



**SAVONIA**

■ OPINNÄYTETYÖ - AMMATTIKORKEAKOULUTUTKINTO  
TEKNIIKAN JA LIIKENTEEN ALA

# RIVITALOJEN ENERGIATEHOKKUUDEN PARANTAMINEN RAKENNE- JA LÄMMITYSMUODON MUUTOKSILLA

Rantasalmen kunta

TEKIJÄ: Heli Mähönen

Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala	
Koulutusohjelma Rakennustekniikan koulutusohjelma	
Työn tekijä(t) Heli Mähönen	
Työn nimi Rivitalojen energiatehokkuuden parantaminen rakenne- ja lämmitysmuodon muutoksilla	
Päiväys 10.4.2014	Sivumäärä/Liitteet 47/8
Ohjaaja(t) Pt. tuntiopettaja Matti Ylikärppä, lehtori Pasi Haataja	
Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani(t) Rantasalmen kunta	
<p>Tiivistelmä</p> <p>Tässä insinööriyössä käsiteltiin Rantasalmen kunnan 1980-luvulla rakennettua viittä rivitaloa, joissa on sähkölämmitys ja korkeat lämmityskustannukset sekä huono asukasviihtyisyys. Korkeitten lämmityskustannusten takia asuntoja on ollut usein tyhjiillään, joten tuli ajankohtaiseksi pohtia, mitä rivitaloille kannattaisi tehdä. Millä keinoilla rivitalojen energiatehokkuutta saataisiin parannettua vai tulisiko rivitalot purkaa? Insinööriyön tavoitteena oli kerätä tietoa rivitalojen energiatehokkuutta parantavista toimenpiteistä ja helpottaa rivitalojen tulevaisuutta koskevien päätösten tekemistä.</p> <p>Energiatehokkuutta parantaviksi toimenpiteiksi valittiin lämmitysjärjestelmän vaihdos sekä rakennemuutokset. Uusi lämmitysjärjestelmävaihtoehtoiksi valikoitui kaukolämmitys, pellettilämmitys, maalämpö sekä kolmessa talossa ilmalämpöpumpun ja sähkölämmityksen yhdistelmä ja kahdessa talossa, joissa on takka, takan ja sähkölämmityksen yhdistelmä. Lämmitysjärjestelmistä lähetettiin tarjouspyynnöt ja saatujen tarjousten kustannusten perusteella arvioitiin lämmitysjärjestelmävaihtoehtoja. Rakennemuutosvaihtoehtoja kartoitettiin nykyisten rakenteiden U-arvojen avulla sekä Suomen rakentamismääräyskokoelman osan D5 laskelmien avulla. Mahdollisiksi rakennemuutoksiksi tuli yläpohjan lisäeristäminen, alapohjan ja ulkoseinän välisen liitoksen tiivistäminen, ulkoseinien nurkkaliitosten tiivistäminen, ulko-ovien ja terrassiovien vaihtaminen sekä ikkunoiden uusiminen tai tiivistäminen. Rakennemuutosten kustannukset laskettiin kirjojen "Korjausrakentamisen kustannuksia 2013" ja "Rakennusosien kustannuksia 2013" avulla.</p> <p>Tämän insinööriyön tuloksiksi saatiin tiedot energiatehokkuutta parantavista muutosvaihtoehtoista, niiden kustannukset, tuomat säästöt sekä takaisinmaksuajat. Tulokset tulevat auttamaan, kun pohditaan Sarvitiien rivitalojen tulevaisuutta. Työstä selviää, että purkaminenkaan ei ole aivan halpaa, joten se ei ole itsestään selvä vaihtoehto. Lisäeristämisestä ainoastaan yläpohjan lisäeristys on kannattavaa ja liitosten tiivistäminen lisää asukasviihtyisyyttä. Huonosta U-arvosta huolimatta hyväkuntoisia ikkunoita ei välttämättä kannata alkaa automaattisesti uusimaan vaan vaihtoehtoja ja säästöjä tulee pohtia laajemmin. Lämmitysjärjestelmiä voidaan vertailla monesta eri näkökulmasta, joten lämmitysjärjestelmän uusiminen ei ole helppoa ja vaihtamista tuleekin pohtia tarkoin.</p>	
Avainsanat Energiatehokkuus, lämmitysjärjestelmät, tiiviys, U-arvo	
Julkinen	

Field of Study Technology, Communication and Transport			
Degree Programme Degree Programme In Construction Engineering			
Author(s) Heli Mähönen			
Title of Thesis Improving Energy Efficiency of Row Houses			
Date	10 April 2014	Pages/Appendices	47/8
Supervisor(s) Mr. Matti Ylikärppä, Lecturer Mr. Pasi Haataja, Lecturer			
Client Organisation /Partners Municipality of Rantasalmi			
<p>Abstract</p> <p>The purpose of the study was to find out the ways which improve the energy efficiency of five row houses. The work was commissioned by the municipality of Rantasalmi that owns the row houses. The row houses had been built in the 1980s with an electric heating system. The heating costs were high and satisfaction of the residents low. Because of the high heating costs, many apartments were without residents. So it was time to think what measures should be taken to improve energy efficiency or if the row houses should be pulled down? The main goal was to collect information about measures that improve the energy efficiency and to ease the making a decision about the future of the row houses.</p> <p>Changing the heating system and the structure were chosen to the improving measures. The new heating system options were district heating, pellet heating, a ground heat and air-source heat pump or a fireplace with electric heating. A request for quotations of the heating systems was sent to the companies. The heating system options were compared by using the costs and other information which were in the tenders. The options of structural changes were plotted by using the U-values of the structures and the calculations of the regulations. The options of structural changes were supplementary insulation of the roofing deck, the sealing of the abutment between the base floor and the exterior wall, the sealing of the abutment between the exterior walls, renovation of the front doors and renovation or sealing of the windows. The costs of the structural changes were calculated by using the books Korjausrakentamisen kustannuksia 2013 and Rakennusosien kustannuksia 2013.</p> <p>As a result of this study a lot of information was obtained concerning measures which improve energy efficiency, new heating systems and structural changes, costs of changes, energy savings and the repayment period of the changes. The results would ease the making of a decision when concerning the future of the row houses. It was proved that pulling down was not cheap so it was not an obvious choice. The supplementary insulation of the roofing deck was the only cost-effective measure when considering supplementary insulation. The results showed that sealing of the abutments increased satisfaction of the residents. It was also stated that if the U-value of the windows is bad even if the windows are in good condition, renovation of the windows is not the only choice. The results proved that changing of the heating system is not an easy job, because comparison ways are so many. Changing the heating system should be considered carefully.</p>			
Keywords energy efficiency, heating system, compactness, coefficient of thermal transmittance			

## TERMIT

Energialuokka	Kertoo rakennuksen energialuokituksen, ilmaistaan ET-lukuna sekä kirjaimilla A-G.
ET-luku	Rakennuksen energiatehokkuusluku (kWh/brm <sup>2</sup> /vuosi)
Hyötysuhde	Suhdeluku, joka kertoo, kuinka paljon ostoenergiaa lämmöntuottolaite hyödyntää.
Q <sub>50</sub>	Rakennuksen vaipan ilmanvuotoluku [m <sup>3</sup> /(h*m <sup>2</sup> )]
Q <sub>johtuminen</sub>	Johtumislämpöhäviöt eli rakennusvaipan läpi johtuva energia (kWh)
Q <sub>lämmitys, tilat, netto</sub>	Tilojen lämmitysenergian nettotarve (kWh/a)
Q <sub>lämmitys</sub>	Lämmitysjärjestelmän lämpöenergian kulutus (kWh/a)
Q <sub>lämmitys, tilat</sub>	Tilojen lämmityksen lämpöenergian tarve (kWh/a)
Q <sub>sis.lämpö</sub>	Lämmityksessä hyödynnettävät lämpökuormat yhteensä (kWh)
Q <sub>vuotoilma</sub>	Vuotoilman lämmityksen tarvitsema energia (kWh)
U-arvo	Lämmönläpäisykerroin, joka kuvaa rakenteen lämmöneristyskykyä (W/m <sup>2</sup> *K).

## SISÄLTÖ

1	JOHDANTO .....	7
2	SARVITIEN RIVITALOT .....	9
2.1	Nykyiset rakenteet .....	10
2.2	Nykyinen lämmitysjärjestelmä.....	12
2.2.1	Suora sähkölämmitys .....	12
2.2.2	Lämmityskulutukset ja -kustannukset.....	13
3	MÄÄRÄYKSIÄ RAKENTEISTA JA ENERGIANKULUTUKSESTA.....	16
3.1	Suomen rakentamismääräyskokoelmat.....	16
3.2	Ilmanvaihto ja sisäilma .....	17
3.3	Energiatehokkuuden parantaminen korjaus- ja muutostöissä .....	19
3.4	E-luku .....	20
3.5	Energiatehokkuusluku .....	21
4	ENERGIATEHOKKUUTTA PARANTAVAT RAKENNUMUUTOKSET JA KUSTANNUKSET .....	23
4.1	Energiatehokkuutta parantavat rakennemuutokset.....	23
4.1.1	Ilmatiiveysmittaus ja lämpökamerakuvaus .....	23
4.1.2	Tiiveyttä parantavat toimenpiteet.....	24
4.1.3	U-arvojen parantaminen .....	25
4.2	Rakennemuutosten kustannukset.....	27
5	LÄMMITYSJÄRJESTELMÄT JA NIIDEN INVESTOINTIKUSTANNUKSET .....	29
5.1	Kaukolämpö .....	30
5.2	Maalämpö .....	31
5.3	Pellettilämmitys .....	33
5.4	Sähkölämmitys ja takka tai ilmalämpöpumppu .....	34
5.4.1	Sähkölämmitys.....	34
5.4.2	Takka .....	34
5.4.3	Ilmalämpöpumppu .....	35
5.5	Lämmitysjärjestelmien kokonaiskustannukset ja niiden vertailua .....	35
6	TUET JA AVUSTUKSET .....	38
7	TULOKSET .....	39
7.1	Kustannukset.....	39
7.2	Investointien hyödyt .....	41

7.2.1	ET-luku muutosten jälkeen .....	42
7.2.2	Asukasviihtyisyys.....	42
8	YHTEENVETO JA POHDINTA .....	43
	LÄHTEET .....	45

## LIITTEET

Liite 1. Asemapiirustus

Liite 2. Yrityksien yhteystietoja

Liite 3. Rakennemuutosten kustannusten muodostuminen

Liite 4. Tarjouspyyntö Yrityksien yhteystietoja

Liite 5. Kartta, tila maalämmön keruuputkistolle

OSA LIITTEISTÄ ON JÄTETTY JULKAISEMATTA

## 1 JOHDANTO

Kesällä 2012, kun olin työharjoittelussa Rantasalmen kunnan teknisellä osastolla, kysyin mahdollisuuksista tehdä opinnäytetyöni Rantasalmen kunnalle. Työharjoitteluni tehtävät liittyivät energia-asioihin ja sovimme, että myös opinnäytetyöni liittyisi jollakin tapaa työharjoittelun aikaisiin tehtäviin. Opinnäytetyöaiheita olikin useampi ja niistä valitsin aiheen, joka liittyi Sarvitien rivitaloihin, koska se tuntui itselleni mielenkiintoisimmalta ja uskon, että siitä on minulle hyötyä tulevaisuudessa.

Sarvitien rivitalot (kuva 1) koostuvat kolmesta eri asunto osakeyhtiöstä, jotka ovat nimeltään Sarvitupa, Sarvirivi ja Sarvipuisto ja ne on rakennettu vuosina 1982–1986. Rivitaloissa on sähkölämmitys sekä As Oy Sarvipuiston asunnoissa on lisäksi varaavat takat. Asukkailta on tullut palautetta, että asunnot eivät ole kovin lämpimiä, joten lämmityskustannukset ovat tulleet asukkaille melko kalliiksi ja tämän takia usea asunto on ollut tyhjiään pitkiäkin aikoja. Kunnan tulee tehdä rivitaloihin liittyviä ratkaisuja, jotka ovat tietenkin mahdollisimman kannattavia. Millä keinoilla asukasviihtyisyyttä saadaan parannettua ja rivitaloista saadaan kannattavia kunnalle vai tulisiko rivitalot purkaa? Tässä työssä keskitytään rivitalojen rakenteiden tiiveyteen sekä lisälämmöneristämiseen ja selvitetään, millaisia rakennemuutoksia tulisi tehdä, jotta lämmitykseen ei kuluisi energiaa ja rahaa niin paljon. Työssä vertaillaan myös muutamia lämmitysjärjestelmiä, jotta selviäisi, mikä lämmitysjärjestelmä olisi näille rivitaloille paras mahdollinen ja kunnalle kannattavin.

Työn tavoitteena on kerätä tietoa mahdollisista toimenpiteistä ja näin helpottaa päätöksentekoa rivitalojen tulevaisuudesta. Työssä selvitetään järkevimpien lämmitysmuotojen investointikustannukset tarjouspyyntöjen avulla sekä selvitetään rakennemuutokset, joilla rakennuksista saadaan paremmin lämpöä pitäviä ja sitä kautta energiatehokkaampia. Rakennemuutosvaihtoehtoja kartoitetaan rakenteiden nykyisten U-arvojen avulla sekä Suomen Rakentamismääräyskokoelman osan D5 laskelmiem avulla. Rakennemuutosten kustannuksien laskemisessa hyödynnetään alan kirjoja. Kerättyjen kustannusten, takaisinmaksuaikojen ja säästöjen avulla helpotetaan päätöksentekoa. Kaikkia muutosvaihtoehtoja vertaillaan eri näkökulmista, jotta kannattavin vaihtoehto löytyisi. Päätös muutoksista tapahtuu kuitenkin myöhemmin. Vaikka rivitalot on rakennettu kolmena eri vuotena ja rakennuksissa on hieman eroja aina edelliseen verrattuna, mahdolliset rakennemuutokset tullaan suunnittelemaan kaikille samanlaisiksi, koska kaikilla viidellä Sarvitien rivitalolla on samat ongelmat. Kaikki rivitalot on suunnitellut sama arkkitehti sekä kaikkia on ollut rakentamassa sama urakoitsija, joten erot ovat hyvin vähäiset talojen rakenteissa ja näin ollen yhdenlaiset rakennemuutokset ovat riittävät. Arvioinnissa huomioidaan myös purkukustannukset. Tämän työn avulla kunta toivottavasti pystyy helpommin tekemään päätöksiä Sarvitien rivitalojen tulevaisuutta ajatellen.



Kuva 1. Sarvitiien rivitalojen sisäpiha. Kuva Heli Mähönen.



## 2 SARVITIEN RIVITALOT

As Oy Sarvitupa, Sarvirivi ja Sarvipuisto muodostavat Rantasalmen kunnan Sarvitien rivitalot, jotka on rakennettu vuosina 1982–1986 (liite 1). Rivitaloja on yhteensä viisi, joissa on yhteensä 28 kappaletta yksiöitä, kaksioita ja kolme huonetta ja keittiö -asuntoja, jotka ovat kooltaan 38,5 - 71m<sup>2</sup>. Rakennukset ovat tiilijulkisivuisia, yksikerroksisia rivitaloja, kuten kuvasta 2 voidaan nähdä. Taloissa on sähkölämmitys ja asukkaat maksavat lämmityksestä aiheutuvat kustannukset. As Oy Sarvituvan sähköpatterit on uusittu keväällä 2013, mutta muissa taloissa on alkuperäiset sähköpatterit (kuva 3). As Oy Sarvipuiston kaikissa 11 asunnossa on sähköpatterien lisäksi varaavat takat. Esille on noussut asuntojen kylmyys talviaikaan ja kylmyydestä johtuvat korkeat lämmityskustannukset. Korkeiden lämmityskustannusten takia useat asunnot ovat talvella tyhjillään, mikä ei luonnollisesti ole kannattavaa kunnalle, koska muun muassa tyhjillään olevissa asunnoissa täytyy kuitenkin pitää peruslämpö päällä. Rivitalojen tulevaisuudesta tulisi tehdä päätöksiä ja tämän työn pitäisi auttaa näiden päätösten tekemisessä. Puretaanko rakennukset vai parannetaanko asuntojen asukasviihtyisyyttä ja millä muutoksilla? Mikä olisi paras lämmitysjärjestelmä, millaisia rakennemuutoksia tulisi tehdä, ovatko muutokset kannattavia?



Kuva 2. As Oy Sarvirivi, talo A. Kuva Heli Mähönen.



Kuva 3. Huoneiston olohuone ja sähköpatteri. Kuva Heli Mähönen.

## 2.1 Nykyiset rakenteet

Kaikki viisi rivitaloa on suunnitellut sama arkkitehti ja rakentanut sama urakoitsija. Koska kaikki rivitalot on suunnitellut ja rakentanut samat henkilöt, eivät rivitalot poikkea toisistaan suuresti. Isoimmat erot ovat As Oy Sarvituvan ja muiden kiinteistöjen välillä, esimerkiksi ulkoseinärakenteessa sekä yläpohjan villavalinnoissa. Seuraavaksi taulukoissa on eriteltyä eri asunto-osakeyhtiöiden ulkoseinien, ylä- ja alapohjien materiaalit sekä niille lasketut U-arvot. U-arvot ovat kuitenkin vain suuntaa-antavia, koska tarkkoja piirustuksia ei ollut saatavilla, joten kaikkia materiaalivalintoja ja materiaalipaksuuksia ei saatu tarkasti selville.

Rivitalojen ulkoseinärakenteet poikkeavat hieman toisistaan kuten taulukosta 1 voidaan huomata. Sarvirivin ja Sarvipuiston ulkoseinät ovat polyuretaani eristettyjä makro-elementtejä, jotka muodostuvat tuulensuojalevystä, polyuretaanieristeestä ja sisäverhouslevystä. Sarvituvan ulkoseinät taas koostuvat tuulensuojalevystä, 50x150 puurungosta, mineraalivillasta, muovikelmusta ja sisäverhouslevystä. Kaikki talot ovat tiiliulkoverhoiltuja.

TAULUKKO 1. Rivitalojen ulkoseinärakenteet

	Talo		
	<b>Sarvitupa</b>	<b>Sarvirivi</b>	<b>Sarvipuisto</b>
Ulkoseinärakenne ulkoa sisälle	tiili	tiili	tiili
	ilmarako	ilmarako	ilmarako
	Tuulensuojalevy (50mm)	tuulensuojalevy (50mm)	tuulensuojalevy (50mm)
	runko+villa (150 mm)	polyuretaani (120mm)	polyuretaani (120mm)
	muovikelmu	sisäverhouslevy (13mm)	sisäverhouslevy (13mm)
	Sisäverhouslevy (15 mm)		
U-arvo (W/m <sup>2</sup> K)	0,21	0,19	0,19

Alapohjarakenteiden poikkeamat talojen välillä ovat vähäiset (taulukko 2). Sarvituvan alapohjassa ei ole muovia styroxen ja sorastuksen välissä kuten Sarvirivin ja Sarvipuiston taloissa on. Sarvituvan alapohjassa on myös ohuempi styrox-kerros kuin muiden talojen alapohjissa.

