



# Putkiston eristämisen vaikutus lämmitysenergian kulutukseen

Konsta Nyysönen

Opinnäytetyö, AMK

Toukokuu 2024

Energia- ja ympäristötekniikka, insinööri (AMK)

**Nyysönen, Konsta**

## **Putkiston eristämisen vaikutus lämmitysenergian kulutukseen**

Jyväskylä: Jyväskylän ammattikorkeakoulu. Toukokuu 2024, 49 sivua

Energia- ja ympäristötekniikan tutkinto-ohjelma. Opinnäytetyö AMK.

Julkaisun kieli: suomi

Julkaisulupa avoimessa verkossa: kyllä

### **Tiivistelmä**

Opinnäytetyö tehtiin Alva-yhtiöt Oy:lle ja sen tavoitteena oli selvittää putkiston eristämisen vaikutus lämmitysenergian kulutukseen paineenkorotusasemalla. Työn toisena tavoitteena oli saada selvitys, voisiko eristäminen tuoda myös muita hyötyjä paineenkorotusasemalle.

Toteutus tehtiin teorian pohjalta sekä laskentakaavoja hyödyntäen. Paineenkorotusaseman putkisto on viileää ja sillä epäiltiin olevan pienentäviä vaikutuksia sisäilman lämpötilaan. Viileällä putkistolla epäiltiin olevan myös vaikutusta lämmitysenergian kulutukseen. Viileän putkiston vaikutusta energiankulutukseen tarkasteltiin lämpöhäviöiden kautta.

Eristeen vaikutukset olivat positiivisia, sillä laskelmat osoittivat, että jo pienellä eristepaksuudella saavutettiin merkittävä parannus lämpöhäviöihin. Eristeen lisäys auttaisi myös kondenssiveden osalta, sillä lämmin sisäilma ja viileät putket aiheuttavat vesihöyryn tiivistymistä putkipinnalle. Putkieristys auttaisi myös työturvallisuuden osalta, sillä liukkaat lattiapinnat aiheuttavat merkittävää riskiä liukastumiselle ja putkieristys poistaisi liukkauden.

Kustannustarkastelun ja takaisinmaksuajan osalta opinnäytetyö osoitti, että putkieristyksen takaisinmaksuaika kävi melko pitkäksi.

### **Avainsanat (asiasanat)**

Putkieristys, Vesihuolto, Lämpöhäviö, Paineenkorotusasema, Energiatehokkuus

### **Muut tiedot (salassa pidettävät liitteet)**

Ei salassa pidettävää

**Nyysönen Konsta**

### **The effect of pipe insulation heating energy consumption**

Jyväskylä: JAMK University of Applied Sciences, May 2024, 49 pages

Degree Programme in Energy and Environmental Technology. Bachelor's thesis.

Permission for open access publication: Yes

Language of publication: Finnish

### **Abstract**

The thesis was done for Alva-yhtiöt Oy and its goal was to find out the effect of pipe insulation on heating energy consumption at the pressure boosting station. The second goal was to find out whether the insulation could also bring other benefits to the pressure boosting station.

The implementation was based on theory and using calculation formulas. The pipeline at the pressure boosting station is cool, and it was suspected that this might have a lowering effect on indoor air temperature. It was also suspected that the cool pipeline could affect heating energy consumption. The effect of cool pipeline on energy consumption was examined through heat losses.

The results showed that the effects of insulation were positive, as the calculations showed that even with a small thickness of insulation achieved a significant improvement in reducing heat loss. Adding the insulation would also help with condensation issues, as warm indoor air and cool pipes cause water vapor to condense on the pipe surface. Pipe insulation would also help with occupational safety, as slippery floor surfaces cause a significant risk of slipping, and pipe insulation would eliminate the slippery season.

In terms of cost analysis and payback period, the thesis showed that the payback period for pipe insulation was relatively long.

### **Keywords/tags (subjects)**

Pipe Insulation, Water Supply, Heat Loss, Pressure Boosting Station, Energy Efficiency

### **Miscellaneous (Confidential information)**

nothing to keep secret

## Sisältö

<b>1</b>	<b>Johdanto</b> .....	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>Opinnäytetyön tavoitteet ja tutkimusasetelma</b> .....	<b>4</b>
2.1	Tavoitteet .....	4
2.2	Tutkimuskysymykset .....	4
<b>3</b>	<b>Menetelmät</b> .....	<b>5</b>
3.1	Aiherajaus.....	5
3.2	Toteutus .....	5
3.3	Tietoperusta .....	6
3.4	Eettisyys.....	6
<b>4</b>	<b>Alva-yhtiöt Oy</b> .....	<b>7</b>
<b>5</b>	<b>Vesihuolto</b> .....	<b>8</b>
5.1	Vesihuoltoon liittyvät lait .....	9
5.2	Veden siirto ja jakelu .....	10
5.3	Paineenkorotusasema .....	10
5.4	Talousveden laatu Suomessa .....	11
5.5	Talousveden ominaisuuksia Jyväskylässä .....	12
<b>6</b>	<b>Putkien eristäminen</b> .....	<b>13</b>
6.1	Putkieristyksen hyödyt.....	13
6.2	Putkieristyksen haitat.....	14
6.3	Eristysten käyttötarkoituksia .....	14
6.4	Eistemateriaalit.....	15
6.4.1	Mineraalivilla .....	17
6.4.2	Polyeteenieriste .....	18
6.4.3	Solukumi .....	19
6.5	Eristyksen kunnossapito.....	20
<b>7</b>	<b>Vaikutukset rakennuksen energiankulutukseen</b> .....	<b>20</b>
7.1	Energiatehokkuus.....	21
7.1.1	Alva-yhtiöt Oy:n energiatehokkuustavoitteet .....	22
7.2	Kulutus seuranta kiinteistöissä .....	23
<b>8</b>	<b>Leipomonkuja paineenkorotusasema</b> .....	<b>24</b>
8.1	Toimenpiteet.....	25
8.2	Lämpöhäviöt.....	27

<b>9 Tulokset</b> .....	<b>31</b>
9.1 Kustannustarkastelu ja takaisinmaksuaika .....	32
9.2 Lämpöhäviön tulokset.....	35
<b>10 Pohdinta</b> .....	<b>38</b>
<b>Lähteet</b> .....	<b>40</b>
<b>Liitteet</b> .....	<b>44</b>
Liite 1. Lämpökuormat .....	44
Liite 2. Lämmönsiirtokertoimet eristeen kanssa, kun vesi 4° C.....	45
Liite 3. Lämmönsiirtokertoimet eristeen kanssa, kun vesi 7° C.....	46
Liite 4. Lämmönsiirtokertoimet ilman eristettä .....	47
Liite 5. Lämpöhäviöt, kun vesi 4° C.....	48
Liite 6. Lämpöhäviöt, kun vesi 7° C.....	49

## Kuviot

Kuvio 1. Alvan historia (Yritysesittely ja yhteiskuntavastuuraportti 2022) .....	8
Kuvio 2. Kolmen eri kivivillan lämmönjohtavuus (Teollisuuden tekninen eristys & energiatehokkuus 2016, 16) .....	17
Kuvio 3. Kahden eri polyeteenieristeen lämmönjohtavuudet eri lämpötiloissa (Teollisuuden tekninen eristys & energiatehokkuus 2016, 19) .....	19
Kuvio 4. Alva-yhtiöt Oy:n hiilineutraaliustiekartta nyt ja tulevaisuudessa (Kohti hiilineutraalia tulevaisuutta 2023) .....	23
Kuvio 5. Leipomonkujan paineenkorotusasema.....	25
Kuvio 6. Putkien nimelliskokoja (Muuntotaulukko DN ja NPS mitoille, n.d) .....	27
Kuvio 7. Eristeen vaikutus prosentteina lämpöhäviön pienenemiseen .....	35
Kuvio 8. Lämpöhäviöt eri eristepaksuuksilla 7° C vedelle .....	36
Kuvio 9. Lämpöhäviöt eri eristepaksuuksilla 4° C vedelle. ....	37
Kuvio 10. Lämpöhäviöt eri eristepaksuuksilla 4-7° C vedelle.....	37

## Taulukot

Taulukko 1. Lämpöhäviöiden aiheuttamat ylimääräiset kustannukset 4° C.....	32
Taulukko 2. Lämpöhäviöiden aiheuttamat ylimääräiset kustannukset 7° C.....	33
Taulukko 3. Lämpöhäviöiden ja kustannusten keskiarvot 4° C ja 7° C vedelle putkessa .....	33
Taulukko 4. Takaisinmaksuaika eri eristepaksuuksille ja neljälle eri hintaluokalle .....	34
Taulukko 5. Takaisinmaksuaika eri eristepaksuuksille ja neljälle eri hintaluokalle .....	34

# 1 Johdanto

Putkiston eristämällä voi olla vaikutuksia paineenkorotusaseman energiankulutukseen, kosteuden hallintaan, työturvallisuuteen sekä sisäilman laatuun. Paineenkorotusasemien putkistossa virtaa viileää vettä ja kylmien putkien vaikutus sisäilmaan on näin ollen viilentävä ja putkien eristäminen vähentää oletettavasti lämmitysenergian kulutusta. Putkien eristäminen tuo muun muassa taloudellisia säästöjä ja vähentää energiankulutusta.

Opinnäytetyössä lähdettiin ratkaisemaan putkiston eristämisen vaikutusta energiankulutukseen. Syyt miksi tätä työtä lähdettiin ratkomaan, olivat selkeät: patterit joutuvat lämmittämään sisäilman lisäksi kylmää putkea, mikä vie ylimääräistä energiaa. Opinnäytetyössä eristemateriaaleja tutkittiin alhaisen lämmönjohtavuuden ja korkean diffuusiovastuskertoimen näkökulmasta. Tässä tuli huomioida se, että materiaalin täytyi olla veden kestävä ja myös samalla eristeen tuli toimia hyvin lämpöeristeenä.

Opinnäytetyö tehtiin Alva-yhtiöt Oy:lle ja kohteena oli paineenkorotuspumppaamo Seppälänkaalla. Opinnäytetyön aiheena oli putkiston eristämisen vaikutus lämmitysenergian kulutukseen. Opinnäytetyön tarkoituksena oli tutkia, että tuoko putkieristys mahdollista säästöä lämmityskustannuksissa ja mikä sen vaikutus olisi lämmitysenergian kulutukseen. Opinnäytetyössä tutkittiin myös sitä, että toiko putkien eristäminen mahdollisesti muita hyötyjä kiinteistössä. Putkien alhaisempi lämpötila sisäilmaan verrattuna aiheuttaa ainakin kondenssivettä, mikä voi aiheuttaa veden lammikoitumista lattiatasolle ja putkien eristäminen lähtökohtaisesti vähentäisi tätä. Kondenssiveden vähentäminen parantaa myös kiinteistön kuntoa sekä työturvallisuutta. Tavoiteltu lopputulos oli selvittää, kuinka suuri hyöty putkiston eristämällä saatiin paineenkorotusasemalla.

Energiatehokkuus ja hiilidioksidipäästöjen vähentäminen ovat myös Alvan tulevaisuuden tavoitteita. Alvan tavoitteena on pyrkiä energiatehokkaaseen ja kestävään energiantuotantoon. Haitallisten ympäristövaikutusten hallitsemisen ja vähentämisen eteen on tehty pitkään töitä energiantuotannon ja vesihuollon osalta. Tavoitteena on saada energiantuotanto hiilineutraaliksi vähintään 80 % vuoteen 2025 mennessä ja 100 % vuoteen 2030 mennessä. (Energiantuotanto n.d.)

Opinnäytetyön aihe oli hyvin ajankohtainen, sillä energiatehokkuus asiat ovat jatkuvasti enemmän pinnalla sekä Alva-yhtiöt Oy:llä on tavoitteena olla hiilineutraali vuoteen 2030 mennessä. Aiheen

merkitys oli positiivinen työelämän kehittämisen kannalta, sillä eristyksestä johtuvat energiansäästöt ja kondenssiveden vähentäminen toisivat suoria hyötyjä Alva-yhtiöt Oy:lle. Hyötyjen ilmetessä eristämistä voitaisiin harkita muissakin kohteissa ja se toisi enemmän hyötyjä.

## **2 Opinnäytetyön tavoitteet ja tutkimusasetelma**

### **2.1 Tavoitteet**

Opinnäytetyön päätavoitteena oli selvittää, miten putkiston eristäminen vaikuttaa lämmitysenergiankulutukseen ja toisena tavoitteena oli selvittää, olisiko eristämällä mahdollisesti muita hyötyjä paineenkorotusasemalla. Esiolettamuksena oli, että eristäminen toisi säästöjä lämmitysenergian kulutuksessa ja eristetyt putket eivät viilentäisi paineenkorotusaseman sisälämpötilaa niin paljon kuin aiemmin ilman eristystä. Esiolettamuksena oli myös, että kondenssivesi ei pääse kertymään pumppaamon lattiatasolle, kun putkieristys asennettaisiin putkiston ympärille. Kondenssiveden määrän vähentäminen vähentäisi paineenkorotusasemalla liukastumisen riskiä ja toisi huomattavia parannuksia työturvallisuuden osalta.

Opinnäytetyön tavoitteet olivat myös kytköksissä energiatehokkuustavoitteisiin. Työ- ja elinkeinoministeriön (Energiatehokkuus, n.d.b) verkkosivuilla kerrotaan, että energiatehokkuudella tavoitellaan muun muassa resurssitehokkuutta, energiamäärän vähentämistä sekä hiilidioksidipäästöjen vähentämistä. (Energiatehokkuus n.d.b). Tässä opinnäytetyössä energiatehokkuustavoitteiksi osoittautui energiamäärän vähentäminen, hiilidioksidipäästöjen vähentäminen sekä energiakustannusten alentaminen. Opinnäytetyö tuki myös Alva-yhtiöt Oy:n energiatehokkuustavoitteita, kuten hiilidioksidipäästöjen ja energiankulutuksen vähentämistä. Opinnäytetyön lopputuloksena syntyi selvitys putkiston eristämisen hyödyistä ja mahdollisista säästöistä.

### **2.2 Tutkimuskysymykset**

Opinnäytetyö oli tutkimus- ja kehittämistyötä. Tutkimus- ja kehittämistyön tärkein kysymys oli selvittää, onko eristämällä vaikutusta lämmitysenergian kulutukseen, tuoko se säästöjä, miten se vaikuttaa työturvallisuuteen ja voisiko eristämistä hyödyntää muissa kohteissa. Opinnäytetyön aihe antoi näkemyksiä putkieristyksen vaikutuksista, jotka johtivat tutkimuskysymyksiin. Tutkimuskysymykset olivat:

- Mitä asioita tulee kohteessa selvittää?
- Mitkä tekijät vaikuttavat sisäilman lämpötilaan?
- Mitä eristysmateriaalia tulisi käyttää putkiston eristämiseen?
- Millaisia menetelmiä voitaisiin käyttää eristyksen vaikutuksen selvittämiseen?
- Mitä hyötyjä putkieristys tuo kiinteistölle ja voidaanko sitä hyödyntää muissa kohteissa?
- Miten putkieristysten vaikutukset heijastuvat työturvallisuuteen?

## **3 Menetelmät**

### **3.1 Aiherajaus**

Opinnäytetyön aihe rajattiin paineenkorotuspumppaamon toimintaan, vesihuoltoalaan ja energiankulutukseen, työturvallisuuteen sekä putkiston eristämiseen liittyen. Rajaus käsitteli näitä aiheita, koska tutkimus käsitteli paineenkorotuspumppaamon toimintaa sekä energiankulutusta kohteessa. Opinnäytetyö liittyi olennaisesti vesihuoltoalaan, sillä paineenkorotusasema nostaa paineen veden jakeluverkostossa ja se kuuluu vesihuollon laitteistoon.

Energiatehokkuus ja energiankulutus oli osana aiherajausa, sillä opinnäytetyön tavoitteena oli tutkia, miten eristäminen vaikuttaisi energiankulutukseen. Putkieristys vähentäisi energiankulutusta ja kondenssiveden muodostumista, joka parantaisi kiinteistön kuntoa sekä lisäisi työturvallisuutta. Putkiston eristäminen oli myös vahvasti mukana aiherajauksessa, sillä työssä tutkittiin eristämisen vaikutusta lämmitysenergian kulutukseen.

