

Tutkimusraportti



Energiayhteisön perustamisen kannattavuus ja vaikutukset sidosryhmille

21.2.2023

Juha Koskela, Kimmo Lummi ja Pertti Järventausta

© Tampereen yliopisto

ISBN 978-952-03-2791-0 (verkkójulkaisu)

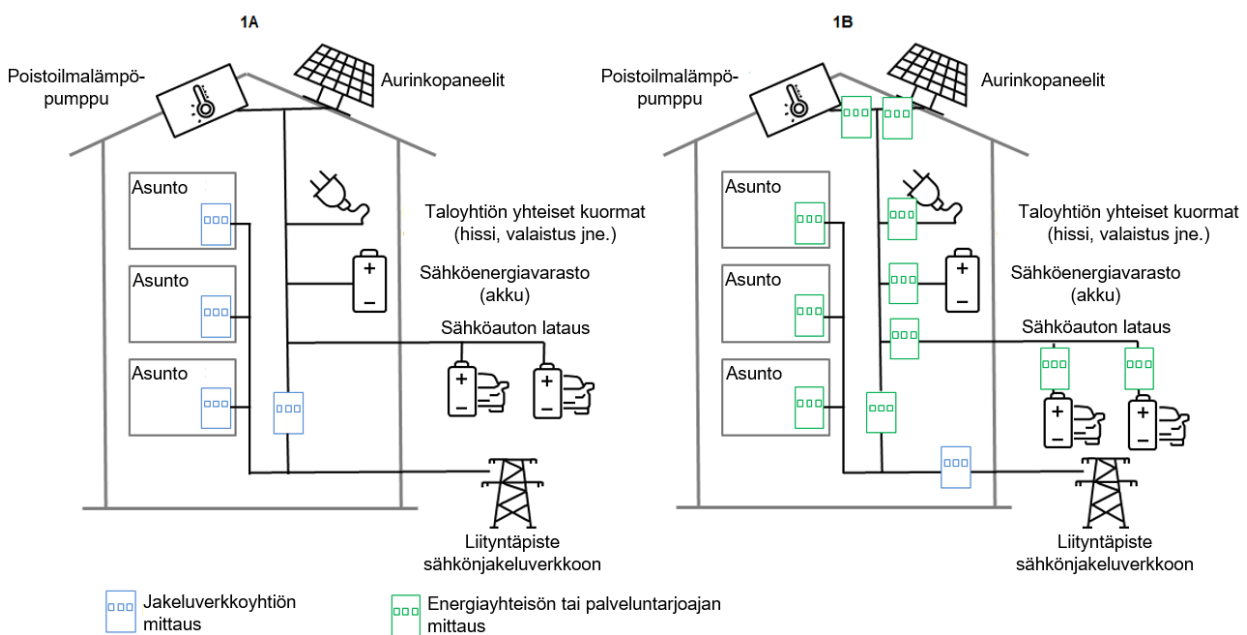
Sisällys

1. Johdanto.....	3
1.1. Raportin tavoitteet.....	5
1.2. Raportin rakenne	5
2. Menetelmät ja tutkimusaineisto	6
2.1. Sähkön käyttöprofiilit.....	6
2.1.1. Kerrostaloista koostuva kokonaisuus	6
2.1.2. Omakotitaloista koostuva kokonaisuus	6
2.2. Sähkön kustannukset asiakkaalle	8
2.2.1. Sähköenergiasta aiheutuvat kustannukset.....	8
2.2.2. Verkkopalvelumaksuista aiheutuvat kustannukset	9
2.2.3. Veroista aiheutuvat kustannukset	12
2.2.4. Muut sidosryhmät	12
2.3. Energiaresurssit ja niiden mitoittaminen.....	13
2.3.1. Aurinkosähköjärjestelmä.....	13
2.3.2. Akku	15
2.4. Erillisen linjan kustannukset.....	16
2.5. Uuden sähköliittymän kustannukset.....	17
3. Tulokset.....	18
3.1. Pienasiakkaiden muodostama energiayhteisö	18
3.1.1. Paikallisesti hajautettu yhteisö aurinkosähköjärjestelmällä.....	19
3.1.2. Kiinteistön sisäinen yhteisö aurinkosähköjärjestelmällä	21
3.1.3. Paikallisesti hajautettu yhteisö aurinkosähkö- ja akkujärjestelmillä.....	24
3.1.4. Kiinteistön sisäinen yhteisö aurinkosähkö- ja akkujärjestelmällä	26
3.2. Kerrostalojen muodostamat energiayhteisöt	29
3.2.1. Kerrostalojen energiayhteisöt aurinkosähköjärjestelmän kanssa	29
3.2.2. Kerrostalojen energiayhteisöt aurinkosähkö – ja akkujärjestelmän kanssa	32
4. Tulosten analysointi	35
5. Yhteenveto ja johtopäätökset.....	39
6. Lähteet.....	40

1. Johdanto

Tässä raportissa tarkastellaan energiayhteisön perustamisen kannattavuutta yhteisölle ja sen jäsenille sähköenergiaan perustuvissa yhteisöissä, sekä taloudellisia vaikutuksia eri sidosryhmille. Energiayhteisön perustamisen tavoitteena on mahdollistaa erilaisten energiaresurssien hyödyntäminen sellaisille asiakkaille, joille se ei yksinään olisi tosiasiallisesti mahdollista tai taloudellisesti kannattavaa. Tällaisia resursseja ovat pienimuotoinen sähkön tuotanto, josta esimerkkinä aurinkosähköjärjestelmät, ja joustavat resurssit, josta esimerkkinä sähkön varastointi akkuun. Yksi asiakasryhmä, jolle oman aurinkovoimalan hyödyntäminen on käytännössä mahdotonta, ovat kerrostaloasukkaat. Tähän epäkohtaan Suomessa on jo puututtu mahdollistamalla kiinteistön sisäinen energiayhteisö, jossa taloyhtiön yhteisen aurinkosähkövoimalan tuottoa voidaan käyttää myös asuntojen kulutukseen, joko takamittaroinnin avulla tai käyttämällä hyvityslaskentaa, jossa tuotto jyvitetään asunnoille ennalta sovitun suhteen mukaisesti (esim. asuntojen pinta-alojen suhteessa). Kiinteistön sisäisen verkon ja mittaroinnin periaatteet on esitetty kuvassa 1.

Hyvityslaskennan käyttöönotto on edullista, koska se ei vaadi asuntojen omistajilta erillisiä investointeja. Hyvityslaskennan ongelmana puolestaan on, että osa tuotannosta, joka voitaisiin hyödyntää asunnoissa omakäyttöön, syötetään takaisin sähköverkkoon, koska asuntojen kulutusprofiilit eivät seuraa tuotantoprofiilia ennalta määritetyn jakosuhteen mukaisesti.



Kuva 1. Kerrostalon sähköverkon ja mittaroinnin rakenne, joka mahdollistaa hyvityslaskennan (1A, vasen) ja takamittaroitu energiayhteisömalli (1B, oikea).

Takamittaroinnilla resurssit saadaan täysimääräisenä yhteisön käyttöön ja mahdollistetaan joustoressurssien tarjonnan, mutta toisaalta yhteisön täytyy toteuttaa mittarointi, joka aiheuttaa kustannuksia olemassa olevissa kohteissa (uudiskohteissa mittaroinnin voi hoitaa itse edullisemmin).

Kiinteistön sisäisen energiayhteisön voi muodostaa myös useampi rakennus, jotka sijaitsevat saman kiinteistön tai kiinteistöryhmän sisällä. Tällainen tilanne voi syntyä esimerkiksi, kun monta kerrostaloa samalla tontilla muodostavat yhdessä energiayhteisön tai omakotitaloalueella saman kiinteistön sisälle on rakennettu useampi omakotitalo. Energiayhteisö voidaan muodostaa myös usean kiinteistön välille käyttäen jakeluverkkoyhtiön verkkoa, tai erillisellä linjalla voidaan yhdistää energiaressurssi kiinteistön sisäisen energiayhteisön yhteen käyttöpaikkaan. Tällöin puhutaan joko paikallisesta tai hajautetusta virtuaalisesta energiayhteisöstä riippuen siitä, sijaitsevatko yhteisön jäsenet paikallisesti rajatulla alueella vai hajautetusti.

Energiayhteisö on käsitteenä laaja ja voi tarkoittaa hyvin eri kokoisia kokonaisuuksia [1]. Pienimmillään voidaan ajatella esimerkiksi kahden pientalon muodostamaa yhteisö ja laajimmillaan hyvin suurta kokonaisuutta esimerkiksi LEMENE-energiayhteisö Lempäälässä, johon kuuluu yhteisteholtaan 4 MW aurinkopaneelikentät sekä yhteisteholtaan noin 8,1 MW kaasumootorit [2]. Koska energiayhteisöjä voi olla eri mittaluokassa, tähän tarkasteluun valittiin tutkittavaksi kerrostalon muodostama energiayhteisö, yhteensä kuuden kerrostalon kokonaisuus kuvaamaan suurehkoa energiayhteisöä ja 16 omakotitalokokoluokan pienasiakkaan yhdessä muodostama energiayhteisö. Näihin yhteisöihin voidaan energiaressusseja ajatella liitettävän erillisen linjan kautta tai jakeluverkon kautta, mikäli esimerkiksi rakennusten kattojen varjostukset eivät ole edullisia aurinkosähkön tuotannon kannalta tai yksittäisen asiakkaan ei yksin kannata investoida järjestelmään.

Asiakkaan tai yhteisön kustannukset koostuvat kolmesta tekijästä: (1) sähköverkkoyhtiölle maksettavista verkkopalvelumaksuista, (2) vähittäismyyjälle maksettavista sähköenergian kustannuksista ja (3) veroista. Lisäksi investoinnin kannattavuutta tarkasteltaessa tulee huomioida investointikulut. Edellä esitettyjen kolmen sidosryhmän (verkkoyhtiö, vähittäismyyjä ja verottaja) lisäksi on huomioitava kolme muuta osapuolta, joihin energiayhteisön muodostaminen myös vaikuttaa (Kantaverkkoyhtiö Fingrid, sähkön tuottajat ja muut asiakkaat). Jos energiayhteisön muodostamisen seurauksena energian siirto verkosta yhteisöön vähenee, niin kantaverkkoyhtiön jakeluverkkoyhtiöltä perimät kantaverkkomaksut pienenevät [3]. Kun energiayhteisö alkaa tuottamaan itse energiaa, niin tämä pienentää vähittäismyyjän sähkön tuottajille sähkömarkkinoiden kautta maksamia tuloja. Lisäksi energiayhteisön muodostaminen vaikuttaa välillisesti myös muiden sähkönkäyttäjien kustannuksiin. Kun sähkömarkkinoilta poistuu kulutusta ja tulee lisää tuotantoa energiayhteisön omakäytön ja ylijäämän verkkoon syötön muodossa, niin tällä on laskeva vaikutus sähkön markkinahintoihin. Lisäksi jos energiayhteisön

muodostaminen vähentää verkon rakentamis- ja ylläpitokuluja (esim. pienevät huipputehot tai erillisen linjan käyttö) tai lisää joustoja jakeluverkkoon, niin tällä voi olla laskeva vaikutus verkkopalvelumaksuihin, jos olemassa olevan verkon kapasiteetin käyttöastetta pystytään parantamaan. Toisaalta yhteisöt saattavat vähentää asiakkaiden maksamien verkkopalvelumaksujen summaa, mikä tulee ottaa huomioon liiketoiminnan suunnittelussa. Tässä tarkastelussa ei kuitenkaan tutkita vaikutuksia muille sähkökäyttäjille, vaan tarkasteluissa oletuksena on, että vähittäismyyjä ostaa energian sähkömarkkinoilta historiatiedon mukaisilla hinnoilla ja jakeluverkkoyhtiöiden tariffit pysyvät vakiona tarkastellulla ajanjaksolla, koska näihin seikkoihin vaikuttavat myös monet muut tekijät kuin tässä raportissa tutkitut asiat.

1.1. Raportin tavoitteet

Tämän raportin laskelmien tarkoitus on tutkia energiayhteisön muodostamisen kannattavuutta ja erillisen linjan kannattavuutta energiaresurssien liittämisenä energiayhteisöön vertailla sitä tilanteeseen, jossa energiaresurssit on yhdistetty jakeluverkon välityksellä. Lisäksi tavoitteena on:

- Tuottaa tietoa energiayhteisöistä toimialalle päätöksenteon tueksi eri sidosryhmille
- Selkeyttää laskennallisiin tarkasteluihin liittyviä osatekijöitä ja niiden valintaa koskevia asioita
- Käyttää laskennoissa mahdollisimman tarkkoja perusteltuja lähtötietoja ja potentiaalisten asiakasryhmien kulutusprofiileja
- Kartoittaa avoimia kysymyksiä energiayhteisöihin, erillislinjoihin ja muihin asiaan liittyviin tekijöihin liittyen

1.2. Raportin rakenne

Luvussa 2 esitetään raportissa käytetyt menetelmät ja tutkimusaineisto, joka koostuu sekä jakeluverkkoyhtiöiden todellisten asiakkaisen sähkökäyttöprofiileista ja laskennan kannalta keskeisistä teknisistä tiedoista, julkisesti saatavilla olevasta aineistosta liittyen esimerkiksi jakeluverkkoyhtiöiden ja sähkön vähittäismyyjien hinnastoihin ja kansallisen valvontaviraston julkaisemiin tietoihin sähköverkon rakentamiskustannuksista että myös aikaisempaan aihetta koskeviin tutkimustuloksiin ja menetelmiin koskien muun muassa erilaisten energiaresurssien mitoituskysymyksiä ja investointien kustannustasoja.

Luvussa 3 esitetään laskennallisen tarkastelun tulokset taloudellisista vaikutuksista tilanteissa, jossa energiayhteisö muodostuu erilaisista kokonaisuuksista ja energiaresurssit liitetään yhteisön käyttöön hyödyntäen jakeluverkkoyhtiön sähköverkkoa tai erillistä energiayhteisön omistamaa sähkölinjaa. Luvussa 4 esitetään tulosten analysointi ja luvussa 5 johtopäätökset.

2. Menetelmät ja tutkimusaineisto

Tarkasteluissa luodaan simulaation avulla yhteisölle tuntipohjainen sähkökäyttöprofiili koko vuodelle. Tarkastelun pohjana on asiakkaiden todellinen sähkökäyttöprofiili, johon lisätään mallinnettu aurinkosähköjärjestelmän tuotantoprofiili sekä mahdollinen akun latauksen ja purun profiili. Energiayhteisön ja eri sidosryhmien kustannukset lasketaan voimassa olevilla tai lähihistoriassa toteutuneilla hintakomponenteilla. Käytetyt datat, hinnat ja menetelmät esitellään tarkemmin tässä luvussa.

2.1. Sähkön käyttöprofiilit

Potentiaalisen energiayhteisön kuvaamiseen on käytetty kahta datakokonaisuutta: (1) kerrostaloista koostuva kokonaisuus ja (2) omakotitaloista koostuva kokonaisuus. Seuraavaksi tekstissä esitellään nämä kokonaisuudet omissa alaluvuissaan.

2.1.1. Kerrostaloista koostuva kokonaisuus

Tarkastelun ensimmäinen datakokonaisuus muodostuu yhteensä kuudesta pääkaupunkiseudulla sijaitsevasta kerrostalosta, joiden keskeiset tiedot on esitetty taulukossa 1. Taulukosta nähdään, että joukko sisältää eri kokoisia ja eri ikäisiä kerrostaloja. Tarkastelun kohteiden sähkökäyttö on mitattu etäluettavilla sähkömittareilla tunneittain kolmen vuoden ajalta (2016–2018). Kaksi kokonaisuuden kerrostaloista sisältää myös liikehuoneistoja (3 ja 4) ja muut sisältävät pelkkiä asuinhuoneistoja. Rakennusten lämmitysmuoto kaikkien kerrostalojen osalta on kaukolämpö.

Taulukko 1. Tutkitut kerrostalot

Kerrostalo	1	2	3	4	5	6
Käyttöpaikkojen lukumäärä	24	24	59	43	49	29
Vuosikulutus (MWh)	36,25	83,26	264,97	200,09	116,79	83,75
Valmistumisvuosikymmen	1910-luku	2010-luku	1980-luku	1910-luku	1960-luku	1970-luku

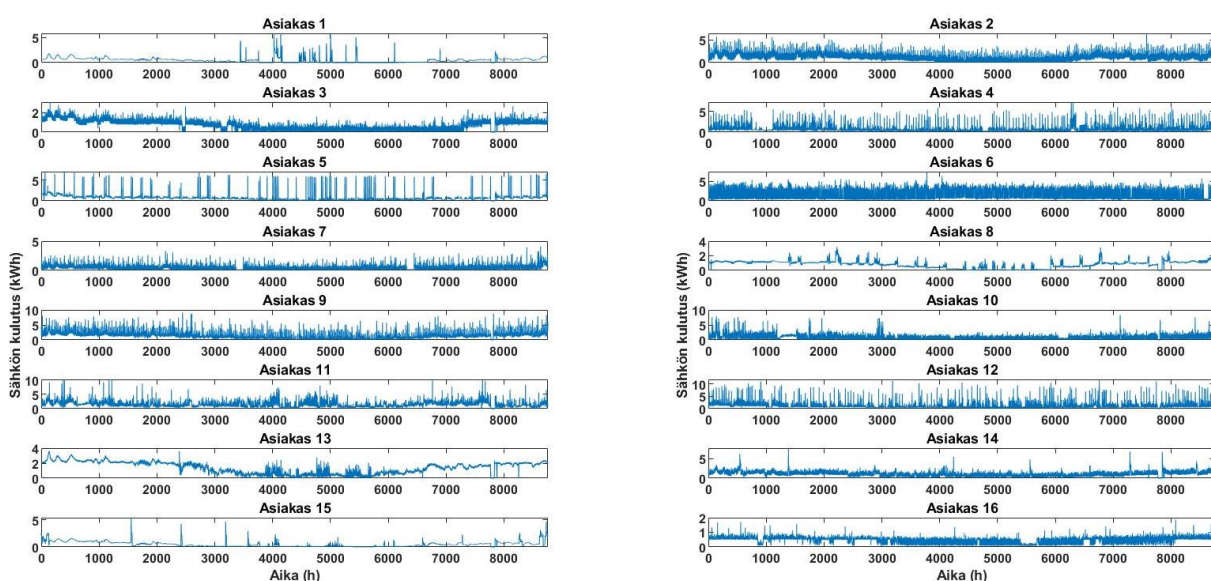
2.1.2. Omakotitaloista koostuva kokonaisuus

Toinen tarkasteltu datakokonaisuus käsittää yhden jakeluverkkoyhtiön, jonka toimintaympäristö käsittää haja-asutusalueita tai pieniä taajamia, alueelta reilun 8 000 asiakkaan kulutusmittaukset tunneittain vuodelta 2015, joista tähän tutkimukseen valittiin 16 asiakkaan joukko sattumanvaraisesti rajaten kuitenkin pois asiakkaat, joiden vuosikulutus oli alle 4 MWh. Tehty rajausta pohjautuu seulontaan, jonka tavoitteena oli tunnistaa joukosta todennäköisesti asutut omakotitalokiinteistöt. Rajauksen pohjalta tarkasteluun valikoitui yhteensä 16 omakotitalon ryhmä, joiden voidaan ajatella sijaitsevan yhden jakelumuuntajan takana samassa muuntopiirissä ja asiakkaat voisivat muodostaa yhdessä energiayhteisön.

