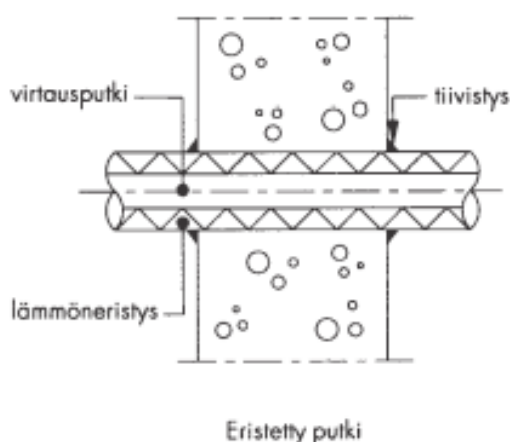
leveällä betonivalulla. Tämä tarkoittaa lähinnä ensimmäisen kerroksen lattiakaivoja ja WC-istuimia, jotka kytketään kokoojaviemäriin alapohjassa. Asuntojen välisissä välipohjissa tämä ei äänitekniisten seikkojen takia ole toteutettavissa. (Kiinteistöviemäröintikäsi- kirja 2015: 36–51.)

3.7.2 Kevyet seinät ja alakattorakenteet

Virtausputket, kuten käyttövesi- ja lämmitysputket, ovat lähes aina eristettyjä rakenteita lävistäessä. Mikäli putki on määrätty eristettäväksi, viedään putki ja eriste saumattomasti rakenteen läpi. Läpiviennin tulee olla tiukka, jotta eriste pysyy paikallaan, vaikka rakenne tai putki liikkuisikin hieman. Mikäli rakenteelta vaaditaan ääni- tai painetiiveyttä, on läpiviennin ja eristeen väli tiivistettävä joustavalla massalla. Mikäli levyrakenteelle on annettu osastointivaatimus, tulee läpivienti suunnitella palotekniset vaatimukset huomioiden. (Putkien läpiviennit 1994: 1–2, 5.)

3.7.3 Betoni- ja tiilirakenteet

Betonirakenteen läpivienti tehdään valmiiseen varaukseen tai paikalla poraamalla. Tiilirakenteeseen varaus voidaan tehdä jättämällä tarvittava määrä tiiliä muuraamatta. Osastoimattoman rakenteen lävistävä putki ja putken eriste jatkuvat saumattomana rakenteen läpi. Kantavan rakenteen läpiviennit tulee suunnitella rakennesuunnittelijan kanssa. Rakenteen ja eristeen sauma tulee kitata elastisella massalla kuvan 11 mukaan, mikäli rakenne vaatii kaasu- tai äänitiiveyden. (Putkien läpiviennit 1994: 2, 5–6.)



Kuva 11. Periaate eristetyn putken läpiviennistä osastoimattoman seinän läpi. (Putkien läpiviennit 1994: 6.)

4 Työmaahenkilöstöjen haastattelut

Haastattelujen tarkoituksena oli selvittää, miksi Skanskan kohteissa on ollut taloteknisten töiden kanssa laatuun liittyviä hankaluuksia. Haastattelujen tarkoituksena oli selvittää, mistä nämä hankaluudet ovat johtuneet ja pohtia ratkaisua, jotta tulevaisuudessa näiltä ongelmilta vältyttäisiin. Haastatteluissa pyrittiin löytämään juuri syy, miksi kyseisillä työmailla kohdattiin erityisen paljon ongelmia taloteknisissä töissä.

Haastatteluja on käyty kahden Skanska Talonrakennus Oy:n Etelä-Suomen asuntorakentamisyksikön vastaavan mestarin ja heidän työnjohtajiensa. Kysymykset koskivat heidän viimeisimpiä valmistuneita kohteitaan. Haastattelut olivat vapaasti tilanteen mukaan muotoutuvia. Kohteiden ja henkilöiden tunnistustiedot on jätetty pois työstä Skanskan toivomuksesta.

Ensimmäinen haastateltava pari koostui nuoresta vastaavasta mestarista, jolle kohde oli toinen vastaavana mestarina, sekä hänen nuoresta työnjohtajastaan. Työmaan aikana kohteessa oli useita Skanskan työnjohtajia, joista muutamalla oli huomattavaa koke-

musta rakennusalasta. Valitettavasti he eivät olleet mukana haastattelutilanteessa. Heidän kanssaan kuitenkin käytiin vapaamuotoisia keskusteluita työmailla. Haastattelu järjestettiin Skanskan Suomen pääkonttorilla maaliskuussa 2017.

Toinen haastateltava työryhmä koostui kokeneesta vastaavasta mestarista, kahdesta vanhemmasta työnjohtajasta sekä nuoremasta työnjohtajasta. Haastateltavien määrä oli suurempi, sillä työmaa oli vielä käynnissä ja työnjohtajille ei ollut määritetty seuraavaa työmaata vielä. Haastateltavina olivat lähes kaikki Skanskan kyseisessä kohteessa toimineet työnjohtajat. Haastattelu järjestettiin kohteen työmaatoimistossa toukokuussa 2017.