### **3.2 Toteutus**

Tässä työssä kohteeksi valittiin Seppälänkankaalla sijaitseva Leipomonkujan paineenkorotusasema. Kohde valittiin työhön sen takia, että siinä oli tarpeeksi putkipinta-alaa sekä kohteen läpi pumpattiin keskimäärin yhtä paljon vettä joka päivä. Tavoitteena oli osoittaa putkien eristämisen vaikutus lämmitysenergian kulutukseen. Tavoitteet olivat ratkaistavissa teoreettisesti laskemalla. Opinnäytetyö oli ratkaistavissa erilaisilla tutkimustyömenetelmillä. Opinnäytetyön tutkimusta oli tarkoitus lähteä ratkomaan energiankulutuksen vertailulla, missä vertaillaan energiankulutusta ennen putkiston eristämistä ja sen jälkeen. Tämä vertailu olisi tuonut välitöntä tietoa siitä, kuinka paljon put-

kiston eristämällä olisi ollut vaikutusta energiankulutuksen vaihteluun. Haasteellisten aikaresurs-sien vuoksi työtä lähdettiin kuitenkin ratkomaan teorian pohjalta ja eristämisen vaikutus osoitet-tiin lämpöhäviöiden laskennalla. Opinnäytetyön alussa ajatuksena oli, että kohteessa tulisi ainakin huomioida ulko- ja sisälämpötilat mittausten aikana sekä pumppujen käyntiajat ja mahdollisen lu-men lämmöneristyksen vaikutus katossa.

### **3.3 Tietoperusta**

Tietoperusta rajaa tutkimus- ja kehittämistehtävää. Tietoperusta ja aiheajaus tässä työssä muo-dostui putkiston eristämisestä ja eristysmateriaaleista, työturvallisuudesta, vesihuoltoalasta, pai-neenkorotuspumppaamoiden toiminnasta ja energiankulutuksen tarkastelusta. Työssä hyödynnet-tiin aiempia tutkimuksia, kirjallisuutta sekä paineenkorotusasemalta tehtyjä mittauksia.

Tutkimustietoa käsiteltiin kriittisesti, vertaillen ja yhteenvetoja tehden.

Opinnäytetyössä käytettiin tietoperustana internet- sekä kirjallisuusaineistoa. Opinnäytetyön ta-voitteena oli luoda kokonaisuus, joka esitteli tehdyn tutkimuksen aihepiirin kirjallisuutta, saatuja tuloksia sekä päätelmiä opinnäytetyöstä. Työn tavoitteena oli myös osoittaa ammattitaitoani tuot-taa kirjallista esitystä sekä välittää tietoa kirjallisesti.

Opinnäytetyötä lähestyttiin tutkivasta näkökulmasta. Työn tarkoituksena oli tutkia putkiston eris-tämisen vaikutusta lämmitysenergiaan. Tarkoituksena oli myös käydä läpi putkiston eristämisen muita hyötyjä sekä mahdollisia haittoja. Paineenkorotuspumppaamon toimintaa sekä vesihuolto-alaa käytiin myös läpi, jotta ymmärrettiin mitä opinnäytetyössä haluttiin tutkia. Putkiston eristä-misen vaikutusta oli hyödyllistä tutkia, sillä se voi parhaimmillaan tuoda säästöjä energiankulutuksen osalta sekä parannuksia työturvallisuuden osalta. Haluttuun tulokseen päädyttiin mittausten, las-kujen, tutkimisen ja kirjallisuuden avulla. Ongelmaa tarkasteltiin hyötyjen ja haittojen kautta, ku-ten muun muassa työturvallisuuden, säästöpotentiaalin, energiankulutuksen ja pumppaamon toi-minnan kannalta.

### **3.4 Eettisyys**

Opinnäytetyössä noudatettiin hyvää tieteellistä käytäntöä. Työssä noudatettiin Jyväskylän ammat-tikorkeakoulun raportointiohjeiden ohjeistusta lähdeviitteiden merkitsemiseksi. Opinnäytetyössä

käytettiin tieteellisiä ja asianmukaisia lähteitä. Työn luotettavuus perustui mittauksien onnistumiseen sekä aineistoon, jota tässä työssä käytettiin. Opinnäytetyössä esitettiin keinoja, joiden avulla pääsin mahdollisimman luotettavaan tuloksiin.

Työssä noudatettiin eettisiä periaatteita, eettisesti kestäviä tiedonhankinta-, tutkimus- ja arviointimenetelmiä sekä salassa pidettävä aineisto merkittiin asianmukaisesti. Työssä noudatettiin tietosuojaa, huolehdittiin asianmukaisesta aineistohallinnasta ja huolehdittiin, että toimeksiantaja tiesi opinnäytetyön olevan julkinen.

Kuulan (2015, Etiikka ja tieteen arvot) mukaan: ”Eettisesti hyvä tutkimus edellyttää tieteellisiä tietoja, taitoja ja hyviä toimintatapoja niin tutkimuksen teossa kuin sosiaalisesti tiedeyhteisössä ja suhteessa ympäröivään yhteiskuntaan.”

Opinnäytetyön luotettavuuden ja uskottavuuden takaa parhaiten hyvien tieteellistentoimintatapojen noudattaminen. Hyviin tieteellisiintoimintatapoihin kuuluu muun muassa se, että tutkijat ja tieteelliset asiantuntijat noudattavat tiedeyhteisön tunnustamia toimintatapoja, kuten rehellisyyttä, huolellisuutta ja tarkkuutta tutkimustyössä, tulosten tallentamisessa ja esittämisessä. (Kuula 2015, Etiikka ja tieteen arvot.)

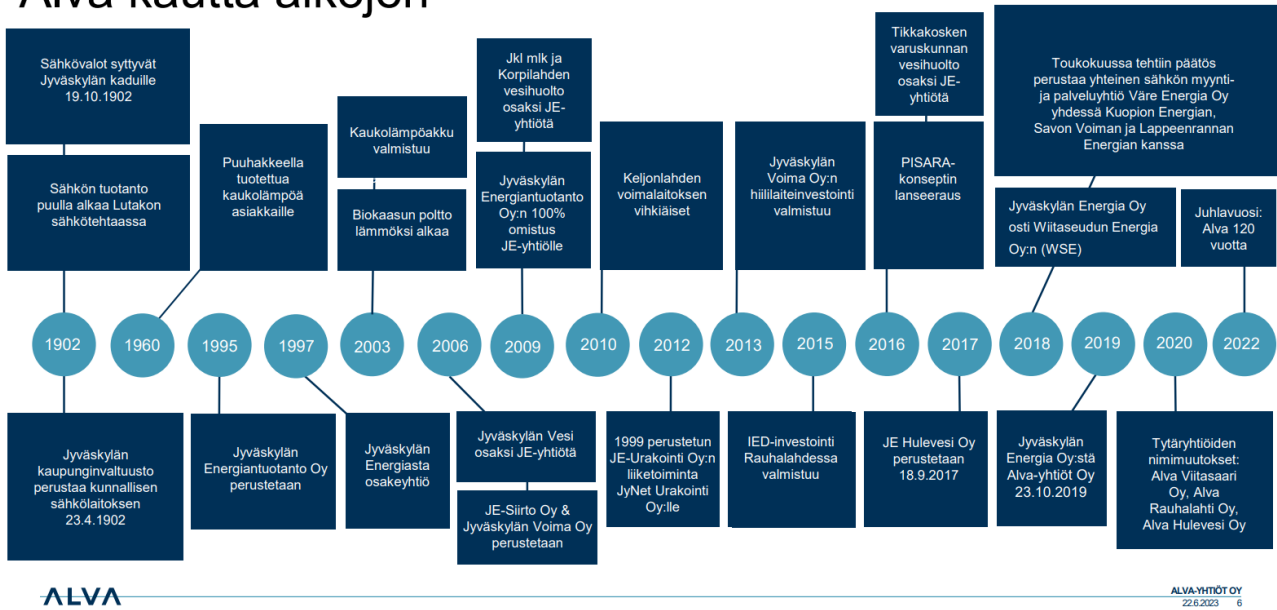
Tiedonhankinta oli työssä eettisesti kestävä ja tieteellisen tutkimuksen kriteerien mukaista. Tiedonhankinta toteutettiin tutkimusetiikkaa sekä vastuullisia periaatteita noudattaen. Tutkimus suunniteltiin, toteutettiin ja raportoitiin tieteellisen tutkimuksen edellyttävillä tavoilla.

## **4 Alva-yhtiöt Oy**

Alva-yhtiöt Oy on sataprosenttisesti Jyväskylän kaupungin omistama energiayhtiö. Alvan tytäryhtiöitä ovat: Alva sähköverkko Oy, Jyväskylän Voima Oy, Alva Hulevesi Oy sekä Alva Viitasaari Vesi Oy. Alvan liiketoimintoja ovat sähkö, lämpö ja vesi. Alva tytäryhtiöineen tuottaa ja jakaa sähköä sekä tuottaa, jakaa ja myy lämpöä ja vettä omistamissaan verkoissa. (Yritysesittely ja yhteiskuntavastuuraportti 2022.)

Jyväskylän kaupunkiin on perustettu ensimmäinen sähkölaitos vuonna 1902, joka tuotti sähköä höyryvoimalla. Kaukolämpöä alettiin tuottamaan asiakkaille puuhakkeella vuonna 1960. Vuonna 1980 toiminta muuttui, kun energialaitos muuttui liikelaitokseksi ja vuonna 1997 energialaitoksesta tehtiin osakeyhtiö Jyväskylän Energia Oy. Toiminta laajeni myös veteen, kun vesiliiketoiminta ostettiin kaupungilta vuonna 2006. Kuviossa 1 on käyty tarkemmin läpi Alvan polku vuodesta 1902 vuoteen 2022. (Yritysesittely ja yhteiskuntavastuuraportti 2022.)

## Alva kautta aikojen



Kuvio 1. Alvan historia (Yritysesittely ja yhteiskuntavastuuraportti 2022)

## 5 Vesihuolto

Vesihuollon tarkoituksena on tuottaa laadukasta hanavettä ja hoitaa jätevesien käsittely vaarantamatta ihmisten terveyttä ja ympäristöä. Vesihuolto pitää sisällään puhtaan juomaveden valmistusta, puhtaan veden johtamista kuluttajille, jäteveden johtamisen kuluttajilta jätevedenpuhdistamolle, jäteveden puhdistuksen jätevedenpuhdistamolla ja puhdistetun jäteveden johtamista takaisin ympäristöön. (Mitä vesihuolto on n.d.)

Keskeytymätön ja toimiva vesihuolto on hyvin tärkeässä roolissa elämämme sujuvuuden kannalta. Vesihuollon järjestäminen kuuluu Suomessa kunnille. Kaikilla niillä kiinteistöillä, jotka sijoittuvat

kuntien vesihuoltoverkon toiminta-alueelle, on oikeus liittyä kunnan järjestämään vesihuoltoon. Vedestä maksetaan liittymismaksun lisäksi perusmaksua sekä käyttömaksua. (Vesihuolto 2023.)

Vesi kulkee verkostoa pitkin asiakkaalle eli kotitalouksien, yritysten ja palveluiden käyttöön. Vesi menee verkostoihin vesihuoltolaitoksen toimesta. Suomen kotitalouksissa käytetään vettä päivässä n. 130 litraa per asukas. (Mitä vesihuolto on n.d.)

## 5.1 Vesihuoltoon liittyvät lait

Keskeisimpiä lakeja vesihuollon kannalta ovat vesilaki 587/2011 sekä vesihuoltolaki 119/2001. (Karttunen & Tuhkanen 2003, 53; Vesihuollon lainsäädäntö n.d). Karttunen ja Tuhkanen (2003) näkevät myös muita tärkeitä lakeja vesihuollon kannalta, kuten ympäristönsuojelulaki 527/2014 sekä maankäyttö- ja rakennuslaki 132/1999. (Karttunen & Tuhkanen 2003, 53). Muita vesihuoltoon liittyviä lakeja ja säädöksiä ovat muun muassa valtioneuvoston asetus vesitalousasioista (1560/2011), laki vesihuollon tukemisesta (686/2004) sekä valmiuslaki (1552/2011). (Vesihuollon lainsäädäntö n.d).

Vesilain tavoitteena on sovittaa yhteen vesivarojen ja vesiympäristön käyttö niin, että se on järkevää yhteiskunnallisesti, taloudellisesti sekä ekologisesti. (Vesilaki 587/2011, 1§). Tarkemmat tavoitteet on kerrottu vesilaissa seuraavasti:

*Tämän lain tavoitteena on:*

*1) edistää, järjestää ja sovittaa yhteen vesivarojen ja vesiympäristön käyttöä niin, että se on yhteiskunnallisesti, taloudellisesti ja ekologisesti kestävä;*

*2) ehkäistä ja vähentää vedestä ja vesiympäristön käytöstä aiheutuvia haittoja; ja*

*3) parantaa vesivarojen ja vesiympäristön tilaa. (Vesilaki 587/2011, 1§)*

Vesihuoltolain tavoitteet on kerrottu vesihuoltolaissa (Vesihuoltolaki 119/2001, 1§) seuraavasti:

*Tämän lain tavoitteena on turvata sellainen vesihuolto, että kohtuullisin kustannuksin on saatavissa riittävästi terveydellisesti ja muutoinkin moitteetonta talousvettä sekä terveyden- ja ympäristönsuojelun kannalta asianmukainen viemärointi.*

Yhteenvedona voisi sanoa, että lakien tarkoituksena on turvata terveyden kannalta turvallinen vesihuolto sekä vesihuollon saatavuus kohtuullisin kustannuksin. Lait myös turvaavat vesiympäristöä, ympäristöä sekä kestävää vesihuoltoa. Toimivan vesihuollon kannalta on hyvin tärkeää, että sen toimivuuden takaamisesta on säädetty eri lakeja.

## **5.2 Veden siirto ja jakelu**

Veden siirto- ja jakelujärjestelmät on tehty materiaalista, mikä ei käyttötilanteessa huononna veden laatua. Laatuun voi kuitenkin tulla muutoksia, jotka johtuvat esimerkiksi putken seinämästä liukenevasta raudasta tai sinkistä. Putkimateriaalin liuetessa veteen, putki syöpyy. Syöpymiseen liittyvän prosessin nopeus määrittelee putken käyttöiän. Täysin korroosionkestäviä materiaaleja ei käytetä, sillä ne ovat liian kalliita. Taloudellisesti paras tulos saadaan käsittelemällä vesi mahdollisimman vähän korroosiota aiheuttavaksi sekä valitsemalla tarpeeksi kestävä putkimateriaali. (Karttunen & Tuhkanen 2003, 44.)

Veden siirrossa ja jakelussa sen järjestelmän toimintaperiaatteena on, että veden paine on riittävän suuri verkoston kaikissa osissa nostamaan vesi jokaiselle käyttöpaikalle. Tämä tarkoittaa sitä, että painetaso pidetään jatkuvasti käyttöpaikkojen yläpuolella. Veden käytön ollessa hyvin pientä yläsäiliöllä varustetun jakelujärjestelmän painetaso on koko jakelualueella yläsäiliön pinnan korkeudella, kun taas veden käytön ollessa suurta, veden painetaso alenee virtausvastuksista aiheutuvien painehäviöiden takia, mitä enemmän vettä käytetään. (Karttunen & Tuhkanen 2003, 45.)

## **5.3 Paineenkorotusasema**

Vedenjakelujärjestelmän suunnittelussa täytyy määritellä verkoston painetasot, rakenteet ja laitteet sen ylläpitämiseksi (Karttunen ja Tuhkanen, 2004, 331). Vedenjakelujärjestelmä muodostuu päävesijohdoista, tonttijohdoista, jakelujohdoista, vesisäiliöistä ja paineenkorotusasemista. Vedenjakelujärjestelmään kuuluu myös jakelujohtoihin kuuluvia osia, kuten venttiilit, palovesiasemat ja palopostit. (Isomäki ym, 2006, 47.)

Vedenjakelujärjestelmä pitää sisällään painepiirejä, jotka määrittävät verkoston painetason. Jakelualueen pito yhtenä painepiirinä olisi yksinkertaisinta, mutta tämä ei ole kuitenkaan kaikkialla mahdollista, sillä jakelualueet ovat laajoja ja korkeuserot vaihtelevat verkoston alueella. Korkeuserojen ja jakelualueen laajuuden takia painevaatimukset eroavat toisistaan niin paljon, että on taloudellisempaa järjestää paineenkorotuksia alueilla, missä niitä vaaditaan ja jättää alueet alemman painetasoon, missä paineenkorotusta ei vaadita. (Karttunen & Tuhkanen, 2004, 331.)

## 5.4 Talousveden laatu Suomessa

Talousvesi on Suomessa pääsääntöisesti hyvin laadukasta ja sen laatua valvotaan jatkuvasti (Talousveden laatu, 2021). Talousveden tulisi olla kaikissa käyttötilanteissa terveydelle vaaratonta ja miellyttävää käyttää. Vedelle on olemassa myös teknisiä vaatimuksia, mitkä tulee olla kunnossa. Talousveden yleiset laatuvaatimukset voidaan jakaa seuraavanlaisesti: hygieeniset laatuvaatimukset, esteettiset laatuvaatimukset sekä tekniset laatuvaatimukset. (Karttunen & Tuhkanen 2003, 41–42.)

