

Matias Kuitunen

Rivitaloasunnon aurinkoenergiarat- kaisu akustovarastolla

Opinnäytetyö

Tekniikan ammattikorkeakoulututkinto

Sähkö- ja automaatiotekniikan koulutus

2025



**Kaakkois-Suomen
ammattikorkeakoulu**

Tutkintonimike	insinööri (AMK)
Tekijä/Tekijät	Matias Kuitunen
Työn nimi	Rivitaloasunnon aurinkoenergiaratkaisu akustovarastolla
Toimeksiantaja	XAMK
Vuosi	2025
Sivut	27 sivua, liitteitä 1 sivua
Työn ohjaaja(t)	Jyrki Liikanen

TIIVISTELMÄ

Tämän työn tarkoituksena on suunnitella toimiva aurinkosähköjärjestelmä rivitaloasuntoon, joka tukee omavaraisuutta ja energiatehokkuutta. Aurinkosähköjärjestelmän suunnittelu rivitaloasuntoon yhdistää nykyaikaisen energiateknologian sekä yksityiskäyttöön että mahdollisiin markkinasovelluksiin. Tämän työn tavoitteena on tutkia aurinkosähköjärjestelmää, joka tuottaa sähköä asunnon omaan käyttöön. Lisäksi järjestelmässä hyödynnetään energian varastointia akuston avulla, mikä mahdollistaa sähkön käytön joustavuuden spot-hinnoittelun mukaisesti. Tämä tarkoittaa, että sähköä voidaan käyttää tai varastoida silloin, kun hinta on edullisimmillaan, ja vastaavasti välttää korkeiden hintojen aikana tapahtuvaa sähkönkulutusta.

Tutkimuksen keskeisenä tavoitteena on arvioida järjestelmän tehokkuutta, taloudellista kannattavuutta sekä sen tarjoamia hyötyjä käyttäjälle. Erityistä huomiota kiinnitetään järjestelmän soveltuvuuteen rivitaloasumiseen, jossa energiantuotannon ja -kulutuksen optimointi voi tuoda merkittäviä säästöjä sähkölaskuissa. Lisäksi tarkastellaan aurinkosähköjärjestelmän vaikutusta asunnon omavaraisuuteen.

Tutkimuksen aineistona käytetään teknisiä laskelmia ja kustannusanalyyskejä, joiden avulla voidaan tarkastella sen kannattavuutta ja hyötyjä käyttäjälle eri tilanteissa. Menetelminä käytetään hyödyksi ST-kortistoa ja erityisesti Aurinkosähköjärjestelmien suunnittelu ja toteutus, ST-käsikirjaa 40.

Työn tuloksena saadaan konkreettista tietoa aurinkosähköjärjestelmien soveltuvuudesta rivitaloasuntoihin ja sen mahdollisuuksista parantaa energiatehokkuutta. Tulokset voivat auttaa yksittäisiä asunnonomistajia tai taloyhtiöitä tekemään päätöksiä aurinkoenergiajärjestelmien hankinnasta ja käytöstä. Lisäksi tutkimus voi tarjota arvokasta tietoa siitä, millä tavoin sähkövarastoja ja älykstä kulutuksenohjausta voidaan hyödyntää parhaiten sähkökustannusten optimointiin ja uusiutuvan energian käytön lisäämiseen.

Asiasanat: Aurinkosähköjärjestelmä, aurinkopaneeli, energiavarasto

Degree title	Bachelor of Engineering
Author (authors)	Matias Kuitunen
Thesis title	Solar Energy Solution with Battery Storage for a Terraced House Apartment
Commissioned by	XAMK
Time	2025
Pages	27 pages, 1 pages of appendices
Supervisor	Jyrki Liikanen

ABSTRACT

The objective of the thesis is to design a solar power system for a terraced house to support self-sufficiency and energy efficiency. The system combined modern solar technology with practical solutions for residential use. The goal is to study how a solar power system could produce electricity for the houses own use. The system also included a battery, which allowed electricity to be stored when prices were low and used when prices were high. This made it possible to reduce electricity costs. The thesis examined the efficiency, cost-effectiveness and benefits of the system for the residents. Special attention was given to how well the system fits terraced houses, where good energy management can bring clear savings in electricity bills. The thesis also studied how the solar power system could improve the household's self-sufficiency. The data for the thesis included technical calculations and cost analyses. These were used to assess how profitable and useful the system would be for the residents in different situations. The work used materials from the ST card collection, especially the guide *Design and Implementation of Solar Power Systems*, ST Handbook 40. The results gave practical information about how suitable solar power systems are for terraced houses and how they can improve energy efficiency. The results can help homeowners and housing companies decide whether to invest in solar power systems. The thesis also gave useful information about how batteries and smart electricity management can help reduce electricity costs and increase the use of renewable energy.

Keywords: Photovoltaic system, Solar panel, Energy storage

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	5
2	AURINKOSÄHKÖJÄRJESTELMIEN NYKYTILA SUOMESSA	6
2.1	PIENTUOTANTO	6
3	AURINKOSÄHKÖJÄRJESTELMÄT	7
3.1	Aurinkosähköjärjestelmän toimintaperiaate	7
3.2	Aurinkosähköjärjestelmän Pääkomponentit	7
3.2.1	Aurinkopaneelit ja paneelityypit	8
4	AURINKOSÄHKÖJÄRJESTELMIEN TYYPIT	9
4.1	Sähköverkon kanssa toimivat järjestelmät (on-grid)	10
4.2	Itsenäiset järjestelmät (Off-grid)	10
5	OFF-GRID AURINKOSÄHKÖJÄRJESTELMÄN MITOITUS	11
6	AURINKOSÄHKÖJÄRJESTELMÄN (ON-GRID) MITOITUS	12
7	SUUNNITTELUN KOHDE	12
8	TULOKSET	14
8.1	KANNATTAVUUS ANALYYSI	14
8.1.1	Kiinteistön aurinkosähköjärjestelmän mitoitus	14
8.1.2	Aurinkosähkön kustannus- ja tuottolaskelmat	17
8.2	SÄHKÖSUUNNITELMA	18
8.2.1	Sähköisten komponenttien valinta	18
8.2.2	Aurinkopaneelit	19
8.2.3	Vaihtosuuntaaja (invertteri)	19
8.2.4	Kaapelit	20
8.2.5	Akusto	20
9	YHTEENVETO	23
	LÄHTEET	24
	KUVALUETTELO	26
	LIITTEET	27

1 JOHDANTO

Suomessa aurinkosähkön osuus energiantuotannosta kasvaa tasaisesti, ja sen merkitys uusiutuvan energian kokonaisuudessa vahvistuu jatkuvasti. Vuoden 2023 lopussa maan aurinkosähkökapasiteetti ylitti 700 MW, ja helmikuuhun 2025 mennessä kapasiteetti on jo noussut 1200 MW:iin (fingrid), mikä tarkoittaa 500 MW:n kasvua hieman yli vuodessa. Tämä kehitys tukee Suomen tavoitetta lisätä uusiutuvien energialähteiden osuutta yli puoleen koko maan energiantuotannosta vuoteen 2030 mennessä. Uusia hankkeita on jatkuvasti käynnissä, ja odotusten mukaan vuoteen 2030 mennessä aurinkosähkökapasiteetti kasvaa vielä noin 800 MW:lla. Tämän kehityksen myötä aurinkoenergia ei ole pelkästään ympäristöystävällinen ratkaisu, vaan se myös edistää hiili-neutraaliuden saavuttamista ja tarjoaa edullisempaa sähköä kuluttajille. (Prysmian 2024.)

Tavoitteena on suunnitella tehokas ja kestävä aurinkosähköjärjestelmä, joka yhdistää sähköntuotannon ja varastoinnin mahdollisimman optimaalisella tavalla. Järjestelmän kehittämisessä keskeisiä tavoitteita ovat sen kokonaistehokkuuden ja taloudellisen kannattavuuden arviointi, jotta voidaan varmistaa sen pitkäaikainen hyöty niin energiantuotannon kuin investointienkin näkökulmasta. Lisäksi tavoitteena on tunnistaa ja kehittää ratkaisuja, jotka voivat toimia esimerkkinä vastaavanlaisille projekteille sekä edistää aurinkoenergian laajempaa hyödyntämistä Suomessa.

Suunnittelussa otetaan huomioon useita tekijöitä, kuten teknologian jatkuva kehittyminen, energian varastointiratkaisujen tehokkuus, ympäristövaikutukset sekä mahdolliset säästöpotentiaalit. Erityisesti energian varastointiin kiinnitetään huomiota, sillä se on keskeinen tekijä aurinkosähkön tuotannon tasaamisessa ja sähköverkkoon liittämisen optimoimisessa. Varastointiratkaisujen avulla voidaan varmistaa, että aurinkoenergiaa on saatavilla myös silloin, kun auringonvalo ei ole saatavilla, mikä parantaa järjestelmän kokonaishyötysuhdetta ja vähentää riippuvuutta muista energialähteistä.