4.1 Haastattelukysymykset

Lähetin ennen haastatteluja haastateltaville muutamia kysymyksiä, joiden tarkoituksena oli saada vapaamuotoisempi haastattelu pysymään tavoitteen mukaisessa aiheessa. Kysymyksiin ei ollut tavoite vastata suoraan, vaan niiden tarkoitus oli lähinnä herättää haastateltavat muistelemaan asioita, jotka koin tärkeimmiksi osa-alueiksi työn tavoitteiden kannalta. Näin saatiin riittävän vapaamuotoinen keskusteluilmapiiri, jossa jokainen tuntisi mahdollisuuden kertoa, mikä omasta mielestään oli ongelmana työmaalla.

- *Mitä tehtiin väärin? Mistä pääasiassa ongelmat johtuivat?*
- *Oltaisiinko ongelmat voitu välttää? Jos olisi, miten?*
- *Olisiko jotain voitu tehdä paremmin? Aliurakoitsijan puolelta? Skanskan puolelta?*
- *Minkälaisia laadunvalvontamekanismeja työmaalla oli käytössä?*
- *Ennakoitiinko taloteknisten töiden työn aloitusta tai työn aikaista suunnittelun ohjauksesta? Tarkastettiin kuvot etukäteen?*
- *Mitä ongelmia syntyi huonosta suunnittelusta/ tai suunnittelun ohjauksesta?*

- *Miten suunnittelun ohjauksen laatua voisi mielestäsi kehittää toimistolla/työmaalla laadunvarmistusmielessä?*
- *Miten töihin ryhdyttiin? Aloituspalaveri? Käytiinkö läpi laatuvaatimuksia? Olivatko sopimukset ynnä muut asiakirjat yksiselitteiset mitä halutaan?*
- *Miten työn aikana hoidettiin talotekniikan laadunvalvonta ja kenen vastuulla se oli? Mitä olisi voitu tehdä eri tavalla tai /paremmin?*
- *Oliko rakennuspuolella tietotaito riittävä hoitaa taloteknistä laadunvalvontaa? Entä aliurakoitsijan puolella?*
- *Oliko kuvien kanssa ongelmia? Mitä?*
- *Katselmukset, mallit, itselle luovutukset, osaluovutukset piiloon jäävistä rakenteista, tehtiinkö? Dokumentoituinko?*
- *Viimeistelytyöt, toimintakokeet yms. Oliko ongelmia? Jos oli, mitä? Näkyivätkö kuvissa?*

4.2 Pientaloalue

Ensimmäisten haastateltavien henkilöiden työmaa oli suuri pientaloalue. Talot olivat pääosin puurakenteisia paritaloja. Ei ollut vain yhtä konkreettista syytä, miksi työmaalla kohdattiin monia taloteknisten järjestelmien toteuttamiseen liittyviä hankaluuksia, vaan ongelmia havaittiin niin suunnittelussa, työnjohdossa kuin asennuksissa.

Ensimmäinen syy on suunnitteluvirheet. Suunnittelutyössä ei ollut konsultoitu riittävästi rakennesuunnittelijaa eikä suunnittelun ohjauksessa ollut kiinnitetty riittävästi huomiota toteutustavanyksityiskohtiin. Suunnitelmat olivat puutteelliset ja esimerkiksi varauspiirustusten puutteellisuus aiheutti huomattavia lisäkustannuksia työn edetessä. Myös lämmitysjärjestelmän taipumattomuus osittaiseen käyttöönottoon oli merkittävä ongelma.

Suunnittelijoiden osalta risteilypalaverit oli jätetty pitämättä, ja asennustilan kanssa tuli jatkuvasti ongelmia.

Työnaikaisia ongelmia tuottivat muun muassa maanvaraisten alapohjalaattojen alle tulevat viemäriasennukset. Asennusten laatuvaihtelut aiheuttivat ongelmia eikä työnjohto valvonut töitä riittävästi. Lisäksi työsuorituksen dokumentaatio oli lähes olematonta. Muutokset LVV-urakoitsijan organisaatiossa pahensivat ongelmaa, ja työsuoritusten oikeellisuus oli täysin asentajien ammattitaidon varassa. Ongelmiksi koettiin varsinkin vääriksi todetut asennusmenetelmät ja niiden korjaus ennen rakenteiden ummistamista. Koska Pääurakoitsijan työnjohdolla ei ollut riittävä näkemystä taloteknisten asennusten toteutuksesta, oli aina pieni pelko siitä, että onko kaikki rakenteisiin kuuluvat asennukset jo asennettu.

Luovutusvaiheen toimenpiteet eivät olleet tuttuja aliorakoitsijalle ja toimintakokeita pidettiin useaan otteeseen, sillä työ ei ollut yhteistoimintakokeiden alkaessa riittävän valmis, jotta toimintakokeita olisi voitu pitää.

