

Kehittyvä Kaukolämpö- DevDH Kaukolämmön osittainen korvaaminen muulla lämmityksellä

Veli-Matti Mäkelä
Tero Lintunen
Ville Latva
Susanna Kuha
Arto Hämäläinen
Tuomo Asikainen
Jukka Pirttinen

Mikkelin ammattikorkeakoulu



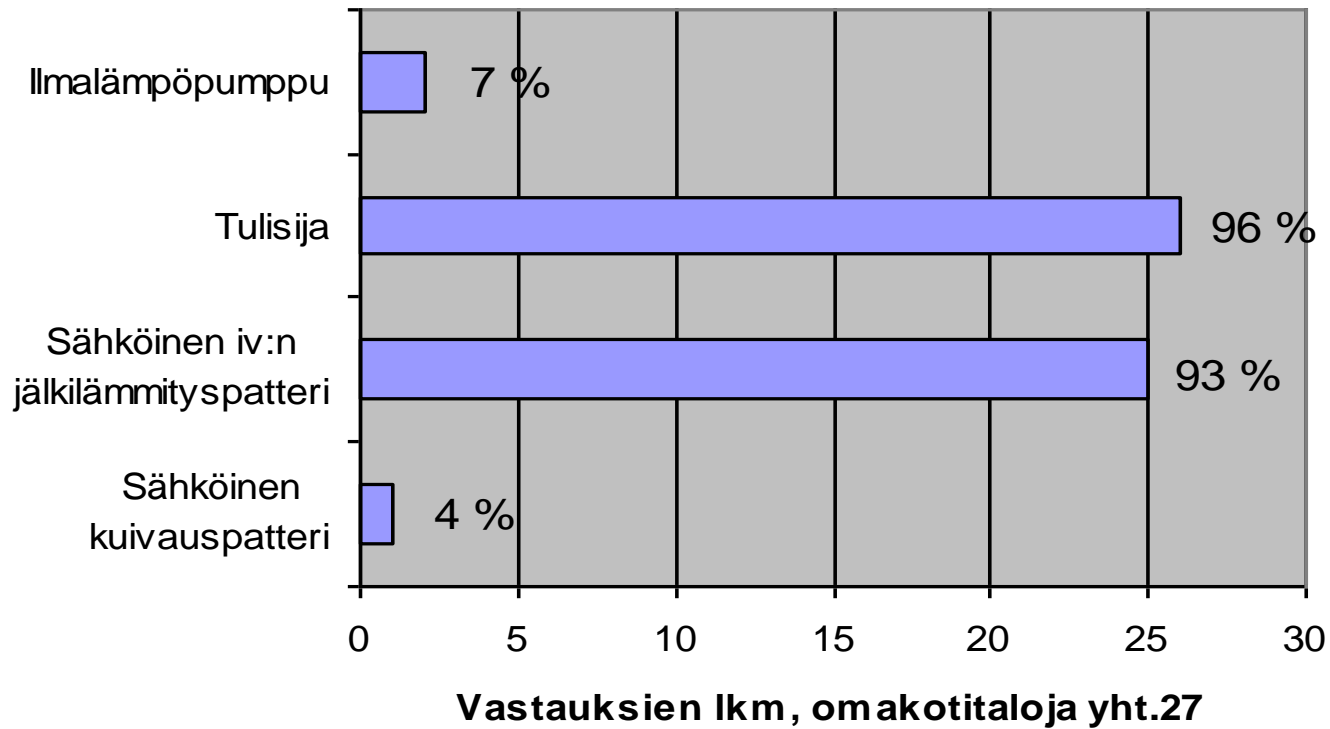
Tarkasteltava kokonaisuutta = primäärienergian käyttöä

- Ainoastaan valittavan ratkaisun kokonaisenergian kulutus = energiaresurssien käyttö on merkittävää
- Osittaisoptimointia ei kannata harrastaa
 - Ei riitä että kiinteistö käyttää vähän energiaa
 - Kiinteistön käyttämän energian on kulutettava mahdollisimman vähän polttoainetta tai raakaenergiaa tai muita luonnonvaroja

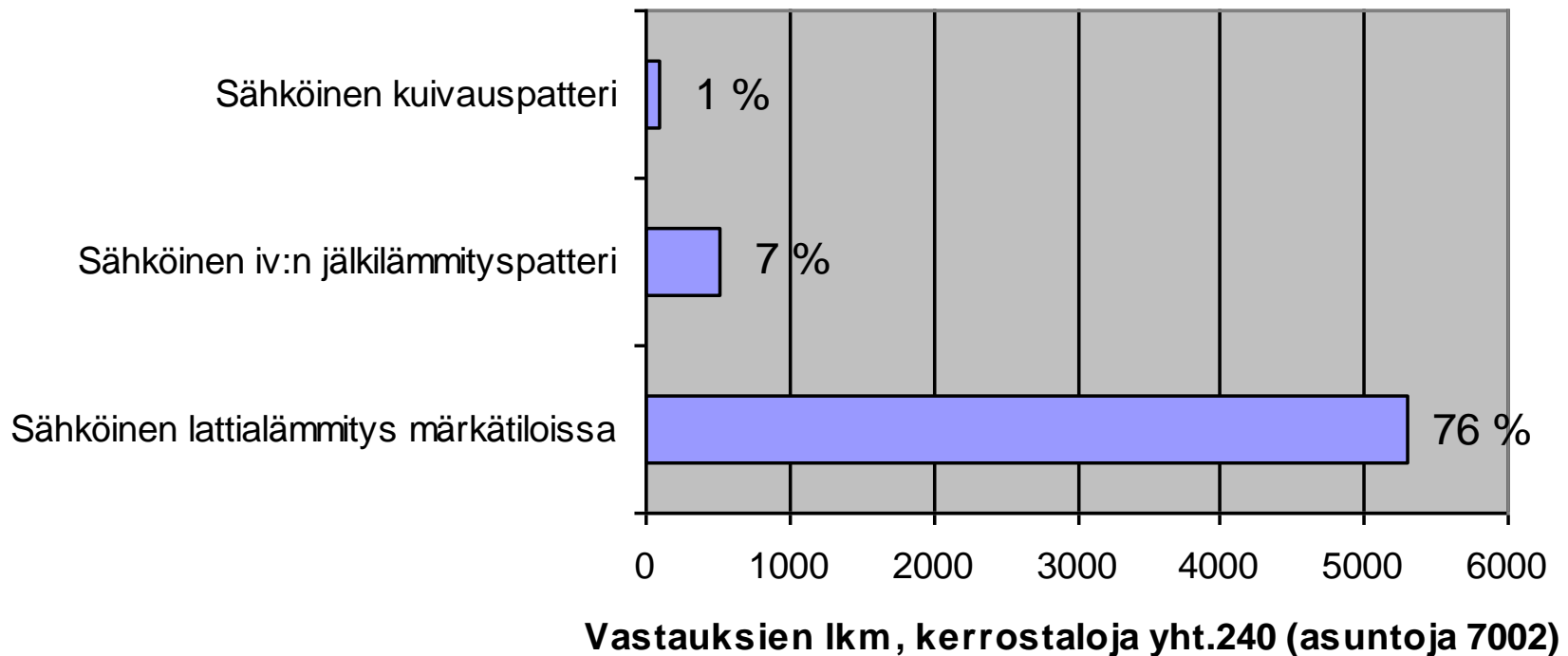
Taustaa

- Tutkimuksen tavoitteena oli selvittää kaukolämmityksen rinnalla käytettävän yhden tai useamman lämmitysmuodon vaikutukset niin kuluttajan kuin yhdyskunnan kannalta.
- Tutkimus tehtiin neljässä osassa:
 1. Nykytilaselvitys omakoti- rivi- ja kerrostaloissa käytettävistä lämmitysjärjestelmistä.
 2. Kaukolämmitetyn omakotitalon rinnakkaisen lämmitystavan kannattavuuden tarkastelu
 3. Kaukolämmitetyn rivi- ja kerrostalon rinnakkaisen sähköisen lämmitysmuodon kannattavuuden tarkastelu
 4. Kaukolämmityksen rinnalla käytettävän sähkölämmityksen yhdyskuntavaikutusten tarkastelu

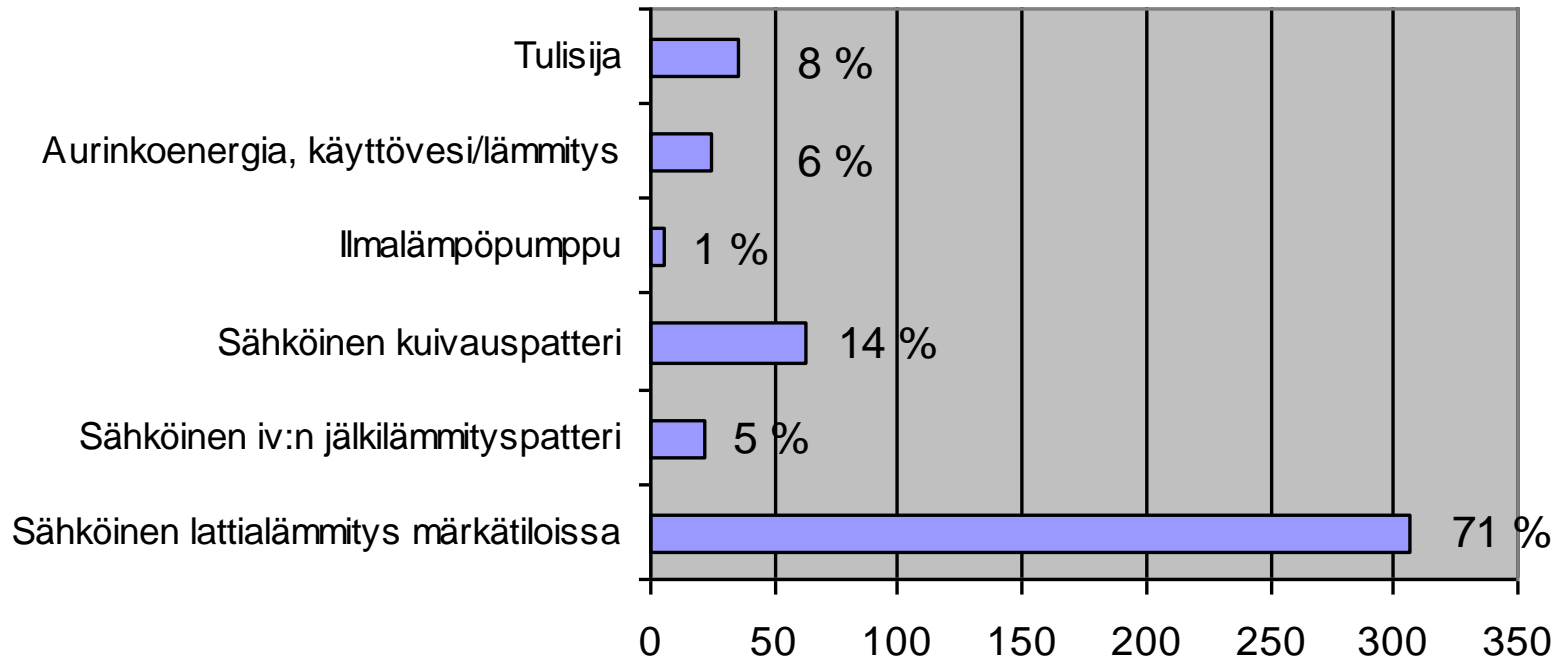
Yhteenveto nykytilaselvityksen tuloksista - Omakotitalot



