

**Petri Kangasrääsiö**

## **KONEELLISEN ILMANVAIHDON ESILÄMMITYSLAITE**

**Itse koottavan ja asennettavan esilämmittimen suunnittelu**

**Opinnäytetyö  
CENTRIA AMMATTIKORKEAKOULU  
Tuotantotalouden koulutusohjelma  
JOULUKUU 2015**

**TIIVISTELMÄ OPINNÄYTETYÖSTÄ**
**Opinnäytetyö  
 CENTRIA AMMATTIKORKEAKOULU  
 Tuotantotalouden koulutusohjelma  
 JOULUKUU 2015**

<b>Yksikkö</b> Ylivieska	<b>Aika</b> Joulukuu 2015	<b>Tekijä/tekijät</b> Petri Kangasrääsiö
<b>Koulutusohjelma</b> Tuotantotalouden koulutusohjelma		
<b>Työn nimi</b> KONEELLISEN ILMANVAIHDON ESILÄMMITYSLAITE, itse koottavan ja asennettavan esilämmityslaitteen suunnittelu		
<b>Työn ohjaaja</b> Tapio Malinen	<b>Sivumäärä</b> 33	
<b>Työelämäohjaaja</b> -		
<p>Tämän opinnäytetyön aiheena oli rakentaa koneelliseen ilmanvaihtojärjestelmään itse koottava ja asennettava tuloilman esilämmityslaite, jossa hyödynnetään palomuurin lämpöä.</p> <p>Tuloilman esilämmityslaitteen tehtävä oli säästää energiaa talviaikana, kun tuloilmaa pitää lämmittää pakkaskaudella ja korvata sähköllä toimiva jälkilämmityspatteri ilmanvaihtokoneessa.</p> <p>Työssä suunniteltiin esilämmityslaitteeseen käytettäviä eri materiaaleja, jotka olivat helposti työstettäviä ilman erikoisia työkaluja.</p> <p>Tuloilman esilämmityslaitteen tekeminen osoittautui mahdolliseksi tehdä itse ja esilämmityslaite tuli säästämään energiaa.</p>		

<b>Asiasanat</b> Ilmanvaihto, lämmitys, lämpö – talteenotto
--

**ABSTRACT**

<b>Unit</b> Ylivieska	<b>Date</b> December 2015	<b>Author/s</b> Petri Kangasrääsio
<b>Degree programme</b> Industrial Management		
<b>Name of thesis</b> A PRE-HEATING DEVICE FOR A MECHANICAL VENTILATION SYSTEM DESIGNING A self-assembled and self-mountable preheating device		
<b>Instructor</b> Tapio Malinen	<b>Pages</b> 33	
<b>Supervisor</b> -		
<p>The subject of this thesis was to build a self-assembled and self-mountable pre-heating device for the supply air of a mechanical ventilation system. The device would utilize the warmth of the firewall.</p> <p>The purpose of the supply air pre-heater was to save energy during the winter months, when the supply air needs to be heated and replace an electric heating coil in the ventilation machine.</p> <p>The thesis included planning the materials that would be used in the device and that would be easy to machine without any special tools.</p> <p>The thesis proved it to be possible to build a supply air pre-heating device oneself and the pre-heating device saved energy.</p>		

**Key words**

Ventilation, heating, heat – recovery

## **TIIVISTELMÄ**

## **ABSTRACT**

## **SISÄLLYS**

<b>1 JOHDANTO</b>	<b>1</b>
<b>2 ILMANVAIHDON TOIMINTAPERIAATE</b>	<b>3</b>
2.1 Ilmanvaihdon perusteet	3
2.2 Tuloilman esilämmitys	4
<b>3 TULOILMAN ESILÄMMITTIMET</b>	<b>6</b>
3.1 Sähkö esilämmityksessä	7
3.2 Maalämpö esilämmityksessä	8
<b>4 ITSE KOOTTAVA ESILÄMMITYSLAITE</b>	<b>10</b>
<b>5 TUOTEKEHITYS</b>	<b>13</b>
<b>6 TEKNIIKAN VALINTA</b>	<b>14</b>
6.1 Materiaali	14
6.2 Lämpöpiiri	15
6.3 Peruskäsitteet paisunta-astioiden laskemiseksi	17
6.4 Lämpöpiirin eriste	19
<b>7 ESILÄMMITTIMEN JA JÄRJESTELMÄN OSAT JA KUSTANNUKSET</b>	<b>20</b>
<b>8 KOKOAMISSUUNNITELMA</b>	<b>22</b>
<b>9 TULOILMAN ESILÄMMITTIMEN SIJOITUS</b>	<b>25</b>
<b>10 ASENTAMINEN</b>	<b>26</b>
<b>11 JÄRJESTELMÄN KUNNOSSAPITO</b>	<b>28</b>
<b>12 TUOTTEEN JATKOKEHITYS</b>	<b>29</b>
<b>13 YHTEENVETO</b>	<b>30</b>
<b>14 POHDINTA</b>	<b>33</b>
<b>LÄHTEET</b>	<b>36</b>

## **KUVIOT**

KUVIO 1. Ilmanvaihtokone Vallox	6
KUVIO 2. Esilämmityspatteri Enervent Pegasos	7
KUVIO 3. Maalämmössä käytettävät järjestelmät	9
KUVIO 4. Energiansäästöavoite	12
KUVIO 5. Putkimateriaali	14
KUVIO 6. Wirsbo	16
KUVIO 7. Paisunta-astia	17
KUVIO 8. Esilämmityslaitte	23
KUVIO 9. Solukumieriste	24
KUVIO 10. Esilämmityslaitteen asennuspaikka	27

## **TAULUKOT**

TAULUKKO 1. Vaatimustaulukko	11
TAULUKKO 2. Veden tilavuuden kasvu prosentteina	18

## 1 JOHDANTO

Koneellisen ilmanvaihdon tuloilman lämmitykseen käytettävä energian seuranta on tullut ajankohtaiseksi energian hinnan nousun myötä. Valitsin opinnäytetyön aiheeksi tuloilman esilämmittimen, joka on itse koottava ja asennettava paikoilleen. Opinnäytetyössä käsittelen tuloilman esilämmittimen rakennetta ja tarvittavia materiaaleja, jotta esilämmittimen voisi valmistaa ilman erikoisia työkaluja.

Aloin seurata tuloilman lämmitykseen kuluva energiaa ostaessani sähkönkulutusmittarin. Mittaria käyttäessäni useissa kodinkoneissa ja laitteissa huomasin koneellisen ilmanvaihdon kuluttavan sähköä huomattavasti enempi kuin osasin ajatella noin 3 kWh/vrk. Seuratessani sähkön kulutusta useamman vuorokauden ja tekemällä pienimuotoisen seurantataulukon havaitsin, että ilmanvaihtokoneen sähköpatterin termostaattia pienentämällä kulutus väheni ja sammuttamalla patterin kokonaan kulutus väheni noin 2 kWh/vrk.

Ulkoilman lämpötila vaikutti tehtyihin seurantatuloksiin. Patterin ollessa pois päältä, huoneistossa alkoi tuntua vedon tunne, joka vaikutti asunnossa viihtymiseen. Joten tuloilman lämmitys olisi kuitenkin oltava toiminnassa. Tuolloin tuli ajatus, että ilmastoinnin tuloilman lämmittämistä voisi suunnitella jollain muullakin eri vaihtoehdolla kuin pelkällä sähköllä. Tuloilman lämmittämiä etsiessä eri markkinoilta huomasin, että kaikki myynnissä olevat erilliset tuloilman lämmittimet omakotitaloihin toimivat sähköllä. Joka ei tässä tapauksessa ollut minulle oikea vaihtoehto.

Ajatuksissani aloin suunnitella jotain muuta kuin sähkökäyttöistä tuloilman esilämmitintä ja sitä, mistä siihen saataisiin tarvittava energia. Vaihtoehtoja oli maalämpö, aurinkoenergia, palomuurista saatava lämpö ja teknisentilan lämpö. Näistä vaihtoehdoista valitsin palomuurista saatavan lämmön, jota talviakaan tulee usein lämmitettyä ja se tuntui ajatuksissa helpolta ja hyvältä vaihtoehdolta.

Vielä tuli suunnitella se, miten lämpö saadaan siirrettyä tuloilmakanavaan. Muutamaa vaihtoehtoa tarkastellessa ja niitä puntaroimalla ratkaisuksi päätin valita

nestekiertojärjestelmän. Lopuksi rajasin tämän opinnäytetyön siten että, jätin suurelta osin käsittelemättä palomuurissa olevan lämpöpiirin ja keskityin vain esilämmityslaitteen valmistamiseen ja siihen liittyviin osiin sekä tarvikkeisiin.

## 2 ILMANVAIHDON TOIMINTAPERIAATE

Tulo- ja poistojärjestelmässä suodatettua ja kylmään aikaan lämmitettyä tuloilmaa puhalletaan kaikkiin makuuhuoneisiin, olohuoneeseen, takahuoneeseen sekä tulisijan yläpuolelle tehostamaan tulisijan ilmansiirtoa.

Keittiössä ja vaatehuoneissa sekä lämpimässä tilassa olevissa varastoissa on poistoilmaventtiilit. Keittiössä ruuanlaitossa tuleva käry poistetaan erillisellä liesituulettimella tai huippuimuri-liesikuvulla.