Vastaavan mestarin ja hänen työnjohtajansa työmaata koskevasta haastattelusta jäi käsitys, että he eivät tienneet työn aikana, mikä on taloteknisten töiden oikea laita. Tietoa kaivattiin perusasioiden, kuten kannakointien ja toimilaitteiden, oikeellisuudesta.

Haastattelun päätteeksi keskusteltiin ongelman ratkaisukeinoista. Kyseisen työmaan henkilöstön toiveena oli, että mikäli rakennuspuolelta joudutaan taloteknisiä asennuksia systemaattisesti valvomaan ja dokumentoimaan, tulee tämän toteutustavan olla mahdollisimman vähätöinen.

4.3 Kerrostaloalue

Seuraavaksi haastateltujen henkilöiden työmaa koostui kerrostalojen ja rivitalojen alueesta. Rakennukset olivat Skanskan omaa tuotantoa ja rakenteeltaan Skanskan suunnittelualustojen mukaista. Työmaalla koettiin, että talotekniset suunnitelmat olivat toteutuskelpoisia ja että työmaan ongelmat eivät johtuneet suunnitelmavirheistä.

Työmaalla oli aliurakoitsijana LVV-puolella Skanskalle uusi aliurakoitsija, josta ei ollut aikaisempia kokemuksia. Aliurakoitsijan ammattitaidon puutteet selvisivät jo työmaan lähtömetreillä. Kuitenkaan korjaaviin toimenpiteisiin ei lähdetty vaan työvirheitä käsiteltiin lähinnä yksittäisinä tapauksina. Työmaan työnjohdon mielestä myöskään LVV-töiden laadunvarmistustoimenpiteitä ei pidetty riittävinä.

Kohteen ongelmien kasaantuessa ainoa oikea ratkaisu olisi ollut pelin pysäyttäminen ja urakan purku. Tähän ei kuitenkaan syystä tai toisesta lähdetty, vaikka kohteessa pidettiin useita kriisipalavereja vähin tuloksin. Mikäli LVI-töiden toteutuksesta olisi ollut enemmän tietoa, urakoitsijan ammattitaidon puutetta olisi saatettu pitää riittävän suurena ongelmana, jotta urakan purku olisi tullut kysymykseen.

4.4 Lyhyt analyysi haastattelujen pohjalta

Molemmissa haastatteluissa korostui yhteinen ongelma: pääurakoitsijan näkökulmasta talotekniikan toteuttavan aliurakoitsijan laadunvarmistus ei ollut riittävää, koska aliurakoitsija ei osoittanut työmaille työnjohtoja, joka olisi jatkuvasti paikalla. Mikäli paikalla olisi ollut jatkuvasti talotekniikkaurakoitsijan vastuullinen työnjohto, olisi asioiden hoitaminen paikan päällä huomattavasti helpompaa. Rakentamisen dynaamisen toteutustavan takia monet ongelmat tarvitsevat päätöksiä lähes välittömästi niiden ilmaantuessa. Koska aliurakoitsijan talotekninen työnjohto on paikalla ”vain tarvittaessa”, työmaan pääurakoitsijan rakennuspuolen työnjohtajat yleensä ratkovat pienimmät LVI-asennuksiin liittyvät ongelmat. On kuitenkin muistettava, että urakkasopimuksessa on myyty urakoitsijalle myös taloteknisten töiden työnjohto. Tämä pääurakoitsijan tarve puuttua pienten ongelmien ratkaisemiseen myös kiristää työilmapiiriä urakoitsijoiden välillä, mikä oli myös yksi suurimmista syistä näiden työmaiden ongelmille.

5 Työn tulokset ja analysointi

Tässä osiossa esitetyt pohdinnat ja päätelmät ovat pääosin omiani. Tietopohjana käytin työn aikana esille nostettuja asioita sekä Skanskan työmaille kiertäessäni havaitsemiani

asioita. Lisäksi päätelmien oikeellisuutta on varmistettu keskustelemalla aiheesta useiden työnjohtajien kanssa Skanskan työmailla sekä työn ohjauksesta vastaavien henkilöiden kommentointikierroksella.

5.1 Ongelman toteaminen

Skanskan määrittämän opinnäytetyön ohjaajan, Etelä-Suomen asuntorakentamisen LVI-tiimin, vastaavien mestarien sekä heidän työnjohtajiensa kanssa käytyjen keskustelujen perusteella tulikin tulokseen, että oppaan lähtötason tulee olla melko helppo, koska ongelmaksi koettiin perustietouden puute. Peruskysymyksenä todettiin olevan ”*uskaltaako rakenteet laittaa umpeen ilman, että tästä aiheutuu jatkossa ongelma*”. Vaikka LVI-tiimin näkemys oli, että ihan perusasioihin ei tulisi puuttua, ongelmaa kartoittaessa todettiin, että juuri nämä koettiin ongelmiksi. Ongelman määrittämisen yhteydessä kävi selväksi, että kirjallinen tutkimus on syytä suunnata lähinnä LVI-tekniikan perusteisiin, materiaalin toimittajien asennusohjeisiin sekä rakennustiedon tarjoamiin LVI-ohjekortteihin.