Lisäksi hankkeen tavoitteena on selvittää, kuinka aurinkosähköjärjestelmien käyttöönottoa voitaisiin edistää ja miten eri toimijat, kuten kotitaloudet, yritykset ja energiayhtiöt, voisivat hyödyntää aurinkoenergiaa entistä tehokkaammin. Kehittämällä skaalautuvia ja taloudellisesti kannattavia ratkaisuja voidaan edistää aurinkoenergian yleistymistä ja lisätä sen roolia Suomen energiantuotannossa. Tämä projekti voi toimia esimerkkinä muille vastaavanlaisille hankkeille ja tukea Suomen pyrkimyksiä kohti hiilineutraalia ja kestävämpää energiantuotantoa

2 AURINKOSÄHKÖJÄRJESTELMIEN NYKYTILA SUOMESSA

Aurinkosähkön tuotanto maailman parhailla alueilla on noin kaksinkertainen verrattuna Suomeen. Näillä alueilla kokonaissäteilyenergian määrä on noin 2500 kWh/m² vuodessa, kun taas Suomessa vuosittainen säteilysumma on keskimäärin 900 kWh/m². Eteläisessä Suomessa arvo on hieman korkeampi, kun taas pohjoisosissa se on alhaisempi. (Euroopan etumatka kiritty kiinni, 2023.)

Auringon energiaan saadaan todella hyvin talteen talvikuukausinakin Suomessa. Julkisivuasennukset ovat erinomainen vaihtoehto Suomessa ja Pohjoismaissa, sillä matalalta paistava aurinko hyödyttää niitä, eikä niiden pinnalle kerry lunta. Seinäpaneelit tuottavat hyvin paljon energiaa kirkkaina talvipäivinä, varsinkin maaliskuussa, jolloin aurinko paistaa jo voimakkaasti ja lumen heijastus tehostaa valonsäteilyä paneeleihin, lisäten niiden tuottoa. (Aurinkoenergia talteen talvellakin, 2023.)

2.1 PIENTUOTANTO

Valtaosa aurinkosähkön pientuotantokapasiteetista on liitetty sähköverkkoon. Pientuotanto eli alle yhden megawatin (MW) tuotantolaitteistoja. Pientuotantokapasiteetti kasvoi vuoden 2023 aikana 299 megawatilla (kuva 1), mikä vastaa noin 47 prosentin kasvua. Energiaviraston arvion mukaan aurinkosähkölaitteistoja asennettiin lähes 30 000 pientaloon viime vuonna. Tämä arvio perustuu verkkoyhtiöiltä kerättyihin alustaviin tietoihin kuluttajien tuotannon verkkopalvelusopimusten määrästä pienjänniteverkossa. (Energiavirasto, 2024.)



Kuva 1 Aurinkosähkön tuotantokapasiteetti nousi 1000 megawattiin energiavirasto (Energiavirasto 2024)

3 AURINKOSÄHKÖJÄRJESTELMÄT

Aurinkokennot muuttavat auringosta saadun säteilyenergian sähköenergiaksi valosähköisen ilmiöllä. Yksittäinen kenno tuottaa noin 0,5 voltin jännitteen, jonka takia monta kennoa yhdistetään aurinkopaneeliketjuksi. Paneelit voidaan kytkeä sarjaan tai jossain tapauksissa rinnan, näistä voidaan muodostaa laajempia paneelistoja, joka muodostaa aurinkosähköjärjestelmän. (Tukes.)

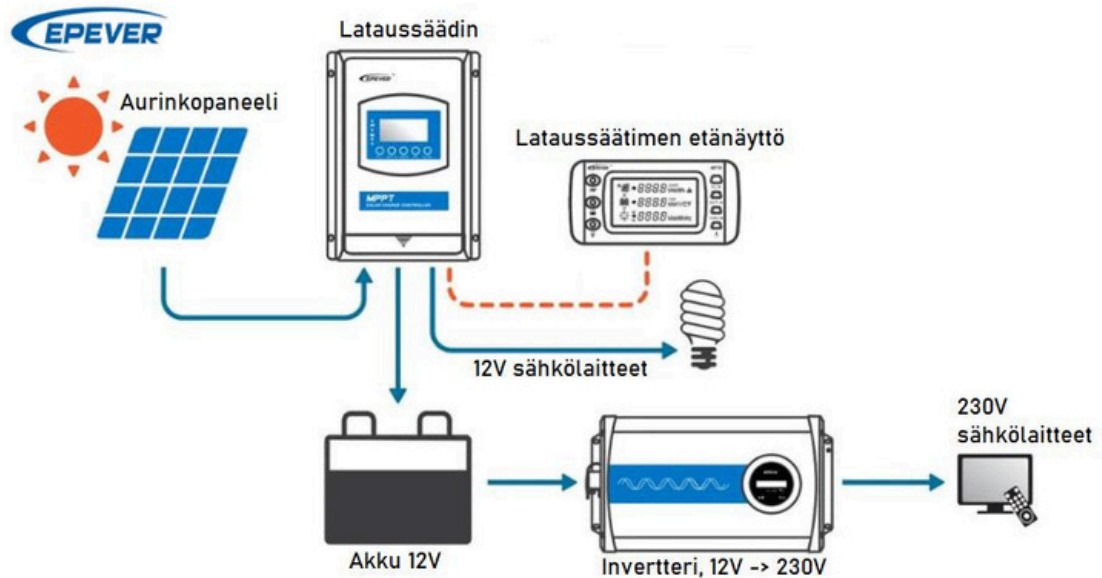
3.1 Aurinkosähköjärjestelmän toimintaperiaate

Aurinkosähkön tuottaminen perustuu siihen, että auringon säteilyenergia muuttetaan sähköksi hyödyntämällä valosähköistä ilmiötä, jossa aurinkopaneelien puolijohdemateriaali reagoi auringon säteilemiin fotoneihin. Fotonit ovat pieniä energiapaketteja, jotka osuessaan aurinkopaneelin kennoihin irrottavat elektroneja materiaalin atomirakenteesta, synnyttäen näin sähkövirran, jota voidaan hyödyntää erilaisiin sähkölaitteisiin tai syöttää sähköverkkoon.

3.2 Aurinkosähköjärjestelmän Pääkomponentit

Aurinkosähköjärjestelmän pääkomponentit ovat keskeisiä osia (kuva 2). Näitä komponentteja ovat **aurinkopaneelit**, jotka muuntavat auringon säteilyn säh-

köksi, **lataussäätimet**, jotka hallitsevat akun latausta ja suojaavat sitä yllätaukselta, **akustot**, jotka varastoivat energiaa, **invertterit**, jotka muuttavat tasajännitteen vaihtojännitteeksi, **akkumonitorit**, jotka seuraavat akun varaustilaa, sekä **kaapelit**, jotka yhdistävät järjestelmän osat varmistaen tehokkaan energiansiirron. (Eroaverkosta, Aurinkosähköjärjestelmän osat)



Kuva 2 Aurinkosähköjärjestelmän osat (Eroaverkosta)

<https://eroaverkosta.com/page/12/aurinkosahkojarjestelman-osat>

3.2.1 Aurinkopaneelit ja paneelityypit

Kun auringosta tullut fotoni tulee yhteyteen kennossa olevaan vapaaseen elektroniin, jolloin fotoni antaa sille energiaa atomin vaikutusalasta irtoamiseen. Tämän seurauksena kennoon muodostuu vapaita elektroneja, josta syntyy puolijohdemateriaalien kanssa sähkövirtaa.

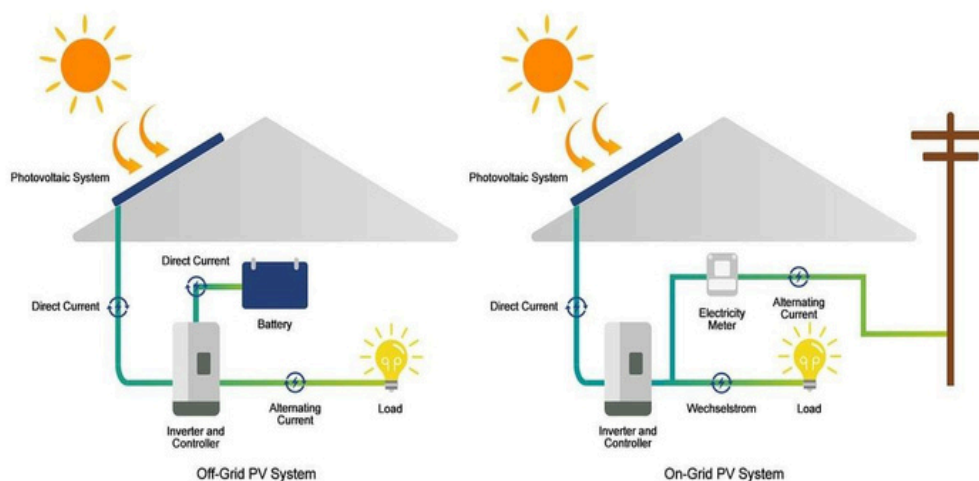
Aurinkopaneelit jaetaan kennotyyppin perusteella kahteen pääryhmään: yksikidepaneelit ja monikidepaneelit. Yksikidepaneelit valmistetaan yhdestä yhteisestä piikiteestä, mikä tekee niiden rakenteesta tasalaatuisemman ja parantaa hyötysuhdetta verrattuna monikidepaneeleihin. Korkeamman hyötysuhteen ansiosta yksikidepaneelit kykenevät tuottamaan enemmän sähköä pienemmällä pinta-alalla, mikä tekee niistä erityisen hyödyllisiä tilan ollessa rajallinen. Lisäksi niiden elinikä odote on yleensä pidempi, mikä voi tehdä niistä pitkällä aikavälillä kannattavamman investoinnin.