Epäpuhdas ilma poistetaan koneesta katolla olevan kattoläpiviennin kautta ulos ja puhdasta ilmaa otetaan talon ”viileämmältä” puolelta seinässä tai räystään alle sijoitetusta raitisilmasäleiköstä. Kylminä aikoina lämmöntalteenotto käyttää poistettavan ilman lämpöä sisään otettavan ilman lämmittämiseen. Lämpiminä aikoina kesällä lämmöntalteenotto ohitetaan. (Sisäilmayhdistys 2015.)

### 2.1 Ilmanvaihdon perusteet

Ilmanvaihdon tarkoitus on tuoda raitista ilmaa hengitettäväksi ja hävittää poistamalla rakennuksessa syntyvät epäpuhtaudet. Ihmiselle hapentarpeeksi tarvittava huoneistossa oleva ilmanvaihdon määrä on murto-osa tarvittavasta kokonaisilmanvaihdon määrästä. Hapentarpeen ja keuhkoissa syntyvän hiilidioksidin pois viemiseksi ihmisen keuhkoissa kulkee yli 15000 litraa ilmaa vuorokaudessa. Mitä puhtaampaa hengitettävä ilma on sitä paremmin ihmisen elimistö voi.

Rakennuksessa ilmenee useita ilman epäpuhtauksia, joiden lähteitä ei pysty täysin poistamaan. Tällöin täytyy olla riittävästi yleisilmanvaihtoa. Sen avulla esimerkiksi hiilidioksidin ja vesihöyryn pitoisuudet rakennuksen ilmassa pystytään pitämään ihmiselle ja rakennukselle terveellisellä tasolla.



Ilmanvaihdon toiminta perustuu paine-eroihin. Ilman virta liikkuu suuremmasta paineesta pienempään. Ero paineeseen saadaan aikaan joko puhaltimilla (koneellinen ilmanvaihto) tai lämpötilavaihtelulla ja tuulen yhteisvaikutuksella (painovoimainen ilmanvaihto). Tuloilmaa puhallettaessa koneellisesti rakennukseen on kyseessä tulo- ja poistoilmanvaihto. Muussa tapauksessa se on pelkästään poistoilmanvaihto. Tuloilmaa kostuttamalla tai jäähdyttämällä puhutaan ilmastoinnista. Poistoilmanvaihdon käytössä on tarpeellista suorittaa hallittu korvausilman sisäänotto, esim. ulkoilmaventtiilien avulla. Koneellisen tulo- ja poistoilmanvaihdon hyvänä puolena on tuloilman suodatuksen ja lämmöntalteenoton mahdollisuus poistoilmasta. Liian pitkiin aikaväleihin järjestetty huolto ja tuloilmakanavistoon kertyvä lika voi kuitenkin ajan kuluessa alkaa haista ja huonontaa sisäilmaa. Painovoimaisen poistoilmanvaihdon yleinen käyttö erityisesti asuinrakennuksissa johtuu alhaisista investointikustannuksista. Painovoimaisessa ilmanvaihdossa ei synny melua, mutta meluinen asuinpaikka voi olla haitallista ikkunatuuletuksen aikana. (Sisäilmayhdistys 2015.)

## **2.2 Tuloilman esilämmitys**

Asuntoon puhallettavan tuloilman lämpötila on henkilökohtainen asia. Tuloilman lämpötilaa suositellaan pitämään niin alhaisena kuin voi ilman että huoneistossa tuntuu vetoisalta. Silloin huoneiston oma lämmönsäätöjärjestelmä toimii oikein myös silloin kun esimerkiksi auringosta tai takasta tulee taloon yllilämpöä. Tuloilman lämpötilaa ei suositella nostettavaksi huoneilman lämpötilaa korkeammaksi, koska silloin ilmanvaihtokone lämmittää huoneistoa, joka ei ole taloudellista.

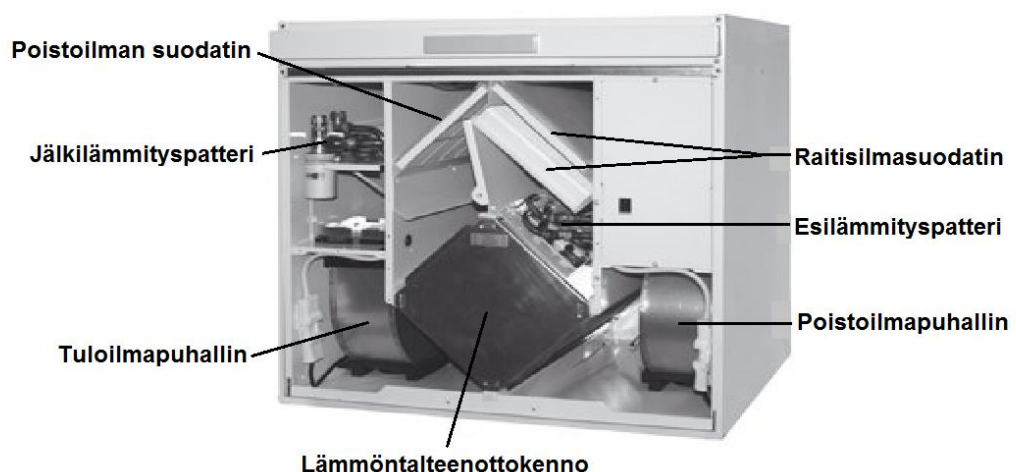
Jos ilmaventtiilistä tuleva ilma tuntuu viileältä vaikka ilmanvaihtokoneelta lähtee ilmastointikanavaan lämmintä ilmaa, kannattaa mitata sekä koneelta ilmakehään lähtevän ja ilmaventtiilistä tulevan ilman lämpötila. Mikäli ilma jäähtyy tällä välillä monella asteella, on kanavaeristys liian vähäinen. Myös kattoventtiilien suuntaus, ikkunat tai lämmitysjärjestelmä vaikuttavat useasti vedon tunteeseen.

Välikätoille asennetuissa heikosti eristetyissä ilmakehävissa sekä tulo- ja poistoilma jäähtyy. Se heikentää lämmön talteenoton toimintaa ja aiheuttaa jälkilämmityksen energiakulutusta. Mikäli poistoilma jäähtyy matkalla poistoventtiililtä ilmanvaihtokoneelle keskimäärin yhdellä asteella, se huonontaa ilmanvaihtokoneen hyötysuhdetta vuodessa noin 4 prosenttiyksikköä. Kun ilmakehävät ovat höyrösulun lämpimälle puolella, talteenotto toimii erittäin hyvin ja tuloilman lämpötila venttiililtä on usein korkeampi kuin koneelta lähtiessä. (Rakentaja 2010.)

### 3 TULOILMAN ESILÄMMITTIMET

Ilmanvaihtokoneisiin on asennettu valmiiksi tuloilman jälkilämmittämiseen tai esilämmittämiseen tarkoitettu sähköpatteri tai vesikiertoinenpatteri. (KUVIO 1) Vesikiertoinenpatteri yhdistetään talon omaan vesikiertoiseen lämmitysjärjestelmään ja sähkölämmitteisessä talossa käytetään ilman jälkilämmittämiseen sähköllä toimivaa patteria. Ilmanvaihtokoneisiin on saatavilla sähköllä toimivia kanavalisälämmittimiä asennettavaksi ilmanvaihtokoneen ulkopuolelle, joita voidaan käyttää jälkilämmittiminä tai esilämmittiminä.

Myynnissä on sellaisia ilmanvaihtolaitteita, joissa käytetään mekaanisen lämmön talteenoton lisäksi lämpöpumpputekniikkaa. Ilmanvaihtolaitteen mallista riippuen lämpö pumpataan poistoilmasta tai ulkoilmasta. Tällä yhdistelmällä saadaan hyvä vuosihyötysuhde. Ilmanvaihtolaitteissa, jotka on varustettu pyörivällä lämmön talteenotto kiekolla ja poistoilmalämpöpumpulla saavutetaan noin 90 prosentin vuosihyötysuhde lämmön talteen otossa. (Sahkoala 2015.)



KUVIO 1. Ilmanvaihtokone Vallox (Rakentaja 2015)

### 3.1 Sähkö esilämmityksessä

Esilämmityspatteri Enervent Pegasos (KUVIO 2) on sisäinen elektroninen virtauskytkin. Runko on sinkittyä teräslevyä ja lämpöelementti on valmistettu ruostumattomasta teräksestä. Kanavaliitäntä voidaan asentaa pistoasennuksena pyöreissä ilmakehissä. Kanavalämmitin toimii jälkilämmittimenä ilmanvaihtolaitteissa, jossa on lämmöntalteenotto tai sen voi asentaa ennen lämpöpumppua tai lämmön talteenottolaitteistoa, silloin kanavalämmitin varmistaa ilmastoinnin toiminnan kylmillä säillä.

Kanavalämmittimessä on elektroninen sisäinen lämpötilansäädin, joka säätää tehon triacilla, aikasuhteellisella säädöllä pulssi-/tauko-tekniikalla. Tämän ansiosta lämpötilan säätö on erittäin tarkka. Pyöreitä sähkökäyttöisiä kanavalämmittimiä käytetään ilmastointilaitteiston esi- tai jälkilämmittimenä. Kanavalämmittimillä voidaan käyttää myös yksittäisten huoneiden ja alueiden tuloilman lämmittämiseen.