5.2 Asennusten laadun varmistuksen toimenpiteet rakennusvaiheittain

Työn aikainen laadunvarmistus on keskeisessä asemassa, kun periaatteena on virheettömän työn luovutus. Piiloon jäävät asennukset valuissa, alakatoissa ja koteloissa tulee tarkastaa ennen rakenteiden umpeutumista. Mikäli järjestelmät vaativat eristyksen, tulee sama työkohte tarkastaa ennen ja jälkeen eristystyön. Asennusten tarkastuksesta laaditaan muistio, josta ilmenevät tarkastettu kohde, tarkastusmenetelmä, työvaihe, tarkastaja ja mahdolliset poikkeamat tai korjattavat asennukset. Korjauksille on annettava tarkaraja, mihin mennessä ne on tehtävä. Asennusten tarkastamisen lisäksi talotekniikkaurakoitsijan on syytä aikatauluttaa myös järjestelmän vaatimat erityiskokeet. Paineet tehdään siten, että mahdolliset puutteet työn laadussa ovat helposti havaittavissa. Näin korjaustoimenpiteet aiheuttavat mahdollisimman vähän esimerkiksi purkukustannuksia.

Tarkastusten suorittaja voi tarkastuksesta riippuen olla työmaan nokkamies, projektinohittaja tai vastaava työnjohtaja. Eri tarkastusten suorittaja on syytä nimetä viimeistään

aloituspalaverissa. Mikäli kohteeseen on nimetty LVI-valvoja, on syytä käyttää hyväksi hänen ammattitaitoaan piiloon jäävien asennusten tarkastuksessa.

Rakennusteknisistä näkökulmista kriittisiä työvaiheita ovat ne, joissa on paljon pian toistensa jälkeen peräkkäin tarkastettavia LVI-asennuksia. Nämä työvaiheet ovat maanrakennus, runkotyöt, vesikattotyöt, väliseinä- ja alakattotyöt sekä kylpyhuoneiden alas lasketun katon työt.

5.2.1 Maanrakennus

Tavallisimmin maanrakennustöissä tarkastellaan maahan asennettavia viemäreitä ja niin sanottuja aluelämpöputkistoja. Näiden osalta on tarkastettava vähintään riittävät kaadot, putkimateriaalin soveltuvuus maahan asennettavaksi, täyttöhiekan koostumus sekä routasuojaus. Maanrakennustöiksi voidaan laskea myös sisäpuolelle tulevien maanvaraisien alapohjien työt. Näiden osalta tulee noudattaa suurta huolellisuutta, sillä rakennuksen rungon noustua kaatokorjaukset ovat erittäin työläitä toteuttaa. Hyvänä käytäntönä on pidetty pohjien hyväksymiskatselmusta, jossa sovitaan maanrakentajan tekemien pohjien laatuvaatimus työmallin avulla. LVI-asentaja hyväksyy pohjan aloittamalla asennustyön.

Työn aikaisien laadunvarmistustoimenpiteiden oikea-aikaisuus suhteessa rakennustöiden etenemiseen on äärimmäisen tärkeää. Työhön tulee valtuuttaa sellainen henkilö, joka pystyy lyhyelläkin varoitusajalla reagoimaan työmaan tarpeisiin.

5.2.2 Runkovaihe

Runkotöiden aikana tarkastellaan pääosin sisäpuolisia viemäreitä ja lämmitysputkia. Välipohjatyypistä riippuen tarkasteluväli on noin viikosta kahteen viikkoon. LVI -työnjohton on syytä sopia rakennuspuolen kanssa rungon ”kierto”, jossa sovitaan työajat ja valupäivät. Valtuutetun tarkastajan on syytä tarkastaa asennukset hyvissä ajoin, sillä esimerkiksi valupäivien siirtäminen aiheuttaa huomattavia kustannuksia runkovaiheessa. Tarkastuksen jälkeen olisi syytä myös olla riittävästi aikaa korjata mahdolliset poikkeamat työsuorituksesta. Viemärien ja lattialämmitysten tarkastuksessa rungon aikana on syytä

tarkastaa vähintään kaadot, liitokset, kannakoinnin riittävyys, kuvien mukaisuus ja mahdolliset viemärien painaamia aiheuttavat asennukset kuten raudoitteet. Hyvänä käytäntönä vesikiertoisten lattialämmitysten ehjyyden tarkastamiseen, on paineistaa putkisto ilmalla heti asennuksen jälkeen. Valokuvaus on todettu tarpeelliseksi rungon LVI-asennusten laadunvarmistuksessa.