Talousveden laadusta on säädetty kahdessa eri sosiaali- ja terveysministeriön asetuksessa sekä Euroopan unionin juomavesidirektiivissä. Sosiaali- ja terveysministeriön asetus (1352/2015) koskee suuria vesilaitoksia ja asetus (401/2001) pieniä yksiköitä. Näissä asetuksissa säädetään talousvedeen liittyvästä veden laadun valvonnasta ja miten toimitaan, jos vedessä esiintyy poikkeavuuksia laadun suhteen. Euroopan unionin juomavesidirektiivi on tuonut lisää valvottavia asioita tammi-kuussa 2021. Valvottavat asiat koskevat hormonitoimintaa häiritseviä yhdisteitä sekä legionella-bakteeria, mitä vedessä voi esiintyä. (Talousveden laatu 2021.)

Asetuksissa on liitteenä mikrobiologiset ja kemialliset laatuvaatimukset sekä asetetut tavoitteet. Mikrobiologiset laatuvaatimukset liittyvät suolistoperäisten bakteerien esiintymiseen vedessä. Kemialliset laatuvaatimukset liittyvät terveydelle haitallisiin aineisiin sekä muun muassa radioaktiivisiin aineisiin ja niiden pitoisuuksiin vedessä. (Talousveden laatu 2021.)

Verkoston vedessä voi tapahtua ajoittain muutoksia ja nämä ratkaistaan pikimmiten. Yleisimpiä veden muutoksia voi olla sameus tai väri muutokset. Veden laadun yleisindikaattoreita ovatkin veden lämpötila, haju, maku, väri ja sameus. Näiden tulee olla kunnossa ja käyttäjien hyväksymiä, eikä niissä tule olla epänormaaleja muutoksia. (Talousveden laatu 2021.)

## 5.5 Talousveden ominaisuuksia Jyväskylässä

Vedellä on tiettyjä ominaisuuksia, kuten kovuus ja pH, mihin vesilaitoksilla vaikutetaan ennen veden johtamista vesijohtoverkoston. Jyväskylässä talousvesi luokitellaan pehmeäksi, sillä veden kovuus on 0,2–0,5 mmol/l. Tämä tarkoittaa sitä, että veden pehmennykseen ei tarvita mitään ylimääräisiä aineita. Vaajakosken alueella Janakka-Kaivovesi-vesilaitoksen veden kovuus on noin 0,6–0,7 mmol/l. Vaikka tämä arvo on hiukan suurempi, mitä muilla alueilla on, niin tämä luokitellaan myös pehmeäksi. (Talousveden ominaisuuksia n.d.)

Veden kovuus kertoo, kuinka paljon vedessä on tiettyjä kivennäisaineita, kuten kalsiumia ja magnesiumia. Veden kovuus määritellään siis kivennäisaineiden määrästä ja kovan veden ominaispiirteitä on muun muassa se, että kattiloiden pohjille jää kovaa kalkkisaostumaa. (Kovaa vai pehmeää vettä 2021.)

Jyväskylässä talousveden pH nostetaan 8,0–8,5:een. Tämä pH:n nostaminen tapahtuu kalkilla, kalkkikivellä tai lipeällä. Luonnon vesien pH on tavallisesti noin 6,5 ja pH:n korotus tehdään sen takia, koska sillä ehkäistään putkien korroosiota ja pidennetään vesijohtoverkoston käyttöikä. (Talousveden ominaisuuksia n.d.)

Veden pH kertoo veden happamuudesta sekä emäksisyydestä. Happamuus kuuluu veden laatutekijöihin, kun veden laatua arvioidaan. Suomen pinta- ja pohjavedet ovat luonnostaan hiukan happamia. Niiden pH arvo on noin 6,5. Arvoasteikko pH:n osalta on 0–14, missä 7 on neutraali, alle 7 ovat happamia ja yli 7 ovat emäksisiä. (pH-arvo n.d.)

Talousvesi desinfioidaan kaikilla tuotantolaitoksilla UV-desinfioinnin avulla. Tämän lisäksi veteen käytetään klooriamiinia, mikä ehkäisee mikrobikasvustojen syntymisen verkostoon. Jyväskylässä klooripitoisuudet vaihtelevat hiukan alueen mukaan. (Talousveden ominaisuuksia n.d.)

Talousveden mikrobiologiset ja kemialliset laatuvaatimukset on kerrottu Sosiaali- ja terveysministeriön asetuksissa. Asetusten tarkoituksena on taata terveellinen sekä turvallinen vesi yhteiskunnalle. (Talousveden ominaisuuksia n.d.)

Alva yhtiöt Oy:llä tehdään jatkuvasti laadunvalvontaa veden osalta. Jyväskylässä Alvan oma laboratorio suorittaa jatkuvasti laadunvalvontaa ja sen lisäksi kunnan terveydensuojeluviranomainen valvoo veden laatua säännöllisesti. Veden laatua tutkitaan vesinäytteiden avulla. (Laadun varmistaminen n.d.)

## 6 Putkien eristäminen

Putkieristys vaikuttaa lämpöhäviön pienentämiseen, sillä se vähentää eristettävän kohteen lämpöhäviötä. Putkieristyksen ansiosta kohteen lämpötilan ylläpitämiseen kuluu vähemmän energiaa. Kylmien kohteiden eristämisessä vaikutus on päinvastainen eli eristyksellä pyritään estämään lämmön siirtymistä ympäristöstä eristettävään kohteeseen. (Teollisuuden tekninen eristys & energiatehokkuus 2016, 3.)

Putkien eristäminen tehdään usein lämmöneristämiseen liittyen. Suurimmat hyödyt eristämisestä tulevat siitä, että eristäminen säästää energiaa ja tätä myöten myös kustannuksia. Energiaan menevä kulu on usein melko suuri rakennuksien, tuotantolaitoksien tai prosessien hallinnassa. Energiankulutuksen vähentäminen tarkoittaa myös hiilidioksidipäästöjen vähentämistä, joka on hyväksi ympäristölle ja ehkäisee ilmaston lämpenemistä. (The Power of Insulation 2017.)

Putkieristyksellä voidaan saada kuitenkin muitakin hyötyjä lämmöneristämisen lisäksi, kuten kondenssieristys. Kondenssieristys eli hikoilueristys estää ympäröivän ilman vesihöyryn kondensoitumista putkien pinnalle. (Teollisuuden tekninen eristys & energiatehokkuus 2016, 13).

Kondensoitunutta vettä voi kertyä paljon ja tämä usein johtaa kondenssiveden valumiseen putkien pinnalta lattiatasolle, mikä aiheuttaa veden lammikoitumista. Nämä lammikot voivat aiheuttaa riskin työturvallisuudelle, koska ne lisäävät liukastumisen riskiä verrattuna kuivaan lattiapintaan.

### 6.1 Putkieristyksen hyödyt

Eristeen hyödyt riippuvat useasta tekijästä, kuten eristeen asennuksesta, paksuudesta, materiaalista ja sen ominaisuuksista ja lämpötiloista. Mitä paremmat ominaisuudet materiaalilla on, sitä vähemmän tapahtuu lämpöhäviötä. Eristeen laatu ja asennus ovat siis suuressa roolissa lopputuloksen kannalta.

Putkieristyksen yksi suurimmista hyödyistä on energiansäästö. Hyvin ja oikeaoppisesti eristetyt putket vähentävät ympäristöön tai putkistoon siirtyvää lämpöhäviötä ja säästävät energiaa eri prosesseissa. (Teollisuuden tekninen eristys & energiatehokkuus 2016, 3; The Power of Insulation 2017.) Oikea eristysmateriaali toimii myös kondenssiveden osalta, eli kosteuden hallinta on myös yksi putkieristyksen hyödyistä. Putkieristys parantaa myös sisäilman laatua, koska sisälämpötila pysyy tasaisempana. Putkieristyksellä on myös ympäristön kannalta positiivisia vaikutuksia, sillä energiankulutuksen vähentäminen vähentää myös hiilijalanjälkeä. Eristäminen tuo myös turvallisuutta, sillä varsinkin kuumat putket voivat aiheuttaa palovammoja sekä paloriskiä. Prosessien osalta eristys voi säilyttää lämpötilat prosessin vaatimissa rajoissa. (The Power of Insulation 2017.)

## 6.2 Putkieristyksen haitat

Eristys tulee tehdä hyvin ja oikeaoppisesti, sillä huono eristys lisää putkiston kulumista ja korroosiota. Huono eristys johtaa myös siihen, että putkiston käyttöikä pienenee ja ne joudutaan uusimaan ennakoitua nopeammin. Huono eristys ei myöskään vähennä energiakustannuksia samoissa määrin kuin hyvin tehty. (Teollisuuden tekninen eristys & energiatehokkuus 2016, 3).

Eristysten kustannukset voidaan nähdä myös haittoina. Laadukkaat materiaalit ja niiden asennus voivat tulla kalliiksi esimerkiksi suurissa projekteissa, missä eristystä tarvitaan paljon. Eristys voi käydä myös kalliiksi, jos sillä ei saavuteta haluttuja tuloksia eikä se maksa itseänsä takaisin. Putkieristyksen haittoina voidaan nähdä myös huoltojen laiminlyönti. Huolto on välttämätöntä, jotta eristys pysyy tehokkaana ja kannattavana. Huoltojen laiminlyönti johtaa muun muassa eristeen heikkenemiseen sekä lämpöhäviön kasvuun. Eristykset tulee uusida, jos ne ovat käyttöikänsä päässä. (Power of Insulation 2017.)

## 6.3 Eristysten käyttötarkoituksia

Eristyksillä on erilaisia käyttötarkoituksia. Eristemateriaali ja käyttötarkoitus valitaan aina tapauskohtaisesti riippuen siitä, mitä eristyksellä haetaan. PSK-standardin (PSK 3703) mukaan eristykset voidaan jakaa lämpöeristykseen, kylmäeristykseen, äänieristykseen sekä palosuojaeristykseen. (PSK 3703:2021, 2–3).

Lämpöeristykseen kuuluu taloudellinen lämpöeristys, suojaeristys, prosessitekkinen lämpöeristys sekä jäätymissuojaeristys. Kylmäeristykseen kuuluu hikoilu- eli kondenssieristys, taloudellinen kylmäeristys ja prosessitekkinen kylmäeristys. (PSK 3703:2021, 2–3; Teollisuuden tekninen eristys & energiatehokkuus, 12–13.)

Jäätymissuojaeristys on tarkoitettu ulkona oleville vesiputkille. Jäätymissuojaeristyksen tavoitteena on estää veden jäähtymistä ja jäätymistä, kun veden virtaus on hetkellisesti pysähtynyt. (PSK 3704:2021, 28.)

Prosessitekkinisessä lämpöeristyksessä pyritään pitämään eristettävän kohteen sisällön lämpötila prosessin sallimissa rajoissa. Prosessitekkinellä lämpöeristeellä voidaan myös määritellä tietyn lämpöhäviön salliminen tai lämpötilan minimialeneminen tietyllä matkalla. Prosessitekkinen lämpöeristyksen mitoitus lasketaan tapauskohtaisesti. Tässä otetaan huomioon eri prosessien erilaiset vaatimukset muun muassa eristeen ja materiaalin suhteen. (PSK 3704:2021, 29.)

Suojaeristyksessä otetaan työturvallisuusvaatimukset huomioon. Suojaeristys tehdään kohteissa, joissa voi olla esimerkiksi kuumia putkia, joiden kosketuksesta voi saada palovamman. Suojaeristyksessä mitoitus tapahtuu siten, että eristeen pinnalle lasketaan haluttu lämpötila. (PSK 3704:2021, 28.)

Kondenssieristys auttaa hallitsemaan veden kondensoitumista putken pinnalle. Kondenssivesi muodostuu, kun putkisto on ympäröivää ilmaa alhaisemmassa lämpötilassa ja ilmankosteus tiivistyy kylmän putken pinnalle. (Benefits of insulation, n.d.) Toimivassa kondenssieristyksessä on riittävän suuri vesihöyryn diffuusiovastuskerroin. (PSK 3704:2021, 15). Diffuusiovastuksella tarkoitetaan materiaalin kykyä vastustaa vesihöyryn kulkeutumista eli mitä suurempi diffuusiovastuskerroin on niin sitä vähemmän se päästää vesihöyryä lävitseen. (Lähdesmäki 2013, 10).

## 6.4 Eristemateriaalit

Eristemateriaalia valittaessa tulee huomioida, mikä on eristeen käyttötarkoitus ja mihin eristemateriaali soveltuu parhaiten. Esimerkiksi matalassa lämpötilassa tiheys vaikuttaa materiaalia enemmän eristeen lämmönjohtavuuteen. Muita vaikuttavia tekijöitä eristeen lämmönjohtavuuteen

ovat: kosteus, lämpötila, eristeen kunto ja ikä sekä eristemateriaali. (Teollisuuden tekninen eristys & energiatehokkuus 2016, 14.)

Motivan julkaisussa kerrotaan eristemateriaalien koostumuksesta seuraavasti:

*Eristemateriaalit ovat yleisesti hyvin huokoisia materiaaleja, jonka perustana on kiinteä matriisi sisältäen tavallisesti noin 90 % ilmaa. Lämmön siirtyminen eristeiden läpi tapahtuu pääasiassa lämmönjohtumisena ilman ja kiinteän matriisin kautta sekä lämpösäteilyn avulla. (Teollisuuden tekninen eristys & energiatehokkuus 2016, 14.)*

Eristemateriaaleista löytyy muun muassa kuitupitoisia eristemateriaaleja sekä solumaisia eristemateriaaleja. Kuitupitoisia eristemateriaaleja ovat kivivilla, mineraalivilla, lasikuitu, lasivilla, kalsium-magnesium-silikaatti sekä kalsiumsilikaatti. Solumaisiin eristemateriaaleihin kuuluu: polyuretaani- ja polyisosyanuraatti, keraaminen eriste, polystyreeni, vahtolasi, polyeteenieriste, fenolivaahtoeriste sekä melamiimivaahto (Teollisuuden tekninen eristys & energiatehokkuus 2016, 16–20.)

Kuitupitoiset eristemateriaalit koostuvat pienistä kuiduista. Kuidut voivat olla orgaanista tai epäorgaanista ainetta. Kuitupitoisissa eristeissä käytetään lähes aina sideainetta, joka usein haihtuu 250 C lämpötilassa. Korkeissa lämpötiloissa tuleekin käyttää riittävän tiheää eristettä, jotta eriste ei painu kasaan sideaineen haihtuessa. (Teollisuuden tekninen eristys & energiatehokkuus 2016, 16.)

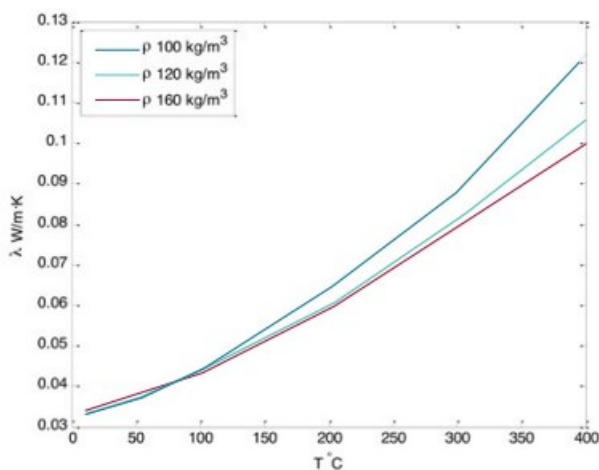
Kuitumaiset eristeet eivät ole kehittyneet mullistavasti vuosien varrella. Muutokset kuitumaisissa eristeissä ovat tapahtuneet kuitujen pituudessa, määrässä eli materiaalit ovat tiheämpiä sekä terveysvaatimuksissa. Nykyisiltä kuitumaisilta eristeiltä edellytetään biohajoavuutta, sillä se ehkäisee terveyshaittoja niiden joutuessa elimistöön. (Teollisuuden tekninen eristys & energiatehokkuus 2016, 16.)

Solumaisille eristemateriaaleille on yhteistä, että niillä on solumainen rakenne. Solut voivat olla avoimia tai sitten suljettuja. Lämmöneristeenä käytetään jäykkiä solumuoveja. Jäykistä solumuoveista tiedetään niiden avoimien ja suljettujen solujen määrän suhde. Suomessa lämmöneristeenä käytetään polystyreenistä tai -uretaanista valmistettuja eristeitä. (Lähdesmäki 2013, 20.)

### 6.4.1 Mineraalivilla

Mineraalivillat ovat suosituimpia eristeitä teollisuudessa ja rakennuksissa yleisesti, jos kyseessä on lämpö- tai äänieriste. Mineraalivillasta puhuttaessa tarkoitetaan lasi- tai kivivillaa. Mineraalivilla on koostumukseltaan kuitumaista, lahoamatonta ja epäorgaanista materiaalia. Tarpeeksi painava mineraalivilla luokitellaan Suomessa palamattomaksi rakennustarvikkeeksi vaikkakin sen sisältämä sideaine fenoliformaldehydihartsia on palavaa. Mineraalivillojen keltainen väri tulee fenoliformaldehydihartsista. (Teollisuuden tekninen eristys & energiatehokkuus 2016, 16.)