KUVIO 2. Esilämmityspatteri Enervent Pegasos (Taloon 2015)

### 3.2 Maalämpö esilämmityksessä

Maalämpö on energiaa jota, saadaan auringosta eli lämpöä, jonka maapallo varastoi itseensä. Suomessa maaperä lämpenee noin 10 metrin syvyydeltä auringon voimasta. Lisäksi maaperä tuottaa geotermistä energiaa eli geotermistä lämpöä. Lämpöä tuottaa maan sisäosissa tapahtuva radioaktiivinen hajoaminen. Tämä radioaktiivisesta hajoamisesta johtuva lämpö siirtyy maan kuoren ylempiin kerroksiin. Maalämpöä kerätään lämmönkeruupiirillä.

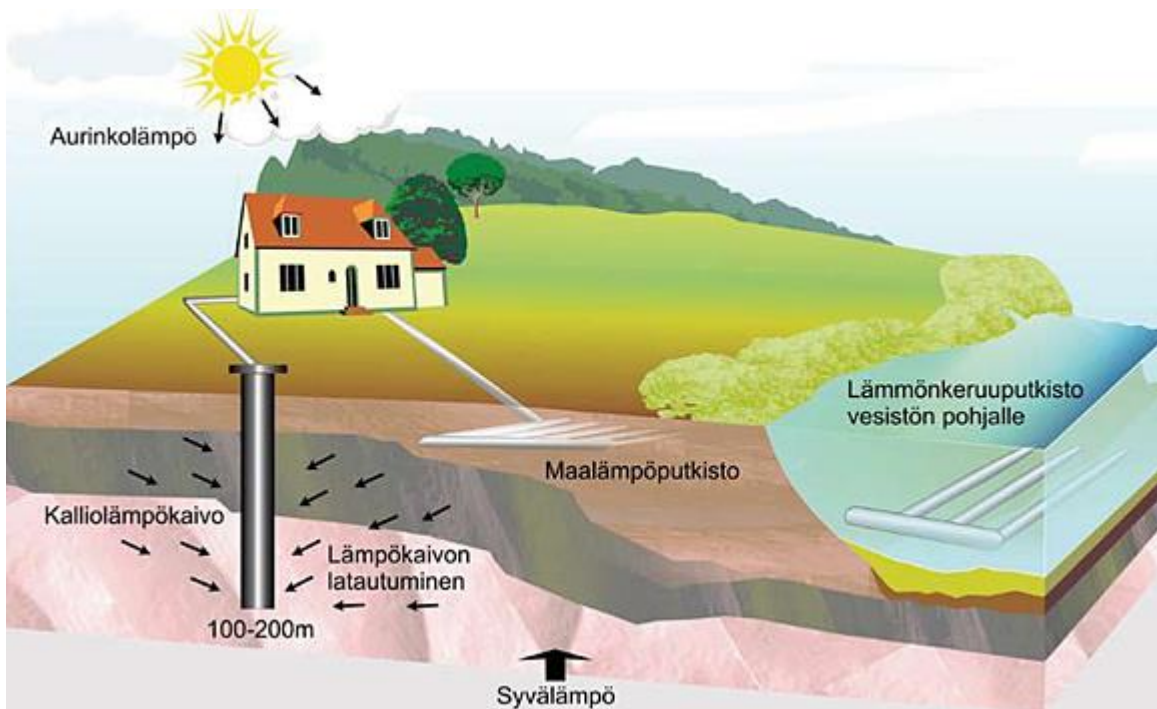
Lämmönkeruupiiri on putkisto, joka sijoitetaan pintamaahan, peruskallioon tai veteen. Putkiston sisällä kiertää neste, jota maaperä lämmittää. Putkistossa käytettävä neste on etanolipohjaista maalämpönestettä, joka kestää pakkasta noin - 15 °C. Neste kerää energiaa, eli lämpöä ympäröivästä maa aineksesta kiertäessä putkistossa. (Tuottolampo 2015.)

Kallioperään asennettava keruuputkisto tulee pystysuoraan reikään porattuun lämpökaivoon. Lämpökaivo on yleinen, vaikka rakennuskustannukset tulevat suuremmiksi kuin vaakaan asennetuilla keruuputkistoilla. Lämpökaivo mahtuu pieniin pinta-aloihin, joten se soveltuu melkein kaikkiin kohteisiin. Poraussyvyys lämpökaivolla on keskimäärin 120m-170m.

Maaperään asennettava lämpöputkisto kaivetaan maahan vaakasuoraan, sitä käytetään suurissa tonteissa ja tonttien läheisyydessä olevissa pelloissa mihin putkiston voi kaivaa. Putkistosta ei ole haittaa puutarhalle tai tontin istutuksille. Melkein kaikki maalajit soveltuvat vaakaputkistolle paitsi soraharjut. Keskimääräinen putkiveto n. 400m -650m.

Veteen asennettavaa lämmönkeruuputkistoa käytetään harvoin, vaikka se onkin hyvä vaihtoehto. Vesistöistä tarvitaan hyvää tuntemusta ja luvat vesialueen käytölle. (Tuottolampo 2015.)

Kuviossa 3 nähdään putkiston asennus vaihtoehdot. Maapiirin putkisto asennetaan maaperään noin metrin syvyyteen 1,5 metrin putkivälillä. Putkisto asennetaan maaperään tai vesistöön mutkittelevasti, sekä lämpö-kaivoon pystysuoraan.



KUVIO 3. Maalämmössä käytössä olevat järjestelmät: vasemmalla lämpökaivo, keskellä maalämpöpiiri ja oikealla vesipiiri (Geofoorumi 2009)

#### 4 ITSE KOOTTAVA ESILÄMMITYSLAITE

Esilämmityslaitteen toiminta on operatiivinen, sillä siinä ei ole liikkuvia osia ja sen toimintaperiaate on yksinkertainen. Operatiivisuudesta johtuen laitteessa ja siihen liittyvässä lämmönkeruu putkistossa ei ole isoja huoltoja tarvittavia komponentteja, joten laitteiston toiminnan pitämiseksi yllä riittävät normaalit vuotuiset huollot. Palomuuuri lämmittää nesteen, joka kiertää palomuurissa olevassa kierukassa. Kierukalta neste kiertää wirsboa pitkin kiertovesipumpun avulla esilämmityslaitteelle, joka lämmittää kierresaumaputkea ja samalla siitä läpi kulkevaa tuloilmaa. Tuloilma siirtyy omakotitalon ilmanvaihtokoneessa olevan kiinteän puhaltimen avulla taloon. Esilämmityslaite lämmittää tuloilmaa tehokkaasti aina kylmemmillä ilmoilla, kun tulisijojakin lämmitetään.

Nestekiertoisista erillistä esilämmityslaitteistoa omakotitalon ilmanvaihtokoneille ei löytynyt tietoa, koska valmistajat tekevät lämmönsiirtimiä enimmäkseen teollisuuden tai suurien kiinteistöjen tarpeisiin. Jos ilmanvaihtokoneessa on nestekiertoinen patteri, se on rakennettu kiinteästi ilmanvaihtokoneen sisälle.

Esilämmityslaitteen lämmön talteenotossa tulee jonkin verran häviötä, koska nesteen kierrättämiseen on oltava sähköllä toimiva kiertovesipumppu, joka kierrättää nestettä esilämmityslaitteen ja palomuurin välillä olevassa lämmönkeruupiirissä.

Esilämmityslaite täyttää kaikki ne vaatimukset mitä olen laitteelle määrittänyt (TAULUKKO 1). Uskon tämän olevan minun tarpeisiini sopiva ja tuovan energiansäästöavoitteen toivotulla tavalla (KUVIO 4).

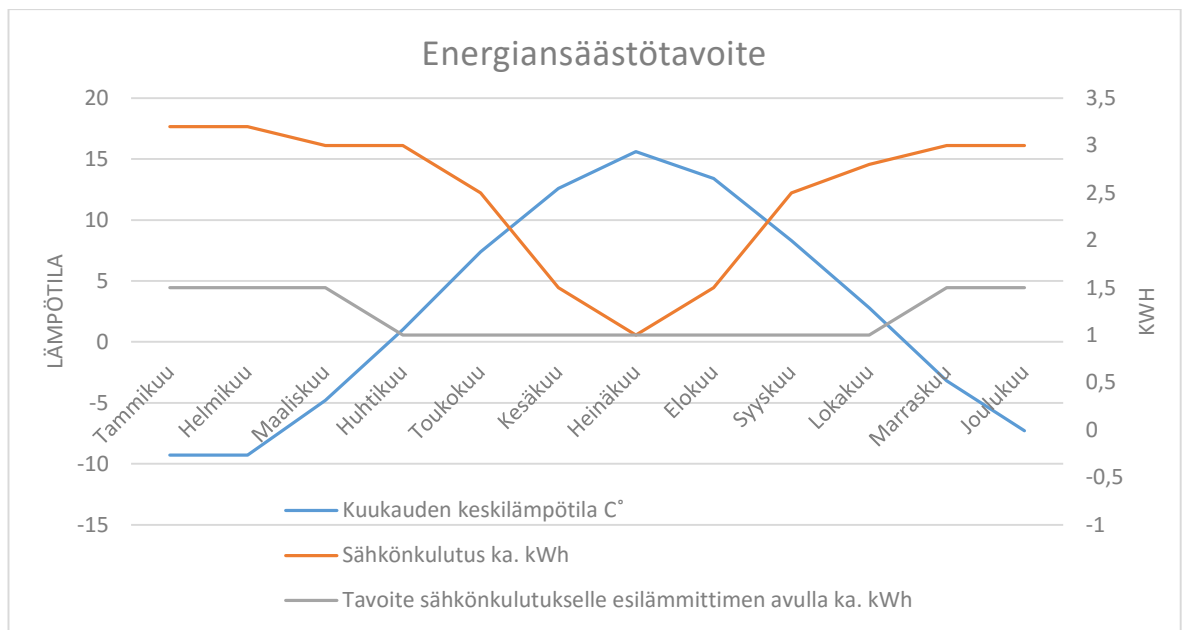
Vaatimustaulukkoon on kirjattu kaikki ne vaatimukset ja toivomukset, jotka esilämmityslaitteen on täytettävä.