5.2.3 Vesikatto

Vesikattotyöt ovat aikataulullisesti haastavia ja ne on syytä suunnitella tarkasti, jotta toteutusaika olisi mahdollisimman lyhyt. Vesikattotyön työjärjestyksen ja tavaran varastoinnin suunnittelu on tärkeää onnistuneen toteutuksen varmistamiseksi. Vesikaton LVI-asennuksissa on tärkeää huomioida lämpö- ja paloeristykset sekä materiaalivalinnat, siten että Leca-sora ei pääse syövyttämään asennuksia. Eristysten höyrytiiveys on ehdottoman tärkeää vesikaton asennuksissa, sillä ilmankosteuden kondensoitumisesta aiheutuvien vaurioiden korjaaminen on äärimmäisen hankalaa.

5.2.4 Sisävalmistus

Sisävalmistusvaiheen alkaessa ensimmäisiä töitä ovat muurattavat ja levyrakenteiset väliseinät ja alas lasketut katot. Tämän työvaiheen päätyttyä on suurin osa LVI-teknisistä töistä suoritettu, mikä on syytä huomioida aikataulutuksessa. Yleinen käytäntö on puolittaa levyseinät. Puolittaminen tarkoittaa levyseinän rungon ja toisen puolen levyn asentamista. Tämän jälkeen asennetaan lämpöputket, vesiputket ja sähköt seiniin ja kattoihin. Ilmanvaihtokanavisto olisi hyvä asentaa ensimmäisenä, ennen väliseinätyön aloitusta. Kun talotekniset asennukset on asennettu ja tarkastettu, tehdään toinen kierros, jolla levytetään seinien toinen puoli ja rakennetaan alas laskettu katto.

Mikäli rakenteisiin tulee paljon tekniikkaa, on syytä harkita niin sanottua peittelylupakäytäntöä. Tämä tarkoittaa vastuullisten työnjohtajien ilmoitusta, kun he ovat tarkastaneet kohteen. Kaikkien ilmoitusten saapumisen jälkeen on kyseinen kohde, esimerkiksi asunto tai kerros, valmis ja rakenteet voidaan laittaa umpeen. Tämä on kuitenkin raskas menettely ja sopiva vain, jos pelätään, että rakenteita joudutaan avaamaan syystä tai

toisesta. Näissä kohteissa on syytä tarkastaa ainakin kuvienmukaisuus, liitokset, eristykset, kannakointi ja taivutukset. Sisävalmistusvaiheen tarkastukset tulee tehdä ennen eristystyötä ja sen jälkeen.

On yleinen käytäntö tehdä erikseen kylpyhuoneiden katon lämpö- ja vesityöt. Mikäli nämä tehdään aikataulusyistä erikseen, on vedeneristyksen, laatoitusten ja alakattorakenteiden työn ajoittaminen tärkeää. Näissä kohteissa on syytä ainakin tarkastaa kytkentöjen oikeanlaisuus, eristykset, kannakointi, laiteasennukset ja taivutukset.

5.3 Työnaikaisen laadunvarmistuksen dokumentointi

5.3.1 Dokumentaatio ja vastuuhenkilöt

Työn aikaisten tarkastusten dokumentaatio voi olla hyvinkin vaihteleva. Esimerkiksi sisävaiheen eristeiden tarkastukseksi riittää lähestulkoon maininta, että työkohde on kunnossa, kun taas paikallavaluholvin tarkastuksen tulisi olla tarkempi: tarkastuksessa tulisi käyttää apuvälineitä ja kohde tulisi valokuvata. Dokumentaatiosta tulisi löytyä riittävät tiedot siitä, mitä on tarkastettu ja miten. Esimerkiksi kaatoja ei voi silmämääräisesti tarkastaa, vaan on käytettävä hyväksi vatupassia. Dokumentista tulisi löytyä tarkastajan nimi ja asema organisaatiossa sekä tarkastettu kohde. Asuntorakentamiskohteissa kohdejako on joko asunto- tai kerroskohtainen. Mikäli tarkastuskohteena on koko porras, tulee dokumentaation olla entistä tarkempi.

Dokumentin tarkoitus ei ole vain kuormittaa työnjohtoa vaan olla muistiona ja vakuutena seuraavalle, että työpiste on vapaa seuraavien työvaiheiden aloittamiseen. Dokumentaatiossa on hyvä nostaa esimerkkejä sopimuksenmukaisuudesta, siinä voidaan mainita esimerkiksi kannakointivälejä tai eristepaksuuksia. Dokumentin tulisi vastata kysymyseen, oletteko tehneet työn työselostuksen ja piirustusten mukaisesti. Toisin sanoen, dokumentista tulisi olla vertailua sopimusten ja toteutuneen työsuorituksen välillä. Valokuvien liittäminen muistioon on hyvä tapa dokumentoida sopimuksenmukaisuutta, ja se on myös oikeusturvan kannalta hyvä tapa säilyttää todistusaineistoa.

