

# Esimerkki poistoilma- ja ilma-vesi- -lämpöpumpun laskemisesta Rakennuksen energiankulutuksen ja lämmitystehontarpeen laskenta- ohjeen mukaisesti

Energiatodistusoppaan 2018 liite

16.9.2020



Ympäristöministeriö  
Miljöministeriet  
Ministry of the Environment

2018

# Sisällys

<b>1 Johdanto.....</b>	<b>3</b>
<b>2 Poistoilma- ja ilma-vesilämpöpumpun laskenta .....</b>	<b>4</b>
2.1 Yleistä .....	4
2.2 Poistoilmalämpöpumppu .....	4
2.3 Ilma-vesilämpöpumppu .....	6
<b>3 Esimerkki: poistoilmalämpöpumppu.....</b>	<b>8</b>
<b>4 Esimerkki: ilma-vesilämpöpumppu .....</b>	<b>10</b>
<b>5 Esimerkki: poistoilmalämpöpumppu 1940-luvun pientaloon .....</b>	<b>11</b>

# 1 Johdanto

Tässä lyhyessä oppaassa esitetään laskentaesimerkit poistoilma- ja ilma-vesilämpöpumpun käsittelystä rakennuksen energiatodistusta laadittaessa. Laskentaohje perustuu Rakennuksen energiankulutuksen ja lämmitystehontarpeen laskentaohjeeseen, joka on korvannut aiemman rakennusmääräyskokoelman osan D5/2012. Tuonnempana tässä oppaassa Rakennuksen energiankulutuksen ja lämmitystehontarpeen laskentaohjeeseen viitataan lyhennetyllä nimellä *energiatehokkuuden laskentaohje*. Ympäristöministeriön asetukseen rakennuksen energiatodistuksesta (1048/2017) viitataan tässä oppaassa lyhennetyllä nimellä *energiatodistusasetus*.

Opas julkaistaan Energiatodistusoppaan 2018 oheismateriaalina. Sekä Energiatodistusopas että kaikki siihen liittyvät laadintaesimerkit ja oheismateriaalit on päivitetty vuonna 2018.

# 2 Poistoilma- ja ilmavesilämpöpumpun laskenta

## 2.1 Yleistä

Lämpöpumppu otetaan huomioon lämmityksen sähköenergiankulutusta laskettaessa vain sen ajanjakson osalta, jonka aikana lämpöpumppua käytetään. Lämmityskäytössä olevan lämpöpumpun sähköenergiankulutus voidaan laskea energiatehokkuuden laskentaohjeen kaavalla (7.12)

$$W_{LP,lämmitys} = Q_{LP,lämmitys,tilat}/SPF_{tilat} + Q_{LP,lämmitys,lkv}/SPF_{lkv} + W_{lisälämmitys} \quad (1)$$

jossa

$W_{LP,lämmitys}$	lämpöpumppujärjestelmän sähköenergian kulutus, kWh
$Q_{LP,lämmitys,tilat}$	lämpöpumpun tuottama tilojen lämmitysenergia, kWh
$SPF_{tilat}$	lämpöpumpun SPF-luku tilojen lämmityksessä, -
$Q_{LP,lämmitys,lkv}$	lämpöpumpun tuottama käyttöveden lämmitysenergia, kWh
$SPF_{lkv}$	lämpöpumpun SPF-luku käyttöveden lämmityksessä, -
$W_{lisälämmitys}$	tilojen ja lämpimän käyttöveden lämmityksessä tarvittavan lisälämmityksen sähköenergian tarve ( $Q_{lisälämmitys,tilat} + Q_{lisälämmitys,lkv}$ ), kWh.

On huomattava, että energiatehokkuuden laskentaohjeen taulukkoarvot ovat ns. turvallisella puolella. Laitevalmistajan arvot voi olla huomattavasti parempia kuin energiatehokkuuden laskentaohjeessa annetut arvot.

## 2.2 Poistoilmalämpöpumppu

Poistoilmalämpöpumpun laskennassa voidaan käyttää energiatehokkuuden laskentaohjeen taulukon 7.10 SPF-lukuja (tämän ohjeen Taulukko 1) ja energiatehokkuuden laskentaohjeen taulukon 7.7 tuotto-osuuksia (tämän ohjeen Taulukko 2).

**Taulukko 1.** Poistoilmalämpöpumppujen tilojen ja käyttöveden lämmityksen yhteisiä SPF-lukuja poistoilman lämpötilan ollessa 21 °C. Toisinto energiatehokkuuden laskentaohjeen taulukosta 7.10 (sama kuin energiatodistusasetuksen taulukko 14).