Yhteisöön valittujen asiakkaiden sähkökäyttöprofiilit on esitetty kuvassa 2 ja näistä summana muodostuva yhteisön profiili ennen energiaresurssien lisäämistä on esitetty kuvassa 3. Lisäksi valittujen asiakkaiden vuosikulutukset on esitetty taulukossa 2.

Sähkökäyttöprofiilien ja vuosienenergioiden perusteella voidaan arvioida, että suurimmalla osalla asiakkaita (2, 3, 5 ja 7–16) kulutus sisältää lämpötilasta riippuvia elementtejä, kuten lämmityskuormaa. Näistä selkeimmin tyypillistä sähkölämmitysasiakkaan kulutusprofiilia vastaavat asiakkaat 2 ja 9. Joukon suurin vuosikulutus on asiakkaalla 6, jonka kulutus pysyy kuitenkin melko tasaisena koko vuoden, mikä sähkökäytön osalta viittaa muuhun lämmitysmuotoon kuin sähkölämmitykseen ja siihen, että kyseessä on jokin keskimääräistä omakotitaloa suurempi kohde. Asiakkaiden 14 ja 16 profiileissa on näkyvissä selkeä kynnysteho, joka aktivoituu talviaikana. Tämä viittaa sähkövastukseen, joka kytkeytyy päälle, kun lämpötila laskee riittävästi. Kysymyksessä voi tässä tapauksessa olla esimerkiksi osatehomoitettu lämpöpumppu, joka tarvitsee sähkövastuksen tueksi kylmissä olosuhteissa.

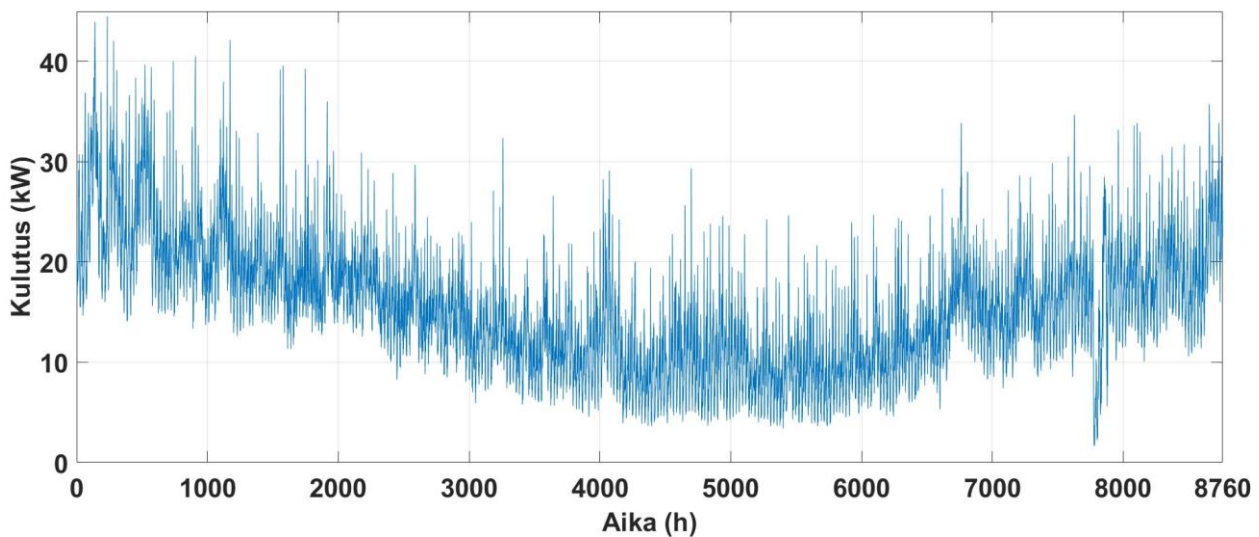
Yleisesti valitusta asiakasjoukosta voidaan todeta, että se edustaa hyvin erilaisten pienasiakkaiden tyypillisten sähkökäyttöprofiilien variaatiota. Kaikkien asiakkaiden liittymien sulakekoko on 3x25A ja joukon summakulutusprofiili on juuri sillä rajalla, jossa asiakasjoukkoa voisi palvella yhdellä 3x63A suuruisella liittymällä, jolloin asiakasjoukon muodostama kokonaisuus tulkittaisiin yhä yleistariffin asiakkaaksi, joka on kyseisen tuotteen suurin sallittu sulakekoko useissa jakeluverkko-yhtiöissä). Tosin, asiakasjoukon muodostama kokonaisuus voisi sen yhteenlasketun vuosikulutuksen (ja mahdollisen 3x80A liittymäkoon) perusteella olla myös pienjännitetehotariffin (PJ-tehotariffi) asiakas.



Kuva 2. Omakotitaloasiakkaista muodostetun energiayhteisön jäsenet

Taulukko 2. Energiayhteisön pientaloasiakkaiden vuosikulutukset

Asiakas	1	2	3	4	5	6	7	8
Vuosikulutus (MWh)	4,27	10,91	5,65	6,37	6,68	15,87	4,20	7,23
Asiakas	9	10	11	12	13	14	15	16
Vuosikulutus (MWh)	13,10	8,10	12,87	10,97	12,04	8,24	4,37	4,18


Kuva 3. Omakotitaloasiakkaista muodostetun energiayhteisön summakulutus yhden vuoden ajalta

2.2. Sähkön kustannukset asiakkaalle

Asiakkaan tai energiayhteisön sähkön kustannukset koostuvat kolmesta päätekijästä: (1) sähkön vähittäismyyjälle maksettavista sähköenergian kustannuksista, (2) jakeluverkkoyhtiölle maksettavista verkkopalvelumaksuista ja (3) veroista. Näitä kolmea tekijää käsitellään tarkemmin seuraavissa luvuissa ja lisäksi luvussa keskustellaan lyhyesti myös muiden sidosryhmien vaikutuksista.

2.2.1. Sähköenergiasta aiheutuvat kustannukset

Tässä tarkastelussa käytetään sähkön markkinahintaan perustuvaa sopimustyyppiä vähittäismyyjälle maksettavien hintojen kuvaamiseen. Jotta tarkasteluissa säilytetään kulutus-, lämpötila- ja hintavaihtelujen ajallinen yhteys, sähkön markkinahintana käytetään Suomen aluehintaa Nord Pool:in sähkömarkkinoilla vastaavalta ajanjaksolta kuin miltä tutkittava data on

peräisin [4]. Huomioitavaa on, että tarkastellulla jaksolla (2015–2018) sähkön markkinahinta oli huomattavasti matalampi kuin esimerkiksi vuonna 2022. Energiayhteisön vaikutuksia kuitenkin tutkitaan pitkälle tulevaisuuteen ja vaikka tulevia hintoja on mahdotonta ennustaa tarkasti, on kuitenkin oletettavaa, että hintataso tulee laskemaan lähelle aiempaa tasoa tulevinä vuosina energiakriisin laantuessa.

Sähkön vähittäismyyjien myyntituotteisiin sisältyy sähkön spot-hinnan lisäksi myös myyjän marginaali ja perusmaksu, joista muodostuu vähittäismyyjän varsinainen tulo, jos vähittäismyyjä hankkii myytävän sähköenergian suoraan markkinoilta. Asiakas tai yhteisö voi kilpailuttaa vähittäismyyntisopimuksensa vapaasti ja sopimukset sisältävät paljon vaihtelua, joten tähän liittyvät laskelmat sisältävät epävarmuutta liittyen valittaviin hintakomponentteihin.

Realistisen hintatason kuvaamiseksi tämän raportin tarkasteluissa käytettiin sähkön myyjän spot-hintaan perustuvassa sähkönmyyntituotteessa marginaalia 0,36 snt/kWh ja perusmaksua 3,04 €/kk. Luvut perustuvat keskiarvoihin, jotka selvitettiin 53 sähkönmyyjän sivustoilta löytyvien julkisten hintatietojen avulla. Hinnat poimittiin joulukuussa 2022 sähköyhtiöiden internet-sivustoilta [5]. Edellä esitetyt hinnat ovat arvonlisäverottomia hintoja.

2.2.2. Verkkopalvelumaksuista aiheutuvat kustannukset

Suomessa on 77 jakeluverkkoyhtiötä (tilanne vuoden 2023 alussa), joista jokainen yhtiö hinnoittelee verkkopalvelumaksunsa itsenäisesti. Tästä johtuen eri yhtiöiden hinnoittelussa voi olla paljonkin eroavaisuuksia esimerkiksi tuotteiden yksikköhintojen tai laskutusperusteiden välillä.

Tämän raportin tarkasteluja varten valittiin 9 erilaista jakeluverkkoyhtiötä eri puolelta Suomea, joiden toimintaympäristöt vaihtelevat kaupunkialueista maaseutuihin ja yhtiöiden asiakasmäärät vaihtelevat kymmenistä tuhansista satoihin tuhansiin. Huomioitavaa on, että joissain maantieteellisissä sijainneissa Suomessa voidaan kohdata tilanteita, joissa jakeluverkkoyhtiöiden vastualueet eivät perustu suoraan kuntarajoihin, ja esimerkiksi joillain alueilla eri puolilla samaa katua sijaitsevat asiakkaat saattavat asettua eri verkkoyhtiöiden vastuualueille. Tästä syystä asiakkaiden verkkopalvelumaksuissa voi olla suuriakin eroja, vaikka asiakkaat sijaitsisivatkin maantieteellisesti ajatellen samankaltaisissa toimintaympäristöissä.

Tarkasteluun sisällytetyissä yhtiöissä on käytössä erilaisia verkkopalvelumaksujen rakenteita, joissa painotetaan eri tavoin kulutusmaksuja, perusmaksuja tai tehomaksuja. Tarkastelussa käytetyt verkkopalvelumaksut ovat joko yhtiöiden käytössä olevia tai käytössä olleita hintoja, jotka on kerätty syksyllä 2022 jakeluverkkoyhtiöiden julkisesti saatavilla olevista hinnastoista. Verkkoyhtiöiden yleistariffien ja PJ-tehotariffien perus- ja kulutusmaksujen hinnat (sisältäen ALV 24 %) on esitetty taulukossa 3. Mikäli yhtiö käyttää PJ-tehotariffissa kaksiportaittaista

kulutusmaksua, jossa talviarkipäivinä sovelletaan eri suurta kulutusmaksua kuin muuna aikana, maksut on jaettu taulukossa kahteen sarakkeeseen.

Taulukko 3. Verkkopalvelumaksujen perus- ja kulutusmaksut (ALV 24 %)

Yhtiö	Yleistariffi			PJ-tehotariffi		
	Perusmaksu (3x25A) (€/kk)	Perusmaksu (3x63A) (€/kk)	Kulutusmaksu (snt/kWh)	Perusmaksu (€/kk)	Kulutusmaksu (Muu aika) (snt/kWh)	Kulutusmaksu (Talviarkipäivä)* (snt/kWh)
1	5,51	5,51	4,07	32,24	1,09	2,06
2	5,90	5,90	2,96	52,70	2,50	
3	3,98	3,98	3,19	213,18	1,72	1,18
4	5,00	5,00	2,90	40,00	1,36	1,86
5	5,68	5,68	2,81	50,83	1,14	1,62
6	6,98	32,29	1,75	136,40	0,84	
7	35,14	117,04	4,84	128,85	5,45	
8	19,67	85,08	5,21	63,82	3,55	
9	11,63	29,02	2,48	47,79	3,63	1,76

* (Huom. Suomessa talviarkipäiväksi luetaan pääsääntöisesti tunnit väliltä 1.11.–31.3. maanantaista lauantaihin klo 7–22 [6])

PJ-tehotariffin tehomaksujen osalta tarkasteluja varten suoritettiin tehomaksujen harmonisointi, jotta yhtiöiden tehokomponentit saataisiin vertailukelpoisiksi toisiinsa nähden tehomaksujen määräytymisperusteiden osalta. Toinen syy tarkasteluja varten tehdyille harmonisoinnille on se, että vaikka jakeluverkkoyhtiöillä on nykyisin käytössä useita erilaisia laskutustehon määräytymisperiaatteita, Energiaviraston syksyllä 2021 TEM:lle antaman suosituksen nojalla voidaan olettaa, että tulevaisuudessa tehomaksujen laskutusperusteita tullaan yhtenäistämään toimialalla [7]. Suosituksen mukaisesti tehomaksujen laskutuskäytäntöjen yhtenäistäminen koskee sekä pienasiakkaita (maksimissaan 3x63A) että suurempia asiakkaita (yli 3x63A), joskin suositelluissa tehomaksujen laskutusperusteissa on eroja eri suurten asiakkaiden välillä.

Osalla tarkasteluun sisällytetyistä jakeluverkkoyhtiöistä on nykyisin käytössä vähimmäistuntitehoja laskutuksessa ja ajanjaksot, jolta laskutettavat tuntitehot määritetään, vaihtelevat. Tarkasteluun valittujen jakeluverkkoyhtiöiden alkuperäiset tehomaksun määräytymisperiaatteet ovat:

- kuukauden suurin arkipäivänä mitattu teho (yhtiö 1),
- kuukauden huipputeho (vähintään 40 kW) (yhtiö 2),
- liukuvan 12kk kahden suurimman tehon keskiarvo (yhtiöt 3, 5 ja 8, joilla laskutuksen vähimmäistuntiteho on 40 kW),

- liukuvan 12kk suurin huipputeho (yhtiöt 4 ja 9),
- kuukauden kahden suurimman tehon keskiarvo (yhtiö 6) ja
- talvikuukausien arkipäivien suurin teho (vähimmäistuntiteho 40 kW) (yhtiö 7).

On huomioitavaa, että tehomaksun määräytymisperiaate vaikuttaa merkittävästi tehomaksun suuruuteen. Esimerkiksi vuoden ajalta lasketun yksittäisen tuntitehon perusteella määräytyvän tehomaksun yksikköhinta on luonnollisesti suurempi kuin kuukausittaisten huipputuntitehojen summa, koska tehomaksun määrittävä teho on osamäärän nimittäjässä pienempi (tehomaksun määrittämisessä: Tehomaksu = Liikevaihtotavoite / Laskutusperusteena olevien tehojen summa).

Tässä tarkastelussa laskentaan valittiin kolme seuraavaa harmonisoitua määräytymisperiaatetta PJ-tehotariffille:

- kuukauden suurin tuntiteho (Energiaviraston suosituksen mukainen [7]),
- kuukauden kolmen suurimman tuntitehon keskiarvo ja
- liukuvan 12 kuukauden suurin tuntiteho.

Edellä esitetylle kullekin kolmelle tehomaksun määräytymisperiaatteelle laskettiin yksikköhinta, jota käyttämällä verkkoyhtiön tehomaksuilla keräämät liikevaihdot eivät muutu alkuperäisillä määräytymisperiaatteilla laskettuihin liikevaihtoihin nähden, kun asiakkaiden sähkökäytössä ei oleteta tapahtuvan muutoksia. Yhtiöiden alkuperäisten tehomaksujen ja kolmelle eri määräytymisperiaatteille määritetyt harmonisoitujen tehomaksujen yksikköhinnat on esitetty koottuna taulukkoon 4 (hinnat sisältävät 24 % ALV:n).

Taulukko 4. Pienjännitetehotariffin tehomaksujen yksikköhinnat alkuperäisillä ja harmonisoiduilla tehon määräytymisperusteilla (ALV 24 %)

Yhtiö	Tehomaksu			
	Alkuperäinen	kk. Suurin	kk. 3. suurimman ka.	12kk suurin
	(€/kW)	(€/kW)	(€/kW)	(€/kW)
1	5,58	5,52	5,70	4,50
2	1,55	3,48	3,60	2,84
3	2,58	3,01	3,11	2,46
4	2,48	3,04	3,14	2,48
5	2,13	2,53	2,62	2,06
6	3,22	3,76	3,88	3,08
7	4,17	9,36	9,66	7,64
8	3,30	7,40	7,65	6,05
9	2,37	2,90	3,00	2,37

2.2.3. Veroista aiheutuvat kustannukset

Vähittäismyyjän ja jakeluverkkoyhtiön hinnastojen mukaisten maksujen aiheuttamien kulujen lisäksi asiakkaan tai energiayhteisön kokemia kuluja ovat verot, joita ovat arvonlisävero ja sähkövero. Sähköveron arvonlisäveroton suuruus kotitalousasiakkaille (veroluokka 1) on 2,253 snt/kWh, joka sisältää huoltovarmuusmaksun 0,013 snt/kWh [8]. Sähkövero peritään jakeluverkkoyhtiön laskutuksen yhteydessä ja sähköveroon lisätään myös 24 % suuruinen arvonlisävero.

Pientuotannon osalta alle 100 kVA voimalaitokset on vapautettu sähköverovelvollisuuksista [8]. Yli 100 kVA voimalat, joiden tuotanto on enintään 800 000 kWh vuodessa, joutuvat rekisteröitymään sähköverovelvoitukseksi enimmäisrajan noudattamisen varmistamiseksi, mutta eivät joudu maksamaan sähköveroa. Aurinkosähköjärjestelmien osalta tämä tarkoittaa suunnilleen 1 MVA suuruista voimalaa, jolla vuosituotanto pysyy verotusrajan alapuolella. Mikäli vuosituotanto ylittää edellä mainitun rajan, niin kaikesta kulutukseen tuotetusta energiasta täytyy maksaa sähkövero.

Sähkövarastoon ladattavasta energiasta täytyy myös maksaa sähkövero, mikäli ladattava energia on verollista sähköä. Eli verottomasti pientuotetun sähkön saa verottomasti ladata suoraan varastoon (tuotanto ja varasto samassa liittymässä), mutta verkosta ostetusta tai verollisesti itse tuotetusta sähköstä, joka ladataan varastoon, täytyy maksaa sähkövero [9].