Monikidepaneelit sen sijaan koostuvat useista pienemmistä piikiteistä, jotka on sulatettu yhteen. Tämä valmistusmenetelmä on yksinkertaisempi ja edullisempi, mutta se johtaa yleensä hieman heikompaan hyötysuhteeseen. Monikidepaneelit ovat kuitenkin suosittu vaihtoehto erityisesti silloin, kun tilaa ei ole rajoitetusti ja halutaan edullisempi ratkaisu aurinkoenergian hyödyntämiseen. Vaikka yksikidepaneelit tarjoavat parempaa suorituskykyä, niiden valmistaminen on monimutkaisempaa ja tuotantokustannukset ovat korkeammat, mikä näkyy usein myös niiden hinnassa. (Eroverkosta, Aurinkopaneelit.)

4 AURINKOSÄHKÖJÄRJESTELMIEN TYYPIT

Aurinkosähköjärjestelmät, jotka sisältävät aurinkopaneeleita, joita myös kutsutaan myös aurinkovoimaloiksi, voidaan jaotella kahteen eri ryhmään (kuva 3). Ryhmiä ovat On-grid- ja Off-grid-järjestelmät.

On-grid-järjestelmä on sähkönjakeluverkkoon liitetty järjestelmä, mikä mahdollistaa sähköntuotannon syöttämisen verkkoon. Off-grid-järjestelmä puolestaan toimii ilman verkkoyhteyttä ja vaatii usein akuston sähkön varastointiin. (Tuukes, Aurinkosähköjärjestelmät.)



Kuva 3 Aurinkosähköjärjestelmät: off-grid, verkkoon kytketty tai hybridi(Maysun solar, 2023)
<https://www.solarpanelsfi.com/blog/aurinkosahkojarjestelmat-off-grid-verkkoon-kytketty-tai-hybridi>

4.1 Sähköverkon kanssa toimivat järjestelmät (on-grid)

Sähköverkon kanssa rinnakkain toimivat aurinkosähköjärjestelmiä käytetään yleisimmin asuin- ja liiketiloissa kuin maataloillakin. Nämä on-grid järjestelmät liitetään 230/400V sähköverkkoon, jolla voidaan hyödyntää tuotetun sähkön käyttöä suoraan kiinteistöissä On-grid järjestelmissä, aurinkopaneeleissa tuotettu tasavirta (DC) muutetaan vaihtosuuntaajalla eli invertterillä vaihtovirraksi. Vaihtosuuntaajalla aurinkojärjestelmä yhdistetään kiinteistön sisäiseen sähköverkkoon, josta voidaan yhdistää jakeluverkkoon, jonka avulla voidaan syöttää ylijäämänsähkö jakeluverkkoon.

Järjestelmän liitetään sähköverkkoon mittaus- tai ryhmäkeskuksessa, jossa vaihtosuuntaajalta tuleva kaapeli kytketään sulakkeiden kautta verkkoon. Turvallisuuden takaamiseksi vaihtosuuntaajassa on oltava automaattinen toiminto, joka estää sähkön syöttämisen verkkoon sähkökatkon tai muun vikatilanteen aikana. Tällä varmistetaan, ettei jakeluverkko jää jännitteiseksi huoltoiden tai korjausten aikana.

Aurinkosähköjärjestelmän liittäminen jakeluverkkoon edellyttää aina lupaa alueen sähköverkkoyhtiöltä. Lisäksi verkkoyhtiöllä on yleensä oltava pääsy järjestelmän erotuskohtaan, kuten pääkytkimeen tai turvakytkimeen, jotta sähkön tuotanto voidaan tarvittaessa kytkeä irti verkosta. Nämä toimenpiteet ovat välttämättömiä sähköverkon turvallisuuden ja toiminnan varmistamiseksi. (Tukes, Aurinkosähköjärjestelmät.)

4.2 Itsenäiset järjestelmät (Off-grid)

Itsenäiset aurinkosähköjärjestelmät eli Off-grid järjestelmät ovat käytössä esimerkiksi kulkuneuvoissa ja kesämökeillä. Off-grid järjestelmiin kuuluu yleisesti akku tai akustojärjestelmä, jolla voidaan varastoida sähköenergiaa. Nämä järjestelmät enimmäkseen 12V/24V tasasähkösähköllä (DC). Itsenäisellä järjestelmällä voidaan toteuttaa esimerkiksi mökille led-valaistus, matkailuauton tai veneen akkujen lataus.

Off-grid järjestelmien nimellisjännite jää alle 120 V, sen asennus ei sähköturvallisuuslain 56 §:n mukaan edellytä sähkötyöoikeuksia. Asentajan on kuitenkin aistinvaraisesti varmistettava asennuksen turvallisuus ja huolehdittava asennusohjeiden noudattamisesta.

Jos halutaan käyttää tavallisia 230 V pistorasiaan liitettäviä sähkölaitteita, voidaan järjestelmän akustoon liittää vaihtosuuntaaja eli invertteri, jonka pistorasiaan voidaan kytkeä yksittäinen laite. Kiinteistön sähköistys voidaan toteuttaa aurinkosähköjärjestelmällä, akustolla ja invertterillä myös silloin, kun sähköliittymää ei ole. Tällöin voidaan rakentaa normaali pistorasia- ja valaistusjärjestelmä. Tällaisen järjestelmän asennus edellyttää vähintään S2-pätevyydet tai vastaavaa aiempaa sähköasennusoikeutta, ja sen on täytettävä kiinteistöjen sekä aurinkosähköjärjestelmien sähköasennuksia koskevat vaatimukset. (Tu-kes, Aurinkosähköjärjestelmät.)

5 OFF-GRID AURINKOSÄHKÖJÄRJESTELMÄN MITOITUS

Itsenäisen aurinkosähköjärjestelmän mitoittamisessa on otettava suomessa huomioon kaikki tärkeät tekijät, jotta järjestelmä vastaa mökin tai omakotitalon energiakulutusta ja tarpeita mahdollisimman tarkasti. Ensimmäinen vaihe suunnittelu prosessissa on arvioida sähkön kulutus vuosi- ja kuukausi kohtaisesti määrittämällä sähkölaitteet ja niiden käyttöajat. Kun energiantarve on selvitetty, voidaan siirtyä komponenttien mitoitukseen ja suunnitteluun.

Paneelijärjestelmän teho määräytyy paneelien määrän ja niiden yksikkötehon perusteella. Tarvittava paneelien teho lasketaan kohteen kokonaisenergian tarpeen mukaan, koska aurinkoenergia määrä vaihtelee Suomessa huomattavasti kesä aikojen ja talvi aikojen välillä, joten paneelien optimaalinen suuntaus ja asennuskulma ovat ratkaisevia maksimaallisen tuotannon saavuttamiseksi.

Tuotannon ja kulutuksen ajallisen eron vuoksi energiavarastointi on olennainen osa mitoitusta. Riittävä akustokapasiteetti mahdollistaa ylimääräisen energian varastoinnin ja hyödyntämisen silloin, kun aurinko ei paista.

Viimeisenä olisi hyvä tarkastella järjestelmän skaalautuvuutta, jos mökille on suunnitteilla olevia laajennuksia ja muutoksia, jotka kasvattavat energiankulutusta. Energiankulutuksen mahdollinen kasvu tulisi siis ottaa huomioon järjestelmän mitoituksessa. (Energiaportti.)

6 AURINKOSÄHKÖJÄRJESTELMÄN (ON-GRID) MITOITUS

Aurinkosähköjärjestelmän mitoituksessa on otettava huomioon monia asioita. Keskeisiin tavoitteisiin sisältyy omatuotetun sähkön määrä ja samalla rajata verkkoon toimitettavan energian määrä kokonaistuotannosta mahdollisimman pieneksi. Sillä saavutetaan yleensä taloudellisesti paras tulos. Vaihtoehtoisesti mitoittaminen voidaan toteuttaa asennuspaikan kokoon tai ulkonäköön liittyviin tekijöihin. (Motiva, Tarvittavan enimmäistuoton mitoitus.)

Pohjakulutus eli energiamäärä, jonka rakennus käyttää vähintään jokaisena tuntina, silloin kun aurinkoenergiaa voidaan tuottaa. Yöllä sähköntuotantoa ei ole, jonka takia sitä ei tarvitse huomioida pohjakulutuksen selvittämisessä. Uudisrakennus kohteissa pohjakulutuksen mittaustuloksia ei ole vielä saatavilla, joten valitaan vastaavan tyyppinen rakennus, jossa on samankaltainen käyttöprofiili ja sähkölaitteiden energiankulutus vertauskohteeseen nähden.