Poistoilmalämpöpumppu	SPF-luku
<i>Ulospuhallusilman alin lämpötila</i>	
-3	2,4
+1	2,1
+3	2,0
+5	1,9

Lämpöpumpun SPF-luku voidaan laskea tarkemmin ympäristöministeriön lämpöpumppuoppaassa esitetyllä yksityiskohtaisella laskentamenetelmällä tai muulla vaihtoehdoisella menetelmällä. Lähtötietoina voi käyttää esimerkiksi standardien SFS EN 16147 tai SFS EN 14511-3 mukaisilla testausmenetelmillä mitattuja tai muulla tavoin varmennettuja lämpöpumppujen tuotetietoja. Lämpöpumpun SPF-luvun määrittämisessä käytettävässä lämpöpumpun lämpökertoimessa otetaan huomioon mahdollisiin sulatusjaksoihin kuluva energia sekä lämpöpumpun apulaitteiden, esimerkiksi lämpöpumpun säätölaitteiden, puhaltimien sekä pumppujen, sähkönkulutus. Nämä tulee huomioida standardin SFS EN 14511-3 osoittamalla tavalla.

Poistoilmalämpöpumpun tuottama tilojen ja käyttöveden lämmitysenergian osuus voidaan arvioida Taulukon 2, avulla, jos tilojen, ilmanvaihdon ja käyttöveden lämmityksen lämpöenergian tarve ( $Q_{\text{lämmitys,tilat, iv, lkv}}$ ) tunnetaan. Taulukon 2 avulla voidaan lisäksi arvioida poistoilmalämpöpumpun ulospuhallus-ilman sekä SPF-luvun lämpötilan vaikutus lämpöpumpulla tuotettavan lämmitysenergian osuuteen. Arvot on laskettu normaalin asuntoilmanvaihdon poistoilmavirroilla, missä lämpöpumppu lämmittää sekä tiloja, ilmanvaihtoa että käyttövettä. Muissa tapauksissa tulee käyttää yksityiskoh- taisempaa menetelmää.

**Taulukko 2.** Poistoilmalämpöpumpun tuottama osuus tilojen, ilmanvaihdon ja lämpimän käyttöveden lämpöenergian tarpeesta ( $Q_{LP} / Q_{\text{lämmitys, tilat, iv, lkv}}$ ) lämpöpumpun SPF-luvun, tilojen, ilmanvaihdon ja käyttöveden lämpöenergian tarpeen ja ulospuhallusilman lämpötilan funktiona. Toisinto energia- tehokkuuden laskentaohjeen taulukosta 7.7.

$Q_{\text{lämmitys,tilat, iv, lkv}}$ kWh/(m <sup>2</sup> a)	$Q_{LP} / Q_{\text{lämmitys, tilat, iv, lkv}}$							
	SPF = 2,0				SPF = 3,0			
	$T_{\text{jäte -3 °C}}$	$T_{\text{jäte 1 °C}}$	$T_{\text{jäte 3 °C}}$	$T_{\text{jäte 5 °C}}$	$T_{\text{jäte -3 °C}}$	$T_{\text{jäte 1 °C}}$	$T_{\text{jäte 3 °C}}$	$T_{\text{jäte 5 °C}}$
100	0,99	0,95	0,90	0,84	0,94	0,86	0,80	0,74
150	0,82	0,72	0,66	0,60	0,70	0,61	0,56	0,51
200	0,66	0,56	0,51	0,46	0,55	0,47	0,43	0,39
250	0,55	0,46	0,41	0,37	0,45	0,38	0,35	0,31

Kun lämpöpumpun SPF-luku paranee, poistoilmasta saadaan lämpö talteen tehokkaammin eli pienemmällä kompressoriteholla, ja näin ollen lämmöntuotto ja samalla tuotto-osuus pienenee. Koska lämpöpumpun puhaltimien sähkönkulutus sisältyy SPF-lukuun, poistoilmalämpöpumpulla varustetun rakennuksen ilmanvaihtokoneen puhaltimien sähkönkulutusta ei tarvitse ottaa huomioon ilmanvaihtojärjestelmän sähkönkulutusta laskettaessa.

Poistoilmalämpöpumpulle voi olla tasauslaskentaa varten laskettu ilmavaihdon lämmöntalteenoton vuosihyötysuhde, jossa on laskettu vuodessa poistoilmasta talteenotetun ja rakennuksen lämmityksessä hyväksikäytetyn energian suhde poistoilmasta talteenotettavissa energiaan. Tasauslaskentopajaan mukaan rakennuksen hyväksikäytetyssä lämmitysenergiassa ei huomioida lämpimän käyttöveden valmistuksessa käytettyä lämmitysenergiaa. Vuosihyötysuhde voi olla todistuksessaakin näkyvissä, mutta ei vaikuta kokonaisenergian laskentaan. Ilmanvaihdon lämmitysenergiatarve ei vähene siitä, että lämpöpumpun lämmönlähteenä on poistoilmavirta, vaan tuloilmavirtaa täytyy lämmittää yhtä paljon kuin koneellisen poistoilmavaihdon järjestelmissä. Eli kokonaisenergiälaskennassa ilmanvaihdon vuosihyötysuhde on nolla, paitsi niissä tilanteissa, jossa poistoilmalämpöpumpun

yhteydessä on tuloilmaan lämpöä siirtävä lämmönsiirrin. Tällöin ilmanvaihdon lämmöntalteenoton vuosihyötysuhteena käytetään lämmönsiirtimeen tuloilmaan vuositasolla siirtämän energian ja poistoilmasta talteenotettavissa olevan energian suhdetta.