TAULUKKO 2. Rivitalojen alapohjarakenteet

	Talo		
	<b>Sarvitupa</b>	<b>Sarvirivi</b>	<b>Sarvipuisto</b>
Alapohjarakenne ylhäältä alas	pintamateriaali muovimatto	pintamateriaali muovimatto	pintamateriaali muovimatto
	teräsbetoni-laatta (80mm)	teräsbetoni-laatta (80mm)	teräsbetoni-laatta (80mm)
	styrox (75mm)	styrox (100mm)	styrox (100mm)
	sorastus (150mm)	muovikelmu	muovikelmu
	perusmaa	sorastus (150mm)	sorastus (150mm)
		perusmaa	perusmaa
U-arvo (W/m <sup>2</sup> K)	0,22	0,20	0,20

Yläpohjarakenteissa eroa on vain eristetyypissä, kun Sarvituvan yläpohjassa on käytetty mineraalivil-laa, mutta muissa yläpohjissa on käytetty puhallusvuorivillaa. Yläpohjien rakenteet on esitetty taulu-kossa 3.

TAULUKKO 3. Rivitalojen yläpohjarakenteet

	Talo		
	<b>Sarvitupa</b>	<b>Sarvirivi</b>	<b>Sarvipuisto</b>
Yläpohjarakenteet alhaalta ylös	sisäkaton verhous (13mm)	sisäkaton verhous (13mm)	sisäkaton verhous (13mm)
	harvalaudoitus (22mm)	harvalaudoitus (22mm)	harvalaudoitus (22mm)
	muovikelmu	muovikelmu	muovikelmu
	mineraalivilla + paarre (250mm)	puhallusvuorivilla + paarre (250mm)	puhallusvuorivilla + paarre (250mm)
U-arvo (W/m <sup>2</sup> K)	0,17	0,22	0,22

Kaikissa taloissa ikkunat ovat alkuperäisiä, kolmilasisia MSK-tyyppisiä puuikkunoita, joiden pintakäsittelynä on maalaus ja ikkunoiden karmileveys 130 mm. Ikkunoiden U-arvoksi on arvioitu 1,8 W/m<sup>2</sup> K rivitalojen rakennusvuosien perusteella. Pääsisäänkäynnin ulko-ovet ovat puurakenteisia ja niissä on kaksi lasiaukkoa. Takapihan ovet ovat kaksilehtisiä, joista molemmat ovat lasiaukollisia ja puurakenteisia. Sisäpuoliset lehdet eivät sulkeudu tiiviisti joissakin huoneistoissa. Myös ovien U-arvo on arvioitu talojen rakennusvuosien mukaan, arvioitu U-arvo on 2,1 W/m<sup>2</sup> K.

## 2.2 Nykyinen lämmitysjärjestelmä

### 2.2.1 Suora sähkölämmitys

Suora sähkölämmitys eli huonekohtainen lämmitys on toinen sähkölämmityksen toteutustavoista, joka lämmittää huoneita pattereiden, lattialämmityksen tai katon lämmityskelman avulla. Pientaloista kaksi viidestä lämpiää sähköllä tällä hetkellä. Sähkölämmityksen etäluvun avulla sähkönkulutusta voidaan seurata ajantasaisesti, minkä myötä sähkön hinnoittelu voi muuttua jopa tuntikohtaiseksi. Tuntikohtaisen hinnoittelun myötä kulutuksen huippukohtien sähkön hinta tulee nousemaan huomattavasti. (Oulun rakennusvalvonta 2013e, Sähkölämmitys, 1 - 2.)

Sähkölämmityksessä on paljon etuja, joiden takia se on edelleen suosiossa. Sähköä on saatavilla lähes kaikkialla, sähkölämmityksen hyötysuhde on hyvä ja se on muun muassa vaivaton ja helppokäyttöinen sekä ympäristöturvallinen. Sähkölämmitys on helposti ohjattava ja se reagoi nopeasti sisäisiin lämmönvaihteluihin. Sähkö lämmitysmuotona ei myöskään vaadi kalliita investointeja, eikä työläitä huoltotoimenpiteitä, mikä tekee siitä kustannustehokkaan. (Energia.fi)

Asukkailla on omat sähkösopimukset ja he maksavat myös lämmitykseen kuluvan sähkön. Koska asukkaiden sähkösopimukset ovat henkilökohtaiset, ei kunnalla ole oikeuksia päästä näkemään asuntojen sähkönkulutuksia. Asukkaiden mukaan lämmityskustannukset ovat suuret. Sähkönhinta nousee nopeasti, joten sähkölämmityksen kannattavuutta tulee miettiä, varsinkin kun asuntoja on tyhjillään korkeiden kustannusten takia.

## 2.2.2 Lämmityskulutukset ja -kustannukset

Tarkoituksena oli saada lämmityksen kulutustiedot mielellään viiden vuoden ajalta, mutta tietojen saaminen osoittautui erittäin hankalaksi. Suur-Savon Sähkön (2010-02-23) ilmoituksessa kerrotaan, että vuoden 2009 kesäkuun alusta lähtien täyssähkö tuotteena loppui, jonka seurauksena 26.3.2010 mennessä sähkösovimuksiin tuli muutos. Muutoksen myötä perusmaksut laskutetaan huoneistokohdaisesti, eikä taloyhtiö maksa enää sähkön siirron perusmaksua kokonaisuudessaan. Koska kunta ei pääse näkemään asuntojen lämmitykseen kuluvaan energiamäärää, täytyy asukkaiden kysyä kulutus-tietoja itse sähköyhtiöltä ja helppoiten se olisi onnistunut sähköpostilla, mutta osalla asukkaista ei ole sähköpostia tai oli muita esteitä kuten esimerkiksi kielimuuri. Suurimmassa osassa asunnoista nykyiset asukkaat ovat asuneet alle viisi vuotta, monet alle kaksi vuotta, joten saadut tiedot olisivat olleet suhteellisen suppealta ajalta. Asukkaat eivät myöskään olleet kovin aktiivisia kulutustietojen selvittämisessä. Lopulta ainoaksi vaihtoehdoksi kävi, että työssä käytetään vuonna 2008 ja 2010 tehtyjen energiatodistusten tietoja. Energiatodistukset on annettu isännöitsijätodistuksien osana. Taulukoissa 4 ja 5 on esitetty rivitalojen toteutuneet energian ja veden kulutukset vuosina 2008 ja 2010 sekä energiategohkuusluvun laskentaa varten muutetut toteutuneet kulutukset.

TAULUKKO 4. Rivitalojen energiankulutus vuonna 2008

	kulutukset	<b>Sarvitupa</b>	<b>Sarvirivi</b>	<b>Sarvipuisto</b>
toteutunut	<b>lämmitys: sähkö</b> (kWh/v)	67 071	97 005	81 606
	<b>lämmitys: takka</b> (kWh/v)			20 000
	<b>sähkö</b> (kWh/v)	2 696	2 805	1 448
	<b>vesi</b> (m <sup>3</sup> /v)	589	891	768
	<b>lämmin vesi</b> (m <sup>3</sup> /v)	236	356	307
muutetut	<b>lämmin vesi</b> (kWh/v)	13 665	20 671	17 818
	<b>lämmitys</b> (kWh/v)	75 952	109 698	109 708
	<b>lämmitys+sähkö</b> (kWh/v)	78 648	112 503	111 155
	<b>ET-luku</b> (kWh/brm <sup>2</sup> /v)	<b>173</b>	<b>150</b>	<b>162</b>
	<b>energialuokka</b>	D	D	D

TAULUKKO 5. Rivitalojen energiankulutus vuonna 2010

	kulutukset	<b>Sarvitupa</b>	<b>Sarvirivi</b>	<b>Sarvipuisto</b>	Yht.
toteutu- nut	<b>lämmitys: sähkö</b> (kWh/v)	82 410	117 894	98 360	298 664
	<b>lämmitys: takka</b> (kWh/v)			20 000	20 000
	<b>sähkö</b> (kWh/v)	2 948	3 518	3 147	9 613
	<b>vesi</b> (m <sup>3</sup> /v)	754	967	691	2 412
	<b>lämmin vesi</b> (m <sup>3</sup> /v)	302	387	276	965
muute- tut	<b>lämmin vesi</b> (kWh/v)	17 493	22 434	16 031	55 958
	<b>lämmitys</b> (kWh/v)	78 048	111 480	106 821	296 349
	<b>lämmitys+sähkö</b> (kWh/v)	80 996	114 998	109 968	305 962
	<b>ET-luku</b> (kWh/brm <sup>2</sup> /v)	<b>178</b>	<b>153</b>	<b>161</b>	
	<b>energialuokka</b>	D	D	D	

Taulukoita 4 ja 5 vertailemalla voidaan havaita, että suuria muutoksia kahden vuoden aikana ei ole tapahtunut energiankulutuksessa. Sarvituvan ja Sarvirivin ET-luku on kasvanut hiukan vuonna 2010, kun taas Sarvipuiston ET-luku on laskenut yhdellä kilowattitunnilla. Sarvituvan ja Sarvirivin kaikki kulutukset kasvoivat vuonna 2010 verrattuna vuoteen 2008. Sarvipuiston pieni lasku ET-luvussa kulutusten perusteella johtui ilmeisesti lämpimän veden kulutuksen vähenemisestä. Rakennemuutosten ja mahdollisen uuden lämmitysjärjestelmän myötä rivitalojen ET-luku paranee. ET-luku voisi parantua nykyisestä D:stä joko C:hen tai B:hen. Taulukossa 6 on esitetty suurten asuinrakennusten energiatehokkuusluokat.

TAULUKKO 6. Suurten asuinrakennusten energiatehokkuusluokat

<b>Energiatehokkuusluokka</b>	<b>Energiatehokkuusluku, ET (kWh/brm<sup>2</sup> a)</b>
A	ET ≤ 100
B	101 < ET ≤ 120
C	121 < ET ≤ 140
D	141 < ET ≤ 180
E	181 < ET ≤ 230
F	231 < ET ≤ 280
G	ET ≥ 281

Taulukosta 5 nähdään, että rivitalojen yhteinen lämmitykseen kulunut energia vuonna 2010 on 296 350 kWh. Vuonna 2010 sähkön hinta oli 9,143 snt/kWh ja se koostuu siirtomaksusta 2,93 snt/kWh, energiamaksusta 5,33 snt/kWh ja sähköverosta 0,883 snt/kWh. Vuoden 2010 lämmityskustannukset ovat siis 296 350 kWh \* 0,09143 €/kWh = 27 095 €. Lisäksi kustannuksiin kuuluu kuukausimaksu sekä perusmaksu, jotka vuonna 2010 olivat yhtä asuntoa kohden 2,29 €/kk ja 11,55 €/kk. Vuonna 2010 kuukausimaksu sekä perusmaksu olivat yhteensä 166,08 € eli kaikille 28 asunnolle 28\*166,08€ = 4 650,24€. Vuonna 2013 sähkönhinta on 0,1316 €/kWh, joten vuoden 2010 toteutunutta kulutusta käyttäen vuoden 2013 lämmityskustannuksiksi saadaan 296 350 kWh \* 0,1316

€/kWh = 39 000 €. Vuoden 2013 kuukausi- ja perusmaksu ovat yhteensä 21,7 €/kk eli vuodessa 260,4 € ja yhteensä kaikille asunnoille  $28 \cdot 260,4 = 7\,291,2\text{€}$ . Lämmityskustannukset ovat nousseet kolmessa vuodessa 11 905 € ja kuukausi- ja perusmaksut 2 641 €.

Rivitaloille on myös laskettu laskennallinen energiankulutus Rakentamismääräyskokoelman osan D5 mukaan. Laskelmissa on käytetty Oulun rakennusvalvonnan antamia ja arvioituja ikkunoiden ja ovien U-arvoja sekä ilmanvuotolukua. Kuten aiemmin on mainittu, myös muiden rakennusosien U-arvot ovat vain suuntaa-antavia, koska tarkkoja piirustuksia ei ollut saatavilla. Koska lähtötiedot eivät ole täysin tarkkoja, ei laskettuihin arvoihin voida täysin luottaa ja niihin uskoa sokeasti. Lasketun lämmitystarpeen ja toteutuneen kulutuksen eroon vaikuttaa myös esimerkiksi se, montako asukasta huoneistossa on asunut. Asukkaita on voinut olla esimerkiksi todellisuudessa vähemmän. Suurempi asukasmäärä lisää lämpökuormaa ja näin ollen pienentää lämmitystarvetta, jolloin ero lasketun tarpeen ja toteutuneen kulutuksen välillä kasvaa. Taulukossa 7 on esitelty, paljonko rivitalojen rakennusosien johtumislämpöhäviöt ( $Q_{\text{johtuminen}}$ ), vuotoilma ( $Q_{\text{vuotoilma}}$ ), tilojen lämmitysenergian tarve ( $Q_{\text{tila}}$ ) sekä tilojen lämmitysenergian nettotarve ( $Q_{\text{lämmitys, tilat, netto}}$ ) ovat laskelmien mukaan. Tilojen lämmitysenergian nettotarve saadaan, kun tilojen lämmitysenergian tarpeesta vähennetään lämmitystarvetta pienentävät lämpökuormat, jotka ovat ihmiset, valaistus, kuluttajalaitteet, aurinko sekä lämpimän käyttöveden varastointi. Rivitaloissa on painovoimainen ilmanvaihto ja As Oy Sarvipuistossa on koneellinen poistoilmanvaihto, joten ilmanvaihtoa ei ole huomioitu laskelmissa. Taulukossa on myös esitetty vuoden 2010 toteutunut energiankulutus. Vaikka laskettuihin tuloksiin ei täysin voida luottaa, voidaan tuloksista kuitenkin havaita, että toteutunut kulutus on suurempi kuin sen tulisi olla. Laskennallinen lämmitystarve voisi nousta huomattavasti ja silti toteutunut kulutus olisi suurempi.

TAULUKKO 7. Rivitalojen laskennallinen energiankulutus

	<b>Qjohtuminen</b>	<b>Qvuotoilma</b>	<b>Qtila</b>	<b>Qsis.lämpö</b>	<b>Qlämmitys, tilat, netto</b>	<b>Qlämmitys</b>	<b>Toteutunut</b>
	kWh/a	kWh/a	kWh/a	kWh/a	kWh/a	kWh/a	kWh/2010
<b>Kaikki talot</b>	<b>261 622</b>	<b>39 282</b>	<b>300 904</b>	<b>117 244</b>	<b>183 660</b>	<b>261 717</b>	<b>296 350</b>

$Q_{\text{johtuminen}}$

$Q_{\text{vuotoilma}}$

$Q_{\text{tila}}$

$Q_{\text{sis.lämpö}}$

$Q_{\text{lämmitys, tilat, netto}}$

$Q_{\text{lämmitys}}$

Johtumislämpöhäviöt eli rakennusvaipan läpi johtuva energia kWh

Vuotoilman lämmityksen tarvitsema energia kWh

Tilojen lämmitysenergian tarve kWh

Lämpökuormat yhteensä, jotka hyödynnetään lämmityksessä kWh

Tilojen lämmitysenergian nettotarve kWh/a

Lämmitysjärjestelmän lämpöenergian kulutus kWh/a

### 3 MÄÄRÄYKSIÄ RAKENTEISTA JA ENERGIANKULUTUKSESTA

#### 3.1 Suomen rakentamismääräyskokoelmat

Suomen rakentamismääräyskokoelma koostuu monesta osasta, jotka on jaettu A:sta G:hen. Osat C ja D ovat olennaisimmat osat energiatehokkuutta käsiteltäessä. Osat ovat joko määräyksiä, jotka ovat velvoittavia tai ohjeita, joita voidaan soveltaa kunhan vain vaatimukset täyttyvät. Määräykset koskevat uudis- ja korjausrakentamista Suomessa. Rakentamismääräyskokoelmat ovat luonnollises-  
tikin päivitetty Sarvitien rivitalojen rakentamisen aikaisista ohjeista ja määräyksistä.

Rakentamismääräyskokoelman osassa C3 annetaan vaatimukset rakennuksen lämmöneristämislle ja ilmanpitävyydelle sekä rakenteiden U-arvoille eli lämmönläpäisykerroimille. Osassa C3 annetaan myös lämmönläpäisykerroimien vertailuarvot. Rakennuksen seinän, yläpohjan tai alapohjan U-arvo saa enintään olla  $0,6 \text{ W/m}^2\text{K}$  ja lämpimän tilan ikkunan enintään  $1,8 \text{ W/m}^2\text{K}$ . Rakennuksen vaipan lämpöhäviön vertailuarvoa laskettaessa rakentamismääräyskokoelman D3 mukaisesti, käytetään lämmönläpäisykerroimen U vertailuarvoja, joka seinälle on  $0,17 \text{ W/m}^2 \text{ K}$ , yläpohjalle ja ulkoilmaan rajoittuvalle alapohjalle  $0,09 \text{ W/m}^2 \text{ K}$ , maata vastaan olevalle rakennusosalle  $0,16 \text{ W/m}^2 \text{ K}$  ja ikkunalle, kattoikkunalle tai ovelle  $1,0 \text{ W/m}^2 \text{ K}$ . (Rakennuksen lämmöneristys. Suomen RakMK C3 2010, 6 - 7.)

Aikaisemmassa rakentamismääräyskokoelman osassa C3 lämmönläpäisykerroin oli k. Lämpimän tilan ja ulkoilman välisen seinän lämmönläpäisykerroin k sai enintään olla  $0,28 \text{ W/m}^2 \text{ K}$  ja ylä- ja alapohjalla  $0,22 \text{ W/m}^2 \text{ K}$ . Rakenteiden lämmönläpäisykerroin saa olla kuitenkin enintään  $0,6 \text{ W/m}^2 \text{ K}$ . Maata vasten olevan seinän ja alapohjan lämmönläpäisykerroin sai enintään olla  $0,36 \text{ W/m}^2 \text{ K}$ . Lämpimän tilan ja ulkoilman välisen ikkunan valoaukon lämmönläpäisykerroin k saa olla  $2,1 \text{ W/m}^2 \text{ K}$ , oven umpiosan ja tuuletusluukun  $0,7 \text{ W/m}^2 \text{ K}$ . (Lämmöneristys. Suomen RakMK C3 1985, 2 - 3.)

