

Vuores – Koukkujärvi Energiavaihtoehtojen tarkastelu

Jyri Nieminen
Ismo Heimonen
VTT



Teknologiasta liiketoimintaa

Sisältö

- Tausta ja lähtötiedot
- Tavoiteltavat tasot; matalaenergiatalojen ja passiivitalojen määrittelyt
- Mahdolliset järjestelmävariaatiot
- Menetelmien kuvaus ja tehtävän raja

Taustaa ja lähtötietoja

- Tavoitteena energiatehokas alue
- 2 kaavaluonnosta vertailtavana

VE1, Silmu

- AK 24000
- AKR 7000
- AP 6000
- AO 10500 (42 tonttia)

==== 47500 m²

VE2, Taimi

- AK 18000
- A 18250
- AO 11250 (45 tonttia)

==== 47500 m²

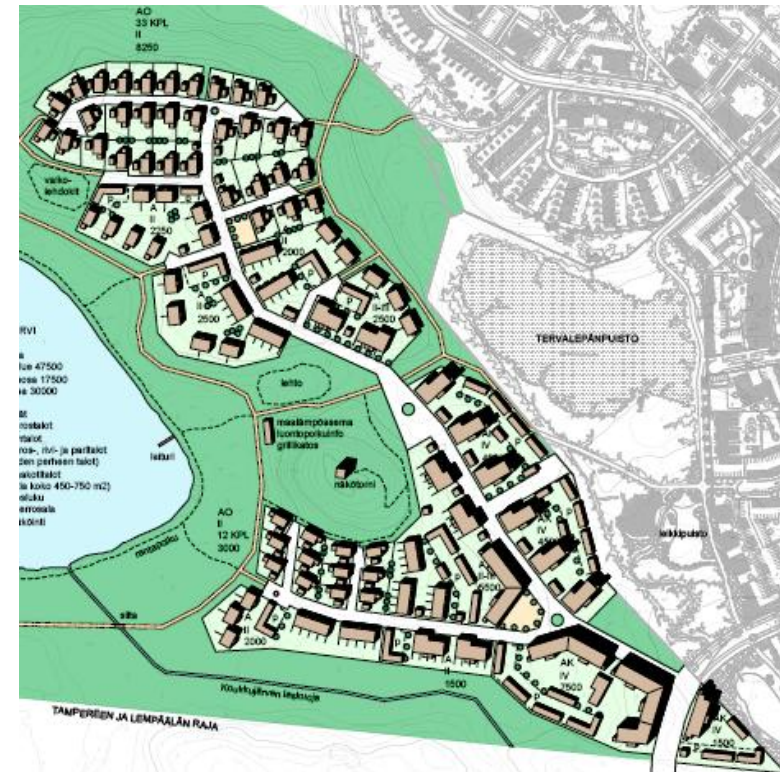
VE1:

- Silmukkamainen katurakenne
- Talotyypit omilla alueillaan



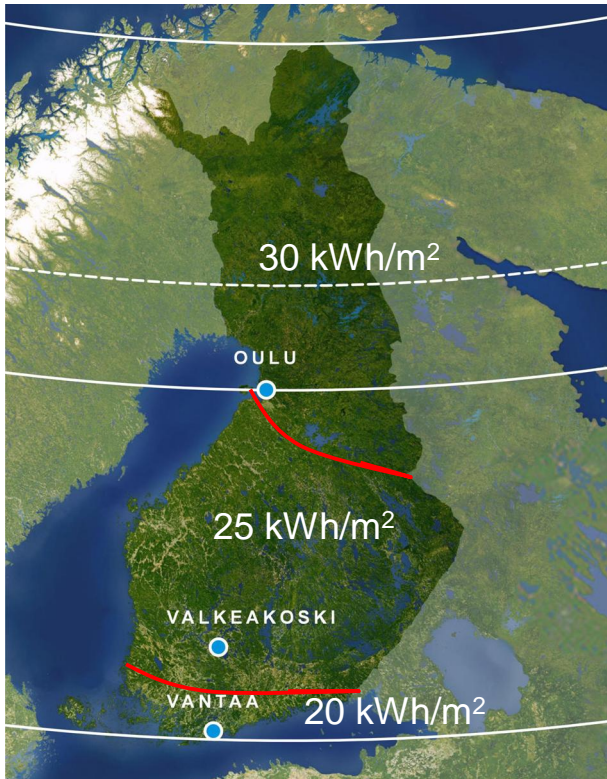
VE2:

- Puumainen katurakenne
- Talotyypistöltään sekoittunut
- “Matalan ja tiiviin” periaatteet



Passiivitalon perusmääritelmät

- Lämmitysenergian tarve 20 - 30 kWh/m²
- Primäärienergian tarve 130 - 140 kWh/m²
 - Lämmitettyä bruttoneliötä kohti
- Rakennuksen ilmapuotoluku aina $n_{50} < 0,6$ 1/h
- Passiivirakentaminen ei perustu:**
 - Lämmityslaitteiden korvaamiseen kodin elektroniikalla ja muilla sähkölaitteilla
 - Tilojen lämmittämiseen ihmisistä tai laitteista vapautuvalla lämmöllä koko lämmityskauden ajan
- Passiivitaloissa on lämmönkehittimet**
 - Lämmityksen tehontarve on pieni, 10 - 20 W/m²
 - Pieni energiantarve => uusiutuva energia
 - Passiivitalojen kaukolämpöratkaisut puuttuvat