2.2.4. Muut sidosryhmät

Energiayhteisön perustamisen vaikutuksia sidosryhmille arvioitaessa otetaan huomioon, että vähittäismyyjä ostaa sähkön markkinahintaan suoraan sähkömarkkinoilta, jolloin vähittäismyyjän tuloksi jää marginaali ja kuukausimaksu. Jakeluverkkoyhtiön osalta huomioidaan, että kulutetun sähkön osalta yhtiön täytyy maksaa talviarvipäivänä (klo 7–21) 8,96 €/MWh ja muuna aikana 2,55 €/MWh suuruisia kantaverkkopalvelumaksuja kantaverkkoyhtiölle (ALV 0 %), jotka laskutetaan kaikesta verkon alueella olevasta kulutuksesta [3]. Lisäksi maksetaan kantaverkosta ottomaksu 0,92 €/MWh siitä energiasta, joka otetaan kantaverkosta. Nämä maksut ovat aiheuttavat kustannuksia jakeluverkkoyhtiölle. Lisäksi, jos tuotannosta tulee kantaverkkoon syöttöä, tulee maksaa kantaverkkoonantomaksu 0,61 €/MWh. Energiayhteisöjen tapauksessa verkkoon syötettävä ylijäämä on kuitenkin niin pieni, että se voidaan olettaa kulutettavan jakeluverkkoyhtiön alueella, jolloin se vähentää kantaverkosta ottomaksua, eikä tästä muodostu kantaverkkoonantomaksua.

Asiakas tai energiayhteisö voi myydä ylituotetun sähkön vähittäismyyjälle markkinahintaan. Jotkin vähittäismyyjät vähentävät tästä hinnasta oman marginaalinsa, jolloin he saavat lisätuloa (ns. kaksinkertainen marginaali) myymällä saman sähköenergian eteenpäin lisäämällä siihen

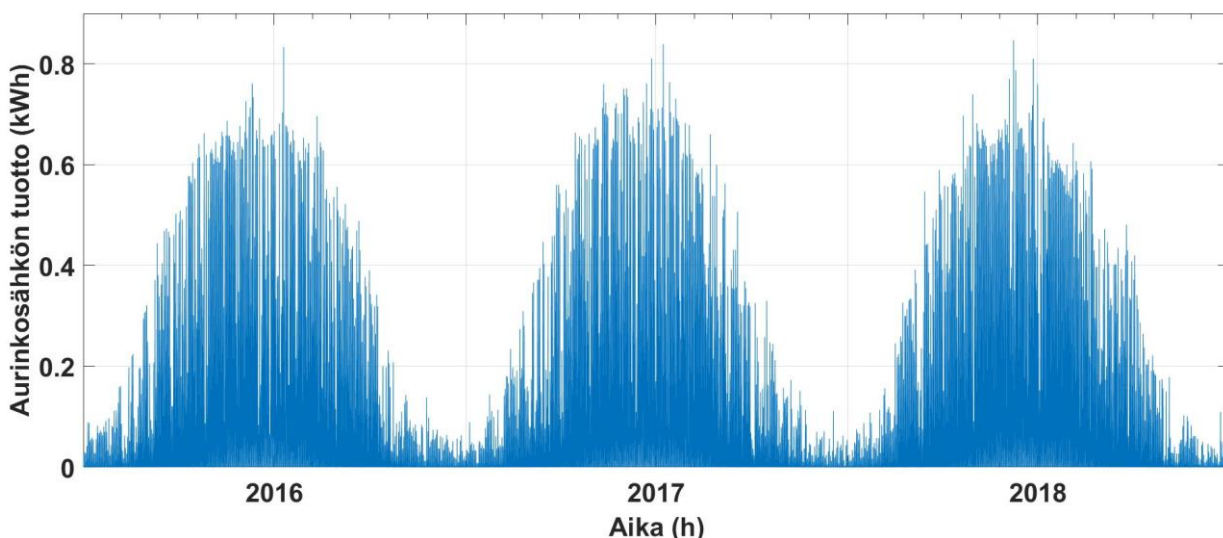
marginaalinsa. Tässä tarkastelussa oletetaan kuitenkin, että verkkoon syötöstä ei vähennetä marginaalia ja vähittäismyyjä saa vain yksinkertaisen marginaalin verran voittoa pientuottajalta ostamansa sähkön edelleen myynnistä. Mahdollinen lisätulo ylijäämänsähkön välityspalkkiosta on kuitenkin laskettu ja esitetty tulosten yhteydessä.

2.3. Energiaresurssit ja niiden mitoittaminen

Energiayhteisön muodostaminen on teknologianeutraalia, mikä tarkoittaa, että yhteisön hyödyntämät energiaresurssit ovat vapaasti valittavia. Energiayhteisön tarkoitus on kuitenkin mahdollistaa uusiutuvan energian tehokas hyödyntäminen. Tässä tarkastelussa keskitytään aurinkosähkön tuotantoon ja energian varastoinnissa litiumioniakkupohjaisiin ratkaisuihin.

2.3.1. Aurinkosähköjärjestelmä

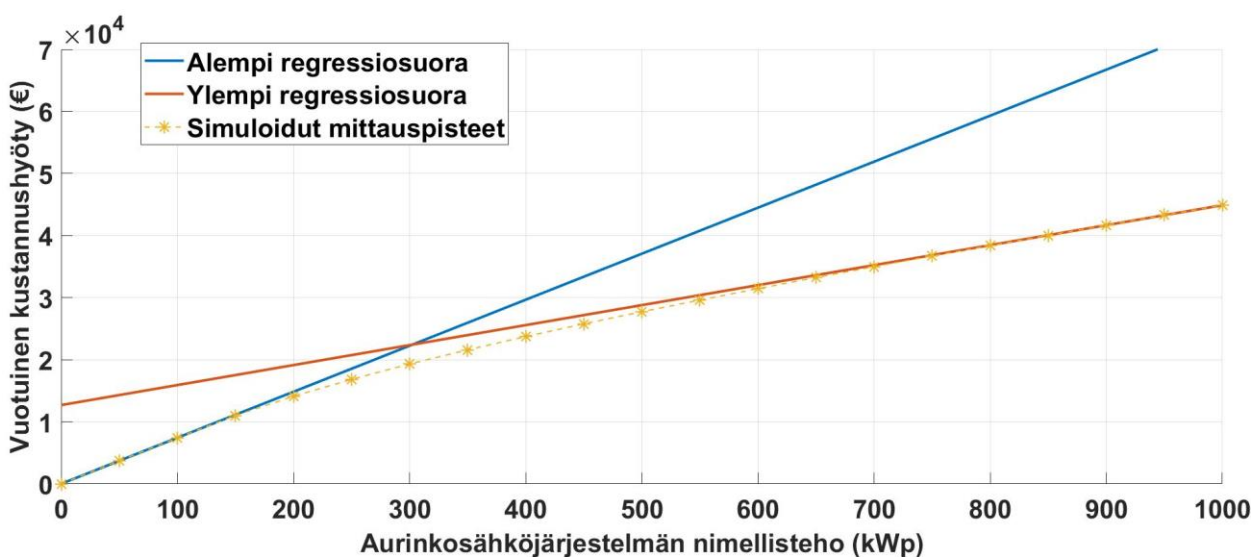
Aurinkosähkön tuotantoprofiili on mallinnettu hyödyntäen Ilmatieteenlaitoksen mittaamia auringon säteilyn suoraa-, haja- ja heijastunutta säteilyn komponenttia sekä ilman lämpötiloja tarkastelluilta jaksoilta [10]. Mittaukset on otettu niiltä mittausasemilta, jotka sijaitsevat mahdollisimman lähellä tarkasteltavia kulutuskohteita. Paneelille (kallistettu 45° etelään) tuleva kokonaissäteily on mallinnettu eri komponenteista hyödyntäen Reindlin mallia [11]. Tuotetun sähköenergian määrään vaikuttaa myös paneelin lämpötila, jonka mallintamisessa on hyödynnetty Ilmatieteenlaitoksen lämpötilamittauksia ja auringon säteilyn voimakkuutta. Menetelmä on kuvattu tarkemmin esimerkiksi lähteessä [12]. Kuvassa 4 on esitetty aurinkosähkön mallinnettu tuotantoprofiili vuosille 2016–2018 tunneittain 1 kVA:n nimellistehon suuruiselle voimalalle. Kuvassa esitettyä tuotantoprofiilia skaalaamalla voidaan määrittää tuotantoprofiilit eri kokoisille voimaloille.



Kuva 4. Aurinkosähkön tuotantoprofiili 1 kVA voimalalle 2016–2018

Aurinkosähköjärjestelmän mitoituksessa on ensin otettava huomioon, että yhden teholtaan 320–430 W paneelin koko on noin 1,6–2 m². Monissa tapauksissa esimerkiksi tilan puute voi rajoittaa kattoasennusten kokoa. Paneeli tai paneelikenttä voidaan asentaa myös talon tai tontin ulkopuolelle ja liittää se asiakkaan sähköjärjestelmään sähköverkon tai erillisen linjan avulla.

Tässä tarkastelussa aurinkosähköjärjestelmä mitoitetaan optimaalisesti taloudellisesta näkökulmasta. Pääsääntö mitoituksessa on, että omakäyttö on lähtökohtaisesti kannattavaa, mutta verkkoon syöttö ei, tosin energiakriisin aikana (2022–2023) myös verkkoon syöttö on ollut ajoittain kannattavaa. Paneelikokoa kasvatettaessa saadut tuotot kasvavat lineaarisesti, kun valtaosa tuotannosta menee omakäyttöön. Kun paneelikokoa kasvatetaan edelleen ja siirrytään tilanteeseen, jossa valtaosa lisätuotannosta syötetään sähköverkkoon, tuotto kasvaa edelleen lineaarisesti, mutta pienemmällä kulmakertoimella. Kun tarkastellaan aurinkosähköjärjestelmän investointikustannuksia suhteessa paneelikokoon, kustannukset kasvavat tuottoja loivemmin omakäyttöosuudella, mutta jyrkemmin verkkoon syöttöosuudella. Mitoituksessa onkin keskityttävä muutostilanteeseen, jossa siirrytään omakäytöstä verkkoon syöttöön. Kuitenkin, vaikka tuotanto kasvaa, kun keskipäivälle tulee paljon lisää ylituotantoa, voi aamuisin ja iltapäivisin olla silti paljon kulutusta, jolloin kasvava tuotanto menee edelleen pääosin omakäyttöön. Myös sähkön markkinahinta on usein korkeimmillaan juuri aamuisin ja iltapäivisin. Taloudellisesti kannattavin paneelikoko löytyy kahden lineaarisen suoran leikkauspisteestä, joka voidaan havaita kuvassa 5 esitetystä esimerkistä [12]. Optimaalisella paneelikoolla asiakkaan tai yhteisön omakäyttöaste on keskimäärin 70–80 % luokkaa, mutta tämä vaihtelee voimakkaasti kulutusprofiilista riippuen. Tämä mitoitusmenetelmä pätee tyypillisillä aurinkosähköjärjestelmien investointikustannuksilla ja käyttöajoilla, mutta mikäli järjestelmän investoinnin laskennallinen



Kuva 5. Aurinkosähköjärjestelmän optimaalinen mitoitus kuuden kerrostalon muodostamaan energiayhteisöön

vuosikulu on korkea, optimaalinen paneelikoko on pienempi ja matalammalla vuosikululla päinvastoin.

Aurinkosähköjärjestelmien investointikustannukset koostuvat paneeleista, invertteristä ja laitteiston asennuksesta. Edellä mainitut tekijät ovat riippuvaisia järjestelmän koosta. Kuitenkin lähtökohtaisesti pienet järjestelmät ovat suhteessa kalliimpia kuin suuremmat, koska suuremman järjestelmän asentaminen kokoon nähden on edullisempää ja pienen invertterin hinta on tehoon nähden suhteessa korkeampi kuin suuren. Yli 100 kVA järjestelmissä hinta on suunnilleen 900–1000 €/kVA ja tätä pienemmissä hieman korkeampi. Investoinnin pitoajaksi lasketaan tyypillisesti 15 vuotta (invertterin elinikä, mutta paneelit voivat kestää pidempään), jolloin 900 € investointikustannuksella vuotuinen kulu on noin 60 €/kVA.

2.3.2. Akku

Akun lataaminen ja purkaminen aiheuttaa energiahäviöitä. Akun hyötysuhde riippuu käytetyistä tehoista ja akun kunnosta (ikäntymisen aiheuttamat muutokset). Lyhyen käyttöajan mallinuksissa (vuosi), voidaan akun ikäntymisen olettaa merkityksettömäksi ja käyttää keskiarvoon perustuvaa hyötysuhdetta tehosta riippuvan hyötysuhteen lisäksi. Litiumioniakun hyötysuhde erittäin korkea, jopa 94–98 %. Mallinuksessa hyötysuhde vaihtelee tällä välillä riippuen käytettävästä tehosta, ottaen huomioon häviöt invertterissä. Hyötysuhteen pitämiseksi korkealla ja akun ikäntymisen minimoimiseksi tarkastelussa käytettiin akun C-arvona 0,7. C-arvo tarkoittaa tehon suhdetta kapasiteettiin. Toisin sanoen 1 kWh akun maksimi purkuteho on 0,7 kW. Lisäksi akun varaustila, SOC (eng. state of charge), on rajoitettu välille 25–95 %, joka tarkoittaa, että esimerkiksi 10 kWh akun todellinen käytettävissä oleva kapasiteetti on 7 kWh. Näillä asetuksilla akun elinikä saadaan maksimoitua, joka on taloudellisesti kannattavampaa kuin maksimoida yhden vuoden hyöty. Akun mallinuksesta on kerrottu tarkemmin esimerkiksi artikkelissa [12].

Akkua voidaan ohjata erilaisiin hintasignaaleihin pohjautuen. Tässä tarkastelussa akkua ohjataan maksimoimaan aurinkosähkön omakäyttö, jolloin ylituotantoa ladataan akkuun ja kun kulutus ylittää tuotannon, niin verkosta ostoa korvataan purkamalla akkua. Akku voitaisiin ohjata älykkäästi huomioiden myös muut hintasignaalit, kuten huipputehon laskeminen purkamalla akkua huipputehon aikana tai ohjaamalla akun latausta ja purkua sähkön markkinahinnan mukaan minimoiden ostosähkön hankintakustannukset. Huomioitavaa on kuitenkin, että useiden ohjaustavoitteiden käyttäminen edellyttää älykästä tuotannon ja kulutuksen ennustavaa ohjausta. Esimerkiksi ylituotannon latauksen mahdollistamiseksi akku tulisi olla mahdollisimman tyhjä ja vastaavasti huipputehon pienentämistä varten sen tulisi olla täynnä. Ohjauksen tulisi osata ennakoida tulevat tilanteet ja ennustevirheiden vuoksi laskennallisiin maksimihyötyihin ei todellisissa tilanteissa päästä.

Akun investointikustannusten arviointi on haastavaa. Kasvavan akkuteollisuuden seurauksena litiumioniakkujen hinnat ovat pudonneet radikaalisti vuosittain aina vuoteen 2022 saakka, jolloin voimakas inflaatio pysäytti kehityksen [13]. Hinnossa on päästy hyvin lähelle 100 €/kWh tasoa, kun tarkastellaan akkutehtaan valmistaman akkukennon arvoa. Lisäksi tarvitaan tehoelektroniikkaa ja ohjausjärjestelmä, jotta saadaan kaupallinen loppukäyttöön soveltuva tuote. Myös hankintaketju ja asennus aiheuttavat kustannuksia. Järjestelmän lopulliseen hintaan vaikuttaa myös se, onko akku integroitavissa suoraan olemassa olevan aurinkosähköjärjestelmän invertteriin vai tarvitseeko akku erillisen invertterin. Kun tarkastellaan Suomessa myynnissä olevia kotiakkujärjestelmiä, jotka soveltuvat energiayhteisöjen kokoluokkaan, hinnat vaihtelevat suunnilleen 500–1000 €/kWh välillä. Tulevaisuudessa kotiakkujen markkinoiden kasvaessa voidaan hintojen odottaa laskevan. Tämän tarkastelun kannattavuuslaskelmissa on oletettu akun hinnaksi 500 €/kWh. Litiumioniakkujen eliniät ovat kasvaneet myös nopeasti viime vuosina akkujen kehitystyön ja akun kunnosta huolta pitävien ohjausjärjestelmien ansiosta. Akun eliniäksi voidaan olettaa 15 vuotta, jolloin kannattavuuslaskelmissa akun investointikustannuksen vuotuiseksi kuluksi pitoajalle tulee noin 33,3 €/kWh.

2.4. Erillisen linjan kustannukset

Jos energiaressurssi liitetään asiakkaalle tai energiayhteisölle erillisen linjan välityksellä, sen kustannukset tulee huomioida kannattavuustarkasteluissa. Kustannusten arvioinnissa on käytetty Energiaviraston määrittämiä verkkokomponenttien yksikköhintoja [14]. Kustannukset koostuvat maakaapelista, kaapeliosta ja mahdollisesta muuntamosta muuntajineen, mikäli korkeiden tehojen vuoksi joudutaan käyttämään keskijännitekomponentteja (20 kV) tai niiden käyttäminen tulee edullisemmaksi kuin pienjännitekomponenttien (0,4 kV) kaapelin pituuden vuoksi. Taulukossa 5 on esitetty lasketut erillisen linjan rakentamiskustannukset eri linjan pituuksilla, tehoilla ja kaivuolosuhteilla. Taulukossa on esimerkinomaisesti valittu muutamia mahdollisia

Taulukko 5. Erillisen linjan rakentamiskustannukset (€, 0 % ALV)

	Pienjännite (0,4 kV)									
	Tavallinen kaivuolosuhde					Vaikea kaivuolosuhde				
	50 m	100 m	200 m	500 m	1 000 m	50 m	100 m	200 m	500 m	1 000 m
25 kVA	1 450	2 900	5 800	14 500	29 000	3 600	7 200	14 400	36 000	72 000
40 kVA	1 450	2 900	5 800	14 500	29 000	3 600	7 200	14 400	36 000	72 000
200 kVA	2 730	5 460	10 920	27 300	54 600	4 880	9 760	19 520	48 800	97 600
300 kVA	3 480	6 960	13 920	34 800	69 100	25 555	30 110	39 220	66 550	112 100
450 kVA	4 665	9 330	18 660	46 650	78 500	34 955	39 510	48 620	75 950	121 500
1 MVA	37 305	39 710	44 520	58 950	83 000	39 455	44 010	53 120	80 450	126 000
2 MVA	44 105	46 510	51 320	65 750	89 800	46 255	50 810	59 920	87 250	132 800

Keskijännite (20 kV)

järjestelmän tehoja, jotka vastaavat mahdollisia aurinkosähköjärjestelmän nimellistehoja.