Osa D3 antaa määräyksiä ja ohjeita rakennuksen energiatehokkuudelle. D3 sisältää lähtötietoja energialaskentaan, energialaskennan säännöt ja määräystenmukaisuuden osoittamisen. Ostoenergi-  
ankulutus lasketaan osassa D3 esitetyillä säätiedoilla, sisäilmasto-olosuhteiden, rakennuksen ja sen järjestelmien käyttö- ja käyntiaikojen sekä sisäisten lämpökuormien lähtöarvoilla. Muut laskennassa tarvitsemat lähtötiedot saadaan rakennuksen suunnitteluasiakirjoista. Lämmitysenergian nettotarve lasketaan johtumislämpöhäviöistä, vuotoilman lämpöhäviöistä, korvausilman ja tuloilman lämpene-  
misestä tilassa huonelämpötilaan, josta on vähennetty auringon ja sisäisten lämpökuormien vaikutus. Auringon vaikutusta laskettaessa otetaan huomioon auringonsuojaratkaisut kuten rakenteelliset, markiisit, sälekaihtimet ja niiden ohjaukset sekä ympäröivien rakennusten ja kasvillisuuden varjostukset. Lämpöhäviöt lasketaan rakennusvaipan sisämitoilla ja laskennassa otetaan huomioon rakenteiden ja niiden liitoksissa olevat kylmäsiljat. Kuitenkaan rakennuksen vaipan yksittäisiä kylmäsiltoja ei tarvitse ottaa huomioon. (Rakennusten energiatehokkuus. Suomen RakMK D3 2012, 8, 22 - 23.)

Lämmitysjärjestelmän energiankäyttö sisältää tilojen lämmityksen, ilmanvaihdon lämmityksen sekä lämpimän käyttöveden valmistuksen. Lämmitysjärjestelmän energiankulutuksen laskennassa huomi-



oidaan lämmönjaon ja –luovutuksen häviöt, lämmitysenergian tuoton häviöt ja muunnokset, lämpimän käyttöveden siirron, varastoinnin ja kiertojohdon häviöt sekä lämmitysjärjestelmän apulaitteiden sähkönkulutus. Rakennuksen mahdollista varaavaa tulisijaa kohden voidaan tilaan saatavaksi energiamääräksi laskea enintään 2000 kWh vuodessa. Jos tulisija toimii päälämmitysjärjestelmänä, kun se on yhdistetty lämmönsiirtimellä vesikiertoiseen tai ilmalämmitysjärjestelmään, otetaan se huomioon kattilaa vastaavalla tavalla. Kiinteään ilmanvaihto- tai lämmitysjärjestelmän osana toimivia ilma-ilmalämpöpumppujen tuottama lämmitysenergia voidaan ottaa täysmääräisesti huomioon, mutta muiden ilma-ilmalämpöpumppujen tuottamaksi lämmitysenergiaksi voidaan laskea enintään 1 000 kWh vuodessa. (Rakennusten energiatehokkuus. Suomen RakMK D3 2012, 23 - 24.)

Suomen Rakentamismääräyskokoelman osassa D5 esitetään laskentamenetelmä energiankulutuksen laskentaan. Menetelmä soveltuu jäähdyttämättömiin rakennuksiin tai rakennuksiin, joissa on vain yksittäisiä jäähdytettyjä tiloja. Menetelmä on energiatasemenetelmä, jossa energian nettotarve lasketaan kuukausittain ja siinä saman kuukauden aikana rakennuksen sisään tuleva energia määrä on sama kuin rakennuksesta poistuva energiamäärä. Vuosikulutus saadaan kuukausikulutusten summasta. Laskennassa käytetään kolmentyyppisiä lähtötietoja: rakennuksen suunnitelmista saatavia rakennuskohtaisia lähtötietoja, rakennuksen käyttötiedot sekä D5:ssa annetut laskentamenetelmän ohjeavot. Jotta vaatimuksenmukaisuus täyttyy, tulee laskelmissa käyttää määräyksissä annettuja lähtöarvoja ja laskentasääntöjä sekä suunnitteluarvoja. Laskennassa tulee esimerkiksi käyttää rakentamismääräyskokoelman osassa D3 määriteltyjä säätietoja. (Rakennuksen energiankulutuksen ja lämmitystarpeen laskenta. Suomen RakMK D5 2012, 11 - 12.)

Laskennassa otetaan huomioon lämpöhäviöt, kuten lämmitysputkiston ja pattereiden häviöt sekä kattilan hyötysuhde. Muut järjestelmähäviöt paitsi lämpimän käyttöveden kierto ja varastointi on määritelty todellisina häviöinä ilman hyödynnettävää osuutta. Järjestelmähäviöt menevät siis hukkaan eikä niistä tule lämpökuormia tai lämpösaantoa rakennukseen. Lämpimän käyttöveden kierron ja varastoinnin häviöt ovat tilaan tulevia lämpökuormia. Rakennuksen energiantarve koostuu tilojen, ilmanvaihdon ja käyttöveden lämmitystarpeesta, tilojen ja ilmanvaihdon jäähdytystarpeesta sekä valaistuksen ja kuluttajalaitteiden sähköenergiatarpeesta. Lämmitysenergian nettotarve on lämmitysenergian tarpeen sekä rakennukseen tulevan auringon säteilyn, poistoilmasta talteen otetun energian ja sisäisten lämpökuormien erotus. Lämmitysenergian nettotarve saadaan tiloihin, tuloilmaan ja käyttövedeen lämmitysjärjestelmällä ja jäähdytysenergian nettotarve jäähdytysjärjestelmällä. Lämmitysjärjestelmän energiankulutus saadaan laskettua lämmitysenergian nettotarpeesta, kun otetaan huomioon järjestelmähäviöt, joihin kuuluu lämmitysenergian luovutuksesta, jakelusta ja varastoinnista muodostuvat häviöt sekä hyötysuhteet ja lämmitysjärjestelmään tuotettu omavaraisenergia. (Rakennuksen energiankulutuksen ja lämmitystarpeen laskenta. Suomen RakMK D5 2012, 12.)

### 3.2 Ilmanvaihto ja sisäilma

Ilmanvaihdon myötä sisälle saadaan raitista ilmaa ja sisäilman epäpuhtaudet, hiilidioksidi sekä liiallinen kosteus saadaan kuljetettua ulos. Tavoitteena on saada kotiin terveellinen ja viihtyisä sisäilma. Normaaleissa oloissa pientalossa ilman tulee vaihtua vähintään kerran kahdessa tunnissa. Huonon

sisäilma lisäksi väärin toimiva ilmanvaihto voi aiheuttaa rakenteiden kostumista, vaurioita ja hajuhaittoja. Ilmanvaihdon tulee olla päällä ympäri vuorokauden ja tarvittaessa ilmanvaihtomäärää voidaan tehostaa, esimerkiksi saunomisen yhteydessä. Oikein toimivan poistoilmanvaihdon olennaisina asia on hallittu korvausilman saaminen. Mittaaminen on ainut luotettava tapa saada selville ilmanvaihdon toimivuus, mutta toimivuutta voidaan arvioida myös kotikonstein. Esimerkiksi kotiin tultaessa asunnon ilman tulisi tuntua aina raikkaalta, kaikki ilmanvaihtoventtiilit ovat auki ja puhtaat ja hyvin lingottu pyykki kuivuu alle vuorokaudessa. Tavallisen A4-paperiarkin tulee imeytyä normaalitilanteessa kiinni poistoilmaventtiiliin, jos ilmavirran voimakkuus on riittävä. (Oulun rakennusvalvonta 2013b, Ilmanvaihdon energiakorjaus, 1.)

Pientalojen yleisin ilmanvaihtojärjestelmä 1980-luvulle saakka oli painovoimainen ilmanvaihto. Sen toiminta perustuu sisä- ja ulkoilman lämpötilaeroihin sekä tuulen vaikutukseen: lämmin, kevyt ilma nousee ylöspäin ja nousevan ilman tilalle virtaa ulkoa raitista ilmaa. Ilmanvaihdon tehokkuus vaihtelee vuodenajan mukaan ja jää usein alle minimitason. Esimerkiksi liesituulettimet tulivat täydentämään painovoimaista ilmanvaihtoa ruuanlaiton yhteyteen. Poistoilmaventtiilit sijoitetaan ”likaisiin” ja kosteisiin tiloihin, kuten keittiöihin ja kylpyhuoneisiin. Korvausilma saadaan sisään ikkunoiden yläpuolella tai seinässä olevista korvausilmaventtiileistä, joista ilma tulee sisään kylmänä. Jos korvausilmaventtiilit puuttuvat, tulee korvausilma esimerkiksi rakenteiden raoista, jolloin korvausilma on huonolaatuista. Korvaus- ja poistoilmasäleikköjä säätämällä saadaan säädettyä ilmanvaihdon tehoa. Vaikka painovoimaiseen ilmanvaihtoon ei kulu sähköä, se voi silti olla energiasyöppö, sillä talvella lämmintä sisäilmaa poistuu joskus liikaakin taivaalle, eikä siitä saada ollenkaan energiaa talteen. Lämpimän ilman tilalle virtaa kylmää pakkasilmaa, joka voi aiheuttaa vedon tunnetta. Kesällä taas ilmanvaihto voi toimia tehottomasti, koska tyyneellä ja lämpimällä säällä ulkoilman ja sisäilman lämpötilaero ei ole riittävä ilman vaihtamiseksi. (Oulun rakennusvalvonta 2013b, Ilmanvaihdon energiakorjaus, 1.)

1970 - 1990-luvun pientaloissa yleistä oli koneellinen poistoilmanvaihto. Myös vanhempiinkin taloihin on voitu asentaa jälkikäteen huippumuri tai talotuuletin tehostamaan ilmanvaihtoa. Koneellisessa poistoilmanvaihdossa puhaltimilla imetään sisäilmaa kanavien kautta pois sisätiloista. Puhallin yleisimmin sijaitsee katolla. Ulkoilmaa virtaa poistuvan ilman tilalle korvausilmaventtiilien kautta, jotka yleensä ovat ikkunoiden yläpuolella, tuuletusluukuissa tai patterien takana. Korvausilmaventtiilit tulee lisätä, jos ne puuttuvat. Poistoilmavirta muodostaa rakennuksen sisälle voimakkaan alipaineen, mikä on koneellisen poistoilmanvaihdon ongelma. Ongelma lisää hallitsemattomia korvausilmavirtoja myös talon rakenteiden läpi, mikä taas helposti lisää vanhoissa taloissa sisäilmaongelmia, korvausilma voi tulla sisälle vetoisena ja suodattamattomana. Koneellinen poistoilmanvaihto myös tuhlaa paljon energiaa, koska poistettavasta ilmasta ei yleensä oteta lämpöä talteen ollenkaan. (Oulun rakennusvalvonta 2013b, Ilmanvaihdon energiakorjaus, 2.)

Rakennuksen sisäilmassa ei saa esiintyä terveydelle haitallisia määriä kaasuja, hiukkasia tai mikrobeja, eikä viihtyisyyttä alentavia hajuja. Tavanomaisissa sääoloissa ja huonetilan käyttöaikana sisäilman hiilidioksidin pitoisuus on yleensä maksimissaan 2160 mg/m<sup>3</sup>. Rakennus on suunniteltava ja rakennettava niin, että sisäilman kosteus pysyy rakennuksen käyttötarkoituksen mukaisissa arvoissa.

Sisäilman kosteus ei saa olla jatkuvasti haitallisen korkealla. Kosteus ei saa tiivistyä rakenteisiin tai niiden pinnoille tai ilmanvaihtojärjestelmään aiheuttaen kosteusvaurioita, mikrobien tai pieneliöiden kasvua tai muuta terveydellistä haittaa. Ilmanvaihtojärjestelmän on luotava omalta osaltaan edellytykset tavanomaisissa sääoloissa ja käyttötilanteissa terveelliselle, turvalliselle ja viihtyisälle sisäilmastolle. Ilmanvaihtojärjestelmää suunniteltaessa ja rakennettaessa on huomioitava, että se kestää toimintakuntoisena koko käyttöiän, kun sitä käytetään, huolletaan ja kunnossapidetään oikein. Järjestelmän toimintaa tulee voida ohjata ja valvoa sekä siihen on voitava asentaa mittauslaitteet tai mittausmahdollisuus tärkeimpien toiminta-arvojen mittaamista ja toimintojen valvontaa varten. (Rakennusten sisäilmasto ja ilmanvaihto. Suomen RakMK D2. 2012, 7 - 9.)

Rakennuksen energiatehokkuutta parantavia toimenpiteitä koskevissa suunnitelmissa tulee tarvittaessa esittää, kuinka varmistetaan ilmanvaihdon oikea toiminta ja kuinka huolehditaan riittävästä tuloilman saannista, kun kyseessä on koneellisella poistoilmanvaihdoilla tai painovoimaisella ilmanvaihdoilla varustettu rakennus. Suunnittelussa ja toteutuksessa tulee huomioida, että ulkoseinästä tapahtuvasta ilmanotosta tai -poistosta ei aiheudu terveyshaittaa muihin huoneistoihin, kun rakennuksen energiatehokkuutta parannetaan asentamalla huoneistokohtaisia lämmön talteenotolla varustettuja koneellisia tulo- ja poistojärjestelmiä. (Asetus rakennuksen energiatehokkuuden parantamisesta korjaus- ja muutostöissä. 4/13, 4.)

### 3.3 Energiatehokkuuden parantaminen korjaus- ja muutostöissä

Ympäristöministeriö on laatinut asetuksen rakennuksen energiatehokkuuden parantamisesta korjaus- ja muutostöissä helmikuussa 2013. Asetus koskee rakennuksia, joissa käytetään energiaa valaistukseen, tilojen ja ilmanvaihdon lämmitykseen tai jäähdytykseen tarkoituksenmukaisten sisäilmasto-olosuhteiden ylläpitämiseksi ja rakennuksiin, joissa tehdään maankäyttö- ja rakennuslain (132/1999) mukaan rakennus- tai toimenpideluvanvaraista korjaus- tai muutostyötä tai joiden käyttötarkoitusta muutetaan. Energiatehokkuuden parantamisvelvollisuus ei koske kaikkia rakennuksia kuten pinta-alaltaan alle 50 m<sup>2</sup> rakennuksia, loma-asuntoja, jotka eivät ole ympärivuotisessa käytössä sekä suojeltuja rakennuksia. (Asetus rakennuksen energiatehokkuuden parantamisesta korjaus- ja muutostöissä. 4/13, 1.)

Rakennuksen energiankulutus saa kasvaa ominaisuuksien parantamisesta johtuvalla laskennallisella määrällä, jos rakennuksen käyttötarkoituksen mukaisia ominaisuuksia parannetaan. Usean toisiaan lähellä olevan rakennuksen yhdessä tuottama ja käyttämä uusiutuva omavarainen energia voidaan laske hyödyksi, kun energia käytetään sen tuottamiseen osallistuvissa rakennuksissa. Kun rakennuksen energiatehokkuuden parantaminen tapahtuu rakennusosakohtaisesti, tulee ulkoseinän U-arvo olla alkuperäinen U-arvo  $\times 0,5$ , kuitenkin enintään 0,17 W/m<sup>2</sup> K. Yläpohjan U-arvo tulee olla alkuperäinen U-arvo  $\times 0,5$ , kuitenkin enintään 0,09 W/m<sup>2</sup> K ja alapohjan energiatehokkuutta parannetaan mahdollisuuksien mukaan. Rakennuksen käyttötarkoitusta muutettaessa tulee ulkoseinän ja yläpohjan uusi U-arvo olla alkuperäinen U-arvo  $\times 0,5$ , kuitenkin 0,60 W/m<sup>2</sup> K tai parempi. Uusien ikkunoiden ja ulko-ovien U-arvon on oltava 1,0 W/m<sup>2</sup> K tai parempi. Kun vanhoja ikkunoita ja ulko-ovia korjataan, tulee lämmönpitävyyttä parantaa mahdollisuuksien mukaan. Teknisiä järjestelmiä peruskor-

jattaessa, uudistettaessa ja uusittaessa tulee varmistaa, että rakennuksen ilmanvaihdon poistoilmasta otetaan lämpöä talteen lämpömäärä, joka vastaa vähintään 45 % ilmanvaihdon lämmityksen tarvitsemasta lämpömäärästä eli lämmön talteenoton vuosihyötysuhde on vähintään 45 %. koneellisen tulo- ja poistoilmajärjestelmän ominaissähkäteho saa olla enintään 2,0 kW/(m<sup>3</sup>/s), koneellisen poistojärjestelmän 1,0 kW/(m<sup>3</sup>/s) ja ilmastointijärjestelmän 2,5 kW/(m<sup>3</sup>/s). Laitteiden ja järjestelmien uusimisen yhteydessä parannetaan lämmitysjärjestelmien hyötysuhdetta mahdollisuuksien mukaan. Vesi- ja viemärijärjestelmien uusimisessa sovelletaan, mitä uudisrakentamisesta säädetään. (Asetus rakennuksen energiatehokkuuden parantamisesta korjaus- ja muutostöissä. 4/13, 2 - 3.)

Kun rakennuksen energiatehokkuutta parantamisen suunnittelu ja toteutus tapahtuu rakennuksen standardikäyttöön perustuvaa energiakulutusta pienentämällä, tulee pien-, rivi- ja ketjutalojen noudattaa vaatimusta  $\leq 180 \text{ kWh/m}^2$ . Kun energiatehokkuuden parantaminen taas perustuu rakennuksen kokonaisenergiankulutuksen (E-luku, kWh/m<sup>2</sup>) pienentämiseen, tulee pien-, rivi- ja ketjutalojen noudattaa kaavaa: E-vaadittu  $\leq 0,8 \times \text{E-laskettu}$ . Luvanvaraiseen rakennushankkeeseen ryhtyvän on valittava rakennusosien tai rakennuksen energiatehokkuuden parantamiseksi jokin kolmesta vaihtoehdosta. Ensimmäinen vaihtoehto on, että rakennus täyttää peruskorjattavien, uudistettavien ja uusien rakennusosien osalta uudet U-arvo vaatimukset. Toisena vaihtoehtona on, että rakennuksen energiankulutus täyttää annetun vaatimuksen, esimerkiksi rivitalot  $\leq 180 \text{ kWh/m}^2$  ja kolmantena vaihtoehtona on pienentää rakennuksen kokonaisenergiankulutusta (E-luku). Jos rakennuksen energiatehokkuutta aiotaan parantaa usean korjauksen yhteisvaikutuksena, on töistä laadittava suunnitelma ja suunnitelman mukaiset toimenpiteet voidaan toteuttaa vaiheittain useana erillisenä korjaushankkeena. (Asetus rakennuksen energiatehokkuuden parantamisesta korjaus- ja muutostöissä. 4/13, 3.)