## 2.3 Ilma-vesilämpöpumppu

Ilma-vesilämpöpumpun laskennassa voidaan käyttää energiatehokkuuden laskentaohjeen taulukon 7.8 SPF-lukuja (tämän oppaan Taulukko 3) sekä energiatehokkuuden laskentaohjeen liitteen 2 taulukkoa L2.2 (tämän oppaan Taulukko 4).

**Taulukko 3.** Ulkoilmalämpöpumppujen SPF-lukuja. Toisinto energiatehokkuuden laskentaohjeen taulukosta 7.8.

Ulkoilmalämpöpumput	SPF-luku		
	Säävyöhykkeet		
menoveden korkein lämpötila, °C	I-II	III	IV
Ilma-ilma	2,8	2,8	2,7
<b>Ilma-vesi (tilojen lämmitys)</b>			
30	2,8	2,8	2,7
40	2,5	2,5	2,4
50	2,3	2,3	2,2
60	2,2	2,1	2,0
<b>Ilma-vesi (käyttöveden lämmitys)</b>			
60	1,8	1,6	1,3

**Taulukko 4.** Ulkoilmalämpöpumpun (ilma-vesi) kattama osuus tilojen ja lämpimän käyttöveden lämpöenergian tarpeesta ( $Q_{LP}/Q_{lämmitys,tilat,lkv}$ ). Taulukossa ( $\phi_{LPn}/\phi_{tila}$ ) on lämpöpumpun tuottaman lämpötehon ja tilojen lämmityksen mitoitustehon suhde, ( $Q_{lämmitys,tilat}/Q_{lämmitys,lkv}$ ) tilojen lämmityksen lämpöenergian tarpeen ja lämpimän käyttöveden lämmittämisen lämpöenergian tarpeen suhde ja ( $T_m$ ) on korkein menoveden lämpötila. Lämpöpumpun nimellisteho  $\phi_{LPn}$  annetaan toimintapisteessä  $T_{ulko} / T_{meno} +7/35$ .  
Toisinto energiatehokkuuden laskentaohjeen taulukosta L2.2.

$\phi_{LPn}/\phi_{tila}$	$Q_{\text{l\u00e4mmitys, tilat}}/Q_{\text{l\u00e4mmitys, lkv}}$	Ulkoilmal\u00e4mp\u00f6pumpun (ilma-vesi) kattama osuus tilojen ja l\u00e4mpim\u00e4nk\u00e4ytt\u00f6veden l\u00e4mp\u00f6energiasta ( $Q_{LP}/Q_{\text{l\u00e4mmitys, tilat, lkv}}$ )											
		S\u00e4\u00e4vy\u00f6hyke: I-II				S\u00e4\u00e4vy\u00f6hyke: III				S\u00e4\u00e4vy\u00f6hyke: IV			
		$T_m, \text{ }^\circ\text{C}$				$T_m, \text{ }^\circ\text{C}$				$T_m, \text{ }^\circ\text{C}$			
		30	40	50	60	30	40	50	60	30	40	50	60
<b>0,30</b>	<b>0,50</b>	0,33	0,33	0,33	0,33	0,31	0,31	0,31	0,31	0,28	0,28	0,28	0,28
	<b>1,00</b>	0,39	0,39	0,39	0,39	0,37	0,37	0,37	0,37	0,33	0,33	0,33	0,33
	<b>2,00</b>	0,49	0,48	0,47	0,46	0,46	0,45	0,44	0,44	0,40	0,39	0,39	0,38
	<b>4,00</b>	0,56	0,54	0,52	0,50	0,53	0,51	0,49	0,48	0,46	0,44	0,43	0,41
<b>0,40</b>	<b>0,50</b>	0,44	0,44	0,44	0,44	0,42	0,42	0,42	0,42	0,38	0,38	0,38	0,38
	<b>1,00</b>	0,52	0,52	0,52	0,52	0,50	0,50	0,49	0,49	0,44	0,44	0,44	0,44
	<b>2,00</b>	0,63	0,61	0,60	0,58	0,60	0,58	0,57	0,56	0,52	0,51	0,50	0,49
	<b>4,00</b>	0,68	0,65	0,63	0,61	0,64	0,62	0,60	0,58	0,56	0,54	0,52	0,51
<b>0,50</b>	<b>0,50</b>	0,54	0,54	0,54	0,54	0,52	0,52	0,52	0,52	0,47	0,47	0,47	0,47
	<b>1,00</b>	0,65	0,64	0,64	0,63	0,62	0,61	0,61	0,60	0,55	0,54	0,54	0,53
	<b>2,00</b>	0,73	0,71	0,69	0,68	0,70	0,68	0,66	0,64	0,61	0,60	0,58	0,57
	<b>4,00</b>	0,78	0,75	0,72	0,70	0,74	0,71	0,68	0,66	0,64	0,62	0,60	0,58
<b>0,60</b>	<b>0,50</b>	0,64	0,64	0,64	0,64	0,62	0,62	0,62	0,61	0,55	0,55	0,55	0,55
	<b>1,00</b>	0,75	0,74	0,72	0,72	0,72	0,70	0,69	0,69	0,64	0,63	0,62	0,61
	<b>2,00</b>	0,82	0,79	0,77	0,75	0,78	0,76	0,74	0,72	0,69	0,67	0,65	0,64
	<b>4,00</b>	0,84	0,82	0,80	0,77	0,81	0,78	0,76	0,73	0,71	0,69	0,66	0,64
<b>0,70</b>	<b>0,50</b>	0,73	0,73	0,73	0,73	0,70	0,70	0,70	0,70	0,63	0,63	0,63	0,63
	<b>1,00</b>	0,83	0,81	0,80	0,78	0,79	0,78	0,76	0,75	0,71	0,69	0,68	0,67
	<b>2,00</b>	0,87	0,85	0,83	0,82	0,84	0,82	0,80	0,78	0,75	0,73	0,71	0,69
	<b>4,00</b>	0,89	0,87	0,85	0,83	0,86	0,84	0,81	0,79	0,76	0,74	0,72	0,70
<b>0,80</b>	<b>0,50</b>	0,81	0,80	0,80	0,79	0,80	0,80	0,79	0,78	0,72	0,71	0,71	0,70
	<b>1,00</b>	0,88	0,87	0,85	0,84	0,86	0,85	0,84	0,82	0,77	0,76	0,74	0,73
	<b>2,00</b>	0,90	0,89	0,88	0,86	0,88	0,86	0,85	0,84	0,79	0,77	0,76	0,74
	<b>4,00</b>	0,91	0,90	0,88	0,87	0,88	0,87	0,85	0,84	0,79	0,77	0,76	0,74
<b>0,90</b>	<b>0,50</b>	0,89	0,88	0,88	0,87	0,86	0,85	0,84	0,83	0,77	0,76	0,76	0,75
	<b>1,00</b>	0,92	0,91	0,90	0,89	0,89	0,88	0,87	0,86	0,81	0,80	0,78	0,77
	<b>2,00</b>	0,92	0,91	0,90	0,89	0,90	0,89	0,88	0,87	0,81	0,80	0,79	0,77
	<b>4,00</b>	0,92	0,91	0,90	0,89	0,89	0,88	0,87	0,86	0,81	0,80	0,78	0,77
<b>1,00</b>	<b>0,50</b>	0,92	0,92	0,91	0,90	0,90	0,89	0,88	0,88	0,82	0,81	0,80	0,79
	<b>1,00</b>	0,93	0,92	0,92	0,91	0,91	0,90	0,90	0,89	0,83	0,82	0,81	0,80
	<b>2,00</b>	0,93	0,92	0,92	0,91	0,91	0,90	0,89	0,89	0,83	0,82	0,81	0,80
	<b>4,00</b>	0,93	0,92	0,91	0,90	0,90	0,90	0,89	0,88	0,82	0,81	0,80	0,79