Kustannukset on laskettu viidelle eri linjan pituudelle (väliltä 50–1 000 m) ja tarkastelussa on käytetty ”tavallista” ja ”vaikeaa” kaivuolosuhdetta. Kun linjan pituus ja teho kasvavat, pienjännitettä käytettäessä voidaan joutua käyttämään useaa rinnakkaista kaapelia, jolloin keskijännitekomponenttien käyttö voi tulla edullisemmaksi (esim. 1 km linja 300–450 kVA tehoilla). Suurilla tehoilla (1 MVA alkaen) täytyy lähtökohtaisesti käyttää keskijännitekomponentteja. Energiayhteisön kustannuksia laskiessa täytyy esitettyihin hintoihin lisätä myös arvonlisävero.

2.5. Uuden sähköliittymän kustannukset

Mikäli yhteisö muodostetaan paikallisena hajautettuna yhteisönä, jossa energiaresurssit liitetään yhteisöön jakeluverkon kautta, joudutaan energiaresursseille hankkimaan uudet sähköliittymät. Uudesta liittymästä asiakkaan täytyy maksaa jakeluverkkoyhtiölle sekä kertaluontoinen liittymismaksu että verkkopalveluhinnaston mukaiset maksut, mikäli resurssiin liittyy kulutusta (esimerkiksi akun lataaminen). Verkkopalvelumaksuista tulevat kustannukset huomioidaan tämän raportin laskelmissa, mutta liittymismaksuja ei, koska se tulee maksaa investointihetkellä (energiayhteisö perustettaessa) ja se ei ole vuotuinen kustannus. Tämä on kuitenkin hyvä huomioida, koska tilanteessa, jossa energiaresurssi liitettäisiin uuden liittymän kautta, syntyisi säästöjä, uuden liittymän kustannus tulisi pystyä myös maksamaan tästä säästöstä. Tarkasteltujen jakeluverkkoyhtiöiden liittymismaksut tapauksessa, jossa liittymismatka lähimmältä muuntajalta on noin 400 m, on esitetty taulukossa 6. Hinnat on esitetty 3x25A ja 3x63A liittymille. Mikäli energiaresurssi liitetään uuden liittymän kautta, täytyy esimerkiksi 35–40 kW aurinkosähkövoimalalle olla 3x63A liittymä ja 10 kWh akulle 3x25A liittymä. Jakeluverkkoyhtiöillä voi olla myös erillinen hinta pientuotantoliittymälle, joka on kuitenkin harvinaista. Tässä tarkastelussa yhdellä yhtiöllä (yhtiö 6) on erillinen hinta pientuotantoliittymälle, joka on 558 €.

Taulukko 6. Liittymismaksuhintojen esimerkit eri jakeluverkkoyhtiöissä (liittymismatka 400 m)

Yhtiö	3x25A	3x63A
1	2 750 €	4 300 €
2	1 820 €	4 600 €
3	3 065 €	4 953 €
4	2 000 €	3 500 €
5	3 700 €	4 576 €
6	1 705 €	3 448 €
7	4 275 €	9 970 €
8	2 214 €	5 580 €
9	3 937 €	8 413 €

3. Tulokset

Tässä luvussa on esitetty tarkastelujen tulokset, jotka on laskettu hyödyntäen luvussa 2 esitettyjä lähtötietoja. Energiayhteisön perustamisella on kaksiportainen taloudellinen vaikutus. Ensimmäisessä portaassa yksittäisistä käyttöpaikoista perustetaan yhteisö, jolloin käyttöpaikkojen lukumäärä muuttuu. Kiinteistön sisäistä yhteisöä perustettaessa useasta käyttöpaikasta tulee yksi yhteinen käyttöpaikka ja paikallisesti hajautettua yhteisöä perustettaessa tarvitaan mahdollisesti uusia käyttöpaikkoja energiaressseille. Toisessa portaassa huomioidaan energiaressurssien käyttöönoton vaikutukset. Erillisen linjan kannattavuuslaskelmissa sen hyödyksi huomioidaan energiaressurssin käyttöönotosta seuraavat säästöt, joilla linjan rakentamisen kustannukset tulee kattaa. Ensimmäisen portaan hyödyt energiayhteisön perustamisesta eivät ole erillisen linjan hyötyjä. Vähittäismyyjän näkökulmasta yhteisö on aina yksi asiakas, joten yhteisön perustamisessa vähittäismyyjän asiakkaat vähenevät. Vähenevän asiakasmäärän seurauksena vähittäismyyjän saamat perusmaksut pienenevät ja tämä on ensimmäisen portaan vaikutus.

3.1. Pienasiakkaiden muodostama energiayhteisö

Pienasiukkaat voisivat muodostaa paikallisesti hajautetun energiayhteisön, jossa yhteisöllä olisi yksi yhteinen sopimus sähkön vähittäismyyjän kanssa, mutta yhteisön jäsenien ja energiaressurssien liittäminen toisiinsa tapahtuisi paikallisen jakeluverkkoyhtiön verkon kautta. Toinen vaihtoehto on muodostaa kiinteistön sisäinen energiayhteisö, jossa yhteisön jäsenet olisivat yhden kiinteistön sisällä ja näin ollen yhteisöllä olisi vain yksi yhteinen sopimus jakeluverkkoyhtiön kanssa. Energiaressurit liitettäisiin erillisen linjan välityksellä suoraan kiinteistön sisäiseen yhteisöön. Tässä luvussa on tarkasteltu kahta edellä kuvattua vaihtoehtoa.

Pienasiakkaiden muodostamaan energiayhteisöön mitoitettiin nimellisteholtaan 35 kW suuruinen aurinkosähköjärjestelmä, jolla yhteisö saa suurimman taloudellisen hyödyn tyypillisesti käytetyillä tariffeilla. Vertailtavuuden vuoksi samaa kokoa käytettiin kaikilla jakeluverkkoyhtiöillä, vaikka todellisuudessa erilaisista tariffirakenteista johtuen yhtiöiden välillä on pieniä eroja. Huomioitavaa on, että laskennallisesti 3 kW voimala oli hyvin kannattava vain yhdelle asiakkaalle ja lähes kannattava kahdelle asiakkaalle. Voidaan myös olettaa, että näillä kolmella asiakkaalla ei silti olisi yksinään kannattavaa hankkia voimalaa, jos kiinteistöllä on vaikeita varjostuksia (esim. suurta puustoa etelän suunnalla) tai kiinteistöllä ei ole potentiaalisia sijoituspaikkoja voimalalle (esim. rakennuksen katto viettää pohjoisen suuntaan tai käytettävissä oleva tila kiinteistöllä on rajallinen). Näin ollen voidaan ajatella, että yhteisön perustaminen tarkoittaa 26–35 kW lisää aurinkovoimaa, mikä tarkoittaa noin 18–25 MWh vuotuista aurinkosähköllä tuotetun energian lisäystä. Simuloitu vuosituotanto 35 kW voimalalle on 24,6 MWh, josta yhteisön omassa

kulutuksessa saadaan hyödynnettyä 20,8 MWh (omakäyttöaste 84,3 %) ja verkkoon myytävää ylijäämää jää 3,9 MWh (15,7 %).

Kun energiayhteisö ottaa käyttöön 10 kWh akun varastoimaan ylijäämäsähköä myöhempää käyttöä varten, aurinkosähköjärjestelmän mitoitus-teho on 40 kW. Eli 10 kWh akulla saadaan 5 kW suurempi aurinkosähköjärjestelmä, joka tarkoittaa vielä noin 3,5 MWh lisäystä vuotuisen tuotantoon. Akkua ei ole kannattavaa käyttää aurinkosähkötuotannon omakäyttöasteen kasvattamiseen, vaan suurin hyöty saadaan, kun akkua käytetään aurinkosähköjärjestelmän kasvattamiseen. Mikäli käytössä on teho-perusteinen hinnoittelu, kuten PJ-tehotariffi, voidaan akusta saada lisähyötyä käyttämällä sitä huipputehon alentamiseen. Tällöin kannattaa käyttää myös suurempaa akkua. Teho-ohjausten vaikutusten tutkimiseksi käytettiin 20 kWh akkua 40 kW aurinkosähköjärjestelmän kanssa. Simuloitu vuosituotanto 40 kW voimalalle on 28,2 MWh. Kun yhteisöllä on käytössä 10 kWh akku tuotannon omakäytön kasvattamiseen, energiayhteisö pystyy käyttämään omassa kulutuksessa 23,7 MWh (84,0 %) ja verkkoon myyntiin menee 4,5 kWh (16,0 %). Kun yhteisöllä on käytössä 20 kWh akku, jota käytetään ensisijaisesti huipputehon pienentämiseen, energiayhteisö pystyy käyttämään omassa kulutuksessa 23,2 MWh (82,4 %) ja verkkoon myytävää ylijäämää jää 5,0 MWh (17,6 %).

3.1.1. Paikallisesti hajautettu yhteisö aurinkosähköjärjestelmällä

Paikallisesti hajautetun yhteisön, johon liitetään aurinkosähköjärjestelmä uuden liittymän kautta, perustaminen johtaa simulointien myötä taulukon 7 mukaisiin vaikutuksiin yhteisön asiakkaille, verkkoyhtiölle ja verottajalle. Lisäksi vähittäismyyjän tulot muuttuvat, kun perusmaksut pienevät. Nykyisin vähittäismyyjän tulo on 1069,88 € ja yhteisömallilla se olisi 522,68 € (-547,20 €). Uuden liittymän maksut kasvattavat verkkoyhtiön tuloja ja vähentävät yhteisön säästöjä. Taulukosta

Taulukko 7. Paikallisesti hajautetun yhteisön perustamisen taloudelliset vaikutukset energiayhteisölle, verkkoyhtiölle ja valtiolle vuodessa

Yhtiö	Kokonaiskustannukset energiayhteisö			Verkkoyhtiön tulo			Verot		
	Nykyinen	Yhteisö	Säästö	Nykyinen	Yhteisö	Muutos	Nykyinen	Yhteisö	Muutos
1	17 619,52 €	17 138,44 €	481,08 €	4 669,25 €	4 722,57 €	53,32 €	7 041,98 €	7 054,77 €	12,80 €
2	16 195,28 €	15 718,88 €	476,40 €	3 520,66 €	3 577,76 €	57,10 €	6 766,32 €	6 780,02 €	13,70 €
3	16 137,27 €	15 637,83 €	499,44 €	3 473,88 €	3 512,40 €	38,52 €	6 755,09 €	6 764,33 €	9,24 €
4	15 941,44 €	15 454,24 €	487,20 €	3 315,96 €	3 364,35 €	48,39 €	6 717,19 €	6 728,80 €	11,61 €
5	15 950,45 €	15 471,41 €	479,04 €	3 323,23 €	3 378,19 €	54,97 €	6 718,93 €	6 732,12 €	13,19 €
6	14 768,46 €	14 608,74 €	159,72 €	2 370,00 €	2 682,49 €	312,48 €	6 490,16 €	6 565,15 €	75,00 €
7	24 349,76 €	25 207,04 €	-857,28 €	10 096,86 €	11 229,51 €	1 132,65 €	8 344,60 €	8 616,44 €	271,83 €
8	21 872,86 €	22 346,62 €	-473,76 €	8 099,36 €	8 922,71 €	823,35 €	7 865,20 €	8 062,81 €	197,61 €
9	16 647,17 €	16 448,21 €	198,96 €	3 885,09 €	4 165,93 €	280,84 €	6 853,78 €	6 921,18 €	67,40 €

nähdään, että kahdella verkkoyhtiöllä (yhtiöt 7 ja 8) uuden liittymän kustannukset ovat suuremmat kuin vähittäismyyjän perusmaksuista saatavat säästöt, jolloin yhteisön perustaminen aiheuttaa yhteisölle lisäkuluja. Muilla verkkoyhtiöillä yhteisön perustamisesta jää yhteisölle säästöjä.

Kun yhteisö ottaa käyttöön energiaressin (35 kW aurinkosähköjärjestelmä), sähkön vähittäismyyjän tulo on 461,81 € (-60,87 €), joka laskee vähentyneen myynnin seurauksena. Jos sähkön vähittäismyyjä perisi ylijäämänsä välittämisestä energiayhteisöltä marginaalin suuruisen palkkion, tämä tarkoittaisi vähittäismyyjälle 13,93 € lisätuloa, joka laskisi samalla energiayhteisön säästöjä. Energiaressin käyttöönoton taloudelliset vaikutukset yhteisölle, verkkoyhtiölle ja valtiolle on esitetty taulukossa 8. Kiinteistön sisäisen energiayhteisön tapauksessa yhteisön saama säästö on samansuuruinen kaikilla verkkoyhtiöillä, samoin kuin verkkoyhtiön tulojen muutos ja verotulojen muutos. Yhteisön saama säästö muodostuu ostettavan sähkön määrän vähentymisestä ja ylijäämän verkkoon myynnistä. Verkkoyhtiön perimät maksut asiakkailta eivät muutu paikallisesti hajautetussa yhteisössä, vaikka yhteisöön lisätään tuotantoliittymä. Verkkoyhtiön osalta kantaverkkopalvelumaksu kuitenkin alentaa kustannuksia, kun energian siirto kantaverkosta kulutukseen pienenee tuotannon myötä ja siten verkkoyhtiö saa lisätuloa. Sähköveron määrä pysyy ennallaan, mutta maksettujen arvonlisäverojen määrä vähenee.

Taulukko 8. Paikallisesti hajautetun yhteisön 35 kW aurinkosähköjärjestelmän taloudelliset vaikutukset energiayhteisölle, verkkoyhtiölle ja valtiolle vuodessa

Yhtiö	Kokonaiskustannukset energiayhteisö			Verkkoyhtiön tulo			Verot		
	Yhteisö	Resurssi	Säästö	Yhteisö	Resurssi	Muutos	Yhteisö	Resurssi	Muutos
1	17 138,44 €	15 897,87 €	1 240,57 €	4 722,57 €	4 741,67 €	19,10 €	7 054,77 €	6 739,82 €	-314,96 €
2	15 718,88 €	14 478,31 €	1 240,57 €	3 577,76 €	3 596,86 €	19,10 €	6 780,02 €	6 465,06 €	-314,96 €
3	15 637,83 €	14 397,26 €	1 240,57 €	3 512,40 €	3 531,50 €	19,10 €	6 764,33 €	6 449,38 €	-314,96 €
4	15 454,24 €	14 213,67 €	1 240,57 €	3 364,35 €	3 383,45 €	19,10 €	6 728,80 €	6 413,84 €	-314,96 €
5	15 471,41 €	14 230,84 €	1 240,57 €	3 378,19 €	3 397,29 €	19,10 €	6 732,12 €	6 417,17 €	-314,96 €
6	14 608,74 €	13 368,17 €	1 240,57 €	2 682,49 €	2 701,59 €	19,10 €	6 565,15 €	6 250,20 €	-314,96 €
7	25 207,04 €	23 966,47 €	1 240,57 €	11 229,51 €	11 248,61 €	19,10 €	8 616,44 €	8 301,48 €	-314,96 €
8	22 346,62 €	21 106,05 €	1 240,57 €	8 922,71 €	8 941,81 €	19,10 €	8 062,81 €	7 747,85 €	-314,96 €
9	16 448,21 €	15 207,64 €	1 240,57 €	4 165,93 €	4 185,03 €	19,10 €	6 921,18 €	6 606,22 €	-314,96 €

Aurinkosähköinvestoinnin laskennallinen vuotuinen kustannus on 2100 € (Luvun 2 mukaisesti 35 kW voimalalle 60 €/kVA kustannuksella), joten paikallisesti hajautetun energiayhteisön perustaminen aurinkosähköjärjestelmän kanssa ei lasketuissa tapauksissa ole kannattavaa ja lisäksi säästöjen tulisi kattaa myös uuden liittymän liittymismaksusta aiheutuvat kustannukset.