Tavoiteltavat tasot ja vertailua nykytasoon

Määritelmiä

- Määräystasot 2008 / 2010 / 2012 / 2015....
- Matalaenergiatalo
- Passiivitalo

MATALAENERGIATALO

		C3 2008	C3 2010	2012	↓	PASSIIVITALO	...NOLLAENERGIATALO
US	W/m ² K	0.24	0.17	0.1	-0.14	0.07 – 0.10	... off-the-grid periaate
AP _{maanv}	W/m ² K	0.24	0.16	0.16		0.08 – 0.10	
YP	W/m ² K	0.15	0.09	0.09		0.06 – 0.09	
IKK _{av.}	W/m ² K	1.4	1.0	1.0		0.7 – 0.8	
IKK _{kiinteä}	W/m ² K	1.4	1.0	1.0		0.6 – 0.8	
OVI	W/m ² K	1.4	1.0	1.0		0.4 – 0.7	
LTO	W/m ² K	30%	50 %	75%		> 80%	
Ilmanvuotoluku n ₅₀		4.0	4.0 x)	2.0		≤ 0.6	

x) Osoitettava, jos käytetään parempaa

Passiivitalo

SUOMALAINEN MÄÄRITELMÄ

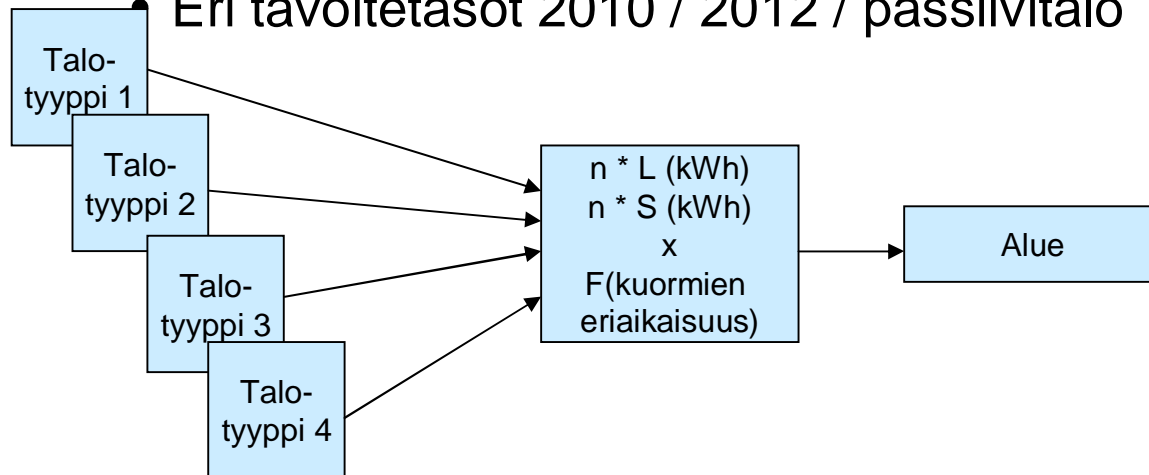
KRITEERI 3: ilmavuotoluku $n_{50} \leq 0.6$ 1/h

- Keino todentaa ulkovaipan laatu
- Sama kuin passiivitalon kansainvälisissä kriteereissä
- Mitataan työmaalla painekokeessa 50 Pascalin paine-erossa



Energia-analyysit

- Tarvepuolen laskenta
 - Alustava esim lämpö $25 \text{ kWh/m}^2 \times \text{m}^2 + \text{sähkö} \Rightarrow$ suuntaa antava
 - Tarkennettu huomioiden talotyypit \Rightarrow tarkennettu tulos
 - Eri tavoitetasot 2010 / 2012 / passiivitalo



- Tuottopuolen laskenta
 - M vaihtoehtoa, erilaiset infrarakenteet \Rightarrow energia, investointi, kokonaisuus, elinkaarianalyysit
- Liikenne ja palvelut analyysiin mukaan

Talotason analyysit VE1 AO

- 250 m² pientalolle tarkastelut 2008 – 2010 – matalaenergia – passiivi
- Lasketaan lämmitystarve L ja sähkönkulutus S
- Esitetään keinot, joilla talotason tavoitteet saavutetaan

Keinot

Case file	2008+D ve1ao08 peruscase	2008+D+m ve1ao08c muoto 1:1	2008+D+l+c 2010+D ve1ao10	2010+C ve1ao10c	2012+C ve1ao12c	2012+B ve1ao12b	ME 2015+ ve1ao15b	ME 2015+/ ve1ao15a	Passiivi & ve1ao30a	Passiivi+ & ve1ao30p
Ala	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250
rakenteet	2008	2008	2010	2010	2012	2012	2015	2015	2030	2030
US	0,24	0,24	0,17	0,17	0,14	0,14	0,12	0,12	0,08	0,07
AP	0,24	0,24	0,16	0,16	0,16	0,16	0,12	0,12	0,08	0,08
YP	0,15	0,15	0,09	0,09	0,09	0,09	0,08	0,08	0,07	0,06
IKK	1,4	1,4	1	1	1	1	0,8	0,8	0,7	0,5
suorakaideA/B	0,5	1	1	1	1	1	1	1	1	1
IV	0,094	0,094	0,094	0,094	0,094	0,094	0,094	0,094	0,094	0,094
LTO	30 %	30 %	50 %	50 %	50 %	75 %	75 %	80 %	80 %	85 %
V	750	750	750	750	750	750	750	750	750	750
niv	0,4512	0,4512	0,4512	0,4512	0,4512	0,4512	0,4512	0,4512	0,4512	0,4512
nviv	0,1	0,1	0,08	0,08	0,08	0,08	0,04	0,04	0,024	0
sähkö	D	D	D	D	C	C	B	A	A	A
L (kWh/m3,a)	41,9	41,1	36,7	27,2	27,9	21,6	22	16,9	17,3	12,6
L+S (kWh/m3,a)	52	51,2	46,7	37,3	36,8	30,5	29,7	24,6	23,7	19,1
S-L	10,1	10,1	10	10,1	8,9	8,9	7,7	7,7	6,4	6,5
L (kWh/m2)	125,7	123,3	110,1	81,6	83,7	64,8	66	50,7	51,9	37,8
L+S(kWh/m2)	156	153,6	140,1	111,9	110,4	91,5	89,1	73,8	71,1	57,3
S-L	30,3	30,3	30	30,3	26,7	26,7	23,1	23,1	19,2	19,5
L vrt 2008 taso		100,0	89,3	66,2	67,9	52,6	53,5	41,1	42,1	30,7
L vrt 2010 taso		151,1	134,9	100,0	102,6	79,4	80,9	62,1	63,6	46,3
L+S vrt 2008 taso		100,0	91,2	72,9	71,9	59,6	58,0	48,0	46,3	37,3
L+S vrt 2010 taso		137,3	125,2	100,0	98,7	81,8	79,6	66,0	63,5	51,2
S vrt 2008 taso		100,0	99,0	100,0	88,1	88,1	76,2	76,2	63,4	64,4
S vrt 2010 taso		113,5	112,4	113,5	100,0	100,0	86,5	86,5	71,9	73,0