Yhteenveto nykytilaselvityksen tuloksista - Kerrostalot



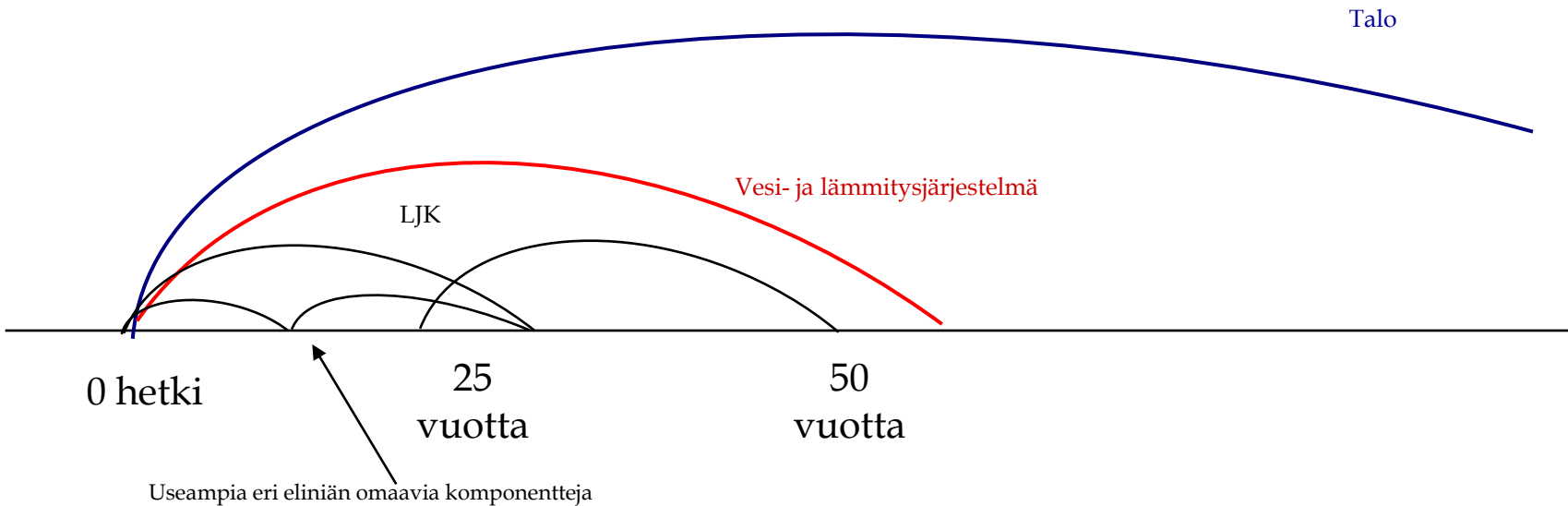
Yhteenveto nykytilaselvityksen tuloksista - Rivitalot



Vastauksien lkm, rivitaloja yht. 34 (asuntoja 428)

Elinkaari

■ Hybridilämmityksen kannattavuutta niin omakoti- rivi- kuin kerrostalolle tutkittiin elinkaarikustannuslaskennan avulla.



Kaukolämpöön kytkettyjen lämmityslaitteiden käyttöiät

Kaukolämpölaite	Käyttöikä (a)
Lämmitys (patteri&lattia):	
– lämmönjakokeskus	25
– säätöventtiili	25
– säätöventtiilin toimilaite	12
– pumppu	12,5
– paisunta-astia	25
– patterit	50
– lattialämmityspotket	50
– termostaatti+toimilaite (lattialämmitys)	25
– termostaatti+runko (patterilämmitys)	25
Lämmin käyttövesi:	
– lämmönjakokeskus	25
– säätöventtiili	25
– säätöventtiilin toimilaite	12
– pumppu	25
iv-koje	25

Energiatariffit

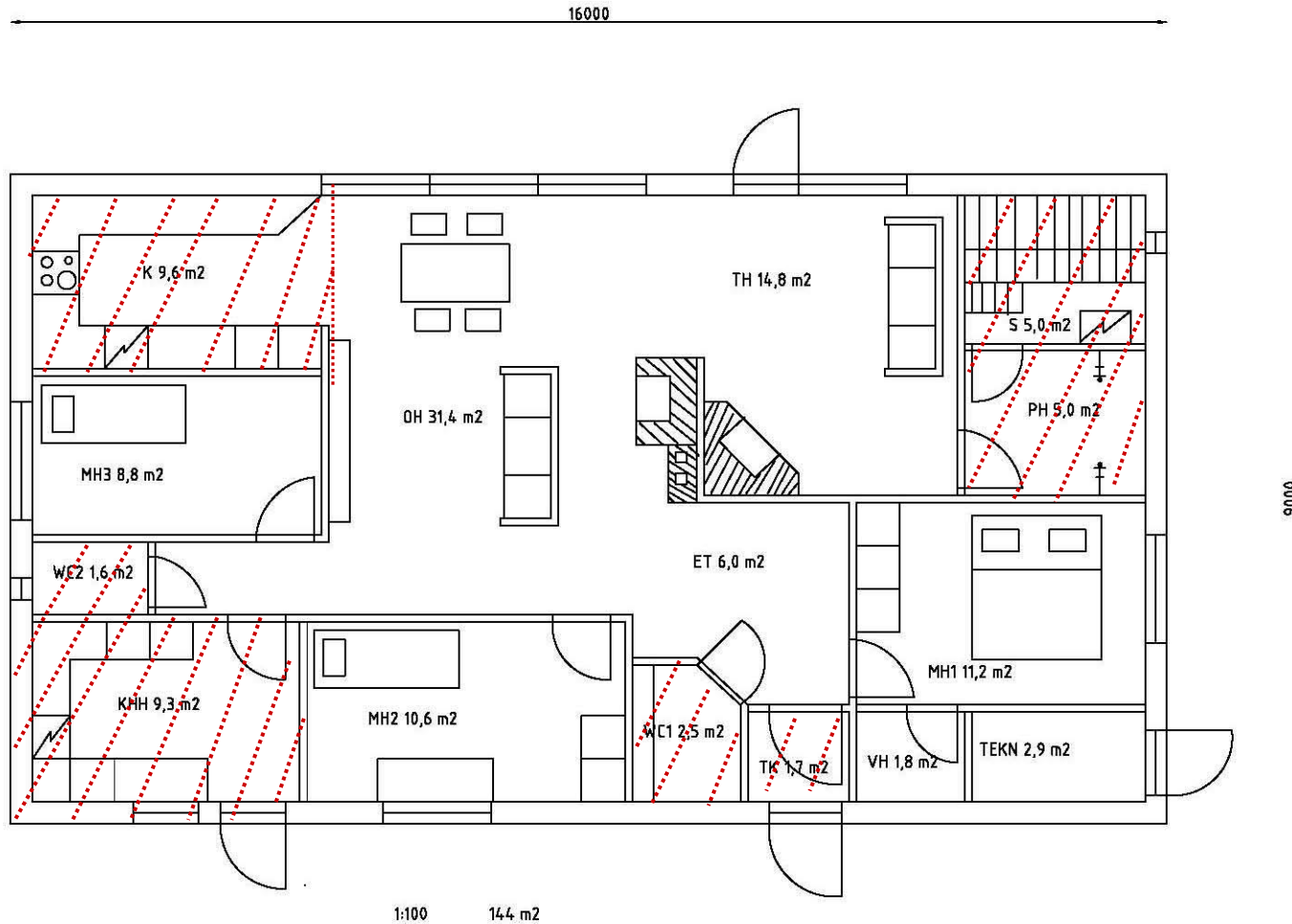
Energiatariffit ja liittymismaksut omakotitalossa				Energiatariffit ja liittymismaksut kerrostalossa			
Kaukolämmön hinta	Liittymismaksu	2800	€	Kaukolämmön hinta	Liittymismaksu	14989	€
	Perusmaksu	263	€/a		Perusmaksu	2289	€/a
	Energiamaksu	0,0343	€/kWh		Energiamaksu	0,03843	€/kWh
Sähkön hinta	Liittymismaksu	765	€	Sähkön hinta	Liittymismaksu	5453	€
	Perusmaksu	8,59	€/kk		Energiamaksu (sis.perusmaksu+sähkö+siirto)	0,1198	€/kWh
	Energiamaksu (sis. Sähkö+siirto)	0,0794	€/kWh				

hinnat sis. alv 22% sekä sähköveron ja huoltovarmuusmaksun.