TAULUKKO 1. Vaatimustaulukko

	KV = Kiinteävaatimus, VV = Vähittäisvaatimus ja T = Toivomus
	<b>Toiminta</b>
KV	- esilämmityslaitteen oltava luotettava
VV	- esilämmityslaitteen käyttö oltava yksinkertainen
VV	- on toimittava sääolosuhteista riippumatta
	<b>Paikka ja geometria</b>
KV	- esilämmityslaite ei saa haitata ilmastoinnin toimintaa
VV	- esilämmityslaite pitää mahtua suunniteltuun tilaan
T	- esilämmityslaite pitää olla ulospäin huomaamaton
	<b>Komponentit</b>
T	- saatava tavallisesta rautakaupasta tai verkkokaupasta
	<b>Kustannukset</b>
T	- hinta-laatusuhde oltava optimaalinen



Energiansäästötaivoite kuvioon on merkattu sähkönkulutus ennen esilämmityslaitteen asentamista, sähkönkulutustavoite esilämmityslaitteen asennuksen jälkeen ja kuukauden keskilämpötilat (Ilmatieteenlaitos 2015).



KUVIO 4. Energiansäästötaivoite

## 5 TUOTEKEHITYS

Tuotekehitys on luovaa työtä vanhojen tuotteiden korjausta ja uusien suunnittelua (innovointi) ja niiden myyntiin saantia. Tuotekehityksen tarkoituksena on saada kokonaisuuksia, jotka vastaavat asiakkaiden tarpeisiin.

Tuotekehitys on markkinoinnissa tärkeä kilpailukeino. Uusista keksinnöistä käytetään nimitystä innovaatio. Markkinoille tulevista uusista keksinnöistä 10 - 20 % on täysin uusia. Ei siis vanhoja versioita joita olisi muokattu vähän. Raja uusien ja parannettujen tuotteiden välillä on kuin veteen piirretty viiva. Sitä on hankala tarkasti määrittää. (Mikkonen 2015.)

Tuotekehitys aloitetaan vaatimusten, määrittelyn tai näiden yhdistelmän laatimisella. Tässä otetaan huomioon laitteen käyttövaatimukset ja asennus paikka. Laadinnan jälkeen listataan toiminnot, jotka tuotteen tulisi vähintään täyttää ja miettiä mahdollisia parantavia toimintoja, jotta tuotteesta saadaan mahdollisimman hyvä laatuinen.

Vaatimus- ja määrittelylistan avulla suunnitellaan ja arvioidaan esilämmittimessä tarvittavat materiaalit sekä materiaalien käyttötarkoituksen oikeellisuus. Lisäksi huomioidaan mahdolliset mekaaniset rasitukset, joita esilämmittimeen kohdistuu. Näin saadaan tuotteesta pitkäaikainen hyöty ilman sivukuluja.

Tuloilman esilämmitintä suunniteltaessa tuli ottaa huomioon miten tuote olisi hyvä valmistaa tee-se-itse menetelmällä. Esilämmittimen rakentamiseen tuli valita materiaalit siten, että ne pystyisi työstämään ilman suurempia investointeja ja niin että, tuotteessa tarvittavat materiaalit löytyisivät tavallisesta rautakaupasta tai verkkokaupasta.

## 6 TEKNIIKAN VALINTA

Esilämmitinlaitetta suunniteltaessa oli valittavana lämmön talteenottoaika ja siinä vaihtoehtoina oli maalämpö, teknisentalan ylätila ja palomuuuri tai kaikki yhdessä. Tässä valittiin kuitenkin yksi vaihtoehtoista, joka oli palomuuuri. Maalämpö olisi ollut hyvä, mutta siitä olisi tullut liikaa kustannuksia projektiin, jonka vuoksi se jäi pois suunnitelmista. Teknisentalan ylätila jäi pois suunnitelmista, koska totesin palomuurin tuottavan enemmän lämpöä siihen vuoden aikaan, kun lämpöä eniten tarvitaan.

### 6.1 Materiaali

Esilämmitinlaitteen materiaaliksi tuli valita sen käyttöön soveltuva ja taloudellisesti kannattava materiaali. Materiaalin tuli olla helposti itse työstettävä, jotta laitteen pystyisi myös itse valmistamaan ilman erikoisia työkaluja ja työkaluja.

Kuviossa 4 on vaihtoehtoja ilmaputken materiaalille vasemmalta oikealle luettuna. Kierresaumaputki sinkitty, pituussaumattu galvanoituputki, ruostumaton teräsputki, PVC-putki ja alumiiniputki.



KUVIO 5. Putki materiaalit (Etra, olsa, Antti-teollisuus ja taloon 2015)

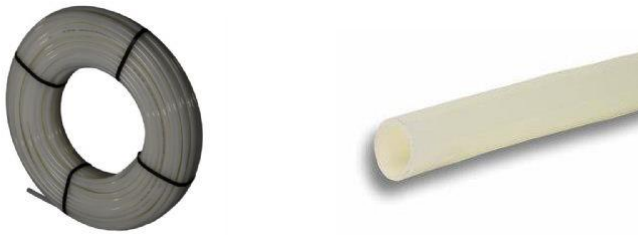
Näistä putkivaihtoehdoista valitsin kierresaumaputken, koska sitä saa rautakaupasta hyllytavarana ja hinta on kohtuullinen sekä sitä on helppo työstää. Pituussaumattu galvanoitu putki, RST-putki, PVC-putki ja alumiiniputki olivat tilattavissa olevia tuotteita jo halkaisijankin 200mm perusteella ja hintatasokin oli korkeampi. Alumiiniputken sopivuus esilämmitinlaitteeseen oli kyseenalainen heikon rakenteen vuoksi.

## 6.2 Lämpöpiiri

Kuviossa 5 on wirsbo, josta valmistetaan lämpöpiiri esilämmityslaitteeseen. Lämpöpiirillä siirretään lämpöä palomuurilta esilämmitys laitteeseen. Tähän tarkoitukseen vaihtoehtoja oli kolme ja ne olivat ilmastointiputki, kupariputki ja wirsbo, joista valitsin wirsbon. Ilmastointiputki ja ilmankierto järjestelmä olisi ollut huonompi vaihtoehto, koska lämmöntalteenoton hyötysuhde olisi jäänyt huonommaksi. Kuparista tehtynä laitteen tekoon olisi tullut liian paljon kustannuksia.

Wirsbo-pePex-putket perustuu happidiffuusiosuojattuihin wirsbo-PEX-putkiin. Happidiffuusiosuojatussa putkessa polyeteenikerros estää hapen siirtymisen putken seinämän läpi ja näin suojaa järjestelmän teräsosia korroosiolta. PE-kerros sijoittuu ulomman suojaavan PEX-kerroksen alle, jolloin putket kestävät normaalin käsittelyn rakennuspaikalla ilman PE-kerroksen vaurioita. (Rakentaja 2015.)

Wirsbossa kierrätetään jäätymisvaaran vuoksi glykolin ja veden sekoituksesta tehtyä nestettä, joka ottaa lämmön talteen palomuurissa olevasta kierukasta. Nesteen kierto toimii kiertovesipumpulla, joka on valittu tähän tarkoitukseen sopivaksi ja vähän energiaa kuluttavaksi. (Rakentaja 2015.)



KUVIO 6. Wirsbo (Rakentaja 2015)

Kuviossa 6 on nestekäyttöiseen kiertojärjestelmään tarvittava paisunta-astia, koska lämpötilan vaihdellessa nesteen tilavuus muuttuu ja voi aiheuttaa lämpöpiiriin vaurioita tai nesteen vajausta ilman paisunta-astiaa. Tähän tarkoitukseen on olemassa myynnissä tilavuudelta erikokoisia paisunta-astioita. Paisunta-astioina voidaan käyttää myös muita paineen kestäviä astioita kiertojärjestelmän ollessa tilavuudeltaan pieni, esimerkiksi autoissa käytettäviä paisunta-astioita. Tässä työssä käytän asuntovaunun nestekiertoiseen lattialämmitykseen tarkoitettua paisunta-astiaa, joka on avoin paisuntajärjestelmä.

Paisunta-astian tehollinen tilavuus täytyy olla lämmitysjärjestelmän suurin käytössä esiintyvä muuttuva nestetilavuus. Mitoitus paisunta-astialle tehdään niin suureksi, että sen tilavuus riittää vesitilavuuden kasvun järjestelmässä lämpötilan noustessa sekä pitää paineen tasaisena.

Avoimessa paisunta-astiassa on huonot puolensa, koska happi pääsee liukenemaan lämmitysjärjestelmän veteen, mikä saa aikaan lämmitysjärjestelmässä olevien metallisten osien altistumista korroosiolle. Tämän takia avoimet paisunta-astiat ovat harvinaisempia kuin suljetut paisuntajärjestelmät. (Rakennustieto 2015.)



KUVIO 7. Paisunta-astia (Helsinkicaravan 2015)

### 6.3 Peruskäsitteet paisunta-astioiden laskemiseksi

Paisuntalaitteen valinnassa täytyy ymmärtää staattinen korkeus eli pumpun nostokorkeus, joka tarkoittaa järjestelmän korkeutta paisuntalaitteen ja korkeimman kohdan välillä vesipatsasmetreissä laskettuna (1 vesipatsasmetri = 0,1 bar).