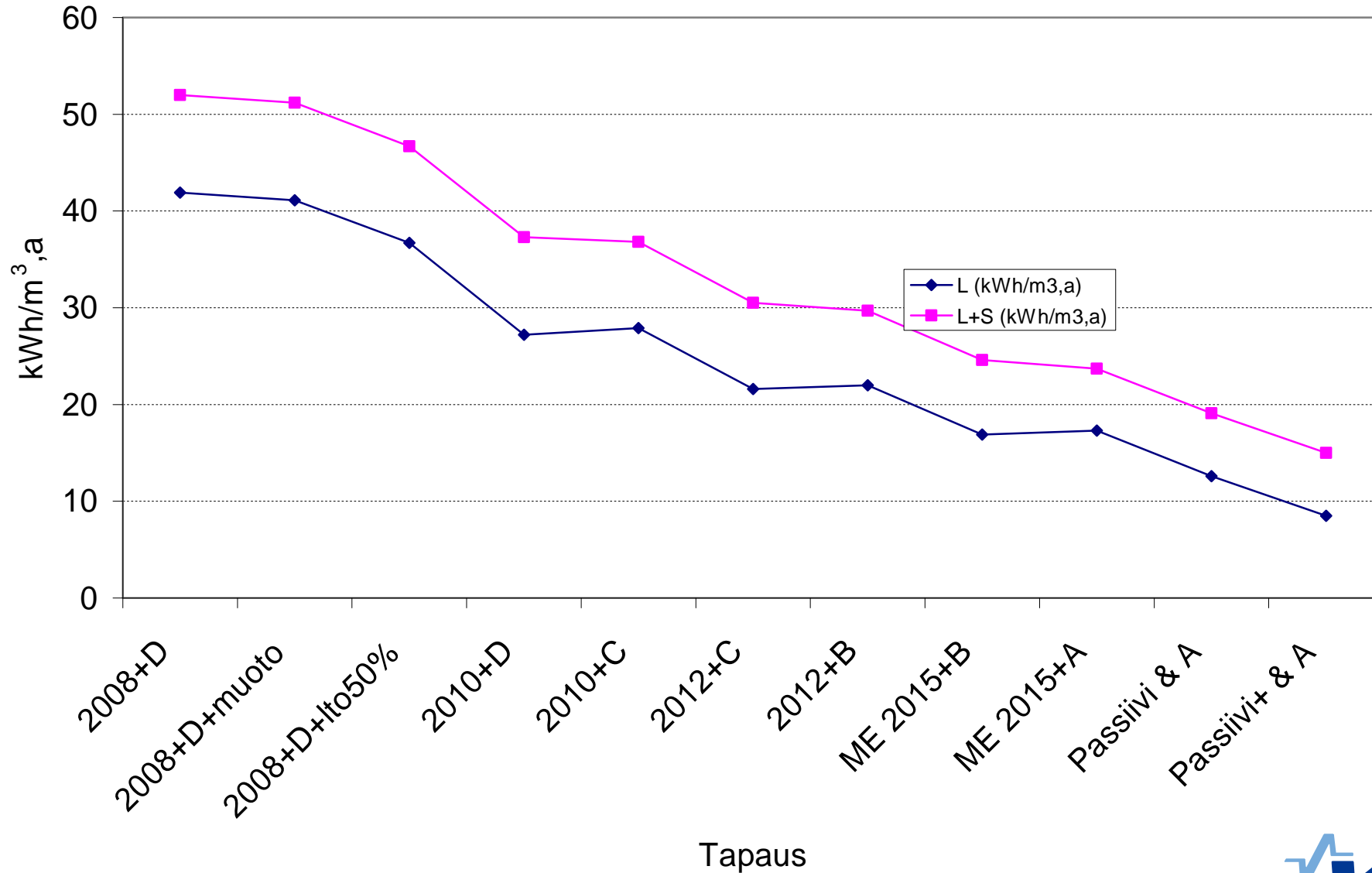
Määräys-
taso 2009

2010

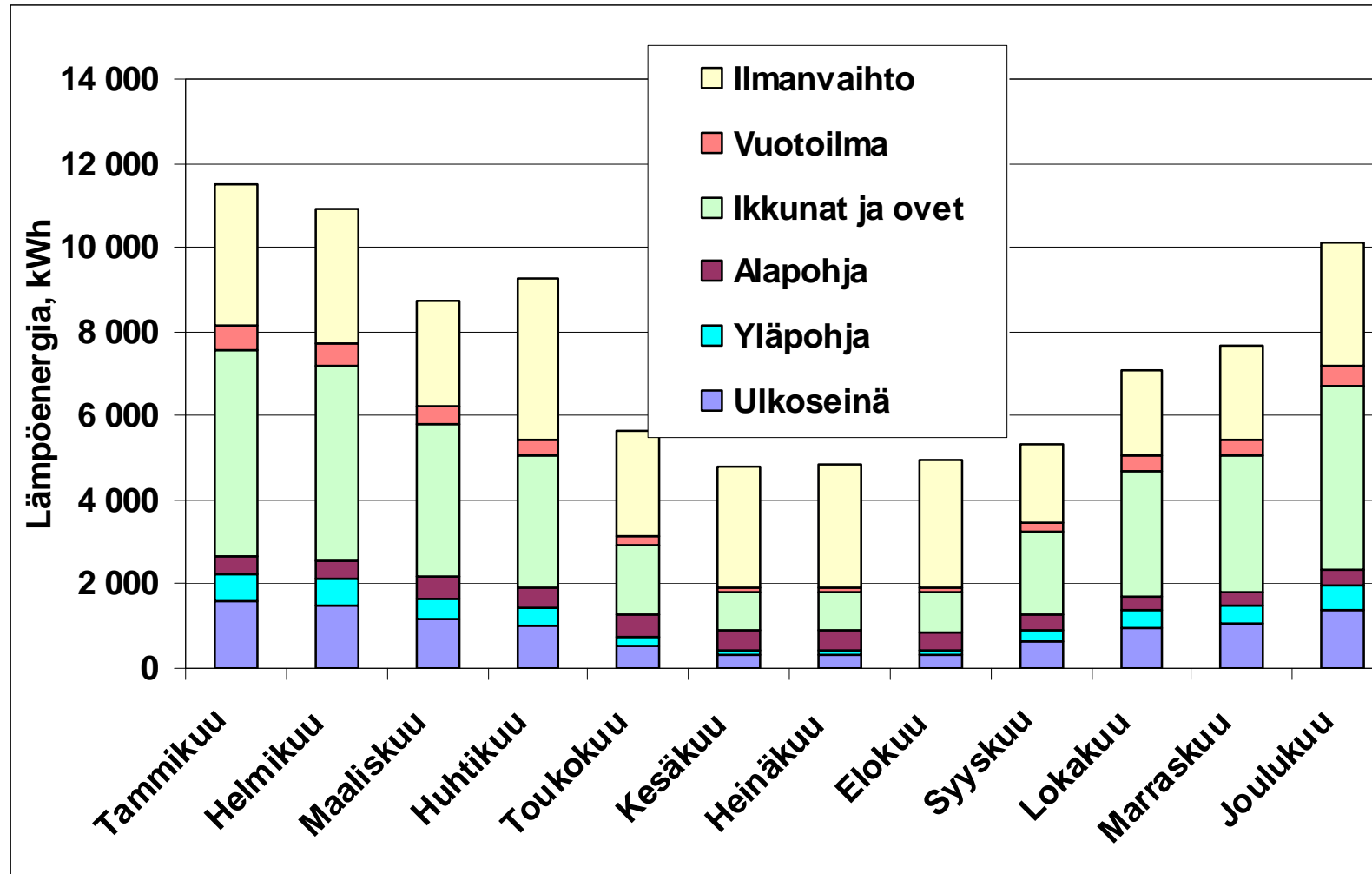
Matala-
energia

Passiivi

Vaihtoehdoilla saavutettavat kulutukset

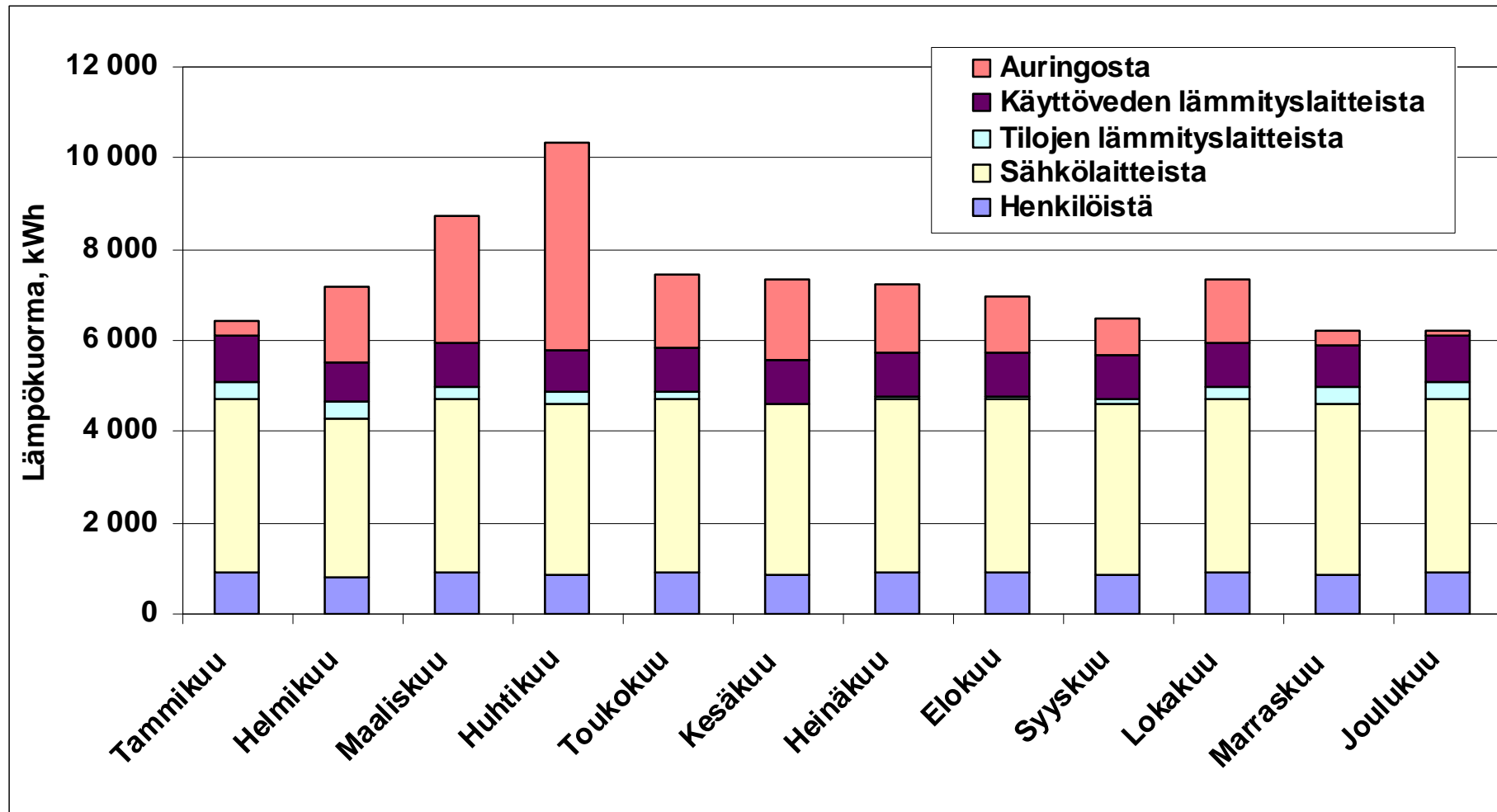


Tilojen lämpöenergian tarve huippuenergiatehokkaassa talossa



Lähde: Huippuenergiatehokkaan asuintalon kaukolämpöratkaisut. VTT 2009

Lämpökuormat kuukausittain huippuenergiatehokkaassa talossa



Lähde: Huippuenergiatehokkaan asuintalon kaukolämpöratkaisut. VTT 2009

Tarkastelun lähtötiedot - Energia

Kulutuskohde	Energia 2010		Energia 2012		Energia 201?	
	kWh/m ²	MWh	kWh/m ²	MWh	kWh/m ²	MWh
Kerrostalo						
- Lämmitys	65	1560	52	1250	25	600
- LKV	29	700	26	650	22	530
- Sähkö (+ LP)	47 + 31	1875	41 + 23	1540	30 + 16	1105
Rivitalo						
- Lämmitys	78	550	63	420	25	175
- LKV	28	190	22	155	20	140
- Sähkö (+ LP)	50 + 35	595	47 + 22	485	32 + 15	330
Pientalo						
- Lämmitys	64	1020	51	820	25	400
- LKV	20	320	16	260	13	230
- Sähkö (+ LP)	36 + 28	1025	36 + 23	945	23 + 13	580
Yhteensä						
- Lämmitys		4340		2550		2075
- Sähkö		3495		2965		2010

Tarkastelun lähtötiedot - Teho

Kulutuskohte	Energia 2010		Energia 2012		Energia 201?	
	W/m ²	kW	W/m ²	kW	W/m ²	kW
Kerrostalot -Lämmitys	28	675	20	480	14	340
Rivitalot -Lämmitys	39	285	31	220	17	120
Pientalot -Lämmitys	30	480	21	340	15	240