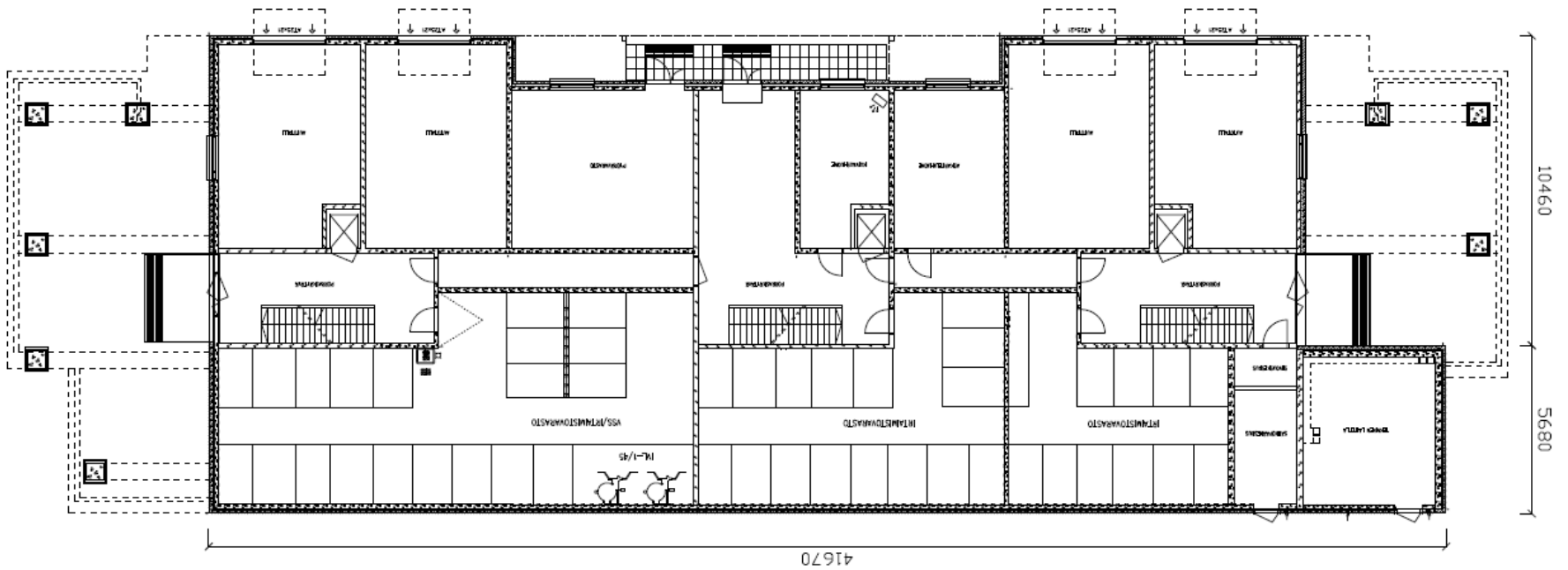
Esimerkkitalot

- Esimerkkiomakotitalo
 - Huoneistoalaa 144 m²
 - Tilavuus 418 m³
 - Kaukolämmön tilausvesivirta joka vaihtoehdossa 0,14 m³/h
- Esimerkkikerrostalo
 - 4 kerrosta ja 3 rappua, 33 kpl asuinhuoneistoja
 - Huoneistoalaa 1845 m²
 - Kerrosalaa 2850 m²
 - Tilavuus 8325 m³
- Esimerkkirivitalo
 - Yksi kerros, 10 kpl asuinhuoneistoja
 - huoneistoalaa 747 m²
 - Kerrosalaa 825 m²
 - Tilavuus 2475 m³
- Pinta-alat on laskettu Rakennustietosäätiön ohjekortin RT-12–10277 ja tilavuus RT.120.12 mukaisesti.

Omakotitalon pohjapiirros.

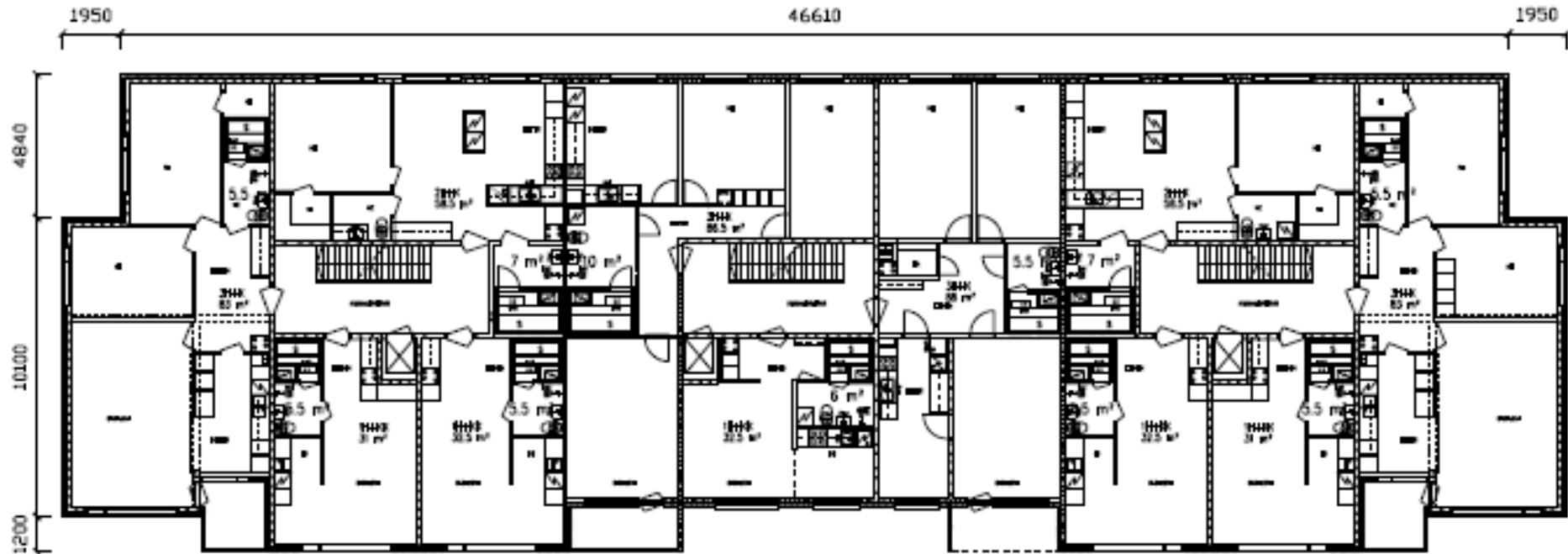


Kerrostalon pohjakerros



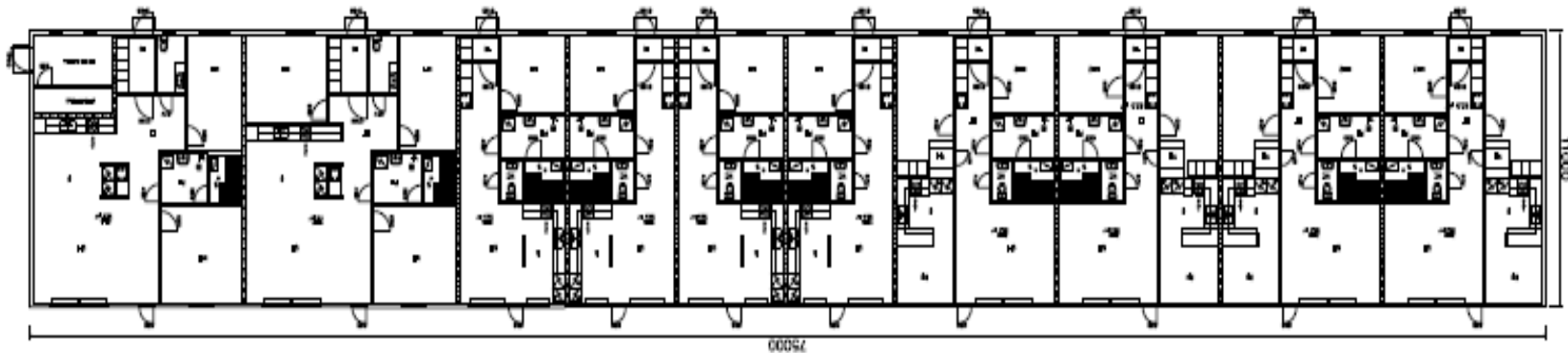
Alapohja muodostuu sekä ulkoilmaa vasten olevasta että maanvaraisesta rakenteesta.

Kerrostalon 2-4 krs



Jokaisessa huoneistossa on oma huoneistosauna

Rivitalon pohjapiirros



Jokaisessa huoneistossa on oma huoneistosauna.

Omakotitalon energiankulutus ja -tarve

Energian kulutus	
Lämmitysenergian kulutus	131 kWh/m ²
Käyttöveden lämmitys	1 000 kWh/as/a
Huoneistosähkön kulutus	40 kWh/m ² /a
Kiinteistösähkön kulutus	6 kWh/m ² /a
Vuosittainen energian tarve	
Käyttövesi	4 000 kWh
Lämmitys	18 800 kWh
Huoneistosähkö	5 760 kWh
Kiinteistösähkö	864 kWh
YHT	29 424 kWh

Kerrostalon vuosittainen nettoenergiantarve

Energiantarpeen laskenta (vuoden nettokulutus)		
		kWh/a
Q u-seinä		35 150
Q ikkunat		32 632
Q yläpohja		12 931
Q yläpohja, märkätilat		1 301
Q alapohja		13 800
Q alapohja, ulkoilmavasteinen		4 777
Q märkätilat, lattialämmitys		8847
Q ovet		10 850
Q vuotoiv	nv=	0,2
Q ilmanv.	n.	0,6
Lämpövuoto yhteensä		255 720
Qkäyttövesi		89910
Kokonaiskulutus		345 630

Rivitalon vuosittainen nettoenergiantarve

Energiantarpeen laskenta (vuoden nettokulutus)		
		kWh/a
Q u-seinä		11 730
Q ikkunat		13 099
Q yläpohja		14 052
Q yläpohja, märkätilat		1 614
Q alapohja		17 020
Q alapohja, märkätilat		6 083
Q ovet		6 945
Q vuotoiv	nv=	0,2
Q ilmanv.	n.	0,6
Lämpövuoto yhteensä		109 747
Qkäyttövesi		26730
Kokonaiskulutus		136 477

Kerrostalon energian bruttokulutus kaukolämmitysvaihtoehdossa

Energiankulutus kaukolämpö	KL	Sähkö
Käyttövesi, kWh	135 441	570
Lämmitys, patteri kWh	245 763	2850
Lämmitys, Lattia kWh	56 062	580
Lämmitys, IV kWh	81 504	14030
Huoneistosähkö, kWh		76 950
YHT, kWh	518 770	94 979
YHT total, kWh/a		613 749