Sähkönkulutus ja sähköntuotanto muuttuvat paljon kellonajan ja vuodenajan mukaan. Hetkelliset kulutuspiikit esim. kodinkoneet tai maalämpöpumpun yhtäaikainen päällä olo, pystyvät kasvattamaan kulutusta todella paljon. Kuukausivaihtelua mitoittaessa huippukauden ylijäämä ohjataan useimmiten myyntiin sähköverkkoon, jolloin kevät- ja syysaikojen tuotanto riittää pidempään omaan käyttöön ja vuotuinen kokonaistuotto kasvaa. (Motiva, taustaa mitoituksen suunnitteluun.)

7 SUUNNITTELUN KOHDE

Suunnittelu kohteena on 70m² rivitalo kolmio (kuva 4), johon suunnitellaan hybrid-aurinkosähköjärjestelmä. Kohteessa etuna on, että katto, johon paneelit alustavasti aiotaan sijoittaa osoittaa etelään, eikä edessä ole esteitä, jotka vähentäisivät auringon säteilyn määrää. Tavoitteena kohteessa on vähentää

energian hinnasta johtuvia kustannuksia ja myös vähentää talon hiilijalanjälkeä. Suunnittelussa on otettu asukkaan toiveet huomioon, jotka ovat helppo käyttöisyys, huolto vapaus ja energiatehokkuus.

Aurinkosähköjärjestelmän valinta perustuu rivitalon sähkötarpeeseen, jossa pyritään kattamaan mahdollisimman ison osan vuosittaisesta sähkönkulutuksesta aurinkosähkön avulla. Tavoitteena on luoda kustannustehokas järjestelmä, joka mahdollistaa osittaisen omavaraisuuden.

Erityisvaatimuksena on, että järjestelmän tulee olla yhteensopiva talon nykyisen sähköverkon kanssa ja sen tulee tuottaa energiaa ympäri vuoden, vaikka Suomessa auringon säteily vaihtelee vuodenaikojen mukaan. Suunnittelussa käytetään hyödykseen talon hyvää sijaintia ja katon kulmaa, jotta aurinkopaneelit voidaan asentaa optimaalisesti.



Kuva 4 Suunnittelun kohde (Matias Kuitunen. 2025.)

8 TULOKSET

Tässä osiossa tarkastellaan suunnitellun hybridiaurinkosähköjärjestelmän kannattavuutta ja energia tehokkuutta rivitaloasunnossa, joka sijaitsee Keski-Suomessa. Hybridi-aurinkosähköjärjestelmän erityispiirteinä pidetään järjestelmän kykyä yhdistää aurinkosähkön tuoton ja energian varastointi, jolloin tuotettu sähkö voidaan hyödyntää asunnon tarpeiden mukaan. Aurinkosähkön tuotto ja kulutus eivät aina ajoitu samanaikaiseksi, joten hyödynnetään akustoa, jotta saadaan asunnon omaan käyttöön enemmän aurinkovoimalalla tuotettu sähkö.

Analyysi kattaa järjestelmän tuotanto kyvyn sekä taloudelliset näkökulmat, kuten asennus- investointi- ja huoltokustannukset. Kannattavuuden arviointi pohjautuu Canemure hankkeen tarjoamilla työkaluilla. Näin yritetään saada mahdollisimman todenmukainen kokonaiskuva siitä, kuinka tehokkaasti ja taloudellisesti järjestelmä toimii kohteessa.

8.1 KANNATTAVUUS ANALYYSI

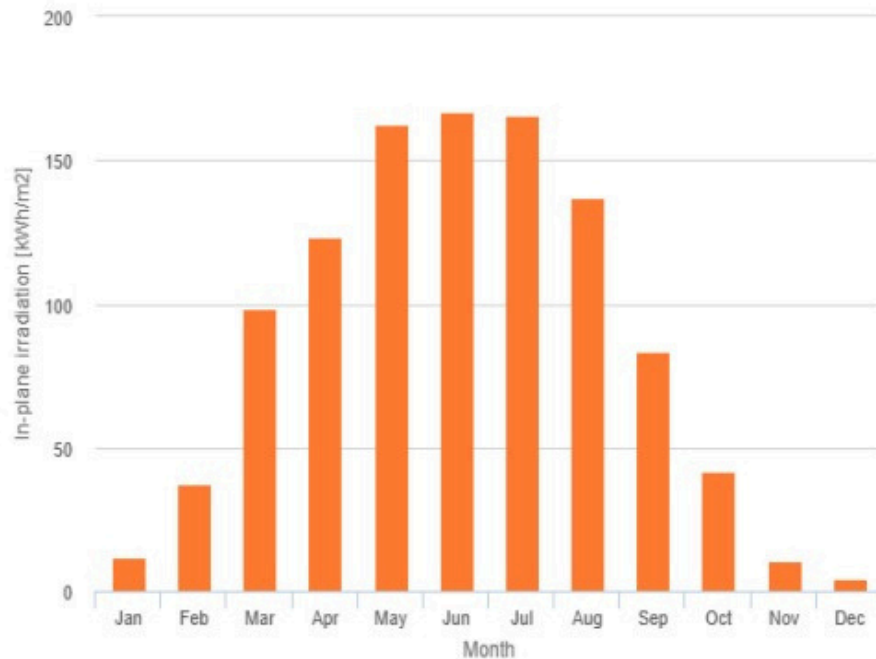
Analyysin tavoitteena on selvittää tämän kyseisen aurinkosähköjärjestelmän kustannus tehokkuutta ja energiatehokkuutta, jossa otetaan myös huomioon järjestelmän kustannukset eri osa alueilta. Osa-alueet ovat investointi-, asennus-, ja huoltokustannukset sekä rahoitus kuluihin. Työ rajataan 2,2 kWp pienrivitalonjärjestelmiin, eikä käsitellä verkkoliitännän teknisiä yksityiskohtia.

8.1.1 Kiinteistön aurinkosähköjärjestelmän mitoitus

Kannattavuuslaskennan pohjana käytetään Kannattavuuslaskuria ja Kiinteistön aurinkosähköjärjestelmän mitoitus (Canemure-hanke, Suomen ympäristökeskus SYKE). Työ aloitettiin aurinkosähköjärjestelmän mitoituksella, johon vaaditaan lähtötietoja (kuva 7). Lähtötiedot, jota vaaditaan ovat: Aurinkosähköjärjestelmän teho (Wp), aurinkosähköjärjestelmän hyötysuhde (%), sähkön kulutus (kWh/kk), Auringon säteily määrä, sähkön ostohinta (kWh/m²/pv)(kuva 6), sekä aurinkosähkön ylijäämän myyntihinta.

Auringon säteily määrä selvitettiin Photovoltaic Geographical Information System (PVGIS) järjestelmällä. Järjestelmään syötetään aurinkosähköjärjestelmän tarkka sijainti, koko ja järjestelmän häviö.

Monthly in-plane irradiation for fixed-angle:



Kuva 5 Auringon säteily määrä (Opinnäytetyöprosessi. 2025)

Taulukon 2 perusteella 2,2kWp järjestelmä tuottaa vuoden aikana 2028kWh aurinkosähköä. 60 % aurinkosähköntuotosta tapahtuu touko- elokuu akselilla. Kun koko vuoden kulutus on 2 028 kWh, mutta tuotanto- ja kulutusprofiilit ovat eri ajassa, jonka vuoksi 725 kWh (36 %) tuotannosta kulutetaan suoraan kohteessa ja loput 1 302 kWh (64 %) syötetään verkkoon.

Tässä laskelmassa ei ole otettu huomioon akustoa, jolla saataisiin käytettyä itse sähköä kohteessa, eikä tarvitse myydä halvalla takaisin verkkoon. Kohteessa on 5,12 kWh kokoinen akusto, jolla saadaan omaan käyttöön enemmän sähköä.

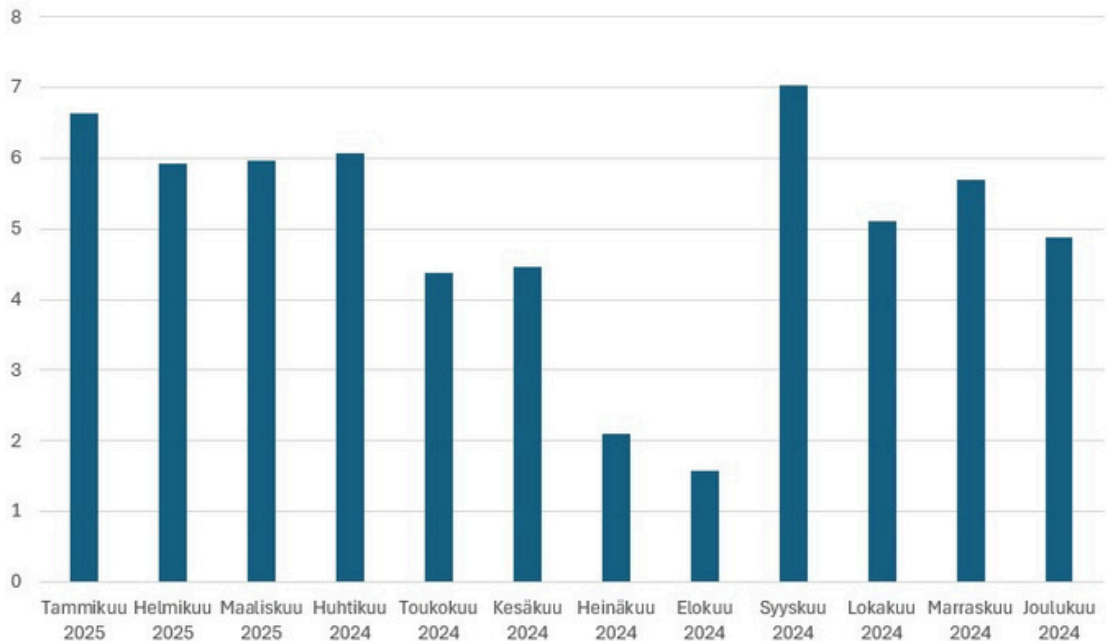
Keskimääräinen päivittäinen ylijäämä koko vuodelta on n. 3,6kW, joka saadaan sidottua akustolla 5 kWh teoriassa, mutta todellisuudessa tämä onnistuu vain maalis-syyskuu akselilla. Joten akustolla saadaan talteen ja käyttöön

kohteessa koko ylijäämä kesäkuukausina, joka on 1032 kWh vuodessa. Kesäpäivinä tuotanto paljon suurempaa, joten siitä voi pieni osa joutua takaisin verkkoon myytäväksi.