3.1.2. Kiinteistön sisäinen yhteisö aurinkosähköjärjestelmällä

Mikäli edellä kuvattu energiayhteisö muodostetaan kiinteistön sisäisenä yhteisönä, energiayhteisön ja verkkoyhtiön kokemat taloudelliset vaikutukset sekä vaikutukset verokertymään ovat taulukoissa 9 ja 10 esitetyn mukaiset. Taulukossa 9 esitetyt tulokset on laskettu siten, että yhteisö muodostaisi yhden 3x63A liittymän ja hinnoittelu olisi yleistariffin mukainen. Taulukon 10. tulokset on laskettu siten, että yhteisöä palveltaisiin yhden 3x80A liittymän avulla ja verkkopalvelumaksuja veloittettaisiin PJ-tehotariffin mukaisesti. Kiinteistön sisäisen energiayhteisön perustamisen vaikutus sähkön vähittäismyyjän tuloihin on vastaava kuin paikallisesti hajautetun energiayhteisön tapauksessa. Kun yhteisöä laskutetaan yleistariffin perusteella (taulukko 9), sen säästöt kokonaiskuluissa vaihtelevat välillä 1394,93–6020,93 €. Jos yhteisö käyttäisi PJ-tehotariffia, niin kahdella yhtiöllä (yhtiöt 3 ja 6) tariffin muutos aiheuttaisi yhteisölle lisäkustannuksia. Muilla verkkoyhtiöillä yhteisölle jäisi säästöjä. Kolmella verkkoyhtiöllä

Taulukko 9. Kiinteistön sisäisen yhteisön perustamisen vaikutukset (yleistariffi)

Yhtiö	Kokonaiskustannukset energiayhteisö			Verkkoyhtiön tulo			Verot		
	Nykyinen	Yhteisö	Säästö	Nykyinen	Yhteisö	Muutos	Nykyinen	Yhteisö	Muutos
1	17 619,52 €	15 949,19 €	1 670,33 €	4 669,25 €	3 869,41 €	-799,84 €	7 041,98 €	6 718,69 €	-323,29 €
2	16 195,28 €	14 454,75 €	1 740,53 €	3 520,66 €	2 664,21 €	-856,45 €	6 766,32 €	6 429,44 €	-336,88 €
3	16 137,27 €	14 742,34 €	1 394,93 €	3 473,88 €	2 896,14 €	-577,74 €	6 755,09 €	6 485,10 €	-269,99 €
4	15 941,44 €	14 362,92 €	1 578,53 €	3 315,96 €	2 590,15 €	-725,81 €	6 717,19 €	6 411,66 €	-305,52 €
5	15 950,45 €	14 249,53 €	1 700,93 €	3 323,23 €	2 498,71 €	-824,52 €	6 718,93 €	6 389,72 €	-329,21 €
6	14 768,46 €	12 833,53 €	1 934,93 €	2 370,00 €	1 356,78 €	-1 013,23 €	6 490,16 €	6 115,65 €	-374,50 €
7	24 349,76 €	18 328,84 €	6 020,93 €	10 096,86 €	5 788,48 €	-4 308,39 €	8 344,60 €	7 179,26 €	-1 165,34 €
8	21 872,86 €	18 438,65 €	3 434,21 €	8 099,36 €	5 877,03 €	-2 222,32 €	7 865,20 €	7 200,52 €	-664,69 €
9	16 647,17 €	13 875,24 €	2 771,93 €	3 885,09 €	2 196,87 €	-1 688,23 €	6 853,78 €	6 317,28 €	-536,50 €

Taulukko 10. Kiinteistön sisäisen yhteisön perustamisen vaikutukset (PJ-tehotariffi)

Yhtiö	Kokonaiskustannukset energiayhteisö			Verkkoyhtiön tulo			Verot		
	Nykyinen	Yhteisö	Säästö	Nykyinen	Yhteisö	Muutos	Nykyinen	Yhteisö	Muutos
1	17 619,52 €	14 742,13 €	2 877,39 €	4 669,25 €	2 790,06 €	-1 879,19 €	7 041,98 €	6 590,97 €	-451,01 €
2	16 195,28 €	15 280,63 €	914,65 €	3 520,66 €	3 224,33 €	-296,33 €	6 766,32 €	6 695,20 €	-71,12 €
3	16 137,27 €	16 541,63 €	-404,36 €	3 473,88 €	4 241,27 €	767,39 €	6 755,09 €	6 939,26 €	184,17 €
4	15 941,44 €	14 265,93 €	1 675,52 €	3 315,96 €	2 406,03 €	-909,93 €	6 717,19 €	6 498,80 €	-218,38 €
5	15 950,45 €	14 001,23 €	1 949,23 €	3 323,23 €	2 192,56 €	-1 130,67 €	6 718,93 €	6 447,57 €	-271,36 €
6	14 768,46 €	14 997,63 €	-229,17 €	2 370,00 €	2 996,11 €	626,10 €	6 490,16 €	6 640,42 €	150,26 €
7	24 349,76 €	22 021,23 €	2 328,54 €	10 096,86 €	8 660,30 €	-1 436,56 €	8 344,60 €	7 999,83 €	-344,77 €
8	21 872,86 €	17 829,03 €	4 043,83 €	8 099,36 €	5 279,50 €	-2 819,86 €	7 865,20 €	7 188,43 €	-676,77 €
9	16 647,17 €	15 526,73 €	1 120,44 €	3 885,09 €	3 422,80 €	-462,29 €	6 853,78 €	6 742,83 €	-110,95 €

säästöt olisivat suuremmat PJ-tehotariffilla kuin yleistariffilla. Yhteisön säästöt tarkoittavat verkkoyhtiön tulon ja verotulon menetyksiä.

Taloudelliset vaikutukset kiinteistön sisäiselle energiayhteisölle, verkkoyhtiölle ja verottajalle, kun energiayhteisö ottaa 35 kW aurinkosähköjärjestelmän käyttöön, on esitetty taulukossa 11 yleistariffia käyttäen ja taulukossa 12 PJ-tehotariffia käyttäen. Kolmella verkkoyhtiöllä (2, 7 ja 9) energiayhteisön saavuttama säästö on PJ-tehotariffilla suurempi kuin yleistariffilla, mutta vaihtelu verkkoyhtiöiden välillä on melko pientä. Aurinkosähköjärjestelmän käyttöönotto aiheuttaa tulon menetyksiä verkkoyhtiölle ja verottajalle, kun verkosta yhteisöön siirrettävän sähkön määrä vähenee. Sähkön vähittäismyyjän tulot kiinteistön sisäisessä yhteisössä aurinkosähköjärjestelmän käyttöönoton jälkeen ovat vastaavat kuin paikallisesti hajautetussa energiayhteisössä.

Taulukko 11. Kiinteistön sisäisen yhteisön 35 kW aurinkosähköjärjestelmän taloudelliset vaikutukset energiayhteisölle, verkkoyhtiölle ja valtiolle vuodessa (Yleistariffi)

Yhtiö	Kokonaiskustannukset energiayhteisö			Verkkoyhtiön tulo			Verot		
	Yhteisö	Resurssi	Säästö	Yhteisö	Resurssi	Muutos	Yhteisö	Resurssi	Muutos
1	15 949,19 €	13 302,36 €	2 646,83 €	3 869,41 €	3 264,12 €	-605,29 €	6 718,69 €	5 679,05 €	-1 039,63 €
2	14 454,75 €	12 038,42 €	2 416,33 €	2 664,21 €	2 244,81 €	-419,40 €	6 429,44 €	5 434,42 €	-995,02 €
3	14 742,34 €	12 278,25 €	2 464,09 €	2 896,14 €	2 438,22 €	-457,92 €	6 485,10 €	5 480,84 €	-1 004,26 €
4	14 362,92 €	11 959,04 €	2 403,87 €	2 590,15 €	2 180,80 €	-409,35 €	6 411,66 €	5 419,06 €	-992,61 €
5	14 249,53 €	11 864,34 €	2 385,18 €	2 498,71 €	2 104,43 €	-394,28 €	6 389,72 €	5 400,73 €	-988,99 €
6	12 833,53 €	10 668,46 €	2 165,07 €	1 356,78 €	1 140,01 €	-216,76 €	6 115,65 €	5 169,27 €	-946,39 €
7	18 328,84 €	15 521,90 €	2 806,94 €	5 788,48 €	5 054,07 €	-734,40 €	7 179,26 €	6 108,64 €	-1 070,62 €
8	18 438,65 €	15 555,86 €	2 882,79 €	5 877,03 €	5 081,46 €	-795,57 €	7 200,52 €	6 115,22 €	-1 085,30 €
9	13 875,24 €	11 558,58 €	2 316,66 €	2 196,87 €	1 857,85 €	-339,01 €	6 317,28 €	5 341,55 €	-975,73 €

Taulukko 12. Kiinteistön sisäisen yhteisön 35 kW aurinkosähköjärjestelmän taloudelliset vaikutukset energiayhteisölle, verkkoyhtiölle ja valtiolle vuodessa (PJ-tehotariffi)

Yhtiö	Kokonaiskustannukset energiayhteisö			Verkkoyhtiön tulo			Verot		
	Yhteisö	Resurssi	Säästö	Yhteisö	Resurssi	Muutos	Yhteisö	Resurssi	Muutos
1	14 742,13 €	12 561,37 €	2 180,75 €	2 790,06 €	2 666,55 €	-123,51 €	6 590,97 €	5 535,64 €	-1 055,33 €
2	15 280,63 €	12 828,47 €	2 452,15 €	3 224,33 €	2 881,96 €	-342,38 €	6 695,20 €	5 587,33 €	-1 107,86 €
3	16 541,63 €	14 261,77 €	2 279,85 €	4 241,27 €	4 037,84 €	-203,43 €	6 939,26 €	5 864,75 €	-1 074,51 €
4	14 265,93 €	12 047,17 €	2 218,75 €	2 406,03 €	2 251,88 €	-154,15 €	6 498,80 €	5 436,12 €	-1 062,69 €
5	14 001,23 €	11 820,57 €	2 180,65 €	2 192,56 €	2 069,13 €	-123,43 €	6 447,57 €	5 392,26 €	-1 055,31 €
6	14 997,63 €	12 890,17 €	2 107,45 €	2 996,11 €	2 931,71 €	-64,39 €	6 640,42 €	5 599,28 €	-1 041,15 €
7	22 021,23 €	18 956,57 €	3 064,65 €	8 660,30 €	7 823,97 €	-836,33 €	7 999,83 €	6 773,42 €	-1 226,41 €
8	17 829,03 €	15 158,87 €	2 670,15 €	5 279,50 €	4 761,31 €	-518,18 €	7 188,43 €	6 038,38 €	-1 150,05 €
9	15 526,73 €	13 185,47 €	2 341,25 €	3 422,80 €	3 169,86 €	-252,94 €	6 742,83 €	5 656,43 €	-1 086,40 €

Aurinkosähköjärjestelmän käyttöönotto on kannattavaa kaikkien tutkittujen verkkoyhtiöiden alueella kiinteistön sisäisessä energiayhteisössä, kun aurinkosähköinvestoinnin laskennalliset vuotuiset kustannukset (2100 €) vähennetään säästöistä. Aurinkosähköinvestoinnin kustannusten jälkeen energiayhteisölle jäävä voitto ja siitä laskettu erillisen linjan kannattavuus investoinnin takaisinmaksuaikoinen on esitetty taulukossa 13. Erillisen linjan investointikustannus tulee siis kattaa aurinkosähköjärjestelmän investoinnista jäävällä voitolla. Takaisinmaksuajat on laskettu tavallisessa ja vaikeassa kaivuolosuhteessa kolmelle eri linjapituudelle. Muutamissa tapauksissa hyvin lyhyillä linjapituuksilla erillisen linjan takaisinmaksuaika pysyy kohtuullisena (alle 15 vuotta), mutta useimmissa tapauksissa takaisinmaksuaika on niin pitkä (kymmeniä, jopa satoja vuosia), että linjan rakentaminen voidaan katsoa kannattamattomaksi. Takaisinmaksuajat on laskettu yksinkertaistettuina takaisinmaksuaikoina, joten tulevien vuosien voittoja ei ole diskontattu nykyarvoon. Tulevien vuosien voittoon liittyy riski muuttuvista sähkön kustannuksista. Oletuksena on, että tulevien vuosien voitot muuttuvat suunnilleen samassa suhteessa yleisen korkotason kanssa, jolloin voittojen muutos ja niiden diskonttaus kompensoisivat toisensa ja siksi tarkastelussa on käytetty yksinkertaistettua takaisinmaksuaikaa.

Taulukko 13. Erillisen linjan kannattavuus aurinkosähköjärjestelmän kanssa

Yhtiö	Tariffi	Vuotuinen voitto (Aurinkosähköjärjestelmä)	Erillisen linjan takaisinmaksuaika (vuotta)					
			Tavallinen olosuhde			Vaikea olosuhde		
			100 m	500 m	1000 m	100 m	500 m	1000 m
1	Yleis	546,83 €	5,3	26,5	53,0	13,2	65,8	131,7
2	Yleis	316,33 €	9,2	45,8	91,7	22,8	113,8	227,6
3	Yleis	364,09 €	8,0	39,8	79,6	19,8	98,9	197,8
4	Yleis	303,87 €	9,5	47,7	95,4	23,7	118,5	236,9
5	Yleis	285,18 €	10,2	50,8	101,7	25,2	126,2	252,5
6	Yleis	65,07 €	44,6	222,9	445,7	110,7	553,3	1106,6
7	Yleis	706,94 €	4,1	20,5	41,0	10,2	50,9	101,8
8	Yleis	782,79 €	3,7	18,5	37,0	9,2	46,0	92,0
9	Yleis	216,66 €	13,4	66,9	133,9	33,2	166,2	332,3
1	PJ-teho	80,75 €	35,9	179,6	359,1	89,2	445,8	891,6
2	PJ-teho	352,15 €	8,2	41,2	82,4	20,4	102,2	204,5
3	PJ-teho	179,85 €	16,1	80,6	161,2	40,0	200,2	400,3
4	PJ-teho	118,75 €	24,4	122,1	244,2	60,6	303,1	606,3
5	PJ-teho	80,65 €	36,0	179,8	359,6	89,3	446,3	892,7
6	PJ-teho	7,45 €	389,0	1945,2	3890,4	965,9	4829,4	9658,8
7	PJ-teho	964,65 €	3,0	15,0	30,1	7,5	37,3	74,6
8	PJ-teho	570,15 €	5,1	25,4	50,9	12,6	63,1	126,3
9	PJ-teho	241,25 €	12,0	60,1	120,2	29,8	149,2	298,4

3.1.3. Paikallisesti hajautettu yhteisö aurinkosähkö- ja akkujärjestelmillä

Kun muodostetaan paikallisesti hajautettua energiayhteisö, johon on tarkoitus liittää aurinkosähköjärjestelmä ja akku, voidaan resurssit liittää yhteisöön yhden uuden liittymän kautta tai vaihtoehtoisesti molemmat resurssit voidaan liittää yhteisöön erillisillä liittymillä. Jos kytkentä tehdään yhdellä liittymällä, jossa akku on aurinkosähköjärjestelmän rinnalla, energiayhteisön perustamisen taloudelliset vaikutukset ovat vastaavat kuin luvussa 3.1.1. ja taulukossa 7 esitetyt. Mikäli aurinkosähköjärjestelmälle ja akulle käytetään erillisiä liittymiä, niin vaikutukset energiayhteisön kustannuksiin, verkkoyhtiön tuloihin ja veroihin muuttuvat taulukon 14 mukaisiksi. Sähkön vähittäismyyjän osalta muutos on vastaava kuin eri resurssien yhteisessä liittymässäkin. Verkkoyhtiön ja verottajan tulot kasvavat jokaisen tutkitun verkkoyhtiön alueella ja kahdella (7 ja 8) jopa niin paljon, että yhteisölle aiheutuu jopa lopulta kustannuksia yhteisön perustamisesta.

Taulukko 14. Paikallisesti hajautetun yhteisön perustamisen taloudelliset vaikutukset energiayhteisölle, verkkoyhtiölle ja valtiolle vuodessa (2 uutta liittymää)

Yhtiö	Kokonaiskustannukset energiayhteisö			Verkkoyhtiön tulo			Verot		
	Nykyinen	Yhteisö	Säästö	Nykyinen	Yhteisö	Muutos	Nykyinen	Yhteisö	Muutos
1	17 619,52 €	17 204,56 €	414,96 €	4 669,25 €	4 775,89 €	106,65 €	7 041,98 €	7 067,57 €	25,59 €
2	16 195,28 €	15 789,68 €	405,60 €	3 520,66 €	3 634,86 €	114,19 €	6 766,32 €	6 793,72 €	27,41 €
3	16 137,27 €	15 685,59 €	451,68 €	3 473,88 €	3 550,91 €	77,03 €	6 755,09 €	6 773,58 €	18,49 €
4	15 941,44 €	15 514,24 €	427,20 €	3 315,96 €	3 412,73 €	96,77 €	6 717,19 €	6 740,41 €	23,23 €
5	15 950,45 €	15 539,57 €	410,88 €	3 323,23 €	3 433,16 €	109,94 €	6 718,93 €	6 745,31 €	26,38 €
6	14 768,46 €	14 692,50 €	75,96 €	2 370,00 €	2 750,04 €	380,03 €	6 490,16 €	6 581,36 €	91,21 €
7	24 349,76 €	25 628,72 €	-1 278,96 €	10 096,86 €	11 569,57 €	1 472,71 €	8 344,60 €	8 698,05 €	353,45 €
8	21 872,86 €	22 582,66 €	-709,80 €	8 099,36 €	9 113,07 €	1 013,71 €	7 865,20 €	8 108,49 €	243,29 €
9	16 647,17 €	16 587,77 €	59,40 €	3 885,09 €	4 278,48 €	393,39 €	6 853,78 €	6 948,19 €	94,41 €

Kun energiayhteisö ottaa käyttöön aurinkosähköjärjestelmän ja akun energiaresursseina, energiayhteisön sisällä on myös joustoa. Energiaresurssien käyttöönoton vaikutukset energiayhteisön kokonaiskustannuksiin, verkkoyhtiön tuloihin ja veroihin on esitetty taulukoissa 15 ja 16. Taulukossa 15 esitetyt tuloksiin päädytään tilanteessa, jossa aurinkosähköjärjestelmä ja akku on liitetty yhteisöön yhteisellä liittymällä ja taulukossa 16 on kuvattu tulokset tilanteessa, jossa resurssit on liitetty erillisillä liittymillä. Sähkön vähittäismyyjän tulot energiaresurssien käyttöönoton jälkeen ovat 453,53 € (-69,15 €). Vähittäismyyjän mahdolliset lisätulot ylijäämästä perittävästä marginaalista olisivat 16,19 €. Kun aurinkosähkö ja akku ovat yhteisessä liittymässä, verkkoyhtiön verkosta asiakkaille siirtämän sähkön määrä pysyy vakiona, jolloin vaikutus energiayhteisön säästöihin ja sidosryhmien tuloihin on sama jokaisen verkkoyhtiön alueella. Jos taas aurinkosähköllä ja akulla on erilliset liittymät, akun lataaminen lisää verkkoyhtiön ja verottajan tuloja sekä vähentää energiayhteisön säästöjä.

Yhdessä lasketussa tapauksessa energiayhteisön saamat säästöt eivät kata investoinnin laskennallisia kuluja 2733,33 € (Luvun 2 mukaisesti aurinkosähköjärjestelmä 2400 € 40 kW voimalalle 60 €/kVA kustannuksella ja akku 333,33 € 10 kWh akkujärjestelmälle 33,3 €/kWh kustannuksella).

