



Putkimateriaalien soveltuvuus taloteknisissä järjestelmissä

Topias Honkanen

OPINNÄYTETYÖ
Huhtikuu 2024

Talotekniikan tutkinto-ohjelma
LVI-talotekniikka

TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Talotekniikan tutkinto-ohjelma
LVI-talotekniikka

HONKANEN, TOPIAS:
Putkimateriaalien soveltuvuus taloteknisissä järjestelmissä

Opinnäytetyö 51 sivua, joista liitteitä 3 sivua
Huhtikuu 2024

Opinnäytetyö syntyi Sweco Finland Oy:n tarpeesta luoda LVI-suunnittelijoille putkimateriaalitaulukko. Taulukon on tarkoitus tukea suunnittelijoiden työtä antamalla vertailukohtia sekä tärkeitä huomioita materiaalivalintoihin liittyen. Tällä hetkellä tietoa joudutaan etsimään eri paikoista, kuten standardeista, rakentamismääräyksistä ja ohjekorteista. Taulukko kokoaa oleellimmat tiedot yhteen paikkaan, mikä nopeuttaa suunnittelutyötä. Taulukko sisältää yleiset talotekniikan järjestelmät ja niihin soveltuvat putkimateriaalit, liitostavat sekä eristeet. Lisäksi taulukkoon on listattu erilaisia huomiota esimerkiksi soveltuvasta veden laadusta, kustannuksista, kelpoisuusmenettelyistä sekä putkistomitoituksesta.

Työn teettäjällä oli myös tarve kartoittaa suunnittelijoiden tietämys putkimateriaaleista, liitostavoista ja eristeistä. Tätä varten luotiin kysely, johon suunnittelijat pääsivät vastaamaan. Samalla kyselyn vastauksista saatiin informaatiota, mitä asioita putkimateriaalitaulukon oli tarpeen lisätä ja mitkä asiat olivat jo itsestään selvyyksiä.

Materiaalien, liitostapojen ja eristeiden soveltuvuudet selvitettiin erinäisistä EU:n ja kansallisen tason määräyksistä ja ohjeista. Teoriaosuudessa käydään läpi yksitellen eri järjestelmät, materiaalit, liitostavat sekä eristämisen tarkoitus ja eri tarkoituksiin sopivat eristemateriaalit.

Suunnittelijoille tarkoitettu anonyymi kysely sisälsi 14 erilaista kysymystä tai tehtävää. Kysymyksiin ohjeistettiin vastaamaan oman tiedon pohjalta eikä siihen tarvinnut hakea tietoa lähteistä. Vastauksia saatiin yhteensä 15. Vastauksista selvisi, että kaikkiin kysymyksiin ei osattu täsmällisesti vastata ja vastauksissa oli hajontaa. Vapaassa palautteessa vastaajat toivat esille, että kyselyssä kysyttyä tietoa voi aina etsiä eri lähteistä työtilanteessa. Tämä perustelee putkimateriaalitaulukon tarkoitusta: taulukon myötä suurin osa tarvittavasta tiedosta löytyy yhdestä paikasta, eikä sitä tarvitse hakea useasta eri lähteestä.

Swecon suunnittelijat ja konsultit voivat käyttää opinnäytetyön tuotoksena syntyneitä putkimateriaalitaulukkoa apunaan jokapäiväisessä työssä. Tulevaisuudessa taulukkoa voidaan muokata esimerkiksi uusien määräysten osalta. Suunnittelijat voivat myös ehdottaa tarpeellisia lisäyksiä taulukkoon.

Asiasanat: putkimateriaalitaulukko, liitostavat, eristys

ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tampere University of Applied Sciences
Degree Programme in Building Services Engineering
HVAC Systems

HONKANEN, TOPIAS:
Suitability of Piping Materials in HVAC Systems

Bachelor's thesis 51 pages, appendices 3 pages
April 2024

The purpose of the thesis was to create a piping material table for Sweco Finland. The table supports HVAC designing by comparing different materials and giving important considerations. Currently information must be sought from different standards, construction regulations and instructions. The piping material table contains common building service systems, piping materials, connection methods and insulation. In addition, the table also has notes about costs, water quality and calculations.

There was also a need to survey the HVAC designers' knowledge of piping materials, connection methods and insulation. The survey gave a great deal of information about which things needed to be added to the piping material table.

The suitability of materials, connection methods and insulation were determined from various EU and national regulations and instructions. In the theory part different systems, materials, connection methods and insulation materials for different purposes are reviewed one by one.

The anonymous survey for the designers contained 14 questions. The questions were to be answered based on respondents' own knowledge and there was no need to seek information. A total of 15 answers were received. It became clear from the answers that not all questions could be answered correctly and that there was dispersion in the answers. There was a mention in the feedback that information can be searched. This justifies the purpose of the piping material table: most of the necessary information can be found in the table and there is no need to browse through several different sources.

Sweco's designers and consultants can use the piping material table to help them in their everyday work. In the future the table can be modified if new regulations are created. Designers can also suggest necessary additions to the table.

Key words: piping material table, connection methods, insulation

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	7
2	TALOTEKNISET JÄRJESTELMÄT.....	9
	2.1 Käyttövesiverkosto	9
	2.2 Viemäriverkostot	10
	2.2.1 Jätevesiverkosto.....	10
	2.2.2 Hulevesiverkosto	11
	2.3 Lämmitysverkosto	11
	2.4 Jäähdytysverkosto	12
	2.5 Kylmäaine- ja kylmäliuosputkisto	13
	2.6 Ilmanvaihtokanavisto.....	14
3	PUTKIMATERIAALIT.....	15
	3.1 Kupari.....	15
	3.1.1 Kuparin ominaisuudet.....	15
	3.1.2 Kupariputkien käyttö verkostoissa	15
	3.2 Teräs.....	16
	3.2.1 Seostamattomat teräsputket.....	16
	3.2.2 Ruostumattomat ja haponkestävät teräsputket.....	17
	3.3 Muovi	17
	3.3.1 PEX-putket	18
	3.3.2 Monikerrosputket	19
	3.3.3 PE-putket.....	20
	3.3.4 Muoviviemärit	20
	3.4 Valurauta.....	21
	3.5 Ilmanvaihtokanaviston materiaalit	21
4	LIITOSTAVAT	23
	4.1 Hitsaus	23
	4.1.1 MIG/MAG-hitsaus	23
	4.1.2 TIG-hitsaus	23
	4.1.3 Puikkohitsaus	24
	4.1.4 Kaasuhitsaus	24
	4.1.5 Muoviputkihitsaus	25
	4.2 Juottaminen	25
	4.3 Mekaaniset liittimet.....	26
	4.3.1 Puristusliitos	26
	4.3.2 Puserrusliitos	27
	4.3.3 Pantaliitos.....	29

4.3.4 Laippaliitos	29
4.4 Kierreliitos	30
4.5 Kumirengastiivisteliitos	30
4.6 Ilmanvaihtokanaviston liitostavat	31
5 TEKNINEN ERISTYS	33
6 KYSELY	35
6.1 Kyselyn tarkoitus ja sisältö	35
6.2 Kyselyn tulokset	35
6.2.1 Tehtävä: Valitse tuotteet, joille vaaditaan CE-merkintä	36
6.2.2 Tehtävä: Asuinkerrostalon käyttövesiverkoston hintavertailu kupariputket kapillaariosilla vs. komposiittiputket	37
6.2.3 Tehtävä: Kupariputkille suositeltu käyttövesiverkoston veden happamuus	39
6.3 Kyselyn palaute ja pohdinta	40
7 PUTKIMATERIAALITAUUKKO	41
8 YHTEENVETO	43
LÄHTEET	45
LIITTEET	49
Liite 1. Kyselytutkimus	49
Liite 2. Esimerkki putkimateriaalitaulukosta	51

LYHENTEET JA TERMIT

CE-merkintä	conformité européenne. Merkintä, jolla tuotteen valmistaja vakuuttaa tuotteen täyttävän Euroopan unionin direktiivien ja asetusten vaatimukset.
ETA	eurooppalainen tekninen arviointi
EU	Euroopan unioni
hEN	harmonisoitu tuotestandardi
HST	haponkestävä teräs
LVI	lämmitys, vesi, ilmanvaihto
MAG-hitsaus	Metal Active Gas welding. Kaasukaarihitsausmenetelmä aktiivisella suojakaasulla.
MIG-hitsaus	Metal Inert Gas welding. Kaasukaarihitsausmenetelmä inertillä suojakaasulla.
PE	polyeteeni
PEX	ristisilloitettu polyeteeni
PP	polypropeeni
PVC	polyvinyylidikloridi
RST	ruostumaton teräs
TIG-hitsaus	Tungsten Inert Gas welding. Kaasukaarihitsausmenetelmä inertillä suojakaasulla. Valokaari palaa volframi-elektrodin ja työkappaleen välissä.

1 JOHDANTO

Nykyajan rakennukset sisältävät entistä enemmän talotekniikkaa. Esimerkiksi tavalliset asuinkerrostalot koostuvat useista eri taloteknisistä järjestelmistä. LVI-suunnittelijoiden on tärkeä tietää, kuinka hyvin materiaalit sopivat erilaisiin järjestelmiin ja miten itse rakennuskohde vaikuttaa materiaalien ja liitostapojen valintaan esimerkiksi uudisrakennus- tai saneerauskohteissa. Väärien materiaalien, liitostapojen tai eristeiden valinta voi lyhentää merkittävästi putkistojen käyttöikä. Tällä hetkellä hyväksytyt materiaalit, liitostavat ja niiden vaatimukset eri järjestelmille löytyvät erinäisistä standardeista, rakennusmääräyksistä ja ohjekorteista.

Opinnäytetyön teettäjänä toimii Sweco Finland Oy. Sweco Finland on osa kansainvälistä suunnittelun ja konsultoinnin asiantuntijakonsernia. Suomessa palvelut kattavat läpi koko rakennushankkeen esiselvityksistä aina ylläpitopalveluihin asti. Teettäjällä on tarve saada LVI-suunnittelijoiden käyttöön työkalu putkimateriaalien, liitostapojen sekä eristeen valintaan. Teettäjällä on samalla tarve kartoittaa LVI-suunnittelijoiden tietämys taloteknisistä järjestelmistä ja niihin soveltuvista putkimateriaaleista sekä liitoksista. Tietämys selvitetään kyselyn avulla. Kyselyn tulokset tulevat ohjaamaan työkalun kehitystä.

Putkimateriaalit valitaan melko alkuvaiheessa erityissuunnittelua, kun suunnittelijalla on tiedossa tarvittavat lähtötiedot esimerkiksi rakennukseen tulevan veden laadusta. Työssä luotava työkalu suunnittelijoiden käyttöön tulee olemaan Microsoft Excel -taulukko taloteknisistä järjestelmistä sekä putkimateriaaleista, liitoksista ja eristeistä. Taulukko tehdään helppokäyttöiseksi, jolloin tiettyjen järjestelmien tai materiaalien löytäminen taulukosta on mahdollisimman nopeaa ja niiden vertailu olisi helppoa. Jokaisen putkimateriaalin kohdalla ilmoitetaan asioita, joita suunnittelijan on otettava huomioon kyseistä materiaalia valittaessa liittyen esimerkiksi korroosionkestävyyteen, verkostomitoitukseen tai hankintahintaan. Työkalun avulla suunnittelijoiden ei tarvitse enää etsiä tietoa monesta eri lähteestä liittyen verkostoihin ja niiden materiaalivalintoihin, vaan tiedot löytyvät yhdestä kootusta taulukosta ja näin kohteeseen voidaan valita sopivimmat vaihtoehdot.

Työ rajataan koskemaan yleisiä taloteknisiä järjestelmiä eli käyttövesi-, viemäri-, lämmitys-, jäähdytys- ja lämmöntalteenottoputkistoja sekä ilmanvaihtokanavia. Työssä ei huomioida erikoisputkistoja kuten höyry-, lauhde- tai kaasuputkistoja. Työhön rajatut materiaalit soveltuvat pääasiassa tavanomaiseen rakentamiseen esimerkiksi toimitiloihin, kouluihin ja asuinrakennuksiin. Teollisuusympäristön vaatimuksia ei käsitellä erikseen työssä, joten materiaalien ja liitostapojen soveltuvuus näissä kohteissa pitää erikseen varmentaa.

Opinnäytetyön alussa käsitellään kohta kohdalta jokainen järjestelmä läpi sekä niihin liittyvä lainsäädäntö ja ohjeistus materiaalien osalta. Jokaisen materiaalin kohdalla käydään läpi sen ominaisuuksia sekä perustellusti mihin käyttötarkoitukseen ja -kohteisiin materiaali sopii. Tarkastelussa otetaan huomioon materiaalien kestävyys, kustannukset ja asentaminen. Tämän jälkeen työssä käydään läpi materiaaleille sopivat liitostavat ja minkälaisissa kohteissa niitä voi käyttää. Putkistojen eristyksen osalta selvitetään eri käyttötarkoitukset sekä niihin soveltuvat eristemateriaalit. Työn lopussa esitellään suunnittelijoille luotu kysely liittyen putkimateriaaleihin. Kyselyn tulokset analysoidaan ja niistä tehdään johtopäätöksiä. Viimeisenä käydään läpi otteita valmiista putkimateriaalitaulukosta ja pohditaan sen käytännöllisyyttä sekä vaikutuksia suunnitteluun.

2 TALOTEKNISET JÄRJESTELMÄT

Tässä luvussa selvennetään työssä käsiteltävät talotekniset järjestelmät, mikä on niiden käyttötarkoitus ja mitä osia niihin kuuluu. Jokaisen järjestelmän osalta käydään läpi myös sitä merkittävästi koskevia direktiivejä, standardeja, asetuksia, vaatimuksia ja ohjeistuksia.

2.1 Käyttövesiverkosto

Käyttövesiverkoston tehtävänä on kuljettaa käyttäjälleen kylmää sekä lämmintä käyttövettä. Verkostoon sisältyy yleensä kylmävesijohto, lämminvesijohto sekä lämpimän veden kiertojohto.