### 3.4 E-luku

Rakennuksen kokonaisenergiankulutus eli E-luku on energianmuotojen kertoimilla painotettu rakennuksen vuotuinen ostoenergiankulutus rakennustyyppin standardikäytöllä lämmitettyä nettoalaa kohden. Eri energiamuodoilla on siis omat kertoimet, jotka on esitetty taulukossa 8. E-luku lasketaan laskemalla yhteen ostoenergian ja energiamuotojen kertoimien tulot energiamuodoittain. (Rakennusten energiatehokkuus. Suomen RakMK D3 2012, 8.)

TAULUKKO 8. Energiamuotojen kertoimet

Energiamuoto	Kerroin
sähkö	1,7
kaukolämpö	0,7
kaukojäähdytys	0,4
fossiiliset polttoaineet	1,0
uusiutuvat polttoaineet	0,5

### 3.5 Energiatohokkuusluku

Ympäristöministeriö on antanut 19. kesäkuuta 2007 asetuksen rakennusten energiatodistuksesta, asetus sisältää pykälät rakennusten energiatehokkuudesta ja energiatehokkuusluvun määrittämisestä. Rakennuksen energiatehokkuus ilmaistaan rakennuksen energiatehokkuusluvulla (ET-luku kWh/brm<sup>2</sup>/vuosi), joka saadaan jakamalla rakennuksen tarvitsema vuotuinen energiamäärä rakennuksen bruttopinta-alalla. Suurten asuinrakennusten energiatehokkuusluku lasketaan rakennuslupamenettelyn yhteydessä sekä energiakatselmuksen yhteydessä, isännöitsijätodistuksen osana tai erillisenä todistuksena annettavassa energiatodistuksessa. (Ympäristöministeriön asetus rakennuksen energiatodistuksesta 2007, 1§ Rakennuksen energiatehokkuus; 2§ Energiatohokkuusluvun määrittäminen.)

Lähtötietoina rakennusten energiankulutusta määrittäessä käytetään yleensä rakennuksen toteutuneita kulutuksia. Toteutuneista kulutustiedoista lasketaan rakennuksen energiankulutus huomioiden eri energiamuotojen kiinteistökohtaiset energiantuotannon häviöt. Energiatohokkuus ilmaisemisessa edellisen täyden kalenterivuoden lämmitysenergian kulutus, kiinteistösähkön kulutus ja mahdollinen jäähdytysenergian kulutus lasketaan yhteen ja summa jaetaan rakennuksen bruttoneliöllä. Lämmitysenergian kulutus tulee muuttaa vastaamaan Jyväskylän normaalivuoden lämmitystarvelukua käyttämällä korjauskerrointa  $k_2$ . Lisäksi lämmitysenergian kulutusta laskettaessa tulee käyttää vertailupaikkakunnan normaalivuoden lämmitystarvelukua ja vertailupaikkakunnan toteutunutta lämmitystarvelukua sekä huomioida lämpimän veden lämmitykseen kulunut energia. Jos lämpimän käyttöveden osuutta ei ole mitattu erikseen, voidaan sen olettaa olevan 40 % veden kokonaiskulutuksesta. Jos lämpimän käyttöveden energiankulutusta ei ole mitattu erikseen, voidaan energiankulutus laskea kaavalla (Ympäristöministeriön asetus rakennuksen energiatodistuksesta 2007, Liite 3, 11 - 12, 15.):

$$Q_{lkv} = 58 * V_{lkv}, \text{ jossa}$$

$Q_{lkv}$	lämpimän käyttöveden energiankulutus, kWh/vuosi
58	veden lämmittämiseen (lämpötilan muutos 50 °C) tarvittava energiamäärä kuutiota kohden, kWh/m <sup>3</sup>
$V_{lkv}$	vuodessa käytetyn veden määrä, m <sup>3</sup> /vuosi

Toteutunut rakennuksen lämmitysenergian kulutus voidaan laskea kaavalla (Ympäristöministeriön asetus rakennuksen energiatodistuksesta 2007, Liite 3, 12.):

$$Q_{\text{lämm, norm}} = k_2 * S_{\text{nvpkunta}} / S_{\text{toteutunutvpkunta}} * (Q_{\text{lämmitys}} - Q_{\text{lkv}}) + Q_{\text{lkv}}, \text{ jossa}$$

$Q_{\text{lämm, norm}}$	korjattu lämmitysenergiankulutus
$k_2$	paikkakunta kohtainen korjauskerroin Jyväskylään
$S_{\text{nvpkunta}}$	normaalivuoden (1971-2000) lämmitystarveluku vertailupaikkakunnalla
$S_{\text{toteutunutvpkunta}}$	toteutunut lämmitystarveluku vertailupaikkakunnalla
$Q_{\text{lämmitys}}$	toteutunut lämmitysenergian kulutus
$Q_{\text{lkv}}$	lämpimän käyttöveden energiankulutus

Taulukoissa 4 ja 5 olevia Sarvitiien rivitalojen ET-lukuja laskettaessa vertailupaikkakuntana on käytetty Kuopiota ja sen normaalivuoden lämmitystarvelukua 4 943. Vuoden 2008 lämmitystarveluku vertailupaikkakunnalla oli 4 323 ja vuonna 2010 lämmitystarveluku oli 5 405. Korjauskertoimen  $k_2$  arvo näissä laskuissa oli 1,02. Sähkön hyötysuhde on 1 ja puun 0,75.

## 4 ENERGIATEHOKKUUTTA PARANTAVAT RAKENNEMUUTOKSET JA KUSTANNUKSET

### 4.1 Energiatehokkuutta parantavat rakennemuutokset

Energiatehokkuutta parantavia rakennemuutoksia on useita. Ennen muutoksiin ryhtymistä on kannattavaa tehdä ilmatiiveysmittaus ja lämpökamerakuvaus, jotta ongelmakohtat saadaan kohdennettua ja tiedetään tuleeko rakennetta tiivistää vai lisäeristää. Rakenteita voidaan siis tiivistää ja lisäeristää sekä ikkunoiden ja ulko-ovien vaihtamista uusiin tulee pohtia. Ikkunat ja ulko-ovet voivat olla hyvässä kunnossa, mutta niiden U-arvot voivat olla huonot, joten uusiin vaihtaminen voi olla perusteltua hyvästä kunnosta huolimatta, mutta investointien takaisinmaksuaikaa tulee tarkastella. Tiivistettäviä liitoksia on useita ja lisälämmöneristämistä voidaan arvioida esimerkiksi rakenteiden U-arvojen avulla. Kaikkien liitosten tiivistäminen ja rakenteiden lisäeristäminen ei kuitenkaan ole automaattisesti kannattavaa, koska muutokset eivät välttämättä maksa itseään takaisin.

Lisäeristäminen tulee olemaan entistä kannattavampaa, koska lämmitysenergia kallistuu koko ajan. Esimerkiksi yläpohjan lisäeristäminen on järkevää, koska sen kustannukset tulevat takaisin jopa muutamassa vuodessa. Vielä 2000-luvun alun taloissakin eristevahvuudet ovat heikot nykyisiin vaatimuksiin verrattuna. Rakenteiden ilmanpitävyyskin on puutteellinen ja asukkaat nostavat huoneen lämpötilaa vedontunteen vuoksi. muutaman asteen lämpötilanosto kuluttaa energiaa jopa 20 % enemmän. Lisäeristämällä ja ilmanpitävyyttä parantamalla saadaan siis jäädyttävä veto pois ja parannettua asukasviihtyisyyttä. Tiivistämisen yhteydessä tulee myös varmistaa riittävästä korvausilman saannista. Aiemmin korvausilma on ollut lähinnä vuotoilmaa, joka on tullut alapohjan ja seinän sekä yläpohjan ja seinän liitoksista. (ROMPPAINEN 2010, 54.)

#### 4.1.1 Ilmatiiveysmittaus ja lämpökamerakuvaus

Rivitaloissa tulee tehdä ilmatiiveysmittaus sekä lämpökamerakuvaus. Mittausta ja kuvausta ei sisällytetty tähän opinnäytetyöhön, koska ne olisi hyvä toteuttaa samalla kerralla ja opinnäytetyötä tehdessä ei ollut otollinen vuodenaika toteuttaa lämpökamerakuvausta. Selvitin kunnalle valmiiksi yrityksiä, jotka toteuttavat mittauksia ja kuvauksia, jotta mittausten tullessa ajankohtaisiksi kunnan on nopea ottaa yhteyttä näitä palveluja tarjoaviin yrityksiin. Yritysten yhteystiedot löytyvät liitteestä 2.

Ilmatiiveysmittaus on tärkeä osa rakennuksen laadunvalvonnassa ja –varmistuksessa. Mittauksessa mitataan rakennuksen ilmanvuotoluku  $n_{50}$ , joka ilmoittaa rakennuksen kokonaistiiveyden 50 Pa paine-eroa vastaavassa tilanteessa tuntia kohden [1/h]. 1.7.2012 lähtien uutena tiiveysmittausyksikkönä käytetään  $q_{50}$ , joka kuvaa rakennusvaipan tiiveyttä. Rakennusvaipan ilmavuotoluvulla rakennusvaipan keskimääräistä vuotoilmaa tunnissa rakennusvaipan pinta-alaa kohden [ $m^3/(h \cdot m^2)$ ], kun on 50 Pa paine-ero. Ilmatiivis rakennuksen vaipparakenne on erittäin tärkeä muun muassa kosteusteknisen toiminnan, asumisviihtyisyyden ja energiankulutuksen takia. Asumisviihtyisyys paranee, jos kylmä ulkoilma ei pääse virtaamaan sisätiloihin ja aiheuttamaan vedon tunnetta. Hyvä ilmanpitävyys myös parantaa ilmanlaatua. Hallitsematon vuotoilma vaikuttaa suuresti rakennuksen kokonaisenergiankulutukseen. (Inframitta.fi)

Kalliin ilmatiiveysmittauksen sijaan rakenteiden vuotokohtia voi paikantaa myös esimerkiksi pintalämpömittarilla, jonka hinta on huomattavasti ilmatiiveysmittausta alhaisempi. Pintalämpömittaria kehittyneempi versio on lämpökamera. Lämpökameran voi vuokrata itse tai kohteeseen voi tilata henkilön kuvaamaan. Mittausten avulla saadaan selville, tuleeko rakennusta tiivistää vai lisäeristää. (Yli-Arvo 2011.)

Lämpökuvaus yleensä tehdään rakennuksen sisäpuolelta, mutta tarvittaessa rakennus voidaan kuvata myös ulkopuolelta ja esimerkiksi lämmöneristekerroksen kylmältä puolelta ullakolta. Tarvittaessa ulkovaipan lisäksi voidaan kuvata muitakin sisäpintoja muun muassa kosteusvaurioiden, kantavien rakenteiden liitokohtien ja taloteknisten varusteiden ja laitteiden kunnan ja toiminnan havaitsemiseksi. Kohteen koko ulkovaippa kuvataan, mutta ennen sitä kameran asetukset on tarkastettava ja säädettävä sekä mittausolosuhteet kirjata ylös. Kirjattavat mittausolosuhteet ovat pinnan emissiivisyys, tutkittavan tilan ilman lämpötila ja kosteus, ympäristön lämpötila sekä kuvausetaisyys, joka sisäkuvauksessa on 2-4 metriä ja ulkokuvausessa alle 10 metriä, jos olosuhteet sen mahdollistavat. Lämpökameran kalibroinnin tarkastaminen tehdään sekä enne kuvausta että kuvauksen päätyttyä. Syy lämpötilapoikkeamaan voi olla vaipan ilmavuoto, kylmäsilta, lämmöneristeiden puute tai asennusvirhe. Mittauksesta tehdään raportti, jossa esitetään poikkeavat kohdat sekä kuvauspaikat merkitään pohjapiirrokseseen kuvan numerolla ja nuolella. Kuvauksessa käytetään lämpötila-asteikkoa, jonka ei tule olla liian suuri. Kun kuvatessa käytetään isotermejä, käytetyn pintalämpötilakriteerin ja valitun lämpötila-asteikon alarajan väliset pintalämpötilat erottuvat selvästi muusta kuvasta. (Rakennuksen lämpökuvaus. Rakenteiden lämpötekniinen toimivuus 2005. RT 14 - 10850, 4.)

#### 4.1.2 Tiiveyttä parantavat toimenpiteet

Tiiveyskorjauksen avulla saadaan vedon tunne pois sekä tasaisempi sisälämpötila ja estetään kosteuden pääsy rakenteisiin. Kun vetoisuuden takia lämpötilaa nostaa yhdellä asteella, nostetaan samalla lämmitysenergian kustannuksia 5 %. Vanhoissa rakennuksissa vuotoilman mukana voi poistua jopa 25 % lämmitysenergiasta. Yleisimmät rakennuksen vuotokohdat ovat ikkunoiden ja ovien liittymäkohdat sekä ulkoseinän ja yläpohjan liittymä kuten myös ulkoseinän ja alapohjan liittymä. Myös ulkoseinän nurkka-alueiden kautta voi vuotaa ilmaa. Ikkunoita tiivistettäessä tai vaihtaessa tulee huomioida riittävästä korvausilman saannista, koska korvausilmaa ei enää tule vuotokohdista. Korvausilman saanti toteutetaan yleensä korvausilmaventtiilillä. Talon tiiveyttä kuvaa ilmanvuotoluku, mitä pienempi luku on sitä tiiviimpi talo on. 1980-luvulla rakennettujen pientalojen tyypillinen ilmanvuotoluku on 6 1/h, kun taas 1990- ja 2000-luvulla luku on 4 1/h. 2010-luvulla luku on vain 2 1/h ja nykyisten määräysten mukaan ilmanvuotoluku 4 vastaa tyydyttävää tasoa. (Oulun rakennusvalvonta 2013f, Tiiveyskorjaus, 1.)

Rakennusmääräyskokoelman D5 mukaan lasketuissa laskelmissa Sarvitiien rivitalojen ilmavuotolukuna on käytetty 6 1/h ja säästölaskelmissa ilmanvuotolukuna on käytetty 4 1/h. Säästölaskelmissa lasketaan siis sitä, kuinka paljon säästetään energiankulutuksessa ja – kustannuksissa, kun valitut tiiveyttä parantavat toimenpiteet on tehty ja ilmanvuotoluku on saatu pienennettyä.



Tässä työssä keskitytään ovien ja ikkunoiden liittymäkohtiin, alapohjan ja ulkoseinän liitokseen sekä ulkoseinän nurkka-alueisiin. Jos ikkunat ja ovet ovat hyvässä kunnossa ja niiden U-arvot ovat hyvät, kannattaa ikkunoiden ja ovien vaihdon sijasta panostaa ikkunoiden ja ovien liitosten tiivistämiseen. Sarvitiien rivitalojen osalta uusien ovien vaihtaminen ja niiden tiivistäminen on järkevin vaihtoehto, koska ovet ovat alkuperäiset ja osa niistä on huonossa kunnossa sekä niiden U-arvo on huono. Ikkunat ovat taas hyvässä kunnossa, mutta niiden U-arvo on huono, joten ikkunoiden vaihtamista kannattaa harkita niiden hyvästä kunnosta huolimatta. Alapohjan ja ulkoseinän liitos kannattaa tiivistää, koska lattianrajassa on alipaine, joten ilma virtaa ulkoa sisälle ja aiheuttaa näin ollen vedontunnetta. Liitoksen tiivistäminen lisää asukasviihtyisyyttä sekä vähentää lämmityksentarvetta. Alapohjan ja ulkoseinän liitoksen tiivistämisen yhteydessä voi samalla tiivistää ulkoseinien nurkkaliitokset. Yläpohjan ja ulkoseinän liitoksen tiivistäminen ei ole järkevää, koska se ei käytännössä tule koskaan maksamaan itseään takaisin. Katon rajassa on yläpaine, jolloin ilma virtaa sisältä ulos, joten tällä ei ole vaikutusta asukasviihtyisyyteen.

Ikkunoiden tiivistäminen onnistuu monella tapaa ja se on helppo ja tehokas tapa säästää energiassa ja kustannuksissa. Säästöjen lisäksi tiivistäminen vähentää vedontunnetta ja ehkäisee kosteuden tiivistymistä ikkunaan. Tiivistäessä sisempi ikkuna pyritään saamaan täysin ilmatiiviiksi, mutta ulomman puitteen tiivisteeseen jätetään tuuletusaukot huurtumisen estämiseksi. Tiivisteiden profilliin vaikuttaa raon paksuus ja tiivisteiden tulee sopia mahdollisimman hyvin karmien ja puitteen väliseen rakkoon. Tiivisteitä on useita, mutta yksi parhaista on ilmaa läpäisemätön tiivistemateriaali, kuten EPDM-kumi. (Laitinen 2010, 26.) Karmitiivistykseen voi toteuttaa myös vedeneristeellä ja vahvistusnauhalla.

Seinän ja lattian liitoksen voi tiivistää usealla eri tavalla ja tapaan vaikuttaa seinä- ja lattiamateriaalit. Liitoksen voi tiivistää vedeneristeellä ja vahvistusnauhalla, jolloin tarvitsee mahdollisesti purkaa vain jalkalistat ja osa lattian pintamateriaalista. Sarvitiien rivitalojen tapauksessa lattian pintamateriaali on muovimatto, jonka osittainen purkamisen ei ole hankalaa. Tiivistämisen voi toteuttaa myös liimamassatiivistyksenä, jolloin täytyy purkaa jalkalistat, pieni osa sisäseinälevyä, lämmöneristettä ja raottaa höyrynsulkua. Purun jälkeen liitos tiivistetään, asennetaan lämmöneriste, höyrynsulku ja seinälevy sekä jalkalista.

