

Esimerkki
poistoilma-
ja
ilmavesilämpöpumpun
D5:n mukaisesta laskennasta

4.11.2016

Sisällysluettelo

1 Johdanto.....	3
2 Poistoilma- ja ilmavesilämpöpumpun D5 laskenta.....	4
2.1 Yleistä	4
2.2 Poistoilmalämpöpumppu	4
2.3 Ilmavesilämpöpumppu.....	6
3 Poistoilmalämpöpumppuesimerkki	7
4 Ilmavesilämpöpumppuesimerkki	10

1 Johdanto

Tässä lyhyessä oppaassa esitetään esimerkki poistoilma- ja ilma-vesilämpöpumpun D5:n mukaisesta laskennasta. Esimerkkien lähtöarvoina käytetään uudispientalon energiatodistuslaadintaesimerkistä muunneltua ratkaisua.

Oppaassa on noudatettu D5:n taulukkojen ja kaavojen numerointia.

2 Poistoilma- ja ilmavesilämpöpumpun D5 laskenta

2.1 Yleistä

Lämpöpumppu otetaan huomioon lämmityksen sähköenergiankulutusta laskettaessa vain sen ajanjakson osalta, jonka aikana lämpöpumppua käytetään. Lämmityskäytössä olevan lämpöpumpun sähköenergiankulutus voidaan laskea D5:n kaavalla (6.17)

$$W_{LP, lämmitys} = Q_{LP, lämmitys, tilat} / SPF_{tilat} + Q_{LP, lämmitys, lkv} / SPF_{lkv} + W_{lisälämmitys} \quad (6.17)$$

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 D5:n taulukkoarvot ovat ns. turvallisella puolella. Laitevalmistajan arvot voi olla huomattavasti parempia kuin D5:n antamat arvot.

2.2 Poistoilmalämpöpumppu

Poistoilmalämpöpumpun laskennassa voidaan käyttää D5:n taulukon 6.14 SPF-lukuja ja D5:n taulukon 6.11 tuotto-osuuksia.

Taulukko 6.14. Poistoilmalämpöpumppujen tilojen ja käyttöveden lämmityksen yhteisiä SPF-lukuja poistoilman lämpötilan ollessa 21 °C.

Poistoilmalämpöpumppu	SPF-luku
<i>Jäteilman 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 vaihtoehtoisella menetelmällä käyttäen lähtötietona 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, sähkönkulutusstandardin SFS EN 14511-3 osoittamalla tavalla.

Poistoilmalämpöpumpun tuottama tilojen ja käyttöveden lämmitysenergian osuus voidaan arvioida D5 taulukon 6.11 avulla, jos tilojen, ilmanvaihdon ja käyttöveden lämmityksen lämpöenergian tarve ($Q_{\text{lämmitys,tilat, iv, lkv}}$) tunnetaan. Taulukon 6.11 avulla voidaan lisäksi arvioida poistoilmalämpöpumpun jäteilman 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 yksityiskohtaisempaa menetelmää.

Taulukko 6.11. 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 jäteilman lämpötilan funktiona.

$Q_{\text{lämmitys,tilat, iv, lkv}}$ kWh/(m ² 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, niin poistoilmasta saadaan lämpö talteen tehokkaammin eli pienemällä 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 laskettu tasauslaskentaa varten ilmavaihdon lämmöntalteenoton vuosihyötysuhde, jossa on laskettu vuodessa poistoilmasta talteenotetun ja rakennuksen lämmityksessä hyväksikäytetyn energian suhde poistoilmasta talteenotettavissa energiaan. Rakennuksen hyväksikäytetyssä lämmitysenergiassa ei oteta tasauslaskentaoppaan mukaan lämpimän käyttöveden valmistuksessa käytettyä lämmitysenergiaa. Vuosihyötysuhde voi olla todistuksessakin näkyvissä, mutta ei vaikuta kokonaisenergian laskentaan. Ilmanvaihdon lämmitysenergian tarve ei vähene siitä, että lämpöpumpun lämmönlähteenä on poistoilmavirta, vaan tuloilmavirtaa täytyy lämmittää yhtä paljon kuin koneellisen poistoilmavaihdon järjestelmässä. Eli kokonaisenergiatarkennassa ilmanvaihdon vuosihyötysuhde on nolla, paitsi niissä tilanteissa, jossa poistoilmalämpöpumpun yhteydessä on tuloilmaan lämpöä siirtävä lämmönsiirrin. Tällöin vuosihyötysuhteena käytetään lämmönsiirrimen tuloilmaan vuositasolla siirtämän energian ja poistoilmasta talteenotettavissa olevaan energian suhdetta.

2.3 Ilmavesilämpöpumppu

Ilmavesilämpöpumpun laskennassa voidaan käyttää D5 taulukon 6.14 SPF-lukuja sekä D5 liitteen 2 taulukkoa L2.2.

Taulukko 6.12. Ulkoilmalämpöpumppujen SPF-lukuja.