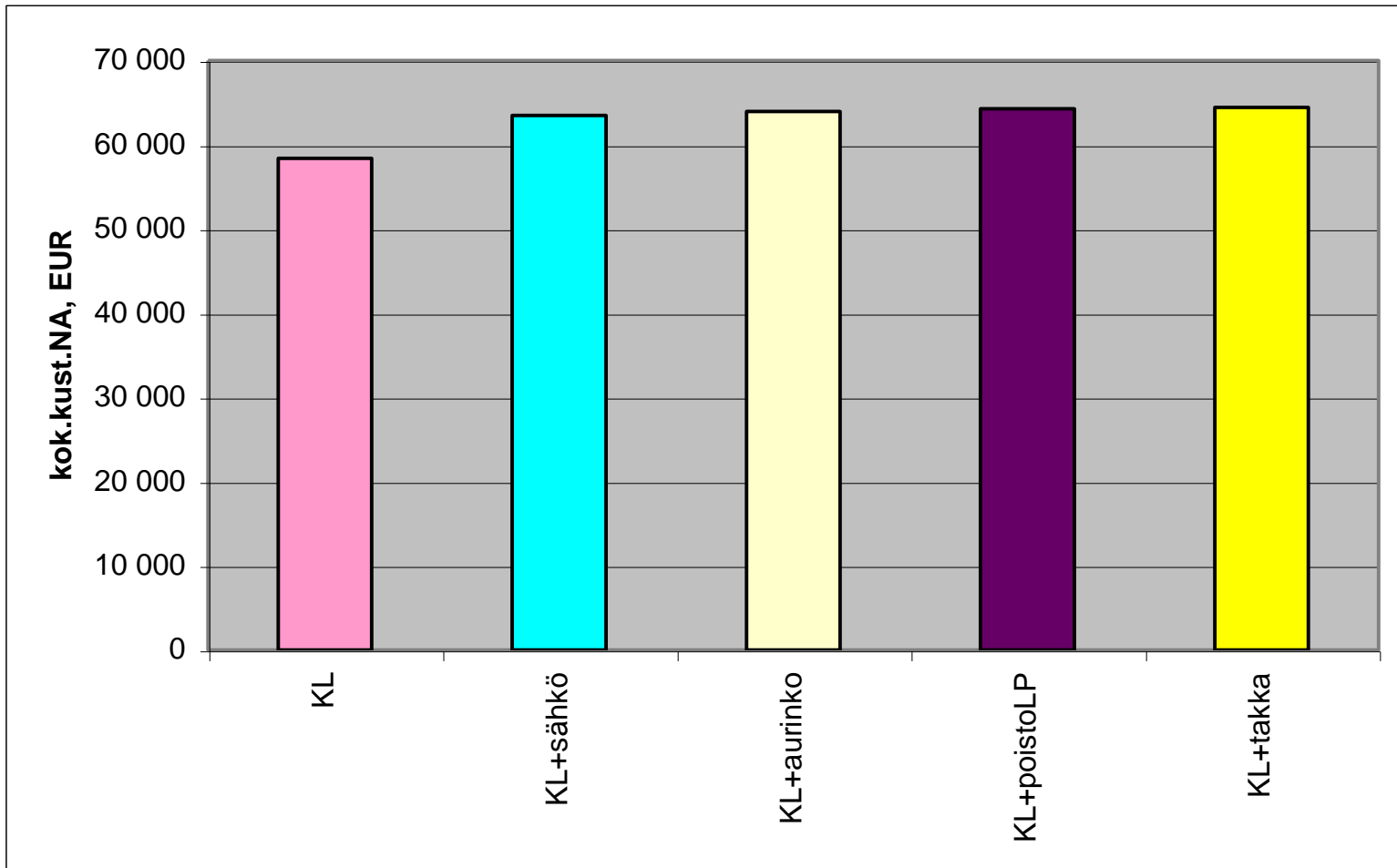
Kerrostalon energian bruttokulutus kaukolämmitys + sähköinen lattialämmitys vaihtoehdossa

Energiankulutus kaukolämpö + sähkölattialämmitys	KL	Sähkö
Käyttövesi, kWh	135 441	570
Lämmitys, patteri kWh	245 763	2850
Lämmitys, Lattia kWh		50 060
Lämmitys, IV kWh	81 504	14030
Huoneistosähkö, kWh		76 950
YHT, kWh	462 708	144 460
YHT total, kWh/a		607 168

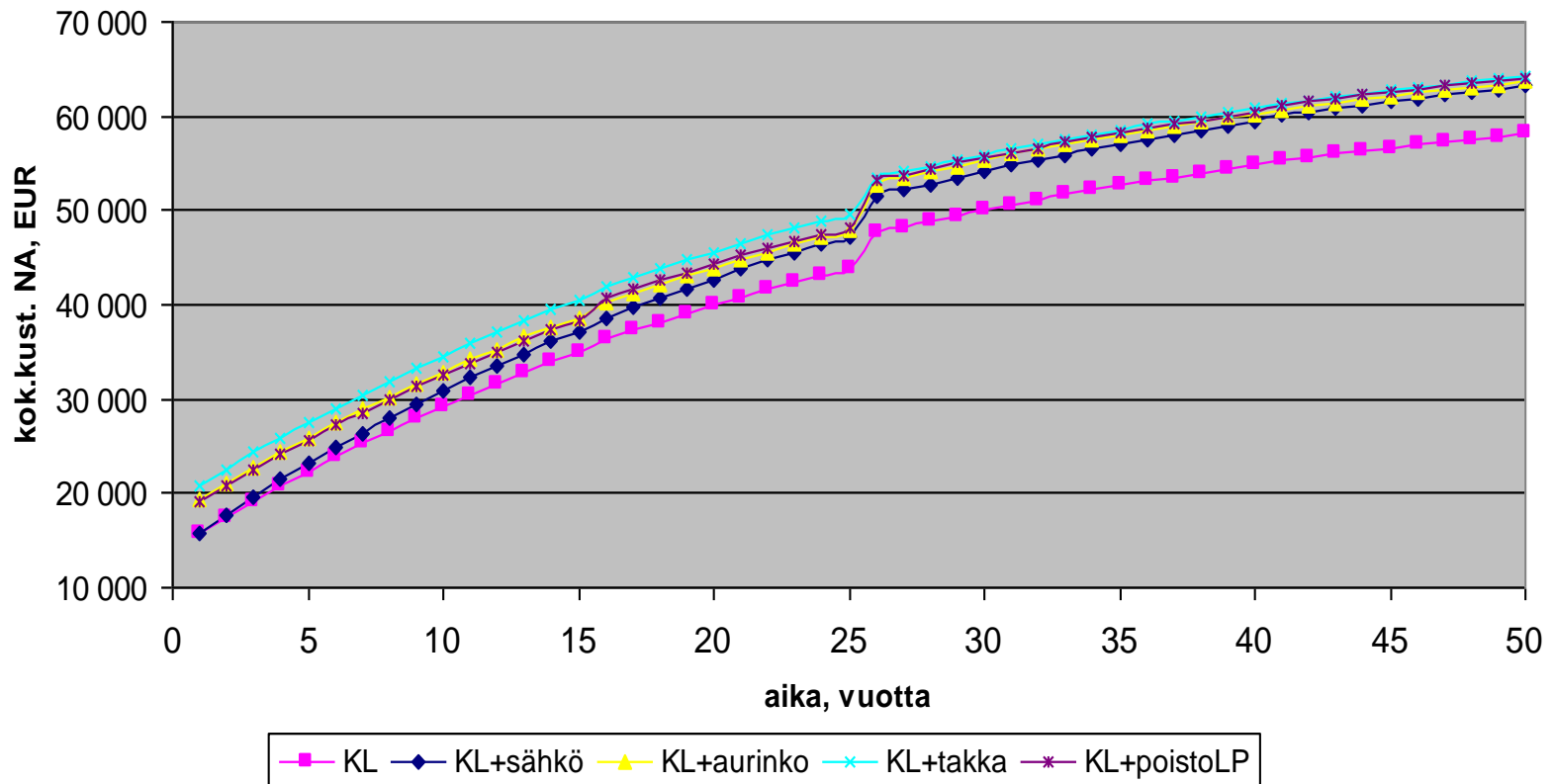
Kerrostalon energian bruttokulutus kaukolämmitys + sähköinen lattialämmitys + sähköinen tuloilmanjälkilämmitys vaihtoehdossa

Energiankulutus kaukolämpö + sähkölattia- ja IV-jälkilämmitys	KL	Sähkö
Käyttövesi, kWh	135 441	570
Lämmitys, patteri kWh	245 763	2850
Lämmitys, Lattia kWh		50 060
Lämmitys, IV kWh		93089
Huoneistosähkö, kWh		76 950
YHT, kWh	381 204	223 519
YHT total, kWh/a		604 723

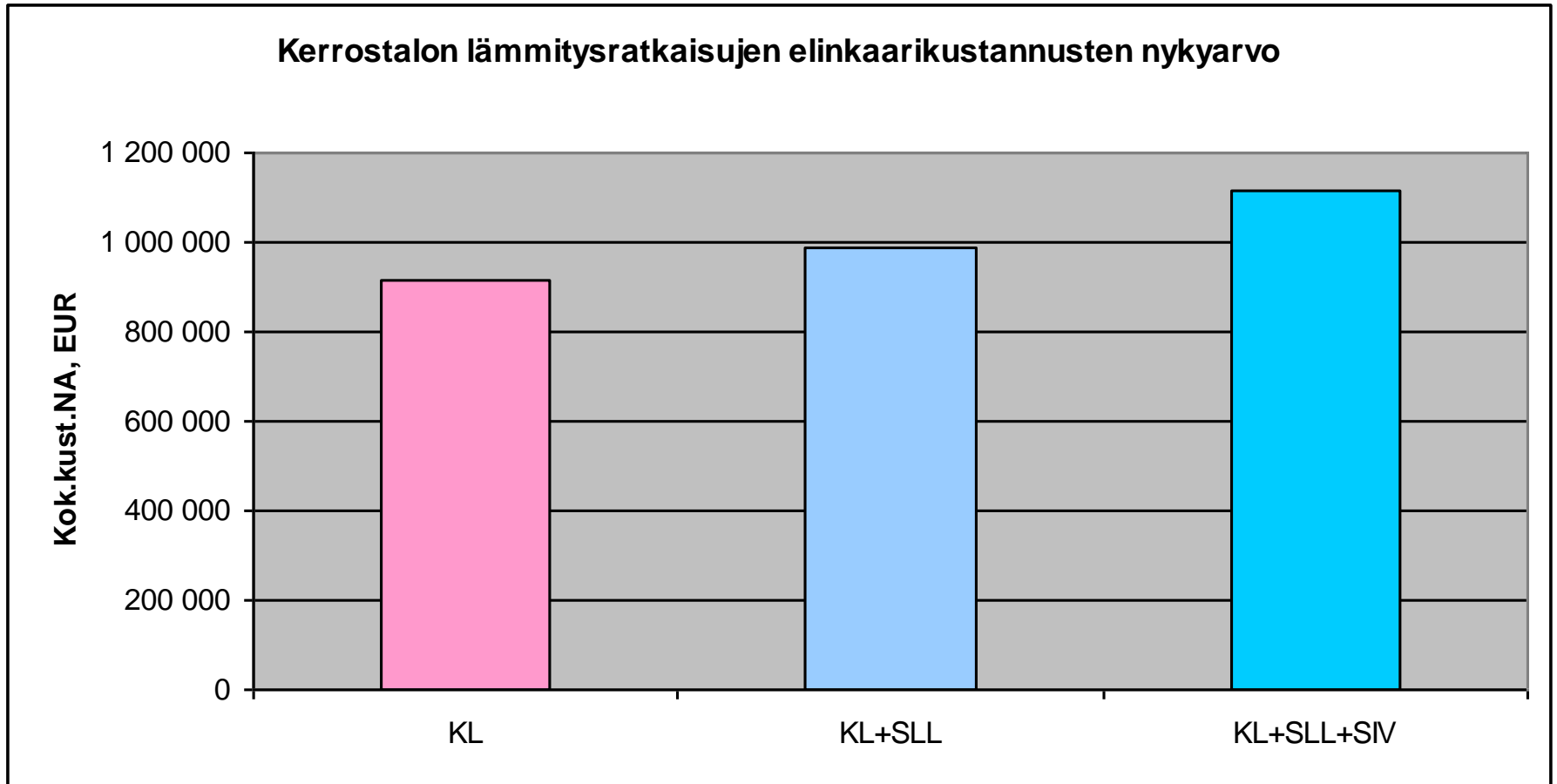
Omakotitalon lämmitysratkaisujen elinkaarikustannusten nykyarvo, 50 vuotta