Suhteellisen l\u00e4mp\u00f6tehon arvo  $\phi_{LPn}/\phi_{tila} = 1,0$  vastaa l\u00e4mp\u00f6pumpun tehomitoitusta noin  $-5 \text{ }^\circ\text{C}$  ulkol\u00e4mp\u00f6tilassa menoveden l\u00e4mp\u00f6tilan ollessa  $35 \text{ }^\circ\text{C}$ . Tarkka mitoituspisteen ulkol\u00e4mp\u00f6tila riippuu l\u00e4mp\u00f6pumpun l\u00e4mm\u00f6ntuottokyvyst\u00e4 alle  $+7 \text{ }^\circ\text{C}$  ulkol\u00e4mp\u00f6tiloilla ja se voidaan tarvittaessa m\u00e4\u00e4ritt\u00e4\u00e4 laitekohtaisesti.

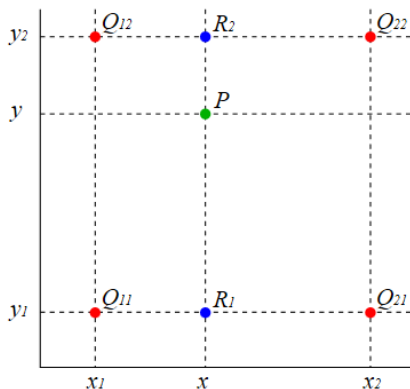
### 3 Esimerkki: poistoilmalämpöpumppu

Käytetään esimerkkinä uutta sähkölämmitteistä pientaloa, jossa on poistoilmalämpöpumppu. Laskuesimerkin ymmärtämisessä esimerkkirakennuksella ei ole väliä, laskentaesimerkissä tarvittavat taulukotiedot ja numeroarvot annetaan tässä oppaassa. Poistoilmalämpöpumpun tapauksessa tilojen lämmitysenergiankulutus on 20976,9 kWh/a eli 142,7 kWh/(m<sup>2</sup>, a). Lämpimän käyttöveden energiankulutus on 6688,5 kWh/a eli 45,5 kWh/(m<sup>2</sup>, a). Yhteensä nämä tekevät 27665,4 kWh/a eli 188,2 kWh/(m<sup>2</sup>, a).