Taulukko 15. Paikallisesti hajautetun yhteisön 40 kW aurinkosähköjärjestelmän ja 10 kWh akun (yhteinen liittymä) taloudelliset vaikutukset energiayhteisölle (ennen investointikustannusten vähentämistä), verkkoyhtiölle ja valtiolle vuodessa

Yhtiö	Kokonaiskustannukset energiayhteisö			Verkkoyhtiön tulo			Verot		
	Yhteisö	Resurssi	Säästö	Yhteisö	Resurssi	Muutos	Yhteisö	Resurssi	Muutos
1	17 138,44 €	15 742,40 €	1 396,04 €	4 722,57 €	4 744,34 €	21,77 €	7 054,77 €	6 715,03 €	-339,74 €
2	15 718,88 €	14 322,84 €	1 396,04 €	3 577,76 €	3 599,53 €	21,77 €	6 780,02 €	6 440,28 €	-339,74 €
3	15 637,83 €	14 241,79 €	1 396,04 €	3 512,40 €	3 534,16 €	21,77 €	6 764,33 €	6 424,59 €	-339,74 €
4	15 454,24 €	14 058,20 €	1 396,04 €	3 364,35 €	3 386,11 €	21,77 €	6 728,80 €	6 389,06 €	-339,74 €
5	15 471,41 €	14 075,37 €	1 396,04 €	3 378,19 €	3 399,96 €	21,77 €	6 732,12 €	6 392,38 €	-339,74 €
6	14 608,74 €	13 212,70 €	1 396,04 €	2 682,49 €	2 704,25 €	21,77 €	6 565,15 €	6 225,41 €	-339,74 €
7	25 207,04 €	23 811,00 €	1 396,04 €	11 229,51 €	11 251,27 €	21,77 €	8 616,44 €	8 276,69 €	-339,74 €
8	22 346,62 €	20 950,57 €	1 396,04 €	8 922,71 €	8 944,48 €	21,77 €	8 062,81 €	7 723,06 €	-339,74 €
9	16 448,21 €	15 052,17 €	1 396,04 €	4 165,93 €	4 187,70 €	21,77 €	6 921,18 €	6 581,44 €	-339,74 €

Taulukko 16. Paikallisesti hajautetun yhteisön 40 kW aurinkosähköjärjestelmän ja 10 kWh akun (resursseilla erilliset liittymät) taloudelliset vaikutukset energiayhteisölle (ennen investointikustannusten vähentämistä), verkkoyhtiölle ja valtiolle vuodessa

Yhtiö	Kokonaiskustannukset energiayhteisö			Verkkoyhtiön tulo			Verot		
	Yhteisö	Resurssi	Säästö	Yhteisö	Resurssi	Muutos	Yhteisö	Resurssi	Muutos
1	17 204,56 €	15 902,16 €	1 302,40 €	4 775,89 €	4 835,94 €	60,05 €	7 067,57 €	6 779,96 €	-287,61 €
2	15 789,68 €	14 473,24 €	1 316,44 €	3 634,86 €	3 683,59 €	48,73 €	6 793,72 €	6 503,39 €	-290,33 €
3	15 685,59 €	14 372,06 €	1 313,53 €	3 550,91 €	3 601,99 €	51,08 €	6 773,58 €	6 483,81 €	-289,76 €
4	15 514,24 €	14 197,05 €	1 317,19 €	3 412,73 €	3 460,85 €	48,12 €	6 740,41 €	6 449,94 €	-290,47 €
5	15 539,57 €	14 221,24 €	1 318,33 €	3 433,16 €	3 480,36 €	47,20 €	6 745,31 €	6 454,62 €	-290,69 €
6	14 692,50 €	13 360,76 €	1 331,74 €	2 750,04 €	2 786,43 €	36,39 €	6 581,36 €	6 288,08 €	-293,29 €
7	25 628,72 €	24 336,08 €	1 292,65 €	11 569,57 €	11 637,49 €	67,92 €	8 698,05 €	8 412,33 €	-285,72 €
8	22 582,66 €	21 294,63 €	1 288,03 €	9 113,07 €	9 184,71 €	71,64 €	8 108,49 €	7 823,66 €	-284,83 €
9	16 587,77 €	15 265,26 €	1 322,51 €	4 278,48 €	4 322,31 €	43,84 €	6 948,19 €	6 656,69 €	-291,50 €

3.1.4. Kiinteistön sisäinen yhteisö aurinkosähkö- ja akkujärjestelmällä

Kiinteistön sisäisen yhteisön muodostamisen kannalta ei ole merkitystä, miten monta resurssia siihen liitetään, joten yhteisön muodostamisen taloudelliset vaikutukset ovat vastaavat kuin luvussa 3.1.2. ja taulukoissa 9 ja 10 on esitetty. Taulukoissa 17 ja 18 on esitetty aurinkosähköjärjestelmän (40 kW) ja akun (10 kWh) käyttöönoton taloudelliset vaikutukset kiinteistön sisäisessä energiayhteisössä yhteisön kokonaiskuluihin, verkkoyhtiön tuloihin ja veroihin. Taulukossa 17 energiayhteisö on muodostettu käyttäen yleistariffia ja taulukossa 18 käyttäen PJ-tehotariffia. Vähittäismyyjän tulojen muutos on vastaava kuin paikallisesti hajautetussa yhteisössä vastaavilla resursseilla. Aurinkosähköjärjestelmän ja akun kanssa yhteisön säästöt ovat suuremmat PJ-tehotariffia käytettäessä kahdella yhtiöllä (yhtiöt 2 ja 9), mutta verkkoyhtiön tulot ovat pienemmät PJ-tehotariffia käytettäessä vain yhdellä yhtiöllä (yhtiö 6). Tämä johtuu tariffien kulutukseen ja tehoon perustuvien komponenttien erilaisista painotuksista. Vaikka molemmilla tarifeilla yhteisön säästöt ovat suunnilleen samansuuruisia, niin PJ-tehotariffilla verkkoyhtiöt tulon menetykset ovat keskimäärin selkeästi pienemmät kuin yleistariffilla yhtä yhtiötä lukuun ottamatta (yhtiö 7).

Taulukko 17. Kiinteistön sisäisen yhteisön 40 kW aurinkosähköjärjestelmän ja 10 kWh akun käyttöönoton taloudelliset vaikutukset energiayhteisölle (ennen investointikustannusten vähentämistä), verkkoyhtiölle ja valtiolle vuodessa (yleistariffi)

Yhtiö	Kokonaiskustannukset energiayhteisö			Verkkoyhtiön tulo			Verot		
	Yhteisö	Resurssi	Säästö	Yhteisö	Resurssi	Muutos	Yhteisö	Resurssi	Muutos
1	15 949,19 €	12 951,11 €	2 998,09 €	3 869,41 €	3 179,71 €	-689,70 €	6 718,69 €	5 534,87 €	-1 183,81 €
2	14 454,75 €	11 719,31 €	2 735,44 €	2 664,21 €	2 186,33 €	-477,88 €	6 429,44 €	5 296,46 €	-1 132,98 €
3	14 742,34 €	11 952,48 €	2 789,86 €	2 896,14 €	2 374,37 €	-521,77 €	6 485,10 €	5 341,59 €	-1 143,51 €
4	14 362,92 €	11 641,68 €	2 721,24 €	2 590,15 €	2 123,72 €	-466,43 €	6 411,66 €	5 281,43 €	-1 130,23 €
5	14 249,53 €	11 549,58 €	2 699,94 €	2 498,71 €	2 049,45 €	-449,26 €	6 389,72 €	5 263,61 €	-1 126,11 €
6	12 833,53 €	10 384,41 €	2 449,12 €	1 356,78 €	1 109,79 €	-246,98 €	6 115,65 €	5 038,09 €	-1 077,56 €
7	18 328,84 €	15 148,31 €	3 180,52 €	5 788,48 €	4 951,65 €	-836,82 €	7 179,26 €	5 960,14 €	-1 219,12 €
8	18 438,65 €	15 171,69 €	3 266,96 €	5 877,03 €	4 970,51 €	-906,53 €	7 200,52 €	5 964,66 €	-1 235,85 €
9	13 875,24 €	11 253,38 €	2 621,86 €	2 196,87 €	1 810,58 €	-386,29 €	6 317,28 €	5 206,28 €	-1 111,00 €

Taulukko 18. Kiinteistön sisäisen yhteisön 40 kW aurinkosähköjärjestelmän ja 10 kWh akun käyttöönoton taloudelliset vaikutukset energiayhteisölle (ennen investointikustannusten vähentämistä), verkkoyhtiölle ja valtiolle vuodessa (PJ-tehotariffi)

Yhtiö	Kokonaiskustannukset energiayhteisö			Verkkoyhtiön tulo			Verot		
	Yhteisö	Resurssi	Säästö	Yhteisö	Resurssi	Muutos	Yhteisö	Resurssi	Muutos
1	14 742,13 €	12 268,34 €	2 473,79 €	2 790,06 €	2 644,16 €	-145,90 €	6 590,97 €	5 406,34 €	-1 184,63 €
2	15 280,63 €	12 504,04 €	2 776,59 €	3 224,33 €	2 834,24 €	-390,09 €	6 695,20 €	5 451,96 €	-1 243,24 €
3	16 541,63 €	13 961,24 €	2 580,39 €	4 241,27 €	4 009,40 €	-231,87 €	6 939,26 €	5 734,00 €	-1 205,26 €
4	14 265,93 €	11 755,24 €	2 510,69 €	2 406,03 €	2 230,37 €	-175,66 €	6 498,80 €	5 307,03 €	-1 191,77 €
5	14 001,23 €	11 533,94 €	2 467,29 €	2 192,56 €	2 051,90 €	-140,66 €	6 447,57 €	5 264,20 €	-1 183,37 €
6	14 997,63 €	12 613,74 €	2 383,89 €	2 996,11 €	2 922,71 €	-73,40 €	6 640,42 €	5 473,19 €	-1 167,23 €
7	22 021,23 €	18 546,64 €	3 474,59 €	8 660,30 €	7 707,30 €	-953,00 €	7 999,83 €	6 621,49 €	-1 378,33 €
8	17 829,03 €	14 803,94 €	3 025,09 €	5 279,50 €	4 689,00 €	-590,50 €	7 188,43 €	5 897,10 €	-1 291,33 €
9	15 526,73 €	12 876,34 €	2 650,39 €	3 422,80 €	3 134,48 €	-288,32 €	6 742,83 €	5 524,02 €	-1 218,81 €

Kun PJ-tehotariffin kanssa akku kasvatetaan kokoon 20 kWh ja ohjataan sitä ensisijaisesti laskemaan vuoden huipputeho, saadaan yhteisön maksimiteho laskemaan 44,48 kW:sta 39,26 kW:iin, joka tarkoittaa 11,74 % laskua (5,22 kW). Vähittäismyyjän tulot ovat tässä tapauksessa 458,06 € (-64,62 €). Vähittäismyyjän mahdollinen lisätulo ylijäämästä perittävästä marginaalista olisi 17,88 €. Energiayhteisön kokonaiskulut, verkkoyhtiön tulot ja verot tässä tapauksessa on esitetty taulukossa 19. Suurimmalla osalla verkkoyhtiöistä energiayhteisön säästöt kasvavat verrattuna 10 kWh akkuun, jota on ohjattu maksimoimaan tuotetun energian omakäyttö, lukuun ottamatta yhtiötä 2, jossa yhteisön säästöt pienenisivät. Verkkoyhtiön tulojen muutos on päinvastainen, kun tehomaksusta kerättävä tulo pienenee. Yllättävin tilanne on yhtiön 2 kohdalla, jossa siis verkkoyhtiöt tulot kasvaisivat vaikka yhteisön huipputeho laskisi. Tämä,

Taulukko 19. Kiinteistön sisäisen yhteisön 40 kW aurinkosähköjärjestelmän ja 20 kWh akun käyttöönoton taloudelliset vaikutukset energiayhteisölle (ennen investointikustannusten vähentämistä), verkkoyhtiölle ja valtiolle vuodessa (PJ-tehotariffi ja akun teho-ohjaus)

Yhtiö	Kokonaiskustannukset energiayhteisö			Verkkoyhtiön tulo			Verot		
	Yhteisö	Resurssi	Säästö	Yhteisö	Resurssi	Muutos	Yhteisö	Resurssi	Muutos
1	14 742,13 €	12 260,06 €	2 482,06 €	2 790,06 €	2 620,82 €	-169,24 €	6 590,97 €	5 421,20 €	-1 169,77 €
2	15 280,63 €	12 535,96 €	2 744,66 €	3 224,33 €	2 843,32 €	-381,01 €	6 695,20 €	5 474,60 €	-1 220,60 €
3	16 541,63 €	13 843,16 €	2 698,46 €	4 241,27 €	3 897,51 €	-343,76 €	6 939,26 €	5 727,61 €	-1 211,65 €
4	14 265,93 €	11 634,76 €	2 631,16 €	2 406,03 €	2 116,55 €	-289,48 €	6 498,80 €	5 300,17 €	-1 198,63 €
5	14 001,23 €	11 440,36 €	2 560,86 €	2 192,56 €	1 959,77 €	-232,79 €	6 447,57 €	5 262,55 €	-1 185,02 €
6	14 997,63 €	12 453,16 €	2 544,46 €	2 996,11 €	2 776,55 €	-219,56 €	6 640,42 €	5 458,57 €	-1 181,85 €
7	22 021,23 €	18 387,26 €	3 633,96 €	8 660,30 €	7 562,11 €	-1 098,19 €	7 999,83 €	6 607,11 €	-1 392,72 €
8	17 829,03 €	14 658,46 €	3 170,56 €	5 279,50 €	4 555,01 €	-724,48 €	7 188,43 €	5 885,41 €	-1 303,03 €
9	15 526,73 €	12 765,56 €	2 761,16 €	3 422,80 €	3 028,48 €	-394,32 €	6 742,83 €	5 519,04 €	-1 223,79 €

johtuu siitä, että yhtiön 2 laskutusteho on kuukauden suurin teho ja tässä tarkastelussa minimoitiin vain vuoden suurinta tehoa. Jos akkua ohjattaisiin laskemaan tariffin mukaista laskutustehoa, voitaisiin saavuttaa suurempi taloudellinen hyöty tietyjen yhtiöiden alueella. Samalla kuitenkin menetettäisiin enemmän akkukapasiteettia tuotannon ylijäämän varastoinnista johtuen. Sähköverkko mitoitetaan kuitenkin huippukuorman mukaan, jolloin tehokkain vaikutus sähköverkon kannalta saadaan minimoimalla verkon huippua vuositasolla. Pienjännitetehotariffin tehokomponentti on kuitenkin suhteessa niin pieni, että teho-ohjauksella saatava lisähyöty ei kata akun kasvattamisesta aiheutuvia lisäkuluja. Toisin sanoen, nykyisillä hinnoilla akkua kannattaa käyttää tuotannon omakäytön kasvattamiseen.

Taulukossa 20 on esitetty energiayhteisön voitot, kun säästöstä on vähennetty laskennalliset vuotuiset investointikustannukset ja erillisen linjan takaisinmaksuajat tutkituissa tapauksissa aurinkosähköjärjestelmän ja akun kanssa. Suurimmassa osassa tutkituista tapauksista investointi itsessään ei ole kannattava ja vain muutamissa tapauksissa erillisen linjan takaisinmaksuaika olisi kohtuullinen, kun tarvittavan linjan pituus olisi hyvin lyhyt.

Taulukko 20. Erillisen linjan kannattavuus aurinkosähköjärjestelmän ja akun kanssa

Yhtiö	Tariffi + ohjaus	Vuotuinen voitto (Aurinkosähköjärjestelmä)	Erillisen linjan takaisinmaksuaika (vuotta)					
			Tavallinen olosuhde			Vaikea olosuhde		
			100 m	500 m	1000 m	100 m	500 m	1000 m
1	Yleis + omakäyttö	264,76 €	11,0	54,8	109,5	27,2	136,0	271,9
2	Yleis + omakäyttö	2,11 €	1 377,0	6 884,8	13 769,7	3 418,7	17 093,4	34 186,8
3	Yleis + omakäyttö	56,53 €	51,3	256,5	513,0	127,4	636,8	1 273,7
4	Yleis + omakäyttö	-12,09 €	-	-	-	-	-	-
5	Yleis + omakäyttö	-33,39 €	-	-	-	-	-	-
6	Yleis + omakäyttö	-284,21 €	-	-	-	-	-	-
7	Yleis + omakäyttö	447,19 €	6,5	32,4	64,8	16,1	80,5	161,0
8	Yleis + omakäyttö	533,63 €	5,4	27,2	54,3	13,5	67,5	134,9
9	Yleis + omakäyttö	-111,47 €	-	-	-	-	-	-
1	PJ-teho + omakäyttö	-259,54 €	-	-	-	-	-	-
2	PJ-teho + omakäyttö	43,26 €	67,0	335,2	670,4	166,4	832,2	1 664,4
3	PJ-teho + omakäyttö	-152,94 €	-	-	-	-	-	-
4	PJ-teho + omakäyttö	-222,64 €	-	-	-	-	-	-
5	PJ-teho + omakäyttö	-266,04 €	-	-	-	-	-	-
6	PJ-teho + omakäyttö	-349,44 €	-	-	-	-	-	-
7	PJ-teho + omakäyttö	741,26 €	3,9	19,6	39,1	9,7	48,6	97,1
8	PJ-teho + omakäyttö	291,76 €	9,9	49,7	99,4	24,7	123,4	246,8
9	PJ-teho + omakäyttö	-82,94 €	-	-	-	-	-	-
1	PJ-teho + teho	-584,60 €	-	-	-	-	-	-
2	PJ-teho + teho	-322,00 €	-	-	-	-	-	-
3	PJ-teho + teho	-368,20 €	-	-	-	-	-	-
4	PJ-teho + teho	-435,50 €	-	-	-	-	-	-
5	PJ-teho + teho	-505,80 €	-	-	-	-	-	-
6	PJ-teho + teho	-522,20 €	-	-	-	-	-	-
7	PJ-teho + teho	567,30 €	5,1	25,6	51,1	12,7	63,5	126,9
8	PJ-teho + teho	103,90 €	27,9	139,6	279,1	69,3	346,5	692,9
9	PJ-teho + teho	-305,50 €	11,0	54,8	109,5	27,2	136,0	271,9

3.2. Kerrostalojen muodostamat energiayhteisöt

Kerrostalot voivat muodostaa kiinteistön sisäisen energiayhteisön, joihin voidaan liittää energiaresurssi erillisellä linjalla. Tässä raportissa on tutkittu yksittäisten kerrostalojen muodostamia energiayhteisöjä ja myös tilannetta, jossa 6 kerrostaloa yhdessä muodostaisi energiayhteisön (6 yhteisö). Energiaresursseina on käytetty sekä aurinkosähköjärjestelmää että aurinkosähköjärjestelmän ja akun yhdistelmää. Kerrostalotarkastelun tulokset kuvaavat 9 verkkoyhtiön tariffeilla laskettujen tulosten keskiarvoja.

3.2.1. Kerrostalojen energiayhteisöt aurinkosähköjärjestelmän kanssa

Kiinteistön sisäisen energiayhteisön muodostamisen taloudelliset vaikutukset energiayhteisölle on esitetty taulukossa 21 ja vaikutukset eri sidosryhmille taulukossa 22. Kerrostaloissa, joissa on paljon asuntoja ja siten käyttöpaikkoja, energiayhteisön perustaminen tuo sille merkittäviä säästöjä. Tilanteessa, jossa yhteensä 6 kerrostaloa muodostaisivat kukin oman yhteisönsä, keskimäärin säästöä syntyisi 20 886,61 € vuodessa. Vastaavasti tilanteessa, jossa kuusi kerrostaloa yhdessä muodostaisi yhden energiayhteisön, kertyisi vuodessa säästöä 29 344,71 €. Käytännössä tämä tarkoittaisi sitä, että 223 käyttöpaikkaa muutettaisiin yhdeksi käyttöpaikaksi.