Mineraalivillasta tehdään muun muassa mineraalivillamattoja, eristelevyjä, puhalluseristettä, mineraalivillalevyjä sekä villaeristeitä. Eristeet päällystetään usein metallilevyillä tai foliolla, koska se suojaa kosteudelta ja vaurioilta. (Teollisuuden tekninen eristys & energiatehokkuus 2016, 16.)



Kuvio 2. Kolmen eri kivivillan lämmönjohtavuus (Teollisuuden tekninen eristys & energiatehokkuus 2016, 16)

Kuviossa 2 on esitetty kolmen eri kivivillan lämmönjohtavuuksia. Lämmönjohtavuudet ovat matalissa lämpötiloissa melko samalla tasolla, mutta lämpötilojen kasvaessa lämmönjohtavuus on parempi, mitä tiheämpi kivivillan materiaali on.

## 6.4.2 Polyeteenieriste

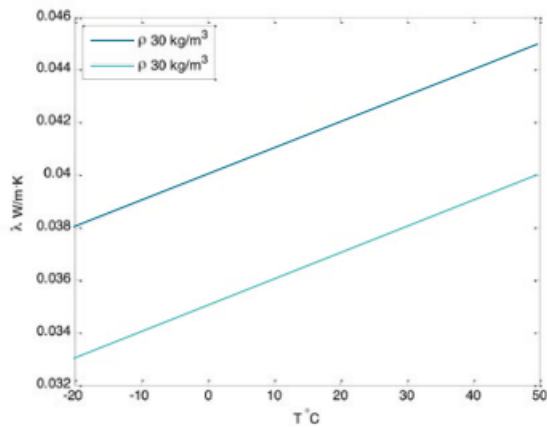
Polyeteenieriste eli PEF valmistetaan siten, että polyeteeniä paisutetaan, jonka seurauksena syntyy pehmeä umpisoluisen rakenne (PSK 3705:2021, 2). Polyeteeni sopii hyvin kondenssieristykseksi. Se sopii myös lämpöasennuksiin, sillä polyeteenieristeessä on matala lämmönjohtavuus ja se vähentää tehokkaasti energiahäviöitä. (Teollisuuden tekninen eristys & energiatehokkuus 2016, 19.)

Polyeteenieristeet ovat umpisoluisia ja puolijäykkiä vaahtoja ja ne koostuvat polyeteenipolymeereistä tai polymeeriseoksista. Nämä ainesosat koostuvat lähinnä eteenistä. Polyeteenieristeiden ominaisuudet ovat muokattavissa lisäämällä epäorgaanista tai orgaanista ainetta. (Teollisuuden tekninen eristys & energiatehokkuus 2016, 19.)

Polyeteeni vaahton tiheys on normaalisti 20 kg/m<sup>3</sup> – 40 kg/m<sup>3</sup>. Polyeteenieristeessä on matala lämmönjohtavuus ja tiheydeltään 30 kg/m<sup>3</sup> eristeen lämmönjohtavuus onkin noin 0,040 W/mK. (Teollisuuden tekninen eristys & energiatehokkuus 2016, 19.)

Motivan julkaisussa kerrotaan seuraavasti polyeteenieristeiden käyttömahdollisuuksista:

*PE vaahtoeristettä valmistetaan verkkoina, levyinä ja putkiosina. Alin suositeltava käyttölämpötila on -50 °C ja ylin noin 105 °C. PE-vaahtoeristeitä käytetään erityisesti putkieristeinä estämään putkien jäätymistä (Teollisuuden tekninen eristys & energiatehokkuus 2016, 19.)*



Kuvio 3. Kahden eri polyeteenieristeen lämmönjohtavuudet eri lämpötiloissa (Teollisuuden tekninen eristys & energiatehokkuus 2016, 19)

Kuviossa 3 on esitetty kahden eri polyeteenieristeen lämmönjohtavuudet. Eristeet on tehty kahdesta eri sekoituksesta ja molempien eristeiden tiheydet ovat samat. Polyeteenieristeen lämmönjohtavuudet ovat hyvin pieniä, joten se toimii mainiosti lämmöneristeenä.

### 6.4.3 Solukumi

Solukumieriste FEF on valmistettu aidosta tai synteettisestä kumista tai näiden sekoituksesta. Sekoituksesta saadaan eristeelle pehmeä ja umpisoluinen rakenne. (PSK 3705:2021, 2.) Solukumimateriaaleilla on eroja ja eroavaisuudet näkyvät raaka-aineissa, tiheydessä ja solurakenteessa. Solukumilla on hyvä mekaaninen kestävyys ja iskunvaimennuskyky. (Solukumi n.d.)

Solukumieriste soveltuu hyvin kylmäeristykseen sekä kondenssieristykseen. Solukumilla on hyvä lämmöneristyskyky, joten se soveltuu myös hyvin lämpöeristeeksi. Solukumi soveltuu -100–250°C:n olosuhteisiin. Solukumin materiaalina käytetään muun muassa EPDM, CR, SBR ja NBR raaka-aineita ja niiden seoksia. Kumien ominaisuuksiin kuuluu mekaaninen kestävyys, joustavuus, hyvä höyrydifuusiovastus sekä iskunvaimennuskyky. (Solukumi n.d.)

## 6.5 Eristyksen kunnossapito

Hyvin suunniteltu, asennettu ja ylläpidetty eriste takaa parhaan käyttöiän ja hyödyn. Eristeiden kunnossapitoa usein laiminlyödään, jonka seurauksena tapahtuu käyttöiän pienenemistä, energiahäviötä, homeen kasvua, lisääntyneitä kustannuksia tai jopa prosessien tuottavuuden alenemistä. (Power of insulation 2017.)

Eristeen kunnon voi arvioida usein jo silmämääräisesti. Eristeet voivat vaurioitua monin tavoin. Tyypillisiä tapoja, miten eristeet vaurioituvat ovat esimerkiksi kolhut, kastuminen, kävely eristeiden päällä tai ylimääräinen paino eristeiden päällä. Esimerkkinä villaeristeissä ylimääräinen paino painaa villaa kasaan ja tällöin villa menettää eristyskykyään. (Teollisuuden tekninen eristys & energiatehokkuus 2016, 3.)

Eristeitä saatetaan myös vahingoittaa huoltojen yhteydessä. Tyypillisiä tapauksia näissä tapauksissa on, että huollon yhteydessä on päästävä käsiksi esimerkiksi venttiileihin ja tällöin joudutaan mahdollisesti repimään eristeitä auki. Eristeen takaisinlaitto voi usein unohtua tai se ei enää onnistu. Venttiilit saatetaan jättää joskus eristämättä, jotta vuodot havaittaisiin paremmin. Tämä ei ole kuitenkaan energiatehokas ratkaisu vaan venttiilit olisi hyvä esimerkiksi koteloida. (Teollisuuden tekninen eristys & energiatehokkuus 2016, 3.)

## 7 Vaikutukset rakennuksen energiankulutukseen

Rakennuksiin tarvitaan lämmitysenergiaa lämpimän käyttöveden ja tilojen lämmittämiseen. Rakennuksiin saadaan lämmitysenergiaa lämmityksestä, sähkölaitteista, auringosta ja ihmisistä. Rakennusten lämmitystarvetta lisäävät lämpöhäviöt. Rakennuksien lämpöhäviön aiheuttajia ovat muun muassa rakennuksen ylä- ja alapohja, ilmanvaihto, ikkunat ja ovet, lämmin käyttövesi ja ulkoseinät. (Lämmitys 2023.)

Suomessa rakennusten lämmitykseen kuluu noin neljännes käytetystä energiamäärästä. Tästä määrästä eli 25 %:sta noin 66,6 % kuluu tilojen lämmitykseen. Käyttöveden lämmitykseen kuluu n. 17 % ja sähkölaitteisiin, ruoanlaittoon ja valaistukseen kuluu n. 14 %. (Rakennusten lämmitys kuluttaa runsaasti energiaa 2022.)

Tilojen lämmitykseen tarvittava energiamäärä on pienempi lämpimämmällä kelillä ja suurempi kylmemmällä kelillä. Ilmatieteenlaitos seuraa lämmitystarvetta kuukausittaisilla lämmitystarveluilla. (Rakennusten lämmitys kuluttaa runsaasti energiaa 2022.)

Rakennusten energiakorjausta voidaan tehdä usealla eri toimenpiteellä, kuten ikkunoiden ja ovien tiivistyksellä, lämmöntalteenotolla, eristämällä, lämmitys- ja ilmanvaihtojärjestelmän säädöillä, ilmalämpöpumpun avulla ja sähkölämmityksen vaihto esimerkiksi kauko- tai maalämpöön. (Rakennusten lämmitys kuluttaa runsaasti energiaa 2022.)

## 7.1 Energiatehokkuus

Energiatehokkuus on nykypäivänä noussut entistä suurempaan rooliin, sillä siitä on hyötyä ilmastolle kuin myös ihmisille. Energiatehokkuuden toimia voidaan kuvata nykypäivän trendinä, sillä maailma sähköistyy ja energiankulutus kasvaa samaa vauhtia. Samaan aikaan pyritään löytämään ratkaisuja järkevämpään energiankäyttöön ja ympäristöhaittojen hallintaan. Energiatehokkuuden toimilla voidaan vähentää muun muassa lämmityksestä aiheutuvia hiilidioksidipäästöjä ja alentaa sähkönkulutusta.

EU:n energia- ja ilmastopolitiikkaan kuuluu energiaterhokkuuden edistäminen. (Energiaterhokkuus n.d.a). Energiaterhokkuudella tarkoitetaan energiansäästöä ja sillä pyritään parantamaan energian käytön tehokkuutta. Energiaterhokkuudella pyritään myös hillitsemään ilmastonmuutosta. Kasvihuonekaasupäästöjen vähentäminen on iso osa energiaterhokkuuden tarkoitusta, mutta energiaterhokkuudella on myös muita tarkoituksia, kuten energian saatavuuden turvaaminen, tuontienenergiatarpeen vähentäminen, kustannusten alentaminen sekä resurssiterhokkuus. (Energiaterhokkuus n.d.b.)

Energiavirasto hallinnoi ja ohjaa energiaterhokkuustoimia, jotka kuuluvat työ- ja elinkeinoministeriön hallinnonalalle. Hallinnoitavista ja ohjattavista edistämistoimista keskeisimpiä ovat muun muassa energiaterhokkuussopimukset, energiakatselmukset, alueellinen energianeuvonta sekä ekologisen suunnittelun ja energiamerkintöjen tuoteryhmäkohtaisten asioiden valmistelu. (Energiaterhokkuus n.d.a.)

Energiavirasto on kertonut verkkosivuillaan seuraavasti energiaviraston valvontaroolista:

*Energiavirastolla on valvontarooli koskien suurten yritysten pakollisia energiakatselmuksia sekä energian yhteistuotantoon ja hukkalämmön hyödyntämiseen liittyviä kustannushyötyanalyyssejä. Energiavirasto vastaa lisäksi politiikkatoimien vaikutusten arvioinnista sekä Euroopan komissiolle toimitettavista raportoinneista. Merkittävän osan energiatehokkuuden edistämiseen liittyvistä toimeenpanotehtävistä Energiavirasto hankkii vuosittain Motiva Oy:ltä. (Energiatehokkuus n.d.a.)*

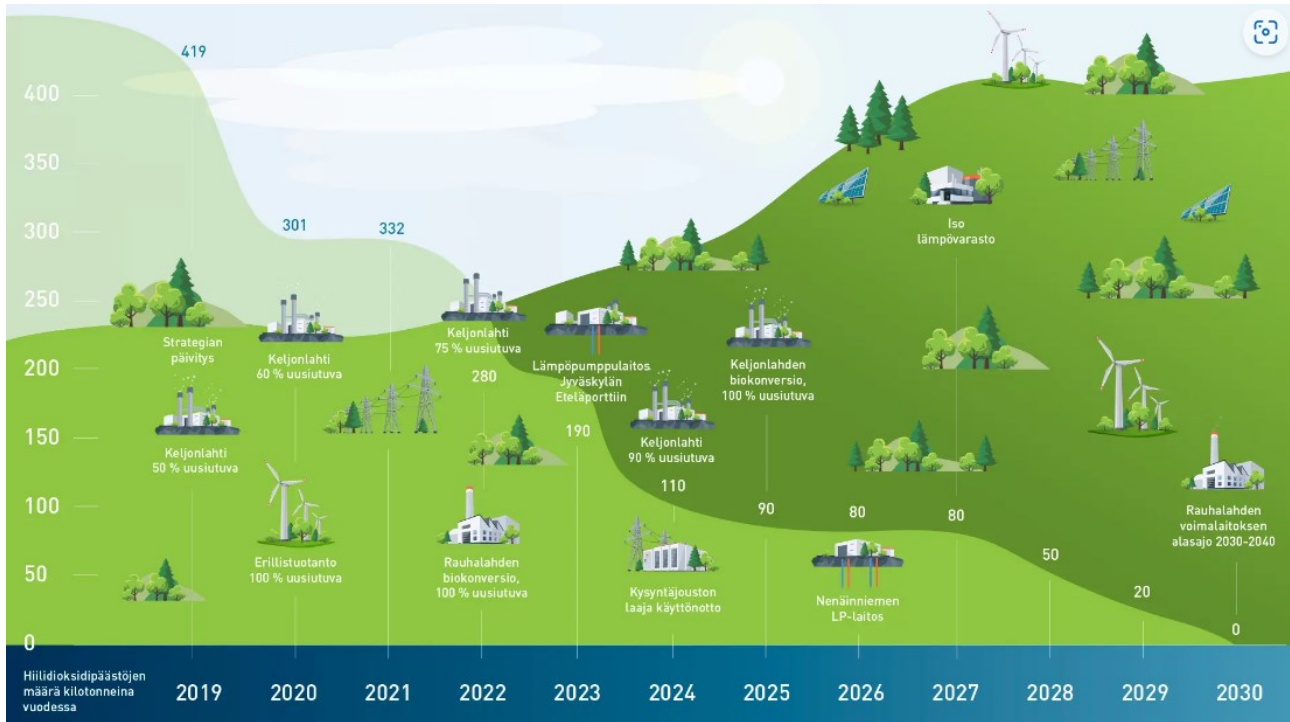
### **7.1.1 Alva-yhtiöt Oy:n energiatehokkuustavoitteet**

Energiatehokkuus on osana Alva-yhtiöt Oy:n yritys vastuuta. Alva-yhtiöt Oy:lle on myönnetty ETJ+ energiatehokkuussertifikaatti, mikä täydentää myös ympäristösertifikaattia. ETJ+ sertifiointi vaivauttaa Alva-yhtiöt Oy:n energiavirastolle tehtävästä raportoinnista ja energiatehokkuuden selvityksestä. (Energiatehokkuus osana yritys vastuuta 2023.) ETJ+ on työkalu energiatehokkuuden jatkuvaan parantamiseen ja se pitää sisällään ISO 50001 -standardin mukaiset vaatimukset energiakatselmuksista. (Energiatehokkuusjärjestelmät ETJ ja ETJ+ 2021).

Alva-yhtiöt Oy:llä on oma energiatehokkuusryhmä. Energiatehokkuusryhmä pohtii miten ja millä toimenpiteillä Alva-yhtiöt Oy kuormittaisi ympäristöä vähemmän ja millä he voisivat vähentää energiankulutusta. Pohdinta ja tarkastelu ei keskity ainoastaan suuriin tavoitteisiin energiantuotannossa sekä hiilineutraaliudessa, vaan tarkastelu kohdistuu pieniinkin kohteisiin sekä tekoihin. (Energiatehokkuus osana yritys vastuuta 2023.)

Alva-yhtiöt Oy:n energiatehokkuustavoitteiksi voi luokitella muun muassa hiilineutraalin energiantuotannon, biopolttoaineiden käytön lisäämisen sekä hukkalämmön hyödyntämisen. (Energiantuotanto n.d).

Kuviossa 4 on esitetty Alva-yhtiöt Oy:n hiilidioksidipäästöjen määrä kilotonneina vuodessa.



Kuvio 4. Alva-yhtiöt Oy:n hiilineutraaliustiekartta nyt ja tulevaisuudessa (Kohti hiilineutraalia tulevaisuutta 2023)

## 7.2 Kulutusseuranta kiinteistöissä

Energiankulutuksenseuranta auttaa hallitsemaan ja seuraamaan kiinteistön energiankäyttöä. Kulutusseuranta mahdollistaa kuluttajalle vedenkulutuksen ja energiankäytön seurannan ja se tuo hyödyllistä tietoa muun muassa energiankäytön jakautumisesta sekä vaihtelusta. Kulutusseuranta mahdollistaa myös havaitsemaan mahdollisia vuotokohtia. Kulutusseuranta ei ole ainoastaan kulu- tustietojen keruuta, vaan tuloksia tulee analysoida ja mahdolliset eroavaisuudet tulee selvittää, missä aiempien jaksojen kulutustiedot ovat apuna. (Suunnitelmallinen kiinteistönpito 2023.)

