

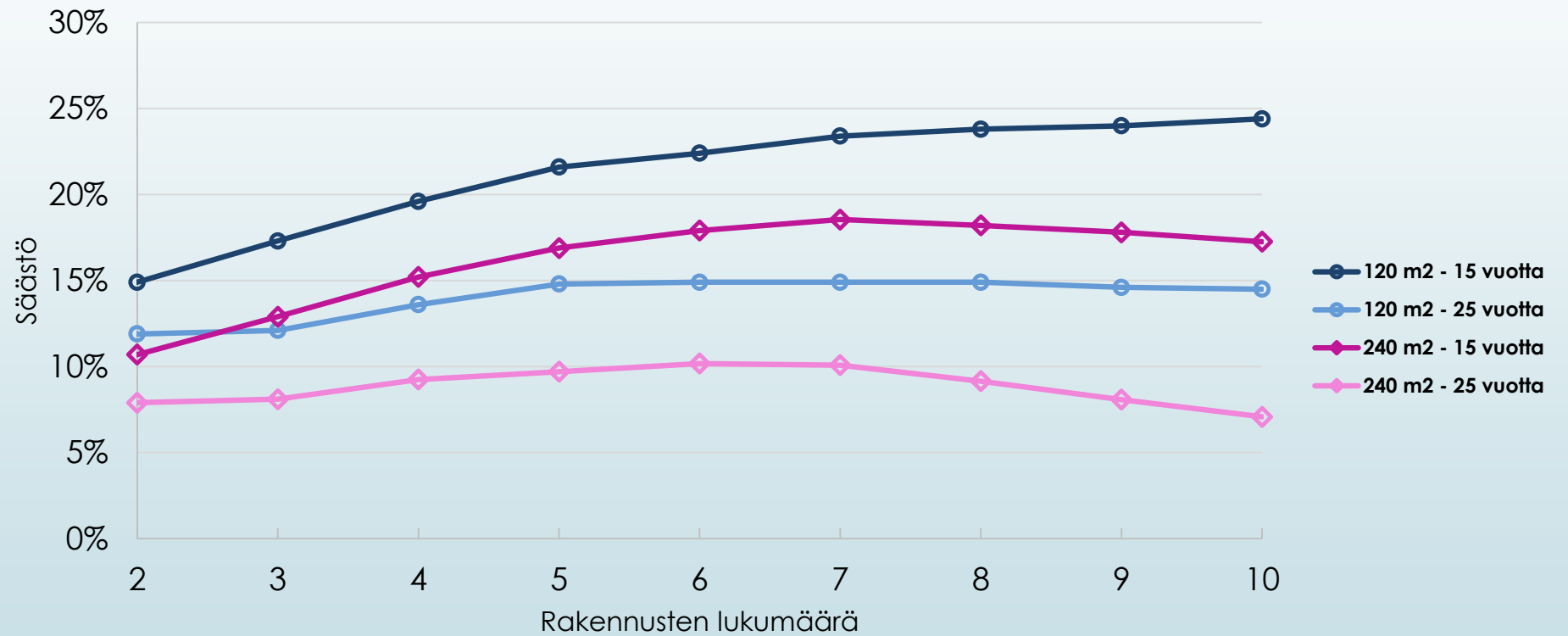


Yhteenveto laskennasta

Lähiretu – Loppukokous 20.6.2017

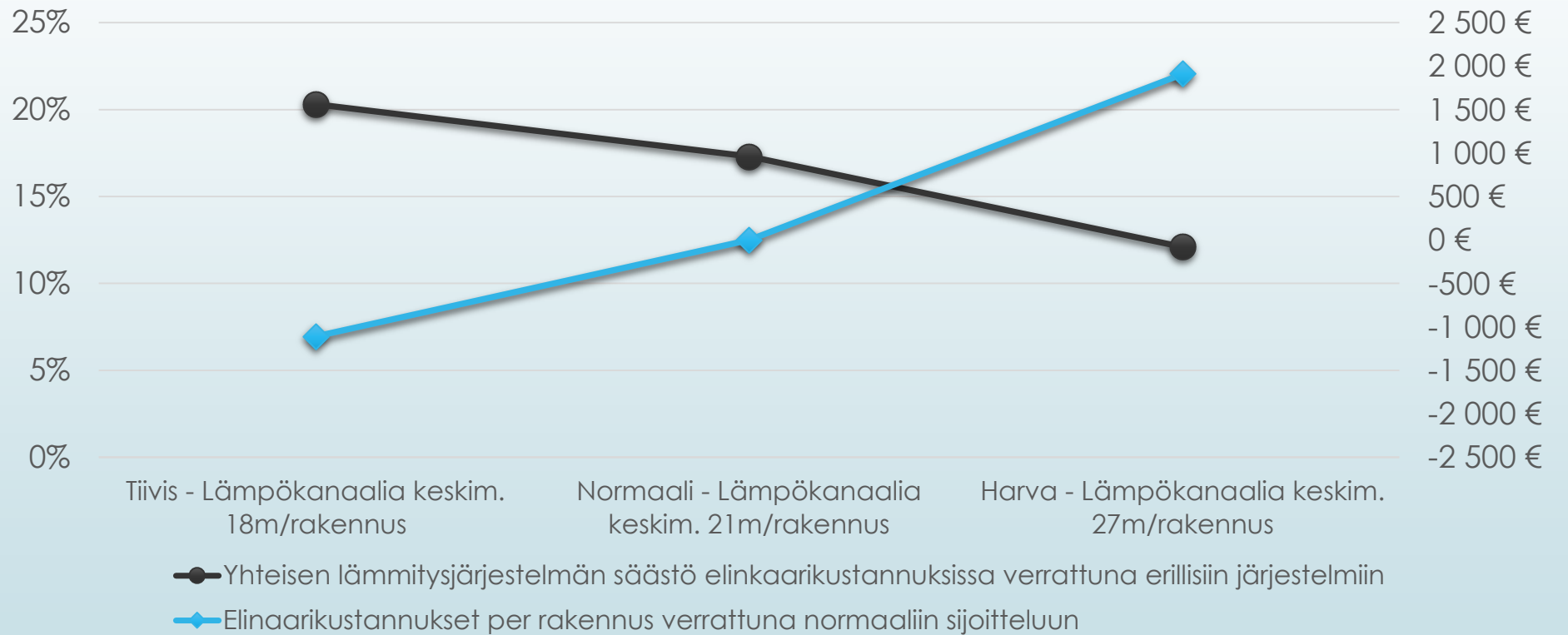
1

Kuvaaja I. Säästö yhteisen maalämpöjärjestelmän elinkaarikustannuksissa verrattuna erillisiin järjestelmiin eri tarkastelujaksoilla. 80% tehomitoitus, sähkön hinta 100 €/MWh +3 %/vuosi