#### 4.1.3 U-arvojen parantaminen

TAULUKKO 9. Rakenteiden U-arvot

Rakenteiden U-arvot (W/m <sup>2</sup> K)	<b>Sarvitupa</b>	<b>Sarvirivi</b>	<b>Sarvipuisto</b>
Ulkoseinä	0,21	0,19	0,19
Alapohja	0,22	0,20	0,20
Yläpohja	0,17	0,22	0,22
Ikkunat	1,8	1,8	1,8
Ulko-ovet	2,1	2,1	2,1

Taulukkoon 9 on koottu kaikkien rakenteiden, ovien ja ikkunoiden nykyiset U-arvot. Ikkunoiden ja ovien nykyiset U-arvot ovat aika heikot, joten niiden vaihtamista U-arvoilta parempiin kannattaa pohtia. Uusien ikkunoiden ja ovien U-arvot olisivat  $1,0 \text{ W/m}^2 \text{ K}$ . Ala- ja yläpohjien sekä ulkoseinien U-arvoja voi parantaa lisälämmöneristämällä. Tässä työssä lisälämmöneristäminen on kannattavaa ainoastaan yläpohjille. Lisäeristämisen jälkeen yläpohjien U-arvot ovat suuruudeltaan samat kuin Suomen rakentamismääräyskokoelman osan C3 yläpohjan vertailuarvo.

Jos alapohjia lisäeristettäisiin, lämmöneristettä tulisi lisätä 50-75 mm riippuen rivitalosta, jolloin uusi U-arvo olisi  $0,16 \text{ W/m}^2 \text{ K}$ . Taulukkoon 10 on koottu rakenteiden uudet U-arvot muutosten jälkeen. Maanvastaisen alapohjan lisäeristäminen on kuitenkin erittäin suuritöinen, joten lisäeristämisen on järkevää vain, jos samalla, esimerkiksi asennetaan uusi lattialämmitys. Lisäeristämisen takia täytyy muun muassa purkaa vanha alapohja kokonaan, täytyy tehdä kaivutöitä lisäeristeelle sekä asunnosta täytyy purkaa kevyet väliseinät ja kiintokalusteet. Maanvastaisen alapohjan lisäeristäminen ei ole kannattavaa, jos nykyinen rakenne ei aiheuta ongelmia, eikä sen korjaus ole välttämätöntä. Alapohjan lisäeristäminen on siis kannattavaa vain, jos lattiarakenne täytyy uusida kokonaan sen huonon kunnan takia. (Oulun rakennusvalvonta 2013a, Alapohjan lisälämmöneristys, 1.)

Sarvitiin rivitalojen kohdalla ulkoseinien lisäeristäminen tulee tehdä sisältäpäin, koska rivitaloissa on tiiliverhous. Sisäpuolinen lisäeristäminen voi kuitenkin aiheuttaa esimerkiksi kosteusriskejä. Jos lisäeristäminen kuitenkin tulisi kyseeseen, Sarvituvan ulkoseiniin tulisi lisätä 50 mm mineraalivillaa ja muihin taloihin 20 mm polyuretaanieristettä, jotta arvot olisivat samat kuin vertailuarvot. Ulkoseinien lisäeristeet ovat määriltään pieniä verrattuna lisäeristämisen aiheuttamaan työmäärään ja kuluihin. Sisäpuolinen lisäeristäminen pahentaa kylmäsiltojen vaikutusta ala-, ylä- ja välipohjan sekä väliseinien kohdalla. Lisäeristäminen myös alentaa materiaalien lämpötilaa alkuperäisessä seinässä, jolloin suhteellisen kosteuden arvot nousevat, kun lämpötila laskee. Myös saderasituksen jälkeen alkuperäisen seinän kuivuminen hidastuu ja vaurioriski kasvaa. (Oulun rakennusvalvonta 2013g, Ulkoseinän lisälämmöneristys, 5.)

Yläpohjien lisäeristäminen on kaikista tärkeintä. Kaikkiin taloihin tulisi lisätä 300–400 mm puhallusvillaa, jolloin yläpohjien uusi U-arvo olisi  $0,09 \text{ W/m}^2 \text{ K}$ . Yläpohjan lisäeristäminen on muihin rakenteisiin verrattuna yksinkertaista, eikä se vaadi purkutöitä, mutta huonossa kunnossa olevat eristeet tulee poistaa ennen uuden villan asentamista. Yläpohjan lisäeristäminen on Sarvitiin rivitaloissa suositeltavaa, koska lämpöä karkaa nimenomaan yläpohjan kautta. Kustannukset jäävät suhteellisen pieneksi, jolloin takaisinmaksuaika jää lyhyeksi.

TAULUKKO 10. Rakenteiden uudet U-arvot

Rakenteiden U-arvot (W/m <sup>2</sup> K)	Sarvitupa	Sarvirivi	Sarvipuisto
Ulkoseinä	0,17	0,16	0,16
Alapohja	0,16	0,16	0,16
Yläpohja	0,09	0,09	0,09
Ikkunat	1,0	1,0	1,0
Ulko-ovet	1,0	1,0	1,0

#### 4.2 Rakennemuutosten kustannukset

Taulukkoon 11 on listattu mahdollisten rakennemuutosten kustannukset ja muutosten takaisinmaksajat, jotka on saatu jakamalla investointikustannukset vuotuisella säästöllä. Rakennemuutosten kustannusten muodostuminen löytyy liitteestä 3. Määrä laskettaessa on käytetty rakennuslupapiirustuksia ja kustannuksia laskettaessa on käytetty apuna kirjoja "Rakenneosien kustannuksia 2013" ja "Korjausrakentamisen kustannuksia 2013", joista on saatu materiaalien ja töiden kustannukset (Rakennustieto Oy 2013a, 25, 29, 33, 36, 40 ja Rakennustieto Oy 2013b, 82, 136, 149 - 151, 154, 189, 191 - 192, 200, 203 - 204, 222, 239). Kustannuksissa on huomioitu tarvittavien purkujen ja uusien materiaalien kustannukset sekä vaaditun työn kustannukset. Muutoksissa tulee miettiä, onko kannattavampaa esimerkiksi vaihtaa ikkunat kokonaan uusiin vai vain tiivistää ikkunan ja ulkoseinän liitokset. Uusien ikkunoiden takaisinmaksuaika on kuitenkin sen pituinen, että uusien ikkunoiden hankkiminen tulisi kannattavaksi. Alapohjan ja ulkoseinän liitoksen tiivistäminen on suhteellisen kallista verrattuna tuleviin säästöihin. Liitoksen tiivistäminen kuitenkin lisää huomattavasti asukasviihtyisyyttä, kun vedontunne lattianrajassa loppuu. Liitosten tiivistämisen säästöä on vaikea selvittää, kun rivitaloissa ei ole tehty tiiveysmittauksia, eikä lämpökamerakuvausta. On esimerkiksi vaikea arvioida, paljonko asukkaat nostavat lämpöä alapohjan ja ulkoseinän liitoksen huonon tiiveyden takia, joten on vaikea arvioida, paljonko energia säästyy tiivistämisen jälkeen.

TAULUKKO 11. Rakennemuutosten kustannukset, säästöt ja takaisinmaksuajat

<b>Muutokset</b>	<b>Kustannukset €</b>	<b>Säästöä €</b>	<b>Takaisinmaksuaika a</b>	<b>Vuoden kus- tannukset, kun jaettu 25 vuodelle</b>
<b>Ikkunoiden vaihtaminen</b>	45 655	4 088	11,2	1 826
<b>Ikkuna-US liitoksen tiivistäminen</b>	16 445	564	29,2	658
<b>Ovien vaihtaminen</b>	25 575	2 637	9,7	1 023
<b>Ovi-US liitoksen tiivistäminen</b>	5 646	266	21,2	226
<b>Yläpohjan lisäeristäminen</b>	21 448	4 031	5,3	858
<b>Alapohjan ja ulkoseinän liitoksen tiivistäminen</b>	31 273	990	31,6	1 251
<b>Ulkonurkkien tiivistäminen</b>	540	47	11,5	22
<b>Tiivistäminen</b>	53 904	3 591	15,0	2 156
<b>Ikkunoiden ja ovien vaihtaminen, liitosten tiivistäminen, YP:n lisäeristys</b>	124 491	12 623	9,9	4980

## 5 LÄMMITYSJÄRJESTELMÄT JA NIIDEN INVESTOINTIKUSTANNUKSET

Opinnäytetyön yhtenä tavoitteena oli kerätä tietoa lämmitysjärjestelmistä, jotka voisivat sopia Sarvitiien rivitaloihin ja joiden myötä energiakustannuksia saataisiin pienennettyä. Lämmitysjärjestelmävaihtoehtoiksi valittiin neljä todennäköisesti järkevintä ja kannattavinta. Vaihtoehtoina ovat kauko- ja maalämpö, pellettilämmitys sekä nykyinen sähkölämmitys, jonka lisälämmityksenä on joko takka tai ilmalämpöpumppu. Lämmitysjärjestelmään valintaan vaikuttavat hinta, kannattavuus ja energiatehokkuus. Jokaisesta lämmitysjärjestelmästä lähetettiin useampi tarjouspyyntö (liite 4), jossa pyydettiin, että tarjoukseen sisältyy laitteet ja asennukset tekniseen tilaan asti. Rivitaloilla on yhteensä kolme talovarastoa, joista jokainen voisi toimia teknisenä tilana, koska kaikissa on vesipiste ja lattia-kaivo sekä ne ovat kooltaan 8 - 11 m<sup>2</sup>. Kuvassa 4 on Sarvituvan talovarasto, joka on yksi vaihtoehto tekniseksitilaksi ja se on kooltaan noin 11 m<sup>2</sup>. Kunta itse hoitaa vanhojen patterien purun, LVI-suunnittelun, uusien vesikiertoisten patterien asennuksen sekä liitännät teknisestä tilasta asuntoihin. Lämmitysjärjestelmän kustannuksissa huomioidaan vain lämmitysjärjestelmän kustannukset eli LVI-kustannuksia ei huomioida tässä opinnäytetyössä ollenkaan. Tavoitteena on selvittää kannattavin lämmitysjärjestelmä. Uuden lämmitysjärjestelmän tarkastelu ajanjaksoksi on valittu 25 vuotta. LVI-työt ja patterihankinnat joudutaan hankkimaan lähestulkoon kaikissa uusissa vaihtoehtoissa, joten niiden huomiointia lämmitysjärjestelmien vertailuissa ei pidetty tarpeellisena.

Lämmitysjärjestelmän vaihtamisen tullessa ajankohtaiseksi, täytyy uusia vaihtoehtoja tarkastella monesta näkökulmasta, sillä järkevimmän ratkaisun löytämiseen vaikuttavat kiinteistö, tontti sekä käyttäjät. Yleensä edullista energiaa tuottava lämmitysjärjestelmä on kallis asentaa, esimerkiksi maalämpö ja kallista energiaa tuottava järjestelmä taas halpa asentaa. Jos talo on iso ja kulutus suuri, voi järjestelmä olla kalliskin, kunhan sen tuottama energia on halpaa. Tällaiseen kohteeseen sopii maalämpö, pelletti sekä kaukolämpö. Alkuinvestoinnin hinta ei ole tärkeintä vaan kokonaiskulut pitkällä aikavälillä, jos asumista aiotaan jatkaa pitkään tässä rakennuksessa. Uuden lämmitysjärjestelmän mitoitus on erittäin tärkeä ja se arvioidaan aiemman lämmitysenergian kulutuksen perusteella. (Laitinen 2010, 67 - 69.)



Kuva 4. As Oy Sarvituvan nykyinen talovarasto. Kuva Heli Mähönen

## 5.1 Kaukolämpö

Jos Sarvitien rivitalot liittyisivät kaukolämpöön, niin energiayhtiövaihtoehto olisi Suur-Savon Sähkö, koska Suur-Savon Sähköllä on kaukolämpökeskus Rantasalmella. Rantasalmen brikettitehtaalla metsähakkeen tukipolttoaineena käytetään puubrikettejä, joita jalostetaan teollisuuden sivutuotteista.

Kaukolämmössä lämmönjako toimii joko pattereiden tai lattialämmityksen kautta. Lämmön ja lämpimän veden käyttö vaatii myös lämmönsiirtimen, joka huolehtii, että vesi pääsee patteriverkoston. Lämmönsiirrin sijoitetaan kattilahuoneeseen. Kaukolämpölaitteisto on yksinkertainen, eikä se vie paljoa tilaa, eikä likaa ympäristöään. Energiamuotona kaukolämmitys säästää ympäristöä ja torjuu ilmastomuutosta, esimerkiksi säästämällä polttoainetta. Ilman kaukolämpöä esimerkiksi sähköntuotannosta sekä teollisuusprosesseista syntyvä lämpöenergia menisi hukkaan, koska kaukolämmityksessä hyödynnetään tätä lämpöenergiaa. Kaukolämpö tuotetaan joko lämpöä ja sähköä tuottavissa lämpölaitoksissa tai pelkkää lämpöä tuottavissa lämpökeskuksissa, joissa lämpö tuotetaan yli 80-prosenttisesti kotimaisilla kiinteillä polttoaineilla. Suur-Savon Sähkö toimittaa kaukolämpöä muun muassa Juvalla, Rantasalmella, Kerimäellä sekä Savonlinnassa ja teollisuushöyryä maakunnan puujalostusteollisuudelle. Polttoaineena Suur-Savon Sähkö käyttää pääasiassa paikallisia puupolttoaineita ja Rantasalmen brikettitehtaalla se jalostaa teollisuuden sivutuotteita puubriketeiksi, joita se käyttää metsähakkeen tukipolttoaineena. Kiinteistön sijainti vaikuttaa kaukolämpöverkkoon liittymiseen, mutta kiinteistön iällä ei ole merkitystä. Lämpö voidaan kohdentaa juuri haluttuun kohteeseen, joka mahdollistaa, että itse voi vaikuttaa lämmityskustannuksiin. Suur-Savon Sähkön kaikki kaukolämpömittarit ovat etäluettavia, joten itse voi seurata omaa energiankulutusta Online-palvelusta reaaliai-

kaisesti. Suur-Savon Sähkö tarjoaa kaukolämmön kokonaispalvelupakettia, joka sisältää kaukolämpöjärjestelmän rakentamisen valmiiksi avaimet käteen -periaatteella, jolloin järjestelmälle myös myönnetään kolmen vuoden täydellinen huolto- ja kunnossapitotakuu. Takuu sisältää myös 24 tunnin päivystyksen häiriötapauksissa. Kaukolämpöön liittyessä liittymismaksulla Suur-Savon Sähköltä saa kiinteistön kattilahuoneeseen liitosjohdon eli talohaaran ja lämmönmittauskeskuksen. Kaikki maanrakennus ja rakennustekniset työt sisältyvät liittymismaksuun. (Ssoy.fi)

Kaukolämmön osalta energiamaksut saadaan selville Suur-Savon Sähköltä, jolta saatiin tarjous Sarvitienväylän rivitalojen liittymisestä kaukolämpöön. Tarjous sisälsi liittymismaksun, joka oli 24 779 € sekä perus- ja energiamaksun, jotka ovat 299,43 €/kk ja 68,45 €/MWh (hinnat sis. ALV 24 %). Kilowattimaksua siis 6,845 snt ja energiamaksu tarkistetaan 1.1, 1.4. ja 1.10. Perusmaksulle tulee hintaa vuodessa siis 3 593,14 € (hinta sis. ALV 24 %). Perusmaksu riippuu tilavuusvirrasta sekä k-kerroimesta, joka riippuu paikkakunnasta. Rantasalmen k-kerroin on 1,51 ja tilavuusvirta 2,0 m<sup>3</sup>/h, jolloin perusmaksun kaava on  $1,51 * (867 + 526 * 2,0) = 2 897,69$  €. Hintaan lisätään vielä arvonlisävero. Investointikustannuksiin liittymismaksun lisäksi kuuluu kaukolämmön lämmönjakokeskuksen hankkiminen. Tarjouksen mukaan lämmönjakokeskuksen hinnaksi tuli 3 850 €, hintaan sisältyy kaikki lämmönjakokeskukseen tarvittavat osat, mutta ei asennusta.

## 5.2 Maalämpö

Maalämpöpumput voidaan jakaa kolmeen tyyppiin niiden toimintaperusteensa mukaan eli maa-, kallioli- ja vesistölämpöpumppuihin. Kun käytössä on maalämpöpumppu, lämpöä keräävä putkisto asennetaan noin metrin syvyyteen tontilla ja pinta-alaa tarvitaan noin 600 - 800 m<sup>2</sup>. Putkisto ei rajoita piha-alueen kasvien käyttöä ja putkiston etäisyys naapuritontista tulee olla riittävän suuri. Asennusputken ympärillä olevan maaperän olisi hyvä olla tiiviimpää hienoaainespitoista kosteaa maata, kuten savea tai silttiä. Huonosta maalajista saatavaa lämpöä voidaan korvata pitemmällä putkella, mutta pinta-ala saattaa tulla rajoittavaksi tekijäksi. Lämmönkeruuputkiston pituus riippuu maalajista ja vaihtelee noin 3 - 10 metriä lämmitettävää rakennuksen pinta-alaa kohden. (Oulun rakennusvalvonta 2013c, Lämpöpumput, 4.)

Kallioliämpöpumppua käytettäessä lämpöä keräävä putkisto porataan kallioon noin 70 - 300 metrin syvyyteen. Keräin putket ovat kaivon vedessä kaivon aktiivisyvytydessä, joka ylitetään yleensä vielä 10 metrin lisäsyvytydellä. Pintavesien ja maa-ainesten pääsy porakaivoon estetään upottamalla vähintään 130 mm halkaisijaltaan oleva suojaputki kaivon ympärille noin 6 metrin syvyyteen. Suojaputken sisään asennetaan 2 - 4 kappaletta lämpöä keräävän kylmäaineiston putkia, jotka joudutaan ankkuroimaan porakaivoon erillisillä painoilla. Syvyys maanpinnasta kallioon tulisi olla enintään 20 metriä ja kallion tulisi olla riittävän hyväkuntoinen. Kalliokaivosta saatava lämpöenergian teho on noin kaksinkertainen verrattuna maahan asennettuun putkistoon. Kaivon vedentuotto määrää lämpöenergian määrän. (Pulun rakennusvalvonta 2013c, Lämpöpumput, 4.)

Vesistölämpöpumpun lämpöä keräävä putkisto voidaan asentaa lähialueen vesistön pohjaan, joko kaivamalla putkisto vesialueen pohjan pintakerrokseen tai asentamalla putkisto painojen avulla poh-

jaan. Lämpöä saadaan lämpimästä pohjasta, vaikka vesistön pinta olisi jäässä. Jotta vesistölämpöpumppua voidaan käyttää, tulee rakennuksen olla riittävän lähellä vesistöä. Virtaavaan veteen kuten jokeen, vesistölämpöpumppu ei sovellu. Lämmönkeruun teho on noin 2 - 3-kertainen verrattuna maahan asennettavaan putkeen. Lämpöpumput mitoitetaan joko täys- tai osateholle, joka on täys-tehomitoitusta edullisempi vaihtoehto. Osateholle mitoitettu lämpöpumppu tarvitsee kylminä pakkasjaksoina lisälämmitystä, mutta sen käyttö on lyhytaikaista ja lisäteho voidaan saada alkuperäisestä lämmitysjärjestelmästä. Lämpöpumppujärjestelmässä voi olla mukana erillinen sähkövastus, mutta vettä lämmittävässä lämpöpumppujärjestelmässä sähkövastus on yleensä lämminvesivaraajassa. (Oulun rakennusvalvonta 2013c, Lämpöpumput, 4 - 5.)