Kulutusseurannasta on kiinteistölle ja kuluttajalle enemmän hyötyä kuin haittaa. Haittapuolia ei juurikaan ole, mutta kulutustiedot voivat joskus tulla viiveellä kuluttajan tietoon. Kulutusseuranta tuo kuluttajalle paljon hyötyjä, mitkä auttavat energiatehokkuuden parantamisessa. Kulutusseuranta kertoo kiinteistön energiankäytön tasosta, mikä auttaa vertailemaan aiempia jaksoja ja esi- merkiksi sään tuomia vaihteluita energiankäytössä. Hyötyinä tulee myös energiankäytön tehosta- mistoimenpiteiden tuomat vaikutukset kulutuksessa, kuten tässä työssä seurataan eristeiden

tuomaa vaikutusta lämmitysenergian tarpeeseen. Kulutusseuranta voi myös paljastaa vikaantuneita laitteita tai vuotavia putkia, mikäli on havaittavissa epänormaalia poikkeamaa. (Suunnitelmallinen kiinteistönpito 2023.)

Kulutusseurantaa tulisi tehdä vähintään kuukausitasolla. Nykypäivänä seuranta on tehostunutta ja usein seurantaa on mahdollista tehdä tuntitasolla kulutuksien osalta. (Suunnitelmallinen kiinteistönpito 2023.)

## 8 Leipomonkuja paineenkorotusasema

Leipomokujan paineenkorotusasema sijaitsee Jyväskylässä, tarkemmin Seppälänkankaalla. Paineenkorotusasema nostaa talousveden painetta Kangasvuoren ja Rasinrinteen alueelle. Alvalla kolme tärkeintä vedentuontantolaitosta ovat Janakka, Viitaniemen pintavesilaitos sekä Vuonteen tekopohjavesilaitos. Leipomonkujan paineenkorotusasemalle vesi pumpataan Vuonteen tekopohjavesilaitokselta, jonka lämpötila pysyttelee keskimäärin 4–7°C:n tienoilla ympäri vuoden.

Paineenkorotusasema on tiilirakennus. Rakennuksen sisällä on lähinnä vesiputkia ja niihin kuuluvia osia, taajuusmuuttajia sekä pumppuja, mitä käytetään veden pumppaamiseen Kangasvuoren alueelle. Putkien koot vaihtelevat välillä DN 100-400, ja pisimmän matkan rakennuksen läpi kulkee yksi suuri DN 400 kokoinen putki, joka on materiaaliltaan ruostumatonta terästä. Putket ovat rakennuksessa eristämättömiä ja niiden läpi pumpataan lähes jatkuvasti viileää vettä. Rakennuksen sisätilat lämmitetään neljällä sähköpatterilla, jotka on asetettu 14°C:seen.

Viileän putken vaikutukset ovat oletettavasti sisäilmalle viilentäviä, joten etenkin talvella sähköpatterit pyrkivät pitämään sisäilmaa tasaisesti patteriin asetetussa lämpötilassa, joka vaatii enemmän tehoa verrattuna siihen, että viilentävän putken vaikutusta ei olisi tässä vielä lisänä. Kesäaikaan sisäilman lämmitessä viileällä putkella on myös vaikutus veden kondensoitumiseen putkien pinnoille. Tämä aiheuttaa veden kertymistä paineenkorotusaseman lattiatasolle.



Kuvio 5. Leipomonkujan paineenkorotusasema

## 8.1 Toimenpiteet

Kohteen tarkastelu alkoi piirustusten läpikäynnillä ja paikan päällä tapahtuneella havainnoinnilla. Opinnäytetyössä päätettiin tarkastella putkiston aiheuttamaa ylimääräistä lämmitysenergian kulu- tusta lämpöhäviöiden kautta. Työn ensiolettamuksena oli, että viileä putkisto vaikuttaa lämmitys- energian kulutukseen ja eristäminen vähentäisi kulutusta. Lisäksi oletettiin, että putkieristys estäisi kondenssiveden muodostumista putkien pinnalle ja sitä kautta lattiatasolle.

Työn kannalta oli olennaista miettiä, mitä kaikkea tulisi selvittää, jotta voitaisiin tarkastella putkis- ton mahdollisia vaikutuksia kiinteistön lämmitysenergian kulutukseen. Kohteen tarkastelussa selvi- tettiin lämpökuormat, eli mitkä asiat tuottavat lämpöä paineenkorotusasemalle. Lämpökuormiksi

osoittautuivat aurinko, pumput sekä kiinteistön lämmityspatterit. Lämpökuormat löytyvät liitteestä 1. Auringon vaikutus arvioitiin talvisin pieneksi, mutta varsinkin keväisin ja kesäisin vaikutus arvioitiin suureksi, jolloin lämmityspattereiden ei tarvitse olla päällä.

Putkieristyksen kannalta oli tärkeää selvittää, millaisia käyttötarkoitusta eristykselle haettiin. Eristyksen täytyi omata hyvä lämmöneristyskyky sekä sen täytyi myös estää kondenssiveden muodostuminen. Tähän tarkoitukseen kävi muun muassa solukumieriste sekä polyeteenieriste.

Putkieristyksen osalta minimipaksuudeksi arvioitiin 9 mm, mikä oli myös mitoitusesimerkkinä solukumieristeelle PSK-standardissa (3704:2021, 16).

Leipomonkujan paineenkorotusasemalla putkien pituudet sekä pinta-ala tuli mitata. Paineenkorotusasemalla mitattiin myös putkien pintalämpötiloja infrapunalämpömittarilla sekä patterit säädettiin 14°C:seen, jotta lämmöntuotto saataisiin tasaiseksi. Paineenkorotusasemalta mitattiin sisälämpötila, sekä suhteellinen kosteus, mitkä olivat 14°C:ta ja 61 %.

Putkien kokoluokat ilmoitetaan usein nimellisuuruuden DN mukaan. (Muuntotaulukko DN ja NPS mitoille, n.d). Kohteessa selvitettiin putkien koot piirustuksista sekä mittaamalla. Putkien ulkohalkaisijat selvitettiin kuvion 6 avulla.

DN (mm) = Diameter Nominal = nimellinen halkaisija milleissä	NPS = Nominal Pipe Size = nimellinen koko tuumissa	Ulkohalkaisija (mm) noin
6	1/8	10,3
8	1/4	13,5-13,7
10	3/8	17,2
15	1/2	21,3
20	3/4	26,7-26,9
25	1	33,4-33,7
32	1 1/4	42,2-42,4
40	1 1/2	48,3
50	2	60,3
65	2 1/2	73,0-76,1
80	3	88,9
90	3 1/2	101,6
100	4	114,3
125	5	139,7-141,3
150	6	168,3
200	8	219,1
250	10	273,0
300	12	323,9
350	14	355,6
400	16	406,4
450	18	457,0
500	20	508,0

Kuvio 6. Putkien nimelliskokoja (Muuntotaulukko DN ja NPS mitoille, n.d)

Putken sisä- ja ulkohalkaisijoihin käytettiin kuviossa 6 esitetyn muuntotaulukon arvoja. Muuntotaulukko on tarkoitettu DN ja NPS mitoille. Kuviossa 6 on esitetty DN 9 - 500 kokoisten putkien ulkohalkaisijat.

## 8.2 Lämpöhäviöt

Lämpöhäviöitä lähdettiin laskemaan kaavojen avulla. Työssä selvitettiin eristämisen vaikutukset lämmitysenergian kulutukseen. Leipomonkujan paineenkorotusasemaa lämmitetään sähköpattereilla ja varsinkin kylmillä keleillä patterit käyvät täydellä teholla ylläpitääkseen haluttua lämpötilaa. Putkieristyksen vaikutukset laskettiin lämpöhäviöiden kautta. Lämpöhäviöiden kaavat ja laskelmat osoittivat, kuinka paljon putkieristys vähensi putkiin kohdistuvaa lämpöhäviötä. Putkieristyksen vaikutusta lämpöhäviöihin laskettiin kuudella eri eristepaksuudella. Eristepaksuudet olivat 9 mm, 20 mm, 30 mm, 40 mm, 50 mm ja 100 mm.

Lämpöhäviöiden laskemiseksi kaavoihin tuli laskea lämpövastukset. Putken tapauksessa tuli selvittää putken eli ”sylinterikappaleen” lämpövastus, mihin tarvittiin lähtötiedoiksi ruostumattoman

teräksen lämmönjohtavuus, putken pituus sekä putken sisä- ja ulkosäde. Sylinterin lämpövastuksen lisäksi selvitettiin konvektion lämpövastus putken ulkopinnalta. Tähän tarvittiin säteilyn ja konvektion yhteenlaskettua lämmönsiirtokerrointa, sekä putken ulkosädettä.

Lämpövastukset laskettiin kaavoilla 1, 2, 3 ja 4:

Konvektion lämpövastus:

$$R_{konvektio} = \frac{1}{h_{tot} * 2 * \pi * r_1 * L} \quad (1)$$

missä  $R_{konvektio}$  = konvektion lämpövastus

$h_{tot}$  = lämmönsiirtokerroin

$\pi$  = pii

$L$  = putken pituus

$r_1$  = putken ulkosäde

Putken lämpövastus:

$$R_{teräs} = \frac{\ln\left(\frac{r_2}{r_1}\right)}{2 * \pi * L * k_{teräs}} \quad (2)$$

missä  $R_{teräs}$  = putken lämpövastus W/mK<sup>2</sup>

$k_{teräs}$  = lämmönjohtavuus teräkselle W/Km

$\pi$  = pii

$L$  = putken pituus m

$r_1$  = putken säde sisäreunaan m

$r_2$  = putken säde ulkoreunaan m

Solukumin lämpövastus:

$$R_{\text{solukumi}} = \frac{\ln\left(\frac{r_3}{r_2}\right)}{2 \cdot \pi \cdot L \cdot k_{\text{solukumi}}} \quad (3)$$

missä  $R_{\text{solukumi}}$  = solukumin lämpövastus W/Km<sup>2</sup>

$k_{\text{solukumi}}$  = solukumin lämmönjohtavuus W/Km

$\pi$  = pii 3,14

$L$  = putken pituus m

$r_3$  = säde eristeen ulkoreunaan m

Kerrosmaisen sylinterin kokonaislämpövastus saatiin laskemalla kaikki lämpövastukset yhteen:

$$R_{\text{total}} = R_{\text{teräs}} + R_{\text{solukumi}} + R_{\text{konvektio}} \quad (4)$$

Putkiin kohdistuvat lämpöhäviöt ilman eristystä laskettiin kaavalla 5 ja eristyksen kanssa laskettiin kaavalla 6:

$$\Phi = \frac{T_{\text{ympäristö}} - T_{\text{putki}}}{R_{\text{teräs}} + R_{\text{konvektio}}} \quad (5)$$

$$\Phi = \frac{T_{\text{ympäristö}} - T_{\text{putki}}}{R_{\text{total}}} \quad (6)$$

missä	$\Phi =$ lämpöhäviö	W
	$T_{\text{ympäristö}} =$ sisäilman lämpötila	K
	$T_{\text{putki}} =$ putkessa virtaava vesi	K
	$R_{\text{total}} =$ lämmönvastukset	K

Konvektion ja säteilyn lämmönsiirtokertoimet laskettiin PSK-Standardissa (3704, 2021) esiintyvillä kaavoilla. Tässä eristyksen pintalämpötilaa ei tiedetä alkuvaiheessa. Pintalämpötilat muokattiin vastaamaan putkessa virtaavan veden lämpötilaa. Kaavoja tarkasteltiin useiden pintalämpötilojen kanssa ja kertoimet poikkesivat hieman toisistaan, mutta eivät merkittävästi tulosten kannalta.

Konvektion lämmönsiirtokerroin laskettiin kaavalla 7 (PSK 3704:2021, 23, muokattu):

$$h_{conv} = 1,32 * \left( \frac{T_o - T_e}{d} \right)^{0,25} \quad (7)$$

missä	$T_e =$ Veden lämpötila	K
	$T_o =$ Ympäristön lämpötila	K
	$d =$ Putken ulkohalkaisija	m

Säteilyn lämmönsiirtokerroimen laskennassa emissiivisyysarvona on käytetty arvoa 0,8 (PSK 3704:2021, 3). Säteilyn lämmönsiirtokerroin laskettiin kaavalla 8 (PSK 3704:2021, 23, muokattu):

$$h_{rad} = \varepsilon * \sigma * \frac{T_e^4 - T_o^4}{T_e - T_o} \quad (8)$$

missä	$\sigma =$ Stefan Boltzmannin vakio	$5.67 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2 \text{ K}^4$
-------	-------------------------------------	---

$\epsilon$  = emissiivisyys 0,8

$T_e$  = Veden lämpötila K

$T_o$  = Ympäristön lämpötila K

Säteilyn ja konvektion yhteenlaskettu lämmönsiirtokerroin laskettiin kaavalla 9:

$$h_{tot} = h_{rad} + h_{conv} \quad (9)$$

Säteilyn ja konvektion lämmönsiirtokertoimien tulokset löytyvät liitteistä 2, 3 ja 4.

## 9 Tulokset

Tulosten saamiseksi tuli selvittää sisäilman lämpötila, putkissa virtaavan veden lämpötila, putkien pituudet, halkaisijat sekä putkien pinta-alat. Sisäilman lämpötilaan vaikutti paineenkorotusaseman lämpökuormat, mitkä olivat paineenkorotusaseman pumput, auringon vaikutus sekä sähköpatte-rit. Näitä ei kuitenkaan otettu tulosten laskennassa huomioon.

Eristyksen vaikutusta arvioitiin laskennallisesti kustannustarkastelun, takaisinmaksuajan sekä lämpöhäviöiden kautta. Paineenkorotusasemalle tehdyt laskelmat antoivat selkeän kuvan siitä, miten eristys vaikutti putkiin kohdistuvan lämpöhäviön osalta ja sitä kautta myös energiankulutukseen. Laskelmissa tarkasteltiin tilanteita, joissa virtaavan veden lämpötila oli 4° C ja 7° C, sillä veden oli arvioitu olevan näiden arvojen välissä ympäri vuoden. Veden lämpötila myös mitattiin huhtikuussa, jolloin se oli 7° C. Putkiston kokonaispituudeksi saatiin 21 metriä, joka otettiin lämpöhäviön laskennassa huomioon. Putkien halkaisijat saatiin piirustuksista sekä ne varmistettiin mittaamalla. Putkien sisä- ja ulkohalkaisijat saatiin arvioitua kuvion 6 perusteella. Putkipinta-alaksi saatiin n. 14,3 m<sup>2</sup>.

Lämpöhäviöiden laskentaan tarvittiin lämmönsiirtokertoimet sekä lämmönvastukset. Nämä saatiin laskettua, kun solukumin sekä ruostumattoman teräksen lämmönjohtavuudet olivat selvillä.

Eristemateriaali valikoitui tarkastelemalla kohdetta ja mitä eristeellä oli tarkoitus saavuttaa. Kohteen yhtenä ongelmana nähtiin kondenssiveden muodostuminen ja sen valuminen lattiatasolle. Toisena ongelmana oli viileiden putkien vaikutus lämmitysenergian kulutukseen. Sopivimmaksi eristemateriaaliksi valikoitui solukumi, jolla oli vertailussa monenlaisia hyötyvaikutuksia, kuten suuri vesihöyryn diffuusiovastuskerroin sekä hyvä lämmöneristyskyky.

Putkieristys antaisi olennaisia parannuksia työturvallisuuden osalta. Putkieristys vaikuttaisi kondenssiveden muodostumiseen, joka ehkäisisi lattiatasolle kertyvän veden. Tämä ehkäisisi myös liukastumisen riskiä, joka olisi huomattava parannus työturvallisuuteen. Liukastuminen tämän kaltaisissa tiloissa voisi aiheuttaa vakavia seurauksia, sillä ympärillä on kovia pintoja sekä teräviä kulmia, jotka aiheuttaisivat merkittävän riskin vakaville seuraamuksille.