Kun oletetaan, että poistoilmalämpöpumpun ulospuhallusilman alin lämpötila on -3 °C, niin lämpöpumpun SPF-luku on 2,4 (Taulukko 1).

Taulukosta 2 voidaan interpoloida poistoilmalämpöpumpun tuottama osuus bilineaarisesti f(x,y) arvo kaavalla

$$f(x,y) = \frac{1}{(x_2 - x_1)(y_2 - y_1)} (f_{11}(x_2 - x)(y_2 - y) + f_{21}(x - x_1)(y_2 - y) + f_{12}(x_2 - x)(y - y_1) + f_{22}(x - x_1)(y - y_1)) \quad (2)$$



**Kuva 1.** Selvennys interpoloinnin laskukaavasta, tässä Q<sub>11</sub> vastaa merkintää f<sub>11</sub> jne.

Sijoittamalla x=188, x<sub>1</sub>=150, x<sub>2</sub>=200, y=2,4, y<sub>1</sub>=2 ja y<sub>2</sub>=3, saadaan

$$f(188, 2,4) = \frac{1}{(200 - 150)(3 - 2)} * (0,82 * (200 - 188)(3 - 2,4) + 0,66(188 - 150)(3 - 2,4) + 0,7(200 - 188)(2,4 - 2) + 0,55(188 - 150)(2,4 - 2)) \quad (3)$$

$$f(188, 2,4) = 0,65$$

Tämä voidaan tehdä myös kahdella linearisoinnilla esimerkiksi ensin energiankulutuksen suhteen ja sitten SPF-luvun suhteen. Jos linearisoidaan energiantarpeen suhteen, niin tuotto-osuudet ovat 0,698 ja 0,585 SPF-luvuille 2,0 ja 3,0. Kun näillä lukuarvoilla linearisoidaan SPF-luvun suhteen, niin saadaan tuotto-osuudeksi sama 0,65. Ratkaisu kahdella linearisoinnilla saadaan soveltamalla kaavaa:



$$f(x) = y_0 + (y_1 - y_0) \frac{x - x_0}{x_1 - x_0}$$

$$f(x_a) = 0,82 + (0,66 - 0,82) \frac{188,2 - 150}{200 - 150} = 0,698$$

$$f(x_b) = 0,7 + (0,55 - 0,7) \frac{188,2 - 150}{200 - 150} = 0,585 \quad (4)$$

$$f(x_{a,b}) = x_a + (x_b - x_a) \frac{z - z_0}{z_1 - z_0}$$

$$f(x_{a,b}) = 0,698 + (0,585 - 0,698) \frac{2,4 - 2}{3 - 2} = 0,65$$

Jälkimmäinen vaihtoehto ei tuota kaikissa tilanteissa samaa tulosta kuin bilineaarinen menetelmä, mutta on riittävän tarkka.

Näin lämpöpumpun ostoenergiaksi (sähköä) saadaan energiatehokkuuden laskentaohjeen kaavalla 7.12 (tämän oppaan kaava 1):

$$W_{LP, \text{lämmitys}} = 0,65 * 20976,9/2,4 + 0,65 * 6688,5/2,4 + (1 - 0,65) * 27665,4 = 17175,6 \text{ kWh/a} \quad (5)$$

Lisälämmityksen eli sähkövastuksien osuus tästä on  $(1-0,65)*27665,4 = 9682,9$  kWh/a. Lämmitykseen tarvittava kokonaissähkönkulutus on siis 17175,6 kWh/a.

Poistoilmalämpöpumpun tapauksessa lämmönlähteenä on poistoilmavirta, joten siinä ympäristössä olevasta energiasta otetun energian osuus on 0 kWh. Energiatodistusasetuksen (1048/2017) mukaan poistoilmalämpöpumpun poistoilmasta ottamaa energiaa ei lasketa rakennuksen ympäristöstä peräisin olevaksi energiaksi.

## 4 Esimerkki: ilma-vesilämpöpumppu

Ilma-vesilämpöpumppua koskevassa esimerkissä tilojen ja ilmanvaihdon lämmitysenergiakulutus on 13443,2 kWh/a eli 91,45 kWh/(m<sup>2</sup>, a). Lämpimän käyttöveden energiankulutus on 6688,5 kWh/a eli 45,5 kWh/(m<sup>2</sup>, a). Yhteensä 20131,65 kWh/a eli 136,95 kWh/(m<sup>2</sup>, a).

Kun lattialämmityksen menoveden lämpötila on +40 °C, ilma-vesilämpöpumpun SPF-luku tilojen lämmitykselle on 2,5 ja käyttöveden lämmitykselle 1,8 (Taulukko 3).

Lämpöpumpun teho on 70 % mitoitustehosta. Tässä tulee käyttää rakennuksen todellisen sijainnin mukaista mitoitustehoa, eli rakennuksen kokonaislämmitystehoa (lämmitys + ilmanvaihto) tosiasiallisen säävyöhykkeen (1–4) mukaisella mitoituslämpötilalla. Kun  $Q_{\text{lämmitys, tilat}} / Q_{\text{lämmitys, lkv}} = 13443,2/6688,5 = 2,0$ , niin taulukon 4 mukaan lämpöpumpun tuotto-osuudeksi saadaan 0,85.