Tarkastusmuistion pohjaan on syytä luoda riittävän useasta eri työvaiheesta omaosio, johon voi valmiiksi liittää otteita RT-kortistosta tai muusta hyvään rakennustapaan verrattavasta lähteestä. Tällöin muistion kirjoittajalla on aina mukanaan tietoa perustoimintatavoista, joiden esittäminen helpottaa myös aiheeseen perehtymätön muistion lukijaa. Näin hänkin saa käsityksen laadukkaasta työsuorituksesta. Yleispohja, jota käytetään kaikkeen tarkastamiseen, on työläs täyttää laadukkaasti eikä se palvele kokematon muistion lukijaa.

Opinnäytetyön ohessa valmistuivat tarkastusmuistiot eri rakennusteknisten töiden aikana suoritettavista LVI-töistä. Tarkastusmuistiot tehtiin perustus- ja alapohjatöistä, runkotöistä, vesikattotöistä ja sisävalmistustöistä. Tarkastusmuistiot on tarkoitettu lähinnä rakennuspuolen ammattilaisen työkaluksi, kun hän tarkastaa LVI-työsuorituksia yksittäisessä työkohteessa. Muistioissa on listattu tärkeimmät asennustyöhön liittyvät, tarkastamista vaativat työvaiheet. Muistioiden rakenne kopioitiin työmaan kunnossapitotarkastusmuistiosta. Tarkastusmuistioita on ajateltu käytettäväksi yhdessä LVI-asennusten tarkastusoppaan kanssa, jossa avataan oikeaoppista asennusta kuvien ja listausten avulla. Skanska ei halunnut materiaaleja yleiseen jakoon, joten näitä ei liitetty työhön.

5.3.2 Skanskan henkilöstön palaute kehitysehdotuksiin

Käytin lähes valmiit työn aikaiseen laadunvarmistukseen kehittämäni tarkastusmuistiot kommentoitavana pientaloalueella toimineella vastaavalla mestarilla, joka toivoi ongelmanratkaisuun keveyttä. Vastaavan mestarin antaman palautteen sanoja lainatakseni ”*just joku tämmöne*”. Tulkitsin kommentin siten, että hänen aikaisemmin esittämänsä toive oli toteutunut ja hän kokee dokumentaatiotavan toimivaksi ratkaisuksi kyseisiin työvaiheisiin.

5.4 LVI-opas

Tarve LVI-asennusten tarkastusoppaalle lähti Skanskan laatuorganisaatiosta ja oppaan rakenne kopioitiin vastaavasta maalaustöiden laadun tarkasteluun tehdystä oppaasta. Opas luotiin Powerpoint-esityksen muotoon, jotta se on tulostettavissa helppolukuisessa

muodossa myös työmaalle. Kuvat oppaaseen otettiin useilta Skanskan työmailta, ja toteutuneiden kohteiden arkistoista. Ranskalaisilla viivoilla merkityt huomiot pyrittiin avaamaan kuvien avulla. Huomiot kerättiin tämän opinnäytetyön kirjallisen tutkimuksen ja tarkastusmuistioihin kerättyjen huomioiden pohjalta. Opas luovutetaan tilaajalle opinnäytetyön valmistumisen yhteydessä.

6 Pohdinta

6.1 Työn tulosten arviointi

Työssä ei esitellä mitään uutta tutkimustulosta tai tietoa, jota ei olisi ennestään tunnettu. Työn tarkoitus oli kasata useasta lähteestä tiivis paketti, joka käsittäisi vähän jokaiselta osa-alueelta. Tässä tavoitteessa mielestäni onnistuttiin hyvin. Työn hyödynnettävyyden mahdollisuus on määritetty jo alkuvaiheessa, ja työn onnistumisen johdosta työn tulosten käyttömahdollisuudet ovat hyvät. Seuraavana tehtävänä on oppaan ja tarkastusmuistioiden vieminen työmaille kokeiltavaksi. Vasta käytäntö näyttää, riittävätkö oppaassa määritetyt asiat pääurakoitsijan vastaavien mestarien ja työnjohdon tietotaidoksi.

Opinnäytetyön aikana kohdattuja ongelmia oli lähinnä alkuvaiheessa, koska työn aihepiiri käsittää lähes kaiken, mikä LVI-alalla on huomioitavaa tavanomaisilla uudisasuinrakennusten työmaille. Työn rajaus osoittautui yllättävän vaikeaksi ja tätä rajausta tehtiin läpi koko työn toteutuksen. Opinnäytetyöstä rajattiin pois kaikki laadunvarmistustoimenpiteet, jotka kuuluvat LVI-urakoitsijan toteutettavaksi. Tähän ratkaisuun päädyttiin työn kohdeyleisön takia. Toinen ongelma oli valokuvamateriaalin kerääminen LVI-oppaaseen. LVI-tiimin toimenkuvan johdosta onnistuneista työsuorituksista oli hyvin vähän valokuvamateriaalia, ja käytännössä kaikki työhön liitetyt valokuvat on kuvattu työtä varten erikseen Skanskan Etelä-Suomen työmailta.