EU:n juomavesidirektiivi säätelee ihmisen käyttöön tarkoitetun veden kanssa kosketuksissa olevia materiaaleja. Materiaalit eivät saa aiheuttaa terveyshaittaa. Ne eivät saa vaikuttaa haitallisesti veden väriin, hajuun tai makuun. Materiaalit eivät saa lisätä mikrobien kasvua, eivätkä päästää veteen liukenemaan vieraita aineita suurempina määrinä kuin materiaalin käyttötarkoituksen mukaan on tarpeellista. Euroopan kemikaalivirasto kokoaa EU:ssa sallittujen aineiden luettelot, joiden hyväksymisestä Euroopan komissio päättää. (Direktiivi 2020/2184/EU.) Tammikuussa 2024 Euroopan komissio on julkaissut luettelot ihmisten käyttöön tarkoitetun veden kanssa kosketuksiin joutuvien materiaalien tai tuotteiden sallituista lähtöaineista, koostumuksesta ja ainesosista (Täytäntöönpanopäätös C/2024/0237).

Ympäristöministeriö on antanut asetuksia vesilaitteistoihin tarkoitettujen tuotteiden olennaisista teknisistä vaatimuksista. Erillisiä asetuksia on kupariputkista, muovi- ja monikerrospotkista sekä näiden liittimistä ja putkiyhteistä. Nämä asetukset löytyvät lueteltuna taulukosta 1.

TAULUKKO 1. Ympäristöministeriön asetukset käyttövesiverkoston tuotteista.

Tuote	Asetus
Joustavat kytkentäputket	475/2018
PEX-putket	476/2018
Kupariputket	455/2019
Messinkiset ja kupariset putkiyhteet	480/2019
Kupariputkien mekaaniset liittimet	481/2019
PEX-putkien liittimet	499/2019
Monikerrospotket ja niiden liittimet	500/2019
PE-putket	1044/2020
PE-putkien liittimet	1112/2020

2.2 Viemäriverkostot

2.2.1 Jätevesiverkosto

Kiinteistön jätevesiverkoston tarkoitus on johtaa viemäripisteissä syntyneet jätevedet vesihuoltolaitoksen viemäriin tai kiinteistön omaan jätevedenpuhdistusyksikköön.

Asetustekstissä mainitaan, että viemärimateriaalien ja -liitosten pitää olla yhteensopivia. Tällä varmistetaan viemäriverkoston tiiviys. (Ympäristöministeriön asetus 1047/2017.) Ympäristöministeriö on laatinut erillisiä asetuksia jätevesilaitteistossa käytettävien tuotteiden olennaisista teknisistä vaatimuksista. Nämä asetukset löytyvät taulukosta 2.

TAULUKKO 2. Ympäristöministeriön asetukset jätevesiverkoston tuotteista.

Tuote	Asetus
PP-viemäriputket ja putkiyhteet	498/2019
PE-putket	1044/2020
PE-putkien liittimet	1112/2020

TalotekniikkaRYL vaatii, että viemäreiden putkimateriaalit ovat käyttötarkoitukseensa ja käyttöympäristöönsä soveltuvia. Materiaalin sekä pinnoitteen on kestävä asennuksen ja käytön aikana syntyvä normaali mekaaninen rasitus sekä puhdistuksen aiheuttama rasitus. Viemärlaitteiston on myös toteutettava ympäristöministeriön asetuksien rakennuksen ääniympäristöstä 796/2017 ja 360/2019 äänivaatimukset. (TalotekniikkaRYL 2023, 21,2.)

2.2.2 Hulevesiverkosto

Hulevesiverkoston on tarkoitus johtaa sade- ja sulamisvedet kiinteistön imeytysalueelle, avo-ojaan tai vesistöön. Jos nämä vaihtoehdot eivät ole mahdollisia, niin hulevedet ohjataan viivytys säiliön kautta kunnan hulevesiviemäriin.

Ympäristöministeriön asetus määrää, että rakennuksen sisäpuolisista hulevesiviemäreistä ei saa aiheutua melua. Maan alla sijaitsevan hulevesiviemäriin on kestävä maan paine, kuormitus sekä syövyttävyys. (Ympäristöministeriön asetus 1047/2017.) Putkiston materiaali- ja liitosvalinnoissa on otettava huomioon rakennuksen korkeus ja siitä aiheutuvan vesipatsaan staattinen paine putkistossa (Talotekniikkainfo Vesi- ja viemärlaitteistot -opas 2023).

2.3 Lämmitysverkosto

Lämmitysverkosto on osa kiinteistöjen lämmitysjärjestelmää, jonka avulla lämpöenergiaa kuljetetaan lämmönsiirtoaineen, pääasiallisesti veden, mukana lämmönlähteeltä kohti huonetiloissa sijaitsevia lämmönjakolaitteita.

Ympäristöministeriöllä ei ole asetusta liittyen kiinteistöjen lämmitysjärjestelmiin. TalotekniikkaRYL:n hyvän rakennustavan mukaiset laatuvaatimukset asettavat lämmitysjärjestelmille seuraavia vaatimuksia: Järjestelmä ei saa myötävaikuttaa palon leviämiseen, putkiston on kestävä lämpölaajenemista ja kutistumista, putkiston on kestävä normaalissa käyttöympäristössään siihen kohdistuvat ra-

situkset sekä sen on sovelluttava käytettävälle lämmönsiirtonesteelle. Lämmitysverkostossa käytettävien muovi- ja monikerrospotkien on oltava happidiffuusiosuojattuja. (TalotekniikkaRYL 2023, 21,1.)

LVI-ohjekortti LVI 20-10348 on laadittu täydentämään ohjeistuksellaan TalotekniikkaRYL:n vaatimuksia. Taulukossa 3 on esitetty lämmitysverkostossa hyväksytyt putkimateriaalit, liitostavat ja käyttöalueet.

TAULUKKO 3. Lämmitysverkoston hyväksytyt putkimateriaalit, liitostavat ja käyttöalueet (LVI 20-10348 Putkistojen asennus 2004).

Putkimateriaali	Liitostapa	Käyttöalue
Teräs	Hitsausliitos	Runko- ja kytkentäjohto, kauko- ja aluelämpöputket
	Kierrelliitos	KytKentäjohto
	Laippaliitos	Lämmitys-, LTO-putket
	Uraliittimet	Lämmitysputket
Ohutseinäinen teräs	Puristusliitos	Runko- ja kytkentäjohto
Kupari	Kapillaarijuotos, puristusliitos	Runko- ja kytkentäjohto, lattialämmitysputket
	Laippaliitos	LTO-putket
	Kovajuotos	Kauko- ja aluelämpöputket
PEL	Puristusliitos	Lumensulatusputket, matalalämpöputket
PEM	Hitsaus-, laippaliitos	Lumensulatusputket, matalalämpöputket
PEH, PP	Hitsaus-, kumirengasliitos, laippa-, puristusliitos	Lumensulatusputket
PEX happidiffuusiosuojattu	Puristusliitos	Lattialämmitysputket, lumensulatusputket, runko- ja kytkentäjohto
Komposiitti	Puristusliitos	Lämmitysputket

2.4 Jäähdytysverkosto

Jäähdytysverkoston avulla kuljetetaan lämmönsiirtonestettä esimerkiksi vedenjäähdytyskoneelta tai lämpöpumpulta kohti huonetilojen jäähdytyslaitteita tai ilmanvaihtokoneen nestekiertoista jäähdytyspatteria.

TalotekniikkaRYL:n mukaan putkiston on kestävä rasitusta normaalissa käyttöympäristössä, -lämpötilassa ja -paineessa. Putkiston on myös sovelluttava käytettävälle lämmönsiirtonesteelle, joka on yleensä vesi. Muovi- ja monikerrospotkien on oltava happidiffuusiosuojattuja. (TalotekniikkaRYL 2023, 21,4.)

2.5 Kylmäaine- ja kylmäliuosputkisto

Kylmäaineputkistolla viitataan putkiin, jotka kuljettavat kylmäainetta. Kylmäaineputkistoja on esimerkiksi lämpöpumpuissa. Kylmäliuosputkistoja ovat esimerkiksi ilmanvaihtokoneen nestekiertoisen lämmöntalteenottoputkisto ja maalämmön keruupiiri.

Kylmäaineita ovat esimerkiksi fluorihilivedyt, joita kutsutaan f-kaasuiksi. F-kaasut ovat voimakkaasti ilmastoa lämmittäviä aineita, ja EU pyrkii rajoittamaan niiden käyttöä F-kaasusetuksella. Nykyisin käytössä ovat yleistyneet luonnolliset kylmäaineet. Näitä kylmäaineita esiintyy luonnossa sellaisenaan ja niiden ilmasto-vaikutukset ovat hyvin vähäisiä. Esimerkiksi hiilidioksidi, ammoniakki ja propaani ovat luonnollisia kylmäaineita. Kylmäliuokset ovat yleisesti erilaisia vesiliuoksia, kuten etanoli-vesi tai propyleeniglykoli-vesi. Liuoksia käytetään, kun lämmönsiirtonesteen lämpötilan on tarkoitus laskea alle veden jäätymispisteen. (Kylmäaineiden ja -liuosten jaottelu n.d.)

Kylmäaineputkistojen suunnittelussa noudatetaan standardeja kylmäkoneistojen ja lämpöpumppujen painelaitteet Osa 1: Säiliöt ja Osa 2: Putkistot. Standardien mukaan kylmäaineputkistojen materiaaliksi voi valita terästä, ruostumatonta terästä, alumiinia, alumiiniseoksia, kuparia tai kupariseoksia. (SFS-EN 14276-1 2020, 81; SFS-EN 14276-2 2020, 10.)

2.6 Ilmanvaihtokanavisto

Ilmanvaihtojärjestelmät sisältävät kanavistoja. Ilmanvaihtokanavistojen avulla tuloilmaa johdetaan tuloilmakoneelta huonetiloihin ilmanjakolaitteille ja poistoilmaa huonetiloista takaisin poistoilmakoneelle.

Ympäristöministeriön asetuksessa uuden rakennuksen sisäilmastosta ja ilmanvaihdosta ei annetta määräyksiä kanaviston materiaaleista. Asetus ottaa kantaa kanaviston tiiviyyteen sekä lujuuteen. Ilmanvaihtojärjestelmän on oltava luja ja tiiviydeltään vähintään tiiviysluokkaa B. Ilmakanavien jäykistys ja kannatus on suunniteltava siten, että kanavat pysyvät paikallaan ja kestävät painevaihtelun, puhdistuksen ja muut rasitukset. (Ympäristöministeriön asetus 1009/2017.) Sisäilmasto ja ilmanvaihto -oppaassa kerrotaan, että tiiviysluokka B saavutetaan, kun ilmakanavat ja kanavaosat ovat tiiviysluokkaa C. Ilmakanavien on kestettävä sallitun enimmäispaineen, kuitenkin vähintään ± 1000 Pa:n koepaineen, aiheuttama kuormitus. (Talotekniikkainfo Sisäilmasto ja ilmanvaihto -opas 2023.)

3 PUTKIMATERIAALIT

Tässä osiossa käydään läpi talotekniikassa käytetyimmät putkimateriaalit. Selvennetään mistä aineista materiaalit koostuvat ja mitä hyviä tai huonoja ominaisuuksia niillä on. Osiossa perustellaan myös mihin käyttökohteisiin materiaalit soveltuvat ja missä niiden käyttöä pitää erityisesti välttää.

3.1 Kupari

3.1.1 Kuparin ominaisuudet

Kuparia on käytetty LVI-järjestelmissä jo vuosikymmeniä. Kupariputkilla on monia ominaisuuksia, jotka tekevät niistä erittäin käyttökelpoisia useissa eri LVI-järjestelmissä. Kupariputket ovat jäykkiä, jolloin ne kestävät hyvin pysty- sekä vaakasuuntaan asennettuna ilman notkolle menon vaaraa. Kuparilla on suuri ominaislujuus, joka mahdollistaa putkien ohuemmat seinämät. Näin kupariputkilla on suurempi sisähalkaisija, kuin ulkohalkaisijaltaan vastaavan kokoisilla muilla putkilla. Tämän ja alhaisen kitkakertoimen avulla kupariputkilla saavutetaan suurempi virtauskapasiteetti. Kupariin ei vaikuta kosteus tai ultraviolettisäteily, joten se ei ruostu eikä haurastu. Kupari on myös kierrätettävä materiaali ja täten sen käytöllä voidaan säästää luonnonvaroja. (Harju 2015, 148.)

3.1.2 Kupariputkien käyttö verkostoissa

Kupariputken pinnalla bakteerit tai virukset eivät lisäänty. Voidaankin sanoa, että kupari on antibakteerinen materiaali ja täten kupariputket soveltuvat erittäin hyvin käyttövesiputkistoksi. (Harju 2015, 148.) Kupariputken ollessa kosketuksissa happipitoisen veden kanssa sen pinnalle alkaa muodostua oksidikerroksia, yleisimmin kupriitista ja tenoriitista. Tämä suojakerros passivoi kupariputken pinnan ja hidastaa kuparin liukenemistä veteen. Putkiston asennuksen jälkeinen huuhtelu onkin erittäin tärkeää suojakerroksen muodostumisen kannalta. Putkivalmistajat käsittelevät kupariputkien sisäpintoja jo valmistusvaiheessa, millä pyritään edesauttamaan suojaavien oksidikerroksien muodostumista. (Kaunisto, Latva,

Pelto-Huikko & Salonen 2020, 5–6.) Kupariputkia käytettäessä talousveden pH-arvoksi suositellaan 7,5–9,0 (LVI 20-10348 Putkistojen asennus 2004). Laatuvaatimukset täyttävä talousvesi voi olla siis liian aggressiivista kupariputkille. Eri-tyyppisuunnittelijan vastuulla on selvittää käytettävän veden laatu.

Kupariputket eivät läpäise happea, joten ne soveltuvat erinomaisesti suljettuihin lämmitys- ja jäähdytysverkostoihin. Muita materiaaleja voidaan yhdistellä vapaasti kupariputken kanssa, kun hapen pääsy muualta verkostoon on estetty. Jäähdytysverkostossa tapahtuva kondensoituminen putken ulkopinnalla ei aiheuta haittaa kupariputkille. Kuparin kyky sitoa itseensä kylmää on myös tehnyt siitä oivallisen vaihtoehdon kylmäaineputkistoksi. Nykyään käytettäville luonnollisille kylmäaineille kuten hiilidioksidille putkivalmistajat ovat tehneet kupariputkia, jotka kestävät suurta käyttöpainetta. (Harju 2015, 148.)