Taulukko 1 Kiinteistön aurinkosähköjärjestelmän mitoitus (Opinnäytetyöprosessi)

Kiinteistön aurinkosähköjärjestelmän mitoitus												
Aurinkosähköjärjestelmän mitoituksen arvioimiseksi täytyä lähtötiedot punaisiin soluihin:												
Aurinkosähköjärjestelmän koko tehona Wp	2200	Wp	Vinkki: säädä koko sellaiseksi, että järjestelmästä syntyy mahdollisimman vähän ylijäämää									
Aurinkosähköjärjestelmän hyötysuhde % (suhde, jolla säteily määrä saadaan talteen)	13	%										
Kiinteistön vuorokausikohtaisesta sähkönkulutuksesta maksimiosuus, jonka voi Järjestelmän koko paneelin pinta-alana m ²	65	%	14,96	neliometriä								Vinkki: Jos esimerkiksi heinäkuussa yhden vuorokauden aikana sähköä kuluu tasaisesti 10 kWh tunnissa eli yhteensä 240 kWh/vrk,
Kuukaudet	Päivien määrä kuukaudessa	Kiinteistön kuukausikohtainen sähkönkulutus kWh/kk	Auringon säteily kWh/m ² /pv sijainnin mukaan	Sähkön ostohinta €/MWh/kk	Aurinkosähkön ylijäämän myyntihinta €/MWh/kk	Aurinkosähkön tuotanto kWh/kk	Aurinkosähkön oman käyttöön kWh	Aurinkosähkön myyntiin kWh	Sähkön ostotarve kWh	Omaan käyttöön tuotetun aurinkosähkön arvo €	Sähkön myyntitulot €	
Tammikuu	31	250	0,38	66,6	0,75	23	23	0	227	1,52 €	0,00 €	
Helmi	28	250	1,33	50,9	0,75	73	73	0	177	3,69 €	0,00 €	
Maalis	31	150	3,17	51,0	0,75	191	98	94	53	9,75 €	0,07 €	
Huhtik	30	100	4,10	60,1	0,75	239	65	174	35	14,38 €	0,13 €	
Toukoku	31	100	5,24	40,4	0,75	316	65	251	35	12,75 €	0,19 €	
Kesäkuu	30	100	5,56	44,5	0,75	325	65	260	35	14,43 €	0,19 €	
Heinäkuu	31	100	5,35	20,1	0,75	323	65	258	35	6,48 €	0,19 €	
Elokuu	31	100	4,42	10,6	0,75	266	65	201	35	2,81 €	0,15 €	
Syyskuu	30	150	2,78	70,0	0,75	162	98	65	53	11,37 €	0,05 €	
Lokakuu	31	200	1,34	50,1	0,75	81	81	0	119	4,04 €	0,00 €	
Marrasku	30	250	0,36	50,7	0,75	21	21	0	229	1,06 €	0,00 €	
Joulukuu	31	250	0,14	88,0	0,75	8	8	0	242	0,72 €	0,00 €	
Yhteensä	365	2000		40,87		2028	725	1302	1275	83,0 €	1,0 €	
Aurinkosähköjärjestelmän vuosituotto	2028	kWh/v										
Aurinkosähkön myynnin tai ylijäämän osuus	64	%										

Pörssisähkön keskihinta kuukausittain



Kuva 6 Pörssisähkön keskihinta kuukausittain. ([Pörssisähkää.fi](https://pörssisähkää.fi))

8.1.2 Aurinkosähkön kustannus- ja tuottolaskelmat

Kustannus- ja tuottolaskelmat järjestelmän elinkaaren aikana saatiin laskettua (Canemure-hanke, Suomen ympäristökeskus SYKE) laskurilla. Sähköenergian ostohintana on käytetty pörssisähkön vuotuista keskiarvoa, mikä ei välttämättä tarjoa tarkimpia tuloksia, mutta voivat olla suuntaan antavia arvoja. (kuva 6) selviää mistä lähtötiedot on hankittu laskuriin

Aurinkosähköjärjestelmän kannattavuuden laskemiseksi täytyä lähtötiedot punaisiin soluihin, jotka ovat välttämättömiä lähtötietoja:
Tarkempien ja luotettavampien laskelmien laatimiseksi täytyä tiedot myös sinisiin soluihin:

Tiedot kilpailuston ostosähkön kustannuksista (aurinkosähköjärjestelmän vertailukustannukset):

Sähköenergian ostohinta	5,0	snt/kWh	Virikki: katso hinta sähkölaskusta
Energiaperustainen sähkön siirtohinta	4,5	snt/kWh	Virikki: katso hinta sähkön siirtolaskusta
Sähkövero ja huoltovarmuusmaksu	2,25	snt/kWh	Lähde: https://www.vero.fi/yritykset-ja-yhteisot/tietoa-yritysverotuksesta/valmisteverotus/sahko_eraat_poltoaineet/sahkon_eraiden_poltoain
Ostosähkön arvonnalisvero	24	%	Yritykset ja kunnat 0%, kuluttajat 24%
Väliluos: aurinkosähkön vertailuhinta eli aurinkosähkön	14,6	snt/kWh	
Arvio ostosähkön hinnan noususta %/v	2,0	%/vuosi	Lähde: https://energiavirasto.fi/sahkon-hintatilastot , http://www.stat.fi/til/ehv/2019/03/ehi_2019_03_2019-12-11_tse_001_fi.html

Tiedot hankittavasta aurinkosähköjärjestelmästä:

Aurinkosähköjärjestelmän koko tehona kWp	2,2	kWp	
Väliluos: järjestelmän koko paneelien pinta-ala noin m ²	14,96	neliömetriä	
Aurinkosähkön vuosituotto järjestelmän sijainnin mukaan	900	kWh/kWp	Lähde: Suomen säteilykartta. Saatavissa: http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/cmeps/eu_cmsaf_opt/G_opt_Fi.pdf
Väliluos: aurinkosähköjärjestelmän vuosituotto alussa	1980	kWh	
Aurinkovoiman vuosittainen sähköntuotannon vähenemä %/v	-0,5	%	Lähde: Wirth Harry. Recent Facts about Photovoltaics in Germany. 2015. Fraunhofer Institute for Solar Energy Systems ISE. Saatavissa: https://
Aurinkosähkön ylijäämän osuus % vuosituotannosta	40	%	Yleensä välillä 2-6 snt/kWh riippuen sähköyhtiöstä
Aurinkosähkön ylijäämän myyntihinta verkkoon snt/kWh	7,5	snt/kWh	

Tiedot aurinkosähköjärjestelmän hankinta-, ylläpito- sekä rahoituskustannuksista:

Aurinkosähköjärjestelmän avaimet käteen -investointikustannus €	€3 515	euroa	Huom. hinnassa ei ole mukana ALV:ä
Väliluos: Järjestelmän vertailuhinta ilman tuki	1 599	euroa/kWp	
Mahdollinen investointituki, kotitalousvähennys tms. alkuinvestoinnista	35	%	Energiatuki https://www.businessfinland.fi/energiatuki/
Oma mainos-, brändi- tai ympäristötuki investoinnille €	€0	euroa	
Väliluos: Järjestelmän investointikustannus sisältäen mahdolliset tuet	2 285	euroa	Ohje: Täytyä investointikustannus manuaalisesti alla olevan taulukon soluan E46 tai vaihtoehtoisesti lainaerät eri vuosille (ks alla)
Lainan tai ulkopuolisen rahoituksen määrä	€3 515	euroa/vuoto	
Laina-aika tai rahoitussopimuksen pituus	4	vuotta	
Lainan tai rahoituksen korko	1,5	%	
Väliluos: Lainan tai ulkopuolisen rahoituksen maksuerät/vuosi	€878,8	euroa/vuoto	Ohje: Jaa lainaerät manuaalisesti alla olevaan taulukoon lainavuosien mukaan eri riveille sarakkeeseen E.
Investoinnin tuottovaatimus	10,0	%	Tuottovaatimus ei ole tässä tapauksessa relevantti, koska investoinnilla vähennetään juoksevia kuluja, jotka eivät ole muutoin vältettävissä
Invertin vaihdon kustannus, osuus alkuinvestoinnista. Oletettu	25	%	Yleensä 6-10% alkuinvestoinnista riippuen järjestelmän koosta: pienissä järjestelmissä osuus on suurempi ja suurissa järjestelmissä pienempi
Vuotuiset ylläpitokulut (vakuutukset, huolto tms. kulut)	€35	euroa	