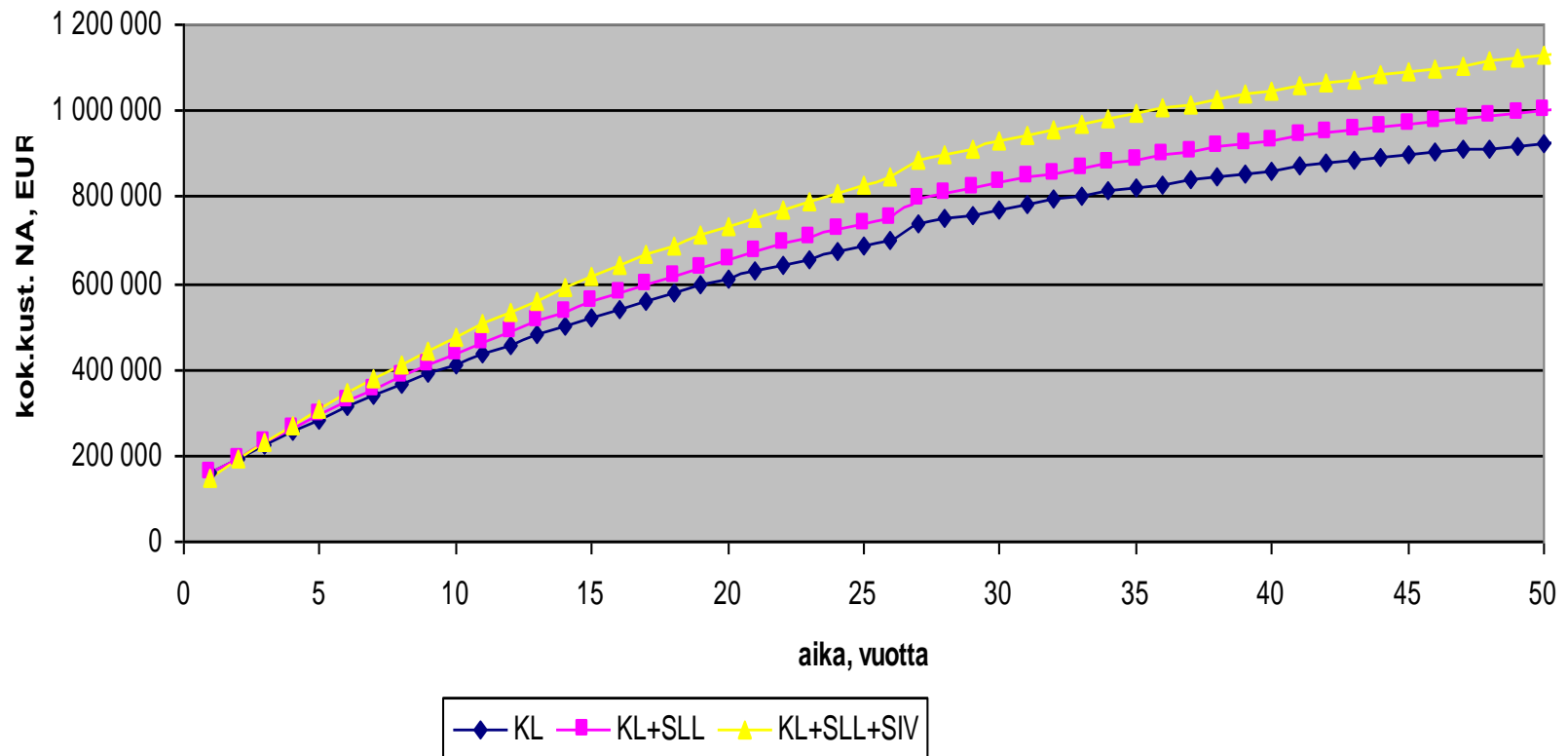
Elinkaarikustannusten kumulatiivinen nykyarvo omakotitalossa laskentakorko 4% ja pitoaika 50 vuotta



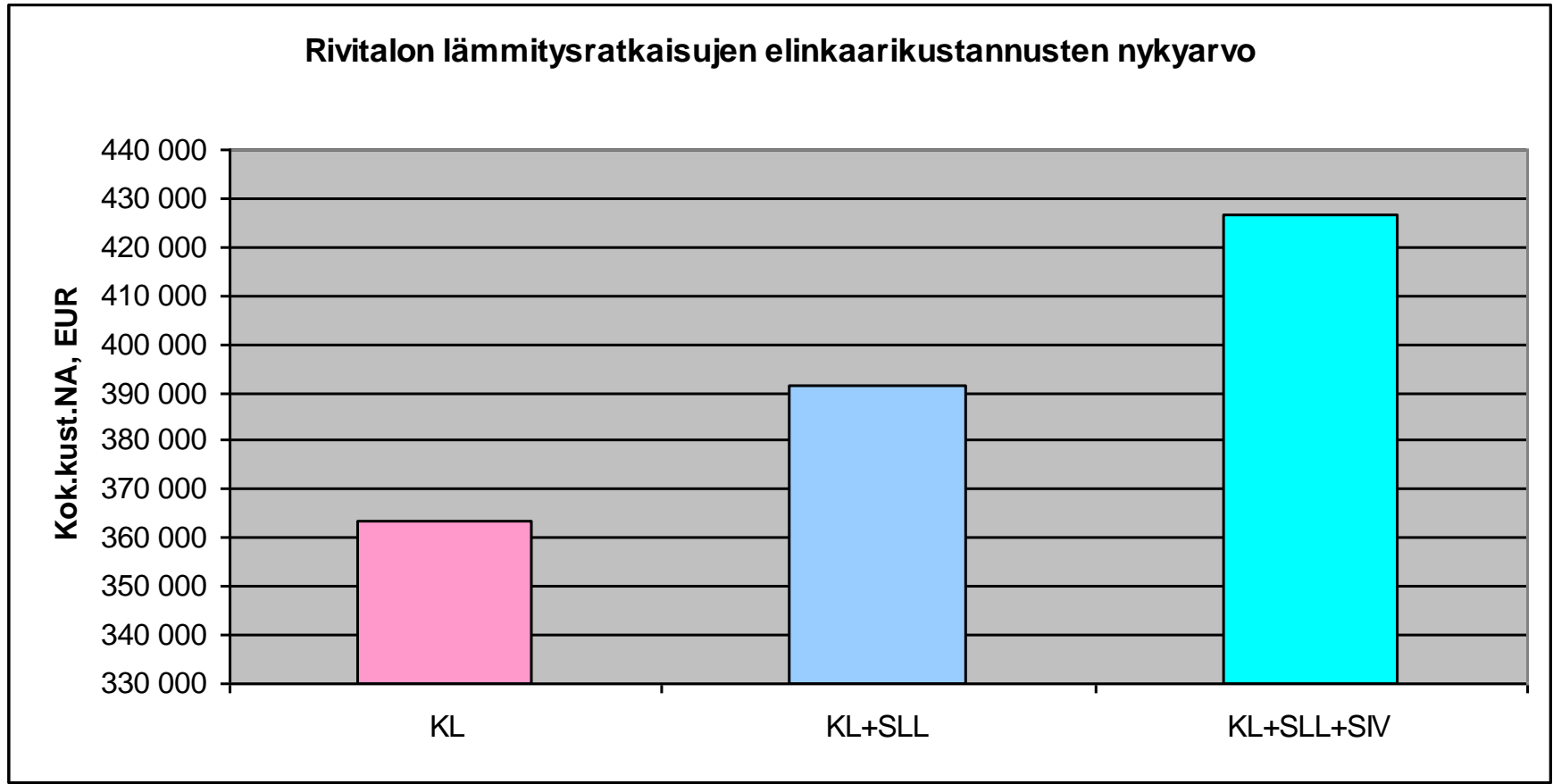
Kerrostalon lämmitysratkaisujen elinkaarikustannusten nykyarvo, 50 vuotta



Elinkaarikustannusten kumulatiivinen nykyarvo, kerrostalo, laskentakorko 4% ja pitoaika 50 vuotta