3.2 Teräs

Teräsputkia valmistetaan useita erilaisia riippuen käyttötarkoituksesta. Teräksen seosta voidaan muokata, putket voivat olla saumallisia tai saumattomia sekä putkia voidaan päällystää sinkillä.

3.2.1 Seostamattomat teräsputket

Keskiraskas saumallinen teräsputki eli niin kutsuttu musta putki soveltuu parhaiten suljettujen lämmitysjärjestelmien putkimateriaaliksi. Mustaa putkea ei saa käyttää käyttövesijohtona, koska happirikas vesi ruostuttaa sen välittömästi. Saumaton teräsputki eroaa saumallisesta putkesta niiden valmistustapojen myötä. Saumallinen putki valssataan levynauhasta putken muotoon ja saumakohta hitsataan kiinni. Saumaton putkiaihiö lävistetään ja kartiouurnan avulla putki kuumavalssataan haluttuun kokoon. Saumallinen ja saumaton teräsputki eroavat täten liitostavoiltaan. (Harju 2015, 129–131.) Liitostapoja käydään läpi tarkemmin 4. luvussa.

Teräsputkia voidaan sinkitä, jolloin niistä tulee kestävämpiä korroosiota vastaan sinkin uhrautuessa epäjalompana metallina. Kuumasinkitty teräsputki on upotettu sulaan sinkkikylpyyn, kun taas sähkösinkityssä teräsputkessa sähkövarauksen avulla putken pinnalle saadaan ohut sinkkikerros (Masalin 2021). Sinkittyjä teräsputkia voidaan käyttää esimerkiksi automaattisissa palosammutusjärjestelmissä. Sinkittyjä teräsputkia ei saa käyttää korkean lämpötilan verkostoissa. Tällöin sinkistä tulee terästä jalompaa ja teräs voi syöpyä. (Harju 2015, 129.) Kylmissä käyttövesijohdoissa sinkityn teräsputken käyttö on lopetettu 1970-luvulla.

3.2.2 Ruostumattomat ja haponkestävät teräsputket

Ruostumattomat (RST) ja haponkestävät (HST) putket ovat mitoiltaan täysin vastaavia hitsattavien ja kierteitettävien teräsputkien kanssa (Harju 2015, 132). RST-putkien pääseosaineina ovat kromi ja nikkeli. HST-putkiin lisätään molybdeenia, jolla saadaan kasvatettua korroosionkestävyyttä kovia happoja vastaan. Yleisimpiä kauppalaatuja ovat EN-standardin numerotunnuksen mukaiset EN 1.4307, EN 1.4404 ja EN 1.4432. EN 1.4307 on ruostumaton teräs, joka sisältää noin 18 % kromia ja noin 9 % nikkeliä. EN 1.4404 on haponkestävä teräs sisältäen noin 17 % kromia, 12 % nikkeliä ja 2 % molybdeenia. EN 1.4432 on muuten vastaava, mutta sisältäen 3 % molybdeenia. (SFS-EN 10296-2 2006, 18.)

RST-putkia voidaan käyttää jäähdytysverkostoissa, teollisuuden prosessiputkina sekä rakennuksen sisäpuolisissa jäte- ja sadevesiviemäreissä. HST-putket soveltuvat käyttövesiverkostoon, teollisuuden prosessiputkistoihin sekä rakennuksessa ja maassa sijaitseviin viemäriin.

3.3 Muovi

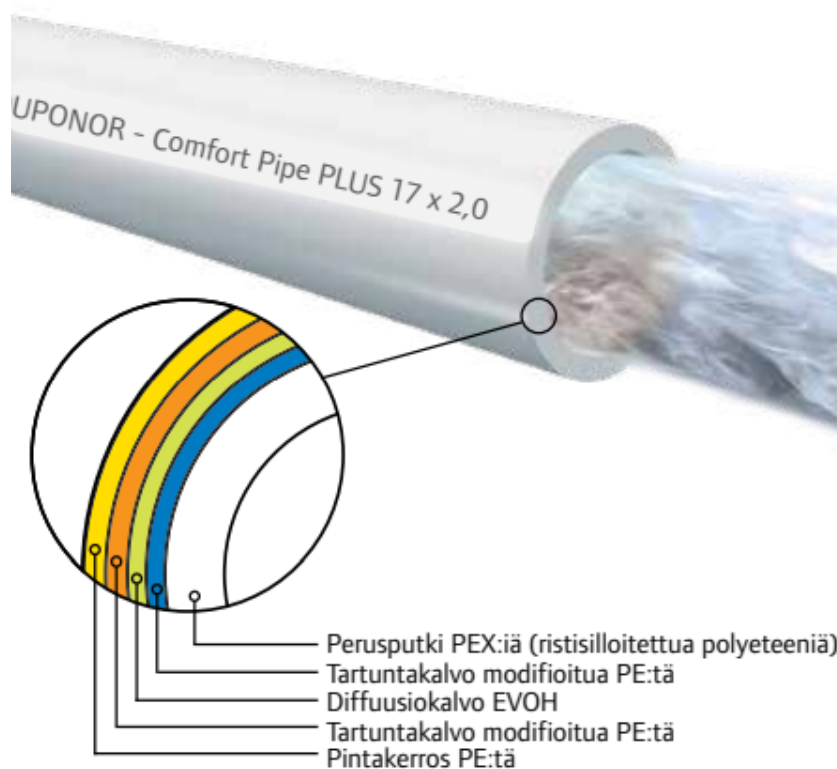
Muoviputkien käyttö LVI-järjestelmissä on aloitettu huomattavasti myöhemmin verrattaessa metallisiin putkiin. Ensimmäisiä muovisia kiinteistöviemäreitä asennettiin 1960-luvulla ja ensimmäiset muoviputket käyttövesi- ja lämmitysjärjestelmissä otettiin laajemmin käyttöön 1980-luvulla (Nordic Poly Mark 2019). Muovien

valmistuksessa pääasiallisina raaka-aineina käytetään öljyä ja maakaasua. Molekyyliketjuja muokkaamalla saadaan erityyppisiä muovimateriaaleja. Muoviputket ovat kevyitä, niillä on hyvä mukautumiskyky, ne vaimentavat ääntä ja ne ovat korroosiovapaata materiaalia. Haittapuolina ovat suuri lämpölaajeneminen ja huono korkeiden lämpötilojen kesto. Lisäksi muovin pinta läpäisee happea ja on altis haurastumiselle UV-säteilyn vaikutuksesta. (Harju 2015, 55, 173.)

3.3.1 PEX-putket

PEX-putket valmistetaan suuren molekyylipainon omaavasta suuritiheyspolyeteenistä. Peroksidin, korkean paineen ja korkean lämpötilan avulla molekyyliketjujen välille muodostetaan ristsidoksia. Ristisilloitus tekee putkesta äärimmäisen vahvaa. PEX-putkia voidaan asentaa rakenteiden sisään, jolloin virtausputki pitää olla suojaputken sisällä. Suojaputki ehkäisee rakenteiden sisällä aiheutuvia vuotoja sekä mahdollistaa itse virtausputken vaihtamisen ilman rakenteiden rikkomista. (Uponor 2018.)

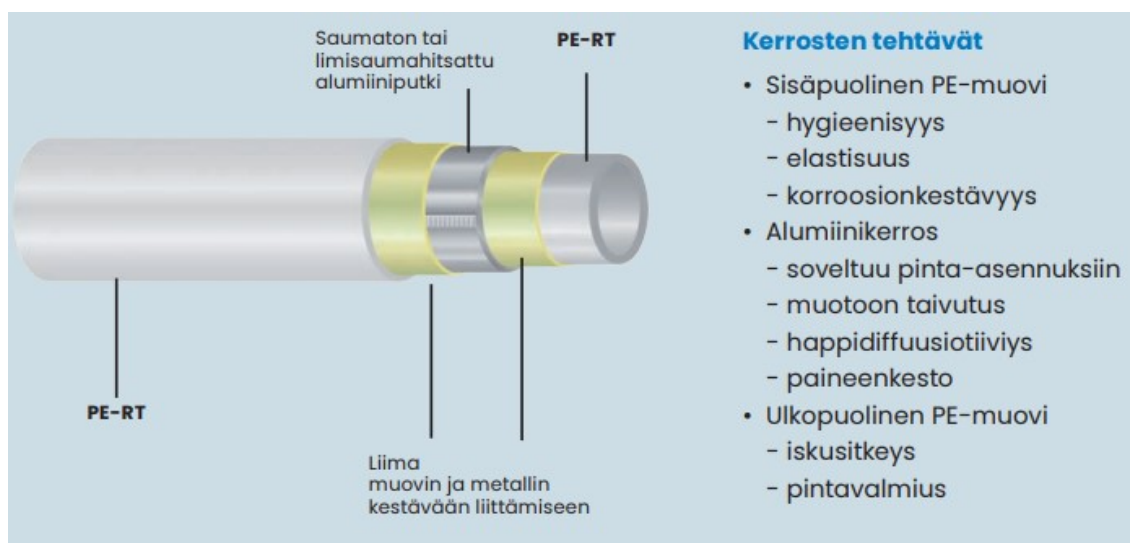
Käyttövesiverkostossa PEX-putkien on kestettävä jatkuvaa 70 °C ja hetkellistä 95 °C veden lämpötilaa vesipaineen ollessa yksi megapascal (Ympäristöministeriön asetus 476/2018). Kuumaa käyttövettä varten PEX-putkia voidaan asentaa vasta 0,5 metriä sekoitusventtiilin jälkeen. Tätä ennen on käytettävä metalliputkia. (Harju 2015, 176.) Happimolekyylit pystyvät tunkeutumaan PEX-putken läpi. Lämmitysjärjestelmissä putket pitää suojata happidiffuusiolta, jotta verkoston muut osat eivät ruostu. Ratkaisuna tähän on diffuusiokalvo, joka on tartuntakalvon avulla liimattu PEX-putkeen kiinni. Kuvassa 1 esitetään yksi mahdollinen ratkaisu happidiffuusiosuojaukseen.



KUVA 1. Vesikiertoisen lattialämmitysputken rakenne (Uponor 2018).

3.3.2 Monikerrosputket

Monikerrosputket tunnetaan myös komposiittiputkina. Komposiittiputken ydin on alumiinia, johon on liitetty sisä- ja ulkopuolelta muovikerros erikoisliiman avulla. Kuvassa 2 nähdään komposiittiputken rakenne ja rakennekerrosten tehtävät.



KUVA 2. Komposiittiputken rakenne (Uponor 2023).

Komposiittiputkissa yhdistyy muovi- ja metalliputkien hyvät ominaisuudet. Alumii- nikerros tekee putkesta happidiffuusiotiiviin sekä muotoon taivutettavan. Muovi- kerrokset tekevät putkesta korroosion kestävänsä sekä kevyen. Komposiittiputket soveltuvat sellaisenaan pinta-asennukseen. Piiloasennuksessa on noudatettava Ympäristöministeriön asetuksen 1047/2017 määräyksiä vuotojen havaittavuu- desta sekä putkien huolettavuudesta, tarkastettavuudesta ja vaihdettavuudesta. (Uponor 2023.)

Monikerrosputkien pitkäaikaiskestävyys käyttövesijärjestelmissä on oltava sa- maa luokkaa kuin PEX-putkilla. Putkien on kestettävä jatkuvaa 70 °C ja hetkellistä 95 °C veden lämpötilaa yhden megapascalin vesipaineessa (Ympäristöministe- riön asetus 500/2019). Monikerrosputket soveltuvat hyvin myös lämmitysjärjes- telmiin sekä useimpiin jäähdytysjärjestelmiin.

3.3.3 PE-putket

PE-putket ovat polyeteenistä valmistettuja paineellisen talousveden tai viemäri- veden johtamiseen tarkoitettuja putkia. Materiaali on joko PE80 tai PE100 poly- eteeniä. PE80 materiaalin on kestettävä 50 vuotta 20 °C lämpötilassa kahdeksan megapascaliala kehäjännitystä. PE100 materiaalin on kestettävä 50 vuotta 20 °C lämpötilassa kymmenen megapascaliala kehäjännitystä. (Ympäristöministeriön asetus 1044/2020.) Putkissa on pysyvät siniset tunnusraidat vesijohdoille ja rus- keat tunnusraidat paineviemäriille. PE-putket kestävät hyvin epäorgaanisia ai- neita kuten suoloja, raskasmetalleja sekä happoja. Maahan asennettuna putkista ei myöskään liukene maaperään minkäänlaisia haitta-aineita. (Uponor 2021.)

3.3.4 Muoviviemärit

Ensimmäiset muoviset kiinteistöviemärit olivat polyvinyylidikloridia eli PVC-muovia. Tämän jälkeen markkinoille tuli polypropeenista valmistetut PP-viemärit 1990-lu- vulla. PP-viemärit ovat tälläkin hetkellä suosituin materiaali kiinteistöviemäreissä. Nykyisin PVC-viemäreitä käytetään lähinnä maaviemäreinä. (Käyhkö 2024.)

Muoviviemärit kestävät hyvin asuinrakennusten jätevettä ilman korroosion vaaraa. Muoviviemärien pinta on liukas, mikä vähentää huomattavasti puhdistustarvetta. (Harju 2016, 202.) Rakentamismääräyksien mukaan polypropeenista valmistetun viemärin pitää kestää ajoittaisesti syötettävää jätevettä 95 °C lämpötilassa (Ympäristöministeriön asetus 498/2019). PP-viemäreistä voidaan tehdä ääniteknisesti laadukkaampia kerrostamalla viemärin rakennetta ja käyttämällä mineraalimodifioitua polypropeenaa.

3.4 Valurauta

Rautaa, jonka hiilipitoisuus on yli 2,1 % kutsutaan valuraudaksi. Valurauta sisältää myös piitä, fosforia, mangaania ja rikkiä. Viemärijärjestelmissä käytetään kahta eri valurautatyyppeä, jotka eroavat toisistaan grafiittirakenteen osalta. Harmaassa valuraudassa grafiitti on ohuina suomuina, täten tämä valurautatyyppeä tunnetaan myös suomugrafiittirautana. Pallografiittivaluraudassa grafiitti on muodostettu palloiksi. Tämän ansiosta pallografiittivalurauta on lujempaa ja sitkeämpää kuin harmaa valurauta. (Kaunisto 2011.)