Kuva 7 (lähtötiedot)

Laskuri (kuva 8) antaa arviot kolmenkymmenen vuoden ajalle, jolla saadaan tietoa järjestelmän pitkäaikaisuuden kannattavuudesta. Tärkeimmät tiedot, jotka saadaan laskurista, on aurinkosähkön omakustannus hinta 30 vuoden pitoajalla ja arvioitu ostosähkön keskiarvoinen hinta 30 vuoden pitoajalla (kuva 8). Näillä tiedoilla saadaan pitkän aikavälin kannattavuus ja kaikkien kustannuksien huomioiminen. Aurinkosähköjärjestelmän hankkimisella säästettäisiin n. 22 % sähkön kulutuksen kustannuksia, joka on todella vähän näin pitkällä aikavälillä. Järjestelmän hankkiminen ei ole taloudellisesti kannattava ratkaisu, mikäli käytössä on pörssisähkö.

Aurinkosähkön kustannus- ja tuottolaskelmat järjestelmän elinkaaren aikana:

Järjestelmän pitoaika vuosina	Aurinkosähkön tuotanto kWh/v	Aurinkosähkön tuotantoa vastaavan oston		Aurinkosähkön tuotantokustannukset			Aurinkosähkön ylijäämän		Aurinkosähkön tuotto- ja taloustalokselmat					
		Ostosähkön hankintakustannus eur/kWh	Aurinkosähkön tuotantoa vastaavan oston eur/kWh	Investoinnin kertamaksu tai lainaerät	Rahoituksen korkokulut eur/v	Ylläpito- ja huoltokulut eur/v	Aurinkosähkön kustannukset yhteensä	Aurinkosähkön ylijäämän myyntihinta eur/kWh	Aurinkosähkön ylijäämän myyntituotot eur/v	Aurinkosähkön tuotannon arvo yhteensä	Kassavirta eur/v	Investoinnin kumulatiivinen tuotto eur/v	Investoinnin nettopyyryarvo ja (NPV) laskentakorolla	Takaisinmaksu- vuodet
1	1980	0,15 €	€289,3	€879	€52,7	€35,0	€931,4	€0,08	€59,4	€233,0	-€698	-€698	-€635	1
2	1970	0,15 €	€293,6	€879	€26,4	€35,0	€940,1	€0,08	€60,3	€236,4	-€704	-€1 402	-€640	1
3	1960	0,15 €	€298,0	€879	€13,2	€35,0	€926,9	€0,08	€61,2	€240,0	-€687	-€2 089	-€625	1
4	1950	0,16 €	€302,4	€879	€0,0	€35,0	€913,8	€0,08	€62,1	€243,5	-€670	-€2 759	-€609	1
5	1941	0,16 €	€306,9	€879	-€13,2	€35,0	€900,6	€0,08	€63,0	€247,2	-€653	-€3 413	-€594	1
6	1931	0,16 €	€311,5	€879	-€26,4	€35,0	€887,4	€0,08	€64,0	€250,9	-€637	-€4 049	-€579	1
7	1921	0,16 €	€316,1	€879	-€39,5	€35,0	€874,2	€0,08	€64,9	€254,6	-€620	-€4 689	-€563	1
8	1912	0,17 €	€320,9	€879	-€52,7	€35,0	€861,0	€0,09	€65,9	€258,4	-€603	-€5 271	-€548	1
9	1902	0,17 €	€325,6	€879	-€65,9	€35,0	€847,8	€0,09	€66,9	€262,2	-€586	-€5 857	-€532	1
10	1893	0,17 €	€330,5	€879	-€79,1	€35,0	€834,7	€0,09	€67,9	€266,1	-€569	-€6 426	-€517	1
11	1883	0,18 €	€335,4		-€79,1	€35,0	€821,6	€0,09	€68,9	€270,1	€314	-€6 111	€286	0
12	1874	0,18 €	€340,4		-€79,1	€35,0	€808,5	€0,09	€69,9	€274,1	€318	-€5 793	€289	0
13	1864	0,19 €	€345,5		-€79,1	€35,0	€795,4	€0,10	€70,9	€278,2	€322	-€5 471	€293	0
14	1855	0,19 €	€350,6		-€79,1	€35,0	€782,3	€0,10	€72,0	€282,4	€326	-€5 144	€297	0
15	1846	0,19 €	€355,9		-€79,1	€536,2	€457,1	€0,10	€73,1	€286,6	€171	-€5 315	-€155	1
16	1837	0,20 €	€361,2		-€79,1	€35,0	€44,1	€0,10	€74,2	€290,8	€335	-€4 980	€304	0
17	1827	0,20 €	€366,5		-€79,1	€35,0	€44,1	€0,10	€75,3	€295,2	€339	-€4 641	€308	0
18	1818	0,20 €	€372,0		-€79,1	€35,0	€44,1	€0,11	€76,4	€299,6	€344	-€4 297	€312	0
19	1809	0,21 €	€377,5		-€79,1	€35,0	€44,1	€0,11	€77,5	€304,0	€348	-€3 949	€316	0
20	1800	0,21 €	€383,2		-€79,1	€35,0	€44,1	€0,11	€78,7	€308,6	€353	-€3 596	€321	0
21	1791	0,22 €	€388,9		-€79,1	€35,0	€44,1	€0,11	€79,8	€313,2	€357	-€3 239	€325	0
22	1782	0,22 €	€394,7		-€79,1	€35,0	€44,1	€0,11	€81,0	€317,8	€362	-€2 877	€329	0
23	1773	0,23 €	€400,5		-€79,1	€35,0	€44,1	€0,12	€82,2	€322,6	€367	-€2 510	€333	0
24	1764	0,23 €	€406,5		-€79,1	€35,0	€44,1	€0,12	€83,5	€327,4	€371	-€2 139	€338	0
25	1756	0,24 €	€412,6		-€79,1	€35,0	€44,1	€0,12	€84,7	€332,3	€376	-€1 763	€342	0
26	1747	0,24 €	€418,7		-€79,1	€35,0	€44,1	€0,12	€86,0	€337,2	€381	-€1 381	€347	0
27	1738	0,24 €	€425,0		-€79,1	€35,0	€44,1	€0,13	€87,3	€342,2	€386	-€995	€351	0
28	1729	0,25 €	€431,3		-€79,1	€35,0	€44,1	€0,13	€88,6	€347,3	€391	-€604	€356	0
29	1721	0,25 €	€437,7		-€79,1	€35,0	€44,1	€0,13	€89,9	€352,5	€397	-€207	€361	0
30	1712	0,26 €	€444,2		-€79,1	€35,0	€44,1	€0,13	€91,2	€357,8	€402	€195	€365	0
YHTEENSÄ	55288		€10 843		-€1 766,3	€1 516,2	€8 537,3		€2 226,4	€8 732,2				11

Yhteenveto: investoinnin tuotto- ja kannattavuuslaskelmat	
Investoinnin nettopyyryarvo 30 vuoden käyttöajalla	365 € euroa
Takaisinmaksuaika laskentakorolla	11 vuotta

Vertaa:	
Aurinkosähkön omakustannushinta 30 vuoden pitoajalla	15,4 snt/kWh
Arvioitu ostosähkön keskimääräinen hinta 30 vuoden	19,8 snt/kWh

Kannattavuuslaskurin v1.0 tekijät: Juntnen Jouni, Jalas Mikko ja Auvinen Karolina. 2015. FinSolar-hanke, Aalto-yliopisto.
Kannattavuuslaskurin v1.1 tekijät: Auvinen Karolina ja Rummukainen Mika. 2020. Canemure-hanke, Suomen ympäristökeskus SYKE.

Kuva 8 (Kustannus- ja tuottolaskelma)

8.2 SÄHKÖSUUNNITELMA

Suunnitelma rajataan vain sähköisiin komponentteihin ja laskelmiin, jossa ei oteta kantaa esimerkiksi, paneelin kiinnitykseen tai katon kantavuuteen. Koh-teessa vuotuinen sähkön kulutus on 2000kwh, josta voidaan kattaa rivitalon koko sähkön tarve maalisi-syyskuu akselilla. Suunnitelmassa valitaan 5kpl 440W moduulia (**AURINKOPANEELI LONGI 440W HI-MO X6**) ja 3kW hybrid invertteri (**Epever Upower-Hi hybridi-invertteri**). Näiden avulla saadaan ka-tettua melkein koko vuoden sähkön kulutus katettua. Sähkökuvista nähdään koko aurinkosähkijärjestelmän kytkennät, jolla asentaja ja huoltohenkilöstö ymmärtävät järjestelmän toiminnan (kuva 9).