Sarvitiien rivitalojen tontti ja lähimaasto eivät ole parhaat mahdolliset maalämpöä ajatellen, koska maa-aineksena on moreeni ja taas kallion syvyyttä ei ole mitattu, mutta sen arvellaan sijaitsevan syvyydessä, joka nostaa kustannuksia huomattavasti. Moreeni on kuivaa ainesta, jolloin pinta-asennuksessa lämmönkeruuputkistoa joudutaan laittamaan jopa neljä kertaa enemmän kuin esimerkiksi saviseen maahan. Koska keruuputkistoa tulee laittaa paljon, tarvitaan isoa alue (liite 5) putkis-toille sekä paljon keruunestettä, mikä tietenkin nostaa kustannuksia. Toisaalta taas kallion syvyys aiheuttaa paljon porausta kaivoja varten ja myös poraus on melko kallista. Sarvitiellä kannattaisi toteuttaa koekairaus esimerkiksi kolmesta eri pisteestä, jotta kallion syvyys saataisiin selville. Sarvitiien tapauksessa on vaikea sanoa, kumpi keruuputkiston asennustavasta tulisi edullisemmaksi, koska kallion syvyydestä ei ole täysin varmaa tietoa. Tähän opinnäytetyöhön asennustavaksi on kuitenkin valittu pinta-asennus.

Lähetin maalämmöstä kuusi kappaletta tarjouspyyntöjä ja tarjouksia sain kolme kappaletta. Näiden kolmen lisäksi yksi yritys kävi vierailmassa kohteessa, mutta ei tehnyt tarjousta. Lisäksi neljäs yritys otti yhteyttä ja oli kiinnostunut tulemaan vierailemaan kohteessa, mutta ei kuitenkaan ottanut enää uudelleen yhteyttä. Kaksi tarjouksista oli tehty niin, että lämmönjako kaikkiin viiteen taloon tapahtuu yhdestä keskuksesta. Ensimmäisessä tarjouksessa on käytetty yhtä pumppua, joka on teholtaan 111,66 kW ja toisessa on käytetty kahta pumppua, jotka ovat tehoiltaan 36 kW. Ensimmäisessä tarjouksessa ei oltu huomioitu maankaivu- ja peittotöitä, vaikka tarjouspyynnössä niin pyydettiin. Myöskään siivouksesta ei ollut mainintaa kuten kahdessa muussa tarjouksessa. Toisen tarjouksen tarvikkeet ja työt oli eritelty kattavasti kuten myös yksikköhinnat. Toiseen tarjoukseen oli sisällytetty myös varajärjestelmä sekä puskurivaraaja. Kolmannessa tarjouksessa lämmitysjärjestelmä oli suunniteltu niin, että kaikilla kolmella asunto-osakeyhtiöllä olisi oma lämmönjakokeskus eli pumppuja ja varaajia olisi kaikkia kolme kappaletta. Tässä pumppujen tehot olisivat 27,7 ja 33,9 kW. Tarjoukset sisälsivät keruuputkiston, keruunesteen, pumpun, varaajan ja asennukset. Taulukossa 12 on esitetty pumppujen tehot sekä keruupiirin ja -nesteen määrät. Hinnat eivät ole täysin vertailukelpoisia, koska yhdessä tarjouksessa ei ole huomioitu maankaivu ja -peittotöitä ja yhdessä tarjouksessa on käytetty yhden lämmönjakokeskuksen tilalla kolme keskusta. Laskuissa käytetäänkin maalämpö 3 hintaa, koska siinä on huomioitu kaikki pyydetty sekä vertailun vuoksi myös maalämpö 1 hintoja käytetään. Maalämpölaskuissa käytetään siis kahta eri hintaa ja saadaan kaksi eri vastausta.



TAULUKKO 12. Maalämpöjärjestelmän investointikustannukset (alv 0 %)

	maalämpö 1	maalämpö 2	maalämpö 3
pumpun teho (kW)	27,7/33,9	111,66	36
keruupiiri (m)	5 600	6 800	5 810
keruuneste (l)	5 600	6 700	-
<b>Yht. (€)</b>	<b>144 653</b>	<b>82 606</b>	<b>101 415</b>

### 5.3 Pellettilämmitys

Pelletti on valmistettu puuteollisuudessa syntyvästä sahanpurusta, hakkeesta tai turpeesta ja niissä on varastoituna runsaasti energiaa sekä niitä on helppo käsitellä, säilyttää ja käyttää. Päälämmitysjärjestelmän lisäksi pellettiä voidaan käyttää sähkölämmitystaloissa pellettitakan muodossa, jolloin pellettiä käytetään kalliimman energian kulutuksen vähentämiseksi. Lämmitysmuotona pellettilämmitys aiheuttaa vähiten hiilipäästöjä puun jälkeen. Jotta pellettilämmitysjärjestelmän käyttäminen olisi mahdollista, tarvitaan vesikiertoinen lämmönjakojärjestelmä, tilat sopivaa kattilaa ja pellettipoltinta varten, savuhormi sekä tilaa pelletin varastoinnille. Varastointitila voi olla kylmä tai lämmin ja se voi olla valmiina ostettu tai itse rakennettu siilo. Varaston tulee olla kuiva ja paloturvallisuuden takia erillisessä tilassa. Pellettiä on mahdollista ostaa piensäkeissä, suursäkeissä tai puhallettuna suoraan varastoon. Saatavuus ei ole ongelma, koska puupellettejä on saatavilla joka puolella Suomea. Pellettsiilon voi mitoittaa esimerkiksi puolen vuoden tarpeelle, mikä on järkevää täyttökertoja ajatellen, mutta viikko- ja päiväsiilötkin ovat mahdollisia. Kattilahuoneeseen pellettiä voidaan säilöä vain metallisessa astiassa ja enintään 0,5 m<sup>3</sup>. Pelletin siirtokuljettimena toimii siirtoruuvi tai pelletti-imuri, joka mahdollistaa siilon sijoittamisen jopa 25 metrin päähän kattilahuoneesta. Ruuvikuljetin on kuitenkin yleisempi ratkaisu. Pellettijärjestelmää täytyy huoltaa säännöllisin väliajoin. Häiriötilanteissa yleensä kattiloissa oleva sähkövastus kytkeytyy päälle ja varmistaa katkeamattoman lämmöntuotannon. Polttovälin harventamiseksi kattilan rinnalle voidaan liittää erillinen vesivaraaja, joka varastoi lämpöä pitkäksi aikaa. (Oulun rakennusvalvonta 2013d, Pellettilämmitys, 1 - 2.)

Lähetin kaksi tarjouspyyntöä pellettilämmityksestä ja toiseen pyynnöstä vastattiin. Tarjouksessa tarjottiin uusinta tekniikkaa edustavaa ja täysautomaattista kattilaa, jolla on alhaiset päästöt ja kuluttaa noin 10 % vähemmän polttoainetta perinteisiin kattiloihin verrattuna. Kattila on helppokäyttöinen ja sen huoltokustannukset ovat alhaiset. Tarjoukseen sisältyi teholtaan 130 kW:a olevan kattilan lisäksi tehdasvalmisteinen 25 m<sup>3</sup> pellettsiilo, 3 000 l energiavaraaja ja moduulisavupiippu. Yhteishinnaksi näille tuli 56 790 € (alv 0 %). Lisävarusteeksi tarjottiin vielä tuhkahuoltoa helpottavaa lisätuhkasäiliötä, joka on hinnaltaan 3 300 €. Tilaajan vastuulle kuuluu lisäksi esimerkiksi siilon perustusten rakentaminen ja piipun kiinnittäminen seinään ja katon yläpuolinen tuenta. Kustannuksissa huomioidaan kuitenkin vain investointi- ja energiakustannukset, jotta eri lämmitysjärjestelmiä olisi mahdollista vertailla mahdollisimman tasavertaisesti. Pelletti maksaa noin 178,80 €/tonni eli 0,1788 €/kg. Pelletin lämpöarvo on 4,7 kWh/kg, joten kilowattitunnin hinnaksi tulee 0,0380 €/kWh.

## 5.4 Sähkölämmitys ja takka tai ilmalämpöpumppu

As Oy Sarvipuiston asunnoissa on sähkölämmityksen lisäksi varaavat takat, joten yhdeksi lämmitys- vaihtoehdoksi valittiin, että takattomiin taloihin laitettaisiin sähkölämmityksen lisäksi ilmalämpöpumppu. Ilmalämpöpumpputarjoukset koskevat siis vain As Oy Sarvituvan ja Sarvirivin 17 asuntoa. Laskelmissa sähkölämmityksen ja ilmalämpöpumpun yhteinen hyötysuhde on 1,3. Takan hyötysuhde on 0,75 ja sähkön 1. Puun hintana on käytetty 65 €/m<sup>3</sup>. Koivun lämpöarvo on 1 700 kWh/m<sup>3</sup>, jolloin kilowatin hinnaksi tulee  $65 \text{ €/m}^3 / 1\,700 \text{ kWh/m}^3 = 0,0382 \text{ €/kWh}$ .

### 5.4.1 Sähkölämmitys

Sähkölämmitys voidaan toteuttaa kahdella tapaa, joista ensimmäisenä on keskitetty lämmitysjärjestelmä ja toisena huoneistokohtainen lämmitysjärjestelmä. Keskitetyssä lämmitysjärjestelmässä lämmönjako tapahtuu vesikiertoisen patterien tai lattialämmityksen kautta. Huoneistokohtaisessa lämmityksessä lämmitys taas on niin sanottua suoraa sähkölämmitystä, jossa huoneita lämmitetään pattereiden, lattian tai katon avulla. Muihin lämmitysmuotoihin verrattuna sähkönhinta on noussut nopeitten. Kuitenkin 40 % pientaloista lämpiää sähköllä. (Oulun rakennusvalvonta 2013e, Sähkölämmitys, 1 - 2.) Sähkövero nousi vuoden 2014 alusta ja yksityistalouksissa eli sähköveroluokassa 1 se tarkoittaa veron nousua 2,11172 sentistä 2,35972 senttiin kilowattitunnilta (alv 24 %). Kun rivitalohuoneiston vuosikulutus on 2 000 kWh, korotus on 2,4 % eli 5 € vuodessa. Jos kulutus on 5 000 kWh vuodessa, korotus on 2,8 % eli 12,5 € vuodessa. (Ssoy.fi)

### 5.4.2 Takka

Tyypillisesti puulämmitys täydentää sähkölämmitystä, joten se on toissijainen lämmitysmuoto. Puu ei kuormita ilmastoa, koska kasvaessaan puu on väliaikaisesti sitonut itseensä saman verran hiilidioksidia kuin se palaessaan vapauttaa. Jos puu palaa epäpuhtaasti, päästöjä kuitenkin syntyy. Puhtaasti palaessa puu taas lämmittää tehokkaasti ja säästää vaivaa ja rahaa. Sähkölämmittäjä voi VTT:n mukaan talvipakkasilla korvata lämmitystehosta 50 prosenttia varaavan takan avulla. Takan voi lämmittää usealla tavalla. Takan voi esimerkiksi sytyttää niin että puut on ladottu tulipesän takaosaan pystyasentoon ja puut sytytetään niiden alta. Alta sytyttäminen ei kuitenkaan ole kannattavaa, koska suurin osa puista irtoavasta palokaasuista karkaa, eikä palaminen ole nii tehokasta. Puut tulisikin asettaa vaakasuoraan ja sytyttää tuli sytykkeisiin niiden päälle, jolloin palokaasut nousevat suoraan liekkiin ja palavat tehokkaasti sekä palaminen on puhtaampaa. Sytytystapojen eron voi nähdä myös savupiipusta, sillä alta sytyttäessä piipusta tulee mustaa savua, kun taas päältä sytyttäessä tulee vaaleaa savua tai ei savua lainkaan. 25 - 50 prosenttia puunpolton lämmöstä syntyy hiililovavaiheessa, joten hiillosta kannattaa kohentaa, jotta hiiltyneet puunkappaleet palaisivat loppuun. Myös luukusta virtaavaa ilmaa voi vähentää ja hormipeltiä säätää pienemmälle, kun liekkejä ei enää näy. Näin suurempi osa hiilloksen lämmöstä saadaan talteen. (Laitinen 2010, 105 - 108, 110.)

### 5.4.3 Ilmalämpöpumppu

Ilmalämpöpumppu sopii lisälämmöntuottoon peruslämmitysjärjestelmän rinnalle. Ilmalämpöpumppu on järkevä vaihtoehto sähkölämmitteiseen taloon, joissa on hyvä ilmatiiveys, muuten hyöty on vähäinen. Sähkönkulutus voi lisääntyä jopa ilmalämpöpumpun kuluttaman sähkön verran ja taloudellinen hyöty katoaa, jos tiiveys ei ole kunnossa. Ilmalämpöpumppu asennetaan rakennuksen ulkopuolelle seinälle tai esimerkiksi erilliselle telineelle. Pumppu ottaa energian suoraan ulkoilmasta. Puhallinyksikkö on rakennuksen sisäpuolella mahdollisimman laaja-alaisessa tilassa, jossa puhallettava ilma saavuttaa suurimman osan rakennusta. Kylmäainetta sisältävät putket viedään seinänläpi. Huoneilmaan energia siirtyy kennon ja puhaltimien kautta. Ulkoilman lämpötila rajoittaa ilmalämpöpumppujen käyttöä ja niistä saatavaa tehoa. Ulkoilman lämpötilan ollessa -10...-15 astetta, ilmalämpöpumppu tarvitsee lisälämmönlähteen. (Oulun rakennusvalvonta 2013c, Lämpöpumput, 1 - 5.)

Ilmalämpöpumpuista lähetin viisi tarjouspyyntöä, joista kahteen vastattiin ja yhteen ilmoitettiin, etteivät ehdi tehdä tarjousta. Tarjoukset olivat sisällöltään hyvin samanlaiset ja niitä on helppo verrata keskenään. Tarjouksien hinnoissa oli noin 4 000 euron ero. Toisen tarjouksen sisältö oli kuitenkin eroteltu huomattavasti tarkemmin sekä tuotteiden ja asennuksien yksikköhinnat. Toisen tarjouksen ilmalämpöpumpun teho on 5,8 kW ja sen osilla on takuu aika kaksi vuotta ja kompressorin takuu aika kolme vuotta. Toiset pumput ovat teholtaan 5 kW ja niiden takuu aika on viisi vuotta. Taulukossa 13 on esitetty molempien tarjousten kokonaishinnat sekä pumppujen ja asennuksien hinnat eriteltynä. Taulukossa on myös esitetty hintojen keskiarvot, joita käytetään laskuissa.

TAULUKKO 13. Ilmalämpöpumppujen investointikustannukset (alv 0 %)

	<b>pumppu 1</b>	<b>pumppu2</b>	<b>keskiarvo</b>
pumput (€)	27 008,06	23 266,13	25 137,10
työ (€)	10 693,51	10 147,58	10 420,55
<b>Yht. (€)</b>	<b>37 701,57</b>	<b>33 413,71</b>	<b>35 558</b>

### 5.5 Lämmitysjärjestelmien kokonaiskustannukset ja niiden vertailua

Lämmitysjärjestelmien investointikustannuksissa (taulukko 14) ei ole huomioitu vesikiertoisten patterien kustannuksia ja asennuskustannuksia. Taulukossa 14 on myös lämmitysjärjestelmien vuosittaiset kustannukset, kun investointikustannukset on jaettu tarkasteluajanjaksolla eli 25 vuodella. Taulukossa 15 on laskettu, kuinka paljon uusi lämmitysjärjestelmä säästää nykyiseen sähkölämmitykseen verrattuna, jos muutoksia rakenteisiin ei tehdä. Taulukossa 16 on esitetty uusien lämmitysjärjestelmien takaisinmaksuajat, jotka on saatu, kun investointikustannukset on jaettu vuotuisella säästöllä.

TAULUKKO 14. Lämmitysjärjestelmien investointikustannukset

	<b>ilmalämpöpump- pu/takka + sähkö</b>	<b>kaukolämpö</b>	<b>maalämpö1</b>	<b>maalämpö2</b>	<b>pelletti</b>
Investointikustannukset (€)	35 558	28 629	144 653	101 415	56 790
Vuoden kustannukset, kun kustannukset jaettu 25 vuodelle	1 422	1 145	5 786	4 057	2 272

TAULUKKO 15. Lämmitysjärjestelmien energiakustannukset ja vuotuiset säästöt

	<b>ilmalämpö + sähkö</b>	<b>takka + sähkö</b>	<b>kaukolämpö</b>	<b>maalämpö</b>	<b>pelletti</b>	<b>sähkö/nykyinen</b>
Lämmitysenergian tarve/vuosi (kWh)	189 529	106 821 22 000 84 821	296 350	296 350	296 350	296 350
Hyötysuhde	1,3	0,75 1	0,97	2,9	0,93	1
Todellinen tarve (kWh)	145 792	29 333 84 821	305 515	102 190	318 656	296 350
Hinta/kWh (€)	0,1316	0,0382 0,1316	0,0685	0,1316	0,0380	0,1316
Energian hinta/vuosi (€)		1 121 11 162	20 913	13 448	12 109	39 000
Energian hinta/vuosi yht. (€)	19 186	12 283				
<b>Säästää nykyiseen (€)</b>		<b>7 531</b>	<b>18 087</b>	<b>25 552</b>	<b>26 891</b>	-

TAULUKKO 16. Lämmitysjärjestelmien takaisinmaksuaika

	<b>ilmalämpö/takka + sähkö</b>	<b>kaukolämpö</b>	<b>maalämpö1</b>	<b>maalämpö2</b>	<b>pelletti</b>
investointi/säästö takaisinmaksuaika	35 558/7 531	28 629/18 087	144 653/25 552	101 415/25 552	56 790/26 891
(a)	4,7	1,6	5,7	4,0	2,1

Olemassa olevalla lämmitysjärjestelmällä on olennainen merkitys, kun lämmitysjärjestelmän vaihtoa aletaan suunnitella. Vesikiertoinen lämmitysjärjestelmä antaa paljon vaihtoehtoja ja vaikuttaa kustannuksiin. Koska Sarvitiien rivitaloissa on suora sähkölämmitys, eikä vesikiertoista lämmönjakoa ole, ei lämmitysjärjestelmää kannata lähteä suin päin vaihtamaan vaan miettiä muita vaihtoehtoja energiansäästöön ja sähkön kulutuksen vähentämiseen. Jos lämmitysjärjestelmän vaihtaminen kuitenkin tulee kyseeseen, tulee valinta tehdä siis kaukolämmön, maalämmön, pellettilämmityksen sekä sähkölämmityksen ja takan/ilmalämpöpumpun väliltä. Maalämpö ei ole järkevä vaihtoehto, koska maaperä tontilla ei ole otollinen tälle lämmitysmuodolle. Pinta-asennuksessa lämmönkeruuputkistoa pitää käyttää paljon ja tila on rajallinen. Myöskään kallion sijainti syvyydestä ei ole tietoa. Kaukolämpö on helppo vaihtoehto, eikä investointikustannukset oli kovin suuret. Pellettilämmityksellä on edullinen energianhinta ja pellettiä saa omalta paikkakunnalta. Pellettilämmitys vaatii kuitenkin eniten muutoksia teknisessä tilassa sekä säilytystilan rakentamisen pelleteille. Ilmalämpöpumpusta on hyötyä vasta kun on tiiviit rakenteet, joten pelkän lämmitysjärjestelmän vaihdon tullessa kyseeseen ilmalämpöpumppu ei ole listassa ensimmäinen vaihtoehto. Ilmalämpöpumpun rinnalla tarvitaan sähkö-

lämmitystä kovien pakkasten aikaan. E-luvun näkökulmasta lämmitysjärjestelmiä vertaillessa on pelletillä paras kerroin, kaukolämmöllä toiseksi paras. Maalämmöllä kuitenkin sähkön osuus lämmityksessä on hyvin pieni hyvän hyötysuhteen takia, joten E-luku jää pienemmäksi kuin kaukolämmöllä, mutta pelletillä on sitäkin pienempi.