Ensimmäisiä valurautaviemäreitä valmistettiin Suomessa jo 1900-luvun alussa. 1991 vuodesta alkaen valurautaviemäreiden sisäpinoille lisättiin epoksinnoite. Tämä tekee putken sisäpinnasta liukkaamman sekä haponkestävämmän. Valurautaviemärit ovat palonkestäviä sekä niiden ääneneristävyyden on hyvä. (Harju 2016, 194.) Valurautaputket soveltuvat rakennuksen sisäpuoliseen jäte- ja hulevesiviemäriintä. Pallografiittivalurautaisia viemäriputkia käytetään väestönsuojan ympärysseinän läpi menevänä viemäriä sen hyvien lujuusominaisuuksien vuoksi (LVI 06-10502 S1-luokan teräsbetoniväestönsuojan LVIS-laitteet 2012).

3.5 Ilmanvaihtokanaviston materiaalit

Ilmanvaihtokanaviston materiaali on yleensä sinkittyä terästä. Pyöreät kanavat valmistetaan teräslevystä kierresaumaamalla. Teräslevystä valmistettujen kanavien seinämäpaksuudet ovat taulukon 4 mukaisia. Suurin kanaviin (>315 mm)

tehdään sisäpintaan profilointi, jolla kanavan lujuutta vahvistetaan. Suorakaidekanavien valmistuksessa noudatetaan EN 1505 mukaisia standardimittoja. Suorakaidekanavien tiiviys, lujuus ja puhdistettavuus ovat heikompia kuin pyöreillä kanavilla. Tämän takia niitä pyritään käyttämään vain, jos tilaa ei riitä pyöreille kanaville. Jos kanaviston asennusympäristössä on suuri korroosioriski, voidaan kanavisto valmistaa esimerkiksi haponkestävästä teräksestä. Muovikanavia on käytetty teollisuudessa, laboratorioissa sekä pientaloissa. (Sandberg 2014, 214–215.) Muovikanavia käytettäessä on huomioitava, että paloturvallisuus niillä on heikempi kuin metallisilla ilmakekanavilla.

TAULUKKO 4. Teräslevystä valmistettujen kanavien seinämäpaksuudet (Talo-tekniikkainfo Ilmanvaihtolaitosten paloturvallisuus -opas 2023).

Pyöreän kanavan halkaisija	Seinämäpaksuus
63–315 mm	Vähintään 0,5 mm
400–800 mm	Vähintään 0,7 mm
1000–1250 mm	Vähintään 0,9 mm
Suorakaidekanavan pitempi sivu	
<300 mm	Vähintään 0,5 mm
300–800 mm	Vähintään 0,7 mm
>800 mm	Vähintään 0,9 mm
Rasva-, savunpoistokanava yms.	Vähintään 1,25 mm

4 LIITOSTAVAT

4.1 Hitsaus

Hitsauksen avulla liitetään pääosin yhteen metalleja, myös joidenkin muovimateriaalien liittäminen voidaan tehdä hitsaamalla. Hitsauksen avulla putkien päät sulatetaan ja liitetään toisiinsa. Sulaan liitoskohtaan voidaan lisätä myös lisäainelankaa. Hitsaus jaetaan useaan eri menetelmään, joista seuraavissa alaluvuissa käsitellään käytetyimmät menetelmät LVI-putkistojen liittämässä.

Hitsaus on tulityötä. Tilapäisellä tulityöpaikalla tulityöntekijältä vaaditaan tulityökortti ja kirjallinen tulityölupa. Esimerkiksi rakennustyömailla putkistojen liittäminen hitsaamalla tapahtuu useimmiten tilapäisellä tulityöpaikalla. Ennen tulityön tekemistä olisi syytä harkita voisiko työn tehdä korvaavalla työmenetelmällä. Nykyisin yleistyneet mekaaniset liitostavat ovat korvanneet hitsaamista. (SPEK n.d.)

4.1.1 MIG/MAG-hitsaus

MIG ja MAG ovat kaasukaarihitsausmenetelmiä, joissa virtalähteen synnyttämä valokaari sulattaa hitsauslangan ja hitsattavan materiaalin yhteen muodostaen hitsisulan. MIG-hitsauksessa suojakaasu on inertti ja täten ei osallistu hitsausprosessiin, kun taas MAG-hitsauksessa käytetään aktiivista prosessiin osallistuvaa suojakaasua. MIG/MAG-hitsausta käytetään yleisimmin teollisuudessa, mutta myös putkistojen ja paineastioiden valmistuksessa. (Kemppi n.d.)

4.1.2 TIG-hitsaus

TIG-hitsaus on suojakaasukaarihitsausmenetelmä, jossa valokaari palaa volframi-elektrodin ja työstettävän materiaalin välissä. Suojakaasu on yleensä argonia ja se ei osallistu hitsausprosessiin. TIG-hitsauksessa ei välttämättä tarvita lisäainetta, mutta jos sitä käytetään, niin se syötetään käsin toisin kuin MIG/MAG-hitsauksessa. (Kemppi n.d.)

TIG-hitsauksen yleisimpiä käyttökohteita ovat putkien ja putkistojen hitsaus. Eri-tyisesti sitä käytetään erikoisempien metallien, kuten ruostumattoman ja haponkestävän teräksen kanssa. Hitsausmenetelmä sopii tosin myös seostamattomien terästen hitsaukseen. Hitsausseuraus on siisti eikä jälkipuhdistusta tarvita. (Harju 2015, 114.)

4.1.3 Puikkohitsaus

Puikkohitsaus on metallikaarihitsausmenetelmä, jossa valokaari palaa hitsaus-elektrodina toimivan lisäainepuikon ja työstettävän materiaalin välillä. Lisäainepuikko lyhenee hitsauksen edetessä toisin kuin edellä mainituissa hitsausmenetelmissä. Puikkohitsausta voidaan käyttää monissa eri olosuhteissa ja se onkin laitteiston liikuteltavuuden takia suosittu menetelmä asennustyömailla. Erillistä suojakaasua ei tarvita, koska hitsauspuikon päällystemateriaali synnyttää hitsisulan päälle suojakaasua ja hitsauskuonaa. Hitsauksen jälkeen kuona poistetaan sauman päältä. Tätä hitsausmenetelmää käytetään pääasiassa teräksen hitsaukseen. (Kempfi n.d.)

4.1.4 Kaasuhitsaus

Kaasuhitsauksessa perusaine ja lisäainelanka sulatetaan hapen ja asetyleenin yhdistetyllä kaasuliekillä. Asetyleeni toimii palokaasuna ja happi lisää liekin kuumuutta. Kaasuhitsaaminen on tänä päivänäkin suosittu hitsausmenetelmä talotekniikassa. Etuna on monipuolisuus, sillä samalla laitteistolla onnistuu myös juottaminen. Haasteita ovat työkappaleen laaja kuumeneminen sekä kaasujen oikean suhteen löytäminen hitsattavan materiaalin mukaan. Neutraalilla liekillä hitsataan terästä tai kovajuotetaan kuparia, asetyleenivoittoisella liekillä valurautaa tai alumiinia ja happivoittoisella liekillä messinkiä. (Harju 2015, 104; Ketola & Nieminen 2021, 68.)

4.1.5 Muoviputkihitsaus

Muoviputkihitsaus jaetaan kahteen menetelmään puskuhitsaukseen ja sähköhitsuukseen. Muoviputkihitsaajaksi on voinut pätevoityä vuodesta 2010 alkaen. Pätevointijärjestelmän on tarkoitus parantaa ja valvoa enintään 315 mm:n muovisten paineputkien ja paineettomien putkien hitsauksen laadun kehittymistä. Yleisimmät hitsattavat muoviputkimateriaalit ovat polypropeeni ja polyeteeni. (Muoviteollisuus ry n.d.)

Puskuhitsauksessa tasaiseksi höylätyt putken päät sulatetaan lämpölevyn avulla ja liitetään yhteen paineella. Hitsaussauman onnistumisen kannalta tärkeää ovat hapettumattomat ja puhtaat hitsauspinnat, putken päiden oikea kuumennusaika ja -lämpötila, sopiva puristusaine ja tarpeeksi pitkä jäähdytysaika. (PE-putkien puskuhitsaus 2013.)

Sähköhitsauksessa käytetään muhvia, joka sisältää vastuslangan. Vastuslanka kytketään virtalähteeseen ja se lämpiää sulattaen muhvin kiinni putkeen. Sähköhitsimuhvit sisältävät viivakoodin, jonka avulla hitsauslaite määrittää automaattisesti oikean hitsausajan. Hitsauksen jälkeen irrotetaan kaapelit ja alkaa jäähdytysaika. Putki ja muhvi pidetään lukittuna koko jäähdytyksen ajan. (PE-putkien sähköhitsaus 2013.)

4.2 Juottaminen

Juottamisella liitetään kaksi metalliosaa toisiinsa kiinni. Tällä liitostavalla metalliosat eivät sula. Ainoastaan käytettävä juote sulaa, jonka molekyylit tunkeutuvat perusaineeseen. Juottamisella tehty liitos ei ole yhtä kestävä, kuin hitsaamalla tehty liitos, mutta oikein tehtynä se on neste- ja kaasutiivis. LVI-asennuksissa juottamalla liitetään yleisimmin kupariputkia. Juottaminen jaetaan kahteen kategoriaan. Kovajuottaminen tapahtuu yli 450 °C lämpötilassa ja pehmeäjuottaminen alle 450 °C lämpötilassa. (Ketola & Nieminen 2021, 88.)

Kovajuotosta käytetään, kun putkisto altistuu suuremmalle kuormitukselle ja korkealle lämpötilalle. Kovajuotossa voidaan käyttää joko tehdasvalmisteisia kapillaariosia tai kapillaariliitokset voidaan tehdä muhvaus- ja haaroitustyökaluilla. Putket kuumennetaan esimerkiksi happiasetyleenipolttimella 600–750 °C työlämpötilaan, jonka jälkeen hopeapitoinen fosforikuparijuote syötetään liitokseen. Juote tunkeutuu liitokseen kapillaari-ilmiön voimasta. Liitoksessa oleva välys saa olla enintään 0,2 mm, jotta ilmiö toteutuu ja liitoksesta tulee tiivis. (LVI 20-10348 Putkistojen asennus 2004.)

Pehmeäjuotosta käytetään, kun putkiston rasitus ja lämpötila ovat alhaisia. Pehmeäjuotossa käytetään vain tehdasvalmisteisia kapillaariosia. Kuumentamiseen käytetään yleensä sähköistä juottokuumenninta ja työlämpötila on 220–240 °C. Pehmeäjuotossa käytettävät juotteet näkyvät taulukossa 5. Tässä juotostavassa juoksutteen käyttö on välttämätöntä. Juoksute tekee juotteesta juoksevampaa sekä estää oksidikerroksen muodostumista työpintaan. Juoksute on metallia syövyttävää ja se on poistettava valmiista liitoskohdasta. (Harju 2015, 109, 157.)

TAULUKKO 5. Juotostavat ja niille soveltuvat juotteet (LVI 20-10348 Putkistojen asennus 2004).

Juotostapa	Juote	Kapillaariosat
Kovajuotto	Hopeapitoinen fosforikuparijuote, hopeapitoisuus vähintään 2 p-%	Tehdasvalmisteiset kapillaariosat tai kapillaariliitosten teko muhvaus- ja haaroitustyökaluilla.
Pehmeäjuotto	Tina-hopeajuote, hopeapitoisuus 5 p-%, tina-kuparijuote, kuparipitoisuus 3 p-%, tina-hopeajuote, hopeapitoisuus 3 p-% Juoksutteen käyttö välttämätöntä.	Tehdasvalmisteiset kapillaariosat.

4.3 Mekaaniset liittimet

4.3.1 Puristusliitos

Puristusliitokset soveltuvat hyvin kohteisiin, joissa ei haluta tai voida tehdä tuloitaita. Puristusliitoksia käytetään putkistoissa, joiden materiaali on haponkestävää

terästä, kuparia tai komposiittia. Liitokset tehdään puristustyökalulla, jonka puristusleuka voidaan vaihtaa putken halkaisijan mukaan. Liitettävä putki työnnetään puristusliittimen sisään ja puristustyökalulla liitin sekä putki puristetaan tiukasti yhteen. Puristusliittimen sisällä oleva O-tiivisterengas varmistaa pitävän liitoksen. Puristusliitos on irrottamaton liitos. (Harju 2015, 143–145, 170.) Komposiittiputken liittimen merkittävin ero metallisiin liittimiin on sen sisältä löytyvä tukiholkki. Liitinvalmistajilla on useita eri indikaattoreita, joilla voidaan huomata puristamaton tai epäonnistunut liitos. Kuvasta 3 nähdään puristusilmaisinkalvo, joka on helposti poistettavissa onnistuneen puristuksen jälkeen.

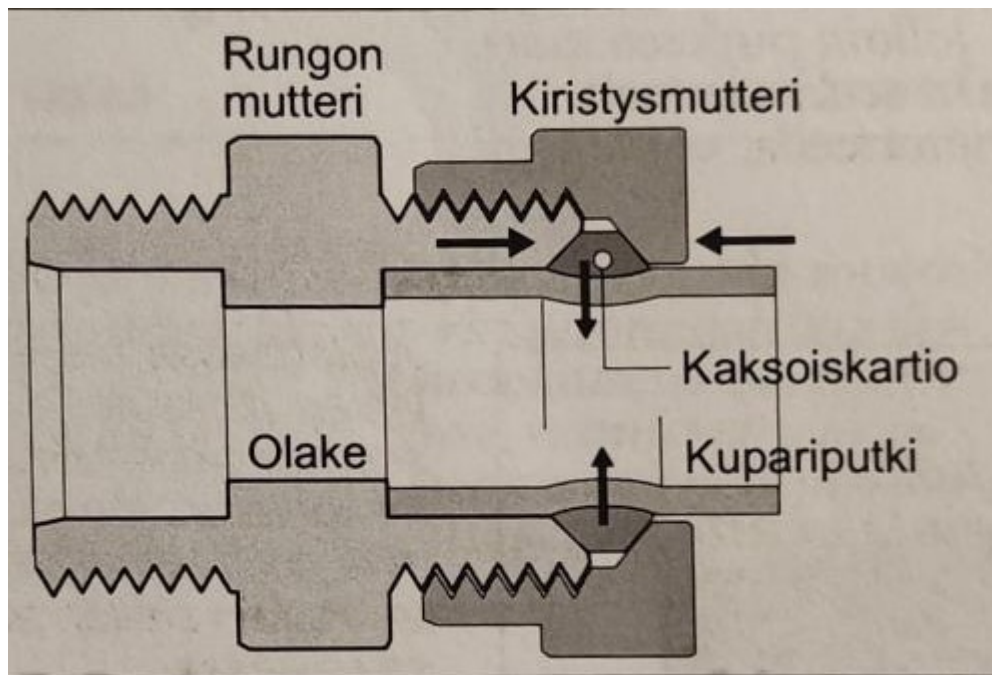


KUVA 3. Komposiittiputken puristusliitin (Uponor 2020).