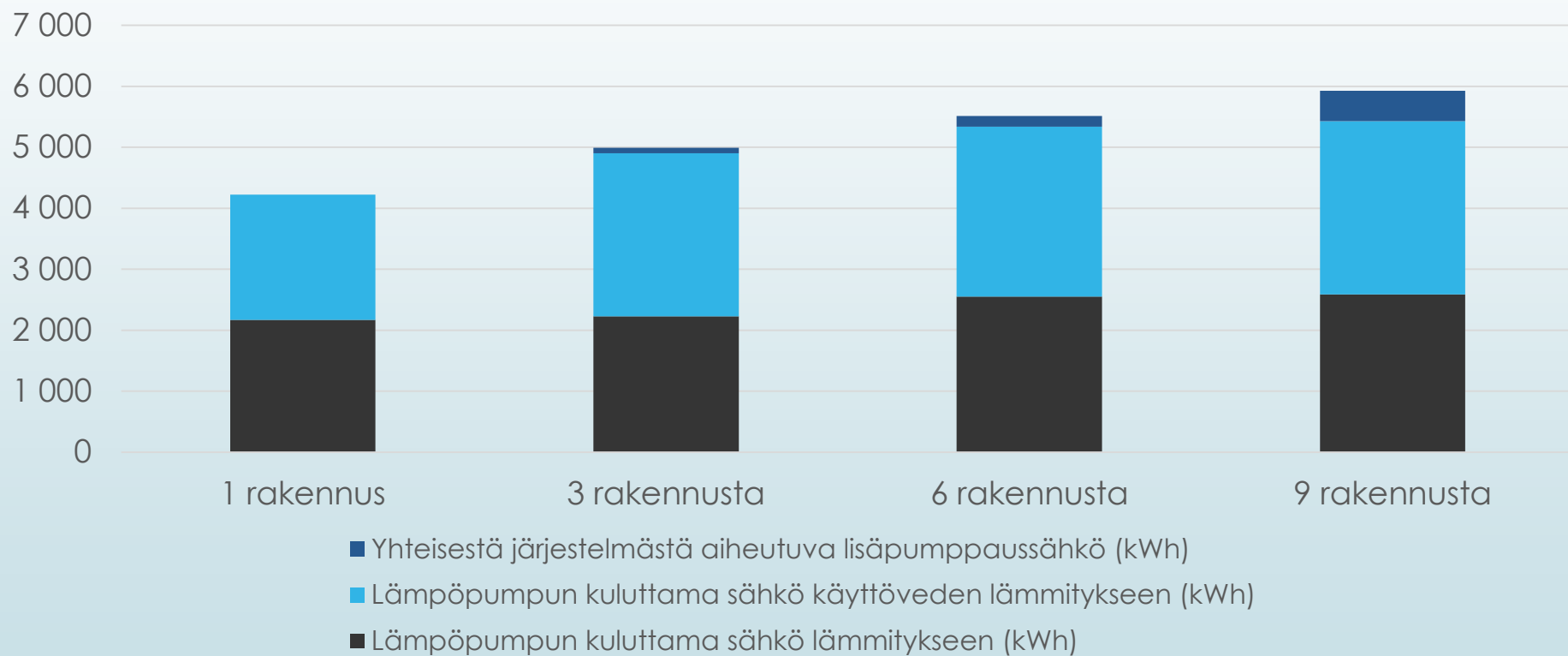


- Yhteisellä maalämpöjärjestelmällä voidaan pienehköissä omakotitaloissa säästää elinkaarikustannuksissa noin 25% ($\approx 70.000\text{€}$) verrattuna erillisten järjestelmien yhteenlaskettuihin elinkaarikustannuksiin 15 vuoden tarkastelujaksolla (Kuvaaja I).
 - Yhteisen järjestelmän kustannustehokkuus kasvaa voimakkaasti muutaman ensimmäisen rakennuksen kohdalla, mutta tarkasteltaessa useampaa rakennusta kasvu tasaantuu ja mahdollisesti kääntyy laskuun ennen 10 rakennusta.
 - Rakennusten määrän kasvaessa yhteisen järjestelmän rakennuskohtainen energiankulutus kasvaa suhteessa yksittäiseen järjestelmään, mikä selittyy lämpökanaalien pituuden kasvulla (\rightarrow Lämpöhäviöt, painehäviöt, putkikoko, pumppaussähkö)
 - Rakennusten etäisyydellä toisistaan on merkittävä vaikutus kokonaiskustannuksiin (Kuvaaja II)
 - Erityisesti lämpimän käyttöveden kierto ja pumppaussähkö aiheuttaa lisävuosikustannuksia useamman rakennuksen yhteisessä järjestelmässä (Kuvaaja III), mutta myös lämmitys sähkö kasvaa lämmitysveden ΔT :n kasvaessa
 - Säästöjen saavuttaminen vaatii suunnittelua ja optimointia järjestelmältä. Esimerkiksi menoveden lämpötilan nostaminen suuremman ΔT :n saavuttamiseksi, lämpökertoimen kustannuksella, on usein kannattavaa, koska vältytään suuremmalta putkikoolta.
 - Huonolla optimoinnilla menetetään helposti 5% elinkaarikustannuksissa.

Kuvaaja II. Yhteisen järjestelmän kannattavuuksia erilaisella sijoitteluetäisyyksillä. 7 kpl 160 m² rakennuksia, 100% tehomitoitus, tarkastelujakso 20 vuotta, sähkön hinta 100 €/MWh +3 %/vuosi