Seuraavaksi täytyy ymmärtää veden tilavuus järjestelmässä, joka on lämpölähteen ja lämmitysjärjestelmän vesitilavuuksien summa, kun järjestelmästä on poistettu ilma.

Paisunta-astioiden mitoituksessa paisuntatilavuus lasketaan seuraavasti: tilavuus x tilavuuden kasvu keskimääräisessä lämmityslämpötilassa.

Esimerkki: lämmityslämpö 90 / 70 °C, eli keskimäärin 80 °C. Katsotaan taulukosta kohdalta 10 – 90 °C ja saadaan tilavuuden kasvuksi 3,58 % (TAULUKKO 2).

Lämpöpiirissä kiertävän nesteen tilavuuden laskeminen paisunta-astian suuruuden määrittämiseksi on otettava huomioon. Kierresaumailmaputken pituus 1,7 m, halkaisija 200 mm johon menee 0,7 m wirsboa / kierros ja 1,5 metrin matkalle wirsboa menee 75 kierrosta. Tästä lasketaan wirsbon menekki esilämmityslaitteessa  $0,7 * 75 = 52,5 m$ . Lisätään palomuurissa olevan kierukan

pituus 15 m saadaan lämpöpiirin kokonaispituus. Lämpöpiirin kokonaispituus  $52,5 + 15 = 67,5 \text{ m}$ . Tämän jälkeen voidaan laskea lämpöpiirin tilavuus.

Tilavuuden laskemiseksi tarvitaan seuraavat putken mitat:

- $R1 =$  putken sisempi säde 8 mm
- $L =$  putken pituus 67500 mm
- tilavuus  $V = \pi * R1 * R1 * L$

$$\text{Tilavuus } V = \pi * 8 * 8 * 67500 \text{ mm} = 13,5716 \approx 14 \text{ litraa}$$

paisunta-astian mitoitus = *tilavuus \* tilavuuden kasvu* 3,58 %, (10-90C°).

$$14 * 3,58 \% = 0,5012 \approx 0,5 \text{ litraa}$$

Esilämmityslaitteen paisunta-astian vähimmäistilavuudeksi saatiin 0,5 litraa, jonka mukaan voitiin valita sopiva astia. (Flamco Group 2015).

TAULUKKO 2. Veden tilavuudenkasvu prosentteina (Flamco Group 2015)

Lämpötilan nousu [°C]	Tilavuuden kasvu [%]
10 – 25	0,35
10 - 30	0,43
10 - 35	0,63
10 - 40	0,75
10 - 45	0,96
10 - 50	1,18
10 - 55	1,42
10 - 60	1,68
10 – 70	2,25
10 - 80	2,89
10 - 90	3,58
10 - 100	4,34
10 - 110	5,16

## 6.4 Lämpöpiirin eriste

Esilämmityslaitteen ja siihen kuuluvan lämpöpiirin eristeelle on tietynlaiset vaatimukset, jotka pitää ottaa huomioon laitteen asennuspaikan ollessa kylmässä tilassa. Kylmässä tilassa olevan laitteen eristämässä on otettava huomioon kondenssi, joka syntyy kylmän ja lämpimän ilman kohdatessa.

Ehtona miten kondenssi syntyy: tiivistymiskohdan lämpötilan on oltava alhaisempi kuin ohi virtaavan ilman kastepistelämpötila. Diffuusio siirtää kosteutta eli vesihöyryä ympäristöön jossa kosteutta ei pystytä sitomaan kylmemmässä tilassa, jolloin kosteus tiivistyy eli kondensoituu. Vesihöyryä liikuttaa ilmanpaine ero tai ilmanvirtaus. (Kuntoarviot 2015.)

Tämän johdosta pitää valita tarkoitukseen paras mahdollinen eriste. Ilmastointiputkissa missä kondenssiveden muodostuminen on hyvin todennäköistä, käytetään solukumieristettä. Sitä saa alan liikkeistä itseliimautuvana tai ilman liimaa olevana mattona. Eristevahvuuksia on 9 mm:stä aina 25 mm:iin asti. Tässä työssä käytetään edellä mainittua solukumieristettä esilämmityslaitteessa. Wirsbo, joka kulkee esilämmityslaitteelta teknisen tilan palomuurissa olevaan kierukkaan, käytetään solukumiputkieristettä.



## 7 ESILÄMMITTIMEN JA JÄRJESTELMÄN OSAT JA KUSTANNUKSET

Ennen tuloilman esilämmittimen kokoamista täytyi tehdä lista tarvittavista osista ja tarvikkeista, joita tarvitaan esilämmityslaitteen kokoamiseen. Listan perusteella oli hyvä katsoa onko puuttuvia osia tai tarvikkeita ja tarkistaa vielä kerran, että ne ovat esilämmityslaitteeseen sopivia. Tämä toiminta oli hyvä tehdä, niin kokoaminen onnistuisi ilman turhia keskeytyksiä.

Tarvittavat tarvikkeet ja osat:

• kierresaumaputki 1,7m	17,60€
• ilmastointikanavan muuntoliitin 125/200	5,85€
• wirsbo 75m	112,50€
• solukumieristematto 1,5 m <sup>2</sup> 39€ /m <sup>2</sup>	58,50€
• solukumiputkieriste 6 m	18,48€
• 2kpl lämpömittareita	11,80€
• paisunta-astia	84,00€
• kiertovesipumppu 12 v + johtoa ja pistoke	42,90€
• 2 kpl pallohana	65,84€
• 1 kpl T-haara	9,15€
• 1 kpl T-haara ilmaruuvilla	23,50€
• 5 kpl väliholkki	28,25€
• läpivientiputki 32mm	1,50€
• putkikannake 5 kpl	22,25€
• glykoli 3L	13,99€
• itseporautuvia ruuveja 4,2x16mm (2000kpl)	22,10€
• reikävanne sinkitty 19 mm * 0,75 mm * 10000 mm	9,90€
• ilmastointiteippi 50 mm * 50 m	10,90€
• sähköasentajan asennustyö	100,00€

Yhteensä:659,01€

Työkaluille ja suojaimeille ei lasketa kustannuksia, koska ne ovat jo olemassa ja niitä ei tarvitse ostaa esilämmittimen valmistamista varten.

Tarvittavat työkalut:

- ruuvipenkki
- akkuporakone
- ruuvikärkisarja
- kuviosaha
- rautasaha
- metalliporanteriä
- pihdit
- lista-avainsarja
- jakoavain
- kulmahiomakone
- puukko
- suojaimet: suojalasit, kuulosuojain, hengityssuojain ja suojakäsineet

## 8 KOKOAMISSUUNNITELMA

Kokoaminen onnistuu hyvin esimerkiksi autotallissa, tarvittavat työkalut ja tarvikkeet pitää olla valmiiksi katsottuna työtilaan. Työjärjestys täytyy suunnitella ennen kokoamisen aloittamista, jotta säästytään ylimääräisiltä työvaiheilta ja säästetään materiaalikustannuksista sekä saadaan lopputuloksena valmis hyvä tuote.

Ennen kokoamisen aloittamista tehdään hankituista tarvikkeista analyysi, jotta kaikki tarpeellinen on otettu huomioon ja vertaillaan vielä eri vaihtoehtoja materiaaleissa sekä tarkistetaan vielä käytettävä materiaali ja todetaan se sopivaksi käyttötarkoitukseen. Tämän jälkeen voidaan aloittaa kokoonpanotyö valmiiksi suunnitellussa järjestyksessä.

Kokoaminen aloitetaan valitsemalla kierresaumaputki, joka on valmiiksi katkaistu mittaan 1700 mm. Kierresaumaputki kiinnitetään tukevasti ruuvipenkkiin, jonka jälkeen otetaan valmiiksi mitoitettu wirsbo. Wirsboa on 75 kierrosta 700 mm/kierto johon vielä lisätään matka esilämmittimeltä talon tekniseen tilaan jonka jälkeen mitoitetaan pituus suunnassa wirsbo putken keskikohta. Taivutetaan wirsbon keskikohdalta wirsbo noin 100 mm säteellä vastakkain. Näin saadaan meno- ja paluuputki rinnakkain. (KUVIO 7) Tarkoituksena pitää mahdollisimman tasainen lämpötila koko esilämmittimen pituusmatkalla. Taivuttamisessa täytyy olla varovainen, koska liian jyrkkä taivutus litistää wirsbon toimintakelvottomaksi.

Kiinnitetään wirsbo kierresaumaputkeen kumiklemmarilla 100mm päähän putken päästä ja aloitetaan wirsbon kiertäminen kierresaumaputken ympärille. Kun wirsbo on kierretty koko matkalle, kiinnitetään loppuosa kumiklemmarilla 100 mm kierresaumaputken päästä.