4.3.2 Puserrusliitos

Suomessa puserrusliittiminä käytetään sinkkikadonkestävästä messingistä valmistettuja liittimiä, koska Suomessa vesi on pehmeämpää kuin muualla Euroopassa ja näin ehkäistään liittimiin kohdistuvaa korroosiota (Valtioneuvosto 2023). Puserrusliittimiä käytetään kupari- ja PEX-putkissa. Puserrusliitin koostuu kolmesta osasta: rungosta, kiristysmutterista ja kaksoiskartiosta. Liitettävä putki työnnetään kaksoiskartion ja kiristysmutterin läpi rungon pohjaan asti. Tämän jälkeen mutteri kiristetään käsin ja samalla kaksoiskartio kiristyy putken ympärille.

Liitos voidaan purkaa kiristysmutterin ja rungon osalta, mutta kaksoiskartio jää putken ympärille ja tämä osuus putkesta on leikattava pois. PEX-putkien ja pehmeiden kupariputkien kanssa on käytettävä tukiholkkia, jotta liitos ei vuoda. Pusserrusliittimiä saa asentaa vain näkyvälle paikalle, josta tiiviynen voi helposti tarkastaa. (Harju 2015, 158.) Kuvassa 4 esitellään pusserrusliittimen osat sekä liitos kupariputkelle.



KUVA 4. Pusserrusliittimen osat (Harju 2015, 158).

EU:n juomavesidirektiivin täytäntöönpanosäädöksissä säädetään EU:ssa sallituista ihmisten käyttöön tarkoitetun veden kanssa kosketuksiin joutuvien materiaalien ja tuotteiden lähtöaineista. Suomessa käytettävät sinkkikadonkestävät messinkiliittimet sisältävät lyijyä ja täten tämä materiaali ei ole enää EU:n sallittujen koostumusten luettelossa. Komission täytäntöönpanopäätöksen 3. artiklan mukaan siirtymäaika on 31.12.2032 asti. Tähän asti materiaaleja saa vielä valmistaa ja asentaa, mutta tämän jälkeen kyseisiä messinkiseoksia ei saa käyttää uudessa rakentamisessa. (Valtioneuvosto 2023; Täytäntöönpanopäätös C/2024/0237.)

4.3.3 Pantaliitos

Valurautaviemärien liitoksissa käytetään liitospantoja (kuva 5). Liitospannan ja tiivisteiden materiaaleina voidaan käyttää ruostumatonta terästä ja luonnonkumia, jos viemäri on rakennuksen sisällä ja sillä johdetaan normaaleja jäte- tai hulevesiä. Kun viemäri asennetaan maahan tai sillä johdetaan öljyn- ja bensiininsekaisia vesiä, on materiaalien oltava haponkestävää terästä ja neopreenikumia. (LVI 20-10348 Putkistojen asennus 2004.)



KUVA 5. Liitospanta (Saint-Gobain PAM 2020).

Liitospanta asennetaan siten, että putkien päät tulevat kumitiivisteiden olaketta vasten. Tiiviste tekee liitoksesta joustavan ja tiiviin. Kumitiiviste katkaisee myös äänen etenemisen putkistossa. Tämän jälkeen liitospannan pultit kiristetään taisesesti käsin tai koneellisesti. (Harju 2016, 195.)

4.3.4 Laippaliitos

Laippaliitoksia käytetään erityisesti lämmönjakokeskuksessa ja lämmöntalteenottoputkistoissa. Hitsattavat muoviputket voidaan liittää myös laippaliitoksin, kun liitoksen on oltava purettavissa. Laippojen on oltava samaa materiaalia putkiston kanssa eri materiaalien välisen korroosion ehkäisemiseksi. Muoviputkien kanssa käytetään laippoja, jotka ovat valurautaa, ruostumatonta-, haponkestävää terästä tai kevytmetallia. Maahan asennettaessa huomioidaan myös laippojen korroosionkestävyys. Laippaliitosta tehdessä ensin asennetaan tiivisterengas paikoilleen

ja putket keskitetään. Tämän jälkeen laipan pultit kiristetään ristikkäin. Laipat voivat olla rakenteeltaan esimerkiksi kierre- (kuva 6), hitsaus- tai irtolaippoja. (LVI 20-10348 Putkistojen asennus 2004.)



KUVA 6. Hiiliteräksinen kierrelaippa (Dahl lämpö ja vesi -tuotteet 2019).

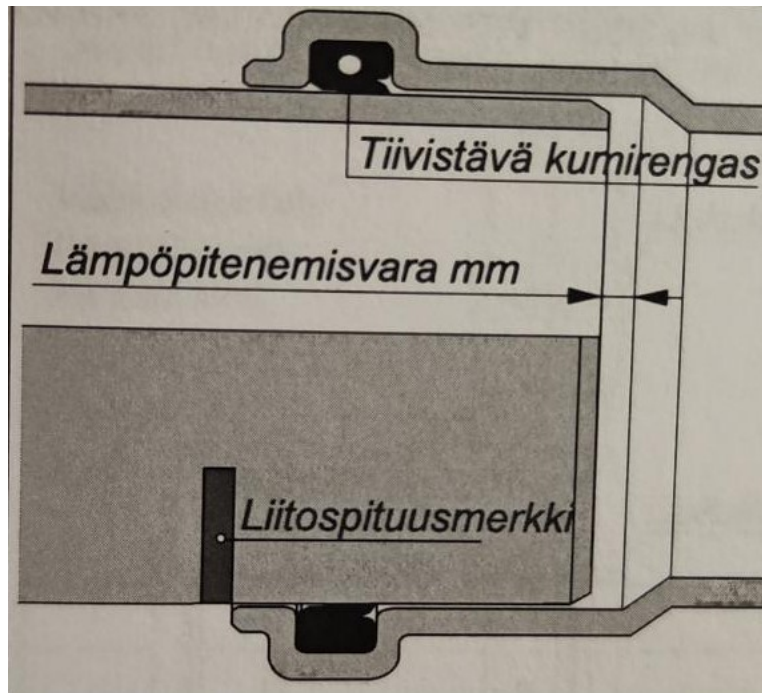
4.4 Kierreliitos

Kierreliitoksia tehdään saumallisiin teräsputkiin, joiden putkikoko on enintään DN 40. Teräsputkia käytettäessä kierreliitososat ovat adusoitua valurautaa. RST- ja HST-putkissa kierreliitososat ovat putkia vastaavaa materiaalia. Putkikierre on Whitworth-kierre ja teräsputki voidaan kierteittää käsi- tai sähkökäyttöisellä kierresorkalla sekä putkenkierteityskoneella. Kierreliitoksen tiivistyksessä käytetään hampua ja putkikittiä, kun putkiston lämpötila on enintään 120 °C. Jos putkiston lämpötila ylittää tämän esimerkiksi öljyjohdoissa, käytetään tiivistyksessä PTFE-nauhaa. Kierreliitosten tekeminen on hieman työlästä, joten nykyisin asennuksissa suositaan nopeampia liitostapoja esimerkiksi puristusliitoksia. (LVI 20-10348 Putkistojen asennus 2004; Harju 2015, 129–131, 139.)

4.5 Kumirengastiivisteliitos

Kumirengastiivisteliitoksia eli niin kutsuttuja muhviliitoksia käytetään muovi, RST- ja HST-viemäreiden liittämiseen. Tiiviste on valmiiksi asennettuna putkien ja yhteiden muhveissa. Vakiotiiviste on luonnonkumin ja styreenibutadieenikumin seosta. Jos viemärissä johdetaan öljynsekaisia jätevesiä, niin tiivisteiden materiaaliksi valitaan akryylinitriilibutadieenikumi. Kumirengastiivisteliitoksella muoviputket voidaan liittää myös muiden viemärimateriaalien esimerkiksi valuraudan

kanssa yhteen. Liitosta tehdessä putkeen merkitään asennussyvyys. Putken päähän voidellaan liukuainetta ja työnnetään putki muhvin sisään suoraan painaen ja samalla hieman kiertäen. Tärkeää on myös varmistaa, ettei kumirengas lähde pois paikaltaan. Liitos on valmis, kun asennusmerkki on juuri näkyvässä. (Uponor 2019.) Kuvassa 7 nähdään valmis liitos viemärin lämpölaajeneminen huomioituna.



KUVA 7. Asennettu kumirengastiivisteliitos (Harju 2015, 197).

4.6 Ilmanvaihtokanaviston liitostavat

Pyöreiden kanavien liitokset tehdään yleisimmin kumirengastiivisteliitoksilla. Tehtävalmisteiset liitososat sisältävät aina kumirengastiivisteeseen, jolloin ne ovat helppo asentaa suoraan kierresaumakanavaan. Liitososat lukitaan paikalleen esimerkiksi vetoniiteillä. Vetoniittejä varten porataan reiät kanavaan samalla varoen vahingoittamasta tiivisteitä. Jos kohde vaatii ilmanvaihtokanavistolta erityistä tiiviyyttä, niin liitokset varmistetaan kutistenuhoilla. (Sandberg 2014, 214–215.)

Suorakaidekanavien liitokset tehdään pääosin tiivisteellisin työntölistaliitoksin. Liitos aloitetaan tiivisteiden asennuksella, jonka jälkeen työntölistat asetetaan paikoilleen jokaiselle kanavan sivulle. Kulmakappaleiden avulla listat lukitaan päistään paikoilleen. Erityistilanteissa käytetään myös muita liitostapoja, kuten laipaliitoksia. (Harju 2015, 216.)

5 TEKNINEN ERISTYS

Talotekniikassa eristämisellä on useita eri tarkoituksia. Nämä tarkoitukset ovat haitallisen lämmönhukan tai kondensoitumisen estäminen, sekä ääni- tai palotekninen suojaus. Sama eriste voi toimia myös useaa eri tarkoitusta varten. Eristysmateriaalit vaihtelevat käyttötarkoituksen sekä eristettävän putkimateriaalin mukaan. Eristeiden ulointa kerrosta kutsutaan päällysteeksi ja sen tarkoitus on suojata itse eristettä ympäristön haittavaikutuksilta. (Talotekniikka RYL 2002.)

Kondensoitumista eli ilman kosteuden tiivistymistä vedeksi voi tapahtua viilleiden putkistojen ja kanavien pinnalla. Tämä altistaa putkien ja kanavien alla olevat rakennusosat kosteusvaurioille, jos vesi pääsee tippumaan niiden päälle. Jäähdytys- ja kylmäaineverkoston putkissa ensisijaisesti kondenssieristeenä käytetään solukumikouruja. Solukumi ei tarvitse erillistä päällystettä ollakseen kondenssitiivis, mutta saumat pitää liimata ja teipata. Mineraalivillaa voidaan käyttää myös kondenssieristeenä, mutta se tarvitsee päällysteen, joka on saumoineen höyrytiivis. Päällyste voi olla esimerkiksi alumiinilaminaattia. (LVI 50-10345 Taloteknisten eristysten mitoitus ja käyttö 2002; Harju 2014, 19.)

Lämmöneristeen tarkoitus on pitää putkiston sisällä virtaava fluidi halutun lämpöisenä ja ohjata lämpöenergia oikeaan kohteeseen. Hyvin suunniteltu ja asennettu lämmöneriste säästää merkittävästi energiaa. Lämpimän käyttöveden on oltava vähintään 55 °C, jotta legionellabakteerit eivät pääse lisääntymään putkistossa. Kylmän käyttöveden lämpötila saa nousta enintään 24 °C yli kahdeksan tunnin käyttämättömän jakson jälkeen (Ympäristöministeriön asetus 1047/2017). Lämmöneristeenä voidaan käyttää mineraalivilla-, solukumi- tai polystyreenieristeitä (LVI 50-10344 Talotekniikassa yleisesti käytettävät eristysmateriaalit ja niiden asennus 2002).

Ympäristöministeriön asetus rakennuksen ääniympäristöstä määrittelee enimmäisäänitasot eri huone- ja ulkotiloille. Näiden äänitasojen saavuttamiseksi ääneneristettä vaaditaan erityisesti viemärijärjestelmissä. Ilmanvaihtokanavissa äänitasoja pyritään ensisijaisesti hallitsemaan äänenvaimentimilla, mutta esimer-

kiksi tilanpuutteen vuoksi voidaan joutua turvautumaan ääneneristeeseen. Ääneneristemateriaalina käytetään mineraalivillaa (LVI 50-10344 Talotekniikassa yleisesti käytettävät eristysmateriaalit ja niiden asennus 2002).