## 6 TUET JA AVUSTUKSET

Kunta voi hakea energia-avustusta Asumisen rahoitus- ja kehittämiskeskukselta (myöhemmin ARA), jos kunta aikoo toteuttaa korjaus-, energia- ja terveyshaitta-avustuksessa (128/2006) mainittuja toimenpiteitä. Toimenpiteenä voi esimerkiksi olla ulkoseinien lisäeristäminen ulkopuolelta, ikkunoiden parantaminen tai uusiminen, yläpohjan lisäeristäminen, kauko- tai aluelämmitykseen liittyminen tai energiakatselmuksen tekeminen. Kunnan omistamiin asuinrakennuksiin avustuksen myöntää ARA, mutta kunta voi myöntää avustusta yksityisille asuinrakennusten omistajille. Energia-avustusohjeessa on esitelty tarkemmin ohjeet avustuksen hakemiseen. (Ara.fi)

Muun muassa uutta teknologiaa hyödyntäviin energiansäästöä edistäviin tai uusiutuvan energian käyttöä edistäviin investointeihin on mahdollista saada tukea Työ- ja elinkeinoministeriöstä (myöhemmin TEM) tai Elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskuksesta (myöhemmin ELY-keskus). Jos tukea hakeva kuuluu energiatehokkuussopimusjärjestelmään, voi se saada tapauskohtaisen harkinnan perusteella tukea tavanomaisen tekniikan säästöinvestointeihin. Ennen tuen hakemista suositellaan teetättämään energiakatselmuksen, joka toimii investointihakemuksen selvitysosana, mutta energiakatselmuksen ei ole investointituen ehto. Investoinnin myötä saatava energiansäästö tulee osoittaa selkeästi laskelmilla, jotka tulee sisältää investointihakemuksen selvitykseen. Selvityksessä tulee olla myös muun muassa lähtötiedot, perusteet hankkeen toteuttamiselle, hankkeen tekninen kuvaus ja investointikustannukset eriteltynä. Energiatehokkuusinvestoinnin takaisinmaksuaika tulee olla yli kolme vuotta, jotta se voi saada tukea. Kun takaisinmaksuaika on 3-5 vuotta, tulee suurilla yrityksillä olla erillinen selvitys esimerkiksi hankkeen kannattavuuslaskelmat tuella ja ilman. ELY-keskuksessa ja TEM:ssä tehdään energiatukiin ja niiden myöntämiseen liittyvät viralliset tulkinnat. Tuki haetaan sen alueen ELY-keskuksesta, jossa investointi toteutetaan. (Motiva.fi)

Valtioneuvoston asetuksen (1063/2012) mukaan energiatuen osuus hyväksyttävistä kustannuksista voi olla enintään uusiutuviin energialähteisiin ja energiatehokkuuteen liittyvissä investoinneissa 40 %, kun käytetään uutta teknologiaa ja 30 %, kun käytössä on tavanomainen teknologia. Muiden ympäristöhaittoja vähentävien investointien tuen osuus voi olla enimmillään 30 %. (Motiva.fi)

## 7 TULOKSET

### 7.1 Kustannukset

Muutosvaihtoehdot ovat siis joko lämmitysjärjestelmän vaihtaminen tai rakennemuutokset tai sekä että. Mahdollisia rakennemuutoksia ovat alapohjan ja ulkoseinän välisen liitoksen sekä ulkoseinien nurkkaliitosten tiivistäminen, yläpohjan lisäeristäminen, ulko-ovien vaihtaminen ja ikkunoiden tiivistäminen tai vaihtaminen. Myös purkaminen on otettu vaihtoehtona huomioon.

Työn tuloksena saadaan valittujen lämmitysjärjestelmien investointikustannukset, jotka on esitetty taulukossa 17. Taulukossa 17 on esitetty myös vuoden kustannukset, kun investointikustannukset on jaettu arvioidulla käyttöiällä. Taulukossa 18 esitetään lämmitysjärjestelmien takaisinmaksuajat, jotka saadaan jakamalla investointikustannukset vuotuisilla säästöillä. Taulukossa 19 on taas esitetty lämmitysjärjestelmien takaisinmaksuajat, kun rakennemuutokset on tehty. Selville saadaan myösärkevimmät rakennemuutosvaihtoehdot (taulukko 20), niiden kustannukset ja takaisinmaksuajat sekä vuoden kustannukset, kun investoinnit on jaettu 25 vuodella. Myös rivitalojen purkukustannukset on selvitetty ja ne ovat esillä taulukossa 21. Purkukustannuksissa on huomioitu mies- ja kone-työt, erikoiskoneet, jätteiden kuljetus, jätteiden vastaanottomaksut, erikois- ja pinnoitustyöt sekä valvonnan, lupien ja rakennuttajan yleiskustannukset (Utriainen 2013-08-17). Myös huoneistojen tämän hetkisiä vastikkeiden suuruuksia sekä vuokrien määriä on selvitetty ja ne on esitetty taulukossa 22. Kustannuksia pohdittaessa tulee ottaa myös huomioon, että korjaustoimien aikana asunnot tulee olla tyhjillään, jolloin asunnoista ei saada vuokratuloja. Koska osa asunnoista on joka tapauksessa tyhjillään ja työt tehdään oletettavasti portaittain, ei asuntojen tyhjillään olo ole huomattava ongelma. Koska purkamiseenkin saa kulutettua euroja, ei purkaminen ole missään tilanteessa itsestään selvä vaihtoehto. Purkamiseen kuluvilla rahoilla saadaan aikaiseksi monia muutostöitä, jotka parantavat rivitalojen energiatehokkuutta ja näin ollen myös talojen ylläpidon kannattavuutta.

TAULUKKO 17. Lämmitysjärjestelmien kustannukset

	<b>ilmalämpöpump- pu/takka + sähkö</b>	<b>kaukolämpö</b>	<b>maalämpö1</b>	<b>maalämpö2</b>	<b>pelletti</b>
Investointikustannukset (€)	35 558	28 629	144 653	101 415	56 790
Vuoden kustannukset, kun kustannukset jaettu 25 vuodelle	1 422	1 145	5 786	4 057	2 272

TAULUKKO 18. Lämmitysjärjestelmien takaisinmaksuaika nykyisillä rakenteilla

	<b>ilmalämpö/takka + sähkö</b>	<b>kaukolämpö</b>	<b>maalämpö1</b>	<b>maalämpö2</b>	<b>pelletti</b>
investointi/säästö takaisinmaksuaika (a)	35 558/7 531	28 629/18 087	144 653/25 552	101 415/25 552	56 790/26 891
	4,7	1,6	5,7	4,0	2,1

TAULUKKO 19. Lämmitysjärjestelmien takaisinmaksuaika rakennemuutosten jälkeen

	ilmalämpö/ takka + sähkö	kaukolämpö	maalämpö1	maalämpö2	pelletti	sähkö
investointi/ säästö	35 558/ 5 416	28 629/ 11 013	144 653/ 16 154	101 415/ 16 154	56 790/ 17 001	säästöä
takaisinmaksu- aika (a)	6,6	2,6	9,0	6,2	3,3	14 344 €/a

TAULUKKO 20. Rakennemuutosten kustannukset

Muutokset	Kustannukset €	Säästöä €	Takaisinmaksuaika a	Vuoden kus- tannukset, kun jaettu 25 vuodelle
Ikkunoiden vaihtaminen	45 655	4 088	11,2	1 826
Ikkuna-US liitoksen tiivistäminen	16 445	564	29,2	658
Ovien vaihtaminen	25 575	2 637	9,7	1 023
Ovi-US liitoksen tiivistäminen	5 646	266	21,2	226
Yläpohjan lisäeristäminen	21 448	4 031	5,3	858
Alapohjan ja ulkoseinän liitoksen tiivistäminen	31 273	990	31,6	1 251
Ulkonurkkien tiivistäminen	540	47	11,5	22
Tiivistäminen	53 904	3 591	15,0	2 156
Ikkunoiden ja ovien vaihtaminen, liitosten tiivistäminen, YP:n lisäeristys	124 491	12 623	9,9	4 980



TAULUKKO 21. Purkukustannukset

<b>Miestyöt:</b> 2 miestä 8 viikkoa	21 000	€
<b>Konetyöt:</b> Kaivukone 8 viikkoa	22 000	€
<b>Erikoiskoneet:</b> Kaivukone + pulveroija	11 000	€
<b>Jätteiden kuljetus:</b> 2 Kuorma-auto 4 viikkoa	22 000	€
<b>Jätteiden vastaanottomaksut:</b> 100 tn	12 000	€
<b>Erikoistyöt:</b> Asbesti purku	5000	€
<b>Pinnoitustyöt:</b> Nurmetus 2000 m2/ jakavaa soraa 200 mm	11 000	€
Huomioitava valvonta ja luvat ja rakennuttajan yleiskustannukset	12 000	€
<b>YHTEENSÄ</b>	<b>116 000</b>	<b>€</b>

ALV 0 %

TAULUKKO 22. Vastikkeiden jälkeen rahaa jää, jos 5 asuntoa tyhjillään

<b>Vastike + tyhjien lämmitys</b>		97444 + 3 541 =	100 985 €/a
			101 000
<b>Vuokratulot-vastike+lämmitys</b>	Erotus	113 000 - 101 000 =	<b>11 681 €/a</b>

## 7.2 Investointien hyödyt

Investoinnit tuovat mukanaan tietenkin erilaisia hyötyjä, niin kunnalle kuin asukkaillekin. Muutosten myötä saadaan säästettyä energiaa ja rahaa. Kunnan rivitalojen ja isojen kiinteistöjen ollessa kyseessä, asuntojen käyttöaste tulee oletettavasti olemaan pitkä, joten suurehkot alkuiinvestointitkaan eivät ole mahdoton asia. Muutosten jälkeen huoneistojen vuokrien suuruutta voidaan kasvattaa sekä positiivisten muutosten myötä huoneistoja ei jäisi enää tyhjilleen. Tämän myötä myös muun muassa kunnan maksamat peruslämpöjen kustannukset jäisivät kokonaan pois. Huomattavia muutoksia ja parannuksia saadaan aikaa muutoksilla joiden takaisinmaksuajat ovat siedettävissä rajoissa, joten investoinnit kerkeävät tuomaan säästöjä niiden käyttöiän aikana.

### 7.2.1 ET-luku muutosten jälkeen

Tällä hetkellä kaikkien talojen ET-luokka on D. Energiatohokkuusluku paranee huomattavasti rakennemuutosten jälkeen, vaikka lämmitysmuotona on edelleenkin sähkölämmitys. Rivitalojen ET-luku, kun on sähkölämmitys ja rakennemuutokset (uudet ikkunat ja ovet, yläpohjan lisäeristys sekä liitosten tiivistäminen) on tehty:

Sarvitupa	133 kWh/brm <sup>2</sup>	C
Sarvirivi	116 kWh/brm <sup>2</sup>	B
Sarvipuisto	113 kWh/brm <sup>2</sup>	B

### 7.2.2 Asukasviihtyisyys

Muutoksien myötä rivitalojen asukkaiden asukasviihtyisyys parantuu. Tiivistysten myötä ikävä vedon tunne loppuu ja siitä aiheutuva lämpöjen ylimääräinen nostaminen. Tällä saadaan myös pienennettyä energiakustannuksia, mikä on aina merkittävä asia. Myös yläpohjan lisäeristämällä on merkittävä vaikutus energiakustannuksissa ja asukkaiden viihtyisyydessä, koska lisäeristämisen myötä lämpö ei mene harakoille. Mahdollinen lämmitysjärjestelmän vaihtaminen voi houkutella rivitaloihin uusia kiinnostuneita asukkaita. Rivitalojen imago paranee, kun niitä kunnostetaan ja niiden asukkaita huomioidaan.

## 8 YHTEENVETO JA POHDINTA

Työn tavoitteena oli kerätä tietoa vaihtoehtoisista rakennemuutoksista ja lämmitysjärjestelmistä, joilla saataisiin parannettua Sarvitien viiden rivitalon energiatehokkuutta. Mahdollisiksi rakennemuutoksiksi valikoitui yläpohjan lisäeristäminen, alapohjan ja ulkoseinän välisen liitoksen tiivistäminen, ulkonurkan tiivistäminen, ulko-ovien vaihtaminen ja ikkunoiden tiivistäminen tai vaihtaminen. Ikkunat ovat hyväkuntoiset, mutta niiden U-arvo on huono. Uusien ikkunoiden takaisinmaksuaika ei kuitenkaan ole ylitsepääsemätön, joten uusien ikkunoiden hankkiminen voisi olla kannattava ratkaisu. Lämmitysjärjestelmien vaihtoehdot olivat kaukolämpö, maalämpö, pellettilämmitys tai sähkölämmityksen ja takan tai ilmalämpöpumpun yhdistelmä. Työssä selvitettiin rakennemuutosten ja lämmitysjärjestelmien kustannukset, niiden tuomat säästöt ja takaisinmaksuajat.

Mihinkään muutokseen ei pidä lähteä kevein perustein. Uuden lämmitysjärjestelmän vaikuttaa suuresti esimerkiksi nykyinen lämmitysjärjestelmä ja kiinteistön koko. Paras vaihtoehto ei löydy kovin helposti, koska lämmitysjärjestelmiä voidaan vertailla monelta eri kantilta. Päätöksentekoon vaikuttaa esimerkiksi alkuinvestoinnin suuruus, energianhinta, huollettavuus, paljonko järjestelmän ylläpitäminen vaatii työtä, hyötysuhde ja käyttöikä. Esimerkiksi ilmalämpöpumppu ei tuo hyötyä, jos rakennus ei ole tiivis, joten ilmalämpöpumpun hankkiminen ei ole kannattavaa ellei aio myös tiivistää rakenteita. Myös rakennemuutoksien kannattavuuteen vaikuttaa monet asiat. Kuinka paljon työtä ja kustannuksia muutos aiheuttaa verrattuna siitä saatuihin säästöihin? Esimerkiksi ulkoseinän lisäeristäminen kannattaa toteuttaa julkisivun uusimisen yhteydessä, mutta tiilijulkisivuisissa rakennuksissa tämä harvoin toteutuu. Sisäpuolinen lisäeristäminen taas voi aiheuttaa kosteusongelmia rakenteissa.

Järkevimmät muutokset Sarvitien rivitalojen energiatehokkuuden parantamiseksi on tekijän mielestä pysyä sähkölämmityksessä ja keskittyä rakennemuutoksiin. Uuteen lämmitysjärjestelmään vaihdettaessa alkuinvestoinnit olisivat suuret, eikä tässä työssä ole vielä huomioitu vesikiertoisten patterien kustannuksia ja LVI-suunnittelijan kustannuksia. Sarvituvan huoneistoihin on vastikään vaihdettu uudet sähköpatterit. Talojen energiatehokkuuslukua saadaan parannettua pelkillä rakennemuutoksilla. Vaikka sähkönhinta nousee nopeasti verrattuna joihinkin muihin energiahintoihin, saadaan muutoksilla energiakulutukset kuriin ja näin myös kustannukset. Rakennemuutokset olisivat ikkunoiden ja ulko-ovien vaihtaminen, niiden liitosten hyvä tiivistäminen, yläpohjan lisäeristäminen, ulkoseinän ja alapohjan liitoksen tiivistäminen sekä ulkonurkkien tiivistäminen. Muutoksien takaisinmaksuaika on erittäin kohtuullinen. Tiivistämisen myötä tulee huomioida riittävän korvausilman saanti. Jo pelkkä yläpohjan lisäeristäminen tuo huomattavaa säästöä, eivätkä lisäeristyksen aikaiset työt juurikaan vaikuta asukkaisiin. Muut työt kannattaa tehdä portaittain huoneisto kerrallaan, jolloin mahdollisimman harvan huoneiston tarvitsee olla tyhjillään yhtä aikaa. Koska osa huoneistoista on jo nyt tyhjillään, ei huoneistojen tyhjennys aiheuta niin suurta ongelmaa. Muutokset parantavat asukasviihtyvyyttä takuuvarmasti ja lisää kiinnostusta sekä uusissa että vanhoissa asukkaissa.