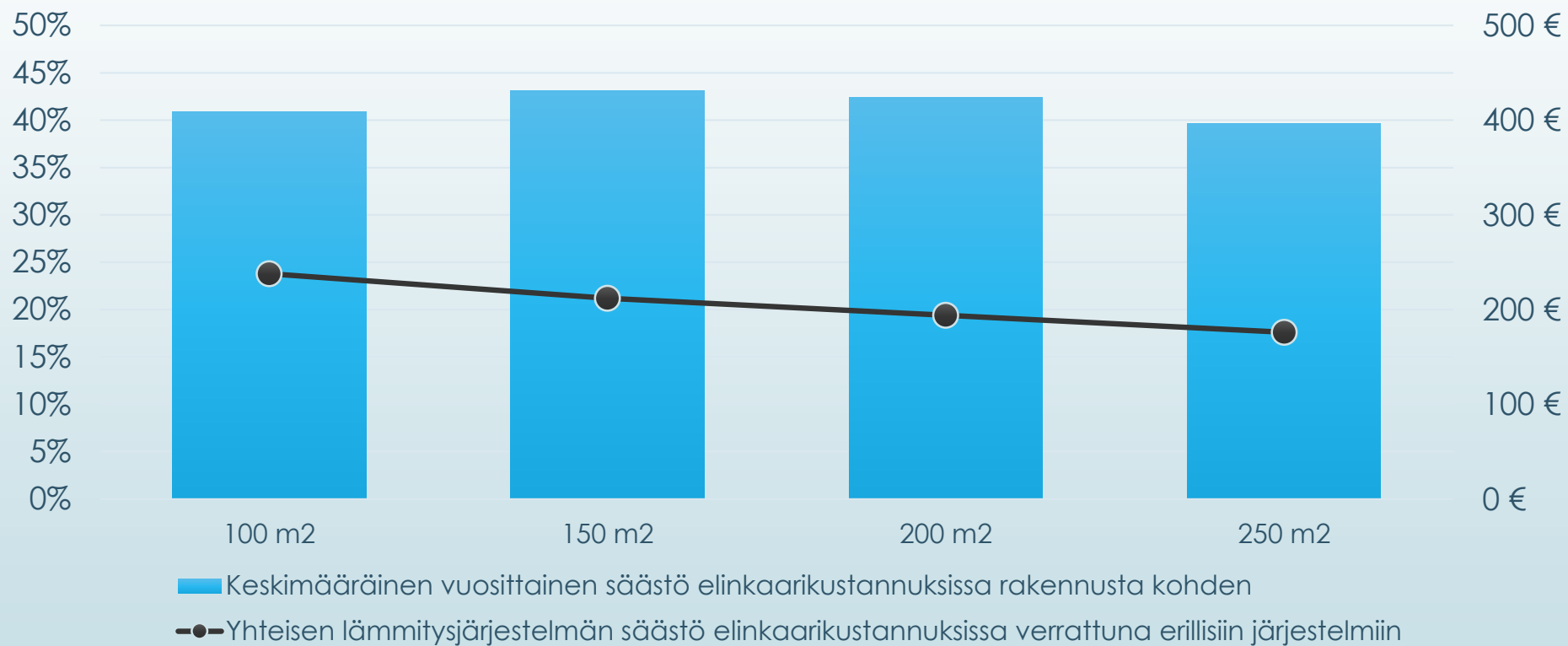


Kuvaaja III. Sähkön kulutus erikokoisilla järjestelmillä. 160 m², 100% tehomitoitus.

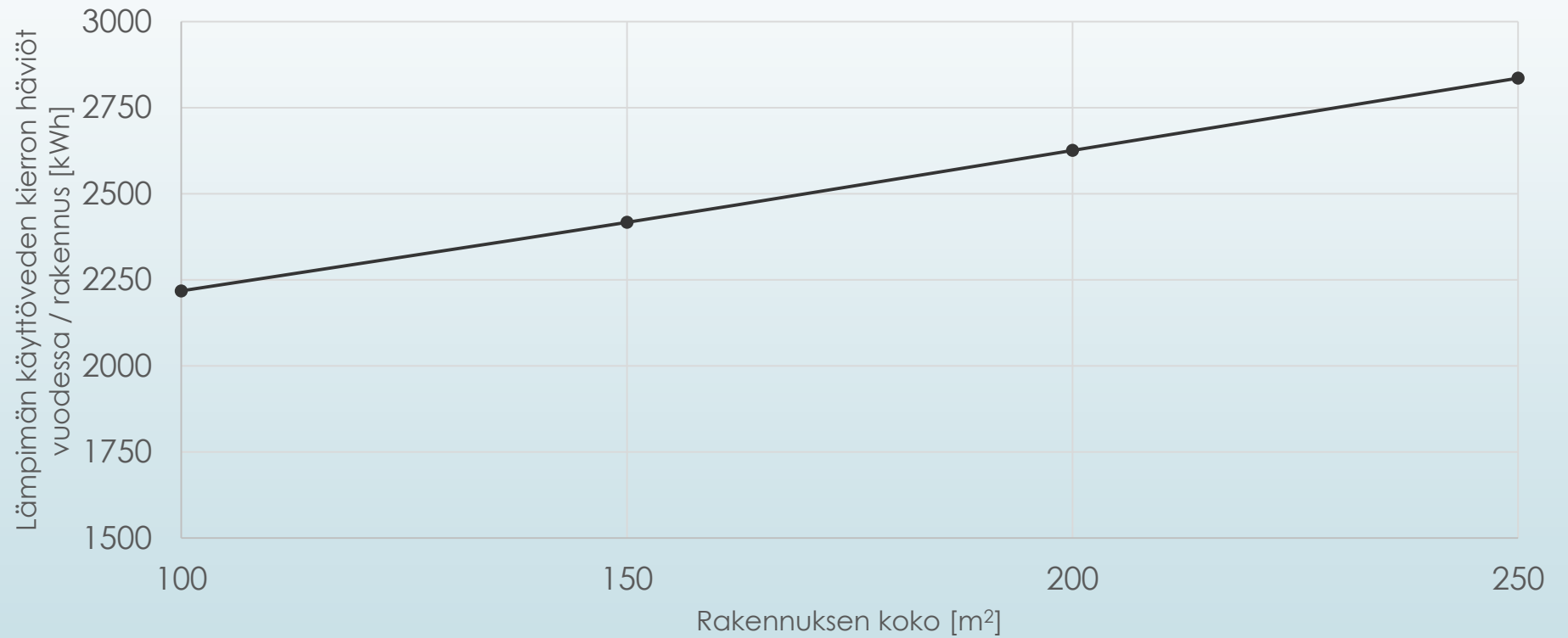


- ▶ Yhteisen järjestelmän kannattavuus suhteessa erillisiin järjestelmiin heikkenee rakennusten koon kasvaessa (Kuvaaja IV).
 - ▶ Yleisestikin mitä suurempi rakennus, sitä kannattavampi on erillisen järjestelmän maalämpöinvestointi (=suurempi kulutus).
 - ▶ Absoluuttisiin säästöihin yhteisen järjestelmän ratkaisussa ei rakennusten koolla ole samanlaista vaikutusta, mutta heikkenee suurempia rakennuksia kohti
 - ▶ Suurempien rakennusten suurempi energiantarve (=suurempi virtaama/sähkönkulutus), myös käyttöveden kiertohäviöt kasvavat (Kuvaaja V)

Kuvaaja IV. Yhteisen järjestelmän kannattavuuksia eri kokoisilla rakennuksilla. 6 kpl rakennuksia, 80% tehomitoitus, tarkastelujakso 15 vuotta, sähkön hinta 100 €/MWh +3 %/vuosi