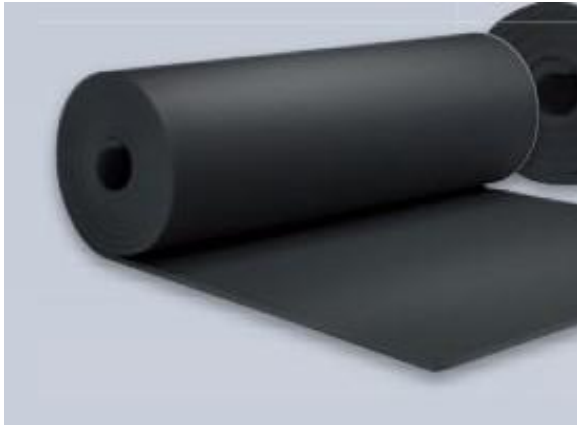
Tämän jälkeen ilmastointiputken ympärille on asennettava eriste. Esilämmityslaitteen eristäminen on tehtävä huolellisesti, koska laite sijaitsee kylmässä tilassa. Esilämmityslaitteen hyötysuhteeseen vaikuttaa erityisesti se kuinka hyvin laite on eristetty. Tämän esilämmityslaitteen eristys tehdään itseliimautuvalla solukumieristeellä. Eristäminen suoritetaan leikkaamalla

solukumieriste oikeaan mittaan ja kierretään esilämmityslaitteen ympärille voimakkaasti painamalla, niin eriste tarttuu hyvin kiinni ja sen jälkeen teipataan sauma ilmastointiteipillä.

Solukumieriste armaflex (KUVIO 8), joka on tehty umpisoluisesta joustavasta eristemateriaalista ja sen perusraaka-aineena käytetään synteettistä kumia. Eristeellä on hyvän joustavuuden lisäksi erinomaiset tekniset arvot. Näillä ominaisuuksilla umpisoluiseseen rakenteeseen yhdistettynä eriste on erittäin hyvä kondenssi- ja lämpöeriste. Eriste sopii käytettäväksi ilmanvaihtokanavissa ja kylmävesiputkissa kondenssi veden estämiseen, mutta myös lämpöeristeenä ilmanvaihtokanavissa se on erittäin hyvä. (Taloon.com 2015.)



KUVIO 8. Esilämmityslaite



KUVIO 9. Solukumieriste (Taloon 2015)

Eristämisen jälkeen tehdään 50 mm:n päähän putken päästä, kierresaumaputken molempiin päihin eristeen läpi 6 mm:n reiät. Reikiin asennetaan kuminen kaapelinläpivienti ja lämpöanturit. Lämpöantureiden avulla seurataan esilämmityslaitteessa kulkevan ilman lämpötilan muutosta ilmanottoaukosta ilmanvaihtokoneelle. Lämpöanturien johdot teipataan eristeen päälle ja johdetaan asennusvaiheessa lämpömittareihin teknisessä tilassa.

## 9 TULOILMAN ESILÄMMITTIMEN SIJOITUS

Tuloilman esilämmittimen sijoitus tulisi suunnitella mahdollisimman lähelle ilmanvaihtokonetta, niin se olisi kustannus- ja energia tehokkuuden kannalta hyvä. Esilämmityslaitteen asennus tulee sijoittaa heti tuloilmanottoritolan ja ilmanvaihtokoneen väliselle paikalle. Sijoittamisessa pitää huomioida asennustila, johon laitteen on mahduttava. Lisäksi esilämmityslaitteeseen tulevat muut komponentit tulee huomioida.

Asennus tulee suorittaa niin, että laitteen vuosihuolto olisi mahdollisimman vaivatonta, vaikka laitteessa itsessään ei ole huoltoa vaativaa kokonaisuutta. Ainoa huolto, mikä laitteelle tulee tehdä, on ilmaputken nuohous tarpeen mukaan. Tässä opinnäytetyössä esilämmittimen paikaksi valittiin talon takana olevan kuistin välipohja ja vesikaton välinen ilmatila. Välipohjan päältä on lyhyt matka ilmanvaihtokoneelle ja tilaa on riittävästi esilämmityslaitteelle. Välipohjalle meno on järjestetty helpoksi tekemällä kulkuluukku välipohjan alla olevaan harvalaudoitukseen.

## 10 ASENTAMINEN

Esilämmityslaitteen asennustyö jälkikäteen onnistuu tässä projektissa hyvin, koska laite tuli tilavaan paikkaan ja ilmanvaihtokone oli ulkoseinän vieressä. (KUVIO 9) Asennustyön aikana ei tarvinnut purkaa kuin ilmastointikoneen päältä vanha tuloilman ilmaputki.

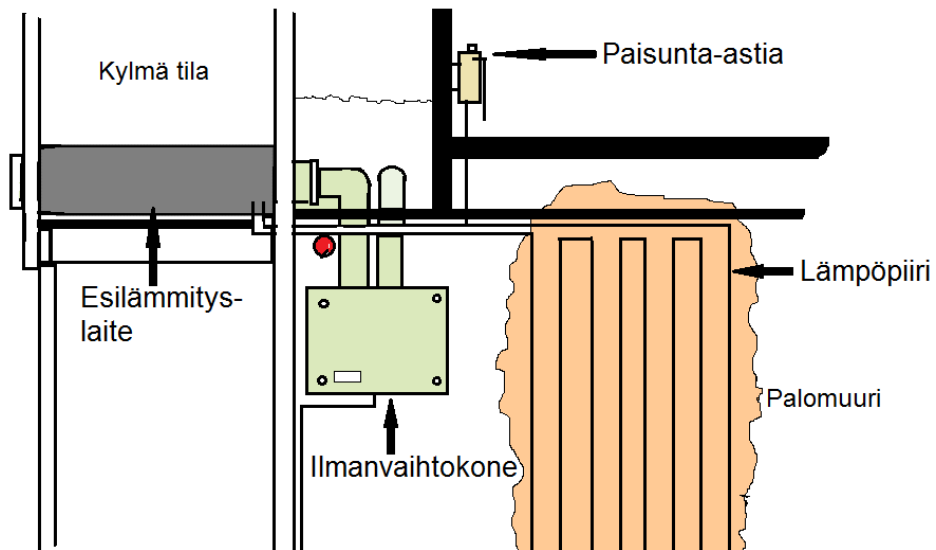
Ennen asennusta täytyi kerätä tarvittavat työkalut lähelle työpistettä, niin asennus onnistui sujuvasti. Ensimmäiseksi täytyi sammuttaa ilmanvaihtokone, ettei sinne pääse asennuksen aikana epäpuhtauksia. Seuraavaksi poistetaan vanha tuloilman ilmaputki tuloilmaritilän ja ilmanvaihtokoneen väliltä.

Asennetaan muuntoliitin 125/200 ilmanvaihtokoneeseen johon liitetään tuloilmanesilämmityslaite. Esilämmityslaitteeseen asennetaan jatkoliitin jolla jatketaan putkea, niin se riittää ulkoseinälle tuloilmaritilälle asti. Näiden asennuksien liitokset kiinnitetään tähän tarkoitukseen varatuilla peltiruuveilla, liitokset teipataan ilmastointiteipillä ja eristetään lopuksi.

Esilämmityslaite kiinnitetään kiinnityspannoilla välikaton puurakenteisiin, jonka jälkeen viedään esilämmityslaitteen meno- ja paluuputki sekä lämpöanturien johdot talon tekniseen tilaan, johdot liitetään lämpömittareihin. Suoritetaan meno- ja paluuputkien liitokset palomuurin kierukkaan ja asennetaan T-haara menopuolelle johon liitetään paisunta-astia, paisunta-astian pitää olla lämpöpiirin yläpuolella. Paluupuolelle lämpöpiirissä asennetaan T-haara ilmaruuvilla ja kiertovesipumppu, johon on sähköalan ammattilainen asentanut valmiiksi sähköjohdon ja pistotulpan. Meno- ja paluuputket kiinnitetään tähän tarkoitukseen varatuilla kiinnikkeillä teknisen tilan sisäkattoon.

Lämpöpiirin putket eristetään esilämmityslaitteelta tekniseen tilaan solukumiputkievisteellä, jonka jälkeen lämpöpiirin putkisto täytetään nesteellä eli vesi-glykoliseoksella jäätymisen estämiseksi. Neste lisätään lämpöpiiriin paisunta-astian kautta ja lämpöpiiri ilmataan ilmaruuvista. Ilmaaminen on suoritettava huolella, että kiertovesipumppu kierrättää nestettä lämpöpiirissä. Tämän jälkeen

tuloilman esilämmitinlaite on käyttö kunnossa, neste alkaa kiertämään lämpöpiirissä laittamalla kiertovesipumpun 12 voltin muuntajan pistokkeen maadoitettuun pistorasiaan.



KUVIO 10. Esilämmityslaitteen asennuspaikka



## 11 JÄRJESTELMÄN KUNNOSSAPITO

Esilämmityslaitetta ja siihen kuuluvia muita osia pitää huolta säännöllisesti, samoin kuin kaikkia muitakin laitteita. Tällä toimenpiteellä varmistetaan laitteen moitteeton toiminta pitkäksi aikaa eteenpäin.

Kunnossapitotoimet tulee tehdä vuosittain, johon kuuluu esilämmityslaitteen kierresaumaputken nuohous ulkoa päin ilmanottosäleiköltä ilmastointikoneelle, joka tehdään ilmastointiharjalla ja imuroimalla. Tämä toimenpide tulee tehdä aina ennen ilmanvaihtokoneen suodattimien vaihtoa. Työn voi tehdä itse kun on tehtävään sopiva ilmastointiharja ja imuri itsellä tai ostaa palvelu alan yritykseltä.

Järjestelmään kuulu lämpöpiiri, joka vaatii tarkastuksia säännöllisesti. Piirissä kiertävän nesteen määrä on pidettävä riittävänä, että neste kiertää ja siirtää lämpöä moitteettomasti. Lämpöpiirin ollessa avoin järjestelmä siinä tapahtuu nesteen häviämistä pitkällä aikavälillä, joten nestettä pitää lisätä tarvittaessa. Nesteen määrän tarkastus ja lisäys tapahtuu lämpöpiirissä olevan paisunta-astian kautta.