## 9.1 Kustannustarkastelu ja takaisinmaksuaika

Putkieristyksen kustannustarkastelussa vuotuiseksi ostosähkön hinnaksi arvioitiin 7 c/kWh. Kustannustarkastelu 7 kuukaudelle laskettiin kaavalla 10 ja 12 kuukaudelle kaavalla 11:

$$\text{Lämpöhäviö} * 24 \text{ h} * (365 \text{ vrk} - 152 \text{ vrk}) * 0,07 \text{ €/kWh} \quad (10)$$

$$\text{Lämpöhäviö} * 24 \text{ h} * 365 \text{ vrk} * 0,07 \text{ €/kWh} \quad (11)$$

Taulukko 1. Lämpöhäviöiden aiheuttamat ylimääräiset kustannukset 4° C

Eristepaksuus mm	Lämpöhäviö kW	Patterit päällä 12 kk €	Patterit päällä 7 kk €
0	1,130	692,7	404,2
9	0,588	360,8	210,5
20	0,376	230,6	134,6
30	0,286	175,4	102,4
40	0,232	142,4	83,1
50	0,197	120,6	70,4
100	0,116	71,1	41,5

Taulukossa 1 on kerrottu, kuinka paljon lämpöhäviöt aiheuttivat ylimääräisiä kustannuksia ostosähkön osalta, kun virtaavan veden lämpötila olisi 4°C:ta läpivuoden. Taulukossa 1 on myös havainnollistettu kaksi skenaariota, joissa patterit olisivat päällä 7 kuukautta sekä 12 kuukautta. Ilman eristystä ylimääräisiä kustannuksia ostosähkön osalta tuli 7 kuukauden lämmitysjaksolla 404,2 € ja 12 kuukauden lämmitysjaksolla 692,7 €.

Taulukko 2. Lämpöhäviöiden aiheuttamat ylimääräiset kustannukset 7°C

Eristepaksuus	Lämpöhäviö	Patterit päällä 12 kk	Patterit päällä 7 kk
mm	kW	€	€
0	0,769	471,7	275,3
9	0,406	248,7	145,1
20	0,261	160,1	93,4
30	0,199	122,0	71,2
40	0,162	99,2	57,9
50	0,137	84,1	49,1
100	0,081	49,7	29,0

Taulukossa 2 on kerrottu lämpöhäviöiden aiheuttamat ylimääräiset kustannukset, kun vesi on 7°C asteen lämpötilassa. Tässä on myös kaksi skenaariota, jossa patterit olisivat päällä 7 kuukautta sekä 12 kuukautta. Ilman eristettä ylimääräisiä kustannuksia ostosähkön osalta tuli 7 kuukauden lämmitysjaksolla 275,3 € ja 12 kuukauden lämmitysjaksolla 471,7 €.

Taulukko 3. Lämpöhäviöiden ja kustannusten keskiarvot 4°C ja 7°C vedelle putkessa

Eristepaksuus	Lämpöhäviö	Patterit päällä 12 kk	Patterit päällä 7 kk
mm	kW	€	€
0	0,949	582,2	339,8
9	0,497	304,7	177,8
20	0,319	195,3	114,0
30	0,243	148,7	86,8
40	0,197	120,8	70,5
50	0,167	102,3	59,7
100	0,099	60,4	35,3

Taulukossa 3 on esitetty taulukon 1 ja taulukon 2 keskiarvot. Tämä vastaa parhaiten todellisia kustannuksia, sillä veden lämpötila vaihtelee aina vuodenajan mukaan. Keskiarvollisesti ilman eristettä ylimääräisiä kustannuksia ostosähkön osalta tulisi 7 kuukauden lämmitysjaksolla 339,8 € ja 12 kuukauden lämmitysjaksolla 582,2 €. Putkieristyksen vaikutus 9 mm eristepaksuudella olisi n. 50 % luokkaa.

Putkieristeiden asentamisen arvioitu hinta voidaan laskea solukumieristeen hinnalla sekä arvioituilla työtunneilla. Solukumieristeen hintoja vertailtiin rautakauppojen verkkosivuilla ja 9 mm eristeen neliöhinta oli keskimäärin noin 40 €/m<sup>2</sup>. Putkipinta-alaa paineenkorotusasemalle laskettiin yhteensä noin 14,3 m<sup>2</sup>. Työn ja eristeen yhteishintaa arvioitiin neljällä eri hinnalla. Taulukko 4 ja 5 esittävät tuloksia, kuinka kauan eristeen takaisinmaksuun kuluisi aikaa.

Taulukko 4. Takaisinmaksuaika eri eristepaksuuksille ja neljälle eri hintaluokalle

Patterit päällä 7 kk vuodesta 4 ja 7 asteinen vesi			
Työ+eriste hinta	9 mm	20 mm	30 mm
€	a	a	a
1500	9,6	6,9	6,2
2000	12,8	9,2	8,2
2500	16,1	11,5	10,3
3000	19,3	13,8	12,3

Taulukossa 4 esitettiin neljä eri hintaluokkaa ja niille takaisinmaksuajat erikokoisilla eristepaksuuksilla. Taulukossa 4 on huomioitu kesäaika, jolloin patterit eivät olisi päällä. Tämä tarkoittaisi, että pattereilla olisi kulutusta n. 7 kuukaudelta vuodessa.

Taulukko 5. Takaisinmaksuaika eri eristepaksuuksille ja neljälle eri hintaluokalle

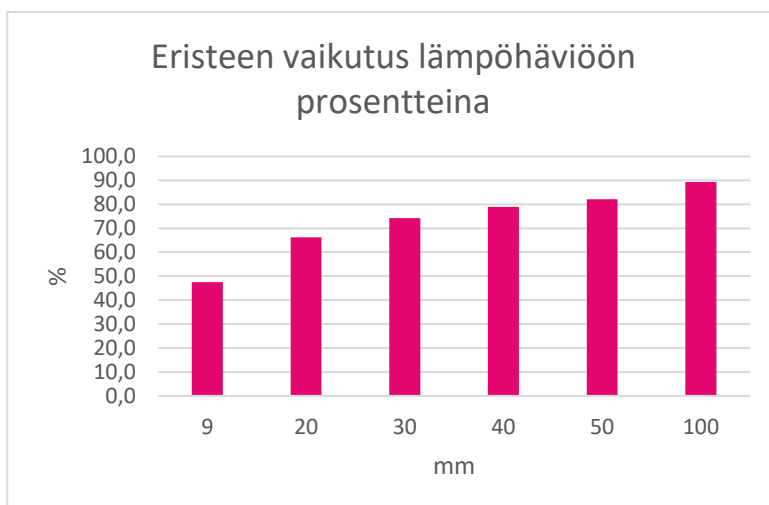
Patterit päällä 12 kk vuodesta 4 ja 7 asteinen vesi			
Työ+eriste hinta	9 mm	20 mm	30 mm
€	a	a	a
1500	5,6	4,0	3,6
2000	7,5	5,4	4,8
2500	9,4	6,7	6,0
3000	11,2	8,1	7,2

Taulukossa 5 esitettiin neljä eri hintaluokkaa ja niille takaisinmaksuajat erikokoisilla eristepaksuuksilla. Taulukossa 5 ei ole huomioitu kesäaika. Pattereilta huomioitiin kulutus koko vuodelta eli 12 kuukaudelta.

## 9.2 Lämpöhäviön tulokset

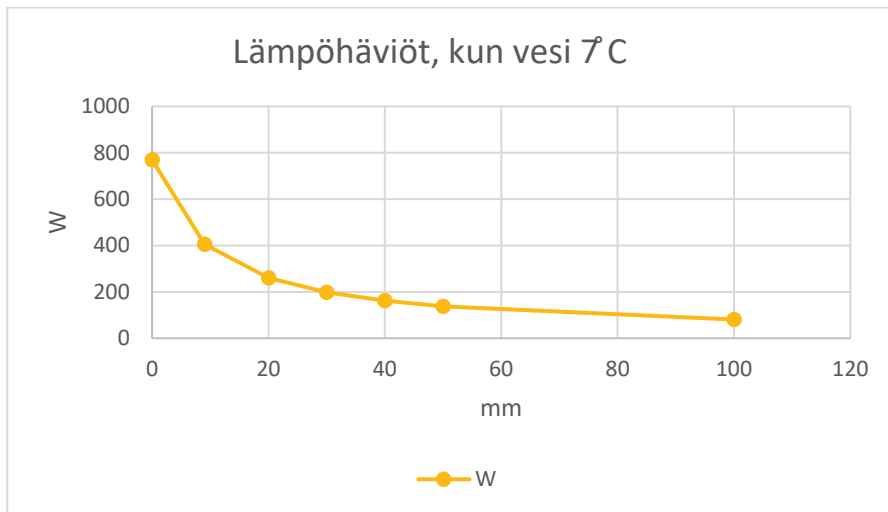
Opinnäytetyön laskelmien tulokset osoittivat, että 4 asteiselle vedelle putkistoon kohdistuva lämpöhäviö ilman eristystä oli noin 1129 W eli 1,129 kW. Tarkemmat tulokset lämpöhäviöistä, kun virtaava vesi oli 4 °C löytyvät liitteestä 5. Vastaavasti 7 °C asteiselle vedelle, putkistoon kohdistuva lämpöhäviö oli noin 769 W eli 0,769 kW. Tarkemmat tulokset lämpöhäviöistä, kun virtaava vesi oli 7 °C löytyvät liitteestä 6. Tulokset osoittivat, että mitä viileämpi putki ja sen sisältö oli, niin sitä enemmän oli myös lämpöhäviötä. Viileä putkisto aiheutti huomattavaa lämpöhäviötä kiinteistössä, mikä johti lisääntyneeseen energiankulutukseen sähköpattereiden osalta.

Putkieristys antoi myönteisiä tuloksia lämpöhäviöiden osalta. Putkieristys solukumilla antoi myös hyötyjä työturvallisuudessa, kondenssiveden hallinnassa sekä energiankulutuksessa. Putkiston eristämistä tarkasteltiin kuudella eri eristepaksuudella, jotta eristyksen vaikutuksista saatiin isompi kuva lämpöhäviöiden osalta. Laskelmissa realistisia eristepaksuuksia oli kolme ja ne olivat 9 mm, 20 mm sekä 30 mm. Kuviossa 7 laskettiin keskiarvo 4 °C ja 7 °C lämpötila vaikutuksista, 9 mm eristys antoi noin 48 % parannuksen, 20 mm eristys antoi n. 67 % parannuksen ja 30 mm antoi n. 75 % parannuksen lämpöhäviön osalta.



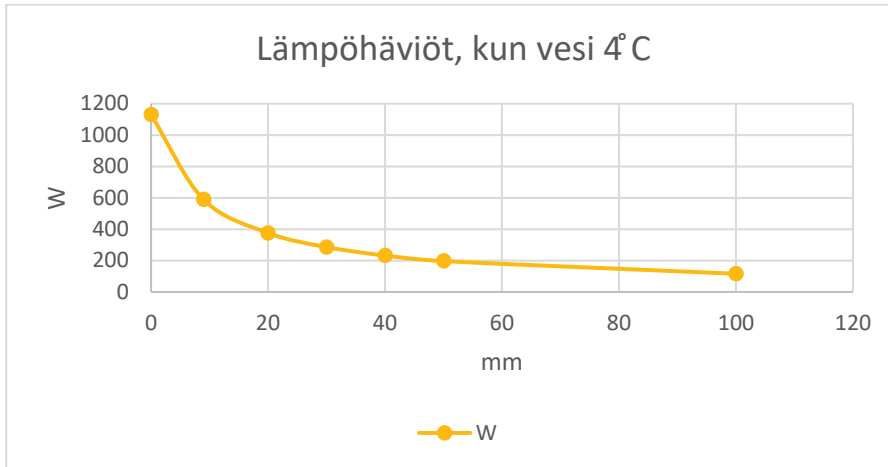
Kuvio 7. Eristeen vaikutus prosentteina lämpöhäviön pienemiseen

Kuvio 7 osoittaa, että eristyksen merkitys lämpöhäviöihin oli siis merkittävä ja pienikin eristys toisi prosentuaalisesti huomattavia parannuksia lämpöhäviöön. Eristepaksuutta ei kannata lisätä loputtomiin, kuten kuvioissa 8, 9 ja 10 se on osoitettu. Suurimmat vaikutukset lämpöhäviön pienemiseen tulivat 9 mm, 20 mm ja 30 mm eristeillä ja sen jälkeen hyöty alkoi olla pienempi sekä kustannukset kävivät suuremmiksi, mitä enemmän eristettä oli. Kuvioissa 8, 9 ja 10 on osoitettu eristeen vaikutus lämpöhäviöihin.



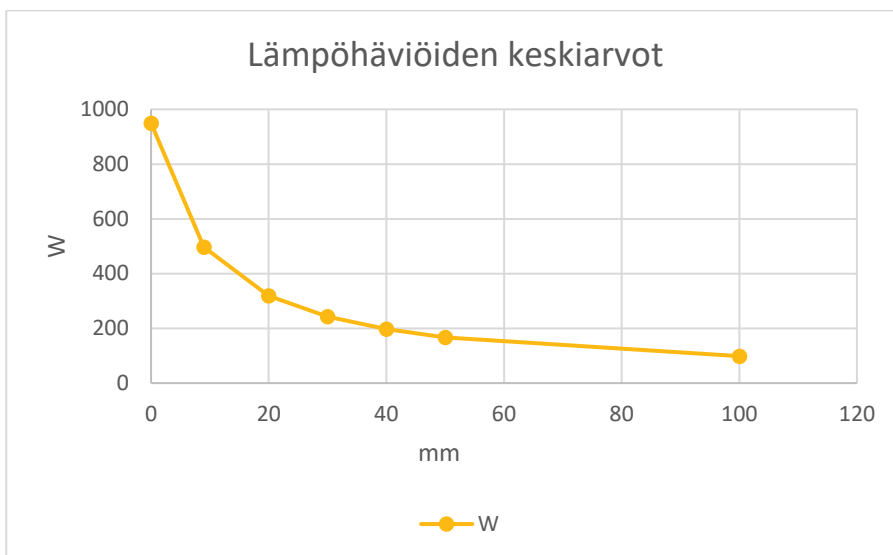
Kuvio 8. Lämpöhäviöt eri eristepaksuuksilla 7°C vedelle

Kuviossa 8 näkyy, että lämpöhäviö laskee jyrkästi 9 mm eristepaksuudella ja 20 mm eristepaksuudella loivemmin. Lämpöhäviö ilman eristettä oli 0,769 kW ja 9 mm eristepaksuudella se laski 0,405 kW.



Kuvio 9. Lämpöhäviöt eri eristepaksuuksilla 4° C vedelle.

Kuviossa 9 kuvattiin tilanne, missä 4° C vesi virtaa putkistossa. Tässä lämpöhäviö oli 1,129 kW ilman putkieristystä ja 9 mm eristepaksuuden kanssa lämpöhäviö laski lukemiin 0,588 kW.



Kuvio 10. Lämpöhäviöt eri eristepaksuuksilla 4-7° C vedelle

Kuviossa 10 laskettiin kuvion 7 ja 8 keskiarvot. Ilman putkieristystä lämpöhäviö oli 0,949 kW ja 9 mm eristepaksuuden kanssa lämpöhäviö laski lukemiin 0,496 kW.

## 10 Pohdinta

Tulokset osoittivat merkittäviä parannuksia lämpöhäviöiden osalta. Oli mielenkiintoista huomata, että eristeen lisääminen vaikutti suuresti jo pienellä eristepaksuudella. Eristepaksuuden lisääminen yllätti myös siten, että hyöty eristeenpaksuuden lisäämisestä tuli nopeasti vastaan. Suurimmat hyödyt havaittiin 9 mm ja 20 mm eristepaksuuksilla. Tämän jälkeen vaikutukset lämpöhäviöön olivat maltillisemmat ja paksumpi eriste kävisi kalliiksi.

Putkieristys tarjosi myös hyötyjä paineenkorotusasemalle, erityisesti kondenssiveden ja työturvallisuuden suhteen. Kondenssiveden valuminen lattiatasolle estyisi putkieristuksen ansiosta, mikä pitäisi lattiapinnat kuivana ja parantaisi työturvallisuutta. Tämä olisi hyödyllistä jo itsessään, sillä liukas lattia aiheuttaa merkittävän riskin työtapaturmille, kuten liukastumiselle.

Alkuperäinen suunnitelma oli, että putkieristykset olisi tehty talven aikana, jolloin olisi voitu mitata sähkönkulutusta ennen ja jälkeen putkieristysten asentamisen. Tätä kulutusta olisi vertailtu keskenään ja katsottu, miten eristys olisi käytännössä vaikuttanut. Tämä olisi tuonut tarkempaa tietoa todellisesta kulutuksesta sähköpattereiden osalta, mutta ajallisten haasteitten takia tätä vertailua ei kuitenkaan voitu toteuttaa. Vertailu olisi myös tarvinnut saman lämpöiset ja pituiset ajanjaksot, jotta tulokset olisivat olleet luotettavia ja tarkkoja. Työn edetessä päädyttiin kuitenkin siihen, että työtä ja eristuksen vaikutuksia lähdettiin ratkomaan teorian pohjalta, mikä osoitti, kannattiko putkieristys tehdä.

Kustannustarkastelu ja takaisinmaksuaikojen laskelmat osoittivat, että putkieristyksellä tulisi säästöjä muutamia sataasia vuodessa, joten suurta hyötyä yksittäisestä paineenkorotusasemasta ei saisi tältä osin. Takaisinmaksuaikojen venyminen vaikutti myös eristeen kannattavuuteen paineenkorotusasemalla. Eriste vähensi lämpöhäviötä merkittävästi, mutta takaisinmaksuaika kävi melko pitkäksi. Taloudelliset hyödyt jäävät vähäisiksi, sillä kun takaisinmaksuaika saavutettaisiin, niin eristuksen huoltotyöt alkaisivat tulla tarpeellisiksi.