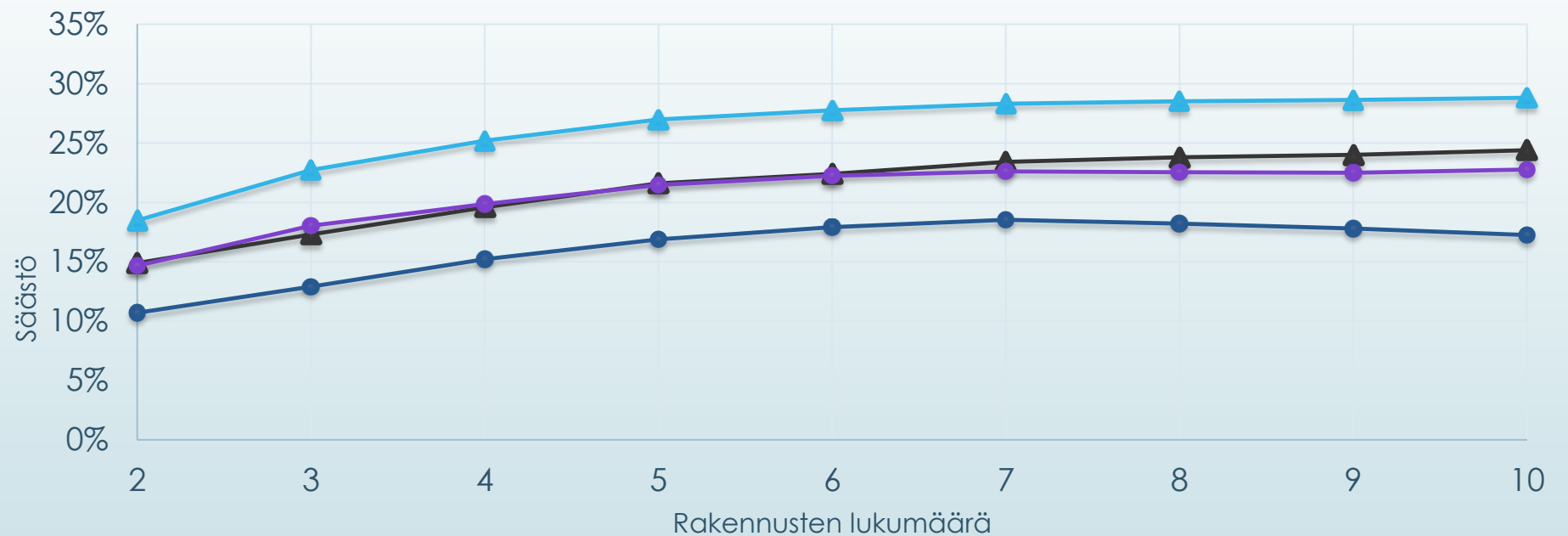


Kuvaaja V. Lämpimän käyttöveden kierron häviöt eri kokoisilla rakennuksilla. 6 kpl rakennuksia, 80% tehomitoitus.



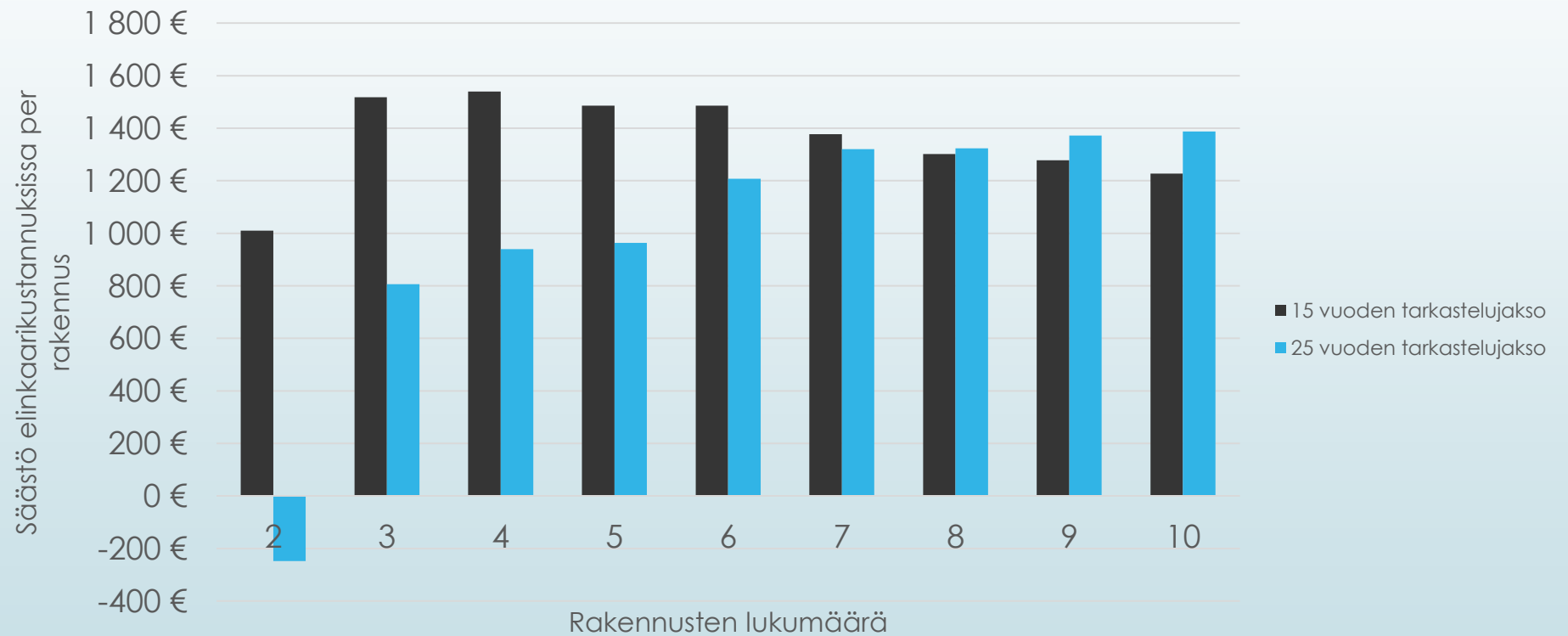
- ▶ Lämpimän käyttöveden kierron häviöistä aiheutuvat kustannukset voidaan elimioida tuottamalla lämmin käyttövesi rakennuskohtaisesti. Tällöin tilojen lämmitysvedellä ladataan huoneistokohtaisia varaajia ja lisälämmitys tapahtuu sähköllä.
 - ▶ Aiheuttaa lisäinvestointikustannuksia ylimääräisten rakennuskohtaisten varaajien ja jakokeskusten muodossa, mutta toisaalta säästetään putkituksissa. Lämpimän käyttöveden kierron poistumisesta aiheutuvat säästöt ovat kuitenkin tutkimuksen perusteella merkittävimpiä kuin lisäinvestoinneista + osasähkölämmityksestä aiheutuvat kustannukset. (Kuvaajat VI ja VII)
 - ▶ Hajautettu lämpimän käyttöveden tuoton kannattavuus ei ole niin herkkä rakennusten väliselle etäisyydelle, koska putkitusten tekeminen on halvempaa sekä lämpöhäviöt ovat pienempiä, mutta säästöjen saavuttamiseksi on optimoitava tapauskohtaisesti lämmitysveden lämpötila.
 - ▶ Korkeampi lämpötila -> pienempi jälkilämmitystarve, mutta alhaisempi lämpökerroin
 - ▶ Tarvitaan lämpöpumppujen todelliset suorituskykytiedot

Kuvaaja VI. Säästö yhteisen maalämpöjärjestelmän elinkaarikustannuksissa verrattuna erillisiin järjestelmiin eri lkv tuottoratkaisuilla. 80% tehomitoitus, sähkön hinta 100 €/MWh +3 %/vuosi, 15 v tarkastelujakso