Lämpöpumppulämmityksen lämmönkeruupiirit

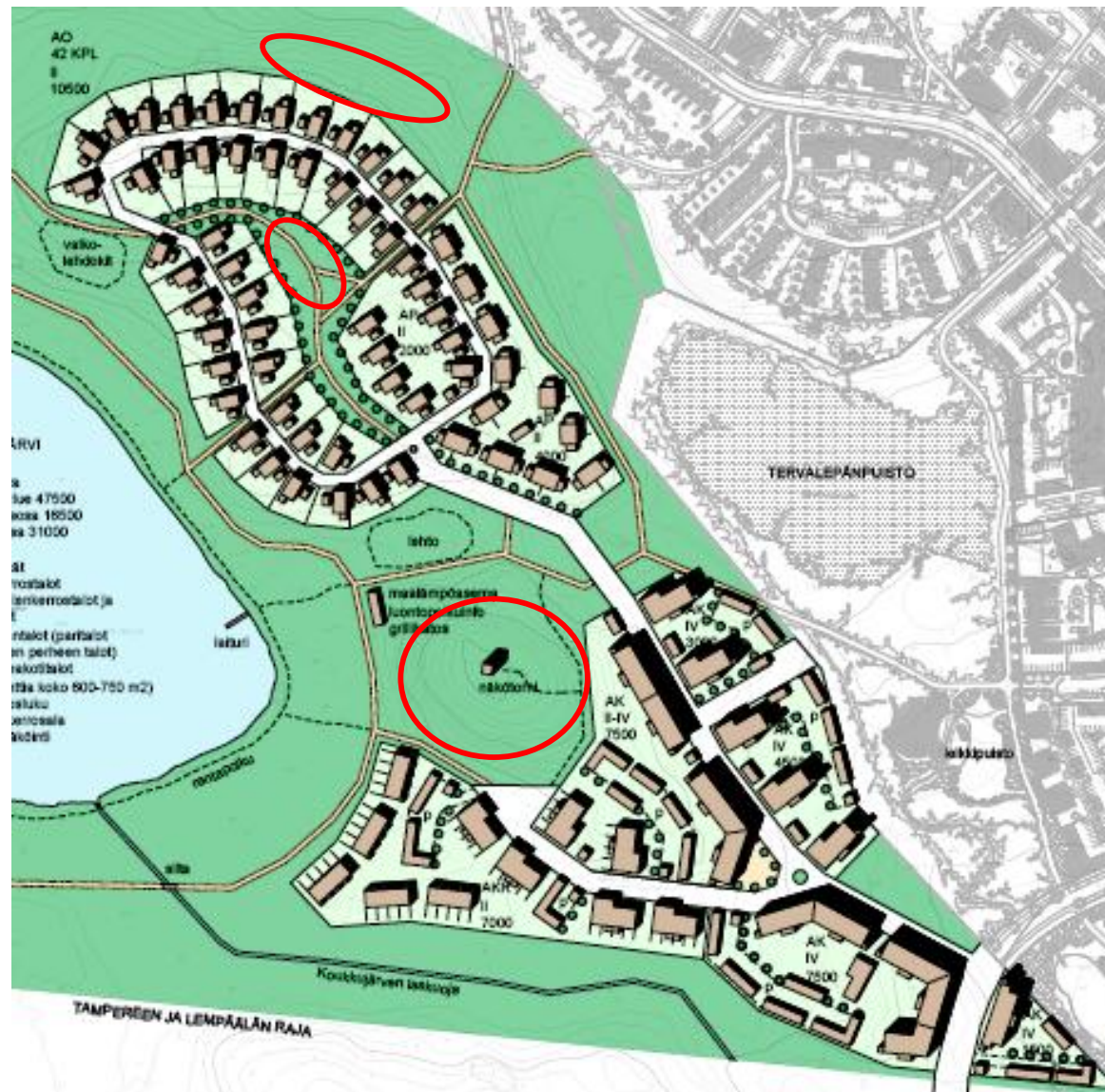
Kulutuskohde	Energia 2010 Lämmönkeruupiirit		Energia 2012 Lämmönkeruupiirit	
	Kalliolämpö	Vesistö	Kalliolämpö	Vesistö
Kerrostalot + rivitalot	20000 m 100 kpl ~ 200 m Maa-alue: 5500 m ²	25000 m	