Paloneristyksiä käytetään erityisesti ilmanvaihtokanavistoissa. Ympäristöministeriön asetuksessa rakennusten paloturvallisuudesta (2017, 19 §) säädetään, että ”Ilmanvaihtojärjestelmä ei saa myötävaikuttaa palon tai savukaasujen leviämiseen vaaraa aiheuttavalla tavalla”. Paloeristeen materiaali on yleensä mineraalivillaa. Eristeen palotekninen käyttäytymien on oltava joko luokkaa A1 tai A2-s1, d0. A1 tarvikkeet eivät osallistu lainkaan paloon. A2 tarvikkeen osallistuminen paloon on erittäin rajattu, tarvikkeen savuntuotto s1 on erittäin vähäistä ja palavia pisaroita d0 ei esiinny. Paloeristeen valmistajan on asennusohjeissaan mainittava millä eristepaksuudella saavutetaan mikäkin palonkestävyys. Palonkestävyyttä eristemateriaaleilla ilmoitetaan merkinnöillä EI, jossa E tarkoittaa tiiviyyttä ja I eristävyttä. Tämän merkinnän jälkeen ilmoitetaan palonkestävyysaika minuutteina esimerkiksi 30, 60, 90 tai 120. Paloeristeiden tuotekelpoisuus osoitetaan yleensä kolmannen osapuolen tuotesertifikaatilla. (Talotekniikkainfo Ilmanvaihtolaitosten paloturvallisuus -opas 2023.) Poistumisteillä ei tule käyttää solukumieristettä niiden heikon paloteknisen käyttäytymisen vuoksi (LVI 50-10345 Taloteknisten eristysten mitoitus ja käyttö 2002).

6 KYSELY

6.1 Kyselyn tarkoitus ja sisältö

Tämän opinnäytetyön yhtenä tavoitteena oli luoda kysely LVI-suunnittelijoille. Kyselyn tarkoituksena oli kartoittaa suunnittelijoiden tietämys putkimateriaaleihin, liitostapoihin sekä eristykseen liittyvistä aiheista. Kyselyn avulla hahmotetaan myös, kuinka hyödyllinen työssä luotava putkimateriaalitaulukko tulee olemaan suunnittelijoille eli onko kaikki taulukossa oleva tieto jo itsestään selvää vai tulee taulukko nopeuttamaan ja helpottamaan suunnittelutyötä. Kyselyyn ei ollut tarkoitus hakea tietoa eri lähteistä vaan siihen vastattiin oman sen hetkisen tiedon pohjalta. Kysely lähetettiin sähköpostitse 28 suunnittelijalle ja se suoritettiin anonyymisti. Vastauksia saatiin yhteensä 15.

Kysely sisälsi 14 kysymystä sekä vapaan palauteosion. Kysymyksiä oli muun muassa tietyille materiaaleille ja järjestelmille soveltuvista liitostavoista, eri materiaalien yhdistämisestä, tuotehyväksynnästä, putkimateriaalien eroista, eristeen valinnasta sekä kustannusvertailua ja pohdintaa mistä kustannuserot eri materiaalien välillä syntyvät. Kysely sisälsi sekä monivalinta- että esseekysymyksiä. Kaikki kysymykset löytyvät liitteestä 1.

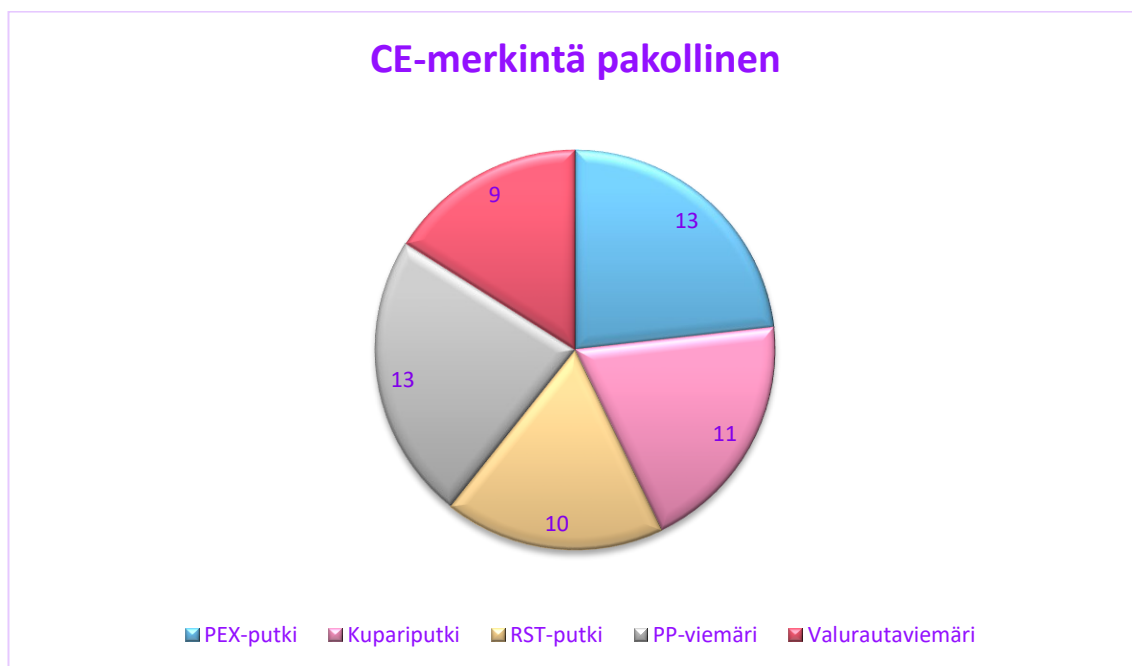
6.2 Kyselyn tulokset

Kyselyn avulla saatiin kerättyä onnistuneesti tärkeää tietoa LVI-suunnittelijoiden tämänhetkisestä tietotasosta ja putkimateriaalitaulukon hyödyllisyydestä. Monen kysymyksen kohdalla vastauksissa oli merkittävää hajontaa eikä mikään kysymyksistä ollut täysin ilmiselvää jokaiselle vastaajalle. Putkimateriaalitaulukosta tulee löytymään vastaukset useimpiin esitetystä kysymyksistä, joten voidaan todeta, että taulukko tulee suunnittelijoille tarpeeseen ja eri aihealueiden tietoja ei tarvitse etsiä enää useasta eri paikasta.

Seuraavassa osiossa syvennytään kyselyn neljään kysymykseen, jotka ovat tärkeitä LVI-suunnittelussa. Näiden kysymysten vastauksissa tuli myös erityisen

paljon hajontaa. Kuvioissa esitetään vastausvaihtoehdot sekä vastausten lukumäärät.

6.2.1 Tehtävä: Valitse tuotteet, joille vaaditaan CE-merkintä



KUVIO 1. Tehtävän ”Valitse tuotteet, joille vaaditaan CE-merkintä” vastausjakauma.

Niille rakennustuotteille, joille on olemassa harmonisoitu tuotestandardi (hEN) tai vapaaehtoinen eurooppalainen tekninen arviointi (ETA) vaaditaan CE-merkintä. Merkinnällä tuotteen valmistaja vakuuttaa, että tuotteen ominaisuuksien arvot ovat hEN tai ETA:n mukaiset ja täten tuotetta saa myydä EU:n alueella. Jos tuotteella ei ole harmonisoitua tuotestandardia tai ETA-arviointia, voidaan sen kelpoisuus osoittaa tyyppihyväksynnällä tai kolmannen osapuolen selvityksellä. (CE-merkittävät talotekniikka tuotteet n.d.)

Tehtävän vaihtoehdoista CE-merkintä on pakollinen kupariputkille (pl. talousvesi), ruostumattomille teräsputkille ja valurautaviemäreille. PEX-putkille ja polypropeeniviemäreille tyyppihyväksyntä on mahdollinen. (Taloteknisten tuotteiden hyväksymismenettelyt 2023.) Kuvioista 1 voidaan huomata, että PEX-putki ja PP-viemäri olivat vastatuimmat vaihtoehdot, jotka tässä tapauksessa olivat väärä

vastauksia. Suunnittelijoiden ja urakoitsijoiden on pystyttävä varmistamaan rakennustuotteiden soveltuvuus rakennuskohteisiin, ja tuotteiden kelpoisuusmenettelyt ovat tässä suuressa osassa. Putkimateriaalitalukoon tullaan täten lisäämään osio kelpoisuusmenettelyistä ja näin suunnittelijoiden tietoisuutta asiasta voidaan kasvattaa.

6.2.2 Tehtävä: Asuinkerrostalon käyttövesiverkoston hintavertailu kupari-putket kapillaariosilla vs. komposiittiputket



KUVIO 2. Tehtävän ”Asuinkerrostalon käyttövesiverkoston hintavertailu kupari-putket kapillaariosilla vs. komposiittiputket” vastausjakauma.

Kustannusvertailussa otettiin huomioon putkien ja sen osien tukkuhinnat sekä asennustyötunnit. Putkien ja putkiosien hintoina käytettiin Dahlin lämpö- ja vesituotteiden tukkuhintoja (Dahl lämpö ja vesi -tuotteet 2019). Asennusajat olivat LVI-alan työehtosopimuksen normiaikojen mukaiset ja asentajan palkka työehtosopimuksen perustuntipalkan mukainen (Talotekniikka-alan LVI-toimialan työeh-

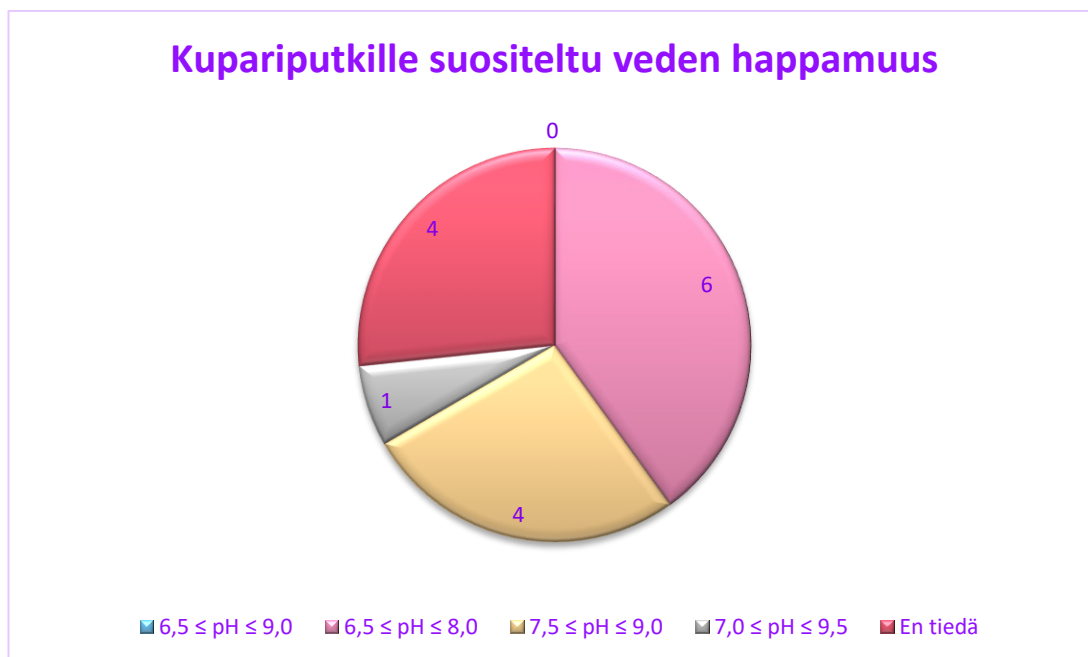
tosopimus 2023–2025). Kustannusvertailu ei ole yksinkertaista, koska eri urakoitsijoilla ja tukkuliikkeillä voi olla keskinäisiä sopimuksia materiaalien ja osien hinnoille. Näin tuotteiden hinnat voivat vaihdella melko paljon. Tässä kustannusvertailussa komposiittiputkilla tehty työ osoittautui noin 7 % kalliimmaksi. Kuvion 2 vastausjakaumasta nähdään, että vastauksissa oli hajontaa ja oikein kysymykseen vastasi neljä suunnittelijaa.

Tehdyssä kustannusvertailussa kupariputket olivat kalliimpia kuin komposiittiputket sekä kupariputkien asennus kapillaariosilla vei enemmän aikaa kuin komposiittiputkien asennus puristusosilla. Tässä vaiheessa kupariputkilla tehty työ olisi noin 24 % kalliimpaa kuin komposiittiputkilla. Tämän jälkeen otettiin huomioon putkisto-osat. Komposiittiputkien puristusosat ovat moninkertaisesti kalliimpia kuin kupariputkien kapillaariosat. Tämä pyöräyttääkin lopullisen kustannusvertailun kupariputkien eduksi.

Kustannusvertailutehtävää seurannut jatkokysymys ”Pohdi edelliseen tehtävään liittyen missä ja minkälaisia kustannuseroja mahdollisesti syntyy” oli huomattavasti merkittävämpi, koska tässä vastaaja pystyy kertomaan ja perustelemaan omia näkemyksiään kustannuseroista. Monessa vastauksessa tuli ilmi suunnittelijoiden tietämys tekijöistä, jotka aiheuttavat kustannuseroja. Esimerkiksi useammassa vastauksissa nostettiin esiin kupariputkien pidempi asennusaika ja komposiittiputkien liitososien kalliimpi hankintahinta. Vertaillessa monivalintatehtävän vastauksia ja jatkokysymyksen sanallisia perusteluja nousee esille erityisesti puutteellinen tietämys todellisesta hintaerosta putkisto-osien välillä. Monet vastaajista olettivat komposiittiosien olevan vain hieman kalliimpia verrattaessa kupariputken kapillaariosiin. Todellisuudessa ero on moninkertainen.

Hintavertailu eri materiaalien välillä on haastavaa ja yleispäteviä ohjeistuksia on vaikea antaa. Putkimateriaalitulokkoon lisätään kuitenkin huomautuksia kustannuksista, jotta suunnittelijoille herää ajatus kustannuksien merkityksestä ja täten he voivat tapauskohtaisesti pohtia materiaalivalintoja tarkemmin kustannuksien näkökulmasta.

6.2.3 Tehtävä: Kupariputkille suositeltu käyttövesiverkoston veden happamuus



KUVIO 3. Tehtävän ”Kupariputkille suositeltu käyttövesiverkoston veden happamuus” vastausjakauma.

Kysymys on erityisen tärkeä, koska LVI-suunnittelijan tiedossa on oltava käyttöveden laatu korroosion välttämistä varten (Ympäristöministeriön asetus 1047/2017). Sosiaali- ja terveysministeriön laatimien talousveden laatuvaatimusten mukaan talousveden pH-arvo saa olla 6,5–9,5 (Sosiaali- ja terveysministeriön asetus 1352/2015). Kupariputkille suositeltava veden pH-arvo on kuitenkin 7,5–9,0 (LVI 20-10348 Putkistojen asennus 2004). Suomessa yleisin kupariputkien vuotojen aiheuttaja on pistekorrosiotyyppi 2. Tätä pistekorrosiotyyppiä esiintyy erityisesti vesissä, joiden pH on alle 7,4. Kaunisto ym. (2020) suosittelevat kupariputkien korroosion välttämiseksi vedelle mahdollisimman tasaista ja yli 7,5 pH-arvoa. (Kaunisto ym. 2020, 11, 30.)