Infrapunälämpömittarilla saadut epätasaiset ja vaihtelevat tulokset aiheuttivat haasteita pintalämpöjen tarkalle mittaamiselle, ja myös pintalämpötilaa eristeen kanssa ei tiedetty. Laskelmissa päätettiin siis käyttää putken sisällön lämpötilaa eli 4°C:n ja 7°C:n veden lämpötiloja ja näiden keskiarvoa. Lämpötilojen vaihtelulla ei ollut niin merkittävää vaikutusta tuloksiin.

Lämmönsiirtokertoimien laskenta aiheutti myös hieman epätarkkuutta tuloksiin. Kuitenkin kertoimet ja lopputulokset vaikuttivat realistisilta ja luvut olivat odotettavia.

Opinnäytetyö herätti kiinnostavia pohdintoja putkieristyksen vaikutuksista. Vaikka kohteessa saavutettiin hyviä tuloksia lämpöhäviöiden vähentämisessä, suuremmissa kohteissa voitaisiin saavuttaa vielä parempia tuloksia lyhyemmällä takaisinmaksuajalla. Erilaiset eristemateriaalit voisivat antaa myös parempia tuloksia, mutta tässä kohteessa oli otettava huomioon myös kondenssiveden hallinta, joten vaihtoehdot kävivät rajallisiksi.

Putkieristystä kannattaisi harkita myös muissa kohteissa, sillä putkieristys vähentäisi tehokkaasti kondenssivettä ja kohteiden työturvallisuus lisääntyisi. Lämpöhäviöt ja säästöt ovat aina kohdekohtaisia, joten muussa kohteessa säästöt ja lämpöhäviöt voisivat olla vielä suuremmat. Putkieristys parantaisi myös sisäilman laatua ja työskentelyolosuhteita niin tässä kuin muissakin kohteissa.

## Lähteet

Benefits of insulation. N.d. National Insulation Association. Viitattu 6.5.2024. <https://insulation.org/about-insulation/benefits-of-insulation>.

Energiantuotanto. N.d. Hiilineutraalius tavoitteet Alvan verkkosivuilta. Viitattu 1.4.2024. <https://www.alva.fi/alva/yhtio/energiantuotanto/>.

Energiatehokkuus. N.d.a. Energiatehokkuudesta energiaviraston verkkosivuilla. Viitattu 6.4.2024. <https://energiavirasto.fi/energiatehokkuus>.

Energiatehokkuus. N.d.b. Energiatehokkuudesta työ- ja elinkeinoministeriön verkkosivuilla. Viitattu 4.3.2024. <https://tem.fi/energiatehokkuus>.

Energiatehokkuus osana yritys vastuuta. 2023. Energiatehokkuussertifikaatista Alva-yhtiöiden verkkosivuilla. Viitattu 11.5.2024. <https://www.alva.fi/blog/2023/05/03/energiatehokkuus-osana-yritysvastuuta/>.

Energiatehokkuusjärjestelmät ETJ ja ETJ+. 2021. Energiatehokkuusjärjestelmistä Motivan verkkosivuilla. Viitattu 11.5.2024. [https://www.motiva.fi/yritykset/energiatehokkuuden\\_johtaminen/energiatehokkuusjarjestelmat\\_etj\\_ja\\_etj](https://www.motiva.fi/yritykset/energiatehokkuuden_johtaminen/energiatehokkuusjarjestelmat_etj_ja_etj).

Isomäki, E. Valve, M. Kivimäki, A-L & Lahti, K. 2006. Pienten pohjavesilaitosten ylläpito ja valvonta. Ympäristöopas. Helsinki: Suomen ympäristökeskus. Viitattu 21.4.2024. <http://hdl.handle.net/10138/38828>.

Karttunen, E. & Tuhkanen, T. 2003. Vesihuolto. I. Helsinki: Suomen rakennusinsinöörien liitto.

Karttunen, E. & Tuhkanen, T. 2004. Vesihuolto. II. Helsinki: Suomen rakennusinsinöörien liitto.

Kohti hiilineutraalia tulevaisuutta. 2023. Hiilineutraalius tavoitteet Alva-yhtiöiden verkkosivuilla. Viitattu 2.5.2024. <https://www.alva.fi/blog/2023/04/06/kohti-hiilineutraalia-tulevaisuutta/>.

Kovaa vai pehmeää vettä. 2021. Suomen ympäristökeskus. Viitattu 28.11.2023.

<https://www.vesi.fi/vesitieto/kovaa-vai-pehmeaa-vetta/>.

Kuula, A. 2015. Tutkimusetiikka. Hyvä tieteellinen käytäntö. Aineistojen hankinta, käyttö ja säilytys. Ensimmäinen painos. Kustannusosakeyhtiö Vastapaino. Viitattu 20.4.2024. <https://janet.finna.fi>, Ellibslibrary.

Laadun varmistaminen. N.d. Alva yhtiöt Oy:n verkkosivuilta. Viitattu 30.11.2023.

<https://www.alva.fi/kuluttajille/vesi/talousvesi/>.

Lähdesmäki, K. 2013. RIL 255-2013 Luku 9. Viitattu 7.5.2024. [https://www.ril.fi/media/luku-9\\_rakennusmateriaalit\\_28062013.pdf](https://www.ril.fi/media/luku-9_rakennusmateriaalit_28062013.pdf).

Lämmitys. 2023. Tilojen lämmityksestä ja lämpöhäviöistä Motivan verkkosivuilla. Viitattu 1.3.2024.

[https://www.motiva.fi/koti\\_ja\\_asuminen/energiatehokas\\_taloyhtio/lammitys](https://www.motiva.fi/koti_ja_asuminen/energiatehokas_taloyhtio/lammitys).

Mitä vesihuolto on. N.d. Selvitys vesihuollosta Vesilaitosyhdistyksen verkkosivuilla. Viitattu 30.11.2023. <https://www.vvy.fi/vesihuolto/mita-vesihuolto-on/>.

Muuntotaulukko DN ja NPS mitoille. N.d. Kuluttajille suunnattu rautakauppa verkossa. Viitattu 28.4.2024. <https://www.taloon.com/rakentajan-tietopankki/lvi-talotekniikka/muuntotaulukko-dn-ja-nps-mitoille>.

pH-arvo. N.d. Tietoa pH-arvosta vesiaiheisen tutkitun tiedon lähteestä vesi.fi verkkosivuilta. Viitattu 6.5.2024. <https://www.vesi.fi/sanasto/ph-arvo/>.

PSK 3703: 2021. Käsitteet ja määritelmät. Aihealueet: Teollisuuseristykset. Putki-, säiliö- ja laiteeristykset. Helsinki: PSK standardisointiyhdistys ry. Vahvistettu 8.2.2021. Viitattu 5.5.2024. <https://janet.finna.fi/>, PSK standardisointi.

PSK 3704: 2021. Mitoitus. Aihealueet: Putki-, säiliö- ja laiteeristykset. Helsinki: PSK standardisointiyhdistys ry. Vahvistettu 22.2.2021. Viitattu 4.3.2024. <https://janet.finna.fi/>, PSK standardisointi.

PSK 3705: 2021. Eristeet, eristys-elementit ja päällysteet. Aihealueet: Putki-, säiliö- ja laite-eristykset. Helsinki: PSK standardisointiyhdistys ry. Vahvistettu 8.2.2021. Viitattu 5.5.2024. <https://janet.finna.fi/>, PSK standardisointi.

Rakennusten lämmitys kuluttaa runsaasti energiaa. 2022. Artikkelit rakennusten lämmitysenergian kulutuksesta ilmasto-opas verkkosivuilla. Viitattu 13.3.2024. <https://www.ilmasto-opas.fi/artikkelit/rakennusten-lammitys-kuluttaa-runsaasti-energiaa>.

Solukumi. N.d. Solukumin ominaisuuksista Cellfoam verkkosivuilta. Viitattu 11.3.24. <https://www.cellfoam.fi/materiaalit/solukumi/>.

Suunnitelmallinen kiinteistönpito. 2023. Motivan verkkosivut. Viitattu 4.2.2024. [https://www.motiva.fi/koti\\_ja\\_asuminen/energiatehokas\\_taloyhtio/suunnitelmallinen\\_kiinteistonpito](https://www.motiva.fi/koti_ja_asuminen/energiatehokas_taloyhtio/suunnitelmallinen_kiinteistonpito).

Talousveden laatu, 2021. Suomen ympäristökeskuksen julkaisu talousveden laadusta. Viitattu 3.3.2024. <https://www.vesi.fi/vesitieto/talousveden-laatu/>.

Talousveden ominaisuuksia. N.d. Alva yhtiöt Oy:n verkkosivuilta. Viitattu 30.11.2023. <https://www.alva.fi/kuluttajille/vesi/talousvesi/>.

Teollisuuden tekninen eristys & energiatehokkuus. 2016. Motiva verkkosivut. Viitattu 20.01.2024. [https://www.motiva.fi/files/12253/Teollisuuden\\_tekninen\\_eristys\\_energiatehokkuus.pdf](https://www.motiva.fi/files/12253/Teollisuuden_tekninen_eristys_energiatehokkuus.pdf).

The Power of insulation. 2017. National Insulation Association. Viitattu 5.5.2024. [https://insulation.org/wp-content/uploads/2018/12/PowerofInsulation\\_2017.pdf](https://insulation.org/wp-content/uploads/2018/12/PowerofInsulation_2017.pdf).

Vesihuollon lainsäädäntö. N.d. Vesihuollon lainsäädännöstä Maa- ja metsätalousministeriön verkkosivuilla. Viitattu 20.2.2024. [https://mmm.fi/vesihuolto\\_lainsaadanto](https://mmm.fi/vesihuolto_lainsaadanto).

Vesihuolto. 2023. Digi- ja väestötietovirasto. Viitattu 30.11.2023. <https://www.suomi.fi/kansalaiselle/asuminen-ja-rakentaminen/rakentaminen-ja-kiinteistot/opas/rakentaminen-ja-jatehuolto/vesihuolto>.

Vesihuoltolaki 119/2001. 2001. Vesihuoltolaki Finlexin verkkosivuilla. Viitattu 12.3.2024.

<https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2001/20010119>.

Vesilaki 587/2011. 2011. Vesilaki Finlexin verkkosivuilla. Viitattu 11.3.2024. [https://www.fin-](https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2011/20110587)

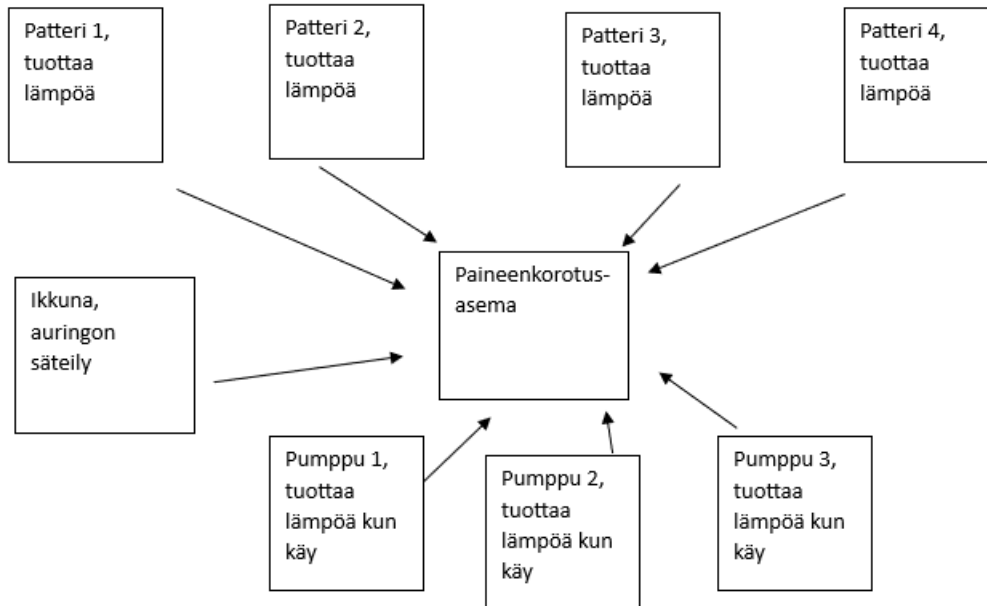
[lex.fi/fi/laki/ajantasa/2011/20110587](https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2011/20110587).

Yritysesittely ja yhteiskuntavastuuraportti. 2022. Alva-yhtiöt Oy:n yhteiskuntavastuuraportti 2022.

Viitattu 18.5.2024. [https://www.alva.fi/app/uploads/1/2023/06/Alva-yhteiskuntavastuuraportti - 2022 p.pdf](https://www.alva.fi/app/uploads/1/2023/06/Alva-yhteiskuntavastuuraportti_2022_p.pdf).

# Liitteet

## Liite 1. Lämpökuormat



## Liite 2. Lämmönsiirtokertoimet eristeen kanssa, kun vesi 4°C

Lämmönsiirtokertoimet eristeen kanssa								
(DN100, 0,1143 m + eriste)			de	de	de	de	de	de
	eristepaksuus	m	0,009	0,02	0,03	0,04	0,05	0,1
	putki+eriste ulkohalkaisija		0,1233	0,1343	0,1443	0,1543	0,1643	0,2143
		h,konvektio	3,961258	3,877528	3,80853	3,745264	3,686927	3,449994
		h,säteily	4,07021	4,07021	4,07021	4,07021	4,07021	4,07021
		<b>yht.</b>	<b>8,0</b>	<b>7,9</b>	<b>7,9</b>	<b>7,8</b>	<b>7,8</b>	<b>7,5</b>
(DN150, 0,1683 m + eriste)			de	de	de	de	de	de
	eristepaksuus	m	0,009	0,02	0,03	0,04	0,05	0,1
	putki+eriste ulkohalkaisija		0,1773	0,1883	0,1983	0,2083	0,2183	0,2683
		h,konvektio	3,617402	3,563374	3,517574	3,474574	3,434081	3,26151
		h,säteily	4,07021	4,07021	4,07021	4,07021	4,07021	4,07021
		<b>yht.</b>	<b>7,7</b>	<b>7,6</b>	<b>7,6</b>	<b>7,5</b>	<b>7,5</b>	<b>7,3</b>
(DN200, 0,2191 m + eriste)			de	de	de	de	de	de
	eristepaksuus	m	0,009	0,02	0,03	0,04	0,05	0,1
	putki+eriste ulkohalkaisija		0,2281	0,2391	0,2491	0,2591	0,2691	0,3191
		h,konvektio	3,396586	3,356828	3,322619	3,290085	3,259084	3,123146
		h,säteily	4,07021	4,07021	4,07021	4,07021	4,07021	4,07021
		<b>yht.</b>	<b>7,5</b>	<b>7,4</b>	<b>7,4</b>	<b>7,4</b>	<b>7,3</b>	<b>7,2</b>
(DN250, 0,273 m + eriste)			de	de	de	de	de	de
	eristepaksuus	m	0,009	0,02	0,03	0,04	0,05	0,1
	putki+eriste ulkohalkaisija		0,282	0,293	0,303	0,313	0,323	0,373
		h,konvektio	3,221155	3,190487	3,163831	3,138252	3,113675	3,003632
		h,säteily	4,07021	4,07021	4,07021	4,07021	4,07021	4,07021
		<b>yht.</b>	<b>7,3</b>	<b>7,3</b>	<b>7,2</b>	<b>7,2</b>	<b>7,2</b>	<b>7,1</b>
(DN400, 0,4064 m + eriste)			de	de	de	de	de	de
	eristepaksuus	m	0,009	0,02	0,03	0,04	0,05	0,1
	putki+eriste ulkohalkaisija		0,4154	0,4264	0,4364	0,4464	0,4564	0,5064
		h,konvektio	2,923865	2,904823	2,888037	2,871725	2,855864	2,782598
		h,säteily	4,07021	4,07021	4,07021	4,07021	4,07021	4,07021
		<b>yht.</b>	<b>7,0</b>	<b>7,0</b>	<b>7,0</b>	<b>6,9</b>	<b>6,9</b>	<b>6,9</b>