16000 m 80 kpl ~ 200 m Maa-alue: 4400 m ²	21000 m
Pientalot	10000 m 50 kpl ~ 200 m Maa-alue: 2750 m ²	13000 m	8000 m 40 kpl ~ 200 m Maa-alue: 2200 m ²	10000 m

Putkilenkin pituus?

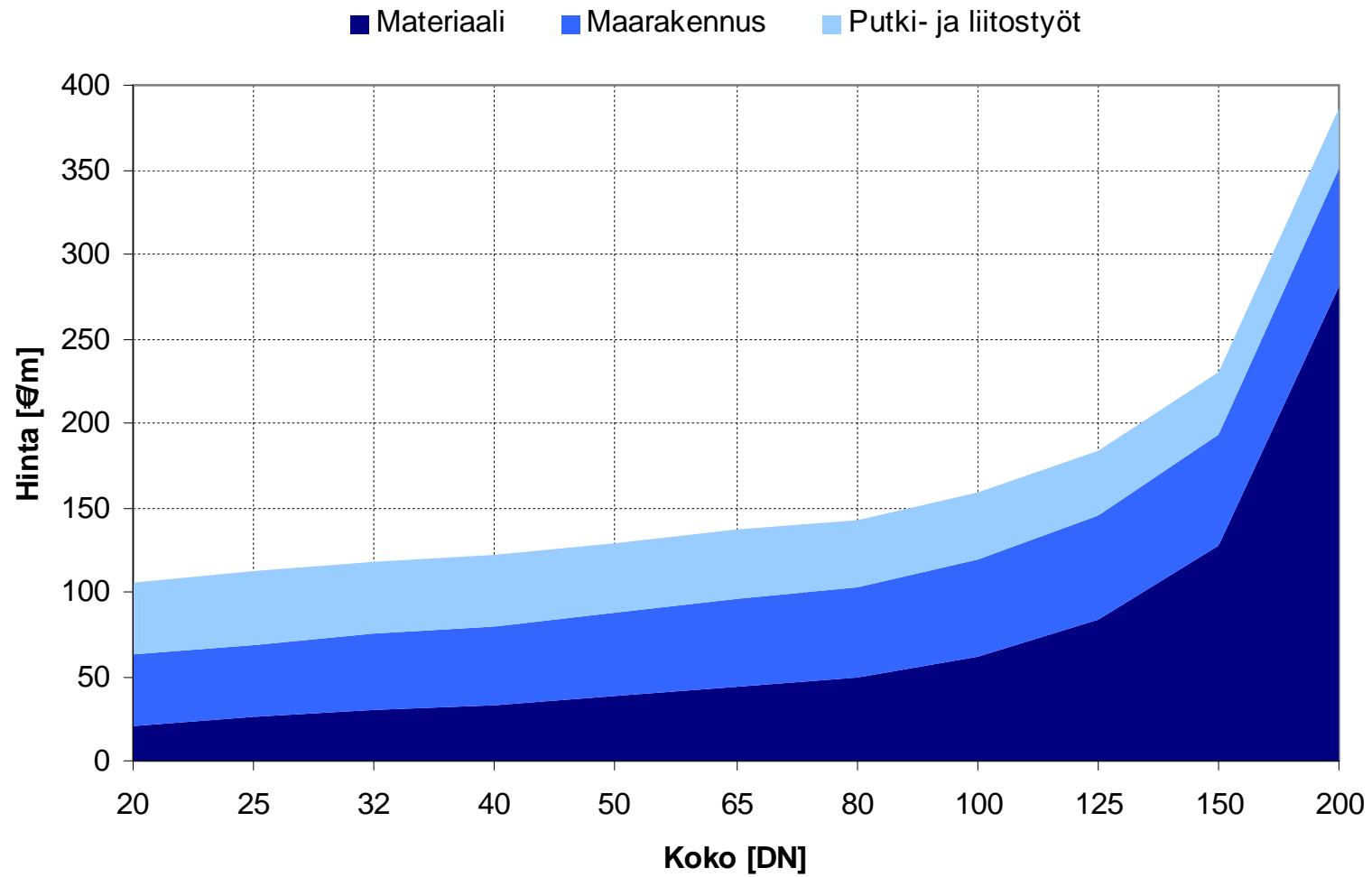
Lämpöpumppulämmitys: Investoinnit – käyttö - ylläpito