Kuviosta 3 nähdään, että 40 % suunnittelijoista valitsivat vaihtoehdon $6,5 \leq \text{pH} \leq 8,0$. Tämä veden laatu on selkeästi liian hapanta kupariputkille. 27 %:lla vastaajista ei myöskään ollut minkäänlaista tietoa asiasta. Käyttövesiverkoston veden laadulla on suuri merkitys putkimateriaalien valinnassa ja mahdollisen korroosion välttämisessä, joten putkimateriaalitaloukseen lisätään huomiota eri materiaaleille suositelluista veden laatuvaatimuksista.

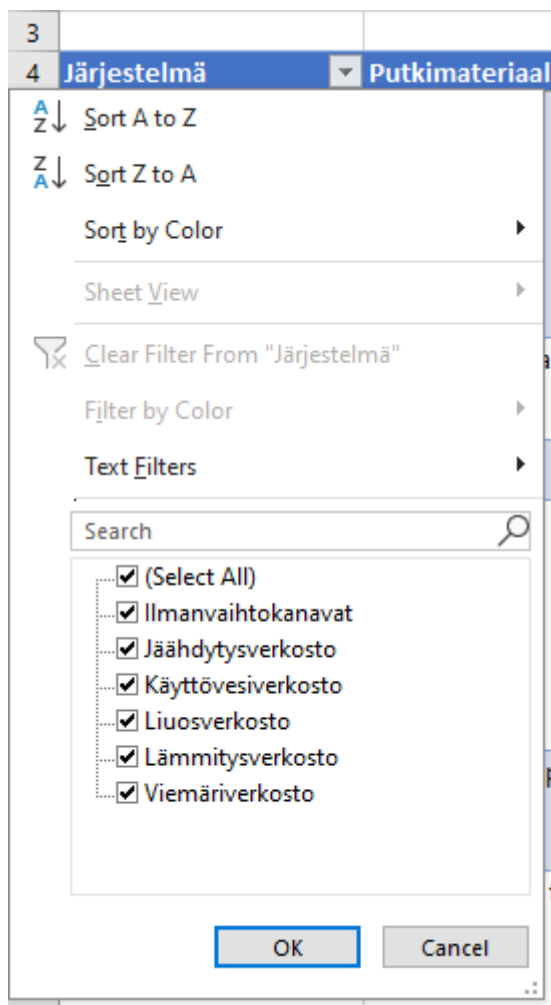
6.3 Kyselyn palaute ja pohdinta

Kyselyn päätteeksi vastaajille annettiin mahdollisuus vapaaseen palautteeseen kyselyyn liittyen. Palaute oli positiivista ja useampi vastaaja myös totesi, että kysymykset eivät olleet helppoja eikä niitä myöskään joka päivä tule suunnittelu-työssä mietittyä. Suurin osa kyselyn kysymyksistä on kuitenkin melko keskeisiä toimivien ja pitkäikäisten LVI-järjestelmien suunnittelussa, ja täten putkimateriaalitalukko on pyritty tekemään niin että suunnittelijat jatkossa huomioisivat näitä asioita paremmin. Palautteessa todettiin myös, että asioita voi tarkistaa eikä tarvitse muistaa ulkoa. Tämä onkin yksi putkimateriaalitalukon päätarkoituksista: suurin osa asioista voidaan tarkistaa yhdestä paikkaa eikä niitä tarvitse etsiä useasta eri lähteestä.

Kysely antaa hyvin osviittaa minkälaisia huomioita putkimateriaalitalukkoon on hyvä lisätä peruspohjan lisäksi. Kysely osoitti myös sen, että taulukko tulee olemaan hyödyllinen työkalu päivittäisessä LVI-suunnittelussa.

7 PUTKIMATERIAALITAUUKKO

Putkimateriaalitalukko on luotu Microsoft Excel -ohjelmalla. Taulukkoa on myös tarkoitus käyttää kyseisellä ohjelmalla, jotta kaikkia sen ominaisuuksia voidaan hyödyntää. Taulukko sisältää seitsemän eri saraketta: Järjestelmä, Putkimateriaali, Käyttökohteet, Liitostavat, Eristäminen, Kelpoisuusmenettely ja Huomioitavaa. Ensimmäisessä sarakkeessa ilmoitetaan järjestelmä, jossa kyseisellä rivillä olevaa putkimateriaalia voidaan käyttää. ”Järjestelmä” sarakkeen alasvetovalikosta (kuva 8) voidaan valita vain tietty järjestelmä, jolloin näkyviin jää vain kyseiseen järjestelmään soveltuvat materiaalit. Tämä helpottaa käyttäjän navigointia taulukon sisällä.



KUVA 8. ”Järjestelmä” sarakkeen alasvetovalikko.

Samankaltaista alasvetovalikkoa voidaan käyttää myös putkimateriaalien osalta. Materiaalien nimitykset on tärkeä pitää yhtenevänä läpi taulukon, jotta vain tietyt materiaalit voidaan valita kätevästi näkyviin.

”Käyttökohteet” sarakkeessa ilmoitetaan materiaalien tavanomaiset käyttökohteet verkostojen sisällä sekä mahdollisia erityiskohteita tai sijainteja. Esimerkiksi haponkestävästä teräksestä valmistetun viemärin käyttökohteita ovat ammatti-keittiöiden viemärointi rakennuksessa ja maassa sekä sadevesiviemärit rakennuksen sisällä.

”Liitostavat” sarakkeessa käydään läpi kullekin materiaalille soveltuvat liitostavat. Samalla ilmoitetaan liitostapoihin liittyvistä huomautuksista. Huomautuksia ovat esimerkiksi, että puristusliitososien on oltava samalta valmistajalta kuin itse putketkin. Eri valmistajien puristusliitososat eivät ole keskenään yhteensopivia. Seuraavassa sarakkeessa kerrotaan, mitä eristeitä kyseisen materiaalin kanssa voidaan käyttää. Eristeet ilmoitetaan erikseen palon-, lämmön-, kondenssi- ja ääneristykseen. Tietoja ilmoitetaan mahdollisista eristemateriaaleista, sarjoista tai paksuudesta sekä päällysteestä. Erilaiset oleelliset huomiot eristämiseen liittyen, kuten solukumieristeiden käyttökielto poistumisteillä, ilmoitetaan myös tässä kohta.

Tuotteiden kelpoisuusmenettelyt ilmoitetaan omassa sarakkeessaan. Kelpoisuusmenettelyjä ovat CE-merkintä, tyyppihyväksyntä tai kolmannen osapuolen selvitys. Viimeisessä sarakkeessa ilmoitetaan kaikki muut oleelliset huomioitavat asiat, jotka eivät liity edellisten sarakkeiden aihealueisiin. Nämä huomiot liittyvät esimerkiksi kustannuksiin, veden laatuun ja mitoitukseen. Liitteessä 2 on esimerkki valmiista putkimateriaalitaulukon rivistä.

8 YHTEENVETO

Opinnäytetyön tavoitteena oli kehittää työkalu LVI-suunnittelijoiden käyttöön. Työkalun avulla suunnittelijat voivat verrata eri putkimateriaaleja ja liitostapoja keskenään. Työkalu sisältää myös oleellista tietoa materiaalien valintaan liittyen. Työkaluksi kehitettiin Microsoft Excel -ohjelmistossa käytettävä putkimateriaali- taulukko. Taulukon avulla suurin osa suunnittelijoiden tarvitsemasta tiedosta liit- tyen putkimateriaalien, liitostapojen ja eristyksen valintaan löytyy yhdestä pai- kasta.

Työ aloitettiin selvittämällä mitä lainsäädäntöä tai määräyksiä kohdistuu yleisten taloteknisten järjestelmien siirto-osiin. Tämän jälkeen työssä syvennyttiin eri ma- teriaalien koostumukseen ja ominaisuuksiin. Samalla selvitettiin mihin järjestelmiin kyseiset materiaalit soveltuvat. Selvityksissä käytettiin apuna erilaisia standar- deja, LVI-ohjekortteja sekä kirjallisuuslähteitä. Seuraavaksi tutkittiin putkistojen liitostapoja. Määriteltiin minkä järjestelmien ja putkimateriaalien kanssa jokainen liitostapa soveltuu käytettäväksi. Liitostavoista käytiin läpi, miten oikeaoppinen liitos tehdään kullakin menetelmällä ja mitä hyötyjä tai haittoja eri liitostavoilla on. Viimeisenä teoriaosuudessa tarkasteltiin teknistä eristämistä. Talotekniikassa eristämällä on tavanomaisesti neljä eri tarkoitusta kondenssi-, lämpö-, ääni- ja paloeristäminen. Työssä tarkasteltiin näihin neljään eristämistarkoitukseen liitty- viä määräyksiä sekä määriteltiin kuhunkin tarkoitukseen sopivat eristemateriaalit.

LVI-suunnittelijoiden tietämys putkimateriaaleista, liitostavoista ja eristeistä kar- toitettiin tässä työssä kyselytutkimuksen avulla. Kyselyyn valittujen kysymyksien ja tehtävien oli tarkoitus olla mahdollisimman oleellisia LVI-suunnitteluun liittyen. Vastauksista huomattiin, että kaikkiin kysytyihin asioihin suunnittelijoilla ei ollut selkeää tietämystä. Erityisesti esiin nousi kysymys kupariputkille suositellusta ta- lousveden laadusta, koska veden happamuudella on tutkitusti merkittävä vaiku- tus kupariputkien korroosioon. LVI-tuotteiden kelpoisuusmenettelyt olivat vas- tausten perusteella myös hyvin vieras asia suunnittelijoille. Kysymyksiin oli tar- koitus vastata suunnittelijoiden perustietojen pohjalta eli tietoja ei tarvinnut hakea eri lähteistä. Tämä osoittaa sen, että ainakaan ulkomuistista suunnittelijoilta ei löydy kaikkea tarvittavaa tietoa vaan sitä tarpeen mukaan etsitään eri lähteistä.

Yleensä tarvittavat tiedot löytyvät useista määräyksistä ja ohjekorteista, joten tiedon löytämiseen suunnittelijoilta kuluu aikaa.

Työn lopputuotoksena syntynyttä putkimateriaalitaulukkoa Swecon LVI-suunnittelijat voivat hyödyntää jokapäiväisessä työssä. Putkimateriaalitaulukko tulee nopeuttamaan oleellisten tietojen hakemista liittyen materiaaleihin, liitostapoihin ja eristeisiin. Se helpottaa myös eri materiaalien vertailua keskenään. Taulukkoon tehtyjen materiaalien kustannusarvioiden on tarkoitus olla suuntaa antavia. Tarkkoja kustannusarvioita on hankala laskea, koska urakoitsijat solmivat yleensä kahdenkeskeisiä hinnastosopimuksia tukkuliikkeiden kanssa. Täten urakoitsijoiden välillä eri materiaalien kustannukset voivat vaihdella. Tulevaisuudessa suunnittelijoilta kerätään palautetta liittyen taulukon toimintoihin sekä mahdollisia muita tarpeellisia lisätietoja taulukkoon sisällytettäväksi. Putkimateriaalitaulukkoa tullaan myös päivittämään säännöllisesti uusien määräysten tai tutkimusten pohjalta.

Opinnäytetyössä päästiin asetettuihin tavoitteisiin eli putkimateriaalitaulukko on valmis Swecon suunnittelijoiden käyttöön sekä suunnittelijoiden tietämys saatiin kartoitettua kyselyn avulla. Opinnäytetyöprosessin aikataulu olisi voinut olla erilainen. Kyselytutkimus luotiin ja pidettiin suunnittelijoille jo prosessin alkuvaiheessa. Jos kysely olisi pidetty myöhemmässä vaiheessa prosessia, aiheiden taustaselvitystyö olisi ollut pidemmällä ja kysymykset olisivat voineet olla monipuolisempia. Työstä nousi esiin juomavesidirektiivi, joka tulee kieltämään Suomessa käytettävien sinkkikadonkestävien messinkiliittimien valmistamisen vuonna 2032. Jatkotutkimuksia tarvitaan liittyen tähän aiheeseen. Tutkimuskysymys voisi olla esimerkiksi millä materiaaliseoksilla messinkiliittimet voidaan tulevaisuudessa Suomen olosuhteissa korvata.

LÄHTEET

CE-merkittävät talotekniikkatuotteet. n.d. Talteka. Verkkosivu. Viitattu 8.3.2024. <https://talteka.fi/tietoiskut/ce-merkittavat-talotekniikkatuotteet/>

Dahl lämpö ja vesi -tuotteet. 2019. Dahl. Verkkosivu. Viitattu 10.3.2024. https://www.dahl.fi/fileadmin/user_upload/tuoteluettelot/Dahl_lampo-ja-vesi_luettelo_2019.pdf

Direktiivi 2020/2184/EU. Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi ihmisten käyttöön tarkoitetun veden laadusta. Euroopan unionin virallinen lehti 23.12.2020. Viitattu 14.2.2024. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/PDF/?uri=CELEX:32020L2184&qid=1707917175075>

Harju, P. 2014. Talotekniikan perusteet 2. 2. Painos. Kouvola: Penan Tieto-Opus ky.

Harju, P. 2015. Talotekniikan perusteet 1. 2. Painos. Kouvola: Penan Tieto-Opus ky.

Harju, P. 2016. Vesi- ja viemärintekniikka. Kouvola: Penan Tieto-Opus ky.

Kaunisto, T. 2011. Veden laatu, putkistomateriaalit ja tuotehyväksyntä. Esitelmä. Viitattu 5.3.2024.

Kaunisto, T., Latva, M., Peltö-Huikko, A. & Salonen, N. 2020. Kiinteistöjen kupariputkien korrosio, kirjallisuusselvitys. Vesilaitosyhdistyksen monistesarja nro 62. Helsinki. Viitattu 21.2.2024. https://www.vvy.fi/site/assets/files/5264/kiinteistojen_kupariputkien_korrosio_kirjallisuusselvitys.pdf

Kemppi. n.d. Hitsausaapinen. Verkkosivu. Viitattu 19.3.2024. <https://www.kemppi.com/fi-FI/tuki/hitsausaapinen/mita-hitsaus-on/>

Ketola, J. & Nieminen, J. 2021. Talotekniikan putkiasennukset. Helsinki: Sanoma Pro Oy.