6.2 Toteutustapa ja työn kulku

Työn toteutustavaksi valikoitui tapaustutkimuksen menetelmiä soveltaen kahden työmaan henkilöstön haastattelut, asennusohjeiden sekä muun hyvän rakennustavan määrittävän dokumentaation kirjallinen tutkiminen sekä päätelmien tueksi vapaamuotoinen ideoista keskustelu työmaahenkilöstön kanssa useilla Skanskan työmailla. Lopuksi työssä pohdittiin kriittisimpiä rakennustekniikan ja LVI-tekniikan törmäyskohtia, joissa laadunvarmistuksen oikea-aikaisuus on tärkeää hyvän lopputuloksen saavuttamiseksi.

Työn toteutus alkoi ongelmankartoituksesta, jonka osina olivat keskustelut opinnäytetyöhön nimettyjen henkilöiden kanssa. Tämän jälkeen edettiin haastattelututkimukseen. Kirjallisen tutkimusmateriaalin keräys tapahtui samanaikaisesti LVI-oppaan ja tarkastusmuistioiden luonnin yhteydessä keväällä 2017. Kun materiaali oli saatu kokoon ja ongelmat olivat selkeytyneet, tehtiin päätelmät ja kehitysehdotukset Skanskan toiminnan parantamiseksi.

6.3 Oman opinnäytetyöprosessin arviointi

Työn toteutus kiinnosti minua, koska se liittyi toimenkuvaani Skanskalla. Pääsin etsimään tietoa, jota voin hyödyntää omassa työssäni työmaiden rakennusalan koulutussensaaneiden LVI-tukihenkilönä. Varsinkin asennusmenetelmät olivat sellaista tietoa, johon ei Metropolian tutkinnon aikana ole suuremmin puututtu. Opinnäytetyöstä saatu tietotaito on hyödyksi työelämässä myöhemmin.

Yhtenä ongelmana, jota aikaisemmin ei käsitelty, oli haaste työn laajuuden ja toisaalta asioiden irrallisuuden aiheuttama vaikeus luoda työstä perinteisen opinnäytetyöprotokollan muotoinen työ. Mikäli olisi tehty jokin suppeampi tutkimus, tai lineaarisesti tosielämässä etenevä case-tutkimus, olisi työn rakenteen aikaansaaminen ollut helpompaa. Mielestäni työn rakenteessa ja sen johdonmukaisuudessa olisi vielä kehitettävää.

Tutkimusmenetelmä osoittautui oikeaksi kyseisen tutkimuksen läpiviemiseksi ja oikeanlaisten vastausten saamiseksi. Mikäli asiaan olisi haluttu perehtyä enemmän, olisi voitu haastatella lisäksi LVI-puolen ammattilaisia ja pyytää heidän näkemyksiään asiasta.

6.4 Jatkotutkimusmahdollisuudet

Työmaiden johtaminen on suureksi osin aikataulujen yhteensovittamista, siksi selvitystyötäni voisi mielestäni jatkaa laatimalla *LVI-töiden aikatauluttamisen perusteet rakennuspuolen henkilölle* -opas. Koska LVI-puolella aikataulutus perustuu suurelta osin työehtosopimuksen määrittämiin normitunteihin, olisi tätä tarve selkeyttää isompien aikataulunimikkeiden alle yleisesti ymmärrettävään muotoon. Toinen jatkomahdollisuus on *Suunnittelun perusteet päätöksenteon tueksi* -opas, jossa käytäisiin tärkeimpiä suunnitteluteknisiä lainalaisuuksia läpi asioista, joita työmaalla saatetaan työn aikana joutua muuttamaan. Tämä opas lisäisi myös kykyä arvioida suunnitelmien käyttökelpoisuutta. Useammat silmät tarkastamassa suunnitelmia takaavat huomattavasti paremmat onnistumismahdollisuudet.

Lähteet

K1/2013, rakennusten kaukolämmitys, määräykset ja ohjeet. 2014. Verkkoaineisto. Energiateollisuus Ry. Luettavissa osoitteesta https://energia.fi/files/502/JulkaisuK1_2013_20140509.pdf. Luettu 2.2.2017. (K1)

Ilmanvaihtolaitteistojen paloturvallisuus, ohjeet. 2004. Suomen rakentamismääräyskokoelma, osa E7. Ympäristöministeriö. Finlex. (SRmk)

Kiinteistöjen vesi- ja viemärlaitteistot, määräykset ja ohjeet. 2007. Suomen rakentamismääräyskokoelma, osa D1. Ympäristöministeriö. Finlex. (SRmk)

Asennusopas Armaflex. Verkkoaineisto Armacell UK LTD. Luettavissa osoitteesta [http://armacell.com/www/armacell/ACwwwAttach.nsf/ansFiles/ArmaflexApplicationManualFIN.pdf/\\$File/ArmaflexApplicationManualFIN.pdf](http://armacell.com/www/armacell/ACwwwAttach.nsf/ansFiles/ArmaflexApplicationManualFIN.pdf/$File/ArmaflexApplicationManualFIN.pdf). Luettu 6.6.2017.