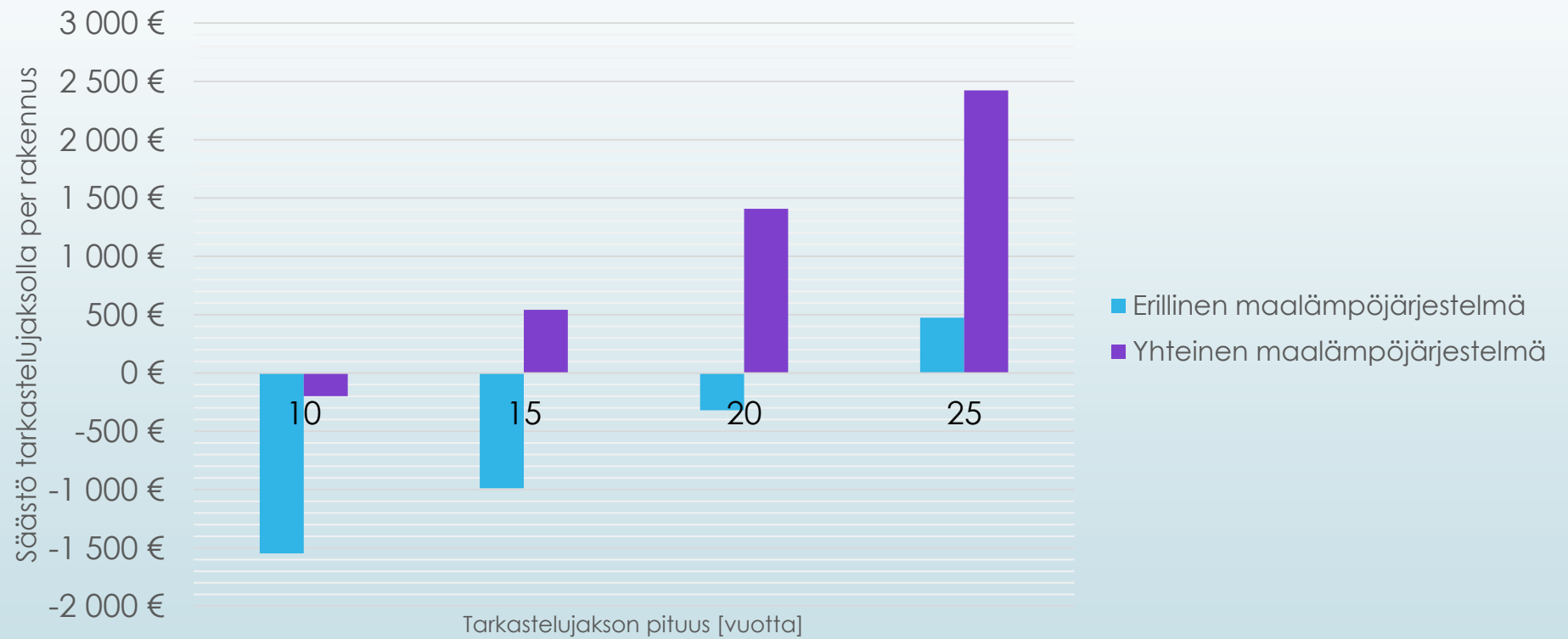
▲ 120 m2 - Keskitetty lkv tuotto ▲ 120 m2 - Hajautettu lkv tuotto
 ● 240 m2 - Keskitetty lkv tuotto ● 240 m2 - Hajautettu lkv tuotto

Kuvaaja VII. Säästö hajautetulla lkv tuottoratkaisulla verrattuna keskitettyyn. 80% tehomitoitus, sähkön hinta 100 €/MWh +3%/vuosi, 120 m² rakennukset