## 12 TUOTTEEN JATKOKEHITYS

Tuotekehitys on yksi tärkeistä asioista, kun esilämmityslaitte on tehty ja otettu käyttöön, se ei tarkoita, että se olisi valmis tuote. Aina on tuotteessa kehittämisen varaa, pitää vain tutkia tuotetta käytössä ja miettiä mahdollisia parannus keinoja. Hyvin onnistuneessa tuotteen kehittämisessä saadaan tuloksia parannettua hyötysuhteessa ja kustannuksissa.

Esilämmityslaitteen tuotekehitykselle on automatisoinnilla suuri merkitys. Automatisointia käytetään lämpöpiirissä kiertävän nesteen kiertonopeuden ja lämpötilan seurantaan. Lämpötilaa tulee seurata lämpöpiirissä kiertävästä nesteestä, ilmaputkessa virtaavasta ilmasta ja ilmanvaihtokoneelta huoneistoon puhaltamasta ilmasta. Nämä kaikki yhdessä vaikuttavat ilmanvaihtokoneen huoneistoon puhaltaman ilman lämpötilaan, joka pitää olla tasaisesti saman lämpöistä riippumatta ulkolämpötilasta. Tämä vaikuttaa erityisesti asumismukavuuteen.

Automatisoinnissa tulee huomioida esilämmityslaitteen käyttö vuosiksi eteenpäin, jonka vuoksi laitteeseen kannattaa investoida ohjelmoitava logiikka, se on kehittämisen kannalta eduksi. Ohjausjärjestelmän muuttaminen jatkossa kehityksen mennessä eteenpäin on kustannustehokasta ja helpompaa.

Materiaalin valintaa esilämmityslaitteelle on hyvä tarkastella ja miettiä paremmin lämpöä johtava materiaali ilmaputkeksi. Eriste vahvuutta parantamalla saadaan myös esilämmityslaitteen hyöty paremmaksi.

Esilämmityslaitteen kehityksessä tulee huomioida myös muita vaihtoehtoja joilla voidaan ottaa lämpöä talteen, niitä voi yhdistää toimimaan rinnakkain tai erikseen riippuen mikä lämmöntalteenotto piiri tuottaa eri vuoden aikaan parhaiten lämpöä. Näitä vaihtoehtoja ovat maapiirilämpö, aurinkokeräinlämpö, teknisentilanlämpö ja palomuurinlämpö tai jokin muu mahdollinen lämmöntalteenotto tekniikka.

## 13 YHTEENVETO

Tavoitteena oli rakentaa koneelliseen ilmanvaihtojärjestelmään itse koottava ja asennettava tuloilman esilämmityslaite, jossa hyödynnetään palomuurin lämpöä. Työssä suunniteltiin esilämmityslaitteeseen käytettäviä eri materiaaleja, jotka olivat helposti työstettäviä ilman erikoisia työkaluja. Tuloilman esilämmityslaitteen tehtävä oli säästää energiaa talviaikana, kun tuloilmaa pitää lämmittää pakkaskaudella ja korvata sähköllä toimiva jälkilämmityspatteri ilmanvaihtokoneessa.

Ilmanvaihdon toimintaperiaatetta tarkastelin erilaisilla toiminta vaihtoehdoilla, joita olivat koneellinen ilmanvaihto ja painovoimainen ilmanvaihto. Työssä tarkastelin ilmanvaihtokoneessa kiinteästi ja erikseen olevia esilämmityspattereita ja jälkilämmityspattereita.

Koneellisen ilmanvaihdon esilämmityksen ja jälkilämmityksen käyttötarkoitusta tarkastelin. Vertailin energiavaihtoehtoja, jolla esilämmitys-/ jälkilämmityspatterit lämmitettiin. Tarkastelin sähkön ja maalämmön käyttöä tuloilman esilämmityksessä. Maalämmössä käytössä olevat järjestelmät olivat lämpökaivo, maalämpöpiiri ja vesipiiri.

Esilämmitinlaitetta suunniteltaessa oli valittavana lämmön talteenottoaika. Vaihtoehtoina oli maalämpö, teknisentilan ylätila ja palomuri tai kaikki yhdessä. Tässä työssä valitsin palomuurin, se oli kustannustehokas vaihtoehto.

Itse koottavan esilämmityslaitteen toimintaa ja palomuurista kerättävää lämmön siirto järjestelmää palomuurista esilämmityslaitteelle suunnitelin. Lämmön siirtojärjestelmäksi valitsin nestekiertoisen järjestelmän. Esilämmittimen suunnittelussa tuli ottaa huomioon materiaalit, että se oli mahdollista tehdä tee-se-itse menetelmällä. Ilmaputken materiaali vaihtoehtoina oli sinkitty kierresaumaputki, pituussaumattu galvanoituputki, ruostumaton teräsputki, PVC-putki ja alumiiniputki. Näistä putkivaihtoehdoista valittiin kierresaumaputki, koska sitä saa rautakaupasta hyllytavarana. Hinta on kohtuullinen, sitä on helppo työstää ja se on riittävän kestävä materiaali.

Lämpöpiirin materiaalina tarkastelin ilmaputkea, kupariputkea ja wirsboa. Valittavaksi tuli wirsbo, helpon työstettävyyden ja alhaisemman kustannuksen takia. Lämmön siirtämiseen lämpöpiirissä valitsin vesi glykoli seoksen jäätymisvaaran vuoksi. Nesteen lämmön vaihtelun ja siitä johtuvan nesteen tilavuuden muutoksen vuoksi täytyi järjestelmään suunnitella paisunta-astia. Tässä työssä valitsin asuntovaunun nestekiertoiseen lattialämmitykseen tarkoitetun paisunta-astian. Lämpöpiirin tilavuus laskettiin kaavalla ( $V = \pi * R1 * R1 * L$ ), jossa R1 on putken sisempi säde ja L = putken pituus.

Tilavuus  $V = \pi * 8 * 8 * 67500 \text{ mm} = 13,5716 \approx 14 \text{ l}$ . Tämän jälkeen katsoin taulukosta nimeltä veden tilavuuden kasvu prosentteina. Tulokseksi tuli 3,58 %.

Tästä laskettiin paisunta-astian tilavuus  $14 * 3,58 \% = 0,5012 \approx 0,5 \text{ litraa}$ .

Lämpöpiirin eristämiseen täytyi löytää sellainen eriste, joka soveltui kylmän ja lämpimän rajapinnassa olevaan kohteeseen ja toistuviin lämmönvaihteluihin. Eristeitä tarkastelin mikä sopisi parhaiten tähän kohteeseen. Parhaaksi eristeeksi tähän tarkoitukseen oli solukumieriste, jota käytetään ilmastointiputkissa missä kondenssiveden muodostuminen on hyvin todennäköistä. Eristeen valitsin vaikka hinta tällä eristeellä oli kallis verrattuna muihin vaihtoehtoihin.

Esilämmittimen osien ja kustannusten tarkastelussa täytyi huomioida kustannustehokkuus, jotta osat soveltuvat tarkoitukseen ja kustannukset eivät nousisi liian paljon. Tutkin internet verkosta välittäjien sivuilta osien soveltuvuutta ja vertailin hintatasoa, jonka perusteella valitsin esilämmitinlaitteen osat. Esilämmittimen sekä muiden osien hinnaksi muodostui 659 €, joka on kohtuullinen ja toteutettavissa.

Kokoamisen suunnittelin tehtäväksi autotallissa ja totesin, että työjärjestys ja tarvikkeiden järjestys työtilassa on eduksi työn onnistumiselle. Kokoamisen aikana tarkastelin materiaalien ominaisuuksia, jotta työ saatiin tehtyä vaurioittamatta esilämmitintä toimintakelvottomaksi. Wirsbon kiinnittämiseen kierresaumaputkeen oli paras vaihtoehto kuminen klemmari, siinä ei ollut teräviä kulmia mikä vahingoittaisi wirsboa. Wirsbon kiinnittämisen jälkeen suoritin eristämisen suunnitellun työjärjestyksen mukaan.

Esilämmitinlaitteen sijoittamisessa tuli ottaa huomioon ilmanvaihtokoneen sijainti, jonka läheisyyteen esilämmitinlaite täytyi asentaa. Tilan täytyi olla riittävän suuri ja kulku esilämmityslaitteelle hyvä. Huoltotoimenpiteet täytyi pystyä tekemään ongelmitta. Tarkasteltua nämä asiat tuli sijoituspaikaksi talon takana olevan kuistin välipohja.

Asentamista tarkasteltaessa täytyi laatia työjärjestys ja toteuttaa työvaiheet suunnitelman mukaisesti. Ennen asennusta oli purettava vanha tuloilman ilmastointiputki, jonka jälkeen esilämmitinlaite voitiin asentaa paikoilleen ja tehdä tarvittavat kiinnitykset ja liitokset.

Järjestelmän kunnossapidon tarkastelussa piti huomioida huoltoa tarvitsevat komponentit. Esilämmityslaitteen ilmaputki ja lämpöpiiri vaativat vuosittaista huoltoa, jotta toiminta pysyy moitteettomana.

Tuotteen kehityksessä tarkasteltavana oli neljä asiaa, joita olivat automatisointi logiikalla, materiaalin parantaminen lämpöä paremmin johtavalla aineella, eristevahvuutta lisäämällä ja lämmöntalteenottopeirejä lisäämällä.