Kylmäaineiden ja -liuosten jaottelu. n.d. Algol Chemicals. Verkkosivu. Viitattu 20.4.2024. <https://www.algolchemicals.com/fi/artikkelit/kylm%C3%A4aineiden-ja--liuosten-jaottelu>

Käyhkö, K. 2024. Vesi ja viemärit eri vuosikymmeninä. Rakennukset. Verkkosivu. Viitattu 4.3.2024. <https://www.rakennukset.fi/jarjestelmat/vesi-ja-viemarijarjestelmat-eri-aikakausina/>

LVI 06-10502 S1-luokan teräsbetoniväestönsuojan LVIS-laitteet. 2012. LVI-kortisto. Rakennustieto Oy. Viitattu 17.4.2024. Vaatii käyttöoikeuden. <https://kortistot.rakennustieto.fi/kortistot/lvi-kortisto>

LVI 50-10344 Talotekniikassa yleisesti käytettävät eristysmateriaalit ja niiden asennus. 2002. LVI-kortisto. Rakennustieto Oy. Viitattu 1.4.2024. Vaatii käyttöoikeuden. <https://kortistot.rakennustieto.fi/kortistot/lvi-kortisto>

LVI 50-10345 Taloteknisten eristysten mitoitus ja käyttö. 2002. LVI-kortisto. Rakennustieto Oy. Viitattu 1.4.2024. Vaatii käyttöoikeuden. <https://kortistot.rakennustieto.fi/kortistot/lvi-kortisto>

LVI 20-10348 Putkistojen asennus. 2004. LVI-kortisto. Rakennustieto Oy. Viitattu 13.2.2024. Vaatii käyttöoikeuden. <https://kortistot.rakennustieto.fi/kortistot/lvi-kortisto>

Masalin, J. 2021. Yleisimmät materiaalit ja niiden käyttötarkoitukset. Cronvall Oy. Verkkosivu. Viitattu 22.2.2024. <https://blog.cronvall.fi/blog/yleisimmat-materiaalit-ja-niiden-kayttotarkoitukset-cronvall-oy>.

Muoviteollisuus ry. n.d. Muoviputkistohitsaajat. Verkkosivu. Viitattu 20.3.2024. <https://www.plastics.fi/muoviputkistohitsaajat/>

Nordic Poly Mark. 2019. Muoviputkilla on rakennettu Suomea vuosikymmenet. Verkkosivu. Viitattu 28.2.2024. <https://nordicpolymark.com/fi-start/fi-media/>

PE-putkien puskuhitaus. 2013. Muoviteollisuus ry. Verkkosivu. Viitattu 20.3.2024. https://www.plastics.fi/document.php/1/110/muoviputkien_puskuhitaus/.

PE-putkien sähköhitaus. 2013. Muoviteollisuus ry. Verkkosivu. Viitattu 20.3.2024. https://www.plastics.fi/document.php/1/111/muoviputkien_sahkohitaus/711bf80c3fbb10e463b7fd6923604c2f

Saint-Gobain PAM. 2020. Duo- ja Grip-pantaliittimet. Verkkosivu. Viitattu 26.3.2024. https://www.pamline.fi/Download/23299/Esite_VIE_Duo-%20ja%20Grip-pantaliittimet.pdf

Sandberg, E. 2014. Ilmastointitekniikka osa 1. Sisäilmasto ja ilmastointijärjestelmät: perustietoa ilmastointitekniikasta rakentamisen ja rakennusten käytön asiantuntijoille. Helsinki: Talotekniikka-Julkaisut Oy.

SFS-EN 10296-2. 2006. Hitsatut pyöreät teräsputket yleiseen käyttöön. Tekniset toimitusehdot. Osa 2: Ruostumattomat teräkset. Helsinki: Suomen standardisoimisliitto SFS. Vaatii käyttöoikeuden. <https://online.sfs.fi/fi/index.html.stx>

SFS-EN 14276-1. 2020. Kylmäkoneistojen ja lämpöpumppujen painelaitteet Osa 1: Säiliöt. Yleiset vaatimukset. Helsinki: Suomen standardisoimisliitto SFS. Vaatii käyttöoikeuden. <https://online.sfs.fi/fi/index.html.stx>

SFS-EN 14276-2. 2020. Kylmäkoneistojen ja lämpöpumppujen painelaitteet Osa 2: Putkistot. Yleiset vaatimukset. Helsinki: Suomen standardisoimisliitto SFS. Vaatii käyttöoikeuden. <https://online.sfs.fi/fi/index.html.stx>

Sosiaali- ja terveysministeriön asetus talousveden laatuvaatimuksista ja valvontatutkimuksista 1352/2015. Viitattu 10.3.2024. <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2015/20151352>

SPEK. n.d. Tulityötietoa. Verkkosivu. Viitattu 19.3.2024.

<https://www.spek.fi/koulutus/tulityotietoa/>

Talotekniikka-alan LVI-toimialan työehtosopimus 2023–2025. 2023. LVI-Tekni-
set Urakoitsijat LVI-TU ry ja Rakennusliitto ry. Verkkosivu. Viitattu 10.3.2023.

https://www.lvi-tu.fi/wp-content/uploads/2023/06/Talotekniikka_LVI_TES_2023_2025_www.pdf

Talotekniikkainfo. 2023. Ilmanvaihtolaitosten paloturvallisuus -opas. Verkkosivu. Viitattu 1.4.2024. <https://talotekniikkainfo.fi/ilmanvaihtolaitosten-paloturvallisuus-opas>

Talotekniikkainfo. 2023. Sisäilmasto ja ilmanvaihto -opas. Verkkosivu. Viitattu 13.2.2024. <https://talotekniikkainfo.fi/sisailmasto-ja-ilmanvaihto-opas>

Talotekniikkainfo. 2023. Vesi- ja viemärlaitteistot -opas. Verkkosivu. Viitattu 17.2.2024. <https://talotekniikkainfo.fi/vesi-ja-viemarilaitteistot-opas>

TalotekniikkaRYL. 2002. Talotekniikan rakentamisen yleiset laatuvaatimukset osa 1. Rakennustieto Oy. Verkkosivu. Viitattu 1.4.2024. <https://ryl-cms.rakennustieto.fi/wp-content/uploads/2021/11/TATE-RYL-2002-osa-1.pdf>

TalotekniikkaRYL. 2023. Talotekniikan rakentamisen yleiset laatuvaatimukset. Rakennustieto Oy. Verkkosivu. Viitattu 13.2.2024. Vaatii käyttöoikeuden. https://ryl.rakennustieto.fi/ryl/TalotekniikkaRYL/2023_1/21.1.html

Taloteknisten tuotteiden hyväksymismenettelyt. 2023. Talteka. Verkkosivu. Viitattu 8.3.2024. <https://talteka.fi/wp-content/uploads/2022/01/kelpoisuusmenettelyt-jarjestelmittain-20230308.pdf>

Täytäntöönpanopäätös C/2024/0237. Komission täytäntöönpanopäätös direktiivin (EU) 2020/2184 soveltamissäännöistä ja liite. Viitattu 25.3.2024. https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/?uri=PI_COM%3AC%282024%29237&%3Bqid=1706193038892

Uponor. 2018. Uponor PEX-putket ja niiden ominaisuudet. Verkkosivu. Viitattu 29.2.2024. <https://www.uponor.com/fi-fi/tuotejarjestelmat/kaytovesiputkistot/pex-putkistot#aqua-pipe>

Uponor. 2019. Kiinteistöviemärointi. Verkkosivu. Viitattu 27.3.2024. <https://www.uponor.com/getmedia/0d1fa97c-848d-4565-a18b-1b936cbcf62/uponor-decibel-htp-kasikirja?sitename=Finland&disposition=attachment>

Uponor. 2020. Uponor S-puristusliittimien vuototurvallisuus. Verkkosivu. Viitattu 22.3.2024. <https://www.uponor.com/getmedia/b7359050-bbab-4224-b7b2-a5d489d6b809/uponor-spress-puristusliittimien-vuototurvall?sitename=Finland&disposition=attachment>

Uponor. 2021. PE100 -paineputket. Verkkosivu. Viitattu 29.2.2024. <https://www.uponor.com/fi-fi/infra/tuotejarjestelmat/paineputkistot/pe-100>

Uponor. 2023. Uponor-komposiittikäsikirja. Verkkosivu. Viitattu 29.2.2024. <https://www.uponor.com/fi-fi/tuotejarjestelmat/kayttovesiputkistot/komposiittiputkisto>

Valtioneuvosto. 2023. Suomi sai läpi juomavesidirektiivin siirtymäajan pidennyksen vuoteen 2032. Verkkosivu. Viitattu 25.3.2024. <https://valtioneuvosto.fi/-/1271139/suomi-sai-lapi-juomavesidirektiivin-siirtymaajan-pidennyksen-vuoteen-2032>

Ympäristöministeriön asetus rakennusten jätevesilaitteistoihin tarkoitettujen polypropeenista valmistettujen viemäriputkien ja putkiyhteiden olennaisista teknisistä vaatimuksista 498/2019. Viitattu 4.3.2024. <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2019/20190498>

Ympäristöministeriön asetus rakennusten paloturvallisuudesta 848/2017. Viitattu 1.4.2024. <https://finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2017/20170848>

Ympäristöministeriön asetus rakennusten vesi- ja viemärlaitteistoihin tarkoitettujen PE-putkien olennaisista teknisistä vaatimuksista 1044/2020. Viitattu 29.2.2024. <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2020/20201044>

Ympäristöministeriön asetus rakennusten vesilaitteistoihin tarkoitettujen monikerrospotkien ja niiden liittimien olennaisista teknisistä vaatimuksista 500/2019. Viitattu 29.2.2024. <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2019/20190500>

Ympäristöministeriön asetus rakennusten vesilaitteistoihin tarkoitettujen PEX-putkien olennaisista teknisistä vaatimuksista 476/2018. Viitattu 29.2.2024. <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2018/20180476>

Ympäristöministeriön asetus rakennusten vesi- ja viemärlaitteistosta 1047/2017. Viitattu 15.2.2024. <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2017/20171047>

Ympäristöministeriön asetus uuden rakennuksen sisäilmastosta ja ilmanvaihdosta 1009/2017. Viitattu 13.2.2024. <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2017/20171009>

LIITTEET

Liite 1. Kyselytutkimus

1(2)

1. Käyttövesiverkostossa muovi- ja komposiittiputkiston sallittu jatkuva lämmön- ja paineenkestävyys
 - 70 °C/1,0 MPa
 - 70 °C/0,6 MPa
 - 90 °C/0,6 MPa
 - 90 °C/1,0 MPa
 - En tiedä
2. MagiCadista löytyvät vaihtoehdot teräsputki 0400/0404 ja teräsputki 0410. Mikä on näiden kahden putkimateriaalin ero?
3. Kupariputkille suositeltu käyttövesiverkoston veden happamuus?
 - $6,5 \leq \text{pH} \leq 9,0$
 - $6,5 \leq \text{pH} \leq 8,0$
 - $7,5 \leq \text{pH} \leq 9,0$
 - $7,0 \leq \text{pH} \leq 9,5$
 - En tiedä
4. Missä käytetään muovipinnoitettua kupariputkea?
5. Valitse tuotteet, joille vaaditaan CE-merkintä.
 - PEX-putki
 - Kupariputki
 - RFe-putki
 - PVC-viemäri
 - Valurautaviemäri
6. Voiko suljetussa lämmitysjärjestelmässä eri putkimateriaaleja yhdistää toisiinsa?

(jatkuu)

7. Valitse lämmitysverkostossa teräsputkille hyväksytyt liitostavat.
 - Hitsausliitos
 - Kierreliitos
 - Kovajuotos
 - Laippaliitos
 - Uraliitin
 - Puristusliitos
8. Miten ruostumattomat teräkset AISI 304 ja AISI 316 eroavat toisistaan?
9. Rasvakanavien seinämöpaksuus vähintään
 - 0,5 mm
 - 0,7 mm
 - 0,9 mm
 - 1,2 mm
 - 1,5 mm
 - En tiedä
10. Lämmöntalteenottoputkistossa käytettävät liitostavat?
11. Määritä yläpohjarakenteessa kulkevan kuparisen kylmän käyttövesijohdon eristys (materiaali, sarja, päällyste).
12. Voiko LTO-putkistossa käyttää teräsputkia? Perustelut/huomiot.
13. Asuinkerrostalon käyttövesiverkoston hintavertailu kupariputket kapillaariosilla vs. komposiittiputket. Vertailuun huomioitu putkien ja sen osien tukkuhinnat sekä asennustyötunnit.
 - Komposiittiputkilla kustannukset n. 7 % korkeammat
 - Kupariputkilla kustannukset n. 7 % korkeammat
 - Komposiittiputkilla kustannukset n. 19 % korkeammat
 - Kupariputkilla kustannukset n. 19 % korkeammat
 - Kustannukset samansuuruiset
14. Pohdi edelliseen tehtävään liittyen missä ja minkälaisia kustannuseroja mahdollisesti syntyy.
15. Palaute kyselyyn liittyen.

Liite 2. Esimerkki putkimateriaalitaulukosta

Järjestelmä	Putkimateriaali	Käyttökohteet	Liitostavat	Eristäminen	Kelpoisuusmenettely	Huomioitavaa
Viemäriverkosto	PP miner.vahv. (desibeliviemäri)	Rakennuksen sisäpuoliset jätevesiviemärit. Ääniteknisesti vaativat kohteet.	Kumirengastiivisteliitos	PE: Mineraalivillaverkkomatto Bc, tarkista paloluokkaa vastaava paksuus valmistajan ohjeista. LE/KE: Kylmissä tiloissa mineraalivillakouru Ac sarja 25, höyrynsulku. ÄE: Mineraalivillakouru Ac sarja 25	Tyyppihyväksyntä	Hankintahinta n. 30% korkeampi kuin normaalilla PP-viemärillä