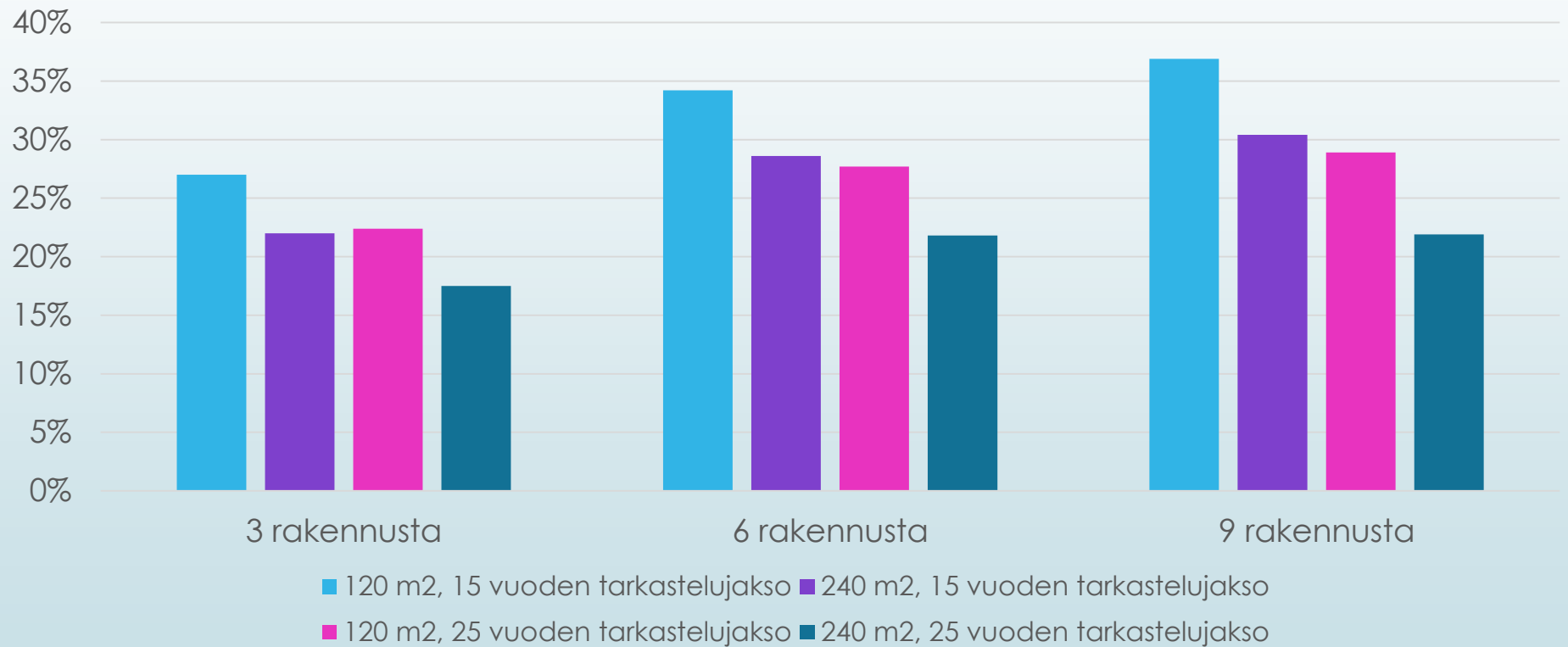


- Keskitetyn aurinkolämpöjärjestelmän kannattavuus maalämmön rinnalla on selkeästi hajautettua parempi (Kuvaaja IX), säästöjä investoinnissa saadaan 4000€ - 6000€ per rakennus, riippuen järjestelmän koosta.
- Ratkaisun, jossa aurinkolämpöjärjestelmä lisätään keskitetyn maalämmön rinnalle, takaisinmaksuaika venyy kuitenkin melko pitkäksi (kuvaaja X), vaikka laskelmiin on huomioitu esimerkiksi yösähkön hyödyntäminen ja lämpöpumpun huoltokustannusten aleneminen
 - Lämmintä käyttövettä valmistetaan jo tietyllä hyötysuhteella (=lämpökertoimella), mikä alentaa lisälämmönlähteen kannattavuutta.
 - Yösähkön kannattavuus alkaa kasvaa vasta pitemmän ajan kuluessa (kuvaaja VII), johtuen käytetystä energian hinnan korotuksesta.
- Pienillä järjestelmillä keskitetty aurinkolämpö ei vaikuttaisi kannattavalta pidemmälläkään tarkastelujaksoilla, mutta koon kasvaessa kannattavuus paranee (Kuvaaja XI)

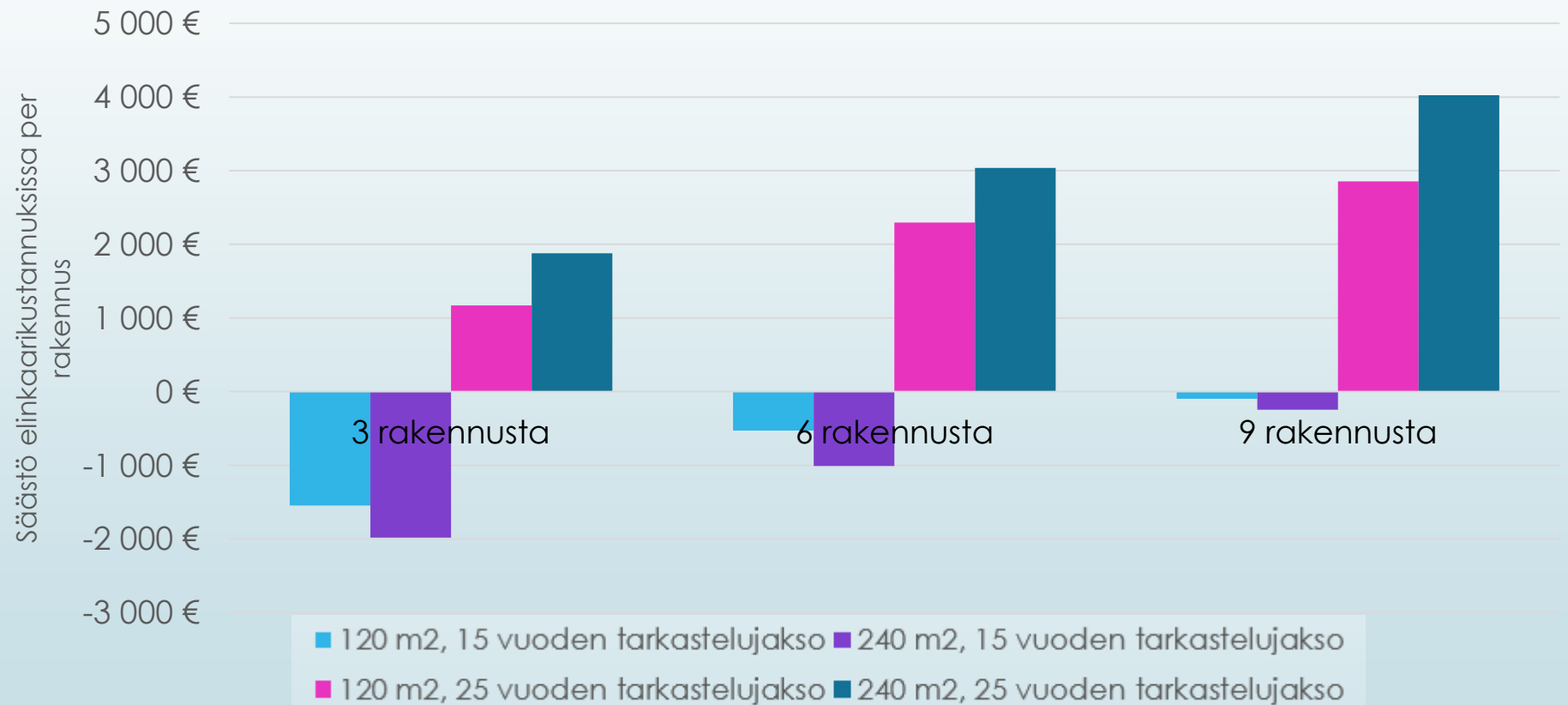
Kuvaaja VIII. Yösähkön hyödyntämisen kannattavuus eri tarkastelujaksoilla. 4 kpl 160 m² rakennuksia, 80% tehomitoitus, sähkön hinta 100 €/MWh +3 %/vuosi