## 14 POHDINTA

Työn tavoitteena oli tehdä koneelliseen ilmanvaihtojärjestelmään tuloilman esilämmitin, jonka pystyi itse kokoamaan ilman erikoistyökaluja ja asentamaan paikoilleen. Rajasin tämän opinnäytetyön siten että, jätin käsittelemättä palomuurissa olevan lämpöpiirin ja keskityin vain esilämmityslaitteen valmistamiseen.

Esilämmittinlaitteen tavoitteisiin asetin luotettavuuden, joka ei saa haitata ilmastoinnin muuta toimintaa. Vähittäisvaatimuksena oli tavoitteena esilämmitinlaitteen yksinkertainen käyttö, toimintavarmuus ja mahtuminen suunniteltuun asennustilaan. Tämä tavoite mielestäni onnistui. Toivomuksena esilämmitinlaitteelle oli olla rakennuksesta ulospäin huomaamaton, komponentit täytyi löytyä rautakaupasta tai verkkokaupasta ja kustannuksiltaan hinta-laatusuhde oli oltava optimaalinen. Toivomukset tulivat myös täytetyksi. Energiansäästö oli esilämmitinlaitteen toiminnan perusasia. Näihin tavoitteisiin pääsemiseksi käytin aineistona internet sivuja, jotka olivat tähän työhön sopivaa tiedon keruu sivustoja.

Ratkaisuksi esilämmitinlaitteen valmistamiseksi löytyi internet sivulta usean vaihtoehdon jälkeen kierresaumaputki, wirsbo ja siihen sopiva solukumieriste. Vaihtoehtoja vertaillen ratkaisuksi päätyneet materiaalit olivat sopivia tämän työn tekemiseen käyttötarkoituksen ja hinnan perusteella.

Kierresaumaputki oli hinnaltaan muihin verrattuna kohtuullinen ja kestävyys esilämmitinlaitteen valmistamiseksi sopiva. Samoin wirsbon hinta ja kestävyys olivat tarkoituksen mukaiset, sekä wirsbon kiertäminen kierresaumaputken ympärille oli muihin vaihtoehtoihin verrattuna hyvä. Solukumieriste oli hinnaltaan arvokasta, mutta sen materiaali tämän työn tarkoitukseen oli paras mahdollinen. Eristemateriaalin hyvyys ratkaisi sen käytön tässä työssä. Nämä kaikki materiaalit löytyivät rautakaupasta tai verkkokaupasta ja niiden työstäminen ei vaatinut erikoistyökaluja. Näiltä osin esilämmittimen rakentaminen onnistui hyvin.

Energiansäästön tarkasteluun laadin säästötavoite taulukon, vuoden keskilämpötilat löytyivät internet sivustolta. Ilmanvaihtokoneen sähkönkulutusta mittasin sähkönkulutusmittarilla. Nämä tulokset kirjasin säästötavoite taulukkoon. Esilämmitinlaitetta ei tässä työssä asennettu paikoilleen, joten arvioin sähkönkulutuksen energiansäästö taulukossa kohtaan, jossa esilämmitinlaite on asennettu paikoilleen. Sähkönkulutus mittaukset suoritin pienentämällä ilmanvaihtokoneen sähköpatterin lämpöä termostaatista. Tältä osin en päässyt tavoitteeseen, koska en saanut asennettua esilämmitinlaitetta paikoilleen enkä saanut mitattua todellista tulosta lämmönsiirrosta ja energiansäästöä, mutta uskon esilämmitinlaitteen toimivan energiaa säästävästi.

Tässä opinnäytetyössä hyväksi havaitsin sen että, oli mahdollista toteuttaa tekemällä esilämmitinlaite itse ja asentaa se itse paikoilleen. Vaikka esilämmitinlaite ei vielä ole paikoillaan niin en näe mitään estettä sen paikoilleen asentamiseen.

Huono asia tässä työssä on materiaalin valinta, joka on huonosti lämpöä johtavaa ja sen vuoksi laite on säteilylämmitin, jonka takia hyötysuhde jää huonommaksi. Huonoa tässä on myös sekin että, en saanut laitetta paikoilleen asti jotta, olisin voinut testata sen käytännössä. Jos esilämmitin olisi ollut paikoillaan, olisi siitä voinut tehdä tarkat mittaukset. Mittauksia olisi pystynyt tekemään nesteestä joka kiertää lämpöpiirissä ja ilmaputken läpi menevästä ilmasta. Näillä mittaustuloksilla olisi saatu esilämmittimen tarkka tehokkuus selville. Se jää nyt myöhäisemmäksi ajankohdaksi kun, saan esilämmitinlaitteen asennettua paikoilleen. Laitteen tehokkuus jää arvailujen ja uskomuksen varjoon, koska tarkkoja mittauksia ei saada tehtyä.

Parannettavaa olisi materiaali valinnoissa, niin ne olisivat paremmin lämpöä johtavia ja hyötysuhdekin olisi parempi. Lämmöntalteenottoon voisi olla useampi piiri. Se jatkaisi esilämmittimen lämmöntalteenottoa syksyllä ja keväällä. Kustannuksia tulisi parannus menettelyillä enemmän, mutta se tulisi maksamaan itsensä takaisin ajan kuluessa energian säästön muodossa.

Opinnäytetyötä tehdessäni huomasin työhön liittyviä aiheita olevan paljon internet sivuilla. Ongelmana oli päättää mitä lähteitä käyttää työssä, vaikka jokaisella

sivustolla oli samankaltaisia asioita aiheesta. Aikani harhailtuani sivustoilla opin päättämään mitä sivustoa on työn kannalta hyvä käyttää lähteenä. Internet sivuilla löytyi paljon kuviota joita pystyin käyttämään työssä selventämään työtäni.

Alkuperäinen suunnitelmani rakentaa esilämmitinlaite onnistui hyvin, mutta laitteen asentaminen paikoilleen jäi vielä keskeneräiseksi johtuen henkilökohtaisista syistä.

Työssäni sain vastauksia niihin kysymyksiin ja ongelmiin, mitkä olivat tavoitteissani lukuun ottamatta esilämmitinlaitteen lämmönsiirtokykyä ja tehoa.

Tämä opinnäytetyö on opettanut paljon käytännön ja teorian soveltamista mikä on milloinkin tärkeää, sekä suhtautumista nopeasti muuttuviin tilanteisiin opinnäytetyön valmistumisessa. Työssä oli paljon minulle valmiiksi ajateltuja asioita, kuitenkin uusien asioiden oppimista tapahtui paljon työn teon aikana.



## LÄHTEET

Esilämmityspatteri Enervent pegasos. Www-dokumentti. Saatavissa:  
<http://www.taloon.com/pegasos-ltr-7-esilammituspatteri>. Luettu 9.7.2015

Hyvää sisäilmaa, energiaa säästäen. Www-dokumentti. Saatavissa:  
[http://www.sahkoala.fi/koti/lampopumput\\_ja\\_ilmanvaihto](http://www.sahkoala.fi/koti/lampopumput_ja_ilmanvaihto). Luettu 30.9.2015

Ilmanvaihdon tehtävät ja toiminta 2015. Www-dokumentti. Saatavissa:  
<http://www.sisailmayhdistys.fi/paasivuista-toinen/ilmanvaihdon-perusteet>. Luettu 3.6.2015

Kuukauden keskilämpötilat. Www-dokumentti. Saatavissa:  
<http://www.ilmatieteenlaitos.fi/kuukausitilastot>. Luettu 26.10.2015

Lämpöä maasta. Www-dokumentti. Saatavissa  
<http://www.geofoorumi.fi/retkella/lampoamaasta.html>. Luettu 30.9.2015

Paisunta-astioiden mitoitus. Www-dokumentti. Saatavissa:  
[https://www.flamcogroup.com/.../ins\\_fin\\_exp\\_automats\\_calculation.pdf](https://www.flamcogroup.com/.../ins_fin_exp_automats_calculation.pdf). Luettu 9.7.2015

14.5.2015 Merkonomi Hannu Mikkonen. Www-dokumentti. Saatavissa:  
<http://www.merkonomi.hannumikkonen.com/markkinointi/tuotekeh.html>. Luettu 3.6.2015

Paisuntajärjestelmän valinta. Www-dokumentti. Saatavissa:  
<https://www.rakennustieto.fi> pdf. Luettu 28.8.2015

Paisunta-astia. Www-dokumentti. Saatavissa:  
<http://www.kauppa.helsinkicaravan.fi>. Luettu 21.8.2015

Rakentaja.fi/ilmanvaihtokoneet. Www-dokumentti. Saatavissa:  
[https://www.rakentaja.fi/kauppa/ilma/ilmanvaihtokoneet\\_lto](https://www.rakentaja.fi/kauppa/ilma/ilmanvaihtokoneet_lto). Luettu 9.7.2015

Rakennusfysiikkaa lämpökuvaajille pdf. Www-dokumentti. Saatavissa:  
<http://www.kuntoarviot.net/files/8047.pdf>. Luettu 24.9.2015

Tuottolämpö. Www-dokumentti. Saatavissa:  
<http://www.tuottolampo.com/maalampo.html>. Luettu 29.9.2015

Vaihtoehdot ilmaputken materiaalille. Www-dokumentti. Saatavissa:  
<http://www.taloon.com/ilmastointiputki>. Luettu 5.8.2015

Lämpöpiirin wirsbo putki. Www-dokumentti. Saatavissa:  
[http://www.rakentaja.fi/kauppa/lampo\\_vesi/vesikertainen](http://www.rakentaja.fi/kauppa/lampo_vesi/vesikertainen). Luettu 9.7.2015