Näin lämpöpumpun ostoenergiaksi (sähköä) saadaan:

$$W_{LP, \text{lämmitys}} = 0,85 * 13443,2/2,5 + 0,85 * 6688,5/1,8 + (1 - 0,85) * 20131,65 = 10748,9 \text{ kWh/a} \quad (6)$$

Lisälämmityksen eli sähkövastuksien osuus tästä on  $(1-0,85)*20131,65 = 3019,7$  kWh/a.

Höyrystimen ilmasta ottama energia on ympäristössä olevasta energiasta otettua energiaa, jonka määrä voidaan laskea esimerkiksi lämpöpumpun tuottaman lämpöenergian ja käytetyn sähköenergian erotuksena:

$$Q_{LP, \text{höyrystin}} = 0,85 * (13443,2 + 6688,5) - (10748,9 - 3019,7) = 9382,7 \text{ kWh/a} \quad (7)$$

Ympäristössä olevasta energiasta hyödynnetty energia ilmoitetaan energiatodistuksen sivulla 4.

## 5 Esimerkki: poistoilmalämpöpumppu 1940-luvun pientaloon

Energiatodistusoppaan 2018 liitteenä on julkaistu laadintaesimerkki ”Pientalo 1940-luvulta”. Pientalossa on öljylämmitys sekä painovoimainen ilmanvaihto, ja se on rakennuksena ilmeisen energiatehoton: pientalon E-luvuksi saadaan **510 kWh/(m<sup>2</sup> a)**, ja se sijoittuu energiatehokkuusluokkaan **G**. Laadintaesimerkissä esitetään rakennukselle energiatehokkuuden parannustoimenpiteiksi aurinkolämmön asentamista, ikkunoiden vaihtamista energiatehokkaammiksi, öljylämmityksen vaihtamista maalämpöpumppuun, ilmalämpöpumpun käyttämistä lisälämmönlähteenä sekä koneellisen tulo-poistoilmanvaihdon asentamista lämmöntalteenotolla.

Eräs mahdollinen energiatehokkuuden parannustoimenpide olisi koneellisen ilmanvaihdon ja poistoilmalämpöpumpun asentaminen. Tässä esimerkissä käytetään kyseisen laadintaesimerkin pientalon lähtötietoja ja esitetään, kuinka lasketaan koneellisen tulo-poistoilmanvaihdon ja poistoilmalämpöpumpun asentamisen vaikutus esimerkkirakennuksen E-lukuun. Oletetaan, että öljylämmitys kattaa edelleen sen osuuden tilojen ja lämpimän käyttöveden energiantarpeesta, jota lämpöpumppu ei kata.

Pientalon tilojen vuotuiseksi lämmitysenergian kokonaistarpeeksi  $Q_{\text{lämmitys,tilat}}$  on laadintaesimerkissä ”Pientalo 1940-luvulta” saatu **35323,4 kWh**. Lämpimän käyttöveden vuotuiseksi lämmitysenergian kokonaistarpeeksi  $Q_{\text{lämmitys, lkv}}$  on vastaavasti saatu **4657,4 kWh**. Poistoilmalämpöpumpun ja lisälämmitysjärjestelmän katettavaksi osuudeksi tulee yhteensä  $35323,4 \text{ kWh} + 4657,4 \text{ kWh} = \mathbf{39980,8 \text{ kWh}}$  eli **353,5 kWh/(m<sup>2</sup> a)**.

Poistoilman lämpötila on **21°C** (vakioidun laskennan mukaisesti) ja ulospuhallusilman alin lämpötila on **+3°C** (pohjautuu laitevalintaan). Tämän ohjeen taulukosta 1 saadaan poistoilmalämpöpumpun SPF-luvuksi **2,0**. Tämän ohjeen taulukosta 2 saadaan ekstrapoloimalla poistoilmalämpöpumpun tuottamaksi osuudeksi tilojen, ilmanvaihdon ja lämpimän käyttöveden lämmitysenergian tarpeesta **31%**. Tämä osuus toteutuu, mikäli poistoilmalämpöpumpun teho riittää jäähdyttämään poistoilman +3°C:hen, mikä on kyseisen rakennuksen osalta tarkastettava. Jos poistoilmalämpöpumpun teho on riittävä, poistoilmalämpöpumppu tuottaa rakennukseen vuodessa  $0,31 \cdot 39980,8 \text{ kWh} = \mathbf{12394,0 \text{ kWh}}$  eli **109,6 kWh/(m<sup>2</sup> a)** lämmitysenergiaa ja käyttää sen tuottamiseen 6197 kWh ostosähköä.