8.2.1 Sähköisten komponenttien valinta

Aurinkosähkijärjestelmien kokonaisuudet vaihtelevat huomattavasti toteutus-tavan mukaan. Isoimmat erot syntyvät verkkoon yhteydessä olevat järjestel-mät (on-grid) ja itsenäisien järjestelmien (off-grid) välillä. Suurin ero syntyy komponentti valinnoissa näiden järjestelmien välillä. On-grid järjestelmät vaati-vat verkkoliitännän asettavat omat vaatimukset laitteistolle. Kun taas off-grid

järjestelmä vaatii paikallista energiavarausta. Kuvassa 9 nähdään tarvikeluettelo hintoineen.

TARVIKKEET	Tuote	Hinta €	määrä (kpl)	kok. hinta	
Aurinkopaneelit	AURINKOPANEELI LONGI 440W HI-MO X6		90	5	450
Invertteri+wifi adapteri	Epever UPower-Hi Hybridi-invertteri		999	1	999
Kaapelit (dc)	Aurinkopaneelikaapeli 1x6mm ² MC4 liittimillä		20	4	80
Kaapelit (dc)	Aurinkopaneelijohto 2 x 6 mm ² MC4 liittimillä, 30 m		119	1	119
akkukaapeli	Akkukaapeli 35mm ² 1m musta		11,99	16	191,84
kaapelit (ac)	Asennuskaapeli MMJ 3x6 S Draka		16,10 €	40	644
Turvakytkin	Katko IsoSafe KUM 325 3X25A 400V 11kW		64,9	1	64,9
Maadoituskaapelit	Maadoituskaapeli, 6 mm ² , KEVI		2,75	20	55
Akusto	LANPWR 24V 100Ah LiFePO4 Battery with Bluetooth 5.0, Maximum Load Power 2560W, 2560Wh Energy		429,99	2	859,98
Ylijännitesuoja	Ylijännitesuoja aurinkosähkölle - moduulikotelolla - tyyppi 2 - 2 tuloa / 2 lähtöä - 1 000 V - IP65		169,99	1	169,99
				ylhteensä	3514,71

Kuva 9 Opinnäytetyön prosessi. Tarvikeluettelo

8.2.2 Aurinkopaneelit

Aurinkopaneelijärjestelmän vaatima teho aloitetaan määrittämällä kohteen vuotuinen sähkökulutus kilowattitunteina (kWh). Aurinkopaneeli tuottaa 800 kWh- 1000 kWh keskimäärin suomessa per asennettu (kWp). Tähän tuottoon vaikuttaa paneelien sijainti, suuntaus ja kallistuskulma. Tarvittavan paneelitehon saa laskettua kaavalla: haluttu järjestelmän koko (kwp)= vuosi kulutus (kwh)/arvioitu tuotto per kWp

Tässä kohteessa vuosittainen kulutus on 2000 kWh vuodessa ja arvioitu tuotto on 900 kwp

$$\frac{2000 \text{ kWh}}{900 \text{ kwp} / \text{kWh}} = 2,22 \text{ kWp}$$

Tarvittava paneeliteho on 2,22kWp joten työssä päädyttiin valitsemaan **AURINKOPANEELI LONGI 440W HI-MO X6** joita tarvitsee 5 kappaletta jotta saavutetaan tarvittava paneeli teho.

8.2.3 Vaihtosuuntaaja (invertteri)

Invertterin valintaan vaikuttaa monta asiaa, koska kohteessa on järkevää silyttää akusto, jotta saadaan maksimaallinen hyöty sähkön tuotosta. On-grid järjestelmä ei ole järkevä tähän asuin kiinteistöön, eikä off-grid järjestelmä onnistu ilman suuria muutoksia rakennuksen sähköjärjestelmään. Hybrid järjestelmä sopii siis parhaiten tähän kohteeseen, jotta saadaan akusto liitettyä järjestelmän osaksi, eli järjestelmään valittiin hybrid aurinkojärjestelmään yhteensopiva invertteri.

8.2.4 Kaapelit

Kaapeloinnin suunnittelu on tärkeä osa järjestelmän turvallisuutta. Suositellut kaapelit saatiin invertterin valmistajalta, jotka pitää varmistaa aina tapauskohtaisesti. Vaihtosähkö puolen kaapelit ovat MMJ 3x4mm², jossa on vaihejohdin, nollajohdin ja maadoitus. Tasasähkön kaapeleiksi valittiin 2x6mm² aurinkopaneelijohto MC4 liittimillä, jonka lisäksi aurinkopaneelien ketjutukseen tarvittavat lyhyet jatkokaapelit.

8.2.5 Akusto

Akun kapasiteettiin ja tyyppiin vaikuttavat monet tekijät, kuten haluttu akun jännite, käytössä olevasta jännitteestä, kuormituksen ominaisuuksista, lataus- ja purkaus ajasta ja muuttajan liitännästä. Haluttu akuston kapasiteetin voi arvioida kaavalla 1.

$$Kapasiteetti \left(\frac{Wh}{Ah} \right) = \frac{(Latausteho (W)) * (Käyttöaika (h))}{Akun jännite (V)}$$

$$Kapasiteetti (Wh) = (Kuormitusteho (W)) * (Käyttöaika (h))$$

(SFS 6000-5-57:2022 570.2 akun valinta)

Hybrid-invertterin akuston jännite alue on 21,6V-32V, jolloin valitaan akusto jännitteeksi 24V. Laturin lataus teho on 1500W, jonka saa selville tuotteen valmistajalta, jota tarvitaan kapasiteetin laskemiseen. Kohteessa haluttu käyttöaika on 5 tuntia.

$$Kapasiteetti \left(\frac{Wh}{Ah} \right) = \frac{(1500 W) * (5 h)}{24 V} = 312,5 Ah$$

Akuston kapasiteetti ampeeri tunteina (Ah) on 312,5. Tämän tiedon avulla voidaan valita kolme 100Ah akkua, siten saavutetaan melkein viiden tunnin haluttu käyttöaika.

Akun tyyppin valintaan vaikutti kaksi tekijää: akun huolto vapaus ja pitkä käyttöikä, jonka takia päädyttiin litiumakkuun (li-ion). Litiumakkujen ja AGM akkujen ominaisuuksia voidaan tutustua taulukossa 1

Taulukko 2 Akkuvertailu (Solle 2025, Litium-akut (Li-ion) – Miksi ne ovat suosittuja? solle)

Akkuvertailu	AGM-akut	Litiumakut (Li-ion)
Kapasiteetti	50 % Käytettävissä	80–100 % käytettävissä
Käyttöikä	3–5 vuotta	10–15 vuotta
Huolto	Huoltovapaa	Huoltovapaa
Hinta	Edullinen	Korkeampi

9 YHTEENVETO

Opinnäytetyössä suunniteltiin hybrid-aurinkosähköjärjestelmä rivitaloasuntoon ja tutkittiin sen energiatehokkuutta ja taloudellista kannattavuutta. Kohde sijaitsi Keski-Suomessa ja oli kooltaan 70m². Työn päätavoitteena oli luoda energiatehokas ja kustannustehokas ratkaisu, joka yhdistää aurinkosähkön varastoinnin ja tuotannon siten, että asumisen sähkönkulutuksen kustannukset saataisiin mahdollisimman pieniksi. Aurinkosähköjärjestelmän suunnittelussa otettiin huomioon järjestelmän tekniset ja taloudelliset näkökulmat, kuten sähkönkulutusprofiili, katon suuntaus, asukkaan tarpeet ja laitteiden yhteensopivuus.

Aurinkosähköjärjestelmän pääkomponentit eli aurinkopaneelit, invertteri, akusto ja kaapelointi valittiin järjestelmän mitoituksen perusteella. Energian varastointi todettiin keskeiseksi rooliksi tässä työssä, jolloin saatiin optimoitua sähkön käyttöä ja tuotantoa kohteeseen sopivaksi, eli saatiin hyödynnettyä aurinkosähköä ajankohtiin, milloin aurinkosähkön tuotantoa ei ole saatavilla. Tämä parantaa omakäyttöastetta ja kokonaisuushyötysuhdetta ja mahdollistaa energian varastoinnin kevät ja kesäkausina.

Kannattavuuslaskelmissa arvioitiin järjestelmän taloudellista hyötyä kolmenkymmenen vuoden ajanjaksolla. Tulosten mukaan järjestelmä pystyy kattamaan n. 36 % vuotuisesta sähkönkulutuksesta ilman akustoa. Akustolla avulla saadaan hieman suurempi osa talteen ja siitä omaan käyttöön varsinkin kesäkuukausina. Pidemmällä aikavälillä saavutettavat säästöt ovat kuitenkin maltillisia, erityisesti silloin, kun sähkön hinta pysyy matalana tai järjestelmä ei saa erillistä taloudellista tukea. Tästä huolimatta järjestelmä parantaa hieman asumisen energiatehokkuutta ja mahdollistaa kestävämmän energian käytön.