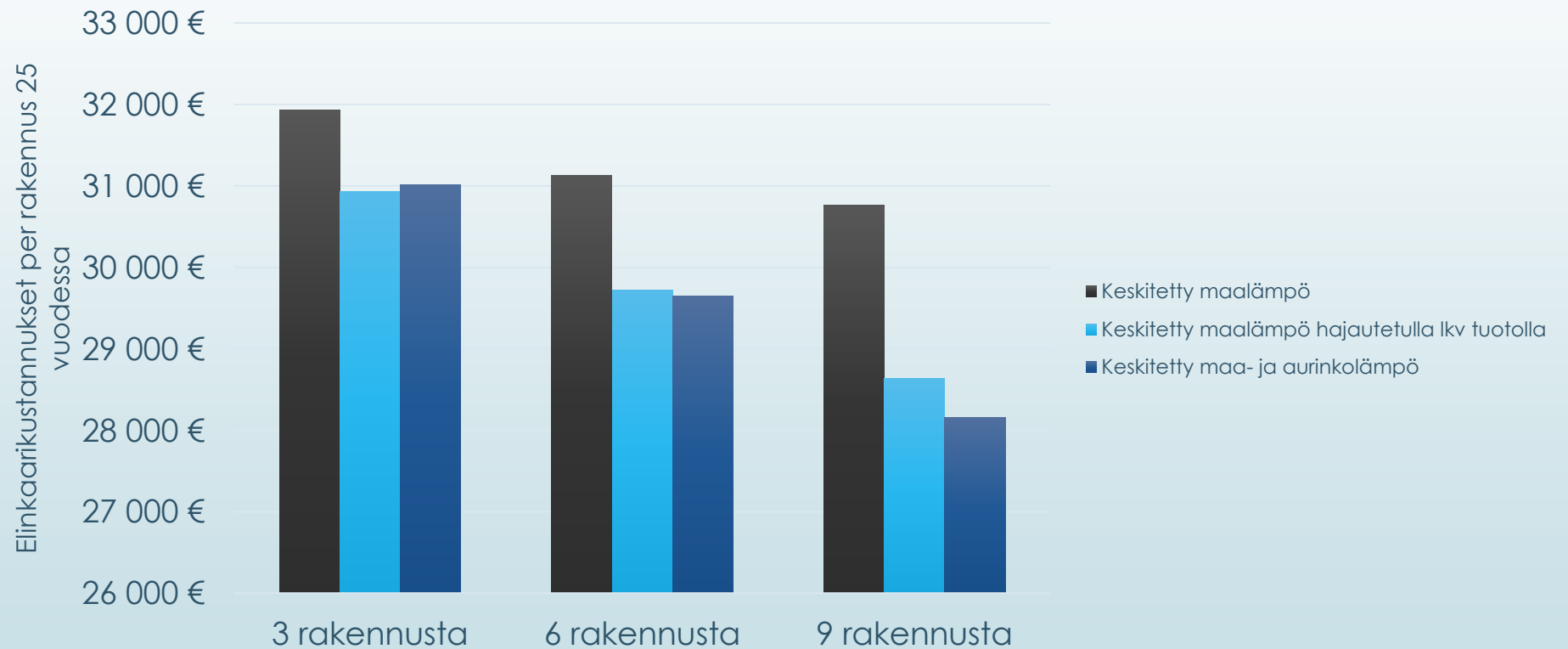
Kuvaaja IX. Keskitetyn aurinkolämpöjärjestelmän säästö elinkaarikustannuksissa verrattuna rakennuskohtaiseen aurinkolämpöjärjestelmään. 80% tehomitoitus, sähkön hinta 100 €/MWh +3 %/vuosi



Kuvaaja X. Keskitetyn maa- ja aurinkolämpöjärjestelmän säästö elinkaarikustannuksissa verrattuna keskitettyyn maalämpöjärjestelmään. 80% tehomitoitus, sähkön hinta 100 €/MWh +3 %/vuosi

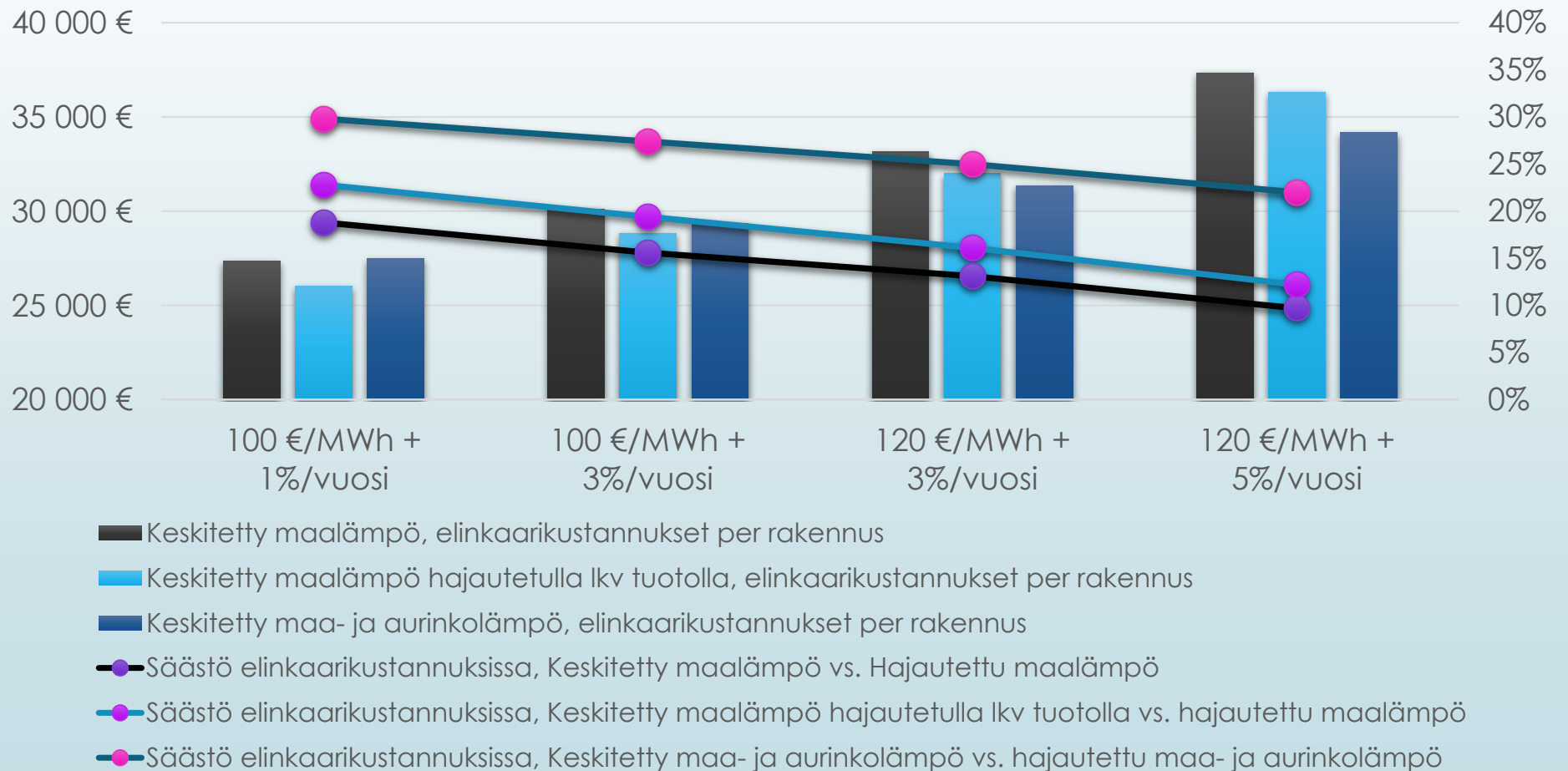


Kuvaaja XI. Eri järjestelmien rakennuskohtaisten elinkaarikustannusten vertailua. 80% tehomitoitus, sähkön hinta 100 €/MWh +3 %/vuosi, 120 m² rakennukset