Taulukko 21. Kerrostalojen kiinteistön sisäisen energiayhteisön perustamisen vaikutukset yhteisön kokonaiskustannuksiin vuodessa

	Energiayhteisön kokonaiskustannukset		
	Nykyinen	Yhteisö	Säästö
Kerrostalo 1	10 190,98 €	5 263,30 €	4 927,68 €
Kerrostalo 2	15 529,39 €	10 607,70 €	4 921,69 €
Kerrostalo 3	45 274,59 €	29 898,80 €	15 375,79 €
Kerrostalo 4	32 686,13 €	22 975,50 €	9 710,63 €
Kerrostalo 5	24 480,85 €	14 143,10 €	10 337,75 €
Kerrostalo 6	16 979,56 €	10 945,40 €	6 034,16 €
Yhteensä	145 141,51 €	93 833,80 €	51 307,71 €
6 yhteisö	145 141,51 €	85 375,70 €	59 765,81 €

Energiayhteisön perustaminen aiheuttaisi merkittäviä tulon menetyksiä verkkoyhtiölle, vähittäismyyjälle ja verottajalle. Menetys on riippuvainen pääasiassa kerrostalon käyttöpaikkojen määrästä, mutta myös kulutuksesta ja tehosta maksettavien maksujen määrät muuttuvat, kun useasta erillisestä kulutusprofiilista muodostetaan yhteinen profiili.

Taulukko 22. Sidosryhmien tulojen muutokset kerrostalojen energiayhteisöjä perustettaessa

Kerrostalo	Verkkoyhtiön tulot			Vähittäismyyjän tulot			Verot		
	Nykyinen	Yhteisö	Muutos	Nykyinen	Yhteisö	Muutos	Nykyinen	Yhteisö	Muutos
1	5 111,93 €	1 865,50 €	-3 246,43 €	1 006,02 €	167,00 €	-839,02 €	2 519,53 €	1 677,30 €	-842,23 €
2	6 523,92 €	3 136,60 €	-3 387,32 €	1 175,24 €	336,20 €	-839,04 €	4 261,24 €	3 565,80 €	-695,44 €
3	17 959,59 €	6 832,40 €	-11 127,19 €	3 106,22 €	990,40 €	-2 115,82 €	12 733,99 €	1 060,10 €	-11 673,89 €
4	12 438,35 €	5 514,80 €	-6 923,55 €	2 288,98 €	756,80 €	-1 532,18 €	9 337,40 €	8 082,40 €	-1 255,00 €
5	10 737,84 €	3 785,10 €	-6 952,74 €	2 207,98 €	456,90 €	-1 751,08 €	6 493,43 €	4 859,50 €	-1 633,93 €
6	7 474,08 €	3 368,30 €	-4 105,78 €	1 359,41 €	338,00 €	-1 021,41 €	4 546,97 €	3 640,10 €	-906,87 €
Yhteensä	60 245,71 €	24 502,70 €	-35 743,01 €	11 143,85 €	3 045,30 €	-8 098,55 €	39 892,55 €	22 885,20 €	-17 007,35 €
6 Yhteisö	60 245,71 €	17 864,10 €	-42 381,61 €	11 143,85 €	2 862,90 €	-8 280,95 €	39 892,55 €	30 789,30 €	-9 103,25 €

Taulukossa 23 on esitetty kuuden eri kerrostalon, sekä näistä muodostetun yhteisön (6 yhteisö) nykyiset sähkön kustannukset ja kustannukset energiayhteisönä, kun energiayhteisöllä on optimaalisesti mitoitettu aurinkosähköjärjestelmä. Lisäksi taulukossa on yhteenlaskettu summa yksittäisistä kerrostaloista, sekä reilusti ylimitoitettu aurinkosähköjärjestelmä (1 MW) kuuden kerrostalon muodostamaan energiayhteisöön (6 yhteisö 2). Taulukossa on esitetty myös omakäyttöasteet ja tuotannot optimaalisesti mitoitetuilla aurinkosähköjärjestelmillä. Taulukosta voidaan havaita, että omakäyttöaste vaihtelee voimakkaasti. Kerrostalossa 1 omakäyttöaste on vain 67,8 % ja kerrostalossa 3 puolestaan jopa 96,3 %.

Taulukko 23. Kerrostalojen energiayhteisöjen aurinkosähköjärjestelmän investoinnin vaikutukset yhteisön kokonaiskustannuksiin (ennen investointikustannusten vähentämistä)

	PV koko (kW)	Omakäyttö (%)	Tuotanto (kWh)	Energiayhteisön kokonaiskulut		
				Yhteisö	Resurssi	Säästö
Kerrostalo 1	16	67,8	11 358,5	5 263,30 €	4 320,80 €	942,50 €
Kerrostalo 2	31	79,4	22 007,2	10 607,70 €	8 600,70 €	2 007,00 €
Kerrostalo 3	65	96,3	45 434,1	29 898,80 €	25 278,80 €	4 620,00 €
Kerrostalo 4	50	91,0	35 495,4	22 975,50 €	19 508,00 €	3 467,50 €
Kerrostalo 5	37	80,6	26 266,6	14 143,10 €	11 746,20 €	2 396,90 €
Kerrostalo 6	30	77,4	21 297,2	10 945,40 €	9 039,60 €	1 905,80 €
Yhteensä	229	82,1	16 1859	93 833,80 €	78 494,10 €	15 339,70 €
6 yhteisö 1	300	79,5	212 972,4	85 375,70 €	66 131,40 €	19 244,30 €
6 yhteisö 2	1000	37,4	709 908,1	85 375,70 €	39 539,40 €	45 836,30 €

Taulukossa 24 on esitetty verkkoyhtiön ja vähittäismyyjän tulojen, sekä verojen muutos energiayhteisön ottaessa käyttöön aurinkosähköjärjestelmän. Verkkoyhtiön tulojen pieneneminen on seurausta vähenevistä perusmaksuista, ja vähittäismyyjän tulot pienenevät vähenevän

ostosähkön määrän vuoksi. Verojen kokonaismäärä vähenee, kun kokonaiskustannukset pienevät.

Taulukko 24. Sidosryhmien tulojen muutokset kerrostalojen energiayhteisöjen ottaessa käyttöön aurinkosähköjärjestelmän

Kerrostalo	Verkkoyhtiön tulot			Vähittäismyyjän tulot			Verot		
	Nykyinen	Yhteisö	Muutos	Nykyinen	Yhteisö	Muutos	Nykyinen	Yhteisö	Muutos
1	1 865,50 €	1 745,90 €	-119,60 €	167,00 €	139,30 €	-27,70 €	1 560,10 €	1 386,00 €	-174,10 €
2	3 136,60 €	2 844,50 €	-292,10 €	336,20 €	273,30 €	-62,90 €	3 540,60 €	2 899,00 €	-641,60 €
3	6 832,40 €	6 107,20 €	-725,20 €	990,40 €	832,90 €	-157,50 €	11 316,70 €	8 924,20 €	-2 392,50 €
4	5 514,80 €	4 998,30 €	-516,50 €	756,80 €	640,50 €	-116,30 €	8 491,70 €	6 850,80 €	-1 640,90 €
5	3 785,10 €	3 445,70 €	-339,40 €	456,90 €	380,80 €	-76,10 €	4 983,80 €	4 054,90 €	-928,90 €
6	3 368,30 €	3 100,20 €	-268,10 €	338,00 €	278,70 €	-59,30 €	3 573,50 €	3 013,50 €	-560,00 €
Yht.	24 502,70 €	22 241,80 €	-2 260,90 €	3 045,30 €	2 545,50 €	-499,80 €	33 466,40 €	27 128,40 €	-6 338,00 €
6 Yht. 1	17 864,10 €	15 197,30 €	-2 666,80 €	2 862,90 €	2 253,40 €	-609,50 €	33 284,00 €	24 354,80 €	-8 929,20 €
6 Yht. 2	17 864,10 €	13 737,50 €	-4 126,60 €	2 862,90 €	1 906,10 €	-956,80 €	33 284,00 €	20 756,80 €	-12 527,20 €

Taulukossa 25 on esitetty energiayhteisölle jäävä vuotuinen voitto (tai tappio), kun laskennalliset aurinkosähköjärjestelmän kustannukset vähennetään säästöistä. Voiton perusteella on laskettu takaisinmaksuajat erilliselle linjalle muutamalla esimerkinomaisella linjan pituudella ja kaapeliojan eri kaivuolosuhteilla. Hyvin lyhyen linjan rakentaminen voi olla kannattavaa (kerrostalot 3 ja 4, sekä 6 yhteisö 1), mutta linjan pidentyessä takaisinmaksuaika kasvaa merkittävästi. Ylimoitettulla aurinkosähköjärjestelmällä yhteisölle ei jää voittoa, jolla linjan rakentamiskustannuksia voitaisiin kattaa (6 yhteisö 2). Myöskään kerrostalossa 1 aurinkosähköninvestointi ei ole kannattava ja yhteisölle kertyisi jopa hieman tappiota, kun säästöistä vähennetään laskennalliset vuotuiset investointikustannukset.

Taulukko 25. Erillisen linjan takaisinmaksuajat eri linjan pituuksille ja kaivuolosuhteille, kun kerrostalon tai kerrostalojen muodostamaan energiayhteisöön liitetään aurinkosähköjärjestelmä erillisellä linjalla

	Vuotuinen voitto (Aurinkosähköjärjestelmä)	Tavallinen kaivuolosuhde			Vaikea kaivuolosuhde		
		100 m	500 m	1000 m	100 m	500 m	1000 m
Kerrostalo 1	-17,50 €	-	-	-	-	-	-
Kerrostalo 2	147,00 €	24,5	122,3	244,6	60,7	303,7	607,3
Kerrostalo 3	720,00 €	5,0	25,0	49,9	12,4	62,0	124,0
Kerrostalo 4	467,50 €	7,7	38,5	76,9	19,1	95,5	191,0
Kerrostalo 5	176,90 €	20,3	101,6	203,3	50,5	252,3	504,7
Kerrostalo 6	105,80 €	34,0	169,9	339,9	84,4	421,9	843,9
Yhteensä	1 599,70 €	13,5	67,4	134,9	33,5	167,4	334,9
6 yhteisö 1	1 244,30 €	6,9	34,7	68,9	30,0	66,3	111,7
6 yhteisö 2	-14 163,70 €	-	-	-	-	-	-

Tässä yhteydessä tulee huomioida myös erillisen linjan rakentamisesta valtiolle tulevat arvonlisäverot niissä tilanteissa, joissa linjan rakentaminen voitaisiin katsoa kannattavaksi (takaisinmaksuaika alle 30 vuotta). Yksittäisten kerrostalojen osalta valtiolle maksettaisiin arvonlisäveroa tavallisessa kaivuulosuhteessa 696 € (100 m) tai 3480 € (500 m) ja vaikeassa kaivuulosuhteessa 1728 € (100 m). Kuuden kerrostalon yhteisössä arvonlisäveroa maksettaisiin tavallisessa kaivuulosuhteessa 1670 € (100 m).

3.2.2. Kerrostalojen energiayhteisöt aurinkosähkö – ja akkujärjestelmän kanssa

Taulukossa 26 on esitetty kuuden eri kerrostalon, sekä näistä muodostetun yhteisön (6 yhteisö) kustannukset, kun yhteisö ottaa käyttöön aurinkosähköjärjestelmän, jonka rinnalla on akku. Taulukosta voidaan havaita, että omakäyttöaste vaihtelee voimakkaasti myös akun kanssa. Kerrostalossa 6 omakäyttöaste on vain 77,4 % ja kerrostalossa 3 jopa 97,6 %. Energiayhteisön säästöt ovat hieman suuremmat akun kanssa kuin ilman akkua.

Taulukko 26. Kerrostalojen energiayhteisön aurinkosähkö- ja akkujärjestelmän investoinnin vaikutus yhteisön kokonaiskustannuksiin (ennen investointikustannusten vähentämistä)

	PV koko (kW)	Akku (kWh)	Omakäyttö (%)	Tuotanto (kWh)	Energiayhteisön kokonaiskustannus		
					Yhteisö	Resurssi	Säästö
Kerrostalo 1	16	10	79,1	11 358,5	5 263,30 €	4 259,40 €	1 003,90 €
Kerrostalo 2	31	10	85,6	22 007,2	10 607,70 €	8 534,30 €	2 073,40 €
Kerrostalo 3	65	10	97,6	45 434,1	29 898,80 €	25 249,70 €	4 649,10 €
Kerrostalo 4	50	10	93,7	35 495,4	22 975,50 €	19 461,90 €	3 513,60 €
Kerrostalo 5	37	10	85,4	26 266,6	14 143,10 €	11 685,10 €	2 458,00 €
Kerrostalo 6	30	10	77,4	21 297,2	10 945,40 €	8 971,70 €	1 973,70 €
Yhteensä	229	60	86,5	16 1859	93 833,80 €	78 162,10 €	15 671,70 €
6 yhteisö 1	300	60	83,7	212 972,4	85 375,70 €	65 686,40 €	19 689,30 €
6 yhteisö 2	1000	200	42,6	709 908,1	85 375,70 €	37 510,90 €	47 864,80 €

Taulukossa 27 on esitetty verkkoyhtiön ja vähittäismyyjän tulojen, sekä verojen muutos energiayhteisön ottaessa käyttöön aurinkosähkö- ja akkujärjestelmän. Muutokset ovat hyvin samanlaisia kuin ilman akkuakin, mutta akun kanssa sidosryhmien tulojen menetykset kasvavat hieman.

Taulukko 27. Sidosryhmien tulojen muutokset kerrostalojen energiayhteisöjen ottaessa käyttöön aurinkosähköjärjestelmän ja akun

Kerrostalo	Verkkoyhtiön tulot			Vähittäismyyjän tulot			Verot		
	Nykyinen	Yhteisö	Muutos	Nykyinen	Yhteisö	Muutos	Nykyinen	Yhteisö	Muutos
1	1 865,50 €	1 726,60 €	-138,90 €	167,00 €	135,00 €	-32,00 €	1 560,10 €	1 341,90 €	-218,20 €
2	3 136,60 €	2 824,20 €	-312,40 €	336,20 €	268,80 €	-67,40 €	3 540,60 €	2 851,90 €	-688,70 €
3	6 832,40 €	6 098,80 €	-733,60 €	990,40 €	830,90 €	-159,50 €	11 316,70 €	8 904,30 €	-2 412,40 €
4	5 514,80 €	4 984,80 €	-530,00 €	756,80 €	637,40 €	-119,40 €	8 491,70 €	6 818,30 €	-1 673,40 €
5	3 785,10 €	3 427,30 €	-357,80 €	456,90 €	376,60 €	-80,30 €	4 983,80 €	4 011,10 €	-972,70 €
6	3 368,30 €	3 079,80 €	-288,50 €	338,00 €	274,00 €	-64,00 €	3 573,50 €	2 964,90 €	-608,60 €
Yht.	24 502,70 €	22 141,50 €	-2 361,20 €	3 045,30 €	2 522,70 €	-522,60 €	33 466,40 €	26 892,40 €	-6 574,00 €
6 Yht. 1	17 864,10 €	15 067,50 €	-2 796,60 €	2 862,90 €	2 223,80 €	-639,10 €	33 284,00 €	24 046,10 €	-9 237,90 €
6 Yht. 2	17 864,10 €	13 210,50 €	-4 653,60 €	2 862,90 €	1 785,50 €	-1 077,40 €	33 284,00 €	19 598,50 €	-13 685,50 €

Taulukossa 28 on esitetty yhteisön perustamisesta jäävä vuotuinen yhteisön voitto, kun laskennalliset aurinkosähkö- ja akkujärjestelmien kustannukset vähennetään säästöistä. Voiton perusteella on laskettu takaisinmaksuajat erilliselle linjalle muutamalla esimerkinomaisella linjan pituudella ja kaapeliojan eri kaivuolosuhteilla. Energiayhteisön voitot jäävät pienemmiksi akun kanssa kuin ilman, koska säästöt eivät kasva yhtä paljon kuin akun kustannukset ovat. Tässä tutkituissa tapauksissa vain kerrostaloissa 3 ja 4 aurinkosähköjärjestelmän investointi akun

Taulukko 28. Erillisen linjan takaisinmaksuajat eri linjan pituuksille ja kaivuolosuhteille, kun kerrostalon tai kerrostalojen muodostamaan energiayhteisöön liitetään aurinkosähköjärjestelmä ja akku erillisellä linjalla

	Vuotuinen voitto (Aurinkosähköjärjestelmä)	Tavallinen kaivuolosuhde			Vaikea kaivuolosuhde		
		100 m	500 m	1000 m	100 m	500 m	1000 m
Kerrostalo 1	-289,43 €	-	-	-	-	-	-
Kerrostalo 2	-119,93 €	-	-	-	-	-	-
Kerrostalo 3	415,77 €	8,6	43,2	86,5	21,5	107,4	214,7
Kerrostalo 4	180,27 €	19,9	99,7	199,5	49,5	247,6	495,3
Kerrostalo 5	-95,33 €	-	-	-	-	-	-
Kerrostalo 6	-159,63 €	-	-	-	-	-	-
Yhteensä	-68,30 €	-	-	-	-	-	-
6 yhteisö 1	-310,70 €	-	-	-	-	-	-
6 yhteisö 2	-18 801,87 €	-	-	-	-	-	-

kanssa olisi kannattavaa. Näistäkin vain kerrostalossa 3 erillisen linjan takaisinmaksuaika hyvin lyhyellä linjan pituudella olisi kohtuullinen. Tässä tarkastelussa aurinkopaneelikoko pidettiin vertailun vuoksi vakiona, kun akku lisättiin järjestelmään. Akun lisäämisen jälkeen aurinkosähköjärjestelmä olisi voitu mitoittaa hieman suuremmaksi, jolloin olisi voitu saada aurinkosähköjärjestelmällä lisähyötyä. Vaikutukset olisivat kuitenkin kahden nyt tutkitun tapauksen (akun kanssa ja ilman akkua) väliltä.

4. Tulosten analysointi

Tämän raportin tarkasteluissa on yritetty tunnistaa tapaukset, joissa energiayhteisön perustamista kannattaisi harkita ja erityisesti, milloin energiareurssin liittäminen erillisen linjan välityksellä olisi mahdollista. Käytännössä jokainen tapaus on yksilöllinen ja jokaista yksittäistapausta varten täytyy tehdä kannattavuuslaskelmat erikseen. Tämän raportin laskelmat kuvaavat tyypillisiä tilanteita, joissa energiayhteisön muodostuminen tulevaisuudessa on odotettavaa. Tarkasteluissa energiayhteisön koolle ei ole asetettu rajoitteita, joten on myös mahdollista, että tulevaisuudessa voidaan muodostaa energiayhteisöjä myös esimerkiksi teollisuusympäristöön, jossa yhteisö on merkittävästi suurempi kuin tässä raportissa tarkastellut tilanteet, jotka keskittyvät kuluttaja-asiakkaiden muodostamiin energiayhteisöihin. Teollisuusympäristössä voidaan ajatella, että teollisuuslaitos on jo itsessään valmiiksi yhteisö, jolloin tässä raportissa tutkitut ensimmäisen portaan vaikutukset energiayhteisön muodostamisesta jäävät pois. Energiareurssin käyttöönoton vaikutukset ovat saman suuntaisia kuin tässä tutkitut tapaukset, mutta eri mittakaavassa. Myös teollisuusympäristössä käytetyt verkkoyhtiöiden tariffit ovat erilaisia.