Työstä selviää, että suomessakin hyvin suunniteltu aurinkovoimala voi olla kestävä ratkaisu, mikäli kohteessa olisi isompi sähkönkulutus ja tarve. Erityisen tärkeää tässä järjestelmässä on sen skaalautuvuus, vähäinen huoltotarve sekä yhteensopivuus nykyisen sähköverkon kanssa. Opinnäytetyö tarjoaa tietoa tuleviin suunniteltaviin ja asennettaviin aurinkosähköjärjestelmiin rivitaloasunnoissa ja samalla edistää Suomen siirtymistä vähäpäästöisempään ja kestävämpään energiantuotantoon.

LÄHTEET

Fingrid. **Aurinkovoima**. Saatavilla: <https://www.fingrid.fi/sahkomarkkinainformaatio/aurinkovoima/> [Viitattu 12.5.2025].

Prysmian Group. **Aurinkoenergialla kohti hiilineutraaliutta ja edullisempaa energiaa**. Saatavilla: https://fi.prysmian.com/aurinkoenergialla_kohti_hiilineutraaliutta [Viitattu 12.5.2025].

LUT-yliopisto. (2023). **Aurinkoenergia ja aurinkosähkö Suomessa**. Saatavilla: <https://www.lut.fi/fi/artikkelit/aurinkoenergia-ja-aurinkosahko-suomessa> [Viitattu 12.5.2025].

LUT-yliopisto. (2023). **Aurinkoenergia ja aurinkosähkö Suomessa**. Saatavilla: <https://www.lut.fi/fi/artikkelit/aurinkoenergia-ja-aurinkosahko-suomessa> [Viitattu 12.5.2025].

Energiavirasto. (2024). **Aurinkosähkön tuotantokapasiteetti nousi 1000 megawattiin**. Saatavilla: <https://energiavirasto.fi/-/aurinkosahkon-tuotantokapasiteetti-nousi-1000-megawattiin> [Viitattu 12.5.2025].

Turvallisuus- ja kemikaalivirasto (Tukes). **Aurinkosähköjärjestelmät**. Saatavilla: <https://tukes.fi/sahko/sahkotyot-ja-urakointi/aurinkosahkojarjestelmat> [Viitattu 12.5.2025].

Eroaverkosta.com. **Aurinkosähköjärjestelmän osat: Aurinkopaneeli, invertteri, lataussäädin, akkumonitori ja akut**. Saatavilla: <https://eroaverkosta.com/page/12/aurinkosahkojarjestelman-osat> [Viitattu 12.5.2025]

Eroaverkosta.com. **Aurinkopaneelien käyttö- ja mitoitusohjeita**. Saatavilla: <https://eroaverkosta.com/page/13/aurinkopaneelit> [Viitattu 12.5.2025].

Turvallisuus- ja kemikaalivirasto (Tukes). (n.d.). **Aurinkosähköjärjestelmät**. Saatavilla: <https://tukes.fi/sahko/sahkotyot-ja-urakointi/aurinkosahkojarjestelmat> [Viitattu 12.5.2025].

Turvallisuus- ja kemikaalivirasto (Tukes). (n.d.). **Aurinkosähköjärjestelmät**. Saatavilla: <https://tukes.fi/sahko/sahkotyot-ja-urakointi/aurinkosahkojarjestelmat> [Viitattu 12.5.2025].

Energiaportti. Aurinkosähkö mökille: Vinkit onnistuneeseen mitoitukseen. Saatavilla: <https://energiaportti.fi/aurinkosahko-mokille-opas-mitoitukseen/> [Viitattu 12.5.2025].

Motiva. Aurinkosähköjärjestelmän mitoitus. Saatavilla: https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/aurinkosahko/hankinta_ja_asennus/aurinkosahkojarjestelman_mitoitus [Viitattu 12.5.2025].

Motiva. Aurinkosähköjärjestelmän mitoitus. Saatavilla: https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/aurinkosahko/hankinta_ja_asennus/aurinkosahkojarjestelman_mitoitus [Viitattu 12.5.2025].

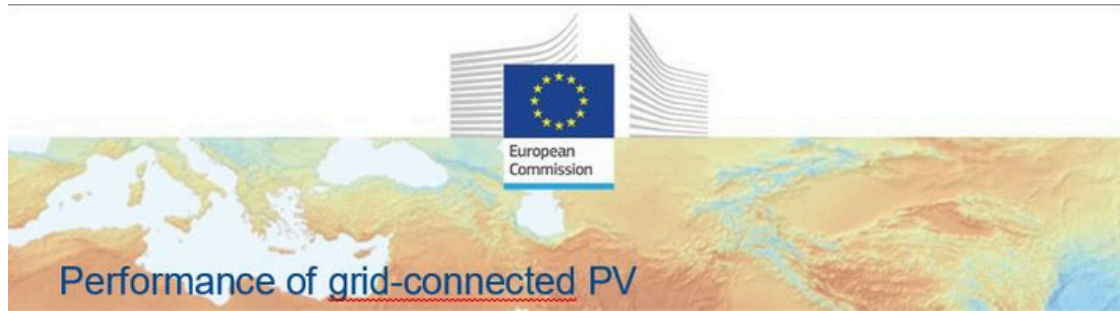
Solle.fi. (2025). **Aurinkopaneelien akut – kannattaako Suomessa?**. Saatavilla: <https://solle.fi/aurinkopaneelien-akut/> [Viitattu 12.5.2025].

KUVALUETTELO

Kuva 1 Aurinkosähkön tuotantokapasiteetti nousi 1000 megawattiin energiavirasto (Energiavirasto 2024)	7
Kuva 2 Aurinkosähköjärjestelmän osat (Eroaverkosta)	8
Kuva 3 Aurinkosähköjärjestelmät: off-grid, verkkoon kytketty tai hybridi (Maysun solar, 2023)	9
Kuva 4 Suunnittelun kohde (Matias Kuitunen. 2025.)	13
Kuva 5 Auringon säteily määrä (Opinnäytetyöprosessi. 2025)	15
Kuva 6 Pörssisähkön keskihinta kuukausittain. (Pörssisähköä.fi)	16
Kuva 7 (lähtötiedot)	17
Kuva 8 (Kustannus- ja tuottolaskelma)	18
Kuva 9 Opinnäytetyön prosessi. Tarvikeluettelo	19
Kuva 10 Aurinkosähköjärjestelmän sähkökuva	22

LIITTEET

Liite 1 Auringon paikkakohtainen säteily määrä (PVGIS)



PVGIS-5 estimates of solar electricity generation:

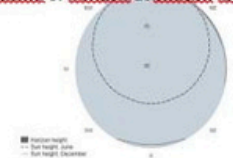
Provided inputs:

Latitude/Longitude: 62.596,25.722
 Horizon: Calculated
 Database used: PVGIS-SARAH3
 PV technology: Crystalline silicon
 PV installed: 2.2 kWp
 System loss: 13 %

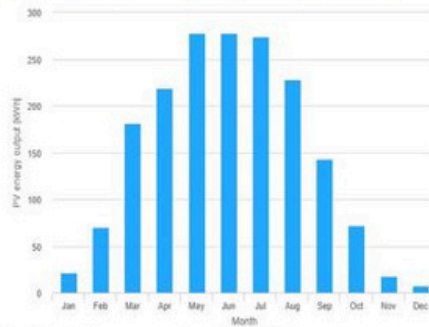
Simulation outputs:

Slope angle: 35 °
 Azimuth angle: 0 °
 Yearly PV energy production: 1788.68 kWh
 Yearly in-plane irradiation: 1042.35 kWh/m²
 Year-to-year variability: 113.62 kWh
 Changes in output due to:
 Angle of incidence: -3.13 %
 Spectral effects: NaN %
 Temperature and low irradiance: -7.45 %
 Total loss: -22 %
 PV electricity cost [per kWh]: 19.607 per kWh

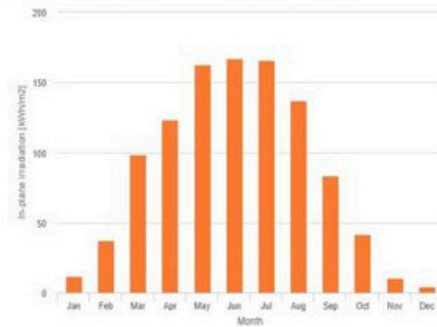
Outline of horizon at chosen location:



Monthly energy output from fix-angle PV system:



Monthly in-plane irradiation for fixed-angle:



Monthly PV energy and solar irradiation

Month	F _m	H(i) _m	SD _m
January	21.4	11.7	8.9
February	70.2	37.3	20.1
March	181.6	98.4	32.8
April	218.4	123.1	36.5
May	277.3	162.4	32.1
June	277.9	166.9	26.3
July	273.4	165.9	31.6
August	228.4	136.9	29.8
September	142.9	83.5	20.4
October	72.4	41.5	20.0
November	17.9	10.8	6.3
December	7.1	4.2	3.2

F_m: Average monthly electricity production from the defined system [kWh]
 H(i)_m: Average monthly sum of global irradiation per square meter received by the modules of the given system [kWh/m²].
 SD_m: Standard deviation of the monthly electricity production due to year-to-year variation [kWh].

© European Commission, 2001-2025. All rights reserved. This document is intended for informational purposes only. It is not a legal document. The content of this document is subject to change without notice. The European Commission is not responsible for any errors or for the use of the information contained herein. For more information, please contact the Joint Research Centre.