Kulutus- kohde	Energia 2010 Lämmönkeruupiirit		Energia 2012 Lämmönkeruupiirit	
	Kalliolämpö	Vesistö	Kalliolämpö	Vesistö
Kerrostalot + rivitalot	Keruupiiri 600 k€ Lämpöjohdot 200 k€ LP 310 k€ LP Käyttö 100 k€/a Ylläpito 3 k€/a	Keruupiiri 500 k€ Lämpöjohdot 200 k€ LP 310 k€ LP Käyttö 100 k€/a Ylläpito 3 k€/a	Keruupiiri 480 k€ Lämpöjohdot 200 k€ LP 260 k€ LP Käyttö 71 k€/a Ylläpito 3 k€/a	Keruupiiri 420 k€ Lämpöjohdot 200 k€ LP 260 k€ LP Käyttö 71 k€/a Ylläpito 3 k€/a
Pientalot	Keruupiiri 300 k€ Lämpöjohdot 200 k€ LP 260 k€ LP Käyttö 45 k€/a Ylläpito 3 k€/a	Keruupiiri 260 k€ Lämpöjohdot 200 k€ LP 260 k€ LP Käyttö 45 k€/a Ylläpito 3 k€/a	Keruupiiri 240 k€ Lämpöjohdot 200 k€ LP 150 k€ LP Käyttö 37 k€/a Ylläpito 3 k€/a	Keruupiiri 200 k€ Lämpöjohdot 200 k€ LP 150 k€ LP Käyttö 37 k€/a Ylläpito 3 k€/a

Lämpökaivot



Kaukolämpöjohtojen rakentamiskustannus



Lähde: Huippuenergiatehokkaan asuintalon kaukolämpöratkaisut. VTT 2009

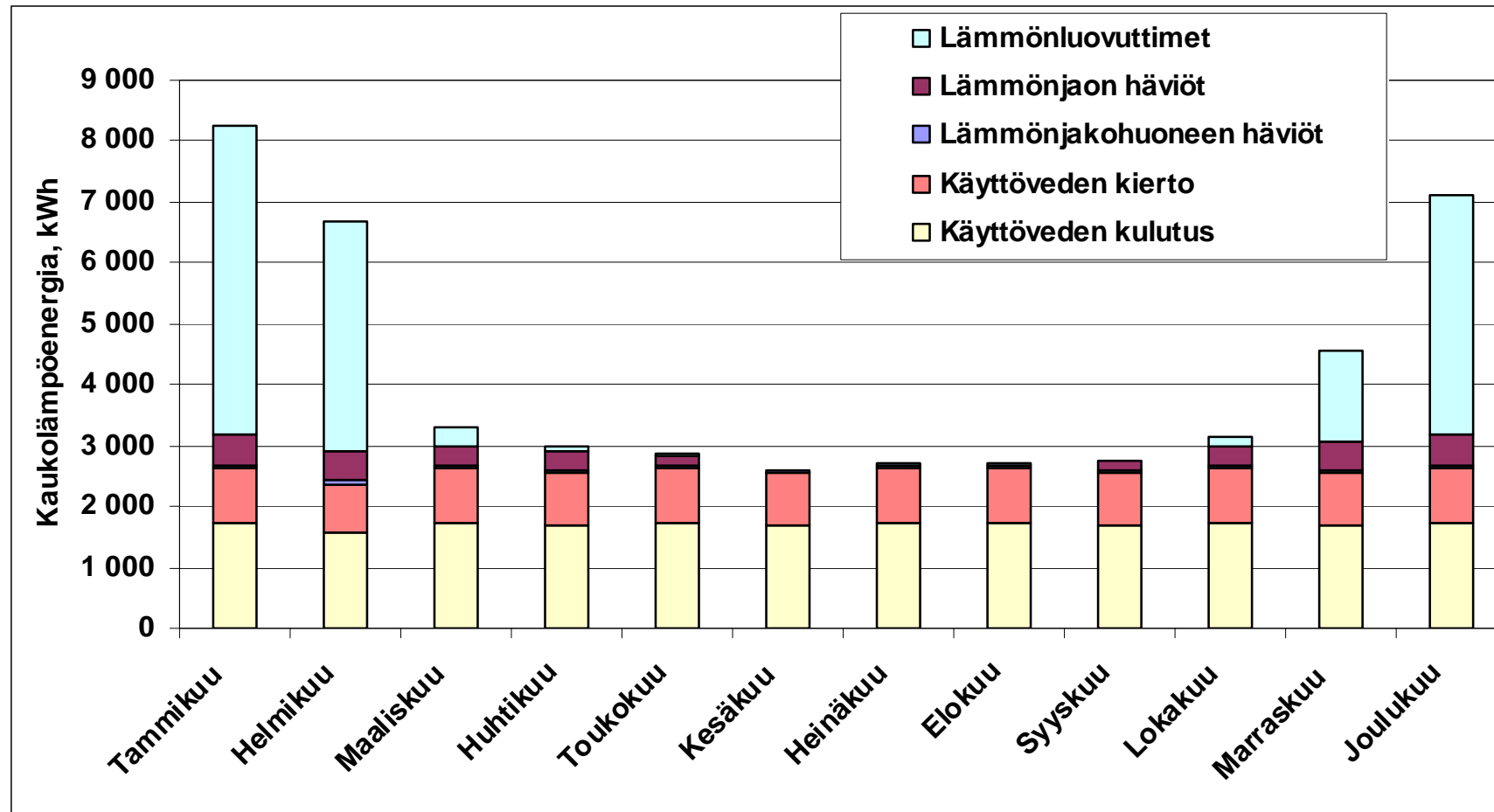
Inducon-projektin normitalo 2003:n, matalaenergiatalon ja minimienergiatalon hankinta- ja elinkaarikustannusten nykyarvoerot asuntoneliometriä kohti (€/asm²) 50 vuoden suunnitteluajanjaksolla normitalo 2000:een verrattuna. Reaalikorkokanta 2 % (Sarja et al. 2003).