Erillisen linjan kannattavuutta voidaan tarkastella useasta näkökulmasta. Tässä raportissa erillisellä linjalla saatava hyöty on sillä liitettävän energiareurssin hyöty eli ns. energiayhteisön perustamisen toisen portaan hyöty. Voitaisiin ajatella myös, että energiayhteisön perustamisen hyödyt eli ns. ensimmäisen portaan hyödyt ovat myös erillisen linjan hyötyjä, jos yhteisöä ei voida perustaa ilman erillistä linjaa. Tällöin hyödyiksi tulisi laskea ensimmäisen ja toisen portaan hyötyjen summa. Ensimmäisen portaan hyödyt syntyvät kuitenkin pääasiassa tariffien muutoksesta ja käyttöpaikkojen lukumäärien vähenemisestä, jolloin se ei varsinaisesti ole hyötyä, jonka erillinen linja mahdollistaisi. Tilannetta voitaisiin ajatella myös siten, että uusi liittymä verkkoyhtiön verkkoon on aina vaihtoehto erillisen linjan liittämiselle, jolloin erillisen linjan kannattavuus tulisi laskea vertailtaessa uuden liittymän ja erillisen linjan mahdollistamia hyötyjä.

Laskelmia tehdessä joudutaan tietyt muuttujat kiinnittämään, jotta vaikutuksia voidaan arvioida. Tällaisia ovat esimerkiksi sähkön hinta ja verkkopalvelumaksut. Verkkoyhtiöistä on otettu pieni otanta, joiden olemassa olevia tariffeja ja toteutuneita sähkön hintoja on hyödynnetty. Hinnat ovat kuitenkin jatkuvassa muutoksessa, mikä vaikuttaa myös energiayhteisön kannattavuuteen ja sidosryhmien vaikutuksiin. Joissain yhtiöissä on myös pieniasiakkaille jo käytössä tehomaksut ja useat yhtiöt ovat selvittäneet hinnoitteluaan koskevia rakenteellisia uudistuksia. Näiden lisäksi sekä pienille että suurille asiakkaille sovellettavien tehomaksujen laskutusikäntöjen voidaan olettaa olevan nykyistä yhdenmukaisempia tulevaisuudessa. Myös vähittäismyyjien tuotteissa on tapahtunut rakenteellisia muutoksia ja niiden kehitys on jatkuvaa. Muuttuvilla hinnoittelun rakenteilla ja hintatasoilla on merkittävä vaikutus tämän raportin tuloksiin.

Raportin laskelmissa on tarkasteltu aurinkosähköä energiayhteisön sähköntuotantomuotona. Aurinkosähkölle on ominaista, että tuotanto vaihtelee voimakkaasti vuorokausi- ja vuodenaikatasolla. Tuotantona voisi olla myös esimerkiksi pientuulivoimala, jonka tuotanto voi olla tasaisempaa kuin aurinkovoiman, koska tuotannossa ei ole kesän ja talven välillä niin suurta eroa. Tuulivoimassa ei ole myöskään selkeää vuorokausittaista rytmiä, kuten aurinkovoimassa. Jos tuotanto on tasaisempaa kuin aurinkosähkön, niin se tarkoittaa, että voimala voidaan mitoittaa suuremmaksi ja silti omakäyttöaste voi olla suurempi. Tämä tarkoittaisi suurempaa säästöä energiayhteisölle ja hieman suurempia tulonmenetyksiä eri sidosryhmille.

Erillisen linjan rakentaminen voi tulla kysymykseen, jos kiinteistön lähellä on alue, jossa voimalalle on paremmat olosuhteet sähköntuotannon osalta. Esimerkiksi, jos kiinteistön lähellä on aurinkovoimalalle hyvin soveltuva alue, mutta varsinaisella kiinteistöllä on vaikeita varjostuksia. Vaihtoehtona erillisen linjan rakentamiselle on käyttää verkkoyhtiön verkkoa tuotannon siirtämiselle. Varsinkin, jos tarvittavan erillinen linja on pitkä, niin monessa tapauksessa uudelle tuotannolle tulevan sähköliittymän kustannus on edullisempi kuin erillisen linjan rakentamiskustannukset. Erillisen linjan rakentaminen voi olla kannattavaa, jos tarvittavan linjan pituus on riittävän lyhyt. Tällaiset tilanteet, joissa erillistä linjaa harkittaisiin ja se olisi myös kannattavaa, ovat todennäköisesti harvinaisia. Erillisen linjan rakentamisen mahdollistaminen kuitenkin edistäisi tällaisissa tilanteissa uusiutuvan energian hyödyntämistä ja energiayhteisöjen muodostumista.

Pientalojen energiayhteisön muodostaminen hajautettuna paikallisena yhteisönä, jossa yhteisö toimii jakeluverkkoyhtiön verkon kautta, ei ole nykyisellä hinnoittelulla kannattavaa, koska verkkoyhtiölle maksettavat kustannukset kasvaisivat. Energiayhteisön muodostamisen voidaan kuitenkin olettaa pienentävän syöttävän keskijänniteverkon vahvistustarvetta, kun paikallisen tuotannon seurauksena sähkön siirto syöttävässä verkossa pienenee, varsinkin jos yhteisöllä on akku tuotannon tasaamiseen. Energiayhteisön muodostamisen vaikutuksia verkon vahvistamistarpeiden kannalta tulee kuitenkin tutkia tarkemmin jatkossa. Vaihtoehtona paikallisesti hajautetulle yhteisölle on kaavoituksella muodostaa yhteisöstä yksi kiinteistö tai kiinteistöryhmä, jolloin voidaan perustaa kiinteistön sisäinen energiayhteisö. Tämän raportin laskelmat osoittavat, että tämä vaihtoehto on yhteisölle huomattavasti kannattavampi vaihtoehto, mutta tuo verkkoyhtiölle merkittäviä tulojen menetyksiä. Uudesta liittymästä tulee verkkoyhtiölle kustannuksia, mutta rakentamiskustannuksia peritään liittymismaksulla. Uuden liittymän mittaus ja laskutus aiheuttavat jatkuvia lisäkustannuksia verkkoyhtiölle, kun käytetään erillisiä liittymiä. Verkkoyhtiöiden kannattaneet tulevaisuudessa harkita erillistä tariffia energiayhteisöille, joka kannustaisi toimimaan jakeluverkon kautta ja ohjaisi yhteisöä toimimaan verkon kannalta järkevästi. Tällainen tariffi vaatii kuitenkin jatkotutkimusta, jotta voidaan selvittää vaikutukset eri osapuolien kannalta.

Energiayhteisö voi tarjota myös joustoa sähköverkkoon ja -markkinoille. Pientuotanto ei yksistään lisää joustoa vaan pahimmillaan voi jopa aiheuttaa lisää jouston tarvetta, kun ylijäämän syöttö verkkoon lisääntyy. Akun hyödyntäminen lisää joustojen mahdollistamista. Jos akulla kasvatetaan tuotannon omakäyttöä, niin ylijäämän syöttö verkkoon pienenee ja samalla myös sähkönsiirto verkosta yhteisöön pienenee. Akun käyttö aurinkosähkönsiirron omakäytön kasvattamiseen ei kuitenkaan tarkoita sitä, että akulla kannattaisi kasvattaa aurinkosähkönsiirron omakäyttöastetta, vaan akun käytöllä mahdollistetaan aurinkovoimalan mitoitus suuremmaksi kannattavasti. Nykyisellä hinnoittelulla akun käyttö voi olla kannattavaa, mutta aurinkosähkö ilman akkua on vielä kannattavampaa, joten nykyinen hinnoittelurakenne ei kannusta akun hankintaan. Verkon kannalta olisi vielä parempi, jos akkua ohjattaisiin minimoimaan huipputehoja. Nykyinen hinnoittelu ei kuitenkaan kannusta tähän, vaikka yhteisö käyttäisi PJ-tehotariffia, jolla tehon alentamisesta saadaan edes pieni taloudellinen hyöty. Verkkopalvelumaksu koostuu perusmaksusta, kulutukseen perustuvasta maksusta ja mahdollisesta tehoon perustuvasta maksusta. Suuri painotus perusmaksussa ohjaa yhteisöjä siirtymään kiinteistön sisäiseen yhteisömalliin. Jos perusmaksun painotusta vähennettäisiin ja siirrettäisiin sitä kulutukseen ja tehoon perustuviin maksuihin, paikallisen hajautetun yhteisön perustamisesta tulisi kannattavampaa. Painotus kulutukseen perustuvassa maksussa kannustaa lisäämään aurinkosähkönsiirron tuotantoa, kun taas painotus tehomaksussa kannustaa käyttämään akkua järkevästi aurinkosähkönsiirron rinnalla. Komponenttien sopivalla painotuksella voitaisiin luoda malli, jossa energiayhteisön perustaminen olisi kannattavaa ja kannusteet ohjaisivat yhteisöä luomaan joustoa järjestelmään.

Tässä raportissa laskettiin akun kannattavuutta 500 €/kWh investointikustannuksella. Jo pienikin lasku akun investointikustannuksessa parantaa sen kannattavuutta merkittävästi. Akusta aurinkosähköjärjestelmän rinnalla tulisi pelkkään aurinkosähköjärjestelmään investointia kannattavammaksi jo pienelläkin akun investointikustannuksen laskulla. Jotta akun mahdollistamat positiiviset vaikutukset saataisiin, tulisi harkita akkuinvestoinnin tukemista aurinkosähköjärjestelmän rinnalla. Mahdollista tukimalli tulisi tutkia jatkossa, mutta se voisi olla verotukseen kohdistuva tuki tai suoraan investointikustannukseen kohdistuva tuki. On kuitenkin odotettavaa, että tulevaisuudessa akkujen investointikustannukset tulevat laskemaan, joten kannattavuus tulee parantumaan myös tätä kautta.

Pientuotannon tukemiseksi on kansallisessa lainsäädännössä määritetty, että jakeluverkkoyhtiö voi periä ainoastaan 0,07 snt/kWh verkkoon syötetystä ylijäämäsähköstä [15]. Monet verkkoyhtiöt eivät peri tätäkään, koska siitä muodostuva tulo pienasiakkaiden kohdalla on olematon. Voimakkaasti kasvava pientuotannon määrä aiheuttaa verkolle kustannuksia, kun sen täytyy pystyä vastaanottamaan ja siirtämään merkittäviä määriä ylijäämäsähköä. Tämän kustannuksen maksavat kaikki asiakkaat nousevien verkkopalvelumaksujen muodossa. Olisi perusteltua myös

harkita pitäisikö sallia verkkoyhtiöiden periä ylijäämäsähkön välittämisestä kustannuksia vastaavaa maksua nykyisen kiinteän hintakaton sijaan. Pientuotannon tukemiseksi on mahdollista käyttää myös muita keinoja. Syötettävään energiamäärään (kWh) perustuva korkea maksu heikentäisi pientuotannon kannattavuutta. Toisaalta verkolle haasteita aiheuttavat korkeat tehot. Jos ylijäämäsähkön syötöstä voitaisiin periä tehoerusteista maksua, tämä ei heikentäisi juurikaan nykyisten voimaloiden kannattavuutta, joiden ylijäämätehot ovat melko pieniä, mutta kannustaisi hankkimaan akun isomman voimalan rinnalle, jolla verkkoon syötettävää tehoa voitaisiin rajoittaa. Tosin tämä myös rajoittaisi verkkoon syötön kannattavuutta tilanteissa, joissa erittäin korkea sähkön markkinahinta (esimerkiksi kesä 2022) kannustaisi tähän.

5. Yhteenvedo ja johtopäätökset

Energiayhteisön perustaminen kiinteistön sisäisenä yhteisönä olisi useimmissa tapauksissa kannattavaa, mutta verkkoyhtiöiden välillä on suuria eroja riippuen tariffeista ja niiden komponenttien painotuksista. Paikallisesti hajautetun yhteisön perustaminen ei nykyisellä hinnoittelulla ole kannattavaa, koska jakeluverkkoyhtiöiden perimät maksut kasvaisivat. Verkkopalvelumaksujen komponenttien painotus vaikuttaa myös paikallisesti hajautetun yhteisön kannattavuuteen. Jotta paikallisesti hajautetut energiayhteisöt mahdollistuvat asiakkaille vaihtoehtona kiinteistön sisäisten energiayhteisöjen rinnalla, on tarpeen luoda energiayhteisöille uudenlaisia verkkopalvelumaksurakenteita. Yleisesti ottaen nykyiset hinnoittelumallit eivät kannusta akun käyttöön aurinkosähkön rinnalla, koska aurinkosähkön kannattavuus yksinään on hieman parempi kuin akun kanssa.

Kiinteistön sisäisissä energiayhteisöissä on mahdollista kohdata tilanne, jossa tuotannon liittäminen erillisen linjan välityksellä kiinteistörajan yli olisi kannattavaa. Tällöin kuitenkin tarvittavan linjan pituus tulisi olla riittävän lyhyt. Tällainen tilanne voisi tulla kysymykseen, jos yhteisöä (esimerkiksi kerrostaloa) lähellä on alue, jonka olosuhteet voimalan sijoittamiselle on paremmat (esimerkiksi vähemmän varjostavia tekijöitä), kuin varsinaisella kiinteistöllä, jossa yhteisö sijaitsee. Tilanteet, joissa erillisen linjan rakentaminen olisi kannattavaa, ovat harvinaisia, joten voidaan todeta, että tästä ei tulisi kovinkaan yleinen ratkaisu, jos sen rakentaminen sallittaisiin. Teollisuuskokoluokan ratkaisuihin tulisi tarkastella myös erillisellä linjalla mahdollistettava tuotannon kokoon liittyvää rajoitusta (2 MVA), mikä rajaa esimerkiksi nykyisen kokoluokan tuulivoimalat pois paikallisen oman tuotannon vaihtoehdoista. Euroopan tasolla direktiivissä ei vastaavaa rajoitusta ole [16].

Energiayhteisöt mahdollistavat uusiutuvan pientuotannon hyödyntämisen myös sellaisille asiakkaille, joille se ei muuten olisi mahdollista (esimerkiksi pientalo, jonka eteläpuolella sankka kuusikko tai korkea maastonkohta) ja siten tuovat asiakkaat tasavertaisempaan asemaan pientuotannon hyödyntämisen näkökulmasta. Jokaisessa potentiaalisessa kohteessa pitää kuitenkin tarkkaan harkita millainen energiayhteisön muoto on perusteltua: onko kannattavaa toteuttaa kiinteistön sisäinen energiayhteisö, rakentaa erillinen linja kiinteistön sisäiseen yhteisöön vai käyttää mahdollisesti olemassa olevaa jakeluverkkoa ja liittää erillinen tuotantoyksikkö uuden liittymän kautta. Ylipäänsä tarvitaan uudenlaisia palveluja asiakkaille ja uudenlaisia hinnoittelurakenteita.

6. Lähteet

- [1] Prosumer Centric Energy Communities towards Energy Ecosystem (ProCemPlus), Loppuraportti, Tampereen Yliopisto ja VTT. (Saatavilla: <https://trepo.tuni.fi/handle/10024/135693>)
- [2] LEMENE, Lempäälän Energia Oy, viitattu 7.2.2023, (Saatavilla: <http://www.lempaalanenergia.fi/content/fi/1/20126/LEMENE.html>)
- [3] Kantaverkkosopimus ja kantaverkkopalvelumaksut, Fingrid Oy, viitattu 7.2.2023, (Saatavilla: <https://www.fingrid.fi/kantaverkko/liitynta-kantaverkkoon/kantaverkkosopimus-ja--palvelumaksut/#kantaverkkopalvelumaksut>)
- [4] Nord Pool, viitattu 7.2.2023, (Saatavilla: <https://www.nordpoolgroup.com/en/Market-data/Dayahead/Area-Prices/ALL1/Hourly/?view=table>)
- [5] Sähkön vähittäismyyjien tarjoukset, viitattu 21.12.2022, (Saatavilla: <https://www.sahkonkilpailutus.fi/sahkoyhtiot/>)
- [6] Valtioneuvoston asetus sähkötoimitusten selvityksestä ja mittauksesta (767/2021) (Saatavilla: <https://finlex.fi/fi/laki/alkup/2021/20210767>)
- [7] Energiavirasto, Energiaviraston suosituksia verkkopalvelumaksujen harmonisoiduksi rakenteeksi, viitattu 8.2.2023 (Saatavilla: <https://energiavirasto.fi/-/suositukset-sahkonverkkopalvelumaksujen-harmonisoinnista>)
- [8] Verohallinto, Sähkövero, viitattu 8.2.2023 (Saatavilla: <https://www.vero.fi/yriytykset-ja-yhteisot/verot-ja-maksut/valmisteverotus/sahkovero/>)
- [9] Valtioneuvoston asetus sähkömarkkinoista (65/2009) (Saatavilla: <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2009/20090065>)
- [10] Ilmatieteenlaitos, Avoin data, viitattu 7.2.2023, (Saatavilla: <https://www.ilmatieteenlaitos.fi/avoin-data>)
- [11] Reindl D.T., Beckman W.A. ja Duffie J.A.; Diffuse fraction corrections. Solar Energy, vol. 45, sivut : 1-7, 1990.
- [12] Koskela J., Rautiainen A., Järventausta P., Using electrical energy storage in residential buildings – Sizing of battery and photovoltaic panels based on electricity cost optimization. Applied Energy, vol. 239, sivut: 1175-1189, 2019.

- [13] Lithium-ion Battery Pack Prices Rise for First Time to an Average of \$151/kWh, BloombergNEF, viitattu 10.2.2023 (Saatavilla: <https://about.bnef.com/blog/lithium-ion-battery-pack-prices-rise-for-first-time-to-an-average-of-151-kwh/>)
- [14] Energiavirasto, Hinnoittelun valvonta, viitattu 8.2.2023, (Saatavilla: <https://energiavirasto.fi/hinnoittelun-valvonta>)
- [15] Valtioneuvoston asetus sähkömarkkinoista (65/2009), (Saatavilla: <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2009/20090065>)
- [16] Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi (2019/944), (Saatavilla: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/PDF/?uri=CELEX:32019L0944&from=FI>)