### Liite 3. Lämmönsiirtokertoimet eristeen kanssa, kun vesi 7°C

Lämmönsiirtokertoimet eristeen kanssa									
(DN100, 0,1143 m + eriste)			de	de	de	de	de	de	de
	eristepaksuus	m	0,009	0,02	0,03	0,04	0,05	0,1	
	putki+eriste ulkohalkaisija		0,1233	0,1343	0,1443	0,1543	0,1643	0,2143	
		h,konvektio	3,623328	3,546741	3,483629	3,42576	3,3724	3,15568	
		h,säteily	4,134837	4,134837	4,134837	4,134837	4,134837	4,134837	
		<b>yht.</b>	<b>7,8</b>	<b>7,7</b>	<b>7,6</b>	<b>7,6</b>	<b>7,5</b>	<b>7,3</b>	
(DN150, 0,1683 m + eriste)			de	de	de	de	de	de	de
	eristepaksuus	m	0,009	0,02	0,03	0,04	0,05	0,1	
	putki+eriste ulkohalkaisija		0,1773	0,1883	0,1983	0,2083	0,2183	0,2683	
		h,konvektio	3,308806	3,259386	3,217494	3,178163	3,141123	2,983275	
		h,säteily	4,134837	4,134837	4,134837	4,134837	4,134837	4,134837	
		<b>yht.</b>	<b>7,4</b>	<b>7,4</b>	<b>7,4</b>	<b>7,3</b>	<b>7,3</b>	<b>7,1</b>	
(DN200, 0,2191 m + eriste)			de	de	de	de	de	de	de
	eristepaksuus	m	0,009	0,02	0,03	0,04	0,05	0,1	
	putki+eriste ulkohalkaisija		0,2281	0,2391	0,2491	0,2591	0,2691	0,3191	
		h,konvektio	3,106827	3,070461	3,03917	3,009412	2,981055	2,856714	
		h,säteily	4,134837	4,134837	4,134837	4,134837	4,134837	4,134837	
		<b>yht.</b>	<b>7,2</b>	<b>7,2</b>	<b>7,2</b>	<b>7,1</b>	<b>7,1</b>	<b>7,0</b>	
(DN250, 0,273 m + eriste)			de	de	de	de	de	de	de
	eristepaksuus	m	0,009	0,02	0,03	0,04	0,05	0,1	
	putki+eriste ulkohalkaisija		0,282	0,293	0,303	0,313	0,323	0,373	
		h,konvektio	2,946362	2,918311	2,893928	2,870532	2,848051	2,747396	
		h,säteily	4,134837	4,134837	4,134837	4,134837	4,134837	4,134837	
		<b>yht.</b>	<b>7,1</b>	<b>7,1</b>	<b>7,0</b>	<b>7,0</b>	<b>7,0</b>	<b>6,9</b>	
(DN400, 0,4064 m + eriste)			de	de	de	de	de	de	de
	eristepaksuus	m	0,009	0,02	0,03	0,04	0,05	0,1	
	putki+eriste ulkohalkaisija		0,4154	0,4264	0,4364	0,4464	0,4564	0,5064	
		h,konvektio	2,674434	2,657016	2,641662	2,626742	2,612234	2,545218	
		h,säteily	4,134837	4,134837	4,134837	4,134837	4,134837	4,134837	
		<b>yht.</b>	<b>6,8</b>	<b>6,8</b>	<b>6,8</b>	<b>6,8</b>	<b>6,7</b>	<b>6,7</b>	

#### Liite 4. Lämmönsiirtokertoimet ilman eristettä

Lämmönsiirtokertoimet ilman eristettä							
DN	de (mm)	de (m)	Te(vesi 7 C To (sisäilm	h,konvekti	h,säteily	yht.	
100	114,3	0,1143	280	287	3,692639	4,134837	7,8
150	168,3	0,1683	280	287	3,352181	4,134837	7,5
200	219,1	0,2191	280	287	3,138252	4,134837	7,3
250	273	0,273	280	287	2,970351	4,134837	7,1
400	406,4	0,4064	280	287	2,689119	4,134837	6,8

Lämmönsiirtokertoimet ilman eristettä							
DN	de (mm)	de (m)	Te(vesi 4 C To (sisäilm	h,konvekti	h,säteily	yht.	
100	114,3	0,1143	277	287	4,037034	4,07021	8,1
150	168,3	0,1683	277	287	3,664822	4,07021	7,7
200	219,1	0,2191	277	287	3,430942	4,07021	7,5
250	273	0,273	277	287	3,247381	4,07021	7,3
400	406,4	0,4064	277	287	2,93992	4,07021	7,0

## Liite 5. Lämpöhäviöt, kun vesi 4°C

Putken pituus m	Putkikoko DN	Eristeen paksuus mm	Putken ulkohalkaisija mm	Putki-eriste halkaisija mm	Ilman lämpötila C	Veden lämpötila C	säde r1 putken sisäpintaan m	säde r2 putken ulkopintaan m	säde r3 eristeen ulkopintaan m	n	Lämmönjohtavuus putki W/Km	Lämmönjohtavuus solukumi W/Km	h total eristeen kanssa W/Km <sup>2</sup>	h total ilman eristettä W/Km <sup>2</sup>	Lämpövastus R,C,M,teräs	Lämpövastus R,C,M,solukumi	Lämpövastus Reonv, putki	Lämpövastus Reonv, eriste	Ø ilman eristettä w	Ø eristeen kanssa w	Eristeen vaikutus lämpöhäviöön %
5	100	9	114,3	123,3	14	4	0,060	0,067	0,063	3,14	17	0,034	8	8,1	0,000250	0,071	0,068	0,065	144,90	73,67	49,3
5	100	20	114,3	134,3	14	4	0,060	0,067	0,067	3,14	17	0,034	7,9	8,1	0,000250	0,151	0,063	0,060	144,90	47,34	67,3
5	100	30	114,3	144,3	14	4	0,060	0,067	0,072	3,14	17	0,034	7,8	8,1	0,000250	0,218	0,063	0,056	144,90	36,46	74,8
5	100	40	114,3	154,3	14	4	0,060	0,067	0,077	3,14	17	0,034	7,8	8,1	0,000250	0,281	0,063	0,053	144,90	29,93	79,3
5	100	50	114,3	164,3	14	4	0,060	0,067	0,082	3,14	17	0,034	7,8	8,1	0,000250	0,340	0,063	0,050	144,90	25,66	82,3
5	100	100	114,3	214,3	14	4	0,060	0,067	0,107	3,14	17	0,034	7,5	8,1	0,000250	0,588	0,063	0,040	144,90	15,32	89,0
3	150	9	168,3	177,3	14	4	0,075	0,084	0,083	3,14	17	0,034	7,7	7,7	0,000359	0,081	0,082	0,078	121,60	62,75	48,4
3	150	20	168,3	188,3	14	4	0,075	0,084	0,094	3,14	17	0,034	7,6	7,7	0,000359	0,175	0,082	0,074	121,60	40,05	67,1
3	150	30	168,3	198,3	14	4	0,075	0,084	0,099	3,14	17	0,034	7,6	7,7	0,000359	0,256	0,082	0,070	121,60	30,61	74,8
3	150	40	168,3	208,3	14	4	0,075	0,084	0,104	3,14	17	0,034	7,5	7,7	0,000359	0,333	0,082	0,068	121,60	24,94	79,5
3	150	50	168,3	218,3	14	4	0,075	0,084	0,109	3,14	17	0,034	7,5	7,7	0,000359	0,406	0,082	0,065	121,60	21,23	82,5
3	150	100	168,3	268,3	14	4	0,075	0,084	0,134	3,14	17	0,034	7,3	7,7	0,000359	0,738	0,082	0,054	121,60	12,78	89,5
5	200	9	218,1	228,1	14	4	0,100	0,110	0,114	3,14	17	0,034	7,5	7,5	0,000171	0,138	0,138	0,137	256,99	131,21	49,2
5	200	20	218,1	239,1	14	4	0,100	0,110	0,120	3,14	17	0,034	7,4	7,5	0,000171	0,282	0,138	0,136	256,99	84,79	67,0
5	200	30	218,1	249,1	14	4	0,100	0,110	0,125	3,14	17	0,034	7,4	7,5	0,000171	0,420	0,138	0,135	256,99	64,58	74,9
5	200	40	218,1	259,1	14	4	0,100	0,110	0,130	3,14	17	0,034	7,4	7,5	0,000171	0,557	0,138	0,133	256,99	52,33	79,6
5	200	50	218,1	269,1	14	4	0,100	0,110	0,135	3,14	17	0,034	7,3	7,5	0,000171	0,692	0,138	0,132	256,99	44,44	82,7
5	200	100	218,1	319,1	14	4	0,100	0,110	0,160	3,14	17	0,034	7,2	7,5	0,000171	1,352	0,138	0,128	256,99	26,32	89,8
4	250	9	273	282	14	4	0,125	0,137	0,141	3,14	17	0,034	7,3	7,3	0,000206	0,138	0,140	0,139	249,15	130,17	47,8
4	250	20	273	293	14	4	0,125	0,137	0,144	3,14	17	0,034	7,3	7,3	0,000206	0,293	0,140	0,137	249,15	83,23	66,5
4	250	30	273	303	14	4	0,125	0,137	0,152	3,14	17	0,034	7,2	7,3	0,000206	0,422	0,140	0,136	249,15	63,01	74,7
4	250	40	273	313	14	4	0,125	0,137	0,157	3,14	17	0,034	7,2	7,3	0,000206	0,560	0,140	0,135	249,15	51,14	79,5
4	250	50	273	323	14	4	0,125	0,137	0,162	3,14	17	0,034	7,2	7,3	0,000206	0,697	0,140	0,134	249,15	42,25	82,6
4	250	100	273	373	14	4	0,125	0,137	0,187	3,14	17	0,034	7,1	7,3	0,000206	1,395	0,140	0,130	249,15	26,28	89,8
4	400	9	406,4	415,4	14	4	0,200	0,203	0,208	3,14	17	0,034	7	7	0,000037	0,028	0,028	0,027	357,01	188,55	47,2
4	400	20	406,4	426,4	14	4	0,200	0,203	0,213	3,14	17	0,034	7	7	0,000037	0,056	0,028	0,027	357,01	120,60	66,2
4	400	30	406,4	436,4	14	4	0,200	0,203	0,218	3,14	17	0,034	7	7	0,000037	0,083	0,028	0,026	357,01	91,38	74,4
4	400	40	406,4	446,4	14	4	0,200	0,203	0,223	3,14	17	0,034	6,9	7	0,000037	0,110	0,028	0,026	357,01	73,67	79,4
4	400	50	406,4	456,4	14	4	0,200	0,203	0,228	3,14	17	0,034	6,9	7	0,000037	0,136	0,028	0,025	357,01	62,08	82,6
4	400	100	406,4	506,4	14	4	0,200	0,203	0,253	3,14	17	0,034	6,9	7	0,000037	0,257	0,028	0,023	357,01	35,68	90,0

## Liite 6. Lämpöhäviöt, kun vesi 7°C

Putken pituus m	Putkikoko DN	Eristeen paksuus mm	Putken ulkohalkaisija mm	Putki+eriste halkaisija mm	Ilman lämpötila C	Veden lämpötila C	säde r1 putken sisäpintaan m	säde r2 putken ulkopintaan m	säde r3 eristeen ulkopintaan m	Lämmönjohtavuus putki W/Km	Lämmönjohtavuus solukumi W/Km	h,tot eristeen kanssa W/Km <sup>2</sup>	h,tot ilman eristettä W/Km <sup>2</sup>	Lämpövoistus R <sub>C,D</sub> /Jeras	Lämpövoistus R <sub>C,D</sub> /solukumi	Lämpövoistus R <sub>oonv</sub> _putki	Lämpövoistus R <sub>oonv</sub> _eriste	Ø ilman eristettä W	Ø eristeen kanssa W	Eristeen vaikutus lämpöhäviöön %	
5	100	9	114,3	123,3	14	7	0,050	0,057	0,062	3,14	30	0,034	7,8	7,8	0,000142	0,071	0,071	0,066	97,84	50,98	47,8
5	100	20	114,3	134,3	14	7	0,050	0,057	0,067	3,14	30	0,034	7,7	7,8	0,000142	0,151	0,071	0,062	97,84	32,52	66,4
5	100	30	114,3	144,3	14	7	0,050	0,057	0,072	3,14	30	0,034	7,6	7,8	0,000142	0,218	0,071	0,059	97,84	25,33	74,1
5	100	40	114,3	154,3	14	7	0,050	0,057	0,077	3,14	30	0,034	7,5	7,8	0,000142	0,281	0,071	0,054	97,84	20,87	78,7
5	100	50	114,3	164,3	14	7	0,050	0,057	0,082	3,14	30	0,034	7,5	7,8	0,000142	0,340	0,071	0,052	97,84	17,88	81,7
5	100	100	114,3	214,3	14	7	0,050	0,057	0,107	3,14	30	0,034	7,3	7,8	0,000142	0,588	0,071	0,041	97,84	11,12	88,6
3	150	9	168,3	177,3	14	7	0,075	0,084	0,089	3,14	30	0,034	7,4	7,5	0,000204	0,081	0,084	0,081	83,07	43,11	48,1
3	150	20	168,3	188,3	14	7	0,075	0,084	0,094	3,14	30	0,034	7,4	7,5	0,000204	0,175	0,084	0,076	83,07	27,83	66,5
3	150	30	168,3	198,3	14	7	0,075	0,084	0,099	3,14	30	0,034	7,4	7,5	0,000204	0,256	0,084	0,072	83,07	21,31	74,3
3	150	40	168,3	208,3	14	7	0,075	0,084	0,104	3,14	30	0,034	7,3	7,5	0,000204	0,333	0,084	0,070	83,07	17,38	79,1
3	150	50	168,3	218,3	14	7	0,075	0,084	0,109	3,14	30	0,034	7,3	7,5	0,000204	0,406	0,084	0,067	83,07	14,81	82,2
3	150	100	168,3	268,3	14	7	0,075	0,084	0,134	3,14	30	0,034	7,1	7,5	0,000204	0,728	0,084	0,056	83,07	8,33	89,6
5	200	9	219,1	228,1	14	7	0,100	0,110	0,114	3,14	30	0,034	7,2	7,3	0,000297	0,088	0,040	0,039	175,44	91,45	47,9
5	200	20	219,1	239,1	14	7	0,100	0,110	0,120	3,14	30	0,034	7,2	7,3	0,000297	0,182	0,040	0,037	175,44	58,89	66,4
5	200	30	219,1	249,1	14	7	0,100	0,110	0,125	3,14	30	0,034	7,2	7,3	0,000297	0,260	0,040	0,035	175,44	44,95	74,4
5	200	40	219,1	259,1	14	7	0,100	0,110	0,130	3,14	30	0,034	7,1	7,3	0,000297	0,327	0,040	0,032	175,44	38,52	79,2
5	200	50	219,1	269,1	14	7	0,100	0,110	0,135	3,14	30	0,034	7,1	7,3	0,000297	0,382	0,040	0,033	175,44	30,39	82,3
5	200	100	219,1	319,1	14	7	0,100	0,110	0,160	3,14	30	0,034	7,1	7,3	0,000297	0,592	0,040	0,029	175,44	18,39	89,5
4	250	9	273	282	14	7	0,125	0,137	0,141	3,14	30	0,034	7,1	7,1	0,000117	0,038	0,041	0,040	170,02	83,99	47,1
4	250	20	273	293	14	7	0,125	0,137	0,147	3,14	30	0,034	7,1	7,1	0,000117	0,083	0,041	0,038	170,02	57,80	66,0
4	250	30	273	303	14	7	0,125	0,137	0,152	3,14	30	0,034	7,1	7,1	0,000117	0,122	0,041	0,038	170,02	43,85	74,2
4	250	40	273	313	14	7	0,125	0,137	0,157	3,14	30	0,034	7,1	7,1	0,000117	0,160	0,041	0,036	170,02	36,63	79,0
4	250	50	273	323	14	7	0,125	0,137	0,162	3,14	30	0,034	7,1	7,1	0,000117	0,197	0,041	0,035	170,02	30,18	82,3
4	250	100	273	373	14	7	0,125	0,137	0,187	3,14	30	0,034	6,9	7,1	0,000117	0,365	0,041	0,031	170,02	17,68	89,8
4	400	9	406,4	415,4	14	7	0,200	0,203	0,208	3,14	30	0,034	6,8	6,8	0,000021	0,026	0,029	0,028	242,91	130,05	46,5
4	400	20	406,4	425,4	14	7	0,200	0,203	0,213	3,14	30	0,034	6,8	6,8	0,000021	0,056	0,029	0,027	242,91	83,55	65,6
4	400	30	406,4	435,4	14	7	0,200	0,203	0,218	3,14	30	0,034	6,8	6,8	0,000021	0,083	0,029	0,027	242,91	63,53	73,8
4	400	40	406,4	445,4	14	7	0,200	0,203	0,223	3,14	30	0,034	6,8	6,8	0,000021	0,110	0,029	0,026	242,91	51,43	78,8
4	400	50	406,4	455,4	14	7	0,200	0,203	0,228	3,14	30	0,034	6,7	6,8	0,000021	0,136	0,029	0,026	242,91	43,25	82,2
4	400	100	406,4	506,4	14	7	0,200	0,203	0,253	3,14	30	0,034	6,7	6,8	0,000021	0,257	0,029	0,023	242,91	24,52	89,7