Kustannuslaji	Nykyarvoerot €/asm ² (mk/asm ²)		
	Normitalo 2003	Matalaenergiatalo	Minimienergiatalo
Rakennustekniset hankinnat	+14 (+85)	+27 (+160)	+40 (+240)
Talotekniset hankinnat	+23 (+135)	+23 (+140)	+25 (+150)
Uushankinnat	+29 (+175)	+30 (+185)	+30 (+185)
Huolto	+6 (+35)	+4 (+25)	+4 (+25)
Energia	-55 (-330)	-190 (-1150)	-250 (-1500)
Rahoitus	+20 (+120)	+23 (+140)	+28 (+170)
Tilapäismajoitus		-7 (-40)	-7 (-40)
Yhteensä	+37 (+220)	-90 (-540)	-130 (-770)

Kaukolämpöinvestoinnit

- Lämpöjohdot:
- Lämmönjakokeskukset

Kaukolämpöenergian kulutuskohteet huippuenergiatehokkaassa talossa



Lähde: Huippuenergiatehokkaan asuintalon kaukolämpöratkaisut. VTT 2009

	Normitalo 2000	Normitalo 2003	Matalaenergiatalo	Minimienergiatalo
Tilojen lämmitysenergiankulutus, %	100	79	53	40
Alapohjat				
U-arvo, W/m ² K	0,22	0,16	0,16	0,10
Ratkaisu	160 mm EPS	260 mm EPS	260 mm EPS	250 mm SPU
Kustannusero, mk/seinä m ²	0	60	60	160
Kustannusero, €/ seinä m ²	0	10	10	27
Ulkoseinät				
U-arvo, W/m ² K	0,28	0,25	0,20	0,15
Ratkaisu	145 mm mineraalivilla	165 mm mineraalivilla	220 mm mineraalivilla	300 mm mineraalivilla
Kustannusero mk/ seinä m ²	0	15	50	100
Kustannusero, €/ seinä m ²	0	2,5	8,5	17
Yläpohjat				
U-arvo, W/m ² K	0,22	0,16	0,08	0,08
Ratkaisu	220 mm puhallusvilla	300 mm puhallusvilla	600 mm puhallusvilla	600 mm puhallusvilla
Kustannusero, mk/ seinä m ²	0	15	60	60
Kustannusero, €/ seinä m ²	0	2,5	10	10
Ikkunat				
U-arvo, W/m ² K	2,1	1,4	1,0	0,6
Ratkaisu	MSE	MSE	MSE	4-lasinen selektiivi
Kustannusero, mk/ seinä m ²	0	85	210	250
Kustannusero, €/ seinä m ²	0	14	35	42
Ulko-ovet				
U-arvo, W/m ² K	0,7	0,5	0,4	0,2
Kustannusero, mk/ seinä m ²	0	85	110	150
Kustannusero, €/ seinä m ²	0	14	18	25
Talotekniikka	Patterilämmitys, yhteiskanavoitu koneellinen poisto-ilmanvaihto	Patterilämmitys, yhteiskanavoitu tulo- ja poisto-ilmanvaihto, lämmöntalteenotto 25 %:n hyötysuhteella.	Huoneistokohtainen ilmanvaihtolämmitys, lämmöntalteenotto 40 %:n hyötysuhteella.	Huoneistokohtainen ilmanvaihtolämmitys, lämmöntalteenotto 60 %:n hyötysuhteella.
Kustannuserot €/brm ² (mk/ brm ²)				
Ilmanvaihto-osat	0	+20 (+120)	+38 (230)	+40 (+240)
Putkiosat	0	+1,7 (+ 10)	-15 (-90)	-15 (-90)
Sähköosat	0	+1,2 (+ 7)	+1,3 (+8)	+1,3 (+8)

Kaukolämmön kustannusten säästö -75%-talossa normitaloon verrattuna

	Normitalo 2008	- 75 % talo	Ero
Energiankulutus, MWh/vuosi	199	50	149
Sopimusteho, kW	105	59	46
Sopimustehoon liittyvä liittymismaksu, €	14 885	9 250	5 635
Perusmaksu, €/vuosi	3 422	2 033	1 389
Energiamaksu, €/vuosi	8 484	2 120	6 364
Vuosimaksu yhteensä, €/vuosi	11 906	4 153	7 753

Lähde: Huippuenergiatehokkaan asuintalon kaukolämpöratkaisut. VTT 2009