Ulkoilmalämpöpumput menoveden korkein lämpötila, °C	SPF-luku		
	Säävyöhykkeet		
	I-II	III	IV
Ilma-ilma	2,8	2,8	2,7
Ilma-vesi (tilojen lämmitys)			
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
Ilma-vesi (käyttöveden lämmitys)			
60	1,8	1,6	1,3

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

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

Selostus

Suhteellisen lämpötehon arvo $\phi_{LPn}/\phi_{\text{tila}} = 1,0$ vastaa lämpöpumpun tehomitoitusta noin $-5\text{ }^\circ\text{C}$ ulkolämpötilassa menoveden lämpötilan ollessa $35\text{ }^\circ\text{C}$. Tarkka mitoitusasteen ulkolämpötila riippuu lämpöpumpun lämmöntuottokyvystä alle $+7\text{ }^\circ\text{C}$ ulkolämpötiloilla ja se voidaan tarvittaessa määrittää laitekohtaisesti.

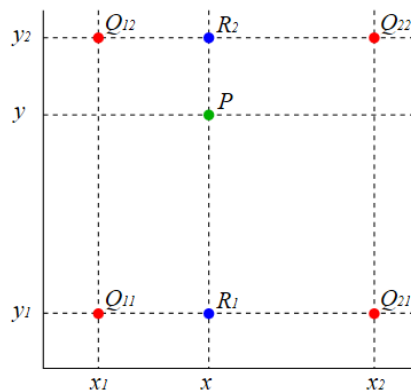
3 Poistoilmalämpöpumppuesimerkki

Esimerkkirakennuksena käytetään uudispientalon energiatodistuslaadintaesimerkin rakennusta. Poistoilmalämpöpumpun tapauksessa tilojen lämmitysenergiankulutus on 20976,9 kWh/a eli 142,7 kWh/(m², a). Lämpimän käyttöveden energiankulutus on 6688,5 kWh/a eli 45,5 kWh/(m², a). Yhteensä 27665,4 kWh/a eli 188,2 kWh/(m², a).

Kun oletetaan, että poistoilmalämpöpumpun jäteilman alin lämpötila on -3 °C, niin lämpöpumpun SPF-luku on 2,4.

D5:n taulukosta 6.11 voidaan interpoloida poistoilmalämpöpumpun tuottama osuus bilineaarisesti $f(x,y)$ arvo kaavalla:

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



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

$$\frac{1}{(200 - 150)(3 - 2)} *$$

$$(0,82 (200 - 188)(3 - 2,4) + 0,66 (188 - 150)(3 - 2,4) + 0,7 (200 - 188)(2,4 - 2) + 0,55 (188 - 150)(2,4 - 2))$$

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

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:

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

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

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

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

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

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

Näin lämpöpumpun ostoenergiaksi saadaan D5:n kaavalla 6.17:

$$W_{LP, lämmitys} = 0,65 * 20976,9 / 2,4 + 0,65 * 6688,5 / 2,4 + (1 - 0,65) * 27665,4 = 17184,3 \text{ kWh/a}$$

Lisälämmityksen eli sähkövastuksien osuus tästä on $(1 - 0,65) * 27665,4 = 9687,3 \text{ kWh/a}$.

Poistoilmalämpöpumpun tapauksessa lämmönlähteenä on poistoilmavirta, joten siinä uusiutuvan omavaraisenergian osuus on 0 kWh.

4 Ilmavesilämpöpumppuesimerkki

Ilmavesilämpöpumppu esimerkissä tilojen ja ilmanvaihdon lämmitysenergiakulutus on 13443,2 kWh/a eli 91,45 kWh/(m², a). Lämpimän käyttöveden energiankulutus on 6688,5 kWh/a eli 45,5 kWh/(m², a). Yhteensä 20131,65 kWh/a eli 136,95 kWh/(m², a).

Kun lattialämmityksen menoveden lämpötila on +40 °C, niin ilmavesilämpöpumpun SPF-luku tilojen lämmitykselle on D5:n taulukon 6.12 mukaan 2,5 ja käyttöveden lämmitykselle 1,8.

Lämpöpumpun teho on 70 % mitoitustehosta, ja kun $Q_{\text{lämmitys, tilat}} / Q_{\text{lämmitys, kv}} = 13443,2/6688,5 = 2,0$, niin D5 liitteen 2 taulukon L2.2 mukaan lämpöpumpun tuotto-osuudeksi saadaan 0,85.

Näin lämpöpumpun ostoenergiaksi saadaan:

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

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

Ilmasta otettu uusiutuva omavaraisenergia on höyrystimen ilmasta ottama energia, joka voidaan laskea esimerkiksi lämpöpumpun tuottaman lämpöenergian ja käytetyn sähköenergian erotuksena.

$$Q_{LP, \text{höyrystin}} = 0,85 * (13443,2 + 6688,5) - (9534,7 - 805,3) = 8382,5 \text{ kWh/a}$$