Öljylämmityksen vuosihyötysuhteen ollessa 0,81 poistoilmalämpöpumpun asentamisen jälkeen pientalon laskennallinen lämmitysöljyn kulutus pienenee vuodessa **15301 kWh**. Laskennallinen ostosähkön kulutus kasvaa **6197 kWh**. Uudeksi E-luvuksi saadaan **440 kWh<sub>E</sub>/(m<sup>2</sup> a)** eli E-luku pienenee **70 kWh<sub>E</sub>/(m<sup>2</sup> a)**. Rakennus nousee energiatehokkuusluokasta G yhden luokan ylöspäin, eli se saa energiatehokkuusluokituksen **F**. Muutokset summataan taulukossa 8. (Rakennuksen E-luvun laskenta on esitetty kokonaisuudessaan omassa laadintaesimerkissään, joten sitä ei toisteta tässä.)

**Taulukko 8.** Poistoilmalämpöpumpun asentamisen vaikutus esimerkkirakennuksen laskennalliseen ostoenergiankulutukseen ja E-lukuun.

	Vanha tilanne		Uusi tilanne		Muutos	
	kWh/a	kWh/(m <sup>2</sup> a)	kWh/m <sup>2</sup>	kWh/(m <sup>2</sup> a)	kWh/a	kWh/(m <sup>2</sup> a)
<b>Sähkönkulutus (ostoenergia)</b>	2716,1	24,02	8913,1	78,81	-6197,0	-54,79
<b>Lämmitysöljyn kulutus (ostoenergia)</b>	49359	436,42	34058	301,13	15301	135,29
<b>Polttopuun kulutus (ostoenergia)</b>	10000	88,42	10000	88,42	0	0,00
<b>E-luku</b>		<b>510</b>		<b>440</b>		<b>-70</b>

Kuvissa 2 ja 3 esitetään energiatodistuslomakkeen sivut 3 ja 4 siten kuin ne täytettäisiin siinä tapauksessa, että rakennuksessa todella olisi poistoilmalämpöpumppu. Huomaa, että tässä tapauksessa rakennuksen ilmanvaihtojärjestelmän LTO:n vuosihyötysuhteeksi merkitään 0 % (kuva 2), ja ilmanvaihtojärjestelmän vuotuisesti sähköenergian kulutukseksi 0 kWh/m<sup>2</sup> (kuva 3). Koko energiatodistuslomaketta ei esitetä, koska 1940-luvun pientalon osalta myös koko energiatodistuksesta on annettu esimerkki omassa laadintaohjeessaan.

E-LUVUN LASKENNAN LÄHTÖTIEDOT				
<b>Rakennuskohde</b>				
Rakennuksen käyttötarkoitusluokka	Yhden asunnon talot			
Rakennuksen valmistumisvuosi	1947	Lämmitetty nettoala	113	m <sup>2</sup>
<b>Rakennusvaippa</b>				
Ilmanvuotoluku q <sub>50</sub>	4,7	m <sup>3</sup> /(h m <sup>2</sup> )		
	<b>A</b> m <sup>2</sup>	<b>U</b> W/(m <sup>2</sup> K)	<b>U × A</b> W/K	<b>Osuus lämpöhäviöistä</b> %
Ulkoseinät	158,9	0,67	106,5	43 %
Yläpohja	89,2	0,40	35,7	14 %
Alapohja	83,5	0,44	36,7	15 %
Ikkunat	14,8	2,60	38,5	16 %
Ulko-ovet	3,8	1,80	6,8	3 %
Kylmäsiilit	-	-	22,4	9 %
<b>Ikkunat ilmansuunnittain</b>				
	<b>A</b> m <sup>2</sup>	<b>U</b> W/(m <sup>2</sup> K)	<b>g<sub>kohtisuora</sub>-arvo</b>	
Pohjoinen	4,3	2,50	0,60	
Koillinen				
Itä	2,0	2,80	0,60	
Kaakko				
Etelä	6,1	2,60	0,60	
Lounas				
Länsi	2,4	2,60	0,60	
Luode				
<b>Ilmanvaihtojärjestelmä</b>				
Ilmanvaihtojärjestelmän kuvaus:	Koneellinen poistojärjestelmä, jossa poistoilmalämpöpumppu			
	<b>Ilmavirta tulo/poisto</b> (m <sup>3</sup> /s) / (m <sup>3</sup> /s)	<b>Järjestelmän SFP-luku</b> kW / (m <sup>3</sup> /s)	<b>LTO:n lämpötilasuhde</b>	<b>Jäätymisenesto</b> °C
Pääilmanvaihtokoneet	/		-	-
Erillispoistot	0,00 / 0,05	0,00	-	-
Ilmanvaihtojärjestelmä	0,00 / 0,05	0,00	-	-
Rakennuksen ilmanvaihtojärjestelmän LTO:n vuosihyötysuhde:		0 %		
<b>Lämmitysjärjestelmä</b>				
Lämmitysjärjestelmän kuvaus:	vesikiertoiset patterit, öljylämmitys / öljylämmitys			
	<b>Tuoton hyötysuhde</b>	<b>Jaon ja luovutuksen hyötysuhde</b>	<b>Lämpökerroin<sup>1</sup></b>	<b>Apulaitteiden sähkönkäyttö<sup>2</sup></b> kWh/(m <sup>2</sup> vuosi)
Tilojen ja iv:n lämmitys	-	-	-	3,0
Lämpimän käyttöveden valmistus	81 %	90 %		0,0
<sup>1</sup> vuoden keskimääräinen lämpökerroin lämpöpumpulle				
<sup>2</sup> lämpöpumppujärjestelmissä voi sisältyä lämpöpumpun vuoden keskimääräiseen lämpökertoimeen				
	<b>Määrä kpl</b>	<b>Tuotto kWh</b>		
Varaava tulisija	2	6 000		
Ilmalämpöpumppu				
<b>Jäähdytysjärjestelmä</b>				
Jäähdytyskauden painotettu kylmäkerroin				
-				
Jäähdytysjärjestelmä				
<b>Lämmin käyttövesi</b>				
	<b>Ominaiskulutus</b> dm <sup>3</sup> /(m <sup>2</sup> vuosi)	<b>Lämmitysenergian nettotarve</b> kWh/(m <sup>2</sup> vuosi)		
Lämmin käyttövesi	600	35,0		
<b>Sisäiset lämpökuormat eri käyttöasteilla</b>				
	<b>Käyttöaste</b>	<b>Henkilöt</b> W/m <sup>2</sup>	<b>Kuluttajalaitteet</b> W/m <sup>2</sup>	<b>Valaistus</b> W/m <sup>2</sup>
Henkilöt ja kuluttajalaitteet	-	2,0	3,0	
Valaistus	60 % 10 %			6,0