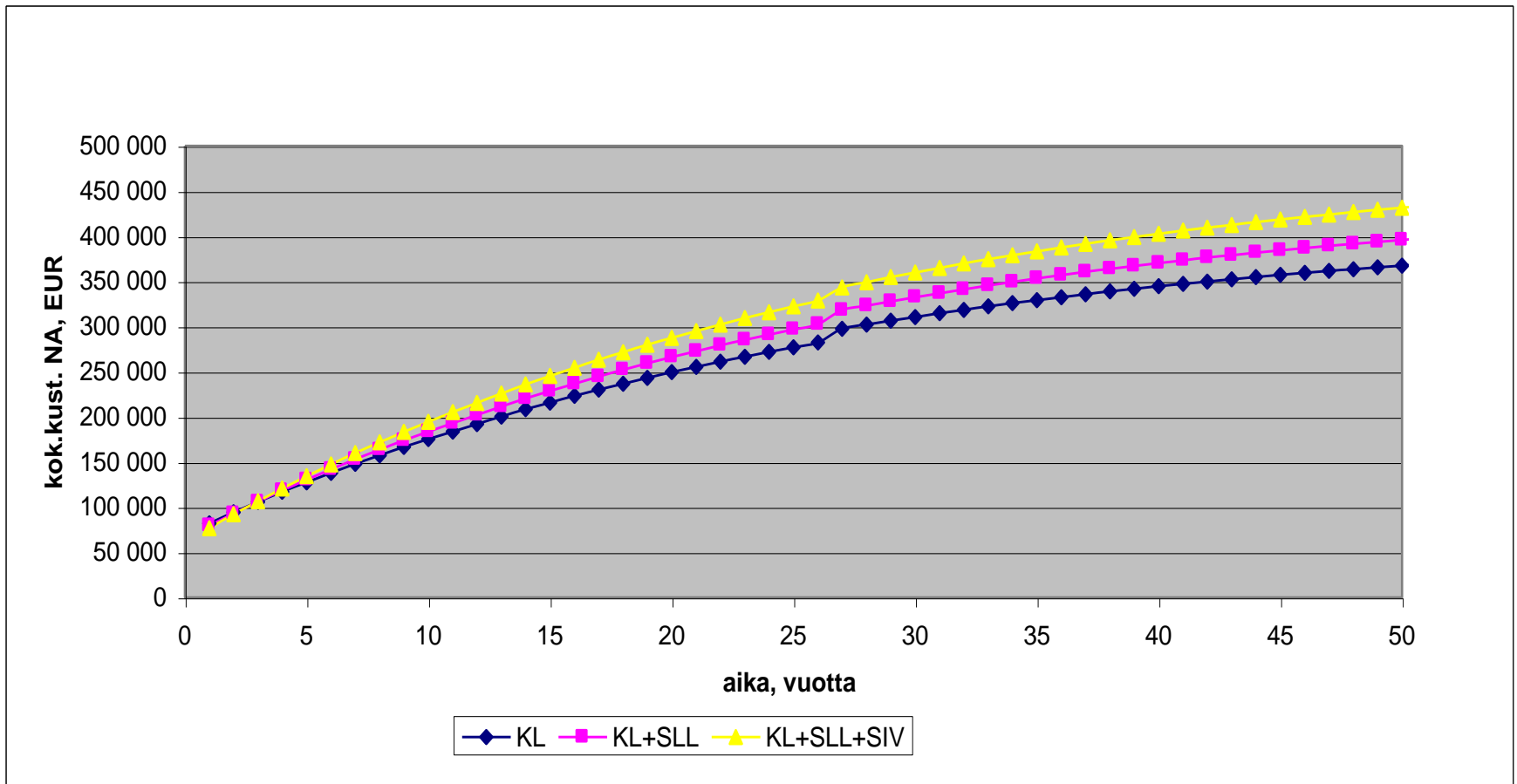


Rivitalon lämmitysratkaisujen elinkaarikustannusten nykyarvo, 50 vuotta



Elinkaarikustannusten kumulatiivinen nykyarvo, rivitalo

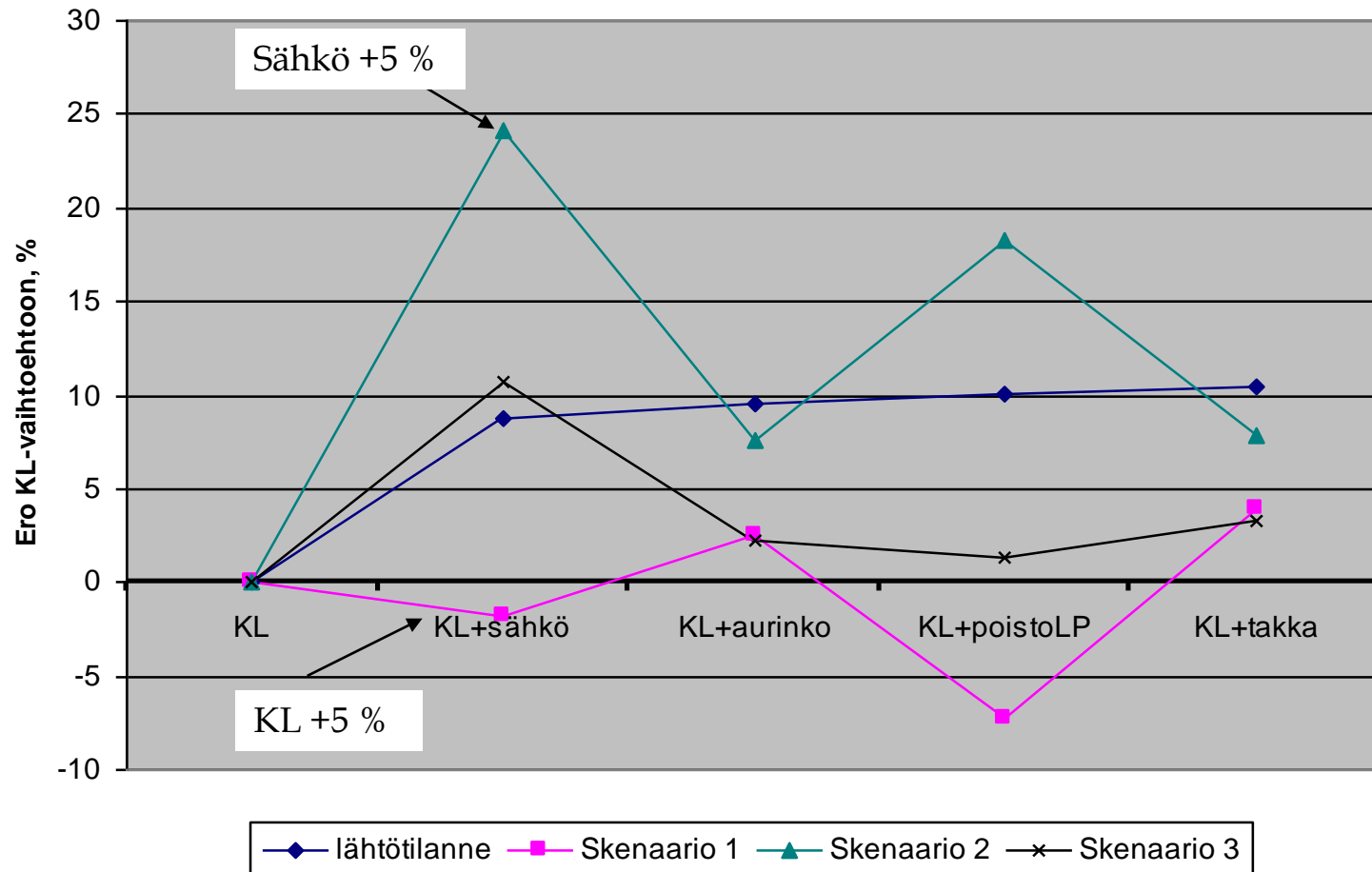
laskentakorko 4% ja pitoaika 50 vuotta



Herkkyyshanalyysi omakotitalotapauksessa energianhinnan suhteen

- **Skenaario 1:** Kaukolämmön energiamaksu kasvaa 5 % joka vuosi koko tarkastelujakson ajan (50 vuotta). Muut pysyvät vakioina.
- **Skenaario 2:** Sähkön energiamaksun kokonaishinta (sis. sähkö ja siirto) kasvaa 5 % joka vuosi koko tarkastelujakson ajan (50 vuotta). Muut pysyvät vakioina.
- **Skenaario 3:** Sekä kaukolämmön energiamaksu että sähkön energiamaksun kokonaishinta kasvaa 5 % joka vuosi koko tarkastelujakson ajan (50 vuotta). Muut pysyvät vakioina.

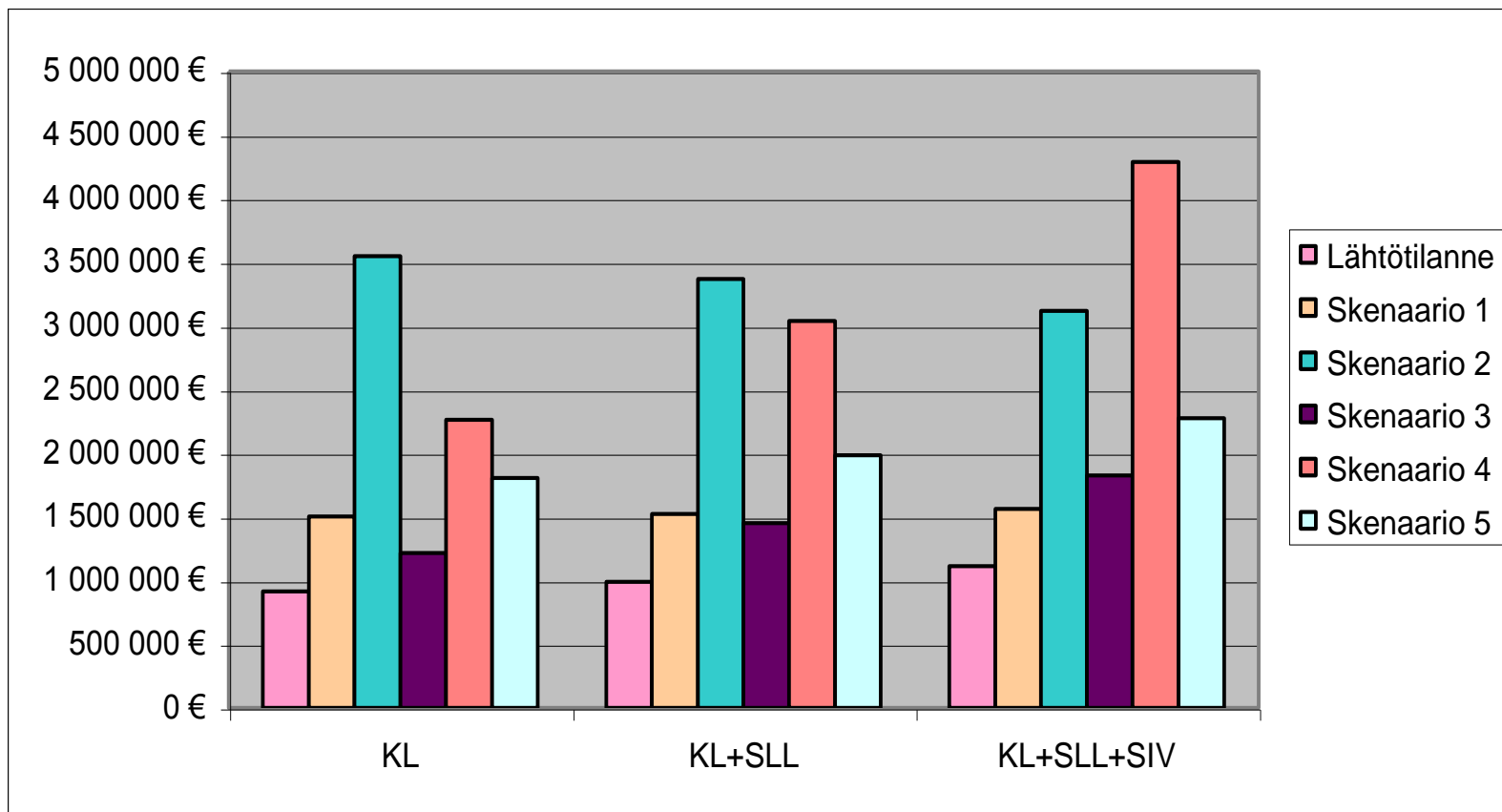
Energiahinnan muutoksen vaikutukset suhteessa kaukolämpövaihtoehtoon