Harju Pentti. 2006. Vesi ja vedenkäyttö kiinteistössä. Kouvola. Penan tieto-opus Ky.

Harju Pentti. 2008. Ilmastointitekniiikan oppikirja 1. Kouvola. Penan tieto-opus Ky.

Harju Pentti. 2010. Lämmitystekniiikan oppikirja. Kouvola. Penan tieto-opus Ky.

Ilmanvaihtojärjestelmä, Suunnittelu- ja asennusohje. 2014. Verkkoaineisto. Uponor. Luettavissa osoitteesta https://www.uponor.fi/-/media/...air/.../31705_04_2014_iv_kerrosalat_asohje.pdf. Luettu 15.3.2017.

Kiinteistöviemärintikäsikirja. 2015. Uponor Oy.

Laadun linjaukset. 2016. Skanska Talonrakennus Oy.

LVIA-työselostuspohja. 2017. Skanska Talonrakennus Oy.

Lämpölaajenemisen paisuntakaari. Verkkoaineisto. Cupori Oy. Luettavissa osoitteesta http://www.cupori.com/files/cupori/asennusohje/Lampolaajeneminen_paisuntakaari.jpg. Luettu 2.2.2017

Putkien läpiviennit. 1994. LVI-ohjekortti 12-10217. Verkkoaineisto. Rakennustieto Oy. Luettu 14.5.2017.

Putkistojen ja kanavien kannakointi. 2004. LVI-ohjekortti 12-10370. Verkkoaineisto. Rakennustieto Oy. Luettu 12.1.2017.

Sadeveden poisto. 2015. RT-tuotekortti 38713. Verkkoaineisto. Rakennustieto Oy, Pel-titarvike Oy. Luettu 20.1.2017.

Sisäilmaluokitus 2008. 2009. Verkkoaineisto. Rakennustieto Oy. Sisäilmayhdistys Ry. LVI-ohjekortti 05-10440. Luettu 14.4.2017.

Talotekniikan eristykset-asennusopas. 2015. Verkkoaineisto. Paroc Oy. Luettavissa www.paroc.fi/-/media/Files/Guidelines/Finland/HVAC-Installation-guide-Paroc-FI.ashx. Luettu 9.1.2017.

Talotekniikassa yleisesti käytettävät eristysmateriaalit ja niiden asennus. 2003. LVI-ohjekortti 50-10344. Verkkoaineisto. Rakennustieto Oy. Luettu 14.4.2017.

Talousveden laatu ja verkostomateriaalit. 2008. LVI-ohjekortti 20-40075. Verkkoaineisto. Rakennustieto Oy. Luettu 13.1.2017.

Teollisen palokatkoläpiviennin edut. Verkkoaineisto. Sewatek Oy. Luettavissa osoitteesta <http://sewatek.fi/teollisen-palokatkolapiviennin-edut>. Luettu 3.7.2017.

Tuloilmahajotin STQA, STQP. 2015. Verkkoaineisto. FläktWoods. Luettavissa osoitteesta <http://resources.flaktwoods.com/Perfion/File.aspx?id=148ccd7b-1019-4253-a0af-47eeef473546>. Luettu 15.3.2017

Tutkijan ABC. 2015. Verkkoaineisto. Turun Yliopisto, Lappeenranta University of Technology. Luettavissa osoitteesta <https://rajatontatiedekasvatusta.wordpress.com/tutkijan-abc/>. Luettu 1.7.2017

Valurautaisen viemärin katkaisuoheje. 2007. Verkkoaineisto. Saint-Gobain Pipe Systems Oy. Luettavissa osoitteesta <http://www.sgps.fi/linkkitiedosto.asp?taso=3&id=196&nimi=tiedosto.pdf>. Luettu 27.1.2017

Valurautaviemärin työselostus. 2007. Verkkoaineisto. Saint-Gobain Pipe Systems Oy. Luettavissa osoitteesta <http://www.sgps.fi/sivu.asp?taso=3&id=76>. Luettu 27.1.2017

Vesi ja viemärlaitteiden äänitekniinen suunnittelu ja äänenvaimennus. 2001. LVI-ohjekortti 20-10328. Verkkoaineisto. Rakennustieto Oy. Luettu 10.1.2017.

Vesikiertoinen lattialämmitys. 1996. LVI-ohjekortti 13-10261. Verkkoaineisto. Rakennustieto Oy. Luettu 14.1.2017.

Vesikiertoinen patterilämmitys. 2002. LVI-ohjekortti 12-10343. Verkkoaineisto. Rakennustieto Oy. Luettu 13.1.2017.

Yhdyskunta- ja ympäristötekniikan käsikirja. 2009. Uponor Oy.