Todistustunnus: XXXXXX, 3/8

**Kuva 2.** Esimerkki energiatodistuslomakkeen sivusta 3, kun kyseessä on pientalo, jossa on poistoilmalämpöpumppu.

E-LUVUN LASKENNAN TULOKSET				
<b>Rakennuskohde</b>				
Rakennuksen käyttötarkoitusluokka	Yhden asunnon talot			
Rakennuksen valmistumisvuosi	1947			
Lämmitetty nettoala, m <sup>2</sup>	113,1			
E-luku, kWh <sub>e</sub> / (m <sup>2</sup> vuosi)	440			
<b>E-luvun erittely</b>				
Käytettävät energiamuodot	Vakioidulla käytöllä laskettu ostoenergia	Energiamuodon kerroin	Energiamuodon kertoimella painotettu energiankulutus	
	kWh/vuosi		-	kWh <sub>e</sub> /vuosi
sähkö	8 913	1,2	10696	94,6
uusiutuva polttoaine	10 000	0,5	5000	44,2
fossiilinen polttoaine	34 058	1	34058	301,1
<b>YHTEENSÄ</b>	<b>52 971</b>		<b>49 754</b>	<b>440</b>
<b>Rakennuksen ympäristössä olevasta energiasta otettu energia, hyödynnetty osuus</b> (kuukausitason erittely lisätiedoissa)				
		kWh/vuosi	kWh/(m <sup>2</sup> vuosi)	
<b>Rakennuksen teknisten järjestelmien energiankulutus</b>				
		Sähkö kWh/(m <sup>2</sup> vuosi)	Lämpö kWh/(m <sup>2</sup> vuosi)	Kaukojäähdytys kWh/(m <sup>2</sup> vuosi)
Lämmitysjärjestelmä				
Tilojen lämmitys <sup>1</sup>		3,0	312,3	-
Tuloilman lämmitys		0,0	0,0	-
Lämpimän käyttöveden valmistus		0,6	41,2	-
Ilmanvaihtojärjestelmän sähköenergiankulutus		0,0	-	-
Jäähdytysjärjestelmä		0,0	0,0	0,0
Kuluttajalaitteet ja valaistus		21,0	-	-
<b>YHTEENSÄ</b>		<b>24,6</b>	<b>353,5</b>	<b>0,0</b>
<sup>1</sup> ilmanvaihdon tuloilman lämpeneminen tilassa ja korvausilman lämmitys kuuluu tilojen lämmitykseen				
<b>Energian nettotarve</b>				
		kWh/vuosi	kWh/(m <sup>2</sup> vuosi)	
Tilojen lämmitys <sup>2</sup>		37 791	335	
Ilmanvaihdon lämmitys <sup>3</sup>		0	0	
Lämpimän käyttöveden valmistus		3 959	35	
Jäähdytys		0	0	
<sup>2</sup> sisältää vuotoilman, korvausilman ja tuloilman lämpenemisen tilassa				
<sup>3</sup> laskettu lämmöntalteenoton kanssa				
<b>Lämpökuormat</b>				
		kWh/vuosi	kWh/(m <sup>2</sup> vuosi)	
Aurinko		2 674	24	
Henkilöt		1 189	11	
Kuluttajalaitteet		1 783	16	
Valaistus		594	5	
Lämpimän käyttöveden kierrosta ja varastoinnin häviöistä		0	0	
<b>Laskentatyökalun nimi ja versio numero</b>				
Laskentatyökalun nimi ja versio numero	www.laskentapalvelut.fi, versio 1.4 (24.1.2018)			

Todistustunnus: XXXXXX, 4/8

**Kuva 3.** Esimerkki energiatodistuslomakkeen sivusta 4, kun kyseessä on pientalo, jossa on poistoil-malämpöpumppu.