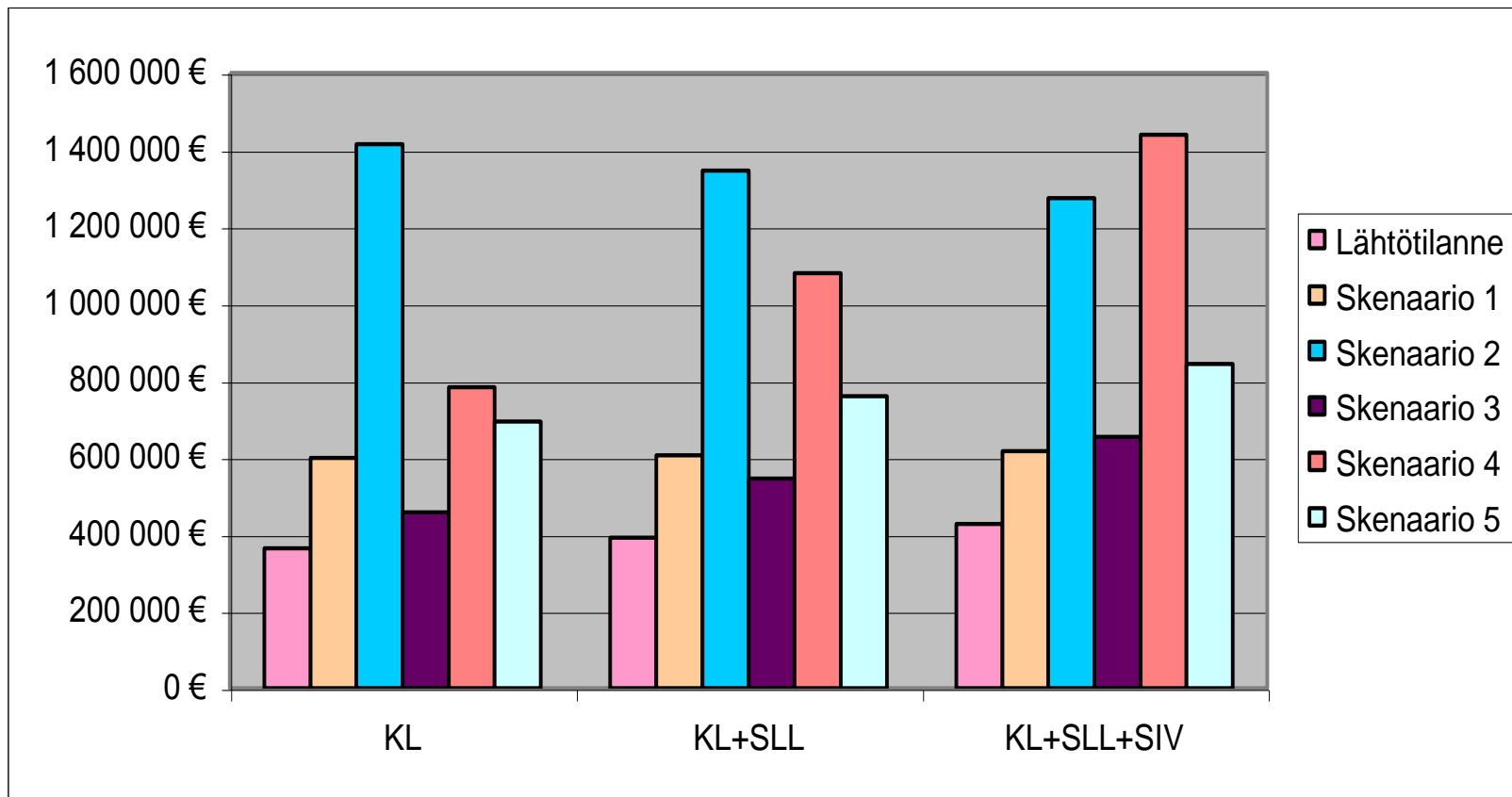
Herkkyyshanalyysi kerros- ja rivitalotapauksessa energian hintojen suhteen

- **Skenaario 1:** Kaukolämmön perus- ja energiamaksut kasvavat 4 % joka vuosi koko tarkastelujakson ajan (50 vuotta). Muut pysyvät vakioina.
- **Skenaario 2:** Kaukolämmön perus- ja energiamaksut kasvavat 8 % joka vuosi koko tarkastelujakson ajan (50 vuotta). Muut pysyvät vakioina.
- **Skenaario 3:** Sähkön energiamaksun kokonaishinta (sis. sähkö ja siirto) kasvavat 4 % joka vuosi koko tarkastelujakson ajan (50 vuotta). Muut pysyvät vakioina.
- **Skenaario 4:** Sähkön energiamaksun kokonaishinta (sis. sähkö ja siirto) kasvavat 8 % joka vuosi koko tarkastelujakson ajan (50 vuotta). Muut pysyvät vakioina.
- **Skenaario 5:** Kaukolämmön perus- ja energiamaksu sekä sähkön energiamaksun kokonaishinta (sis. sähkö ja siirto) kasvavat 4 % joka vuosi koko tarkastelujakson ajan (50 vuotta).

Herkkyyshanalyysi, kerrostalo



Herkkyyshanalyysi, rivitalo



Yhdyskuntavaikutusten tarkastelu, yhdyskunnan rakenne

Kiinteistötyyppi	Kiinteistöjen lkm	Lämmitysenergian kulutus YHT [GWh/a]
Omakotitalo	833	19
Rivitalo	515	54
Kerrostalo	1234	375
Virastot, liike- ja julk. rak.	241	183
Koulut, päiväkodit	87	71
Teollisuuslaitokset, varastot	178	96
Yht	3088	798

Yhdyskuntavaikutusten tarkastelun tavoitteet ja rajaukset

–Kaksi skenaariota

- 1) sähkölämmityksellä korvataan 10 % kaukolämmityksen tarpeesta
- 2) sähkölämmityksellä korvataan 20 % kaukolämmityksen tarpeesta

–Referenssikaupungin lähtötiedot

- lämmitysenergian tarve 798,0 GWh,
 - tilausteho 306 MW
- sähköenergian tarve 420,6 GWh
 - mitoitettu ainoastaan yhteistuotannosta saatavan määrän suhteen

Yhdyskuntavaikutusten tarkastelu, energian tuotantorakenne

Tuotanto	Polttoaine	Teho
CHP	1. Puu 50% / turve 50 % 2. maakaasu	270 MW
Päälämpökeskus	1. Puu 50% / turve 50 % 2. maakaasu	65 MW
Vara- ja huippukuormalaitokset	POR	YHT 160 MW
Lisäsähköntuotanto	1. Kivihiili 2. Tuotantomix (keskimääräinen sähkön erillistuotanto v.2006, sis. lauhdetuotanto)	228 MW

Laskentaesimerkki yhdyskuntatarkastelusta, biopolttoaineet pääpolttoaineena

- Tuotantorakenne, biopolttoaineet pääpolttoaineena (puu/turve)
 - CHP 270 MW
 - $\eta=0,90$
 - $P_e=81$ MW
 - $P_{th}=162$ MW (kattaa noin 50 % täydestä kaukolämmön tehontarpeesta ja noin 90 % lämmitysenergiantuotannosta)
 - Päälämpökeskus 60 MW
 - $\eta=0,90$
 - Vara-/huippukuormalämpökeskukset
 - $\eta=0,90$
 - Vara (6+6+12+12)MW
 - Huippu (24+30+30+40)MW
 - Kivihiililauhdevoimala 228 MW
 - $\eta=0,44$

Energian kulutus

Vuotuinen energian kulutus	Nykytila	Skenaario 1	Skenaario 2	
Lämmitysenergia (kl)	798,0	718,2	638,4	GWh
Sähköenergia	420,6	552,7	684,9	GWh

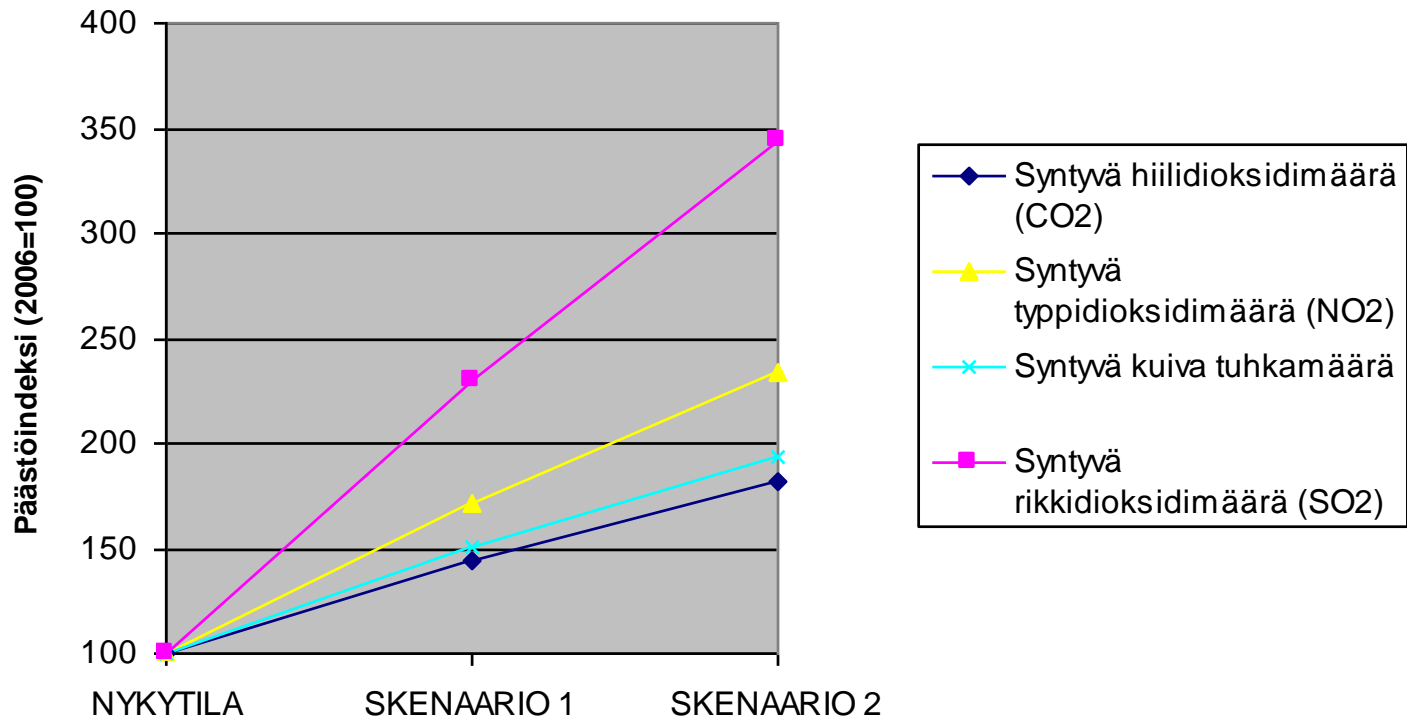
Energiantuotanto ja -kulutus

Vuotuiset käyttötunnit	Nykytila	Skenaario 1	Skenaario 2	
CHP	4819	4284	3749	h
Päälämpökeskus	1100	1100	1100	h
Lämpökeskukset	200	200	200	h
Erillinen sähkön tuotanto	476	2549	4388	h