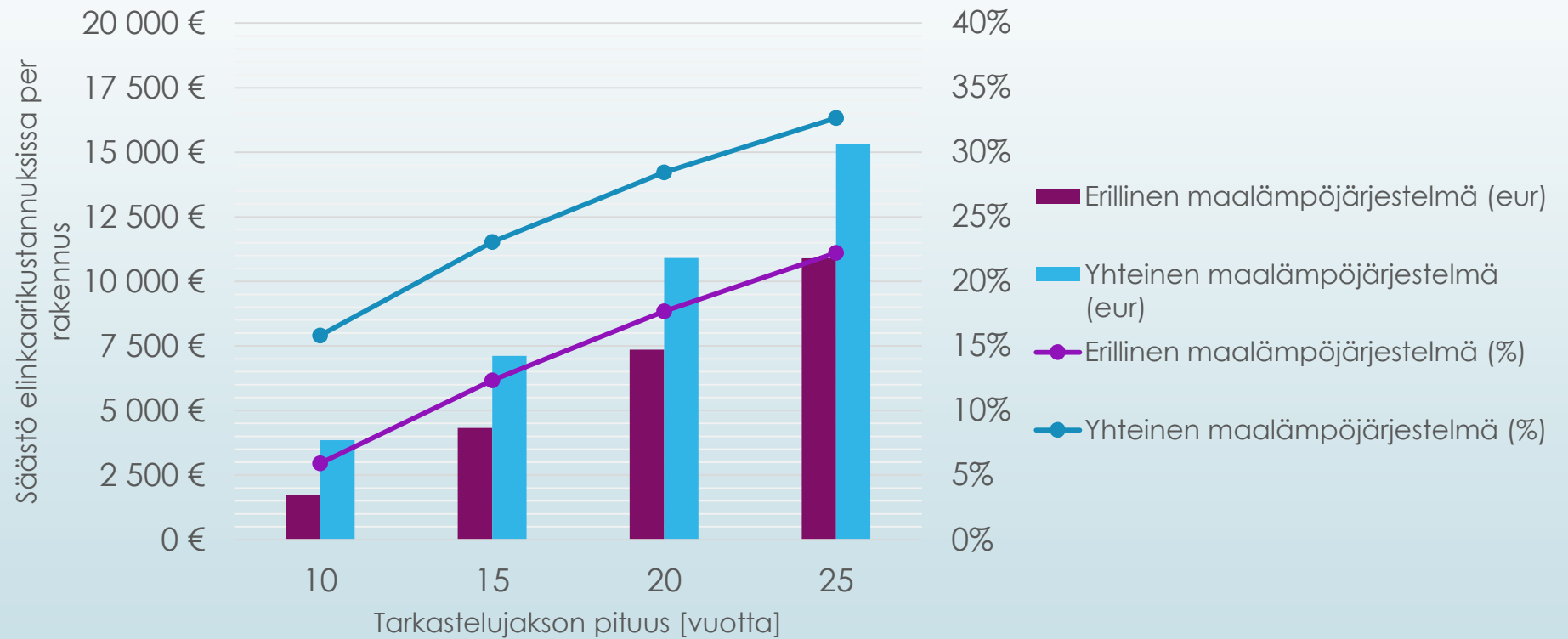


- ▶ Sähkön hinnan vaikutuskenaarioita on esitetty kuvaajassa XII
 - ▶ Luonnollisesti ratkaisujen, joissa energiankulutus kasvaa perusratkaisuun (hajautetut järjestelmät) verrattuna, kannattavuus heikkenee energian hinnan noustessa ja toisaalta aurinkoenergian kannattavuus paranee.
 - ▶ Energian hinnan muutokset eivät vaikuta merkittävästi hajautetun lämpimän käyttöveden tuottoratkaisun kannattavuuteen suhteessa keskitettyyn.
 - ▶ Pienemmät lämpöhäviöt vs. sähköllä tuotettu käyttöveden osuus

Kuvaaja XII. Eri järjestelmien kannattavuusvertailua eri hintaskenaarioilla. 20v tarkastelujakso, 5 kpl 160m² rakennuksia, 80% tehomitoitus



Kuvaaja XIII. Hypoteettisen joustosähkön hyödyntämisen kannattavuus eri tarkastelujaksoilla. 4 kpl 160 m² rakennuksia, 80% tehomitoitus, sähkön hinta 150 €/MWh, joustosähkön hinta 50 €/MWh +3%/vuosi



Yhteenveto & Pohdintaa

- ▶ Keskitetyillä järjestelmillä päästään suhteellisesti hyviin säästöihin elinkaarikustannuksissa verrattuna erillisiin järjestelmiin, erityisesti jos lämmin käyttövesi tuotetaan rakennuskohtaisesti.
 - ▶ Optimaalinen koko keskitetylle järjestelmällä on 5-10 rakennusta, riippuen mm. rakennusten koosta, sijoittelusta sekä tarkasteluaikajaksosta
- ▶ Absoluuttisissa rakennuskohtaisissa keskimääräisissä säästöissä elinkaaritarkastelussa tullaan kuitenkin puhumaan sadoista – ei esimerkiksi tuhansista – euroista vuodessa. Onko tämä riittävä?
- ▶ Tämän tarkastelun perusteella on käynyt ilmeiseksi, että keskitetty järjestelmä vaatii huolellista tapauskohtaista suunnittelua ja optimointia elinkaarisäästöjen saavuttamiseksi. Ylimääräisiä suunnittelukuluja ei ole huomioitu laskelmissa. Mikä tulee olemaan niiden vaikutus kannattavuuteen?

Liite 1. Laskennan peruslähtötietoja

- ▶ Tilojen lämmityksen SCOP = 4,3 (menoveden lämpötila max. 35 °C)
- ▶ Käyttöveden lämmityksen SCOP = 2,5
- ▶ Yösähkön hinta -25%
- ▶ Huolto-, käyttö- ja korjauskulut
 - ▶ Lämpöpumput 3% investoinnista / vuosi
 - ▶ Hajautettuun lämpimän veden tuottoon tarkoitettu järjestelmä: 1,5% investoinnista / vuosi
 - ▶ Aurinkolämpöjärjestelmä, varaajat, ym: 1% investoinnista / vuosi

Liite 2. Laskennassa käytettyjä energiantarpeita

Bruttoala [m ²]	Lämmin käyttövesi [kWh]	Tilojen lämmitys [kWh]
100	3500	6500
110	3700	7100
120	3900	7700
130	4100	8150
140	4300	8700
150	4500	9200
160	4600	9600
170	4700	10000
180	4800	10400
190	4900	10700
200	5000	11000
210	5050	11300
220	5100	11600
230	5150	11850
240	5200	12100
250	5250	12350

Liite 3. Aurinkolämpötarkastelussa käytettyjä lähtötietoja

- ▶ Aurinkolämmön kanssa hyödynnetään yösähköä (tarvitaan joka tapauksessa suurempi varaajakoko)
- ▶ Tasokeräin 1,8 m² absorptiopinta-alalla, sijainti: Tampere, kallistus: 30°, suuntaus: etelä, varjostus 5%

Keräinten lukumäärä / tuotto-osuus lkv tarpeesta	3 rakennusta	6 rakennusta	9 rakennusta
120 m ²	10 / 43,4%	20 / 43,7%	31 / 44,2%
240 m ²	15 / 47,4%	33 / 47,7%	48 / 48,0%