Kannattavimpien vaihtoehtojen pohtimista voisi todennäköisesti jatkaa loputtomiin, mikä lisäsi työn toteuttamisen haasteita. Työtä käsittelevät rivitalot ovat itselle tuttuja jossakin määrin, mutta työn muu aihe oli vieras. Esimerkiksi työn aikana tehdyt laskelmat olivat aivan uusi asia itselle ja epävar-

muus niiden onnistumisesta raastoi aika ajoin ja epävarmuutta kasvatti aika suppeat lähtötiedot, mutta niiden takia tiesi, että laskelmat tulevat joka tapauksessa olemaan vain suuntaa-antavia. Työn aihekin on aika laaja, koska siinä käsiteltiin viittä rivitaloa, lämmitysjärjestelmiä ja rakennemuutoksia. Asioiden karsiminen oli välillä vaikeaa, tuliko karsittua sittenkin liikaa? Sisällysluettelon laatiminen oli kuitenkin suhteellisen vaivatonta. Vaikka työ voi vaikuttaa sekavalta ja laskelmien onnistuminen tarkastuksista ja vertailuista huolimatta mietityttää, työn tavoitteet täyttyivät. Saatiin paljon tietoa mahdollisista vaihtoehdoista, niin lämmitysjärjestelmistä kuin rakennemuutoksista. Muutosten kustannukset ja energiansäästöt olivat avainasemassa ja ne myös saatiin. Tietojen avulla voidaan pohtia kannattavuutta.

## LÄHTEET

Ara.fi [verkkoaineisto]. [viitattu 2013-08-13]. Saatavissa: <http://www.ara.fi/>

Polku: Ara.fi. Rahoitus. Avustukset. Kuntien myöntämät korjaus- ja energia-avustukset. Taloyhtiöiden energia-avustus.

Energia.fi [verkkoaineisto]. [viitattu 2013-07-25]. Saatavissa: <http://energia.fi/>

Polku: Energia.fi. Koti ja lämmitys. Sähkölämmitys.

Inframitta.fi [verkkoaineisto]. [viitattu 2013-07-25]. Saatavissa: <http://www.inframitta.fi/>

Polku: Inframitta.fi. Ilmativeysmittaus.

LAITINEN, Jussi. 2010. Pieni suuri energiakirja. Tallinna: Kolofon Baltic.

LÄMMÖNERISTYS. Suomen Rakentamismääräyskokoelma C3 1985. Määräykset 1985. Helsinki: Ympäristöministeriö. Kaavoitus- ja rakennusosasto. [viitattu 2014-02-28]. Saatavissa:

<http://www.energiakorjaus.info/>

Polku: Energiakorjaus.info. Materiaalipankki. Rakentamismääräykset. Vanhat RakMk:t.

Motiva.fi [verkkoaineisto]. [viitattu 2013-08-14]. Saatavissa: <http://www.motiva.fi/>

Polku: Motiva.fi. Toimialueet. Energiakatselmuksiminta. TEM:n tukemat energiakatselmuksimukset. Katselmuksim- ja investointituet.

Motiva.fi [verkkoaineisto]. [viitattu 2013-08-14]. Saatavissa: [http://www.motiva.fi](http://www.motiva.fi/)

Polku: Motiva.fi. Toimialueet. Uusiutuva energia. Uusiutuvan energian tuet. Investointituet uusiutuvalle energialle.

Oulun rakennusvalvonta 2013a. Alapohjan lisälämmöneristys [verkkoaineisto]. [viitattu 2014-02-03].

Saatavissa: <http://www.energiakorjaus.info/teknisetkortit/alapohjan-lisalammoneristys-2/>

Oulun rakennusvalvonta 2013b. Ilmanvaihdon energiakorjaus [verkkoaineisto]. [viitattu 2014-03-10].

Saatavissa: <http://www.energiakorjaus.info/teknisetkortit/ilmanvaihto/>

Oulun rakennusvalvonta 2013c. Lämpöpumput [verkkoaineisto]. [viitattu 2014-02-03]. Saatavissa:

<http://www.energiakorjaus.info/teknisetkortit/lampopumput/>

Oulun rakennusvalvonta 2013d. Pellettilämmitys [verkkoaineisto]. [viitattu 2014-01-30]. Saatavissa:

<http://www.energiakorjaus.info/teknisetkortit/pellettilammitys/>

Oulun rakennusvalvonta 2013e. Sähkölämmitys [verkkoaineisto]. [viitattu 2014-02-03]. Saatavissa:

<http://www.energiakorjaus.info/teknisetkortit/sahkolammitys/>

Oulun rakennusvalvonta 2013f. Tiiveyskorjaus [verkkoaineisto]. [viitattu 2013-11-03]. Saatavissa: <http://www.energiakorjaus.info/pientalot/tekniset-kortit/tiiveyskorjaus/>

Oulun rakennusvalvonta 2013g. Ulkoseinän lisälämmöneristys [verkkoaineisto]. [viitattu 2014-01-30]. Saatavissa: <http://www.energiakorjaus.info/teknisetkortit/ulkoseinan-lisalammoneristys/>

RAKENNUKSEN ENERGIANKULUTUKSEN JA LÄMMITYSTARPEEN LASKENTA. Suomen rakentamismääräyskokoelma D5 2012. Ohjeet 2012. Helsinki: Ympäristöministeriö. Rakennetun ympäristön osasto. [viitattu 2014-01-29]. Saatavissa: [http://www.ym.fi/fi-FI/Maankaytto\\_ja\\_rakentaminen/Lainsaadanto\\_ja\\_ohjeet/Rakentamismaarayskokoelma](http://www.ym.fi/fi-FI/Maankaytto_ja_rakentaminen/Lainsaadanto_ja_ohjeet/Rakentamismaarayskokoelma)

RAKENNUKSEN ENERGIATEHOKKUUS. Suomen rakentamismääräyskokoelma D3 2012. Määräykset ja ohjeet 2012. Helsinki: Ympäristöministeriö. Rakennetun ympäristön osasto. [viitattu 2014-01-29]. Saatavissa: [http://www.ym.fi/fi-FI/Maankaytto\\_ja\\_rakentaminen/Lainsaadanto\\_ja\\_ohjeet/Rakentamismaarayskokoelma](http://www.ym.fi/fi-FI/Maankaytto_ja_rakentaminen/Lainsaadanto_ja_ohjeet/Rakentamismaarayskokoelma)

RAKENNUKSEN LÄMMÖNERISTYS. Suomen rakentamismääräyskokoelma C3 2010. Määräykset 2010. Helsinki: Ympäristöministeriö. Rakennetun ympäristön osasto. [viitattu 2014-01-29]. Saatavissa: [http://www.ym.fi/fi-FI/Maankaytto\\_ja\\_rakentaminen/Lainsaadanto\\_ja\\_ohjeet/Rakentamismaarayskokoelma](http://www.ym.fi/fi-FI/Maankaytto_ja_rakentaminen/Lainsaadanto_ja_ohjeet/Rakentamismaarayskokoelma)

RAKENNUSTEN SISÄILMASTO JA ILMANVAIHTO. Suomen rakentamismääräyskokoelma D2 2012. Määräykset ja ohjeet 2012. Helsinki: Ympäristöministeriö. Rakennetun ympäristön osasto. [viitattu 2014-03-06]. Saatavissa: [http://www.ym.fi/fi-FI/Maankaytto\\_ja\\_rakentaminen/Lainsaadanto\\_ja\\_ohjeet/Rakentamismaarayskokoelma](http://www.ym.fi/fi-FI/Maankaytto_ja_rakentaminen/Lainsaadanto_ja_ohjeet/Rakentamismaarayskokoelma)

RAKENNUSTIETO OY. 2013a. KOR 2013 Korjausrakentamisen kustannuksia. Helsinki

RAKENNUSTIETO OY. 2013b. ROK 2013 Rakennusosien kustannuksia. Helsinki

ROMPPAINEN, Ilkka. 2010. Lämmin puutalo. Ohjeet ilmanpitävään ja energiaa säästävään rakentamiseen. Helsinki: Rakennustieto Oy.

RAKENNUKSEN LÄMPÖKUVAUS. Rakenteiden lämpötekniinen toimivuus 2005. RT 14 - 10850 Helsinki: Rakennustieto Oy. [viitattu 2013-07-25] Saatavissa: [https://www-rakennustieto-fi.ezproxy.savonia-amk.fi:2443/kortistot/tuotteet/RT\\_9112.html.stx](https://www-rakennustieto-fi.ezproxy.savonia-amk.fi:2443/kortistot/tuotteet/RT_9112.html.stx)

Suur-Savon Sähkö Oy 2010-02-23. Sähkö sopimuksen hintojen muuttuminen 1.6.2009 lähtien [ilmoitus]. Sijainti: Rantasalmi: As Oy Sarvitupa, Sarvirivi, Sarvipuisto isännöitsijä. Hallinto.

Sssoy.fi [verkkoaineisto]. [viitattu 2014-02-04]. Saatavissa: <http://sssoy.fi/>  
Polku: Sssoy.fi. Energia. Kaukolämpö.

Sssoy.fi [verkkoaineisto]. [viitattu 2014-02-04]. Saatavissa: <http://sssoy.fi/>  
Polku: Sssoy.fi. Energia. Sähkön siirto.

UTRIAINEN, Tuomo 2013-08-17. Purkukustannukset [sähköpostiviesti]. Vastaanottaja Heli Mähönen.  
[tulostettu 2013-08-19]. Saatavissa: Kuopio: Heli Mähönen.

YLI-ARVO, Outi. 2011. Kodin lämpö talteen lisäeristein ja tiivistein. KP24. [verkkolehti].  
[viitattu 2013-07-25]. Saatavissa: <http://www.kp24.fi/uutiset/teemat/1180/264766/Kodin-lis%C3%A4mp%C3%B6-talteen-lis%C3%A4eristein-ja-tiivistein>

YMPÄRISTÖMINISTERIÖN ASETUS RAKENNUKSEN ENERGIATEHOKKUUDEN PARANTAMISESTA  
KORJAUS- JA MUUTOSTÖISSÄ 4/13. Helsinki: Ympäristöministeriö. [viitattu 2014-03-04].  
Saatavissa: [http://www.ym.fi/fi-FI/Maankaytto\\_ja\\_rakentaminen/Lainsaadanto\\_ja\\_ohjeet/Rakentamismaarayskokoelma](http://www.ym.fi/fi-FI/Maankaytto_ja_rakentaminen/Lainsaadanto_ja_ohjeet/Rakentamismaarayskokoelma)

YMPÄRISTÖMINISTERIÖN ASETUS RAKENNUSTEN ENERGIATODISTUKSESTA. 765/2007. Helsinki:  
Ympäristöministeriö. [viitattu 2013-06-27].  
Saatavissa:  
<http://finlex.fi/fi/laki/alkup/2007/20070765?search%5Btype%5D=pika&search%5Bpika%5D=asetus%20rakennuksen%20energiatodistuksesta>

YMPÄRISTÖMINISTERIÖN ASETUS RAKENNUSTEN ENERGIATODISTUKSESTA LIITE 3. 765/2007.  
Helsinki: Ympäristöministeriö. [viitattu 2013-06-27].  
Saatavissa: <http://finlex.fi/data/sdliite/liite/5424.pdf>

## LIITTEET

Liite 1. Asemapiirustus

Liite 2. Yrityksien yhteystietoja

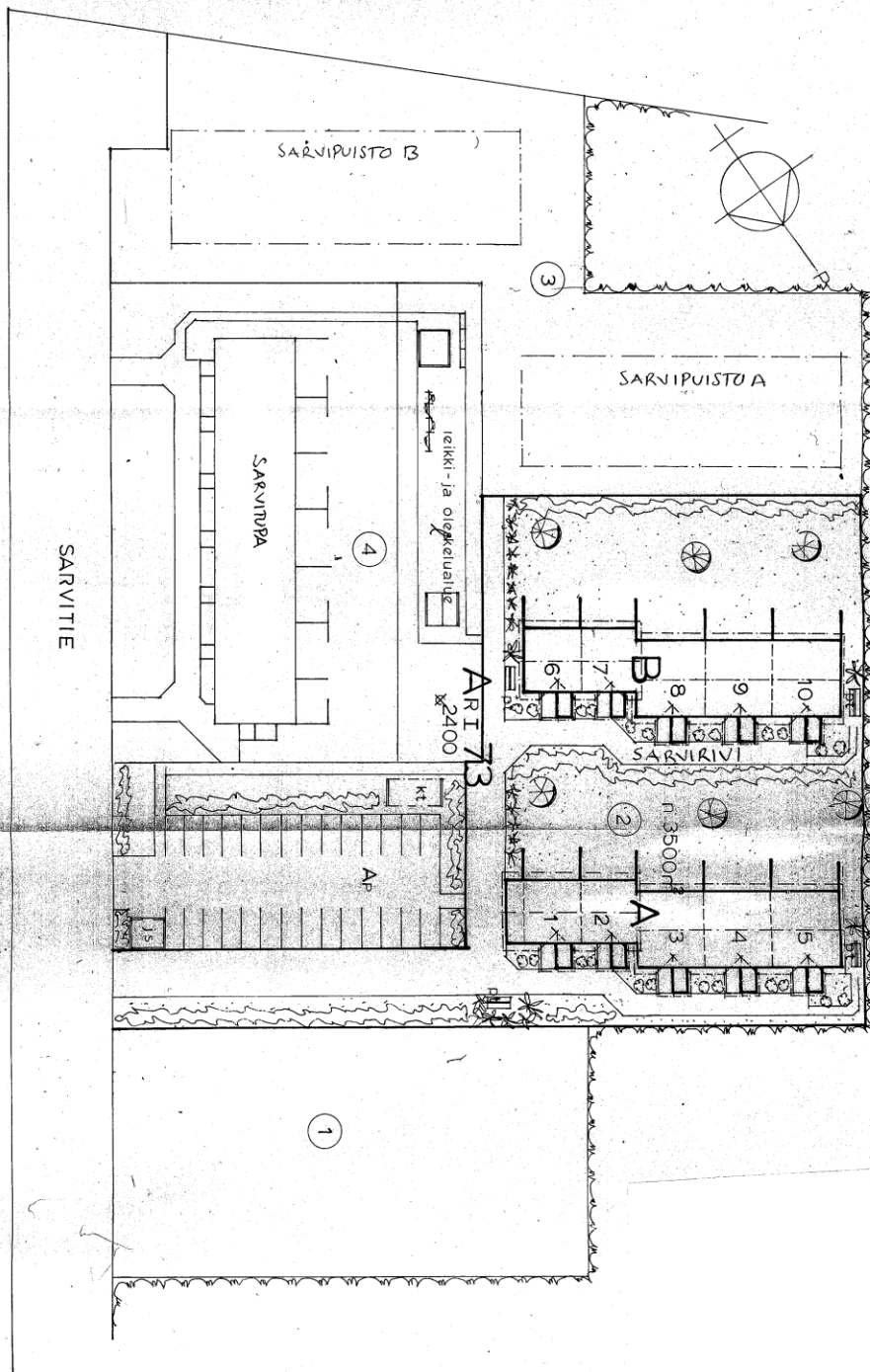
Liite 3. Rakennemuutosten kustannusten muodostuminen

Liite 4. Tarjouspyyntö Yrityksien yhteystietoja

Liite 5. Kartta, tila maalämmön keruuputkistolle



LIITE 1.



LUONNOS	1	DIARINUMERO: 731/34/83
RANTASALMI	73	ASUNTO OY SARVIRIVI (ENT. SARVITIE)
2	2	ASEMPIIRUSTUS
		1/500
		14.12.1988
		<i>J. Mäkelä</i>

LIITE 2.

LIITE 3.



**RANTASALMEN KUNTA****TARJOUSPYYNTÖ**

Heli Mähönen/Rantasalmen kunta  
 PL 5  
 58901 Rantasalmi  
 040 1615040

8.7.2013

Tarjoaja  
 Osoite  
 Postitoimipaikka

**Lämmitysjärjestelmän uusiminen**

Kohde	Tarjouspyyntö koskee Rantasalmen kunnan viiden rivitalon lämmitysjärjestelmän uusimista nykyisestä sähkölämmityksestä maalämpöön. As Oy Sarvitiien rivitalot on valmistunut vuosina 1983, 1984 ja 1986, asuntoja on yhteensä 28 kpl. Lämmönkeruuputkisto voidaan sijoittaa pinta-asennuksena maahan (liitteenä kartta, johon merkitty alue rivitalojen vieressä, koko 0,9ha) ja maalämpöjärjestelmä halutaan täystehomitoituksella.
Perustiedot	Rivitalojen yhteinen bruttopinta-ala on 1 889 brm <sup>2</sup> , lämmintä huoneistopinta-ala on 1 681 m <sup>2</sup> sekä puolilämpimien talovarastojen ala on n. 40 m <sup>2</sup> . Rivitalot ovat yksikerroksisia ja niiden keskimääräinen huonekorkeus on 2,5 m ja asunnot ovat yhteensä 63 asukkaalle. Rivitalot lämpenevät sähköpattereilla ja kahdessa rivitalossa (Sarvipuisto) on lisäksi varaavat takat. Taloissa ei ole lämpimän käyttöveden kiertoa. Vuonna 2010 rivitalojen yhteinen energiankulutus oli 305 963 kWh/vuosi (Energiatodistukset liitteenä). Maalajina on moreeni. Taloissa on alkuperäiset kolmilasiset ikkunat, teknisenä tilana voi käyttää talovarastoja, jotka ovat kooltaan 11/8/8 m <sup>2</sup> .
Tarjouksen sisältö	Tarjoukseen tulee kuulua kaikki uuden lämmitysjärjestelmän laitteet ja osat asennuksineen lämmönkeruuputkistosta tekniseen tilaan ja teknisessä tilassa. Tarjouksessa on tultava ilmi kokonaishinta alv 0 %, laitteiden yksikköhinta alv 0 % sekä asennuksen yksikköhinta alv 0 %. Tilaaja kuuluu käännetyn arvolisäveron piiriin.
Ehdot	Tarjouksen tulee vastata tarjouspyyntöä. Tarjouksen pyytäjä pidättää oikeuden olla hyväksymättä jätettyä tarjousta. Tarjoajilla ei ole oikeutta saada korvausta tekemästään tarjouksestaan.
Tarjouksen jättäminen	Tarjous liitteineen on jätettävä 29.7.2013 mennessä sähköpostilla osoitteeseen <a href="mailto:heli.mahonen@rantasalmi.fi">heli.mahonen@rantasalmi.fi</a> tai postitse osoitteeseen: Rantasalmen kunta Heli Mähönen PL 5 58901 Rantasalmi

Kuoreen merkitään ”TARJOUS LÄMMITYSJÄRJESTELMÄ”

Lisätiedot

Lisätietoja voi kysyä osoitteesta [heli.mahonen@rantasalmi.fi](mailto:heli.mahonen@rantasalmi.fi) tai puhelimitse numerosta 040 1615040.

Ystävällisin terveisin

Rantasalmen kunta

Heli Mähönen

Liitteet

Asemapiirustus, Kartta, Energiatodistukset