Vuotuinen energian kulutus	Nykytila	Skenaario 1	Skenaario 2	
Lämmitysenergia	798,0	718,2	638,4	GWh
Sähköenergia	420,6	552,7	684,9	GWh

Päästöjen kehitys

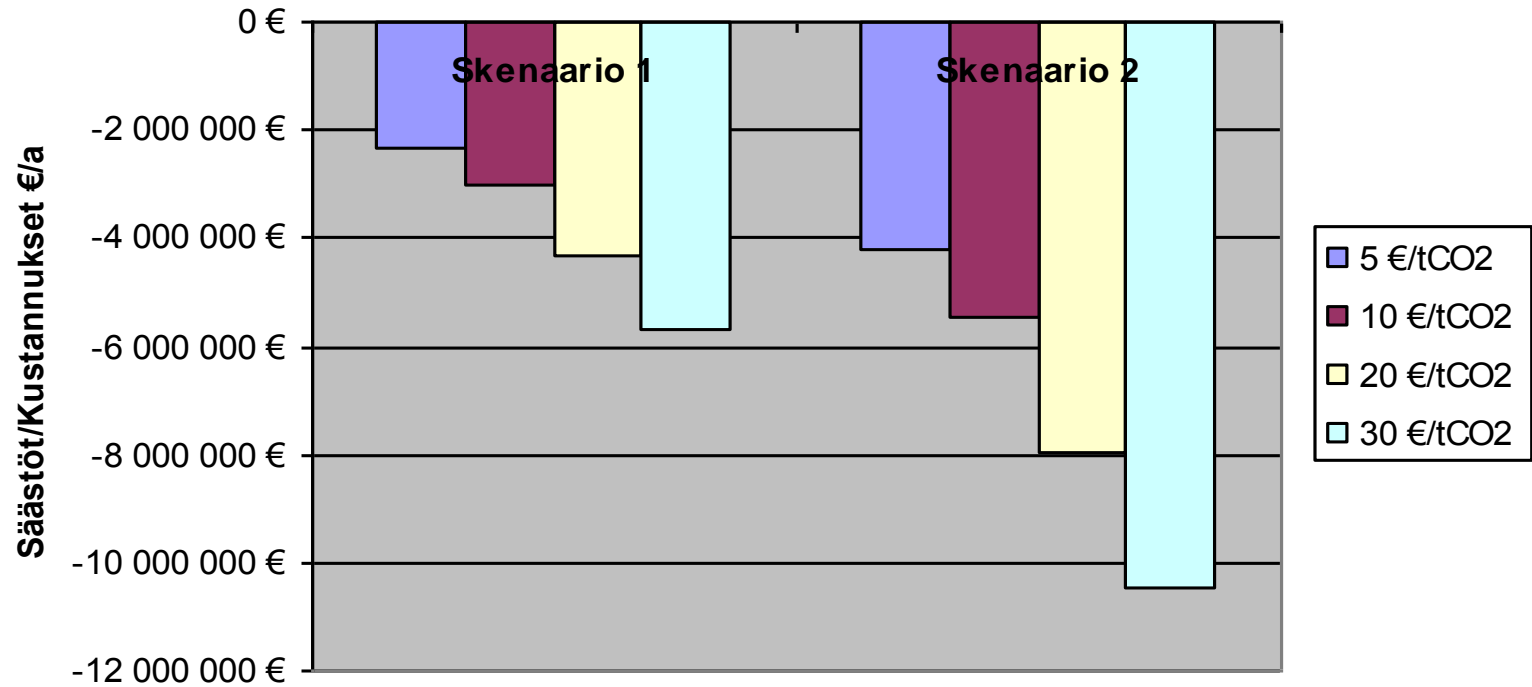
	tCO2	tSO2	tNO2	Tuhka (t)
Nykytila	306 175,8	880,9	955,1	11127,8
Skenaario 1	439 549,5	2021,9	1640,2	16733,7
Skenaario 2	554 753,6	3027,6	2238,9	21592,6



Lisäkustannukset eri päästöoikeuksien hinnoilla ja skenaariolla

€/tCO ₂	Skenaario 1	Skenaario 2
5	-666 868 €	-1 242 889 €
10	-1 333 736 €	-2 485 778 €
20	-2 667 473 €	-4 971 556 €
30	-4 001 210 €	-7 457 334 €

Kokonaiskustannusten muutos

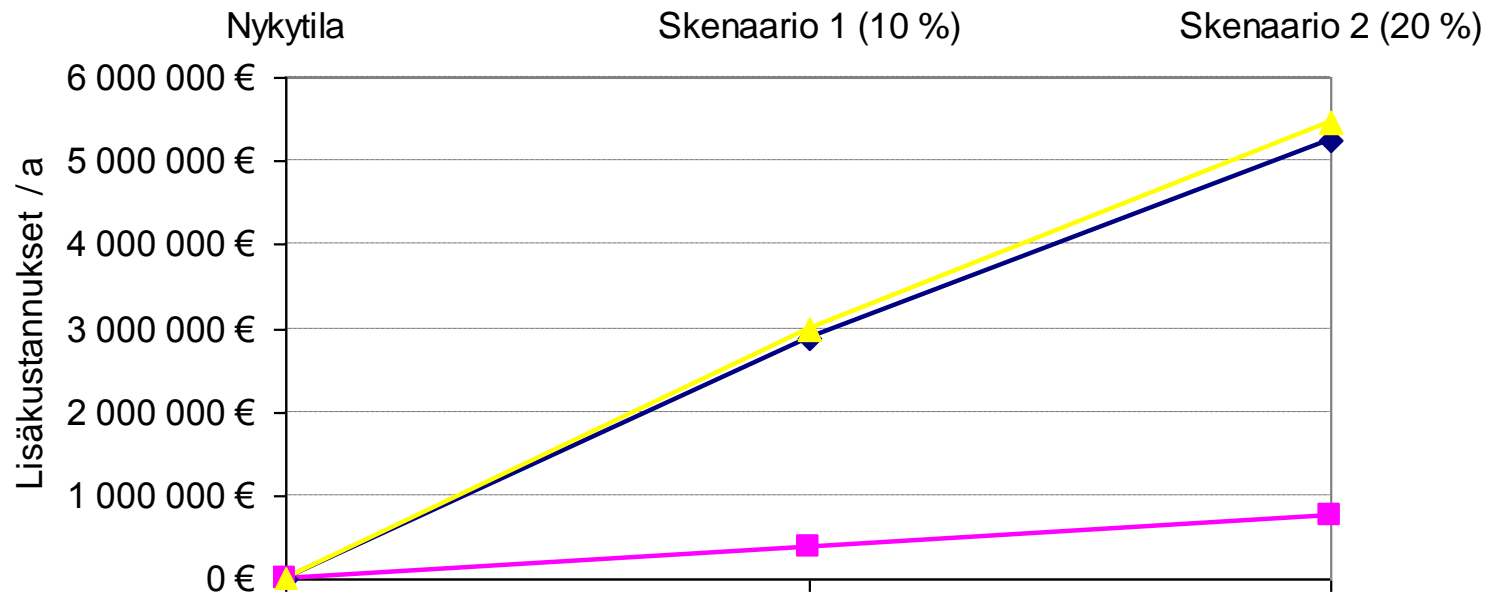


Kustannuksiin on huomioitu niin tuotantokustannusten muutos kuin päästöoikeudet

Polttoainekustannusten muutos päästöoikeudet huomioon ottaen eri tuotantorakenteilla

Polttoainekustannusten muutos

Kaukolämmön kulutuksesta korvautuu sähköllä



◆ CHP (puu50%/turve50%), sähkö (tuotantomix)
 ■ CHP (maakaasu), sähkö (tuotantomix)
 ▲ CHP (puu50%/turve50%), lauhdesähkö (kivihiili)

Oletukset:

Tuotantomix: keskimääräinen sähkön erillistuotanto v.2006, sis. lauhdetuotanto

Päästöoikeuden hinta 10 €/tCO₂

Yhteenveto

- Hybridilämmitys ei ole kannattavaa niin omakoti-, rivi- kuin kerrostaloasukkaalle.
 - Kaukolämmitetyissä taloissa niin lattia- kuin ilmanvaihdon jälkilämmitys tulisi toteuttaa kaukolämmöllä
- Hybridilämmityksestä aiheutuu sekä taloudellisia että ympäristöllisiä rasitteita yhdyskunnalle
- Yhdyskunnan ja kestäväen kehityksen kannalta olisi tuettava toimintaa, joka parantaa edellytyksiä lämmöntuotannolle yhteistuotannossa sähkön kanssa.

Yhteenvetoa

- Eri lämmitystavat soveltuvat eri kohteisiin, ei ole automaattisesti oikeaa ratkaisua
- Kaukolämmitys on taajamien lämmitysmuoto
 - Siispä kaupungit pitää rakentaa kaupungeiksi
 - Ja maaseutu voi olla maaseutua
- Maalämpöpumppu on paras tällä hetkellä tiedossa oleva sähkölämmitysmuoto
- Bioenergia on vihreää energiaa joko talokohtaisesti maaseudulla tai keskitetysti kaupungeissa

Koko tutkimusraportti löytyy: www.energia.fi

Kohdasta kaukolämmön tutkimusaineisto:

<http://www.energia.fi/julkaisut/70?page=2>

ROHKEASTI AITO :: oamk.fi